



ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ
ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Κοινωνική Έρευνα

Νανοτεχνολογία Καινοτομίες για τον αυριανό κόσμο



ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΝΑΝΟΕΠΙΣΤΗΜΕΣ,
ΠΟΛΥΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΒΑΣΙΣΜΕΝΑ ΣΤΗΝ ΓΝΩΣΗ,
ΚΑΙ ΝΕΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΝΕΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ.

Για όποιον ενδιαφέρεται για την ευρωπαϊκή έρευνα:

Το περιοδικό *RTD info* είναι τριμηναίο για τη συνεχή σας ενημέρωση με τις κύριες εξελίξεις (αποτελέσματα, προγράμματα, εκδηλώσεις, κ.λπ.). Για δωρεάν αντίτυπο ή δωρεάν συνδρομή μπορείτε να απευθυνθείτε στη διεύθυνση:

European Commission
Directorate-General for Research
Information and Communication Unit
B-1049 Brussels
Φαξ: (32-2) 29-58220
Ηλεκτρ. διεύθυνση: research@ec.europa.eu
Διαδίκτυο: http://ec.europa.eu/research/rtdinfo/index_en.html

Εκδότης: ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Γενική Διεύθυνση Έρευνας
Διεύθυνση G — Βιομηχανικές τεχνολογίες
Διοικητική μονάδα G.4 — Νανοεπιστήμες και νανοτεχνολογία

Αρμόδιοι: Δρ. Renzo Tomellini, Δρ. Angela Hullmann

Ηλεκτρ. διευθύνσεις: renzo.tomellini@ec.europa.eu, angela.hullmann@ec.europa.eu

Url: <http://cordis.europa.eu/nanotechnology>

Νανοτεχνολογία

Καινοτομία για τον αυριανό κόσμο

Το παρόν φυλλάδιο βασίζεται σε έργο που χρηματοδοτήθηκε από το Ομοσπονδιακό Υπουργείο και Έρευνας (BMBF) της Γερμανίας και εκτελέστηκε από το Κέντρο Τεχνολογίας της Γερμανικής Ένωσης Μηχανικών (VDI-TZ). Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ευχαριστεί το BMBF για την άδεια που χορήγησε να μεταφραστεί αυτή η δημοσίευση και να καταστεί διαθέσιμη στο ευρωπαϊκό κοινό. Ιδιαίτερες ευχαριστίες απευθύνονται στην Δρ. Rosita Cottone (BMBF) και στον Δρ. Wolfgang Luther (VDI-TZ) που βοήθησαν στον συντονισμό.



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Έκδοση: Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Γενική Διεύθυνση Έρευνας

Παραγωγή: Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF, Βερολίνο

Συντονισμός: Future Technologies Division, VDI Technologiezentrum GmbH, Ντύσελντορφ

Συγγραφέας: Dr. Mathias Schulenburg, Κολωνία

Στοιχειοθεσία: Suzy Coppens, BergerhofStudios, Κολωνία

Άμεση Ευρώπη είναι μια υπηρεσία που σας βοηθά να βρείτε απαντήσεις στα ερωτήματά σας σχετικά με την Ευρωπαϊκή Ένωση

Αριθμός κλήσης χωρίς χρέωση:

00 800 6 7 8 9 10 11

ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ ΝΟΜΙΚΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ

Ούτε η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, ούτε οιοδήποτε πρόσωπο το οποίο ενεργεί εξ ονόματος της Επιτροπής ευθύνεται για τη χρήση που μπορεί να γίνει των κάτωθι πληροφοριών.

Για τις απόψεις που διατυπώνονται στο παρόν δημοσίευμα αποκλειστικά υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας. Δεν αντιπροσωπεύουν απαραίτητα τις απόψεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής.

Περισσότερες πληροφορίες για την Ευρωπαϊκή Ένωση παρέχονται από το Διαδίκτυο μέσω του εξυπηρετητή Europa (<http://europa.eu.int>).

Βιβλιογραφικό δελτίο υπάρχει στο τέλος του τεύχους.

Λουξεμβούργο: Υπηρεσία Επισήμων Δημοσιεύσεων των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2007

ISBN 92-79-00876-5

© European Communities, 2007

Επιτρέπεται η αναπαραγωγή με αναφορά της πηγής.

Εκτύπωση στο Βέλγιο.

ΤΥΠΩΜΕΝΟ ΣΕ ΧΑΡΤΙ ΛΕΥΚΑΣΜΕΝΟ ΧΩΡΙΣ ΧΛΩΡΙΟ

Πρόλογος

Η νανοτεχνολογία είναι μια νέα προσέγγιση για την κατανόηση και την άρτια γνώση των ιδιοτήτων της ύλης σε νανοκλίμακα: ένα νανόμετρο (ένα δισεκατομμυριοστό του μέτρου) είναι το μήκος ενός μικρού μορίου. Στο επίπεδο αυτό αποκαλύπτονται διαφορετικές και συχνά καταπληκτικές ιδιότητες της ύλης και είναι δυσδιάκριτα τα όρια μεταξύ των καθιερωμένων επιστημών και τεχνικών κλάδων. Ως εκ τούτου, ο χαρακτήρας της νανοτεχνολογίας είναι άκρως διεπιστημονικός.

Είναι συχνές οι αναφορές στο «ρηξικέλευθο» ή «επαναστατικό» δυναμικό της νανοτεχνολογίας, δηλαδή στις δυνατότητες να έχει επιπτώσεις στις μεθόδους βιομηχανικής παραγωγής. Τα μικρότερα, ελαφρύτερα, ταχύτερα και αποδοτικότερα υλικά, κατασκευαστικά στοιχεία και συστήματα που προσφέρει η νανοτεχνολογία είναι δυνατόν να δώσουν λύσεις σε πολλά τρέχοντα προβλήματα. Ανοίγονται έτσι νέες ευκαιρίες για δημιουργία πλούτου και απασχόλησης. Εξάλλου, αναμένεται ότι η νανοτεχνολογία θα συμβάλει σημαντικά στην αντιμετώπιση παγκόσμιων και περιβαλλοντικών προκλήσεων, επειδή θα καταστήσει δυνατή την υλοποίηση προϊόντων και διαδικασιών προσαρμοσμένων σε συγκεκριμένες χρήσεις, την εξοικονόμηση πόρων και τη μείωση των αποβλήτων και των εκπομπών ρύπων.

Τεράστια είναι επί του παρόντος η πρόοδος της νανοτεχνολογίας λόγω του ανταγωνισμού σε παγκόσμιο επίπεδο. Η Ευρώπη επένδυσε έγκαιρα σε πολλά προγράμματα στις νανοεπιστήμες, στα μέσα μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1990. Εν συνεχεία η Ευρώπη ανέπτυξε στερήρη βάση γνώσεων και πρέπει πλέον να εξασφαλιστεί ότι η ευρωπαϊκή βιομηχανία και η κοινωνία θα μπορέσουν να δρέψουν τα οφέλη αυτής της γνώσης, με την ανάπτυξη νέων προϊόντων και διεργασιών.

Η νανοτεχνολογία απετέλεσε αντικείμενο πρόσφατης ανακοίνωσης της Επιτροπής («Προς μια ευρωπαϊκή στρατηγική για τη νανοτεχνολογία»). Στην ανακοίνωση προτείνεται όχι μόνο να ενισχυθεί η έρευνα στις νανοεπιστήμες και τις νανοτεχνολογίες, αλλά και να ληφθούν υπόψη διάφορες άλλες αλληλοεξαρτώμενες δυναμικές:

- Μεγαλύτερος συντονισμός των εθνικών ερευνητικών προγραμμάτων και επενδύσεων για να εξασφαλιστεί επίσης ότι η Ευρώπη διαθέτει ομάδες και υποδομές («πόλους αριστείας») οι οποίες είναι σε θέση να ανταγωνιστούν σε διεθνές επίπεδο. Παράλληλα, η συνεργασία μεταξύ ερευνητικών οργανισμών του δημόσιου και ιδιωτικού τομέα σε όλη την Ευρώπη είναι στοιχείο ουσιαστικό για να επιτευχθεί επαρκής κρίσιμη μάζα.
- Δεν θα πρέπει να παραβλεφθούν άλλοι συντελεστές ανταγωνιστικότητας, όπως η κατάλληλη μετρολογία, ρυθμίσεις και δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας που θα προετοιμάσουν το έδαφος για τη βιομηχανική καινοτομία και θα οδηγήσουν σε ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα, τόσο για τις μεγάλες όσο και για τις μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις.
- Τεράστια είναι η σημασία δραστηριοτήτων εκπαίδευσης και κατάρτισης· συγκεκριμένα, στην Ευρώπη υπάρχουν περιθώρια για τη βελτίωση της επιχειρηματικότητας των ερευνητών καθώς και για την θετική στάση των μηχανικών παραγωγής στην αλλαγή. Η υλοποίηση πραγματικά διεπιστημονικής έρευνας στη νανοτεχνολογία ενδέχεται επίσης να απαιτήσει νέες προσεγγίσεις στην εκπαίδευση και την κατάρτιση για την έρευνα και τη βιομηχανία.
- Κοινωνικές πτυχές (όπως η πληροφόρηση του κοινού και η επικοινωνία, τα θέματα υγείας και περιβάλλοντος καθώς και αξιολόγησης της επικινδυνότητας) αποτελούν περαιτέρω κρίσιμους παράγοντες για να εξασφαλιστεί η υπεύθυνη ανάπτυξη της νανοτεχνολογίας που να ανταποκρίνεται στα αναμενόμενα από το κοινό. Η εμπιστοσύνη του κοινού και των επενδυτών στη νανοτεχνολογία θα είναι κρίσιμης σημασίας για την μακροπρόθεσμη ανάπτυξη και την καρποφόρο εφαρμογή της.

Σκοπός του παρόντος φυλλαδίου είναι να παρουσιάσει τι είναι η νανοτεχνολογία και τι είναι σε θέση να προσφέρει στους ευρωπαίους πολίτες.

Nicholas Hartley
Ο εκτελών χρέη Διευθυντού «Βιομηχανικές τεχνολογίες»
Γενική Διεύθυνση Έρευνας
Ευρωπαϊκή Επιτροπή

3 Πρόλογος

4-5 Περιεχόμενα

Περιεχόμενα Ταξίδι στον νανόκοσμο



6-7 Το άτομο: μια παλαιά ιδέα και η νέα πραγματικότητα

8-13 Η νανοτεχνολογία στη φύση

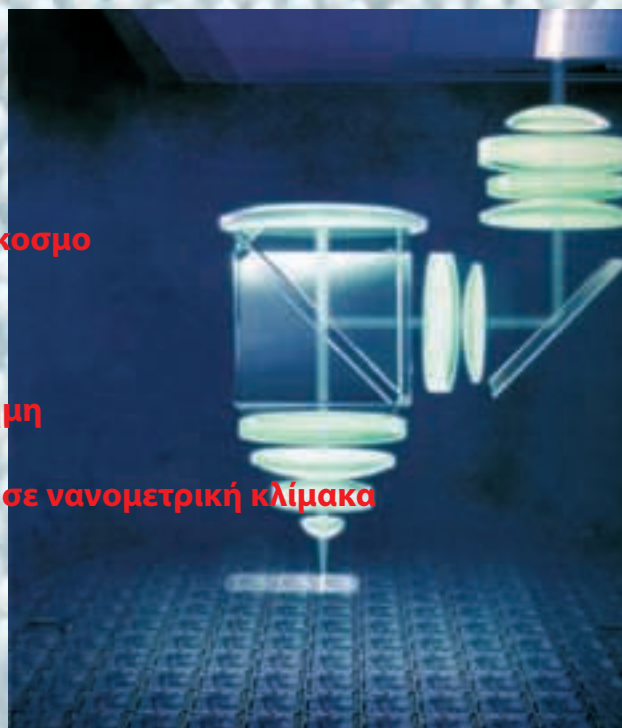
Εργαλεία και μέθοδοι

14-15 Μάτια για τον νανόκοσμο

16-17 Εργαλεία γραφής

18-19 Ώθηση στην επιστήμη

20-21 Σχεδιασμός υλικών σε νανομετρική κλίμακα



Νανοτεχνολογία για την κοινωνία



- 22-27 **Δικτυωμένη υφήλιος: Νανοηλεκτρονική**
- 28-29 **Νανοτεχνολογία στη μελλοντική καθημερινότητα**
- 30-33 **Κινητικότητα**
- 34-37 **Υγεία**
- 38-41 **Ενέργεια και περιβάλλον**
- 42-43 **Νανοτεχνολογία για τον αθλητισμό και την αναψυχή**

44-45 **Οράματα**

46-47 **Ευκαιρίες και κίνδυνοι**

Περισσότερες πληροφορίες



- 48 **Πως μπορώ να σπουδάσω νανοτεχνολόγος μηχανικός ;**
- 49 **Επαφές με αρμόδιους, διευθύνσεις στο Διαδίκτυο, βιβλιογραφία**
- 50-51 **Γλωσσάριο**
- 52 **Πηγές φωτογραφικού υλικού**

Ταξίδι στον νανόκοσμο

Το άτομο: μια παλαιά ιδέα και η νέα πραγματικότητα

Αμεντέο Αβογκάντρο
(1776-1856),
Καθηγητής φυσικής
στο Τουρίνο,
που κατέστησε
υπολογίσιμη τη
σταγόνα της βροχής.



Ο υλικός κόσμος αποτελείται από άτομα. Τον ισχυρισμό αυτό διατύπωσε ήδη πριν από 2.400 χρόνια ο έλληνας διανοητής Δημόκριτος. Για να τον τιμήσουν, οι σύγχρονοι έλληνες αποφάσισαν να χαραχθεί η μορφή του στο δεκάδραχμο. Το νόμισμα αυτό κυκλοφορούσε ευρέως, όχι όμως όπως τα άτομα. Μια σταγόνα βροχής περιέχει 1.000.000.000.000.000.000.000 άτομα, επειδή τα άτομα έχουν απειροελάχιστες διαστάσεις, μόλις ένα δέκατο του νανομέτρου. Ένα νανόμετρο είναι ένα εκατομμυριοστό του χιλιοστομέτρου.

Ο λόγος των διαμέτρων ατόμου μαγνησίου/μπάλας του τένις ισούται με το λόγο των διαμέτρων μπάλας του τένις/γης. Αναλογιστείτε το την επόμενη φορά που θα καταπιείτε χάπι μαγνησίου!



Ο ρωμαίος στοχαστής Λουκρήτιος έγραψε, μερικούς αιώνες αργότερα, ένα ποίημα για τα άτομα:

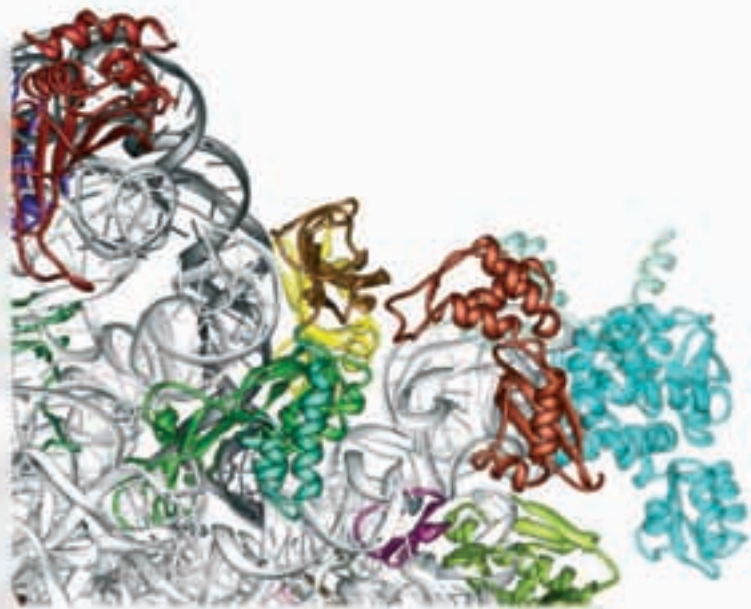
«Το σύμπαν αποτελείται από άπειρο χώρο και άπειρο πλήθος αδιαίρετων σωματιδίων, των ατόμων, των οποίων η ποικιλία είναι όμως πεπερασμένη. ... Τα άτομα διαφέρουν μεταξύ τους μόνο ως προς τη μορφή, το μέγεθος και το βάρος· είναι αδιαπέραστα σκληρά, αμετάβλητα, τα όρια της φυσικής τους κατάτμησης...».

Όλα αυτά ήταν πολύ ωραία, έστω και εάν επρόκειτο για απλή εικασία. Στη συνέχεια, κανείς δεν ασχολήθηκε για πολλά χρόνια με αυτά τα ζητήματα.

Τον δέκατο έβδομο αιώνα, ο διάσημος αστρονόμος Πιοχάνες Κέπλερ ασχολήθηκε με τις νιφάδες του χιονιού, θέμα για το οποίο δημοσίευσε το 1611 την ιδέα του: η κανονικότητα της σχηματομορφής των νιφάδων του χιονιού δεν μπορεί παρά να οφείλεται στο ότι απαρτίζονται από απλά, ομοιόμορφα δομοστοιχεία. Έτσι, αναβίωσε η ιδέα του ατόμου.

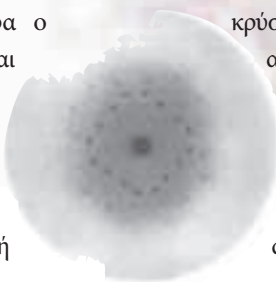


Το πνεύμα του Δημόκριτου αιωρείται πάνω από τα δρώμενα στον τομέα της νανοτεχνολογίας, έναν ωκεανό άπειρων δυνατοτήτων.



Νανομηχανήματα όπως τα ριβοσώματα είναι δυνατό να αποκρυπτογραφηθούν κρυσταλλογραφικά από τον Ada Yonath, στο εργαστήριο DESY.

Οι επιστήμονες που ασχολούνταν με τα ορυκτά και τους κρυστάλλους θεωρούσαν όλο και περισσότερο ότι τα άτομα είναι πραγματικότητα. Μόλις όμως το 1912 επιτεύχθηκε άμεση απόδειξη στο Πανεπιστήμιο του Μονάχου: ένας κρύσταλλος θειϊκού χαλκού σκέδαζε τις ακτίνες X με τον ίδιο τρόπο που το ύφασμα ομπρέλλας σκεδάζει το φως των φαναριών του δρόμου - άρα ο κρύσταλλος έπρεπε να αποτελείται από άτομα, διατεταγμένα σε συστοιχίες όπως οι ίνες του υφάσματος της ομπρέλλας ή ένας σωρός πορτοκαλιών στη λαϊκή αγορά.



Με τις σύγχρονες συσκευές ανάλυσης καθίστανται πλέον ορατά σε επίπεδο νανοκλίμακας αυτά τα άκρως πολύπλοκα συστατικά της ζωής ύλης.

Το σαρωτικό μικροσκόπιο σήραγγας (STM), που αναπτύχθηκε την δεκαετία του 1980, είναι εργαλείο που κατέστησε δυνατή όχι μόνον την απεικόνιση μεμονωμένων ατόμων ενός κρυστάλλου - δεν ήταν λίγοι εκείνοι που θεώρησαν απάτη τις πρώτες εικόνες - αλλά και την ηθελημένη μετατόπιση αυτών των ατόμων.

Είχαν πλέον ωριμάσει οι συνθήκες για να εμφανιστεί δυναμικά στο προσκήνιο η νανοτεχνολογία.

Είναι απλός ο λόγος για την κανονικότητα της διάταξης των ατόμων στον κρύσταλλο: η ύλη ακολουθεί τις ευκολότερες λύσεις, και η στοιχισμένη είναι η βολικότερη. Τακτική διάταξη

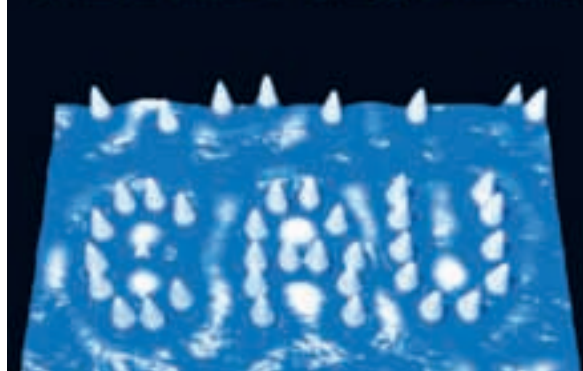


παρατηρείται ακόμη και σε καρύδια που έχουν ανακατευθεί σε γαβάθα, και η διαδικασία αυτή είναι ακόμη ευκολότερη στην περίπτωση των ατόμων.

Απλές διατάξεις δεν είναι πάντοτε οι πιο εύκολα επαναλαμβανόμενες. Μετά από δισεκατομμύρια έτη, η ύλη στη γη, καθοδηγούμενη από δυνάμεις αυτοσυγκρότησης, έχει λάβει φανταστικά πολύπλοκες, ζώσες μορφές.



Άτομα μαγγανίου χρησιμοποιούνται από τον καθηγητή Berndt για τον λογότυπο του Πανεπιστημίου Christian-Albrecht του Κιέλου.



Η νανοτεχνολογία στη φύση

Ταξίδι στον νανόκοσμο

Οι νανοτεχνολόγοι αγαπούν ιδιαίτερα την ζωντανή φύση. Στα τέσσερα δισεκατομμύρια χρόνια ύπαρξής της, η φύση εφηύρε, εν μέρει, εκπληκτικές λύσεις αντιμετώπισης των προβλημάτων της. Χαρακτηριστικό είναι ότι η ζωή διαρθρώνει την ύλη της έως το ελάχιστο δυνατό επίπεδο, έως το επίπεδο των ατόμων. Αυτό είναι που επιδιώκουν και οι νανοτεχνολόγοι.



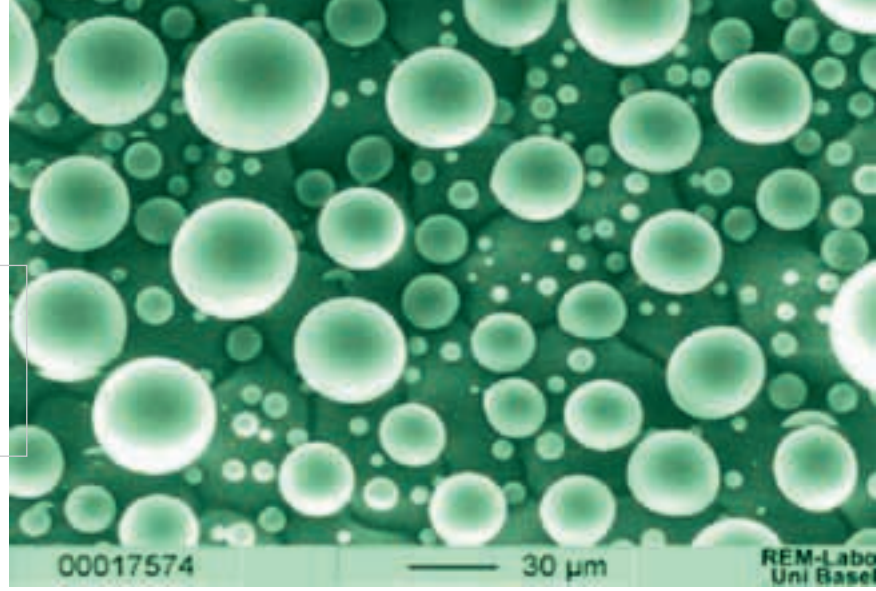
Τα άτομα δεν είναι δημοφιλή. Όποιος ακούει την λέξη αυτή αναλογίζεται τεράστιες εκρήξεις ή επικίνδυνη ακτινοβολία. Τούτο ισχύει όμως μόνο για τις τεχνολογίες που έχουν ως αντικείμενο τον πυρήνα του ατόμου. Αντικείμενο της νανοτεχνολογίας είναι ο φλοιός του ατόμου, η κλίμακα όπου μπορεί να αναδείξει το δυναμικό της. Για να μην υπάρχει όμως καμία αμφιβολία, ότι τα άτομα απαντώνται στην πεζή καθημερινότητα - και στις κατάλληλες ενώσεις είναι μάλιστα νόστιμα - επιλέξαμε για την κάθοδό μας στον νανόκοσμο έναν τύπο τυριού.

Ο τύπος τυριού Mimolette επινοήθηκε στη Φλάνδρα. Μικρές σπηλεώσεις που βρίθουν στην εξωτερική του επιφάνεια μας είναι ένδειξη ότι κατοικείται από οργανισμούς. Πρόκειται για ακάρεα, τα οποία, με την ανοχή του κατόχου, βελτιώνουν το άρωμα του τυριού Mimolette. Το μέγεθος των ακάρεων είναι μόλις ένα δέκατο του χιλιοστομέτρου. Με το ειδικό ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης ESEM, είναι μάλιστα δυνατή η παρατήρηση των ακάρεων. Όπως και τα άλλα είδη, τα ακάρεα αποτελούνται από κύτταρα. Το μέγεθος για τη μέτρηση των κυττάρων είναι το μικρόν του μέτρου. Ο μηχανισμός του κυττάρου είναι άκρως πολύπλοκος. Σημαντικό συστατικό αυτού του μηχανισμού είναι τα ριβοσώματα, που παράγουν όλα τα πιθανά μόρια πρωτεϊνών σύμφωνα με τις οδηγίες του γενετικού υλικού DNA. Η τάξη μεγέθους του ριβοσώματος είναι 20 νανόμετρα. Μέρη της δομής του ριβοσώματος έχουν πλέον καθοριστεί μέχρις επιπεδου μεμονωμένων ατόμων. Οι πρώτοι καρποί αυτού του είδους νανοβιοτεχνολογίας είναι νέα φάρμακα που δεσμεύουν τα ριβοσώματα βακτηρίων.



Το φαινόμενο του λωτού οφείλει την ονομασία του στον τρόπο καθαρισμού των φύλλων του άνθους του λωτού.

Σταγονίδια νερού πάνω σε φύλλο ινδοκάρδαμου, που απεικονίστηκε με ειδικό ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (ESEM) του Πανεπιστημίου της Βασιλείας.

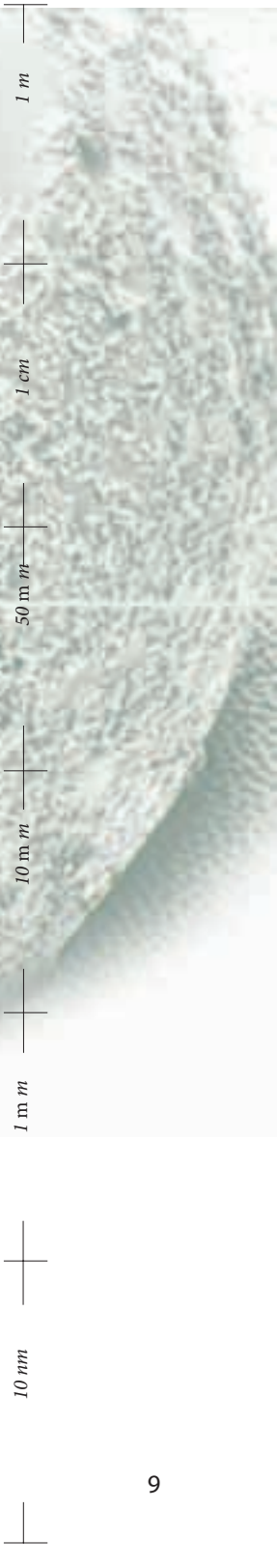
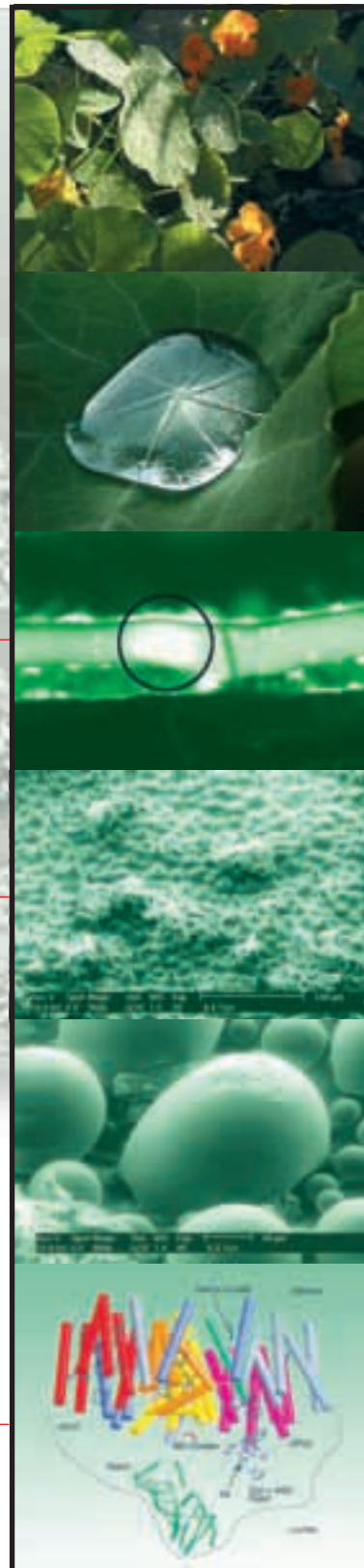


Φαινόμενο του λωτού & Σια.

Το ινδοκάρδαμο διατηρεί καθαρά τα φύλλα του χάρη στο φαινόμενο του λωτού. Με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης ESEM (Environmental Scanning Electron Microscope) καθίσταται ορατός ο τρόπος που απομακρύνονται τα σταγονίδια νερού από την επιφάνεια του φύλλου. Αυτό οφείλεται στο πέλος της επιφάνειας των φύλλων. Το νερό γλιστρά με μεγάλη ταχύτητα συμπαρασύροντας έτσι τις ακαθαρσίες. Το φαινόμενο του λωτού - που διερευνήθηκε διεξοδικά από τον καθηγητή Barthlott και τους συνεργάτες του στο Πανεπιστήμιο της Βόννης - έχει ήδη αξιοποιηθεί για διάφορα προϊόντα, όπως για παράδειγμα χρώματα επάλυψης προσώπων ώστε το νερό να συμπαρασύρει τις ακαθαρσίες. Είδη υγιεινής με υφή επιφάνειας σαν του λωτού είναι εύκολο να καθαριστούν.

Τα φύλλα των φυτών έχουν όμως και άλλη νανοτεχνολογία. Το σύστημά τους για τη διαχείριση του νερού ρυθμίζεται συχνά από φορισώματα. Πρόκειται για μικροσκοπικούς μυσ οι οποίοι ανοίγουν ή - όταν τα φυτά τραυματιστούν - κλείνουν διαύλους στο τριχοειδές σύστημα των φυτών. Τρία ερευνητικά ινστιτούτα Fraunhofer και το Πανεπιστήμιο του Γκίπσεν επιδιώκουν ταυτόχρονα να αξιοποιήσουν τεχνολογικά τους φυτικούς μυσ, π.χ. για μικροσκοπικούς γραμμικούς κινητήρες, ή για το «εργαστήριο σε τσιπ» (lab-on-a-chip).

Μια από τις πλέον εξελιγμένες τεχνικές σε ατομική κλίμακα είναι η διαδικασία της φωτοσύνθεσης, με την οποία συλλέγεται η ενέργεια για τη ζωή στη γη. Στη διαδικασία αυτή είναι σημαντικό κάθε μεμονωμένο άτομο. Όποιος θα μπορέσει να αντιγράψει αυτή τη διαδικασία με τη χρήση νανοτεχνολογίας θα διαθέτει ενέργεια επ' άπειρον.



Η νανοτεχνολογία στη φύση

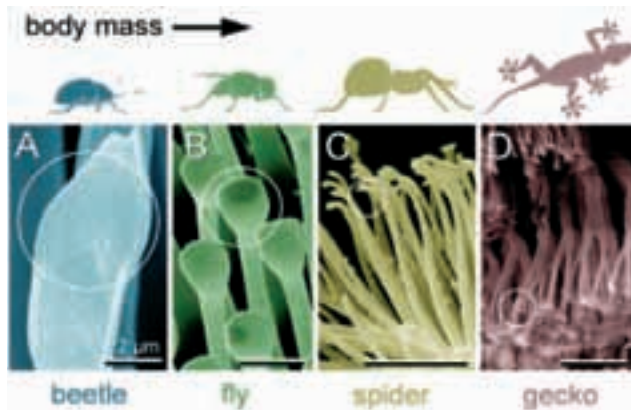


Ταξίδι στον νανόκοσμο

Με τη νανοτεχνολογία στο ταβάνι: οι σαύρες γκέκο

Οι σαύρες γκέκο μπορούν να αναρριχηθούν σε οποιονδήποτε τοίχο, να τρέχουν στο ταβάνι με το κεφάλι προς τα κάτω ή ακόμη και να κρέμονται από το ταβάνι με ένα μόνο πόδι. Αυτό το επιτυγχάνουν με - τι άλλο - τη νανοτεχνολογία. Το πέλμα του γκέκο είναι εφοδιασμένο με λεπτότατα τριχίδια τα οποία είναι τόσο εύκαμπτα ώστε για μεγάλα διαστήματα να προσεγγίζουν το υπόβαθρο μερικά μόλις νανόμετρα. Τότε αρχίζουν να δρουν οι διαμοριακοί δεσμοί Van-der-Waals, δυνάμεις οι οποίες, παρότι είναι ασθενέστερες, είναι ικανές να φέρουν το βάρος της σαύρας λόγω των εκατομμυρίων σημείων πρόσφυσης. Οι δεσμοί χαλαρώνουν εύκολα με «αποτρίχωση», όπως όταν αποκολλάται συγκολλητική ταινία. Έτσι, το γκέκο μπορεί να τρέχει κρεμασμένο από το ταβάνι. Οι ειδικοί της επιστήμης των υλικών αποβλέπουν ήδη στην παραγωγή συνθετικού „Geckolin“.

Σκαθάρια, μύγες, αράχνες, σαύρες γκέκο αποκάλυψαν τα μυστικά τους στο Ινστιτούτο Μεταλλογνωσίας Max-Planck, στη Στουτγάρδη. Προσφέρονται με τριχίδια, τα οποία σχηματίζουν με το υπόβαθρο δεσμούς Van-der-Waals. Όσο βαρύτερο είναι το ζώο, τόσο λεπτότερα και πολυπληθέστερα τα τριχίδια.



σημείο του τσιμπήματος εκκρίνουν ελκυστική ουσία. Ανάλογα με την συγκέντρωση της ουσίας αυτής, τα κύτταρα των τοιχωμάτων των αιμοφόρων αγγείων και τα λευκοκύτταρα παράγουν συγκολλητικά μόρια τα οποία επικολλούνται χαλαρά στο τοίχωμα των αγγείων καθυστερώντας έτσι την ροή των λευκοκυττάρων.



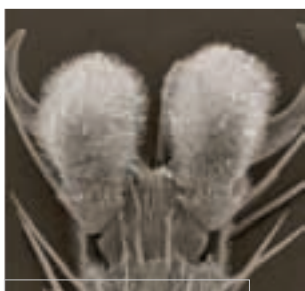
Όταν η ελκυστική ουσία φθάσει στην ανώτατη συγκέντρωση τα λευκοκύτταρα επικολλούνται σταθερά, άλλα συγκολλητικά μόρια παρασύρουν τα αιμοσφαίρια μέσω των τοιχωμάτων του αγγείου στο σημείο του τσιμπήματος, όπου τα λευκοκύτταρα επιτίθενται σε τυχόν εισβολείς. Πρόκειται για την τέλεια τεχνική συγκόλλησης. Διερευνούνται οι νανοτεχνολογικές απομιμήσεις της τεχνικής αυτής, υπό την ονομασία «συγκόλληση κατά διαταγή» - «bonding on command».

Συγκόλληση για τη διατήρηση της ζωής

Η ζωή υπάρχει επειδή τα συστατικά της είναι συγκολλημένα με εξελιγμένες νανοτεχνικές συγκόλλησης. Αυτό συμβαίνει και στην περίπτωση τραυματισμών, όπως για παράδειγμα σε περίπτωση τσιμπήματος από κουνούπι: το σημείο του τσιμπήματος κοκκινίζει, επειδή διευρύνονται λεπτότατα αιμοφόρα αγγεία, μέσω των οποίων διέρχονται σμήνη λευκοκυττάρων, λευκά αιμοσφαίρια. Τα κύτταρα στο

Μύδια: καλλιτέχνες στη συγκόλληση

Το κοινό μύδι - εκείνο δηλαδή που, βρασμένο με λαχανικά, καταναλώνεται στα εστιατόρια - είναι αξιοθαύμαστοι καλλιτέχνες στη συγκόλληση σε νανοκλίμακα. Όταν το μύδι θέλει να προσκολληθεί σε βράχο ανοίγει τις θυρίδες του και προωθεί τον πόδα του προς τον βράχο, κυρτώνει τον πόδα ώστε να σχηματίζει βεντούζα και, μέσω μικροσκοπικών αγωγών, εκκρίνει σφαιρίδια συγκολλητικής ύλης, που ονομάζεται μικκύλιο, στο κοίλωμα υποπίεσης. Εκεί τα σφαιρίδια διαρρηγνύονται και απελευθερώνουν ισχυρή μέσα στο νερό συγκολλητική ύλη, η οποία αμέσως σχηματίζει μικρά μαξιλάρια αφρού. Σε αυτόν τον απορροφητή κραδασμών αγκυροβολεί το μύδι με ελαστικά νημάτια βύσσου, έτσι ώστε να κλυδωνίζεται από το κύμα χωρίς επιπτώσεις.



Μεγεθυμένη φωτογραφία ποδιών μύγας.



Κοινό μύδι με νημάτια βύσσου και πόδα.



Το Ινστιτούτο Fraunhofer IFAM στην Βρέμη διενεργεί έρευνα σε τροποποιημένες κόλλες μυδιών, με σκοπό να είναι δυνατόν να συγκολλούνται λεπτότητες πορσελάνες ικανές να αντέχουν στο πλύσιμο σε πλυντήριο πιάτων. Το δίκτυο ειδικών στα «Νέα Υλικά και Βιοϋλικά» στο Ρόστοκ και στο Γκράιφσβαλντ μελετά επίσης τα μύδια.

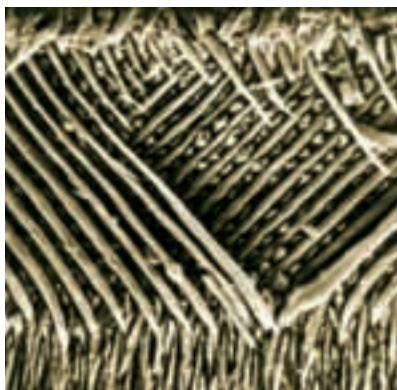
Καλαθάκι άνθους της Αφροδίτης - σπόγγος απαντώμενος σε μεγάλα βάθη - που μελετάται επί του παρόντος ως βιολογικό πρότυπο οπτικού κυματοδηγού.

Βιοορुकτοποίηση

Τα όστρακα έχουν όμως και άλλες ικανότητες. Το μάργαρο αποτελείται από άπειρους μικροσκοπικούς κρυστάλλους ασβεστίου, υπό την μορφή του ορυκτού αραγωνίτης, που θα ήταν πολύ ψαθυροί σε καθαρή μορφή. Οι κρύσταλλοι αυτοί διατηρούν τη συνοχή τους χάρη σε ελικοειδείς άκρως ελαστικές πρωτεΐνες. Πρωτεΐνη τρία τοις εκατό κατά βάρος αρκεί ώστε το κέλυφος του είδους «αυτί της θάλασσας» (abalone) να έχει την 3000-πλάσια αντοχή σε θραύση του καθαρού κρυστάλλου ασβεστίτη. Οι αχινοί ενισχύουν με τον τρόπο αυτό τις, μέχρι τριάντα εκατοστά του μέτρου, μακριές ακάνθους τους, ώστε να αντέχουν στο κύμα.

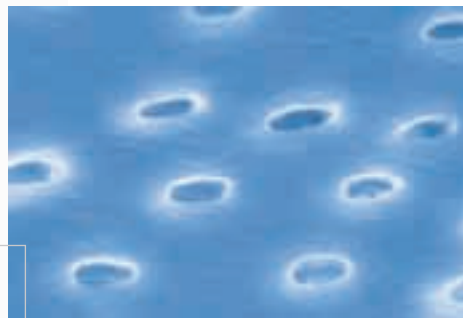
Η βιοορुकτοποίηση δημιουργεί εξάλλου πολύ περίτεχνους σχηματισμούς. Στο θαλάσσιο βυθό μιας μικρής περιοχής στις Φιλιππίνες ζει το είδος σπόγγου «καλαθί ανθών της Αφροδίτης» (Venus flower basket). Έχει σχήμα κυρτό, σαν θήκη τούρκικου στιλέτου, αλλά κυκλική διατομή κατά τον επιμήκη άξονά του. Ο σπόγγος αυτός οφείλει την ονομασία του στη δομή του εσωτερικού σκελετού του κελύφους του. Είναι ένα πλέγμα από λεπτές βελόνες πυριτικού άλατος, με τρύπες όπως το ψαθωτό της πλάτης ξύλινης καρέκλας. Το πλέγμα αυτό σχηματίζεται από ορθογώνιο δίκτυο που συμπληρώνεται με διαγώνιο δίκτυο. Ο

σπόγγος αυτός θεωρείται ως αριστούργημα βιοορुकτοποίησης: μικροσκοπικά δομοστοιχεία από διοξείδιο του πυριτίου, διαμέτρου μόλις τριών νανομέτρων, συναρμολογούν αρχικώς τα κύτταρα του σπόγγου ώστε να σχηματισθούν λεπτεπίλεπτες στρώσεις. Οι στρώσεις αυτές τυλίγονται εν συνεχεία ώστε να σχηματίσουν τις βελόνες πυριτίου, οι οποίες αποτελούν το βασικό στοιχείο του ψαθωτού καλαθιού, το οποίο έχει



Το τρισδιάστατο πλέγμα βιοορुकτών στην αδαμαντίνη του γομφίου ενός τυφλοπόντικα προστατεύει την επιφάνεια μάσησης από ραγίσματα.

Τεχνητή βιοορुकτοποίηση: νανοσωματίδια επιδιορθώνουν δόντια. Όταν τα δόντια είναι πολύ ευαίσθητα στο κρύο ή τα οξέα προξενούν πονόδοντο, ο λόγος τις περισσότερες φορές είναι μικρά ανοικτά σωληνάκια στην αδαμαντίνη. Με νανοσωματίδια της εταιρείας SusTech από φωσφορικό ασβέστιο (απατίτη) και πρωτεΐνη είναι δυνατόν τα σωληνάκια αυτά να κλείσουν δέκα φορές γρηγορότερα απ' ό,τι με συνήθη σκευάσματα απατίτη. Η νέα ορुकτοποιημένη στιβάδα υλικού συμπεριφέρεται στο στόμα ακριβώς όπως το φυσικό οδοντικό υλικό.



Η νανοτεχνολογία στη φύση

υψηλή αντοχή σε αυξομειώσεις της πίεσης.

Η βιοορυκτοποίηση ήταν (άλλοτε) στρατηγικής σημασίας για τα διάτομα, πυριτικά φύκη. Τα μικροσκοπικού μεγέθους πλάσματα προστατεύει κέλυφος από πυριτικό οξύ, του οποίου το κύριο συστατικό είναι διοξείδιο του πυριτίου, SiO_2 . Όπως η πυριτική ύαλος, που επίσης αποτελείται από διοξείδιο του πυριτίου, το κέλυφος από πυριτικό οξύ είναι σχετικά ανθεκτικό σε πολλά διαβρωτικά όξινα και αλκαλικά διαλύματα και, για τούτο, οι νανοτεχνολόγοι προτίθενται να χρησιμοποιήσουν τα κελύφη αυτά ως δοχεία αντίδρασης για κρυστάλλους σε νανομετρική κλίμακα. Ένα τέχνασμα για να δημιουργηθούν σωματίδια νανομετρικής κλίμακας από χημικές αντιδράσεις συνίσταται στον περιορισμό του όγκου αντίδρασης. Όταν στον όγκο αντίδρασης έχουν εξαντληθεί οι αντιδρώσες ουσίες, παραμένουν μικροί οι κρύσταλλοι που δημιουργούνται από την αντίδραση. Τα κελύφη των διατόμων έχουν πολλούς τέτοιους πόρους νανομετρικής κλίμακας, νανοαντιδραστήρες.

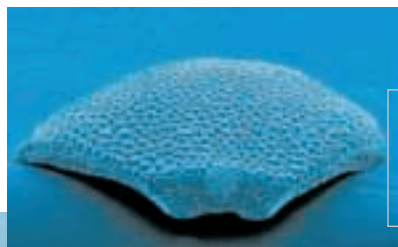
Το ερώτημα είναι πώς προκύπτουν αυτά τα, εν μέρει, πολύ περίτεχνα κελύφη των διατόμων; Έχουν ήδη δοθεί οι πρώτες απαντήσεις. Ερευνητές του Πανεπιστημίου του Ρέγκενσμπουργκ ανακάλυψαν ότι παραλλαγές γνωστής ομάδας πρωτεϊνών, των πολυαμινών, σε κατάλληλη δόση διαλύματος πυριτικού οξέος είναι ικανές να παράγουν νανοσφαιρίδια με ελεγχόμενη διάμετρο, μεταξύ 50 και 900 νανομέτρων, καθοδηγούμενες από δυνάμεις αυτοσυγκρότησης, τελείως. Σύμφωνα με απλά μοντέλα εξέλιξης, επίσης αυθόρμητα δημιουργούνται

Πατί θα έπρεπε οι θώρακες των διατόμων να έχουν στρατηγική σημασία; Το 1867, ο σουηδός Άλφρεντ Νόμπελ, ανακάλυψε ότι ο διατομίτης, δηλαδή ιζηματοποθέσεις θωράκων διατόμων, απορροφά τη νιτρογλυκερίνη και, ως εκ τούτου, περιορίζει την τάση αυτή του εκρηκτικού υλικού να εκρήγνυται αυθόρμητα. Το μείγμα ονομάστηκε από τον Νόμπελ δυναμίτης, του οποίου οι τεράστιες πωλήσεις απετέλεσαν τη βάση για τη δημιουργία του κληροδοτήματος από το οποίο χρηματοδοτούνται σήμερα τα βραβεία Νόμπελ.

Οι θώρακες των διατόμων - πάνω απεικονίζεται φυσικό ανάλογο του σπόγγου Menger (βλ. επίσης σελ. 21) - έχουν, λόγω της ιδανικής μορφής τους, μέγιστη σταθερότητα ενώ είναι ελάχιστο το βάρος και διαθέτουν, μάλλον, σύστημα συλλογής φωτός για τους μηχανισμούς φωτοσύνθεσης, τους χλωροπλάστες.



Ο θαλάσσιος αστερίας *Ophioscoma wendtii* είναι εφοδιασμένος με τέλειο σύστημα μικροφακών όρασης. Πάνω: όψη την ημέρα, κάτω: όψη την νύχτα.



Φολίδες θώρακα και πεδία μικροφακών ταυτοχρόνως.

τα κελύφη από πυριτικό οξύ. Νανοτεχνολογία στην φύση: *Ophioscoma wendtii*, ο μαλλιαρός αυτός αστερίας σχήματος επίπεδου, αποτέλεσε ένα αίνιγμα για μεγάλο χρονικό διάστημα. Αυτό το πλάσμα, από το θωρακισμένο σώμα του οποίου προεξέχουν πέντε πόδια, βιάζεται να κρυφτεί στο παραμικρό πλησίασμα οποιουδήποτε ενδεχόμενου εχθρού, παρόλο που δεν διαθέτει μάτια. Αυτά τελικά βρέθηκαν επάνω στο θωρακισμένο του κέλυφος, το οποίο είναι γεμάτο από τέλειες φακοειδείς μικρό-κοιλότητες που μετατρέπουν ολόκληρο το σώμα του σε ένα πολύπλοκο μάτι. Η νανοτεχνολογία; Οι ανεξάρτητοι φακοί έχουν κρυσταλλοποιηθεί κατά τέτοιο τρόπο έτσι ώστε η ιδιότητα του ανθρακίτη να δημιουργεί διπλό είδωλο δεν επηρεάζει - έλεγχος κρυσταλλοποίησης στο επίπεδο του νανόμετρου. Οι φακοί έχουν επίσης υποστεί διόρθωση σφαιρικού σφάλματος με μικρή πρόσθεση μαγνησίου, έτσι ώστε να αποφεύγονται οι πιθανοί κροσσοί χρωμάτων. Έτσι λοιπόν ο αστερίας *Ophioscoma*, χρησιμοποιεί τέτοιου είδους νανοτεχνολογικές μεθόδους όπως αυτές που κάποτε βοήθησαν τον Carl Zeiss να αποκτήσει την μεγάλη του φήμη.



Το Ινστιτούτο Νέων Υλικών του Σάαρμπρύκεν, ΙΝΜ, έχει αναπτύξει μεθόδους που χρησιμοποιούν νανοσωματίδια για την επιστροφή μεταλλικών τεμαχίων με ολογράμματα που δεν επιδέχονται παραχάραξη και είναι ανθεκτικά στην αποτριβή.



Ούτε και αυτό μπορεί να το κάνει η φύση: κεραμικά που έχουν υποστεί επεξεργασία με νανοαιθάλη μπορούν να χρησιμοποιηθούν για συστήματα ανάφλεξης με πυράκτωση, ανθεκτικά στη διάβρωση, όπως π.χ. σε λέβητες αερίου. Η ρυθμιζόμενη αγωγιμότητα του κεραμικού υλικού καθιστά περιττό τον μετατροπέα.

Η νανοτεχνολογία στη φύση: το είδος αστερία *Ophiocoma wendtii*, μαλλιαρός αστερίας μεγέθους παλάμης, απετέλεσε αίνιγμα για πολύ καιρό. Με δισκοειδή θωρακισμένο κορμό από τον οποίο φύονται πέντε βραχίονες, έχει την ικανότητα να σπύδει να κρυφτεί όταν πλησιάζουν πιθανοί εχθροί παρότι δεν είναι εμφανές ότι διαθέτει μάτια. Τελικά, τα μάτια του ανακαλύφθηκαν στον ασβεστούχο θώρακα που διαθέτει. Ο θώρακας αυτός είναι διάστικτος με τέλεια πεδία μικροφακών, που καθιστούν όλο το σώμα του τριχωτού αστερία ένα πολυσύνθετο μάτι. Και η νανοτεχνολογία; Κάθε φακός είναι αποκρυσταλλωμένος έτσι ώστε να μην προκύπτει η ιδιαιτερότητα του ασβεστίτη να δημιουργεί διπλό είδωλο. Πρόκειται δηλαδή για έλεγχο της αποκρυστάλλωσης σε νανοτεχνολογική κλίμακα. Επιπλέον, με την προσθήκη ελάχιστου μαγνησίου, οι φακοί αυτοί είναι διορθωμένοι έναντι σφαιρικής

εκτροπής, ώστε να αποφεύγεται αθέλητος παρασιτικός χρωματισμός. Ο αστερίας *Ophiocoma* διαθέτει λοιπόν νανοτεχνολογικές τελειοποιήσεις, όπως στο παρελθόν βοήθησαν τον Καρλ Τσάις να δοξαστεί.

Όρια της φύσης, πλεονεκτήματα της τεχνολογίας

Η νανοτεχνολογία βασιζέται αμιγώς στη φύση, αλλά οι δυνατότητες της έμβιας φύσης είναι περιορισμένες: δεν μπορεί να αντιμετωπίσει συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών, που απαιτούνται για τα κεραμικά ή τους μεταλλικούς αγωγούς. Αντιθέτως, η σύγχρονη τεχνική έχει στη διάθεσή της ευρεία κλίμακα τεχνητών συνθηκών - εξαιρετική καθαρότητα υλικών, ακραίο ψύχος, συνθήκες κενού - υπό τις οποίες η ύλη αποκαλύπτει εκπληκτικές

ιδιότητες. Σε αυτές συγκαταλέγονται ιδίως τα κβαντικά φαινόμενα, τα οποία φαίνεται ενίοτε να βρίσκονται σε απόλυτη αντίφαση με τους φυσικούς νόμους που γνωρίζουμε στην καθημερινή μας ζωή. Έτσι, τα σωματίδια του νανόκοσμου έχουν ταυτόχρονα κυματικές ιδιότητες. Για παράδειγμα, ένα άτομο, μια αδιαίρετη ενότητα, είναι δυνατόν να διέλθει ταυτόχρονα μεταξύ δύο κενών, όπως ένα κύμα, και εν συνεχεία να αναδυθεί πάλι ως αδιαίρετη ενότητα στην άλλη πλευρά.

Τα σωματίδια αποκτούν τελείως νέες ιδιότητες, όσο το μέγεθός τους πλησιάζει το νανόμετρο: τα μέταλλα γίνονται ημιαγωγοί ή μονωτές. Τελείως αφανείς ουσίες όπως το τελλουριούχο κάδμιο ($CdTe$) φθορίζουν στον νανόκοσμο σε όλα τα χρώματα της ίριδας, ενώ άλλες ουσίες μετατρέπουν το φως σε ηλεκτρικό ρεύμα.

Όταν τα σωματίδια γίνουν νανοσκοπικώς μικρά, αυξάνεται πολύ το ποσοστό των ατόμων στην εξωτερική επιφάνειά τους. Τα άτομα της επιφάνειας συχνά έχουν διαφορετικές ιδιότητες από τα άτομα στο κέντρο του σωματιδίου, κατά κανόνα είναι πιο επιρρεπή σε αντιδράσεις. Για παράδειγμα, ο χρυσός σε νανομετρική κλίμακα είναι καλός καταλύτης για κυψέλες καυσίμου (βλ. επίσης κεφάλαιο «Κινητικότητα»). Εξάλλου, είναι δυνατόν να επιστρωθούν νανοσωματίδια με άλλες ουσίες,

Νανοσωματίδια μαγνητίτη σε έλαιο. Είναι δυνατή η μαγνητική διαμόρφωση του ρευστού.



«*Magnetotactikum bavaricum*» Μαγνητικά βακτήρια μπορούν να συνθέσουν αλυσίδες νανομαγνητών για να χρησιμεύσουν ως βελόνες πυξίδων.



Σωματίδια τελλουριούχου καδμίου φθορίζουν, το χρώμα εξαρτάται από το μέγεθος των σωματιδίων.

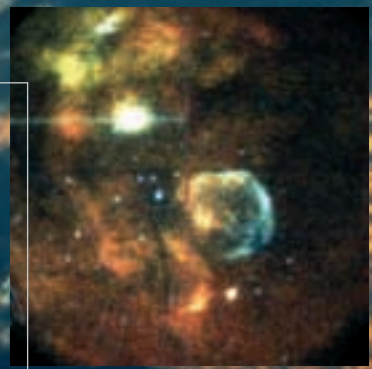
Εργαλεία

και έθοδοι

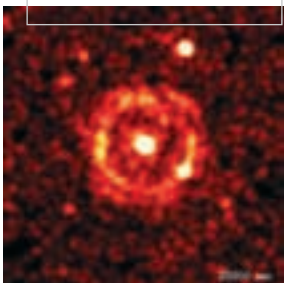
Μάτια για τον νανόκοσμο



Νανοτεχνολογία στο σύμπαν: τα κάτοπτρα του ευρωπαϊκού τηλεσκοπίου ακτινοβολίας X «Newton» είναι στιλβωμένα με μέση ακρίβεια πάχους 0,4 νανομέτρων και, στη φωτογραφία αυτή, ανιχνεύουν πηγές ακτινοβολίας X στο νεφέλωμα της Ανδρομέδας.



Ένα επιστημονικό συνταρακτικό γεγονός: λάμψη ακτίνων γάμμα που δημιουργεί δακτυλίους σε γαλακτικό νέφος σκόνης.



Πώς σχετίζεται το ευρωπαϊκό τηλεσκόπιο ακτίνων X «Newton» με τη νανοτεχνολογία; Το τηλεσκόπιο αυτό συλλέγει την ακτινοβολία X απομακρυσμένων αντικειμένων, με 58 κάτοπτρα, μεγέθους καλαθιού άχρηστων, που είναι αλληλένθετα σαν μανδύας κρεμμυδιού και είναι ψεκασμένα με ατμό χρυσού. Τα κάτοπτρα έχουν μέση αδρότητα επιφανείας μόλις 0,4 νανομέτρα - ένα τεχνολογικό αριστοτέχνημα στο οποίο συνέβαλε σημαντικά η επιχείρηση Carl Zeiss AG.

Τα υψηλής ακρίβειας κάτοπτρα ακτινοβολίας X για την φασματοσκοπία και την μικροσκοπία ακτίνων X αποτελούνται από αρκετές εκατοντάδες στρώσεις δύο στοιχείων διαφορετικού βάρους. Οι απαιτήσεις που πρέπει να πληρούν αυτά τα κάτοπτρα είναι ακόμα αυστηρότερες, δεδομένου ότι οι στρώσεις επιτρέπεται κατά μέσον όρο να παρεκκλίνουν από το θεωρητικό πάχος μόνον κατά κλάσματα της διαμέτρου ενός ατόμου. Την τεχνική αυτή κατέχει το Ινστιτούτο Fraunhofer για την Τεχνική Υλικών και Ακτίνων, στη Δρέσδη.

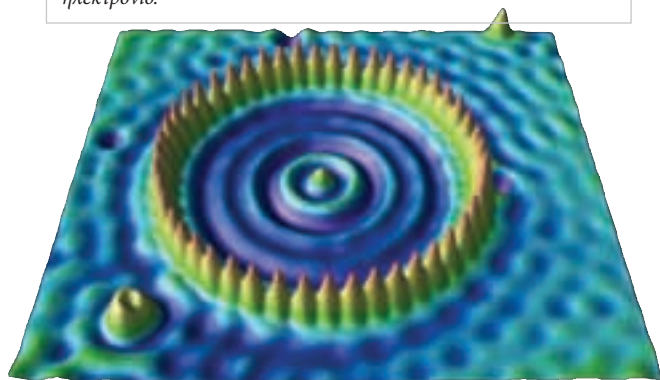
Το τέχνασμα που χρησιμοποιείται για το κάτοπτρο στρώσεων το εφηύρε και πάλι η φύση στο φάσμα του ορατού φωτός: το νυκτόβιο καλαμάρι *Euryglena scolopes* κατευθύνει προς τα κάτω, μέσω μικρών κατόπτρων από πρωτεΐνη ανακλαστική

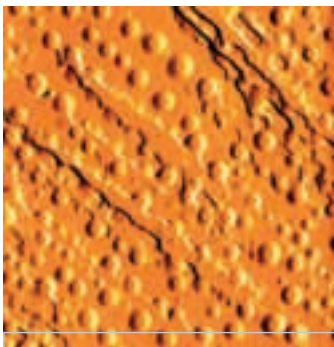
(reflectine), το φως από φωταυγή βακτήρια και έτσι, προσομοιώνει τμήμα του έναστρου ουρανού για τους εχθρούς που κολυμπούν από κάτω του. Αυτό το παράδειγμα βιολογικής νανοτεχνολογίας ανακαλύφθηκε προσφάτως στο Πανεπιστήμιο της Χαβάης.

Ανιχνευτές σάρωσης

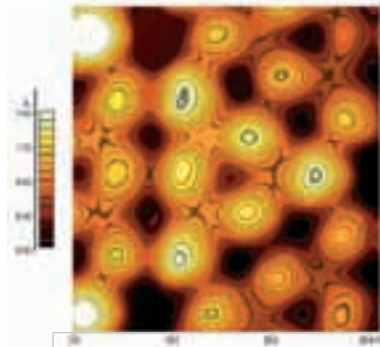
Οι ανιχνευτές σάρωσης, τα μάτια για τον νανόκοσμο, ενδεχομένως να μην φαίνονται τόσο εντυπωσιακοί και θεαματικοί, όπως στην πραγματικότητα είναι, αν μη τι άλλο, ληφθεί υπόψη ότι για την επινόηση του προγόνου όλων των ανιχνευτών σάρωσης, το σαρωτικό μικροσκόπιο σήραγγας, απονεμήθηκε το βραβείο Νόμπελ.

„Quantum Corral“, από τον Don Eigler, IBM. Τα κύματα στο εσωτερικό απεικονίζουν την πιθανότητα να απαντηθεί ένα ηλεκτρόνιο.

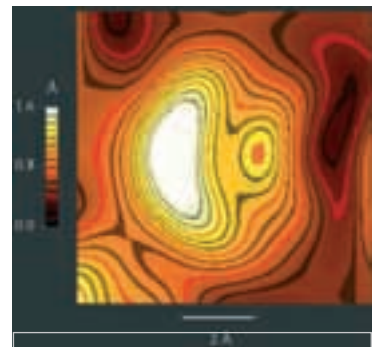




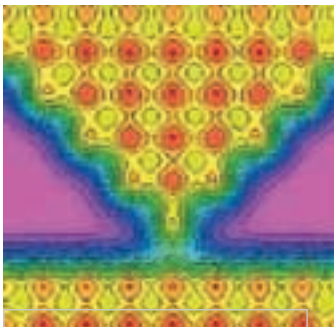
Κρύσταλλος βρωμιούχου ποτασίου με αναβαθμίδες ατόμων. Παρόμοια είναι η εικόνα του αλατιού στο πρωινό αυγό.



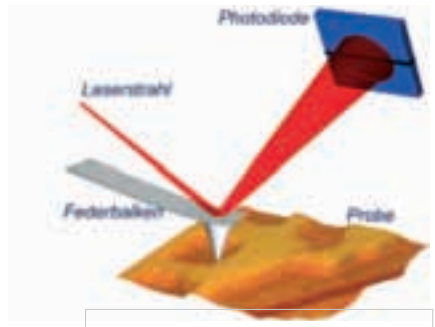
Περίγραμμα πυκνότητας ηλεκτρονίων σε άτομα πυριτίου μέσω μικροσκοπίου ατομικών δυνάμεων.



Στο μετωπιαίο άτομο ακίδας σάρωσης κρέμονται δύο νέφη ηλεκτρονίων, που διαγράφουν τροχιές ακριβώς όπως περιγράφεται στα διδακτικά βιβλία.



Η κλασική ακίδα σαρωτικού μικροσκοπίου σήραγγας (σηματική απεικόνιση)



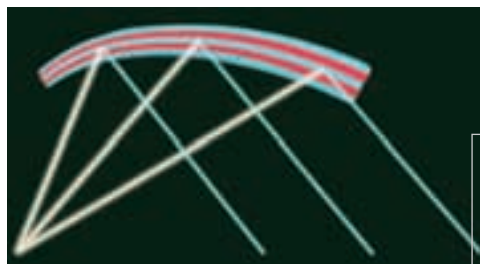
Μικροσκόπιο ατομικών δυνάμεων: η απόκλιση της ακίδας ανίχνευσης διαβιβάζεται μέσω ακτίνας λέιζερ σε φωτοκύτταρο.



Με «χωρητικούς» ανιχνευτές είναι δυνατόν να απεικονιστούν επίσης οι διαδικασίες μεταγωγής σε ηλεκτρονικό ολοκληρωμένο κύκλωμα (τσιπ).

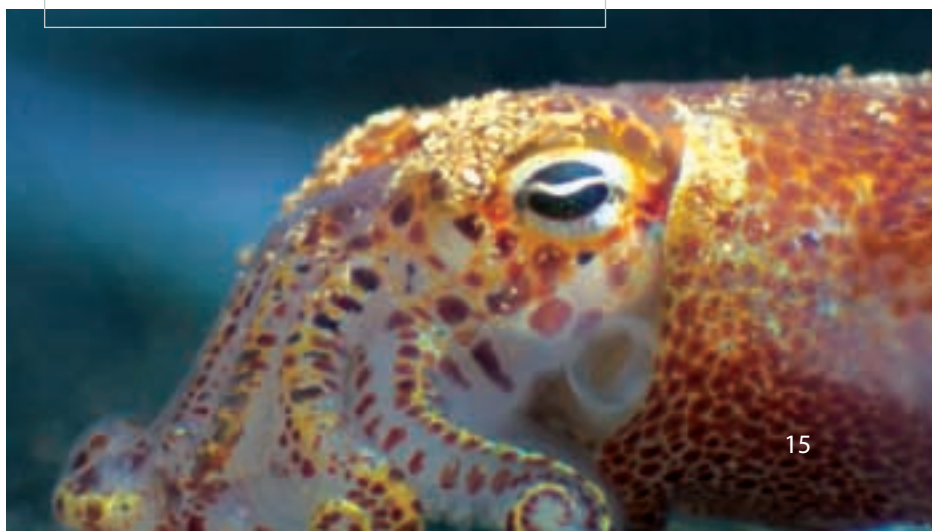
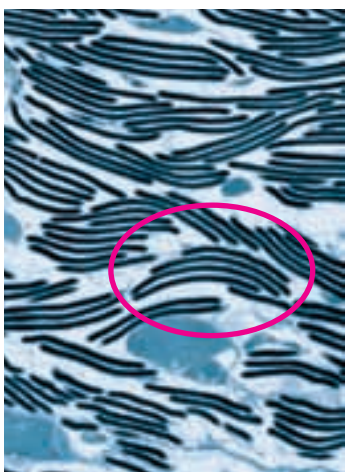
Στους ανιχνευτές σάρωσης, οι πιεζοκρύσταλλοι οδηγούν την ακίδα σάρωσης επανειλημμένως και ελάχιστα μετατοπιζόμενη πάνω από το υπό σάρωση αντικείμενο, όπως για παράδειγμα πεδία ατόμων. Οι μετατοπίσεις είναι απειροελάχιστες, η απόσταση κεφαλής-πεδίου ατόμου συχνά μικρότερη από τη διάμετρο ενός ατόμου. Κατά τις μετατοπίσεις αυτές κάτι συμβαίνει: τότε διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα, τότε ανιχνεύονται απειροελάχιστα μαγνητικά πεδία. Ηλεκτρονικοί υπολογιστές ερμηνεύουν με γραφικές αναπαραστάσεις τις μετρήσεις επί μιας επιφάνειας, και έτσι δημιουργείται σταδιακά μια εικόνα, ακριβείας μέχρι μέγεθος ατόμου ή και υψηλότερης, ανάλογα με τη βασική αρχή μέτρησης. Ιδιαίτερα ευφυής συσκευή είναι το μικροσκόπιο ατομικών δυνάμεων (AFM). Με αυτό ανιχνεύονται οι απειροελάχιστες δυνάμεις που ασκούν τα άτομα

ενός πεδίου ατόμων στο πλησιέστερο άτομο της ακίδας σάρωσης. Με τη μέθοδο αυτή είναι μάλιστα δυνατό να απεικονιστούν οι στιβάδες ηλεκτρονίων του ατόμου - η αποκάλυψη των μυστικών στο κατώτατο επίπεδο. Επί του παρόντος, το παγκόσμιο ρεκόρ στο θέμα της διακριτικής ικανότητας κατέχει το Πανεπιστήμιο Άουγκσμπουργκ.

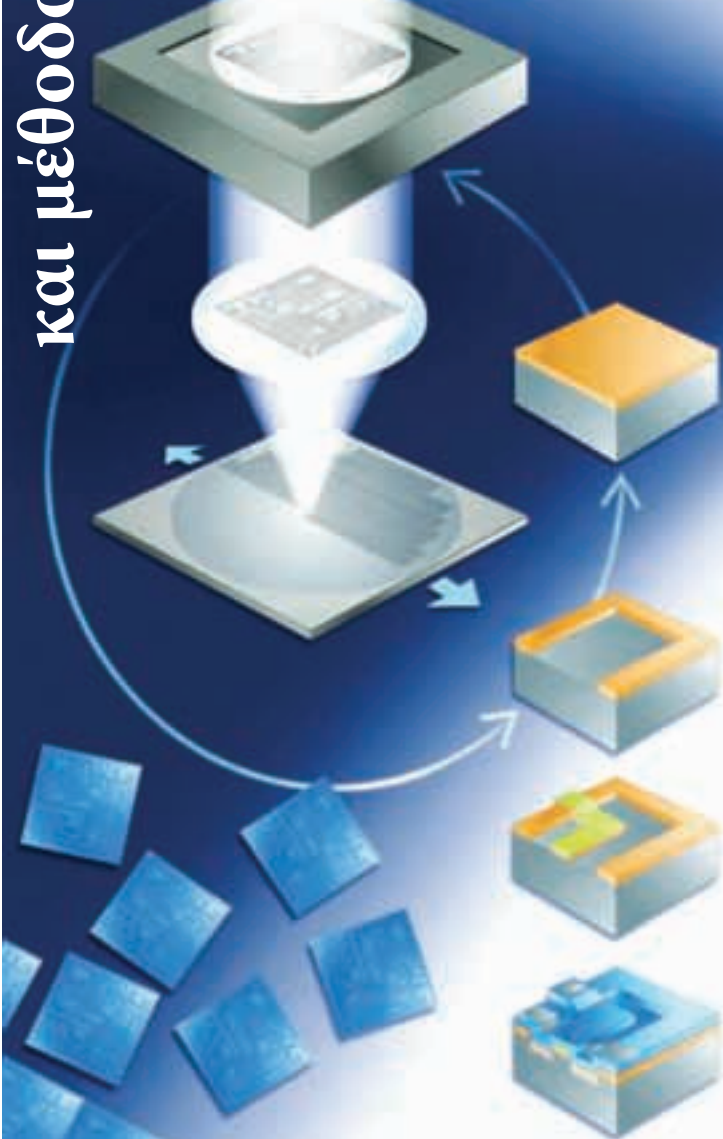


Κυρτό πολυστρωματικό κάτοπτρο για υψηλής απόδοσης ανάλυση ακτίνων Χ.

Το καλαμάρι „Euryptera scolopes“ παραπλανεί τους εχθρούς του με πολυστρωματικά κάτοπτρα από πρωτεΐνη ανακλαστική. Το φως προέρχεται από φωταυγή βακτήρια.



Εργαλεία γραφής



Λιθογραφία

Στον κλάδο των ηλεκτρονικών υπολογιστών, λιθογραφία σημαίνει την τεχνική διαμόρφωσης ολοκληρωμένων κυκλωμάτων ηλεκτρονικών υπολογιστών (τσιπ) με τη βοήθεια του φωτός. Η τεχνική αυτή συνίσταται στην επικάλυψη τέλεια στιλβωμένης επιφάνειας ημιαγωγού υλικού - πλακιδίων πυριτίου (wafer) - με φωτοευαίσθητο επίστρωμα επί του οποίου προβάλλεται η εικόνα κυκλώματος. Μετά την εμφάνιση του φωτοευαίσθητου επιστρώματος αποκαλύπτονται οι περιοχές του πλακιδίου που εκτέθηκαν (ή δεν εκτέθηκαν) στο φως, οι οποίες εν συνεχεία αποκτούν τις επιθυμητές ηλεκτρικές ιδιότητες, με διεργασίες όπως η χημική χάραξη, η εμφύτευση ξένων ατόμων και η εναπόθεση. Επαναλαμβάνοντας τη διεργασία αυτή με αλληπάλληλες νέες σχηματομορφές, τις μάσκες, είναι δυνατό να δημιουργηθούν τελικώς τα πλέον πολύπλοκα σχήματα που έχουν ποτέ δημιουργηθεί από τον άνθρωπο: άκρως ολοκληρωμένα κυκλώματα. Η πυκνότητα των τρανζίστορ έχει πλέον αυξηθεί σε τέτοιο βαθμό, ώστε



Διαδικασία λιθογραφίας:

Το τσιπ είναι τρισδιάστατο κατασκεύασμα, του οποίου όλα τα στοιχεία μεταγωγής είναι διατεταγμένα σε διαφορετικά επίπεδα. Ένα σύγχρονο τσιπ υψηλής απόδοσης αποτελείται από 25 μέχρι 30 τέτοια στρώματα, για καθένα από τα οποία απαιτείται ιδιαίτερη λιθογραφική μάσκα. Η δομή της μάσκας προβάλλεται στο πλακίδιο πυριτίου με φως και το σύστημα φακών του βηματικού αποτυπωτή (waferstepper), ο οποίος προσομοιάζει με συσκευή προβολής διαφανειών. Με κάθε διαφορετική μάσκα ενός συνόλου από μάσκες προστίθενται νέες λειτουργικές δυνατότητες στο τσιπ και αυξάνεται η πολυπλοκότητά του.

το εμβαδόν μιας κουκίδας από μολύβι να επαρκεί για μισό εκατομμύριο ή περισσότερα τρανζίστορ.

Τα σύγχρονα τσιπ έχουν διαστάσεις που είναι μικρότερες από το μήκος κύματος του λιθογραφικού φωτός: γι' αυτό χρησιμοποιούνται λέιζερ φθοριούχου κρυπτού, του οποίου το μήκος κύματος είναι 193 νανομέτρα, ώστε να δημιουργούνται δομές πλάτους 130, και στο εγγύς μέλλον 90, νανομέτρων, πράγμα που καθιστά δυνατή η χρησιμοποίηση διαφόρων ευφών οπτικών τεχνασμάτων όπως η «Optical Proximity Correction» και «Phase Shifting». Επί του παρόντος τίθενται οι βάσεις για τη λιθογραφία μακρινού υπεριώδους - λιθογραφία EUV (Extreme Ultra Violet) - η οποία χρησιμοποιεί φως μήκους κύματος 13 νανομέτρων και θα καταστήσει τελικώς δυνατή την παραγωγή δομών πλάτους μόλις 35 νανομέτρων πάνω σε πυρίτιο. Είναι τεράστιες οι απαιτήσεις ακρίβειας που πρέπει να πληροί το υλικό της μάσκας: για παράδειγμα, πλακίδιο μήκους δέκα εκατοστών του μέτρου που θερμαίνεται κατά ένα βαθμό Κελσίου δεν επιτρέπεται να διαστέλλεται περισσότερο από μερικά δέκατα του νανομέτρου, δηλαδή μόνον κατά μερικά πολλαπλάσια της διαμέτρου ατόμου. Τα όρια του θεωρητικώς εφικτού εγγίζει η απαίτηση για την ομαλότητα της επιφάνειας, η οποία επίσης δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει μερικά πολλαπλάσια της διαμέτρου ατόμου.

Η ανάδειξη της Δρέσδης σε τόπο εγκατάστασης επιχειρήσεων ηλεκτρονικών αποτελεί επιτυχές παράδειγμα υποστήριξης της γερμανικής έρευνας. Στην περιοχή αυτή δημιουργήθηκαν περίπου 16.000 θέσεις απασχόλησης και είναι ευρύτατη η επίδραση σε όλη τη γερμανική οικονομία των καινοτομιών που επιτεύχθηκαν. Στο πλαίσιο έργα που ενισχύθηκαν από το Ομοσπονδιακό Υπουργείο Παιδείας και Έρευνας (BMBWF) της Γερμανίας, 44 εταίροι από τη βιομηχανία και κρατικά ερευνητικά ιδρύματα, συμπεριλαμβανομένων 21 μεσαίου μεγέθους επιχειρήσεων, ανέπτυξαν το πρότυπο που αφορά τη μελλοντική χρήση των πλακιδίων κρυστάλλων πυριτίου (wafer) 300 χιλιοστομέτρων για την παραγωγή άκρως πολύπλοκων ολοκληρωμένων κυκλωμάτων. Νευραλγικός είναι εν προκειμένω ο ρόλος του Κέντρου Τεχνολογίας για Μάσκες, στη Δρέσδη, όπου αναπτύσσονται τα μέσα για τη διάρθρωση μελλοντικών νανοηλεκτρονικών τσιπ.



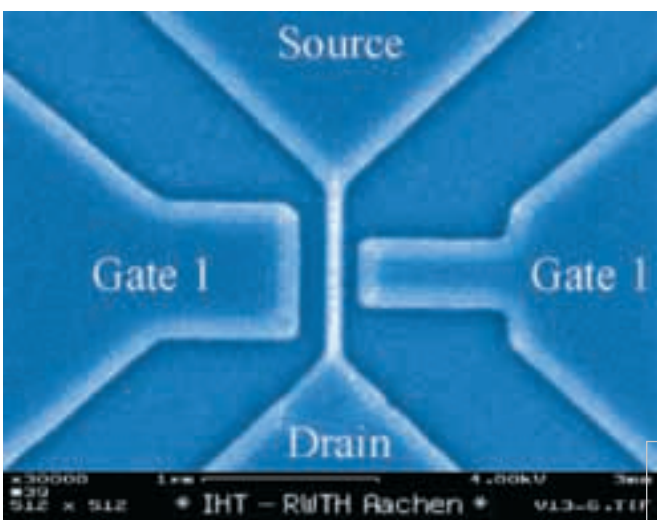
Πρωτότυπο εγκατάστασης βιομηχανικού αποτυπωτή EUV για την παραγωγή τσιπ μελλοντικών γενεών.

Νανοσφραγίδα για μεσαίου μεγέθους επιχειρήσεις

Όποιος αναφέρεται στην νανοηλεκτρονική, έχει συνήθως κατά νου εγκαταστάσεις αξίας εκατομμυρίων ή δισεκατομμυρίων ευρώ, οι οποίες όμως μπορούν να παράγουν προϊόντα σε προσιτές τιμές λόγω του τεράστιου όγκου παραγωγής. Ωστόσο, η πρόσβαση στον νανόκοσμο είναι ανοικτή και στις μεσαίου μεγέθους επιχειρήσεις. Εκ πρώτης όψης, οι μέθοδοι φαίνονται απαρχειωμένες· για παράδειγμα, η μέθοδος UV-Nano-Imprint η οποία συνίσταται στη μηχανική αποτύπωση νανοδομών πάνω σε επίστρωμα που καλύπτει ηλεκτρονικό φέρον υλικό, π.χ. πυρίτιο. Η σφραγίδα που περιέχει τις λεπτεπίλεπτες νανοδομές είναι κατασκευασμένη από πυριτική ύαλο, η οποία επιτρέπει να διέρχεται το υπεριώδες φως. Αφού η σφραγίδα επικαθίσει στο επίστρωμα, είναι δυνατόν, με ριπή υπεριώδους φωτός να πολυμερισθεί, δηλαδή να σκληρυνθεί, το φωτοευαίσθητο επίστρωμα. Εν συνεχεία αποσύρεται η σφραγίδα και λεπτύνεται το ανάγλυφο του επιστρώματος. Ακολούθως είναι δυνατή η επεξεργασία του πυριτίου που αποκαλύπτεται. Από την επανάληψη της διεργασίας αυτής με διαφορετικές

σφραγίδες προκύπτει τελικώς πολύπλοκη δομή τσιπ με τρανζίστορ, διαδρομές κυκλωμάτων, κ.λπ. Σε εργαστηριακά πειράματα επιτεύχθηκαν ελάχιστες διαστάσεις δομών μεγέθους 10 νανομέτρων. Η μέθοδος αυτή δεν περιορίζεται σε ηλεκτρονικά δομοστοιχεία, είναι επίσης δυνατόν να χρησιμοποιηθεί για λεπτεπίλεπτη διαμόρφωση μετάλλων ή πλαστικών υλών. Η μέθοδος αυτή ενδεχομένως να καταλήξει στην δημιουργία «εργαστηρίου σε τσιπ» (Lab-on-a-Chip). Το κόστος της μηχανής UV-Nano-Imprint εκτιμάται επί του παρόντος ότι δεν υπερβαίνει το ένα εκατομμύριο ευρώ, κλάσμα δηλαδή του κόστους αντίστοιχων μηχανών των σύγχρονων συμβατικών εργοστασίων κατασκευής τσιπ. Ωστόσο, με την τεχνική UV-Nano-Imprint δεν θα κατασκευάζονται φθηνά προϊόντα επειδή η δυναμικότητα παραγωγής είναι πολύ χαμηλότερη. Για ειδικές σειρές παραγωγής ολιγάριθμων τεμαχίων- «ολιγάριθμων» σε σύγκριση προς τις πολυπληθέστερες σειρές παραγωγής επεξεργαστών - η τεχνική UV-Nano-Imprint θα μπορούσε να αποτελέσει την κατάλληλη λύση.

Το ειδικό κεραμικό Zerodur για μάσκες λιθογραφίας το οποίο διατηρεί αμετάβλητο το σχήμα του ακόμα και σε νανοκλίμακα.



Με σφραγίδες στο νανόκοσμο: Στο Ινστιτούτο Ημιαγωγών (Institut für Halbleitertechnik, IHT) του Πολυτεχνείου του Άαχεν είναι ήδη εφικτή με μηχανικές/οπτικές μεθόδους η κατασκευή ολοκληρωμένων κυκλωμάτων με στοιχεία πλάτους 80 νανομέτρων. Εφαρμογή: μικρού πλήθους σειρές άκρως πολύπλοκων κυκλωμάτων.

Σύνθετος φασματόμετρο για τη δομική ανάλυση μέσω ακτίνων X. Σε τέτοια εργαλεία οφείλει η επιστήμη κατά μεγάλο μέρος τις γνώσεις σχετικά με τον νανόκοσμο.

Υπόγειος στίβος ταχύτητας για γρήγορα ηλεκτρόνια.



Κβαντικά φαινόμενα

Στο Πανεπιστήμιο Ludwig-Maximilian του Μονάχου αποτελούν πλέον καθημερινότητα οι νανοτεχνολογικές ακραίες καταστάσεις, υπό τις οποίες διαπιστώνονται παράδοξες ιδιότητες. Για παράδειγμα, εάν ατμός εκατοντάδων χιλιάδων ατόμων ρουβιδίου ψυχθεί μέχρι τη θερμοκρασία του ενός εκατομμυριοστού πάνω από το απόλυτο μηδέν (-273 °C) και παγιδευτεί από μαγνητικό πεδίο, δημιουργείται συμπύκνωμα «Bose-Einstein». Στο συμπύκνωμα αυτό τα άτομα σχηματίζουν συμπαγή μονάδα, σαν στρατιωτικό σώμα σε παρέλαση. Οι επιστήμονες της κβαντικής οπτικής από το Μόναχο μπορούν να εξαναγκάσουν αυτό το συμπύκνωμα σε τρισδιάστατο πλέγμα από σταθερά κύματα λέιζερ και να το επηρεάσουν, π.χ. ενισχύοντας τις οπτικές παγίδες, ώστε το σώμα αυτό να καταρρεύσει και να σχηματισθεί «συμπύκνωμα Mott». Για την εργασία αυτή απονεμήθηκε περίοπτο βραβείο. Για ποιόν λόγο όμως; Η έρευνα αυτού του είδους ζωογονεί τη θεωρία των κβάντων και έχει την πρωτοκαθεδρία στον νανόκοσμο. Όποιος κατανοεί ακριβώς τη θεωρία αυτή είναι, για παράδειγμα, σε θέση να αναπτύξει ακριβέστερες προδιαγραφές μέτρησης του χρόνου. Ακριβέστερα χρονόμετρα θα μπορούσαν να συμβάλουν στην επιτάχυνση της μετάδοσης δεδομένων στο Διαδίκτυο – άρα αξίζει τον κόπο η έρευνα που εκ πρώτης όψεως φαίνεται ομφαλοσκόπηση.

Το XFEL λέιζερ ακτίνων X - ισχυρό φως για τη νανοτεχνολογία

Εάν όλα εξελιχθούν όπως έχει προγραμματισθεί, το 2012 θα είναι πολύ ενδιαφέρουσες οι εμπειρίες για μερικά δισεκατομμύρια ηλεκτρόνια. Στις εγκαταστάσεις του Γερμανικού Σύγχροτρου Ηλεκτρονίων (DESY), στην τοποθεσία Αμβούργο-Bahrenfeld, θα επιταχύνονται από υπεραγωγίμο επιταχυντή ηλεκτρονίων σε πολύ υψηλά επίπεδα ενέργειας, ώστε 3,3 χιλιόμετρα μακρύτερα να αλλάζουν κατεύθυνση, διαγράφοντας τεθλασμένη πορεία υπό τη συστηματική επίδραση μαγνητών. Έτσι δημιουργείται ακτινοβολία X βραχέων κυμάτων ιδιαίτερου τύπου: ακτινοβολία λέιζερ. Η ακτινοβολία αυτή θα είναι η πολυτιμότερη που θα έχουν ποτέ οι επιστήμονες στη διάθεσή τους. Μονομιάς, θα είναι πλέον δυνατός ο καθορισμός της δομής ενός και μόνον (!) βιομορίου. Με τις σήμερα διαθέσιμες πηγές ακτινοβολίας X χρειάζονται καλοσχηματισμένοι κρύσταλλοι ενός βιομορίου, πράγμα που συχνά είναι ανέφικτο.

Οι λάμπες ακτίνων X είναι τόσο βραχείας διάρκειας ώστε είναι δυνατό να κινηματογραφηθούν τα διάφορα στάδια κίνησης ενός μορίου. Αυτό που με άλλες μεθόδους



«Συμπύκνωμα Mott» - εξωτική ύλη για υπερακριβή χρονόμετρηση.

Υπεραγωγίμα στοιχεία για την επιτάχυνση ηλεκτρονίων.



Οι διάρκειες μερικών femto (10 -15) του δευτερολέπτου λάμψεις λέιζερ ακτίνων X καθιστούν δυνατή την επακριβή παρακολούθηση και κατανόηση της εξέλιξης μιας χημικής αντίδρασης - πρόκειται για αντιδράσεις που χρησιμοποιούνται στην οπτοηλεκτρονική, τα φωτοβολταϊκά, τις κυψέλες καυσίμου ή τα φωτοηλεκτρικά κύτταρα - νανοτεχνολογία της τελειότερης μορφής.

εμφανίζεται ως συγκεχυμένος ανεμοστρόβιλος αποκτά αναγνωρίσιμη μορφή υπό το λέιζερ ακτίνων X.

Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατόν να αποκρυπτογραφηθούν τα μυστικά της τριβής. Τι και πώς δημιουργεί την τριβή θα καθοριστεί από νανομετρικής κλίμακας νησίδες μερικών εκατοντάδων ατόμων.

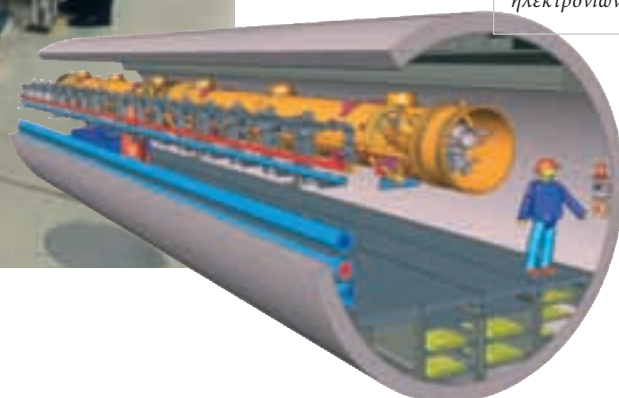
Οι ιδιότητες που έχουν μεμονωμένες συστάδες (cluster) μερικών εκατοντάδων ατόμων, είναι επίσης δυνατό να ερευνηθούν καλύτερα με το λέιζερ

ακτίνων X απ'ό,τι με οποιοδήποτε άλλο εργαλείο. Με λίγα λόγια: το ισχυρότερο εργαλείο που διαθέτει η Ευρώπη στον τομέα της νανοτεχνολογίας θα δώσει ισχυρή ώθηση στην επιστήμη και την τεχνολογία. Το συνολικό κόστος 684 εκατομμυρίων ευρώ (εκτίμηση 2003) που έχει προγραμματισθεί για τον σκοπό αυτό είναι σχεδόν βέβαιο ότι θα αποδώσει περισσότερα από τα αναμενόμενα, και μάλιστα όχι μόνο θεωρητικές γνώσεις, αλλά και από οικονομική σκοπιά.



Το λέιζερ ελευθέρων ηλεκτρονίων υπό κατασκευή.

Σχηματική απεικόνιση του υπόγειου επιταχυντή ηλεκτρονίων.

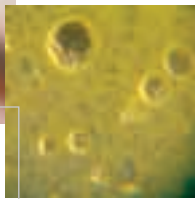


Μέθοδοι κολλοειδών διαλυμάτων/πηκτωμάτων: κλειδιά για νέα υλικά

Η σάλτσα μπερνέζ ονομάστηκε έτσι προς τιμή του Ερρίκου Δ', βασιλέα της Γαλλίας που καταγόταν από την περιοχή Bearn. Η συνταγή παρασκευής της περιλαμβάνεται, μεταξύ άλλων, στην ιστοσελίδα με θέματα φυσικής <http://www.weltderphysik.de/de/1923.php>, επειδή η σάλτσα αυτή είναι εξαιρετο (και πολύ νόστιμο) παράδειγμα κολλοειδούς συστήματος. Σε κολλοειδές αναφερόμαστε όταν πολλά σταγονίδια μιας ουσίας αιωρούνται σε σταθερή κατάσταση σε άλλη ουσία.



Κολλοειδές διάλυμα-πήκτωμα για τον βασιλέα: σάλτσα Μπερνέζ προς τιμή του Ερρίκου Δ' της Γαλλίας.



είναι πλέον προστατευμένο από διάβρωση και χάραξη. Η τεχνική κολλοειδούς διαλύματος/πηκτώματος χρησιμοποιείται σε εκατοντάδες παραλλαγές πλήθους ουσιών. Τα πηκτωμένα κολλοειδή διαλύματα είναι επίσης δυνατό να λάβουν μορφή νηματιδίων, ώστε μετά από τήξη να μετατραπούν σε κεραμικές ίνες. Από πηκτωμένα κολλοειδή διαλύματα είναι δυνατό να παραχθούν κόνεις νανομετρικής κλίμακας, οι οποίες είναι σημαντικά ελαφρύτερες και τήκονται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες από τις συνήθεις κόνεις για να παραχθούν κεραμικά ανθεκτικά σε υψηλότερες πιέσεις και θερμοκρασίες.

Η τεχνική των κολλοειδών διαλυμάτων/πηκτωμάτων ενδείκνυται επίσης για την παραγωγή άκρως εξελιγμένων οπτικών στοιχείων, όπως οπτικές ίνες, διπλασιαστές συχνότητας, πεδία μικροφακών, κ.λπ. Αυτό το είδος νανοτεχνολογίας θα επιφέρει τουλάχιστον επανάσταση στην τεχνολογία υλικών.

Το διαλυτικό μέσο ενός πηκτώματος είναι δυνατό, υπό προϋποθέσεις, να αφαιρεθεί, ώστε το καθαυτό πήκτωμα να διατηρήσει τον εξωτερικό του όγκο και να προκύψει εξαιρετικά πορώδες υλικό πολύ μικρής πυκνότητας, δηλαδή αεροπήκτωμα.

Στην περίπτωση της σάλτσας μπερνέζ, σταγονίδια ξυδιού αιωρούνται σε λειωμένο βούτυρο. Οι κρέμες και οι βαφές είναι επίσης κολλοειδή. Με την τεχνική των κολλοειδών διαλυμάτων/πηκτωμάτων (sol/gel) τα κολλοειδή συστήματα οδηγούν απευθείας στην υψηλή τεχνολογία.

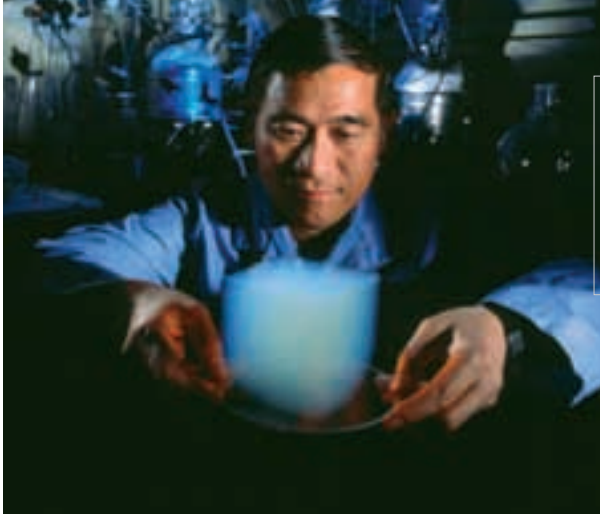
Με τη χρήση της τεχνικής των κολλοειδών διαλυμάτων/πηκτωμάτων παράγεται από διαλυτές ενώσεις, π.χ. πυριτίου, ένα (συνήθως κολλοειδές) διάλυμα, στο οποίο σταγονίδια που περιέχουν πυρίτιο αιωρούνται σε διάλυμα-φορέα. Όταν το διάλυμα αυτό ψεκασθεί σε μεταλλικό φύλλο και θερμανθεί, εξατμίζεται το διάλυμα-φορέας και τα σταγονίδια πυριτίου σχηματίζουν πλέγμα, δηλαδή σχηματίζουν πήκτωμα. Τέλος, το πηκτωμένο πλέγμα στερεοποιείται σε σκληρό κεραμικό στρώμα. Το μεταλλικό φύλλο

Κατάλληλος και για τα λεπτότερα σωματίδια: αντιδραστήρας σωματιδίων κολλοειδών διαλυμάτων/πηκτωμάτων.





Διπλός υαλοπίνακας με διάκενο από θερμομονωτικό πήκτωμα.



Αεροπήκτωμα ως επιστημονική παγίδα σωματιδίων. Τα σωματίδια που προσπίπτουν παγιδεύονται με βεβαιότητα σε τηγμένη μάζα αεροπηκτώματος.

Τον κομήτη „Wild 2“ επισκέφθηκε αεροπήκτωμα.



Ο σπόγγος του Menger θεωρείται από τους μαθηματικούς ως «καθολικής εφαρμογής καμπίλη». Προκύπτει από την επ'άπειρον επανάληψη της κατωτέρω απεικονιζόμενης διαδικασίας.



Αεροπηκτώματα

Αεροπηκτώματα είναι οι μπεζέδες που βρίσκουμε στα ζαχαροπλαστεία. Είναι ένας ψημένος αφρός, μείγμα ασπραδιού αυγού με ζάχαρη. Το όνομά τους „Baiser“ σημαίνει στα γαλλικά «φιλάκι» και όταν το κρατήσουμε στο χέρι διαπιστώνουμε ότι τα δάχτυλά μας θερμαίνονται. Τούτο οφείλεται στο ότι ο μπεζές αποτελείται από εκατομμύρια μικροσκοπικές φυσαλλίδες που περικλείουν αέρα. Έτσι, ο αέρας δεν μπορεί να κυκλοφορήσει, να σημειωθεί ανταλλαγή θερμότητας· ο μπεζές είναι δηλαδή θερμομονωτικό υλικό, όπως το διογκωμένο πολυστυρόλιο. Παρόμοιας δομής αεροπηκτώματα από αφρό ή ύαλο αποτελούν επίσης πρώτης τάξεως θερμομονωτικές ουσίες.

Το ασπράδι του αυγού είναι άχρωμο, ο μπεζές όμως είναι λευκός. Ο λόγος είναι ότι ο αφρός του ασπραδιού των αυγών αποτελείται από φυσαλλίδες μεγέθους μικρόν. Σε δομές κλίμακας μικρόν (mikron) δεν είναι όμως δυνατή η σκέδαση του φωτός στα χρώματα του φάσματος, το συνολικό φως είναι λευκό. Οι πόροι νανομετρικής κλίμακας δεν σκεδάζουν το φως. Νανοπορώδης αφρός από υαλώδες υλικό είναι σχεδόν εξίσου διάφανος με τους συνήθεις υαλοπίνακες. Διπλοί υαλοπίνακες με διάκενο γεμισμένο από τέτοιο αφρό μπορούν να χρησιμεύσουν για παράθυρα με εξαιρετικές θερμομονωτικές ιδιότητες.

Επειδή αυτού του είδους οι αφροί αποτελούνται σχεδόν μόνον από αέρα ονομάζονται αεροπηκτώματα. Η συνθετική λέξη «πήκτωμα» οφείλεται στην διεργασία παραγωγής του: σε υδατικό διάλυμα κατάλληλου υλικού προστίθεται καταλύτης, ο οποίος δημιουργεί μικροσκοπικά, λεπτότοιχα κενά σφαιρίδια,

τα οποία συσσωματώνονται σε αλυσίδες και, εν συνεχεία, σχηματίζονται ομάδες αλυσίδων, δηλαδή σχηματίζουν πήκτωμα. Μετά την ξήρανσή του το πήκτωμα γίνεται πανάλαφρο αεροπήκτωμα.

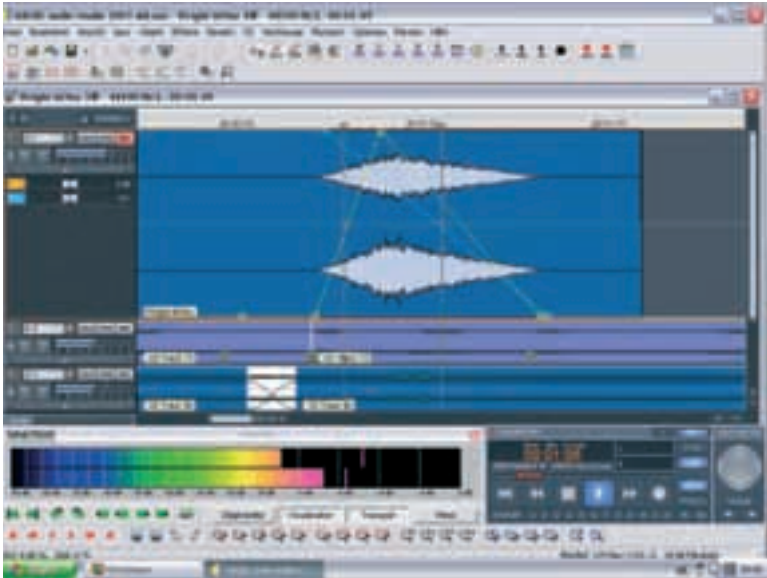
Το πιο μακρυταξιδεμένο αεροπήκτωμα βρίσκεται στη συσκευή ανάλυσης σκόνης CIDA, της εταιρείας Hoerner & Sulger GmbH, που τον Ιανουάριο του 2004, μετά από πενταετές ταξίδι και αφού διήνυσε απόσταση 3,22 δισεκατομμύρια χιλιόμετρα συνέλεξε σκόνη του κομήτη „Wild 2“.

Υλικό αποτελούμενο από πολλές φυσαλλίδες έχει μεγάλο εσωτερικό εμβαδόν. Το μέγιστο δυνατό εμβαδόν, άπειρο, έχει ο σπόγγος Menger, ενώ ο όγκος του είναι μηδέν. Ο σπόγγος αυτός είναι μόνον θεωρητική μαθηματική επινόηση. Το πραγματικό εσωτερικό εμβαδόν των αεροπηκτωμάτων είναι ωστόσο αρκετά τεράστιο ώστε να καθιστά δυνατά εκπληκτικά φαινόμενα. Για παράδειγμα, το εσωτερικό εμβαδόν αεροπηκτώματος άνθρακα μεγέθους κύβου ζάχαρης είναι 2.000 τετραγωνικά μέτρα. Αυτή και άλλες ιδιότητες θα εξασφαλίσουν σε αεροπηκτώματα άνθρακα δεσπόζουσα θέση στη μελλοντική ενεργειακή τεχνολογία. Από αεροπηκτώματα άνθρακα είναι δυνατό να κατασκευαστούν πυκνωτές χωρητικότητας μέχρι 2500 Farad, κατάλληλοι ως συσσωρευτές ενέργειας για την κάλυψη ισχύος κορυφής, π.χ. σε ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Με αυτόν τον εκπληκτικό αφρό θα καταστεί επίσης δυνατή η κατασκευή καλύτερων μπαταριών λιθίου, νέου τύπου κυψελών καυσίμου, κ.λπ. Σπάνια έχουν διαφανεί τόσο τεράστιες δυνατότητες από ένα «τίποτα»· κλασική περίπτωση νανοτεχνολογίας.

Νανοτεχνολογία για την κοινωνία

Δικτυωμένη υφήλιος: Νανοηλεκτρονική

Από τη χρήση φορητού υπολογιστή στο στούντιο παραγωγής στα στούντιο παραγωγής μέσα σε φορητό υπολογιστή – Το επίπεδο της τεχνολογίας



Η παραγωγή: Τεσσεράμισι λεπτά ραδιοφωνικής εκπομπής, με ατμόσφαιρα, με θέμα την πρώτη πτήση με μηχανοκίνητο αεροσκάφος, που πραγματοποιήσαν οι αδελφοί



Ράιτ. Τι κάνει ένας ραδιοφωνικός παραγωγός που αγαπάει τη δουλειά του; Πρώτα, πηγαίνει να δει τον τόπο όπου συνέβη

το γεγονός. Ο εικονικός Παγκόσμιος Άτλας δείχνει το χωριό Kitty

Hawk πάνω σε μια λωρίδα γης

πλάτους λίγων χιλιομέτρων στις ακτές του Βόρειου Ατλαντικού,

περιτριγυρισμένο από τους λόφους

Kill Devil Hills, άρα οι αδελφοί Ράιτ θα άκουγαν τη

βοή των κυμάτων που έσπαγαν στην ακτή. Αυτή

υπάρχει στα αρχεία ήχου, όπως και η ισχυρή αύρα

που φυσούσε κατά την πρώτη πτήση, σύμφωνα

με την εγκυκλοπαίδεια *Britannica*, κάνοντας τη

βλάστηση των αμμοθινών να θροΐζει.

Ο κινητήρας λειτουργούσε στις 1.200 rpm, στα

αρχεία ήχου βρίσκεται ο ωραίος, βαθύς βόμβος

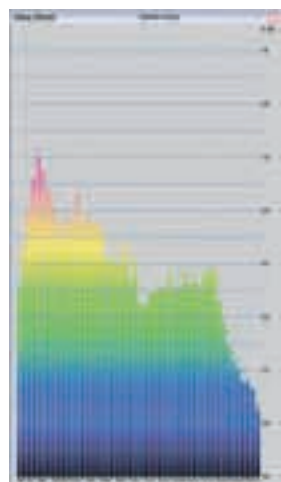
μια παλιάς *Chrysler*. Ο αναλυτής φάσματος

του προγράμματος ήχου δείχνει αληθοφανείς

συχνότητες, δεκτός ο ήχος. Η πρώτη πτήση

διαρκεί 12 δευτερόλεπτα, γι' αυτό επιλέγεται

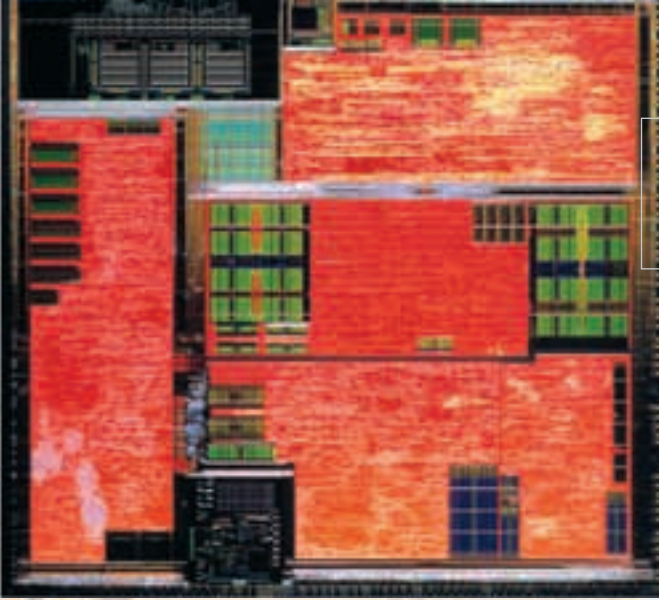
ένα απόσπασμα όπου ο ήχος χάνεται στο τέλος,



λόγω φαινομένου Ντόπλερ κατά τη διέλευση του αεροσκάφους από τον παρατηρητή. Όλα εγγράφονται επάλληλα, σε διαφορετικές αύλακες, στο πρόγραμμα ήχου. Το αεροσκάφος πετά από τα αριστερά προς τα δεξιά και αυτό ρυθμίζεται με πανοραμικές καμπύλες. Ο θόρυβος του κινητήρα αυξομειώνεται, ρυθμιζόμενος με καμπύλες ακουστικής έντασης. Μετά, εμφανίζεται ο Όρβιλ Ράιτ να πετά πολύ πειστικά με το *Flyer One* πάνω από τους λόφους *Kill Devil Hills*, όπως τότε, στις Δεκεμβρίου 1903, με τη βοή των κυμάτων και το σφύριγμα του αέρα στις αμμοθίνες – όλα στον φορητό υπολογιστή. (Άλλοι πρωτοπόροι της αεροπορίας, όπως ο Γερμανός Γκούσταβ Βάισκοπφ, είχαν πετάξει στους αιθέρες ήδη το 1901, χωρίς όμως να κατορθώσουν να αξιοποιήσουν στην πράξη τις εφευρέσεις τους.)

Πριν από 20 χρόνια, αυτή η εργασία θα ήταν αδύνατο να γίνει από έναν άνθρωπο μόνο και θα απαιτούσε τόνους εξοπλισμού. Σήμερα, χρειάζονται ένας φορητός υπολογιστής, ένα μικρό γραφείο και μια-δυο ώρες. Μια εγκυκλοπαίδεια χωρά σε ένα DVD, που αντικατέστησε 30 βαρείς τόμους και είναι ασύγκριτα βολικότερο από την αντίστοιχη έντυπη έκδοση για γρήγορη αναζήτηση. Το πρόγραμμα ήχου είναι ενσωματωμένο σε τελείως άυλη μορφή στον σκληρό δίσκο και προσφέρει άπειρα ηχητικά εφέ μέσω πολλών εικονικών πινάκων σύνδεσης. Η ανάπτυξη των σύγχρονων υπολογιστών δρομολόγησε ένα κύμα αποϋλοποίησης, το οποίο θα επιφέρει επίσης μείωση των ροών ενέργειας. Παράλληλα, με την πτώση των τιμών του υλισμικού και του λογισμικού έγιναν προσιτά σε δημιουργικούς ανθρώπους που δεν διαθέτουν πολλά χρήματα καταπληκτικά μέσα παραγωγής.

Στο μέλλον, η βιβλιοθήκη που θα φοριέται στον καρπό του χεριού δεν θα είναι καθόλου ασυνήθιστη, όπως δεν είναι οι αλληλεπιδραστικές κινητές επικοινωνίες.



Τηλεοπτικό στούντιο μεγέθους νυχιού: τσιπ πολυμέσων με ελεγκτή οθόνης για τον έλεγχο οθόνης υψηλής ευκρίνειας, που καταναλώνει ενέργεια όση ένας φακός τσέπης.

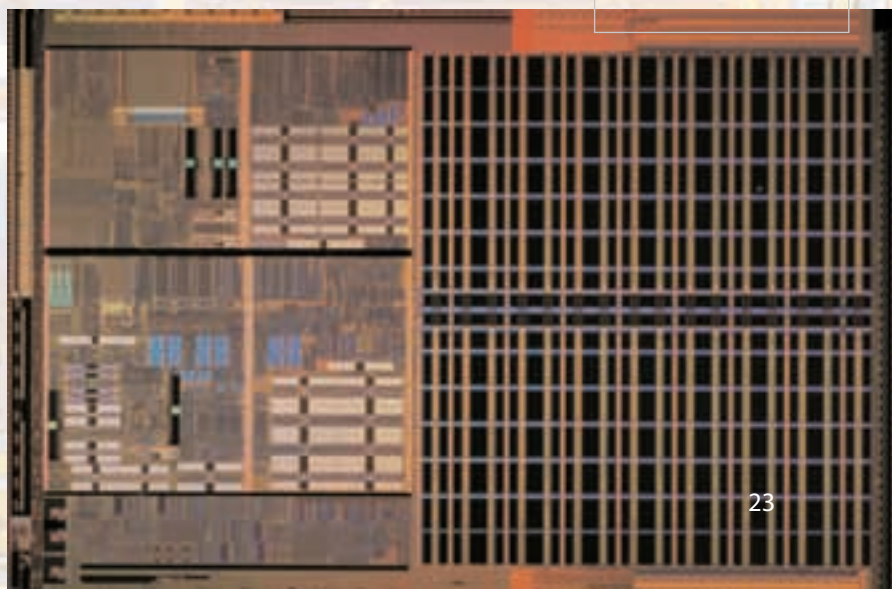
Go nano! Τα επόμενα χρόνια

Η τεχνολογία τρανζίστορ που χρησιμοποιείται σήμερα στους επεξεργαστές υπολογιστών ονομάζεται CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor/ημιαγωγός συμπληρωματικού οξειδίου μετάλλου) και αναπτύχθηκε, μεταξύ άλλων, για τα πρώτα ηλεκτρονικά ρολόγια χεριού, καθώς απαιτεί πολύ λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια από τις προκατόχους της. Από τη δεκαετία του '70 οι ειδικοί προέβλεπαν ότι σε 10 έως 15 χρόνια η τεχνολογία αυτή θα έφθανε στα όριά της. Το ίδιο επαναλαμβάνουν και σήμερα. Τώρα βεβαίως, η βιομηχανία ηλεκτρονικών προϊόντων έχει έναν επιτακτικό λόγο να αποδεχθεί τη ρήξη με την παράδοση της συνεχούς σμίκρυνσης των κατασκευών της: στην πορεία προς τον μικρόκοσμο, γίνεται σταδιακά ορατή η κοκκώδης υπόσταση της ύλης, η ατομική δομή της. Όμως, τα νέφη ηλεκτρονίων των ατόμων είναι οι μικρότεροι δομικοί λίθοι που μπορούν, σε κανονικές συνθήκες, να σχηματίσουν τεχνικές δομές διαρκείας. Επομένως, διαγράφεται ένα θεωρητικό όριο: ένας αγωγός δεν μπορεί να είναι λεπτότερος από άτομο. Ασφαλώς, η τεχνολογία CMOS υπόκειται ήδη από καιρό σε περιορισμούς, εν μέρει πολύ περίεργους. Οι συνδέσεις μεταξύ των τρανζίστορ στα τσιπ (ολοκληρωμένα κυκλώματα) είναι πλέον τόσο μικρές, ώστε τα άτομα αργιλίου να γίνονται ασταθή και να μπορούν πραγματικά να παρασυρθούν από το ρεύμα ηλεκτρονίων σαν χαλίκια από χείμαρρο. Ο τεχνικός όρος για το φαινόμενο αυτό είναι «ηλεκτρομετανάστευση». Η επιτυχής λύση: σύρματα από χαλκό, που και καλύτερος αγωγός είναι και επιταχύνει τη ροή σημάτων στο τσιπ. Παράλληλα, οι συνδέσεις έχουν γίνει τόσο πυκνές, ώστε παράγεται ανιχνεύσιμη χωρητικότητα,

όπως στους πυκνωτές. Εάν το φαινόμενο αυτό δεν λαμβανόταν υπόψη στο σχεδιασμό των τσιπ, τα τελευταία θα μπορούσαν να ξεφύγουν από τον χρονιστή. Το μέγεθος ορισμένων στοιχείων τρανζίστορ στα τσιπ ελαττώνεται σταδιακά σε λιγότερο από 20 νανόμετρα. Στην κλίμακα αυτή, ισχύει πλέον η κβαντική θεωρία, οπότε αρχίζει να διαδραματίζει ρόλο το φαινόμενο σήραγγας: ρέουν ρεύματα εκεί όπου αυτό θα ήταν αδύνατον στα μεγαλύτερα τρανζίστορ – το ηλεκτρονικό σύστημα πύλης ελέγχου εμφανίζει διαρροές. Έστω και αν τα ρεύματα αυτά είναι ελάχιστα, αθροίζονται λόγω των εκατομμυρίων τρανζίστορ σε σημαντικές απώλειες και ο επεξεργαστής θερμαίνεται. Επιπλέον, τα ανεξέλεγκτα φορτία προκαλούν σφάλματα λογικής, που μπορούν να αποβούν μοιραία.

Στις πολύ λεπτές δομές αρχίζει να γίνεται αισθητή – όπως περιγράφει η κβαντική θεωρία – η κυματική υπόσταση των ηλεκτρονίων. Πολλοί επιστήμονες, ωστόσο, θεωρούν την κατάσταση αυτή ευκαιρία για να αναπτυχθεί ένα εντελώς νέο είδος ηλεκτρονικής, που θα μπορούσε να δημιουργήσει κβαντικούς υπολογιστές, ικανούς να οδηγήσουν σε ένα εντελώς νέο μαθηματικό σύμπαν.

Επεξεργαστής των 64bit της εταιρείας AMD για χρήση σε προσωπικούς υπολογιστές, με 106 εκατομμύρια τρανζίστορ τεχνολογίας 130nm.

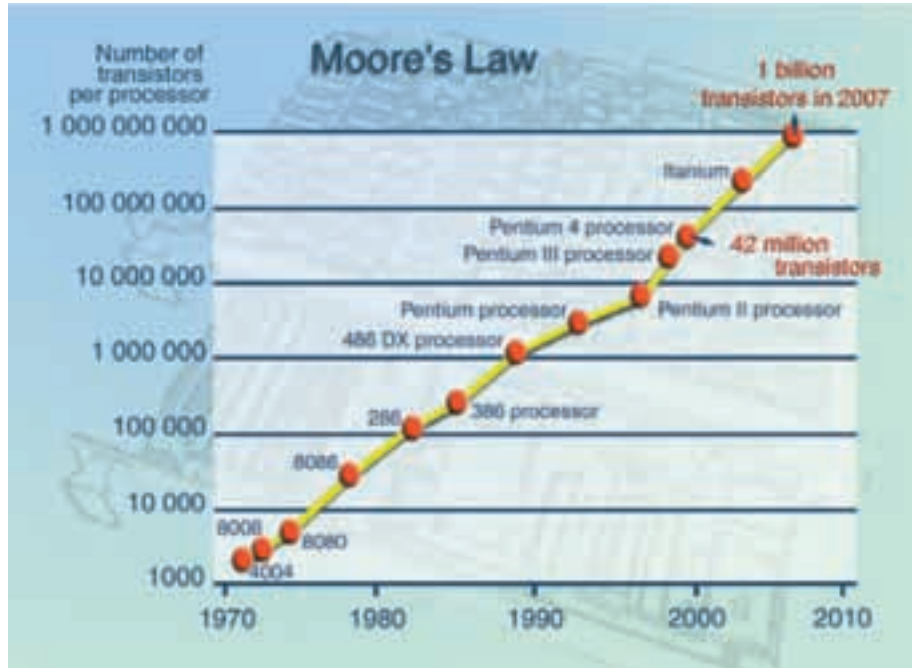


Τα όρια του νόμου του Μουρ

Ήδη από το 1965, ο Γκόρντον Μουρ, συνιδρυτής της εταιρείας Intel, υποστήριξε

ότι η ισχύς των μικροτσιπ θα διπλασιαζόταν κάθε 18 μήνες περίπου. Αυτός ο «νόμος» τίθεται σήμερα υπό αμφισβήτηση λόγω ενός πολύ ανθρώπινου προβλήματος. Ενώ πράγματι επιτεύχθηκε ετήσια αύξηση του αριθμού των τρανζίστορ που τοποθετούνται σε ένα τσιπ κατά 50 % περίπου, οι αναλυτές διαμαρτυρήθηκαν γιατί η παραγωγικότητα του σχεδιασμού τσιπ αυξανόταν μόνο κατά 20 % ετησίως. Η βιομηχανία αντέδρασε με διαρκή διόγκωση των ομάδων σχεδιασμού – έχουν φθάσει να αριθμούν σήμερα 250 έως 300 άτομα, μέγεθος που εμποδίζει τη διοίκησή τους.

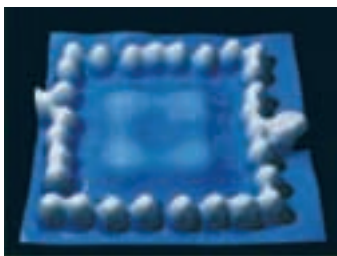
Η μεγέθυνση στο διηνεκές προσκρούει και στον δεύτερο νόμο του Μουρ, σύμφωνα με τον οποίο η σμίκρυνση των δομών συνοδεύεται από αύξηση του κόστους των μονάδων παραγωγής. Μέχρι να βλάψουν σοβαρά όλοι αυτοί οι περιορισμοί την εξέλιξη, η νανοτεχνολογία θα καταλαμβάνει ολοένα σημαντικότερη θέση στη νανοηλεκτρονική. Ήδη, οι σημερινές CPU (κεντρικές μονάδες επεξεργασίας) διαθέτουν δομές μικρότερες από



100nm και περισσότερα από 100 εκατομμύρια τρανζίστορ. Αν πιστέψουμε το χρονοδιάγραμμα της βιομηχανίας ημιαγωγών, της οποίας οι προβλέψεις τις περισσότερες φορές υποσκελίζονται από την πραγματική τεχνολογική ανάπτυξη, αναμένονται σε λίγα χρόνια (2010) δομές των 45nm, που θα προσφέρουν τσιπ με περισσότερα από ένα δισεκατομμύριο τρανζίστορ. Προκύπτουν έτσι δυνατότητες εφαρμογής αυτών των τσιπ, που σήμερα



Μια νησίδα πυριτίου πάνω σε κρύσταλλο πυριτίου διαλύεται αργά στους 450 βαθμούς. Η γνώση των διεργασιών αυτών έχει σημασία για την ποιότητα των λεπτών στιβάδων.

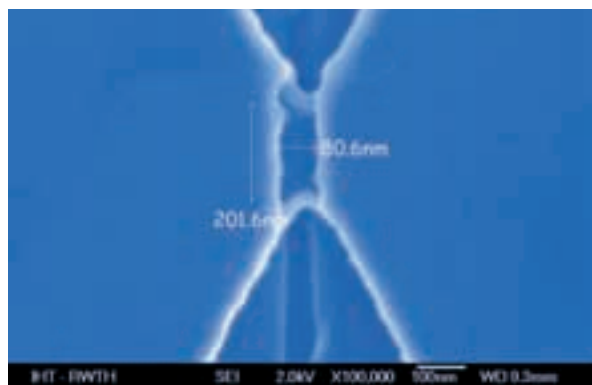


Άτομα μαγγανίου πάνω σε άργυρο στο Πανεπιστήμιο Christian-Albrechts του Κιέλου. Τα περικλειόμενα από το άτομο του μαγγανίου ηλεκτρόνια κατανέμονται σε σχηματισμούς που εξαρτώνται από την εφαρμοζόμενη ηλεκτρική τάση. Φαινόμενα όπως αυτό έχουν μεγάλη σημασία για την ηλεκτρονική του μέλλοντος.

Μνήμες τυχαίας προσπέλασης με αλλαγή φάσης (Phase Change RAM)

Τα σημερινά μέσα αποθήκευσης δεδομένων βασίζονται σε διάφορες τεχνολογίες, με αντίστοιχα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Ο μαγνητο-μηχανικός σκληρός δίσκος χαρακτηρίζεται από πολύ μεγάλη πυκνότητα αποθήκευσης, αποθηκεύει δεδομένα χωρίς να χρειάζεται συνεχή παροχή ισχύος, αλλά είναι αργός. Η δυναμική μνήμη τυχαίας προσπέλασης (DRAM) είναι γρήγορη, αλλά δεν διατηρεί τα δεδομένα χωρίς ανανέωση της εγγραφής (refresh) με τη μορφή ηλεκτρικών παλμών. Οι μνήμες Flash, που συναντώνται στις συσκευές MP3-Players, στα κινητά τηλέφωνα και στις ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές, διατηρούν και αυτές τα δεδομένα χωρίς να χρειάζονται παροχή ισχύος, αλλά δεν είναι τόσο γρήγορες όσο οι DRAM και μπορούν να επανεγγραφούν μόνον 1 εκατομμύριο φορές περίπου. Οι μελλοντικές νανοτεχνολογικές επινοήσεις μνημών, που ουσιαστικά υπόσχονται μόνο τα προαναφερόμενα πλεονεκτήματα – μεγάλη πυκνότητα εγγραφής, υψηλή ταχύτητα, διατήρηση των δεδομένων χωρίς να χρειάζεται παροχή ισχύος και μεγάλη διάρκεια ζωής –, είναι με τα σημερινά δεδομένα η MRAM (μαγνητική μνήμη τυχαίας προσπέλασης) και η Phase Change RAM, που περιγράφεται στη συνέχεια.

Οι στερεές ουσίες μπορούν να υπάρχουν σε δύο ακραίες καταστάσεις: είτε την κρυσταλλική, όπου τα άτομα είναι απόλυτα τακτοποιημένα, όπως τα καλλιεργούμενα έλατα στο φυτώριο, είτε την άμορφη, όπου τα άτομα δεν έχουν τακτική διάταξη. Άμορφη στερεή ουσία ευρείας χρήσης είναι το γυαλί, π.χ. η χαλαζιακή ύαλος· η ίδια ουσία, διοξείδιο του πυριτίου, συναντάται στο εμπόριο ορυκτών και στην κρυσταλλική κατάσταση, ως ορεία κρύσταλλος. Κρυσταλλική – άμορφη, για τις δύο αυτές καταστάσεις της ύλης θα γίνεται περισσότερος λόγος μελλοντικά, διότι φαίνεται ότι θα καθορίζουν τις μαζικές μνήμες του μέλλοντος. Ορισμένες στερεές ουσίες μπορούν να φέρονται σχετικά εύκολα από την άμορφη στην κρυσταλλική κατάσταση και αντιστρόφως. Αυτή η

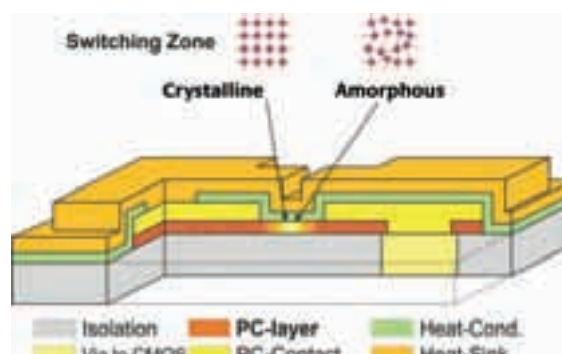


αλλαγή φάσης, που επιτυγχάνεται ως επί το πλείστον με την επίδραση της θερμότητας, εφαρμόζεται ευρέως στα οπτικά μέσα αποθήκευσης. Όταν, λόγου χάριν, γίνεται εγγραφή σε επανεγγραψίμο DVD, η κατάσταση μιας ειδικής επικάλυψης της επιφάνειας του DVD μετατρέπεται τοπικά από κρυσταλλική σε άμορφη μέσω θερμικού πλήγματος από παλμό λέιζερ. Κατόπιν αυτού, αλλάζουν οι ανακλαστικές ιδιότητές της, με αποτέλεσμα να μπορεί να εγγραφεί μια αναγνώσιμη σχηματομορφή bit. Η επίδραση λέιζερ υψηλότερης έντασης και για μεγαλύτερο διάστημα επαναφέρει τις άμορφες ζώνες σε κρυσταλλική κατάσταση και έτσι μπορεί να γίνει νέα εγγραφή στο DVD.

Τώρα, διανοίγονται πιθανότατα νέες προοπτικές εφαρμογών για τα υλικά αλλαγής φάσης σε ηλεκτρονικές μνήμες αλλαγής φάσης, Phase Change RAM. Η αλλαγή φάσης στην περίπτωση αυτή δεν θα επέρχεται οπτικά, αλλά ηλεκτρονικά. Με τη βοήθεια σύντομων ηλεκτρικών παλμών, το υλικό γίνεται άμορφο, με μεγάλη ηλεκτρική αντίσταση, ενώ οι παλμοί μεγαλύτερης διάρκειας το επαναφέρουν στην κρυσταλλική κατάσταση, οπότε η αντίσταση είναι μηδαμινή. Για την ανάγνωση των πληροφοριών, υποβάλλονται ερωτήσεις στην αντίσταση των στοιχείων της μνήμης.

Με τις μνήμες-Phase Change RAM προβλέπεται ότι θα επιτευχθούν πυκνότητες αποθήκευσης που θα επιτρέπουν την εγγραφή ενός terabit σε περιοχή μεγέθους γραμματοσήμου – δέκα ώρες ασυμπίεστου βίντεο με εξαιρετική ποιότητα.

Οι φορητοί υπολογιστές αυτής της τεχνολογίας θα ξαναρχίζουν απλώς να λειτουργούν από εκεί όπου διέκοψε την εργασία του ο κάτοχός τους – δεν θα χρειάζεται πλέον εκκίνηση (boot).



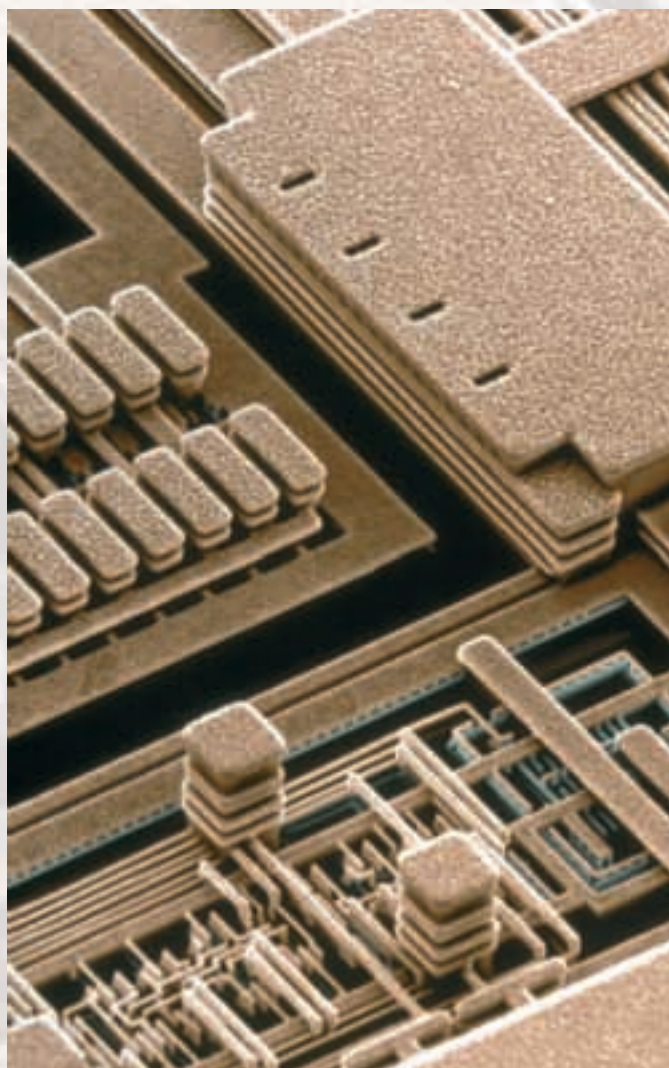
Δεξιά: Με την εφαρμογή ηλεκτρικών παλμών διαφορετικής διάρκειας και τη συνακόλουθη θερμική διέγερση επιτυγχάνεται η μεταγωγή των στιβάδων αλλαγής φάσης (PC-Layer) για την αποθήκευση bit από την άμορφη στην κρυσταλλική κατάσταση και αντιστρόφως. Αυτό το κατοχυρωμένο με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας σχέδιο του Ινστιτούτου IHT του Πολυτεχνείου του Άαχεν καθιστά δυνατή την κατασκευή γρήγορων μνημών με ελάχιστη κατανάλωση ισχύος.

Αριστερά: Πραγματικό μοντέλο μνήμης αλλαγής φάσης.

Δικτυωμένη υφήλιος: Νανοηλεκτρονική

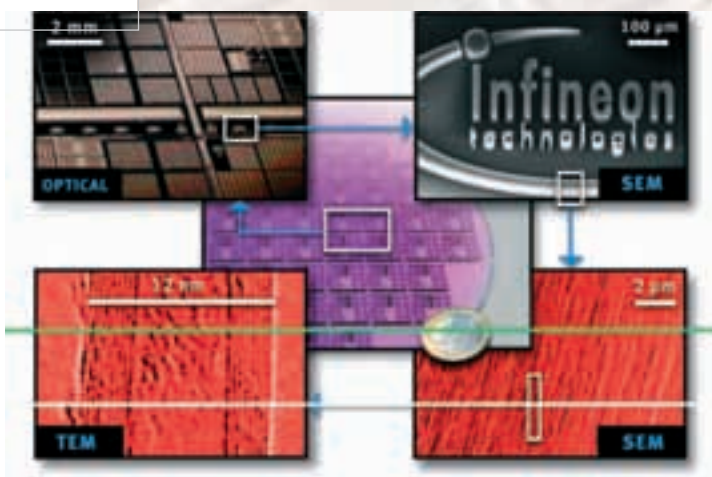
Προς την τρίτη διάσταση – Τα τσιπ αναπτύσσονται καθ' ύψος

Οι ουρανοξύστες προέκυψαν ως η οικονομική λύση επιλογής, προκειμένου να κατασκευαστούν νέα γραφεία και κατοικίες στο Μανχάταν όπου υπάρχει έλλειψη οικοπέδων. Οι σχεδιαστές τσιπ σκέφθηκαν φυσικά την τρίτη διάσταση πολύ νωρίς, αλλά οι σχετικές απόπειρες προσέκρουσαν σε μια σειρά αντιξοότητες. Η εταιρεία Infineon AG του Μονάχου ίσως βρήκε έναν δρόμο προς την τρίτη διάσταση. Εκεί, κατόρθωσαν να αναπτύξουν προγραμματισμένα πάνω σε πλακίδια (wafer) – στιλβωμένες πλάκες πυριτίου, που διαμορφώνονται σε τσιπ υπολογιστών – αναπαραγωγίμους νανοσωλήνες άνθρακα (CNT). Οι σωλήνες φουλερενίων είναι άριστοι αγωγοί του ηλεκτρισμού, αποβάλλουν λίγη θερμότητα και θα μπορούσαν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως συνδετικά βύσματα (vias) με υψηλή μηχανική αντοχή μεταξύ των διαφόρων επιπέδων συνδεσμολογίας ενός τσίπ. Μακροπρόθεσμα, οι ερευνητές της Infineon θεωρούν πιθανή την ανάπτυξη γνήσιας τεχνολογίας σε τρεις διαστάσεις για τα τσιπ μέσω των CNT, για τον πρόσθετο λόγο ότι οι CNT, ως εξαιρετικοί αγωγοί της θερμότητας θα μπορούσαν να απάγουν θερμότητα από το εσωτερικό των τρισδιάστατων τσιπ.

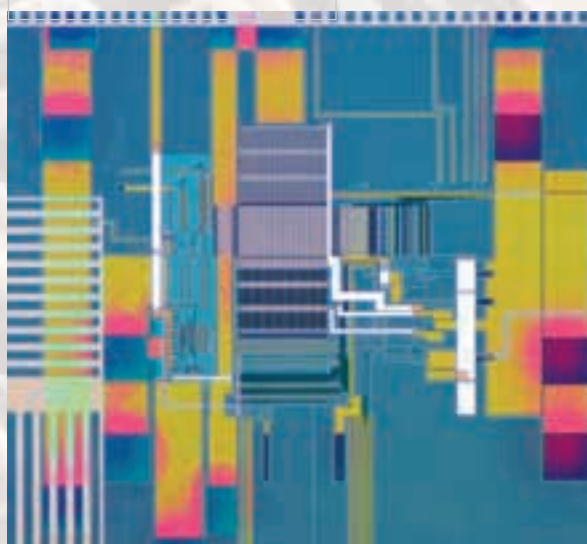


10 μ m

Προγραμματισμένη ανάπτυξη νανοσωλήνων άνθρακα σε προκαθορισμένες θέσεις μιας πλάκας πυριτίου με διεργασία συμβατή με τη μικροηλεκτρονική.

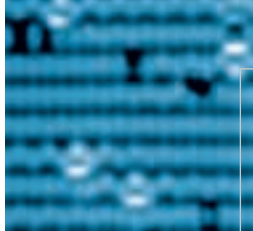


Σύγχρονη τέχνη: πειραματικές δομές για μαγνητο-ηλεκτρονικές (spintronic) μνήμες.

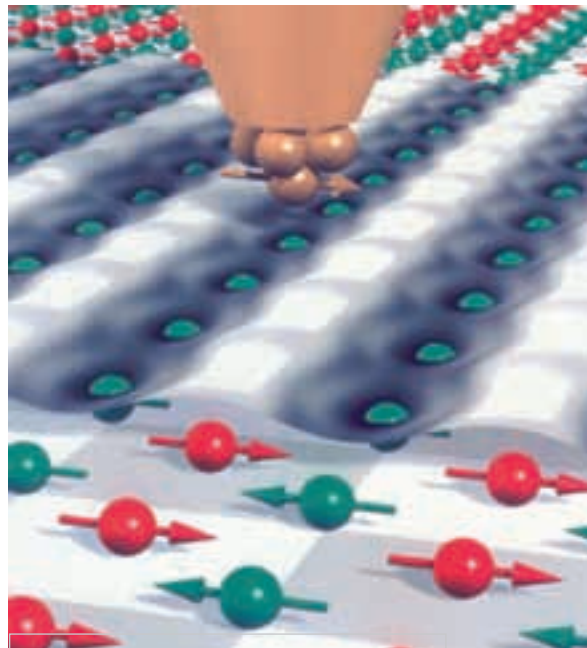




Σύνθετο όσο μια πόλη – τσιπ με εγχάρακτα κενά κυκλώματα συρμάτων χαλκού (IBM), σε εικόνα που έχει ληφθεί με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης. Τα σύγχρονα τσιπ έχουν έως και 9 επίπεδα κυκλωμάτων.

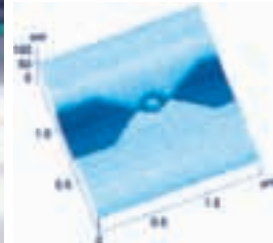


Μεμονωμένα οργανικά μόρια αναπαύονται σε πυρίτιο. Εικόνα σαρωτικού μικροσκοπίου σήραγγας, Πανεπιστήμιο του Ρουρ, Bochum.



Η μαγνητική ακίδα ενός σαρωτικού μικροσκοπίου σήραγγας με πόλωση κατά το σπιν «ψηλαφίζει» τις μαγνητικές ιδιότητες μεμονωμένων ατόμων.

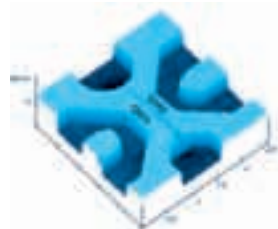
Εξάσκηση για τον κβαντικό υπολογιστή: ιντερφερόμετρο Aharanov-Bohm, που κατασκευάστηκε στο Πανεπιστήμιο του Ρουρ, Bochum, με μικροσκόπιο ατομικών δυνάμεων (AFM).



Κβαντικά σύρματα με σύζευξη σήραγγας – τα ηλεκτρόνια διέρχονται από διόδους που σύμφωνα με την κλασική θεωρία θα ήταν αποκλεισμένες. Τα πειράματα της νανοτεχνολογίας αρχίζουν να προφθάνουν τη θεωρία.

οποίες – με βάση την τεράστια μαγνητική αντίσταση – ανακαλύπτουν πολύ μικρά μαγνητικά πεδία και, συνεπώς, επιτρέπουν πολύ μεγάλες πυκνότητες αποθήκευσης.

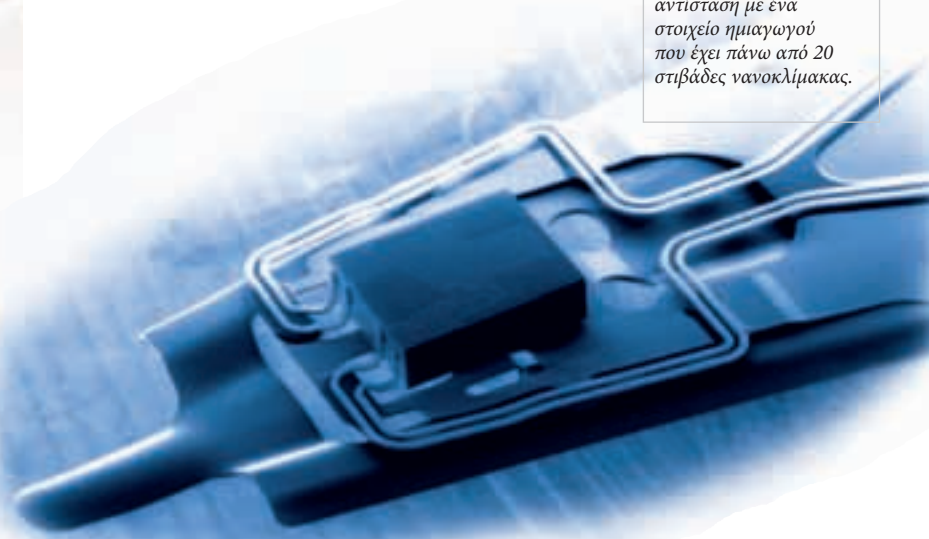
Στα τσιπ μαγνητικών μνημών (MRAM), οι πληροφορίες αποθηκεύονται στο σπιν των μαγνητικών στιβάδων. Η εξέλιξη αυτή παρουσιάζει ενδιαφέρον ως προς τις μη πτητικές κεντρικές μνήμες και ενδέχεται να οδηγήσει μακροπρόθεσμα στην αντικατάσταση των σκληρών δίσκων μηχανικής κίνησης. Τέλος, η μαγνητο-ηλεκτρονική μελετάται επίσης ως τεχνολογία για κβαντικούς υπολογιστές, μεταξύ άλλων στο Πανεπιστήμιο του Βούρτσμπουργκ.



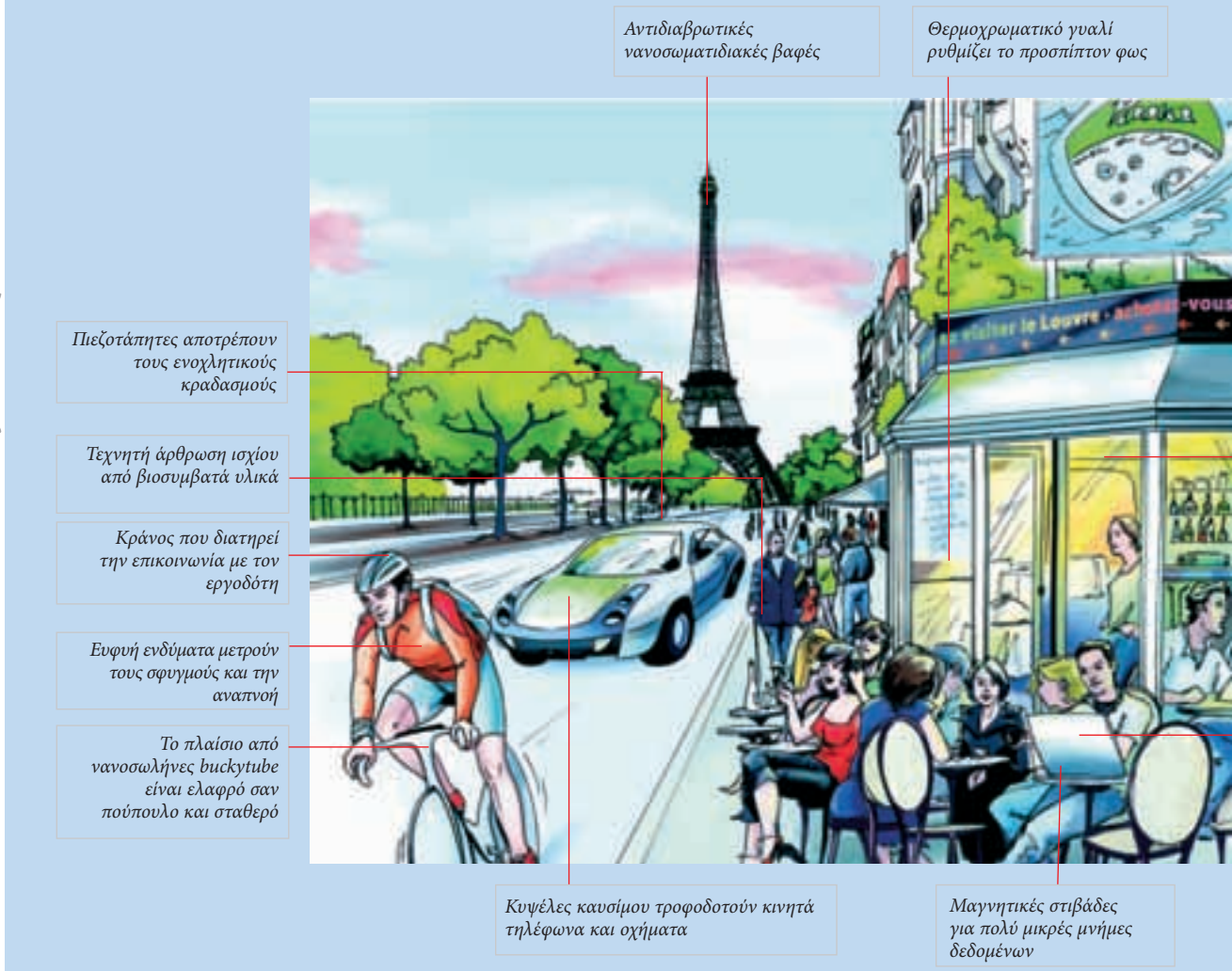
Νέα φαινόμενα για ισχυρούς σκληρούς δίσκους: η κεφαλή ανάγνωσης χρησιμοποιεί την τεράστια μαγνητική αντίσταση με ένα στοιχείο ημιαγωγού που έχει πάνω από 20 στιβάδες νανοκλίμακας.

Μαγνητο-ηλεκτρονική (spintronics) – Υπολογισμοί με περιστρεφόμενα ηλεκτρόνια

Αληθινή επανάσταση, που θα μπορούσε να παρατείνει πολύ την ισχύ του νόμου του Μουρ, ενδέχεται να προκαλέσουν τα μαγνητο-ηλεκτρονικά κατασκευαστικά στοιχεία, στα οποία εκτός από τις ηλεκτρικές ιδιότητες των ηλεκτρονίων, χρησιμοποιούνται και οι μαγνητικές, η ιδιοστροφορμή τους ή σπιν. Το σπιν των ηλεκτρονίων εκδηλώνεται σαν ασθενέστατη μαγνητική ροπή, η οποία αντιδρά με πολύπλοκους μηχανισμούς με άλλες μαγνητικές παραμέτρους, οπότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ηλεκτρονικές λειτουργίες. Μία εφαρμογή αυτής της μαγνητο-ηλεκτρονικής ή σπιντρονικής έχει ήδη εισχωρήσει στην καθημερινή ζωή: οι νέοι σκληροί δίσκοι διαθέτουν κεφαλές ανάγνωσης λεπτής στιβάδας τύπου spin valve, οι



Η νανοτεχνολογία στη μελλοντική καθημερινότητα



Πιεζοτάπητες αποτρέπουν τους ενοχλητικούς κραδασμούς

Τεχνητή άρθρωση ισχίου από βιοσυμβατά υλικά

Κράνος που διατηρεί την επικοινωνία με τον εργοδότη

Ευφυή ενδύματα μετρούν τους σφυγμούς και την αναπνοή

Το πλαίσιο από νανοσωλήνες buckytube είναι ελαφρό σαν πούπουλο και σταθερό

Αντιδιαβρωτικές νανοσωματιδιακές βαφές

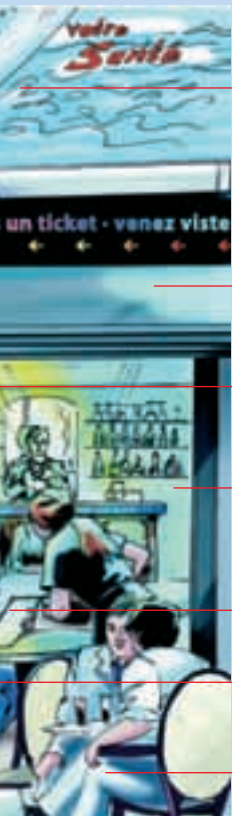
Θερμοχρωματικό γυαλί ρυθμίζει το προσπίπτον φως

Κυψέλες καυσίμου τροφοδοτούν κινητά τηλέφωνα και οχήματα

Μαγνητικές στιβάδες για πολύ μικρές μνήμες δεδομένων

Εάν και όταν η νανοτεχνολογία περάσει στην καθημερινή ζωή, δεν πρόκειται να επιφέρει εξωτερικά δραματικές αλλαγές. Πάντα θα αρέσει στους ανθρώπους να κάθονται στα υπαίθρια καφέ, ίσως ακόμη περισσότερο απ’ όσο σήμερα, αφού ο ενοχλητικός θόρυβος των κινητήρων εσωτερικής καύσης θα έχει αντικατασταθεί από διακριτικό, συριστικό βόμβο σαν εκείνον που ακούγεται όταν κλείνει μια φραγή του διαστημόπλοιου Enterprise στην τηλεοπτική σειρά Star Trek. Τη δυσωδία των καυσαερίων θα έχουν διαδεχθεί σποραδικές, σχεδόν ανεπαίσθητες αναθυμιάσεις μεθανόλης, η οποία θα τροφοδοτεί τις κυψέλες καυσίμου. Η εξυπηρέτηση στα καφέ θα είναι πολύ γρήγορη: η επιλογή με την αφή από τον ηλεκτρονικό κατάλογο θα κινητοποιεί την κουζίνα. Ο πελάτης θα πληρώνει το λογαριασμό, φέρνοντας σε επαφή τη χρεωστική κάρτα του με το σύμβολο του ευρώ που θα είναι εκτυπωμένο στο άκρο του καταλόγου. Για τα φιλοδωρήματα θα εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται μετρητά, αφού ηχούν τόσο ευχάριστα και, άλλωστε, θα φέρουν επικάλυψη υγιεινής από αντιβακτηριδιακά νανοσωματίδια. Οι

υαλοπίνακες των καφέ θα είναι πολύ ακριβότεροι, επειδή θα επιτελούν πολλές λειτουργίες – συνεπώς, το τελικό κόστος θα είναι μικρότερο: θα απωθούν την ακαθαρσία, θα είναι ανθεκτικά στη χάραξη, θα σκουραίνουν, όταν το φως είναι πολύ έντονο, θα μετατρέπουν το φως σε ηλεκτρική ενέργεια και, όταν χρειάζεται, θα ανάβουν σαν τεράστιες οθόνες. Θα είναι διασκεδαστικό να παρακολουθεί κανείς παγκόσμια πρωταθλήματα μαζί με άλλους θαμώνες μέσα στα καφέ ή μπροστά στα παράθυρά τους. Όταν ωριμάσει η νανοηλεκτρονική, είναι πιθανόν να δημιουργηθούν συσκευές εντυπωσιακής κομψότητας, όπως ένας πραγματικός PDA (Personal Digital Assistant/προσωπικός ψηφιακός βοηθός) σε σχήμα πιστωτικής κάρτας (όχι πως δεν θα μπορούσε να επιτευχθεί και μικρότερο μέγεθος, αλλά επειδή θα πρέπει να είναι εύχρηστος για τα ανθρώπινα χέρια). Το αντικείμενο μπορεί να είναι ένας μαύρος ματ μονόλιθος, χωρίς εμφανείς δομές, με τις μαύρες επιφάνειες να συλλέγουν ηλιακό φως και να το μετατρέπουν σε ισχύ. Θα είναι ανθεκτικό στη



Οργανικές φωτοδιόδους (OLED) για οθόνες

Φωτοβολταϊκά φύλλα μετατρέπουν το φως σε ισχύ

Οι φωτοδιόδους ανταγωνίζονται τους λαμπτήρες

Τζάμια παραθύρων με αντιχαρακτητικό επίστρωμα τύπου φαινομένου λωτού.

Κατάλογος κατασκευασμένος από ηλεκτρονικό χαρτόνι.

Νανοσωλήνες για νέες οθόνες φορητών υπολογιστών

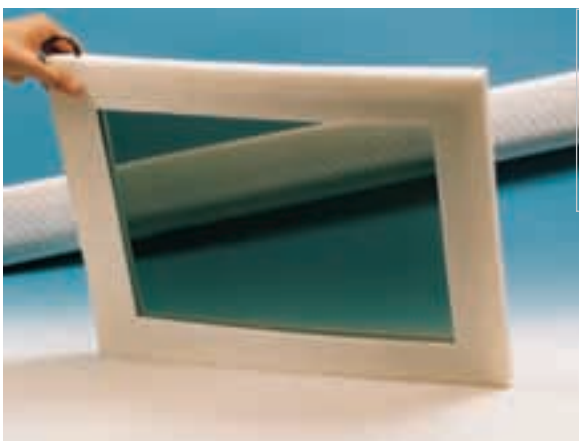
Υφάσματα με επίστρωμα προστασίας από λεκέδες.



Νανοσωματίδια νανοδιαλυμάτων φθορίζουν κάτω από υπεριώδες φως, διαφορετικά όμως είναι τελείως άορατα.

Σε λεπτή διασπορά σε υγρά, μπορούν να εφαρμοστούν με τεχνική εκτύπωσης με έγχυση μελάνης, χωρίς να μεταβάλλουν το σχέδιο ούτε τη λειτουργία του αντικείμενου που σημαίνεται.

Οι νανοχρωστικές προσφέρονται επομένως ιδιαίτερα ως προστατευτικά μέσα κατά της παραχάραξης.



Φωτοχρωματικό γυαλί: η διαπερατότητα αυτού του γυαλιού ελέγχεται από την τάση - για τον κλιματισμό γραφείων στο μέλλον.

χάραξη, επικαλυμμένο με λεπτότατο αδαμάντινο στρώμα, κάτω από το οποίο θα υπάρχει λεπτή πιεζοκεραμική στιβάδα, που θα μετατρέπει τον ήχο σε ηλεκτρική τάση, ώστε να επιτρέπει τη φωνητική επικοινωνία. Φυσικά, θα εξασφαλίζει επίσης την οπτική και ασύρματη μεταβίβαση δεδομένων.

Το αντικείμενο μπορεί να έχει επίσης όραση, μέσω ενός επίπεδου φακού και ενός μετατροπέα εικόνων μεγάλης διακριτικής ικανότητας. Κατά βούληση, θα ανάβει σαν οθόνη, παρέχοντας έτσι σε μία συσκευή μαγνητόφωνο, φωτογραφική μηχανή, βιντεοκάμερα, τηλεοπτικό δέκτη, κινητό τηλέφωνο και, μέσω του δορυφορικού συστήματος εντοπισμού GPS, βοήθημα προσανατολισμού. Θα είναι ικανό, όταν χρειάζεται, σε ένα παρισινό καφέ, να διαβάσει, να μεταφράσει και να εξηγήσει τον κατάλογο, να μεταβιβάσει την παραγγελία και να πληρώσει το λογαριασμό.

Θα αναγνωρίζει φυσικά τη φωνή και το δακτυλικό αποτύπωμα του ατόμου που θα έχει την άδεια να το χρησιμοποιεί και, έτσι, θα αυτοπροστατεύεται από κατάχρηση.



Εικονικό πληκτρολόγιο: το άγγιγμα ενός στοιχείου του πληκτρολογίου που προβάλλεται, αναγνωρίζεται από το σύστημα και θεωρείται ως πάτημα πλήκτρου.

Νανοτεχνολογία για την κοινωνία

Κινητικότητα

Στα αυτοκίνητα, όπως και σε άλλες μηχανές, η νανοτεχνολογία θα αντικαταστήσει την ποσότητα με ποιότητα.

Η τεχνολογία μπορεί να κατορθώσει περισσότερα με λιγότερες πρώτες ύλες και αυτό τη συμφιλιώνει με τη φύση.

Μικρά εξογκώματα, καλύτερη ορατότητα: κανονικές, μικροσκοπικές διατάξεις εξογκωμάτων θα αποτρέπουν τις ενοχλητικές αντανάκλασεις του φωτός στις οθόνες και στα παράθυρα των αυτοκινήτων. κατά το πρότυπο των ματιών του σκώρου. Αυτός θέλει να βλέπει τη νύχτα όσο το δυνατόν περισσότερο και, συγχρόνως, ο ίδιος να μην φαίνεται.

Νανοτεχνολογία στα αυτοκίνητα

Οι ανεμοθώρακες μπορούν να γίνουν ανθεκτικοί στη χάραξη χάρη σε επικαλύψεις παραγόμενες με τεχνική κολλοειδούς διαλύματος/πηκτώματος (sol-gel), οι οποίες περιέχουν σκληρά σωματίδια νανοκλίμακας.

Η διαφάνεια είναι απόλυτη, καθώς τα νανοσωματίδια είναι τόσο μικρά, ώστε δεν σκεδάζουν το φως. Η αρχή αυτή εφαρμόζεται ήδη στα ματογυάλια, αλλά δεν έχει ακόμη τελειοποιηθεί.

Οι βαφές φανοποιίας θα μπορούσαν να αποκτήσουν δομή φύλλου λωτού, η οποία αποβάλλει την ακαθαρσία. Ανεμοθώρακες με κατασκευαστικά στοιχεία νανοκλίμακας, τα οποία θα αντανάκλουν άλλοτε περισσότερο και άλλοτε λιγότερο τη φωτεινή και τη θερμική ακτινοβολία με ρύθμιση από την τάση, θα μπορούσαν να συμμετέχουν στον κλιματισμό των αυτοκινήτων. Η εφαρμογή της τεχνικής αυτής σε χώρους γραφείων θα συνέβαλε στην εξοικονόμηση μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας.

Ο φωτισμός που χρειάζεται στο αυτοκίνητο ουσιαστικά είναι ήδη, σε μεγάλο βαθμό, προϊόν της νανοτεχνολογίας: οι φωτοδιόδοι (LED) των φώτων τροχοπέδησης υψηλής ποιότητας, λόγω χάριν, διαθέτουν – όπως όλες οι LED – εξελιγμένα, νανομετρικά συστήματα επικάλυψης, τα οποία μετατρέπουν με υψηλή απόδοση το ηλεκτρικό ρεύμα σε φως. Ένα ακόμη πλεονέκτημα: οι LED μετατρέπουν το ρεύμα σε φως ορατό από τον άνθρωπο σχεδόν αμέσως, ενώ τα φώτα τροχοπέδησης με λαμπτήρες χρειάζονται λίγο περισσότερο χρόνο. Η διαφορά μπορεί να αντιστοιχεί σε αρκετά μέτρα πέδησης. Παράλληλα, η φωτεινή ένταση των LED είναι τόσο υψηλή, ώστε συστοιχίες αυτών μπορούν ήδη να εξασφαλίσουν τη δέσμη διασταύρωσης κατά την ημέρα των εμπρόσθιων προβολέων.



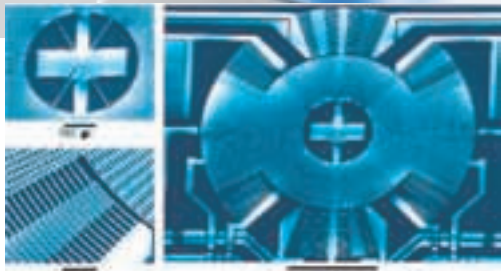
Η χρήση LED στους σηματοδότες εξοικονομεί χρόνο συντήρησης και ενέργεια. Ο χρόνος απόσβεσης είναι μόλις ένα έτος.



Ενώ τα σημερινά ηλεκτρονικά συστήματα ασφαλείας, όπως το ABS και το ESP, παρεμβαίνουν σε κρίσιμες καταστάσεις κατά την οδήγηση, τα μελλοντικά συστήματα θα αποφεύγουν αυτόματα τους κινδύνους.



Ακροφύσιο ανάφλεξης πετρελαιοκίνητων οχημάτων. Τα μελλοντικά συστήματα θα διαθέτουν προστατευτικά επιστρώματα με δομή αδάμαντα πάχους μερικών δεκάδων νανομέτρων.



Όργανα διατήρησης της ισορροπίας από πυρίτιο: αισθητήρας ταχύτητας περιστροφής για τη σταθεροποίηση των οχημάτων.



Η φωτεινή ένταση των φωτοδιόδων (LED) λευκού φωτός είναι πλέον τόσο υψηλή, ώστε στο μέλλον μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πηγή φωτός για τους εμπρόσθιους προβολείς κατά την ημέρα.

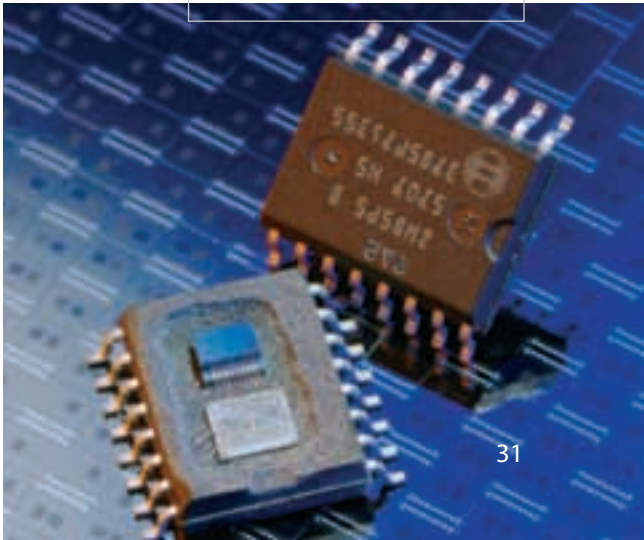
Η βαφή θα μπορούσε να διαμορφώνεται νανοτεχνολογικά ακόμη και ως ηλιακό στοιχείο (επιλογή που δεν έχει ακόμη υλοποιηθεί). Η ηλεκτρική ενέργειά του θα επαναφόρτιζε τον συσσωρευτή κατά τη στάθμευση του αυτοκινήτου – ήδη εφικτό με τα συμβατικά ηλιακά στοιχεία – ή θα διατηρούσε δροσερό το εσωτερικό με τη βοήθεια αντλίας θερμότητας. Από την πλευρά της, η αντλία θερμότητας

θα μπορούσε να αποτελείται από ένα νανοτεχνολογικό σύστημα στιβάδων ημιαγωγού, χωρίς κινητά μέρη. Αντιστρόφως, με τη διοχέτευση της σημαντικής θερμότητας που αποβάλλουν οι κινητήρες εσωτερικής καύσης πάνω από ημιαγωγό παράγεται πάλι ηλεκτρική ενέργεια – βλ. επίσης «Θερμοηλεκτρικά συστήματα» στην ενότητα «Ενέργεια και περιβάλλον».



Οι κυψέλες καυσίμου (βλ. σελ. 33) θα συμβάλλουν στην κυκλοφορία αυτοκινήτων χωρίς εκπομπές ρύπων. Εάν και το υδρογονούχο καύσιμο προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ο τρόπος κίνησης θα είναι ιδιαίτερα φιλικός προς το περιβάλλον.

Δεξιά: Ηλεκτρονικά συστήματα ασφαλείας οχημάτων: Αισθητήρας επιτάχυνσης εμπρόσθιου αερόσακου.



Νανοτεχνολογία

για την κοινωνία

Κινητικότητα

Με αρωματικές
νανοκάψουλες το δέρμα
ευωδιάζει.

Τουαλέτα σταθμού
εξυπηρέτησης
αυτοκινητοδρόμου,
με ανθεκτική στους
βανδαλισμούς
τεχνολογία
μικροσυστημάτων.
Οι επικαλύψεις
νανοκλίμακας με βάση
το φαινόμενο του
λωτού προβλέπεται
ότι θα απλουστεύσουν
ακόμη περισσότερο τη
συντήρηση.

Καταλυτικοί μετατροπείς από χρυσό

Η νανοτεχνολογία μπορεί να προσφέρει νέες προοπτικές και στον χρυσό. Ενώ ο «μεγάλης κλίμακας» χρυσός ως καταλύτης υστερεί μακράν του λευκοχρυσού, τα νανοσωματίδια χρυσού πάνω σε πορώδες υπόστρωμα παρέχουν έναν χρήσιμο καταλύτη, που διασπά τα οξειδία του αζώτου και το μονοξείδιο του άνθρακα προς αβλαβείς ουσίες ήδη κατά την ψυχρή εκκίνηση.

Τα νανοσωματίδια χρυσού υπόσχονται επίσης πολλά ως υποψήφιοι καταλύτες για κυψέλες καυσίμου.

Η πρόοδος αυτή φυσικά θα ωφελήσει και άλλα μέσα μεταφοράς, που δεν έχουν σχέση με το αυτοκίνητο. Το ποδήλατο, λόγω χάριν, θα συνδυαζόταν θαυμάσια με τη νανοτεχνολογία, προπάντων με τις κυψέλες καυσίμων και τα ηλιακά στοιχεία, για τη δημιουργία «αικίνητου», που θα κινείται στους δρόμους αθόρυβα, τροφοδοτούμενο μόνο με φως, αέρα και νερό, ελαφρύ σαν πούπουλο χάρη στο πλαίσιο από νανοσωλήνες, στις φωτοδιόδους και άλλα πολλά.

Νανοσωματίδια χρυσού για νέους καταλύτες.

Χρυσός εναντίον οσμών

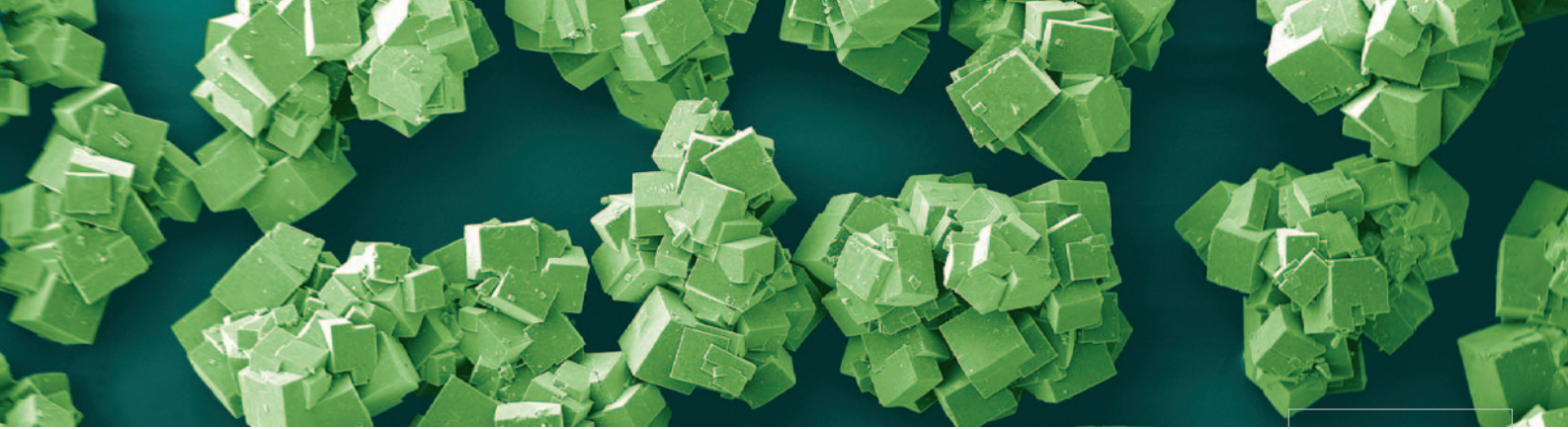
Οι καταλύτες με νανοσωματίδια χρυσού υποβάλλονται τώρα σε δοκιμές ως μέσα καταπολέμησης των οσμών. Σε μικρά κλιματιστικά, όπως εκείνα που συναντώνται στα αυτοκίνητα, μπορούν να απομακρύνουν την ενόχληση από τις οσμές που οφείλονται στην εγκατάσταση βακτηρίων σ' αυτά. Στην Ιαπωνία μάλιστα, οι εν λόγω καταλύτες χρησιμοποιούνται ήδη στις τουαλέτες.

Νανοτεχνολογία στους σταθμούς εξυπηρέτησης αυτοκινητοδρόμων

Οι οδηγοί μπορούν ήδη να συναντήσουν τουλάχιστον την τεχνολογία μικροσυστημάτων στους σταθμούς εξυπηρέτησης αυτοκινητοδρόμων. Οι λεκάνες στις τουαλέτες προηγμένης τεχνολογίας περιλαμβάνουν αισθητήρες, που μεταδίδουν στα συνδεδεμένα με αυτούς ηλεκτρονικά συστήματα κάθε άνοδο της θερμοκρασίας και αμέσως τίθεται σε λειτουργία ο μηχανισμός καθαρισμού.

Η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια παρέχεται από έναν μίνι υδροστρόβιλο, κινούμενο από τον μηχανισμό καθαρισμού.

Το σύστημα αυτό είναι αδύνατον – όπως οι εγκαταστάσεις που λειτουργούν με φωτοκύτταρα υπερύθρου – να αχρηστευθεί με τσίχλα. Αντίθετα, οι νανοτεχνολογικές τουαλέτες λειτουργούν με απλό και, συγχρόνως, πολύπλοκο τρόπο: χάρη στο φαινόμενο του λωτού, τα υγρά απορρέουν από τα τοιχώματα της λεκάνης, διέρχονται μέσα από μια αποσμητική στιβάδα ρευστού και εξαφανίζονται, χωρίς να αφήνουν ίχνη – κατά πόσον ισχύει αυτό, μένει να φανεί στην πράξη. Οι σχετικές τεχνικές μπορούν ασφαλώς να υιοθετηθούν και στις ιδιωτικές κατοικίες.



Οι μεταλλικοί «νανοκύβιοι» της εταιρείας BASF μπορούν, χάρη στο ναυοπορώδες τους, να αποθηκεύουν μεγάλες ποσότητες υδρογόνου.

Κυψέλες καυσίμου – μία συστοιχία για χίλιες περιπτώσεις

Οι κυψέλες καυσίμου είναι σαν τους συσσωρευτές: παρέχουν ηλεκτρική ισχύ. Ενώ όμως τα χημικά εφόδια ενός συσσωρευτή κάποτε εξαντλούνται, η κυψέλη καυσίμου ανατροφοδοτείται διαρκώς με πλούσια σε ενέργεια ουσία. Η ουσία αυτή μπορεί να είναι είτε καθαρό υδρογόνο είτε ένα αέριο ή υγρό που περιέχει υδρογόνο, όπως το φυσικό αέριο ή το κραμβέλαιο. Στις δύο τελευταίες περιπτώσεις, πρέπει πρώτα να διαχωριστεί το υδρογόνο σε εγκατάσταση αναμόρφωσης (reformer), για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην κυψέλη καυσίμου. Όταν το υδρογόνο ενώνεται με οξυγόνο, μετακινούνται ηλεκτρόνια από το πρώτο στο δεύτερο. Στην κυψέλη καυσίμου, τα ηλεκτρόνια αυτά εξαναγκάζονται να κυκλοφορήσουν σε εξωτερικό κύκλωμα, το οποίο μπορεί να παρέχει ισχύ σε κινητήρες και ανάλογες μηχανές. Το τελικό προϊόν της αντίδρασης είναι καθαρό νερό.

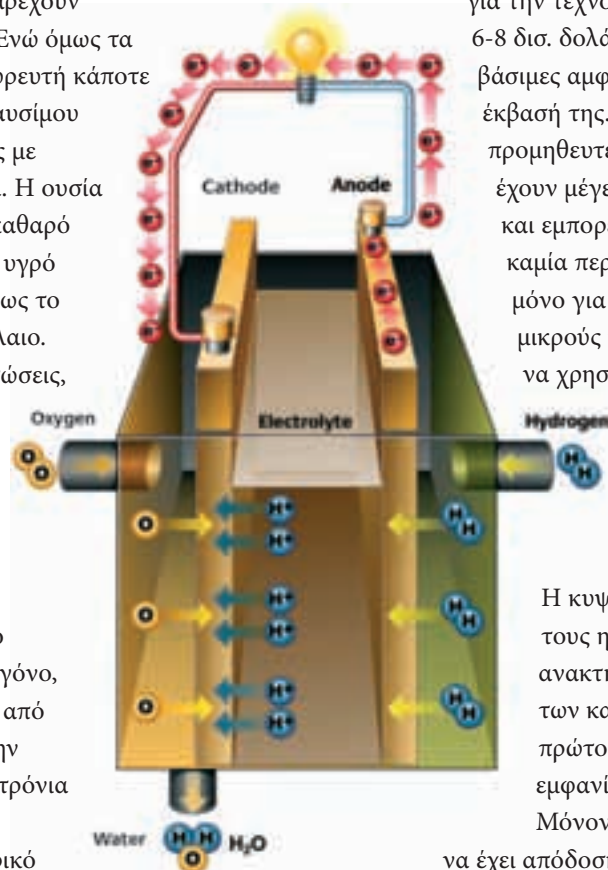
Οι κυψέλες καυσίμου έχουν καλή απόδοση, η οποία επιπλέον – ανάλογα με τον τύπο – σε μεγάλο βαθμό δεν εξαρτάται από το μέγεθος. Κατασκευάζονται σε πολλές διαφορετικές παραλλαγές. Η ναυοτεχνολογία μπορεί να συνεισφέρει στην τεχνική αυτή κεραμικές μεμβράνες, ναυοδομημένες επιφάνειες και ναυοσωματίδια με καταλυτική δράση.

Τα τελευταία χρόνια έχουν διατεθεί παγκοσμίως για την τεχνολογία κυψελών καυσίμου 6-8 δισ. δολάρια και δεν υπάρχουν βάσιμες αμφιβολίες για την επιτυχή έκβασή της. Αυτοί οι αθόρυβοι προμηθευτές ηλεκτρικής ισχύος θα έχουν μέγεθος μεταξύ γραμματοσήμου και εμπορευματοκιβωτίου και σε καμία περίπτωση δεν προορίζονται μόνο για τα αυτοκίνητα. Για τους μικρούς καταναλωτές, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως πηγή υδρογόνου ένα άφλεκτο μίγμα μεθανόλης-νερού, με δυνατότητα ανεφοδιασμού στα σουπερμάρκετ.

Η κυψέλη καυσίμου θα βοηθήσει τους ηλεκτροκινητήρες να ανακτήσουν τη θέση τους μεταξύ των καλύτερων κινητήρων (το πρώτο ηλεκτρικό αυτοκίνητο εμφανίστηκε στο Παρίσι το 1881). Μόνον ο ηλεκτροκινητήρας μπορεί

να έχει απόδοση μεγαλύτερη από 90 % και να λειτουργεί ταυτόχρονα σαν γεννήτρια, μετατρέποντας πάλι την κινητική ενέργεια, π.χ. της τροχοπέδησης του αυτοκινήτου, σε ηλεκτρική.

Τα εξαιρετικών επιδόσεων μαγνητικά υλικά των νέων ηλεκτροκινητήρων και γεννητριών είναι φυσικά και αυτά ναυοκρυσταλλικά.



Οι κυψέλες καυσίμου θα εισχωρήσουν και στα νοικοκυριά, όπου θα παρέχουν ταυτόχρονα θερμότητα και ηλεκτρική ενέργεια.



Πρόγευμα με συνέπειες, το 2020:

Υπάρχει ακόμη καφές; Πώς, βέβαια. Και πορτοκαλάδα; Φυσικά, αλλά η συσκευασία μπορεί να έχει κάτι το ιδιαίτερο, ας πούμε μια «ηλεκτρονική γλώσσα» στο εσωτερικό της, που δοκιμάζει πρώτα μήπως έχει αλλοιωθεί ο χυμός.



Ηέναν αισθητήρα στο εξωτερικό της, ο οποίος αναλύει επιτόπου τον ιδρώτα των δακτύλων που απλώνονται να πιάσουν το δοχείο και διαπιστώνει την έλλειψη ασβεστίου ή άλλων στοιχείων, που μπορεί να διορθωθεί με λειτουργικά τρόφιμα (functional food) ή με συμβατικό κατσικίσιο τυρί· η ετικέτα με οργανική φωτοδιόδο (OLED) θα υποδεικνύει το κατάλληλο μέτρο. Ο καθρέφτης στο λουτρό είναι εμπλουτισμένος με νανοηλεκτρονικά συστήματα και δεν αντανακλά μόνο το είδωλο, αλλά και ενημερώνει, απαντώντας σε ερωτήσεις.

Επάνω αριστερά:
Μεμβράνες με νανοσωματίδια διατηρούν φρέσκα τα τρόφιμα περισσότερο χρόνο.

Επάνω δεξιά:
Ευφύης συσκευασία με τσιπ-αναμεταδότη από πολυμερές βασικό υλικό.

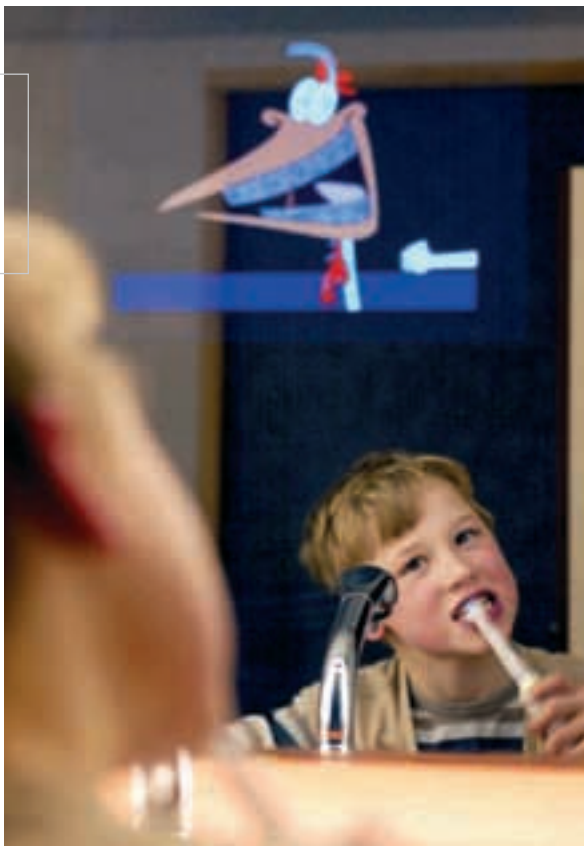
Είναι κάπως επιφυλακτικός απέναντι στην πορτοκαλάδα, επειδή περιέχει ζάχαρη και η ζάχαρη ευνοεί τη δημιουργία τερηδόνας. Ζητείται και εδώ η βοήθεια της νανοτεχνολογίας: στην οδοντόκρεμα

(ήδη διαθέσιμη) υπάρχουν σφαιρίδια νανοκλίμακας από απατίτη και πρωτεΐνη, φυσικά συστατικά των δοντιών, που υποβοηθούν την αποκατάσταση των δοντιών (βλ. επίσης «Βιοανοργανοποίηση»). Η καλλυντική κρέμα ημέρας (ήδη διαθέσιμη) περιέχει νανοσφαιρίδια από οξειδιο του ψευδαργύρου για προστασία από τη βλαβερή υπεριώδη ακτινοβολία. Λόγω νανοκλίμακας, τα σφαιρίδια είναι αόρατα, οπότε η κρέμα δεν είναι λευκή, αλλά τελείως διαφανής.

Κατάσκοποι στα ακροδάχτυλα

Ηνανοτεχνολογία, η νανοηλεκτρονική, η τεχνολογία μικροσυστημάτων κ.λπ. επιτρέπουν την ανάπτυξη σύνθετων αναλυτικών συσκευών, οικονομικά προσιτών και για τις ιδιωτικές κατοικίες. Ένα τρύπημα του δαχτύλου θα αρκεί για τις μελλοντικές αναλύσεις αίματος. Η χοληστερόλη είναι ρυθμισμένη; Οι τιμές σακχάρου βρίσκονται εντός των φυσιολογικών ορίων; Τα αποτελέσματα θα μπορούν να αποστέλλονται ηλεκτρονικά, μέσω του Διαδικτύου, στο πλησιέστερο νανο-ιατρικό κέντρο, όπου κατόπιν θα ζητείται ακριβέστερη ανάλυση ή θα παρασκευάζονται εξατομικευμένα φάρμακα σε νανοαντιδραστήρες με νανοβιοτεχνολογικές μεθόδους. Τα φάρμακα, με τη σειρά τους, μεταφέρουν στο σώμα νανοσωματίδια, τα οποία φέρουν κατάλληλη επικάλυψη, ώστε να παραμένουν προσκολλημένα μόνο στην εστία της νόσου. Διανομή φαρμάκων (drug delivery) με απόλυτη ακρίβεια. Ο προσωπικός γιατρός παρακολουθεί την κατάσταση.

Ευφύης περιβάλλον χώρος - παράδοση μαθημάτων καθαρισμού δοντιών από έξυπνο χάρη στη νανοηλεκτρονική καθρέφτη.





Υπερμοριακές κάψουλες φαρμάκων

Τα χορηγούμενα φάρμακα μπορούν επίσης να τελειοποιηθούν σε εξαιρετικό βαθμό.

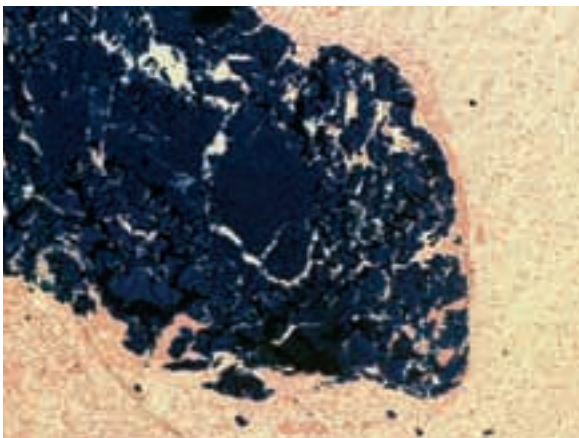
Θα τοποθετούνται μέσα σε κενά κοίλα υπερμόρια (υπό εξέλιξη), δοχεία μεταφοράς σε νανοκλίμακα, που θα διαθέτουν κεραιές, στις οποίες θα είναι στερεωμένες αισθητήριες πρωτεΐνες παρόμοιες με αντισώματα. Όταν αυτές θα έρχονται σε επαφή με δομές που χαρακτηρίζουν τον παθογόνο παράγοντα – τοιχώματα καρκινικών κυττάρων, βακτηρίων –, θα συνδέονται και θα μεταδίδουν ένα σήμα στο κοίλο μόριο· τότε αυτό θα ανοίγει και θα απελευθερώνει το περιεχόμενό του. Με τη συγκεκριμένη νανοτεχνολογία θα μπορούσαν να χορηγούνται υψηλές δόσεις φαρμάκων κατευθείαν στην εστία της νόσου, χωρίς να επιβαρύνεται ο υπόλοιπος οργανισμός.

Μαγνητικά σωματίδια για τη θεραπεία του καρκίνου

Με ανάλογα τεχνάσματα είναι δυνατόν να οδηγηθούν στις εστίες καρκίνου μαγνητικά σωματίδια νανοκλίμακας, τα οποία κατόπιν θερμαίνονται με την εφαρμογή ηλεκτρομαγνητικού πεδίου και μπορούν να καταστρέψουν τον όγκο.

Τα νανοσωματίδια διέρχονται επίσης από το σύστημα φίλτρου που ονομάζεται «αιματοεγκεφαλικός φραγμός», με αποτέλεσμα να μπορούν να κατευθυνθούν και προς όγκους του εγκεφάλου.

Αυτή η λεγόμενη «υπερθερμία μαγνητικού ρευστού» αναπτύχθηκε από την ομάδα εργασίας με επικεφαλής τον βιολόγο Αντρέας Τζόρνταν και τώρα αρχίζουν οι κλινικές δοκιμές της.



Διαγνωστική του μέλλοντος. Οι ολοένα πιο δαπανηρές μέθοδοι παραμένουν προσιτές χάρη στη νανοτεχνολογία.

Καρκινικά κύτταρα γλοιοβλαστώματος (όγκος του εγκεφάλου), «μπουκωμένα» σχεδόν μέχρι τα όρια με τον υγιή ιστό με νανοσωματίδια μαγνητίτη που φέρουν ειδική επικάλυψη. Η μετέπειτα θέρμανση των σωματιδίων με εφαρμογή ηλεκτρομαγνητικού πεδίου καθιστά τον όγκο ευαίσθητο σε συμπληρωματικά θεραπευτικά μέτρα. Η ιατρική έγκριση της τεχνικής αναμένεται ήδη το 2005.

Ερμάρια πάνω σε τσιπ

Η τεχνολογία μικροσυστημάτων και η νανοτεχνολογία – τα όρια μεταξύ τους είναι ασαφή – θα ανταμείψουν ακόμη και μόνο στον ιατρικό τομέα, λόγω του ότι ελαττώνουν το μέγεθος και το κόστος γνωστών τεχνικών, σε ειδικές περιπτώσεις έως και κατά το εκατοντάκις χιλιαπλάσιο ή και περισσότερο. Αυτό ισχύει, μεταξύ άλλων, για τα εξελιγμένα μηχανήματα, που θα είναι ικανά να εξετάζουν εκατομμύρια κύτταρα, π.χ. αιμοκύτταρα, για καθορισμένα χαρακτηριστικά, κατά χιλιάδες ανά δευτερόλεπτο, και να κάνουν διαλογή ζωντανών κυττάρων.

Υγεία

Οι βασικές κόνεις νανοκλίμακας επιτρέπουν την πυροσυσσωμάτωση (σύντηξη) αξιόπιστων κεραμικών χωρίς ελαττώματα, π.χ. για εμφυτεύματα.

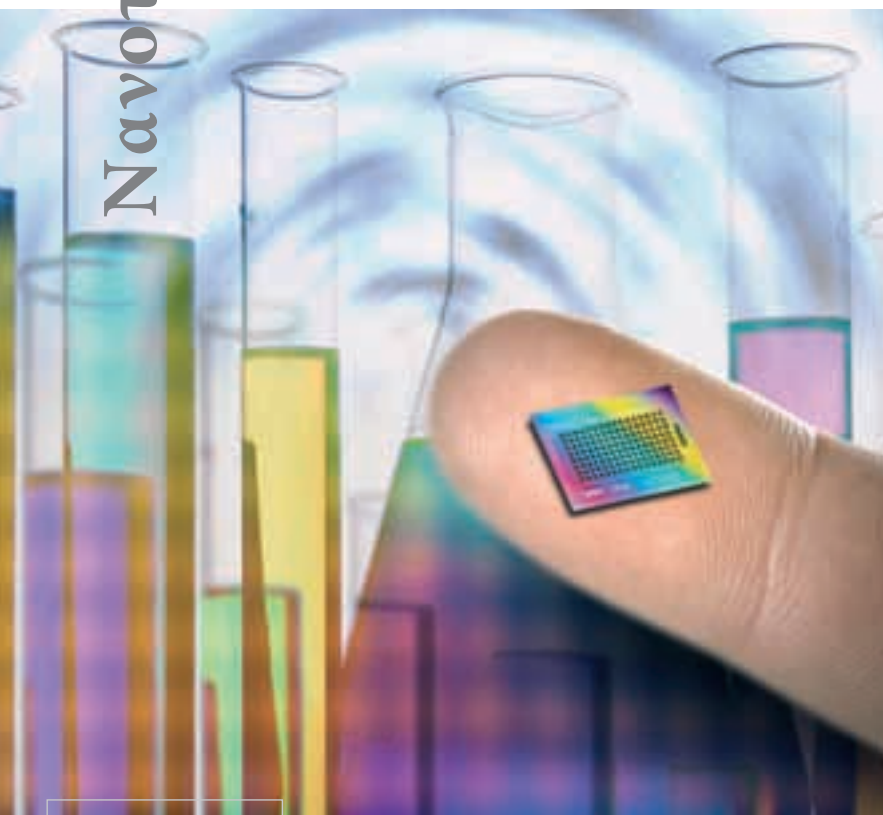
Αυτό επιτυγχάνεται ως εξής: στο αίμα προστίθενται αντισώματα, τα οποία προσκολλώνται στα κύτταρα ενδιαφέροντος – αποκλειστικά – και, συγχρόνως, φέρουν μια χρωστική που φθορίζει, όταν εκτεθεί σε φως λέιζερ.

Στη συνέχεια, στον διαλογέα κυττάρων, τα έγκλειστα σε σταγονίδια κύτταρα περνούν από διάταξη λέιζερ-εάν ληφθεί σήμα φθορισμού, ηλεκτρικά πεδία κατευθύνουν τα σταγονίδια και, κατ' επέκταση, τα κύτταρα σε δοχείο συλλογής – η τεχνική αυτή αποτελεί, εν μέρει, δάνειο από τον εκτυπωτή έγχυσης



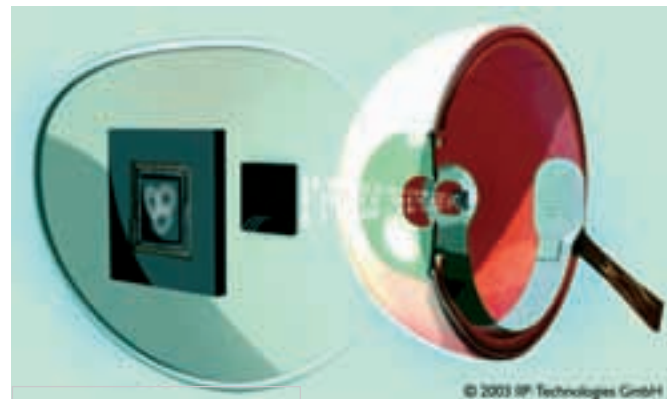
νανοσυσκευές, που θα συνεργάζονται συντονισμένα για την εκτέλεση της αποστολής τους. Τα τσιπ θα έχουν μέγεθος της τάξεως του τετραγωνικού εκατοστού, άρα τεράστιο σε σύγκριση με τα νανομηχανήματα που θα φιλοξενούν, λόγω του ότι στο εσωτερικό τους θα πρέπει να κυκλοφορούν υγρά που στον νανόκοσμο είναι παχύρρευστα σαν μέλι και, συνεπώς, χρειάζονται χώρο για να ρέουν. Αυτά τα νανοεργαστήρια θα φέρουν επανάσταση στη βιολογία, εάν ο άνθρωπος κατορθώσει να τα χρησιμοποιήσει στο μέλλον για να παρακολουθεί βήμα προς βήμα τα συμβαίνοντα σε μεμονωμένα κύτταρα.

Τελικά, θα μπορούσε να τα αναπαραστήσει σε ένα είδος βίντεο, το βίντεο της ζωής. Και δεν θα του αρκεί να παρακολουθεί απλώς τα κύτταρα, αλλά θα τα ερεθίζει και θα διαπιστώνει πώς αντιδρούν και έτσι θα λύσει το μυστήριο της ζωής.



Μικρό αλλά εξαιρετικό, το «lab-on-a-chip», ένα εργαστήριο στην άκρη του δακτύλου.

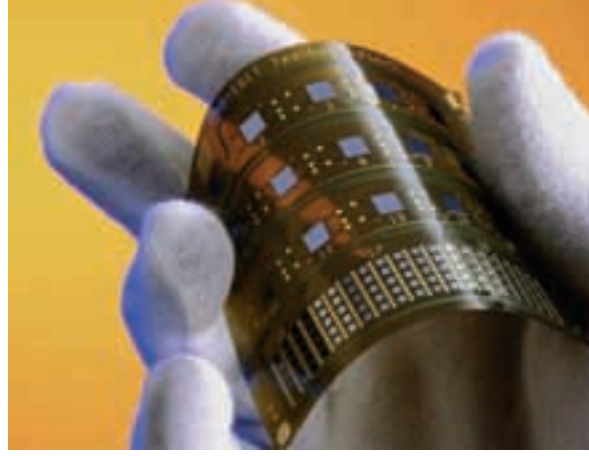
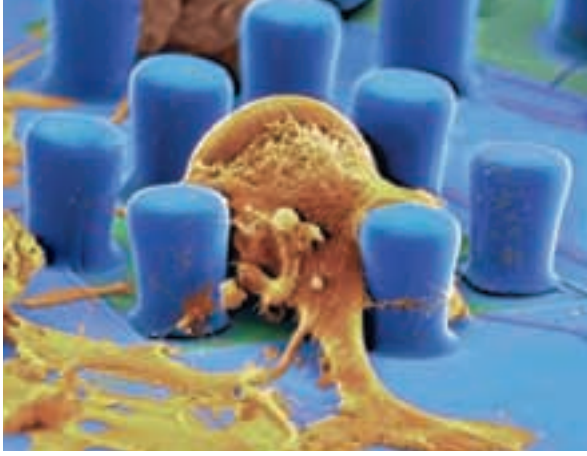
μελάνης. Οι διαλογείς κυττάρων είναι συσκευές υψηλών απαιτήσεων, οι οποίες καταφεύγουν στις τελευταίες εξελίξεις της μικρομηχανικής, της οπτικής και της ηλεκτρονικής, με αποτέλεσμα να αυξάνεται το κόστος των μηχανών. Η νανοτεχνολογία θα ελαττώσει το μέγεθος των σημερινών διαλογέων κυττάρων από ερμάριο σε γραμματόσημο και, μεμονωμένα, θα τους καταστήσει είδη μιας χρήσης. Αυτό θα επιταχύνει σημαντικά την ιατρική πρόοδο. Ακόμη πιο απαιτητική νανοτεχνολογία προβλέπεται για το «εργαστήριο σε τσιπ» (lab-on-a-chip). Σε αυτό, όπως το φαντάζονται εκείνοι που πρωτοστατούν στην ανάπτυξη του, θα συνωστίζονται εκατομμύρια



Εμφύτευμα αμφιβληστροειδούς.

Νευροπροσθετική

Μία πολύ απαιτητική εφαρμογή της τεχνολογίας μικροσυστημάτων και της νανοτεχνολογίας εισέρχεται τώρα στο στάδιο των δοκιμών: πρόκειται για το εμφύτευμα αμφιβληστροειδούς με ικανότητα μάθησης. Προβλέπεται ότι θα επαναφέρει, εν μέρει,



Δεξιά: Λεπτά τσιπ πυριτίου επάνω σε εύκαμπτο υπόστρωμα, π.χ. για νοήμονες ετικέτες που θα μπορούν να ενσωματώνονται στις συσκευασίες τροφίμων ή σε είδη ένδυσης.

Αριστερά: Σύνδεση νευρικών κυττάρων με ηλεκτρικούς ακροδέκτες.

την όραση των πασχόντων από μελαγχρωστική αμφιβληστροειδοπάθεια (Retinitis pigmentosa), που προκαλεί τύφλωση.

Το σύστημα αυτό αποτελείται από μια μικρή φωτογραφική μηχανή, ενσωματωμένη σε σκελετό γυαλιών, η οποία μεταβιβάζει εικόνες του περιβάλλοντος σε ειδικό επεξεργαστή σημάτων με ικανότητα μάθησης. Ο επεξεργαστής μεταδίδει ασύρματα τις εικόνες του στο εσωτερικό του πάσχοντος οφθαλμού. Εκεί βρίσκεται μια εύκαμπτη μεμβράνη με μικροσκοπικά ηλεκτρόδια, που ακουμπούν στον αμφιβληστροειδή και τον διεγείρουν αναλόγως. Εάν η εξέλιξη αυτή επιτύχει, θα προκύψει η πρώτη παγκοσμίως διασύνδεση ανθρώπου μηχανής (man-machine interface) για την αίσθηση της όρασης. Από καιρό, το κοχλιακό εμφύτευμα βοηθά πολλούς κωφούς.

Η νανοτεχνολογία, θα επιτρέψει τη συνεχή βελτίωση των προσθέσεων αυτού του είδους.

Περίθαλψη κατ' οίκον

Με τη βελτίωση της διατροφής και τη διαρκή πρόοδο της ιατρικής, ολοένα περισσότεροι άνθρωποι ζουν ολοένα περισσότερα χρόνια. Αυτή η πραγματικά πολύ επιθυμητή εξέλιξη έχει ένα φυσικό μειονέκτημα: το ότι

θα αυξάνεται συνεχώς ο αριθμός των ανθρώπων που θα χρειάζονται βοήθεια, την οποία θα μπορούσε να παρέχει ως ένα βαθμό η νανοηλεκτρονική. Μελετάται, λόγου χάριν, η ύφανση στα ενδύματα, επιτευγμάτων της τεχνολογίας αισθητήρων και πληροφοριών, που θα παρέχουν τη δυνατότητα να παρακολουθείται αδιάλειπτα η κατάσταση της υγείας – σφυγμοί, αναπνοή, μεταβολισμός – των ηλικιωμένων. Σε περίπτωση ενοχλήσεων, το «ιατρικό γιλέκο» (MediVest) θα ειδοποιεί αυτόματα τον οικογενειακό γιατρό ή τους συγγενείς. Το σημείο όπου βρίσκεται το άτομο θα το υποδεικνύει ένα επίσης ενσωματωμένο δομοστοιχείο GPS - ή Galileo (το σύστημα Galileo είναι η μελλοντική ευρωπαϊκή παραλλαγή του δορυφορικού συστήματος εντοπισμού θέσης GPS).

Αυτόματος/-η νοσηλευτής/-τρια

Ενώ η Γηραιά Ήπειρος διατηρεί – ακόμη – μάλλον ψυχρές σχέσεις με τους μηχανικούς βοηθούς, στην Ιαπωνία επίκειται η βιομηχανική μαζική παραγωγή αυτοκινούμενων ρομπότ. Είναι πολύ πιθανόν αυτό να έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη και νοσηλευτικών μηχανημάτων κατάλληλων για καθημερινή χρήση· πάντως, οι σχετικές εργασίες έχουν αρχίσει. Η ρομποτική θα είναι σε θέση να απορροφήσει άνετα και μαζικά τη σταθερά αυξανόμενη υπολογιστική ισχύ της νανοηλεκτρονικής.



Ρομπότ με κατανόηση από το Πανεπιστήμιο της Οξφόρδης. Μπορεί ήδη να επαρκούν για να τους ανατεθεί να φυλάσσουν πάπιες, αλλά οι προσδοκίες από τους αυτόματους νοσηλευτές θα είναι μεγαλύτερες.



Ευφυή ενδύματα: ενσωματωμένα ηλεκτρονικά συστήματα αναπαράγουν αρχεία μουσικής MP3, καθοδηγούν σε διαδρομές στην πόλη και παρακολουθούν τους σφυγμούς - από το δέρμα - βιωματική προστιθέμενη αξία.



Επανάσταση στην απόδοση με τις LED

Σε αντίθεση με τη μέχρι τώρα ιστορία της τεχνολογίας, η νανοτεχνολογία μπορεί να συνδυάσει την οικονομική ανάπτυξη με περιορισμό της ποσότητας υλικών.

Οικονομίες à la nano: μεγαλύτερη άνεση με μικρότερη δαπάνη υλικών.

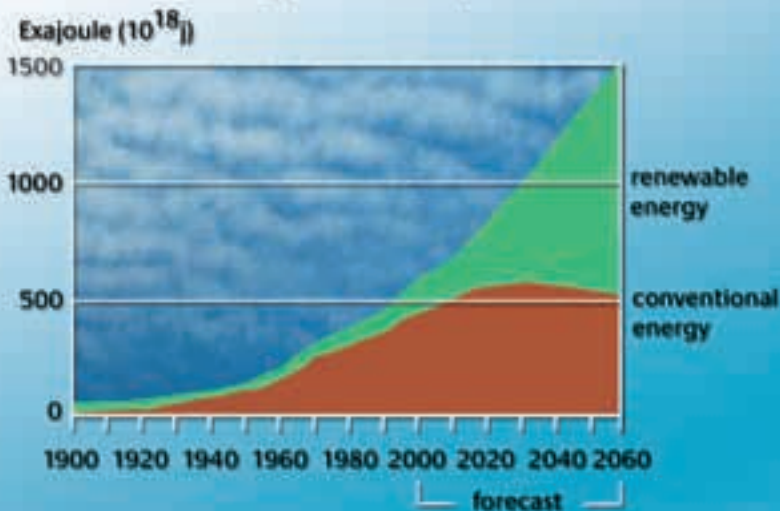
Στην Ευρώπη, το 10 % περίπου της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιείται για φωτισμό. Οι LED (φωτοдиодοι) εκπέμπουν πλέον και λευκό φως, οπότε μπορούν να αντικαταστήσουν τη συμβατική τεχνολογία. Η αντικατάσταση θα είχε ως αποτέλεσμα σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, δεδομένου

ότι για την εκπομπή ίσης ποσότητας φωτός οι LED χρειάζονται μόνο το 50 % περίπου της ισχύος που απαιτεί ένας κοινός λαμπτήρας. Το Ομοσπονδιακό Υπουργείο Περιβάλλοντος της Γερμανίας υπολογίζει το δυναμικό εξοικονόμησης στον κλάδο του φωτισμού σε 77 %.

Στα ευρωπαϊκά νοικοκυριά, υπάρχουν εκατομμύρια τηλεοπτικοί δέκτες με καθοδικούς σωλήνες, που πρόκειται να αντικατασταθούν από συσκευές με οθόνη υγρών κρυστάλλων (LCD) και, μακροπρόθεσμα, με οργανικές φωτοδιόδους (OLED). Και οι δύο αυτές τεχνικές παρέχουν δυνατότητες περιορισμού της ενεργειακής κατανάλωσης κατά 90 %. Οι LED και οι OLED κατασκευάζονται με τη βοήθεια της νανοτεχνολογίας. Εάν εκατομμύρια νοικοκυριά εξοικονομούν kilowatt, το άθροισμα ανέρχεται σε gigawatt – η ισχύς πολλών μεγάλων σταθμών ηλεκτροπαραγωγής. Η απόδοση των κυψελών καυσίμου μπορεί εύκολα να ρυθμιστεί. Τώρα εισέρχονται στα νοικοκυριά τα πρώτα συστήματα θέρμανσης με κυψέλες καυσίμου, που λειτουργούν με φυσικό αέριο και παρέχουν – με κατάλληλη ρύθμιση – και θερμότητα και ηλεκτρική ενέργεια. Όταν εκατομμύρια νοικοκυριά θα είναι εξοπλισμένα με αυτά τα συστήματα θέρμανσης, θα μπορούσαν να συνδεθούν μέσω του ηλεκτρικού

Προβλέψεις της εταιρείας Shell: η νανοτεχνολογία είναι το μέσο επιλογής για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

World energy consumption





Ευρύ φάσμα: η γυάλινη πρόσοψη μιας αίθουσας του ξενοδοχείου Weggis στη Λίμνη της Λουκέρνης φωτίζεται με 84.000 LED της Osram σε όλα τα χρώματα του ουράνιου τόξου.

δικτύου και του Διαδικτύου και να συγκροτήσουν εικονικούς μεγάλους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής, με θεωρητική μέγιστη ισχύ της τάξεως των εκατοντάδων gigawatt. Μακροπρόθεσμα, το φυσικό αέριο θα μπορούσε να αντικατασταθεί από υδρογόνο από ανανεώσιμες πηγές. Η νανοτεχνολογία είναι παρούσα με νέα υλικά και καταλύτες. Οι κεραμικές μεμβράνες με πορώδες ναοκλίμακας αποκτούν ολοένα μεγαλύτερη σημασία για τη επεξεργασία υγρών, καθώς και για την εξασφάλιση καθαρού πόσιμου νερού. Τα βακτηρίδια και οι ιοί απομακρύνονται εύκολα με διήθηση μέσω των μεμβρανών αυτών.

Η νανοτεχνολογία θα καταστήσει την ηλιακή ενέργεια επικερδή υπόθεση. Οι ημιαγωγοί σύνδεσης από ίνδιο, γάλλιο και άζωτο έχουν δείξει χαρακτηριστικά που φαίνεται να καθιστούν εφικτές τις ηλιακές κυψέλες με απόδοση πάνω από 50%. Η απόδοση, ωστόσο, είναι μόνον ένα κριτήριο. Η νανοτεχνολογία θα εξασφαλίσει επίσης τη δραστική μείωση του κόστους των ηλιακών συλλεκτών με την τεχνική είτε των λεπτών στιβάδων είτε των σωματιδίων. Εργαστηριακά μοντέλα μεμβρανών με ηλιακές κυψέλες, τα οποία κατασκευάστηκαν με τεχνικές επικάλυψης όμοιες με εκείνες που χρησιμοποιούνται για τις LED και τις OLED,

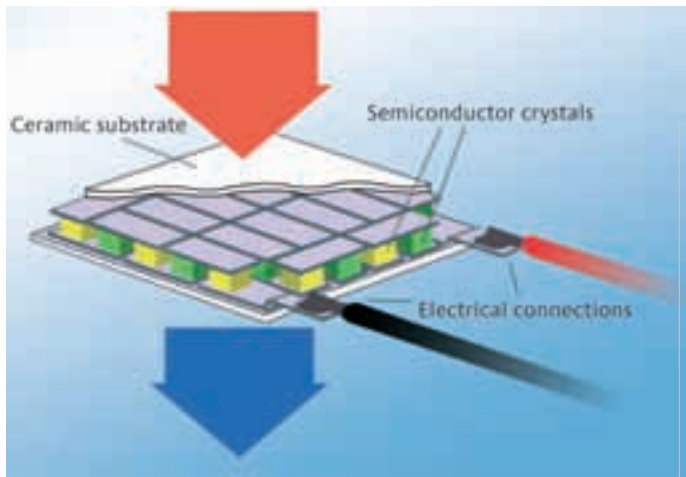
επιτυγχάνουν ηλεκτρική ισχύ 100 watt με μόλις 30 γραμμάρια υλικού – ριζική αποϋλοποίηση της παραγωγής ενέργειας, την οποία κατόρθωσε η εταιρεία Solarion στη Λειψία.

Οι ερευνητές της Siemens ισχυρίζονται ότι η απόδοση φθάνει το 5 % στις πιο πρόσφατες οργανικές ηλιακές κυψέλες, που μπορούν να εκτυπωθούν πάνω σε πλαστική μεμβράνη και προβλέπεται ότι θα μειώσουν ιδιαίτερα το κόστος. Το πάχος της φωτοενεργού στιβάδας είναι λίγο μεγαλύτερο από 100 νανόμετρα, ενώ η διάρκεια ζωής ανέρχεται σήμερα σε αρκετές χιλιάδες ώρες ηλιοφάνειας. Τα πρώτα προϊόντα αυτής της τεχνολογίας αναμένονται το 2005.

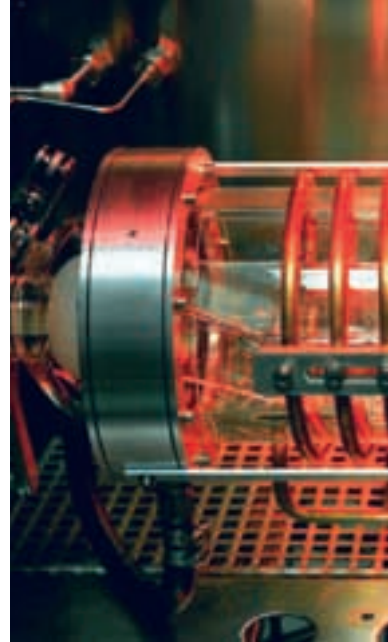
Οι OLED, οργανικές LED, θα χρησιμοποιούνται μελλοντικά σε πολλές οθόνες.



Ενέργεια και περιβάλλον



Συμβατικό θερμοηλεκτρικό στοιχείο: ρεύμα θερμότητας μετατρέπεται από συγκρότημα ημιαγωγών σε ηλεκτρικό ρεύμα. Οι νανοδομές συμβάλλουν στην αύξηση της απόδοσης της τεχνολογίας, διανοίγοντας έτσι νέες αγορές.



Η νανοτεχνολογία επαναφέρει στο προσκήνιο πολλές ιδέες του παρελθόντος, που είχαν ναυαγήσει εξαιτίας της αναποτελεσματικότητας των διαθέσιμων υλικών. Σ' αυτές συγκαταλέγεται η θερμοηλεκτρική παραγωγή ενέργειας:

Ηλεκτρισμός από θερμότητα, θερμότητα από ηλεκτρισμό – Θερμοηλεκτρικά συστήματα

Υπάρχει μια ολόκληρη σειρά από αξιόλογα φυσικά φαινόμενα, προ πολλού γνωστά, με σχετικά μέτριες επιδόσεις σε ειδικές αγορές μακριά από τα φώτα της δημοσιότητας.

Αυτή είναι η περίπτωση του φορητού ψυγείου, που συνδέεται στο ηλεκτρικό δίκτυο του αυτοκινήτου

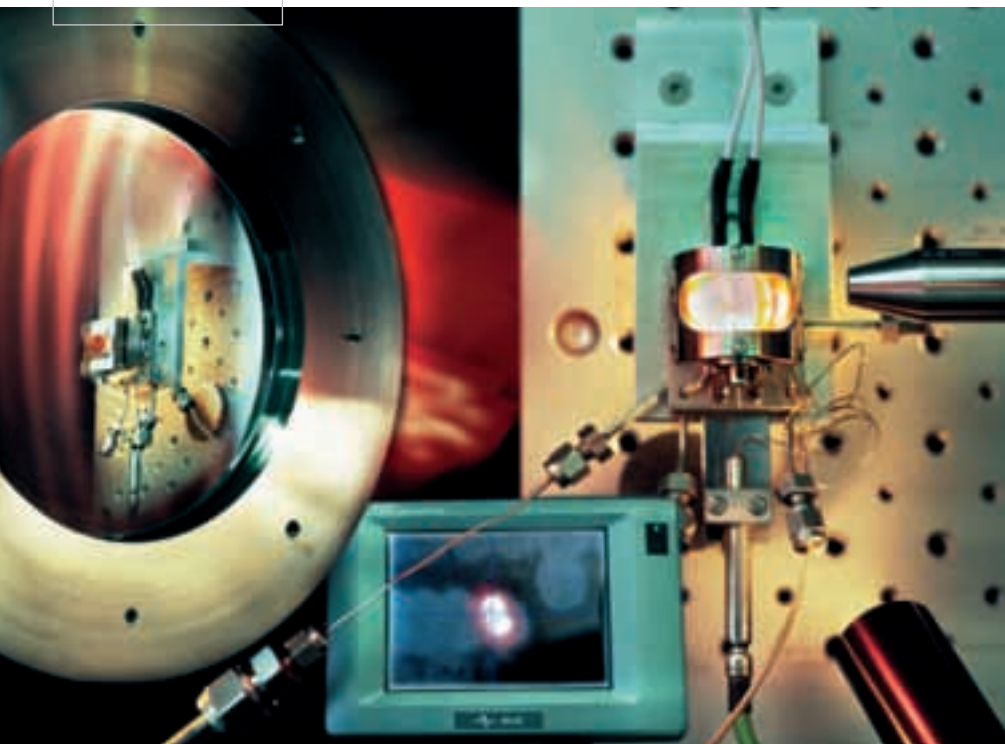
και ψύχει κανονικά. Στο εσωτερικό του λειτουργεί, αφανές, το κληροδότημα του Ζαν-Σαρλ-Ατανάς Πελτιέ, γάλλου επιστήμονα, ο οποίος ανακάλυψε το 1834 το φερώνυμο φαινόμενο, όπου η ροή ηλεκτρικού ρεύματος μέσω του σημείου επαφής δύο διαφορετικών μετάλλων παράγει στη μία πλευρά θερμότητα και στην άλλη ψύχος.

Δεκατρία χρόνια νωρίτερα, ο γερμανός Τόμας Πόχαν Ζέμπεκ είχε διαπιστώσει το αντίστροφο φαινόμενο, όπου η ροή θερμότητας μέσω του σημείου επαφής δύο διαφορετικών μετάλλων παράγει ηλεκτρικό ρεύμα.

Και οι δύο επιστήμονες έγιναν τελευταία διάσημοι μέσω της νανοτεχνολογίας, καθώς αναπτύσσονται τώρα νανοτεχνολογικά νέα υλικά, με τα οποία τα δύο φαινόμενα αξιοποιούνται – επιτέλους- με πολύ ικανοποιητική απόδοση.

Στην κατασκευή των υλικών αυτών υπεισέρχονται, και πάλι, μηχανές όπως εκείνες με τις οποίες κατασκευάζονται οι LED. Οι μηχανές αυτές, για παράδειγμα, απλώνουν μια στιβάδα τελλουριούχου αντιμονίου πάχους πέντε νανομέτρων πάνω σε μια στιβάδα

Τεχνολογία χημικών μικροαντιδράσεων για την αποδοτική παρασκευή και εξωτικών ουσιών





Αντιδραστήρες Aixtron για την έρευνα (αριστερά) και για τη κατασκευή ημιαγωγών σύνδεσης σε λεπτή στιβάδα με ακρίβεια ατόμου (δεξιά)

τελλουριούχου βισμούθιου πάχους ενός νανομέτρου και επαναλαμβάνουν τη διαδικασία αυτή μέχρι να δημιουργηθεί μια ημιαγωγός μεμβράνη, που θα ενθουσίαζε τους κκ. Πελτιέ και Ζέμπεκ: όταν ηλεκτρικό ρεύμα διαρρέει αυτή την αλληλουχία στιβάδων, η μία πλευρά της θερμαίνεται, ενώ η άλλη ψύχεται.

Η μεμβράνη μπορεί να αποκτήσει πολύ λεπτή δομή, έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ψύξη τσιπ με απόλυτη ακρίβεια ή σε εργαστήριο σε τσιπ για τη λειτουργία μικροσκοπικών δοχείων αντίδρασης, στα οποία αναπαράγεται DNA με απότομες αλλαγές της θερμοκρασίας.

Είναι πιθανόν η δραστική αύξηση της απόδοσης να καταστήσει τα στοιχεία Πελτιέ την τεχνολογία επιλογής για το σύνολο του κλάδου της ψύξης. Αντιστρόφως, όποιος διαθέτει φθηνές πηγές θερμότητας, όπως η γεωθερμία, μπορεί με τις παραπάνω θερμοηλεκτρικές στιβάδες να παράγει ηλεκτρική ενέργεια με χαμηλό κόστος.

Η Ισλανδία θα μπορούσε να θησαυρίσει στον ενεργειακό τομέα με ηλεκτρολυτική παραγωγή υδρογόνου.

Στη χημική βιομηχανία, η τεχνολογία αυτή θα μετατρέπει τις τεράστιες ποσότητες αποβαλλόμενης θερμότητας σε ηλεκτρική ενέργεια – αθόρυβα, σχεδόν αόρατα, αποδοτικά. Με τη νανοτεχνολογία.

Θερμοφωτοβολταϊκά συστήματα

Τα θερμοηλεκτρικά συστήματα δεν είναι η μόνη έξυπνη λύση για τη μετατροπή της αποβαλλόμενης θερμότητας σε ηλεκτρισμό. Στα θερμοφωτοβολταϊκά συστήματα (TPV), λόγω χάριν, χρησιμοποιείται η (αόρατη) θερμική ακτινοβολία – υπεριώδης – των θερμών αντικειμένων. Η νανοτεχνολογία κρύβεται στα στοιχεία των πομπού, που προσαρμόζει το φάσμα της πηγής θερμότητας στη φασματική ευαισθησία του θερμοφωτοβολταϊκού συστήματος.



Το φως του κεριού αρκεί στα θερμοφωτοβολταϊκά συστήματα για να τροφοδοτήσουν ένα ραδιόφωνο.



Πομπός βολφραμίου με νανοδομημένη επιφάνεια για την προσαρμογή του φάσματος υπερύθρου.

Νανοτεχνολογία για τον αθλητισμό και την αναψυχή

Νανοτεχνολογία

για την κοινωνία

Η διαρκής βελτίωση της τεχνολογίας, που τώρα επεκτείνεται και στη νανοκλίμακα, αναβιώνει συνεχώς ιδέες του παρελθόντος, που προηγουμένως ήταν ανέφικτες. Μεταξύ αυτών, η ιδέα της πτήσης με ηλιακή ενέργεια.

Icaré II, ένα μοτοανεμόπτερο που είναι εξίσου ανθεκτικό με ένα κοινό ανεμόπτερο και μπορεί να απογειώνεται με δική του ισχύ.

Επάνω: Στο τέλος μιας πτήσης από τη Στουτγάρδη στην Ιένα με ανεπίσημη κατάρριψη επίδοσης.

Τον Ιούνιο του 1979, ο Μπράιαν Άλλεν, καρφωμένος στο Gossamer Albatros και μόνο με την ισχύ των πεταλιών, πέταξε πάνω από τη Μάγχι, κερδίζοντας το βραβείο Κρέμερ με το χρηματικό έπαθλο των 100.000 λιρών. Νέα υλικά έδωσαν στον Μπράιαν Άλλεν τη δυνατότητα να κατασκευάσει το ελαφρύ σαν πούπουλο Gossamer Albatros. Το 1981 επιτεύχθηκε επίσης μια μεγαλύτερης διάρκειας πτήση με προώθηση μόνο με ηλιακή ενέργεια, αν και το Solar Challenger ήταν εξαιρετικά εύθραυστο.

Τα βραβεία εμπνέουν: Στις αρχές της δεκαετίας του '90, η πόλη Ουλμ προκήρυξε διαγωνισμό στη μνήμη του άτυχου τέκνου της, πρωτοπόρου της αεροπορίας Άλμπρεχτ Λούντβιχ Μπέρμπλιγκερ («ο ράφτης του Ουλμ») για την ανάπτυξη ηλιακού αεροσκάφους κατάλληλου για πρακτική εφαρμογή. Τον Ιούλιο του 1996 αναδείχθηκε νικητής, με διαφορά, το μοτοανεμόπτερο Icaré 2, που είχε κατασκευαστεί από το Πανεπιστήμιο της Στουτγάρδης.

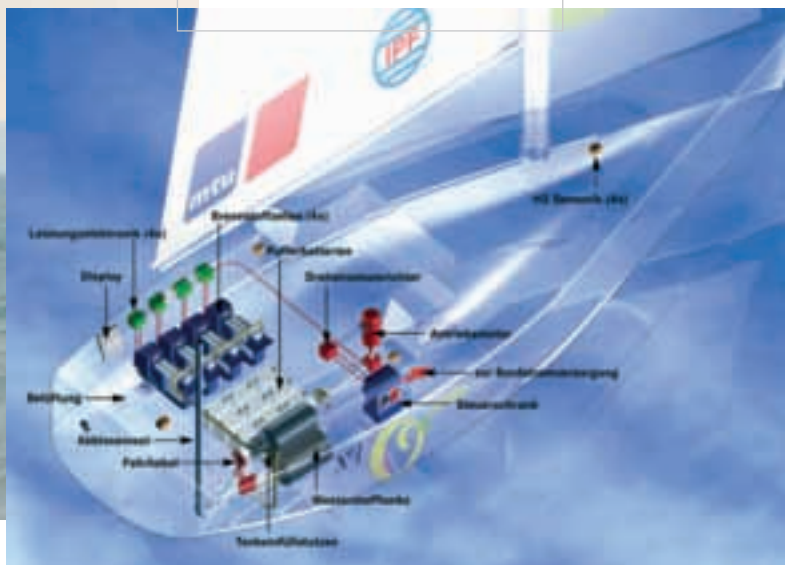
Το πειραματικό ηλιακό αεροσκάφος HELIOS της ΝΑΣΑ σχεδιάστηκε ως υποκατάστατο των δορυφόρων, το οποίο την ημέρα θα κινείται με ηλιακή ενέργεια και την νύχτα θα διατηρείται στη θέση του με τη βοήθεια «επαναφορτιζόμενης» συστοιχίας κυψελών καυσίμου.

Ύψος πτήσης που έχει επιτευχθεί: σχεδόν 30 χιλιόμετρα. Το 2003 συναντήθηκαν στην Ελβετία ειδικοί της θερμοδυναμικής, της αεροδυναμικής, των ηλεκτρικών συστημάτων, των σύνθετων υλικών, των φωτοβολταϊκών στοιχείων, της μετατροπής ενέργειας και της προσομοίωσης με υπολογιστή – η νανοτεχνολογία συναρθρώνεται με όλους σχεδόν τους κλάδους – και συζήτησαν ένα σχέδιο, που προβλέπεται ότι θα απογειώσει, στην κυριολεξία, τις νέες τεχνολογίες για ένα μέλλον συμβατό με το περιβάλλον: το 2009 περίπου, το φιλόδοξο αυτό σχέδιο αναμένεται να οδηγήσει πάλι γύρω από τη Γη τον Μπερτράν Πικάρ και τον Μπράιαν Τζόουνς, που το 1999 πραγματοποίησαν τον γύρο της γης με αερόστατο. Αυτή τη φορά με ένα αεροσκάφος που θα κινείται μόνο με ηλιακή ενέργεια και χωρίς ενδιάμεσο σταθμό!





Ιστιοφόρο σκάφος αναψυχής με κινητήρα κυψέλης καυσίμου της εοιχείρησης MTU, Friedrichshafen, Λίμνη Κόνσταντς. Η ναυοτεχνολογία μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της κομψότητας αυτών των σκαφών, ενώ φαίνεται εφικτή η κατασκευή ιστίων από εύκαμπτες, υφασμάτινες ηλιακές κυψέλες, αν και, στην περίπτωση αυτή, τα ιστία θα πρέπει να είναι σκοτεινόχρωμα.



Το σχέδιο θα μπορούσε πράγματι να αποφέρει στις νέες τεχνολογίες το γόητρο που τους αξίζει και, μεταξύ άλλων, να αποτελέσει την ατμομηχανή για μια ολόκληρη σειρά οχημάτων, όπως το ηλιακό αεροσκάφος που θα το κατευθύνουν υπολογιστές, αισθητήρες και συσκευές Galileo και με το οποίο θα πετούν και αρχάριοι – αθόρυβα και χωρίς καυσαέρια. Ελευθερία χωρίς σύνορα πάνω από τα σύννεφα. Ηλιακά καταμαράν ίσως να σχίζουν τα νερά των λιμνών του Μεκλεμβούργου.

«Αεροσκάλης» του Πανεπιστημίου της Στουτγάρδης. Έχει προγραμματιστεί η χρήση του ως σταθμού αναμετάδοσης για τη ραδιοηλεφωνία.

Μελέτη σχεδιασμού από την εταιρεία Fuseproject: μια κυψέλη καυσίμου κινεί αθόρυβα το πατίνι στους δρόμους του κέντρου της πόλης.

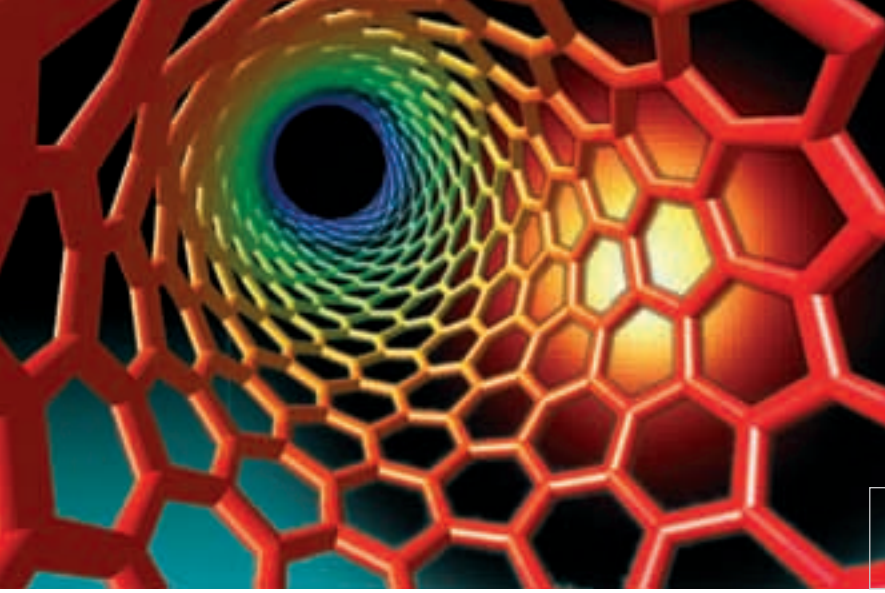
Στην ξηρά, τα pedelec, ποδήλατα με ηλεκτρική υποβοήθηση, θα διευκολύνουν τους ηλικιωμένους να ποδηλατούν, οι οποίοι διαφορετικά θα είχαν δυσκολίες. Σε πολλά μέρη προωθούνται ήδη μικρά ηλεκτρικά οχήματα για να προλάβουν να σώσουν τις πνιγμένες στο καυσαέριο πόλεις περιοχών που βρίσκονται σε φάση έντονης εκβιομηχάνισης.



Το ηλιακό καταμαράν της εταιρείας Korff Solar design GmbH ταξιδεύει στο Αμβούργο και στα περίχωρά του.



Οραματισμοί



Νανοσωλήνες με τον Μπετελγκεζ, ένα γιγάντιο άστρο, στην ατμόσφαιρα του οποίου συναντώνται φουλερένια.

«Δακτυλόδρομος»

Με τη νανοτεχνολογία μπορούν επίσης να σχεδιαστούν συστήματα μεταφορών που μοιάζουν τελείως ουτοπικά, όπως ο «δακτυλόδρομος». Εφόσον θα είναι διαθέσιμοι – διεξάγονται εργασίες προς την κατεύθυνση αυτή – τεχνητοί μυσ κατάλληλοι για πρακτική εφαρμογή, θα μπορούσε να φανταστεί κανείς μια οδό στρωμένη με στοιχεία που γνέφουν, δάκτυλα, η οποία θα μετέφερε με νεύματα τα αντικείμενα που θα βρίσκονταν στην επιφάνειά της.

Όπως τα μαστίγια των κυττάρων ή οι κροσσοί που εκδιώκουν τα ξένα σώματα από τους πνεύμονες ή οι βλεφαρίδες, με τις οποίες μετακινούνται τα πρωτόζωα παραμήκια.

Η ιδέα επιδέχεται πολλές βελτιώσεις-μελετάται πάντως σοβαρά η κατασκευή μικροσκοπικών γραμμικών κινητήρων σύμφωνα με την αρχή αυτή, οι οποίοι θα λειτουργούν με φυτικούς μυσ, «φορισώματα».

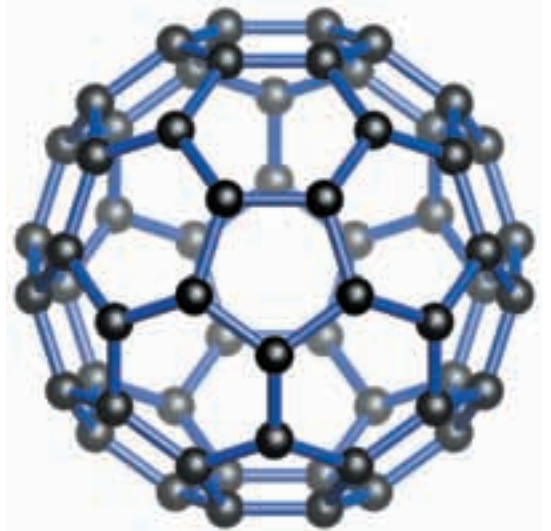
Άλλες υποψήφιες εφαρμογές για τους τεχνητούς μυσ είναι τα υφάσματα από σωλήνες φουλερενίου. Στην πραγματικότητα, αυτή η ιδέα δεν είναι τόσο εξωφρενική, όσο ο ανελκυστήρας μέχρι τους πλανήτες, που τον μελετά απόλυτα σοβαρά η ΝΑΣΑ και που πρώτος τον σκέφθηκε ένας ρώσος πρωτοπόρος της αεροδιαστημικής, ο Κωνσταντίν Εντουάρντοβιτς Ζιολκόφσκι.

Κωνσταντίν Εντουάρντοβιτς Ζιολκόφσκι.



Νανοσωλήνες άνθρακα για τον ανελκυστήρα σε τροχιά

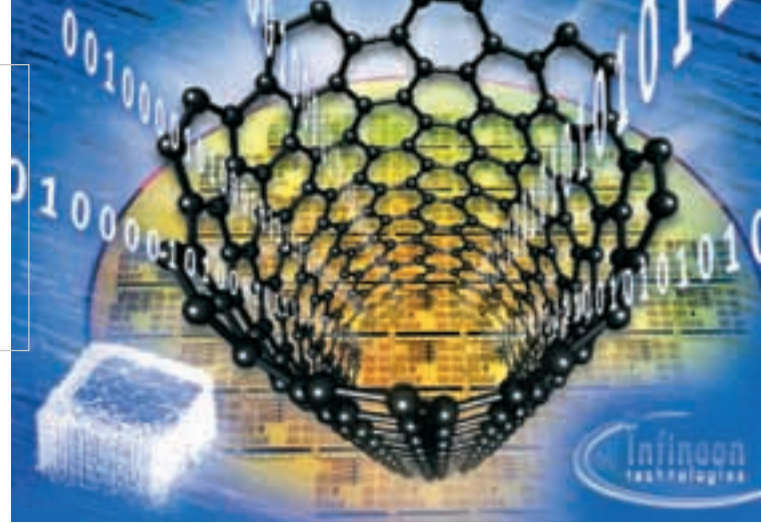
Η συνταγή προήλθε από το σύμπαν: στον φλοιό παλαιών άστρων, όπως ο Μπετελγκεζ (Betelgeuse), ένας κόκκινος υπεργίγαντας, στροβιλίζονται άτακτα πολλά στοιχεία. Όταν αυτά αντιδρούν χημικά μεταξύ τους, σχηματίζονται, μεταξύ άλλων, νανοκρύσταλλοι ανθρακοπυριτίου, οξειδίου του πυριτίου, κορουνδίου ή ακόμη και διαμαντιού, όπως είναι γνωστό από την έρευνα των μετεωριτών, οι οποίοι σχηματίζονται από αυτή την αστρική σκόνη. Για να διευρύνουν τις γνώσεις τους, οι επιστήμονες αναπαρήγαγαν στο εργαστήριο τις συνθήκες που επικρατούν στους εν λόγω φλοιούς άστρων – και το 1985 ανακάλυψαν ίχνη μιας εντελώς άγνωστης ουσίας. Αποδείχθηκε ότι επρόκειτο για μια νέου τύπου ένωση του άνθρακα: ένα κοίλο μόριο που μοιάζει πολύ στο σχήμα με μπάλα ποδοσφαίρου. Από πρόσφατη έρευνα στο διάστημα προέκυψε ότι το μόριο αυτό σχηματίζεται και στον φλοιό των άστρων.



Φουλερένια, κοίλα δίκτυα άνθρακα, πολλά υποσχόμενα κατά την αναζήτηση εξωτικών υλικών.



Πιγάντια
μόρια ως
πρωταθλητές
υπολογισμών:
οι νανοσωλήνες
μπορούν να
αποτελέσουν
τη βάση για
τα μελλοντικά
τσιπ υψηλών
επιδόσεων.



Όραμα: ένας
ανεγκυστήρας
μέχρι τους
πλανήτες

Ο Ρوبرτ Керλ και, στα δάκτυλά
του, τα φουλερένια που του χάρισαν
ένα βραβείο Νόμπελ.

Σήμερα είναι γνωστές πολλές παραλλαγές των δικτυωτών ενώσεων του άνθρακα, μεταξύ των οποίων οι νανοσωλήνες άνθρακα, εύκαμπτοι σωληνίσκοι από άνθρακα, που μπορούν να υφανθούν, παρέχοντας υλικά υψηλής αντοχής. Το ζήτημα της μαζικής παραγωγής σωλήνων αυτού του είδους έχει, κατ' αρχήν, λυθεί από τεχνική άποψη. Παράλληλα, στα ώριμα σύνθετα νήματα από νανοσωλήνες αποδίδονται αστρονομικές τιμές αντοχής στον εφελκυσμό και ορίου θραύσης. Η ΝΑΣΑ έχει αναθέσει με απόλυτη σοβαρότητα τη μελέτη ενός έργου που – χρησιμοποιώντας ένα είδος ινδικού ταχυδακτυλουργικού τεχάσματος με σχοινί – θα καταλήξει σε «ανεγκυστήρα μέχρι τα άστρα». Σύμφωνα με ένα σενάριο, μια ταινία από σύνθετο υλικό νανοσωλήνων, πλάτους ενός μέτρου και λεπτότερη από χαρτί, θα απλωθεί στο διάστημα με συμβατική τεχνολογία πυραύλων και δορυφόρων. Το ένα άκρο της θα βρίσκεται σε απόσταση περίπου 100.000 χιλιομέτρων από τη Γη, ενώ το άλλο θα είναι αγκυρωμένο σε ένα σημείο του Ειρηνικού Ωκεανού, κοντά στον Ισημερινό. Η ταινία θα διατηρείται τεντωμένη από την έλξη της βαρύτητας της Γης και από την αντίθετη της «φυγόκεντρο δύναμη». Κατά μήκος της ταινίας θα μπορούν να τίθενται σε γήινη τροχιά ή ακόμη και σε τροχιές μεταξύ της Αφροδίτης και της ζώνης των αστεροειδών τόνοι ωφέλιμου φορτίου. Χρήσιμα παραπροϊόντα αυτών των οραματισμών: δομικά υλικά υψηλής αντοχής για ψηλά κτίρια, γέφυρες κ.λπ. και, φυσικά, για ανεγκυστήρες.

Ευκαιρίες και Κίνδυνοι

Το ευεργετικό δυναμικό της νανοτεχνολογίας, τουλάχιστον όσον αφορά την κερδοφορία, είναι προφανώς υψηλό. Λόγω των καινοτομιών σε πολυάριθμους τομείς εφαρμογών, αποδίδεται στη νανοτεχνολογία σημαντικό οικονομικό δυναμικό. Ήδη στην Ευρώπη, μερικές εκατοντάδες επιχειρήσεις ασχολούνται με εμπορικές εφαρμογές της νανοτεχνολογίας, προσφέροντας εργασία σε δεκάδες χιλιάδες άτομα, στην πλειονότητά τους πολύ ειδικευμένα.

Στο σημείο αυτό, οι επιστήμονες συμφωνούν με τους επιχειρηματίες: η νανοτεχνολογία είναι κάτι περισσότερο από ένα νέο θέμα υπερβολικής προβολής.

Παραείναι ωραίο για να είναι αληθινό; Ένα πιθανοφανές, θεωρητικά τουλάχιστον, καταστροφολογικό σενάριο έχει ήδη εμφανιστεί στη λογοτεχνία: στο μπεστ-σέλερ του Μάικλ Κράιτον «Το θήραμα» σμήνη έξυπνων νανοσωματιδίων συνασπίζονται σε ημινοήμονα όντα, τα οποία εκτοπίζουν τους δημιουργούς τους από το σώμα

τους για να το οικειοποιηθούν τα ίδια.

Σε ένα άλλο σκοτεινό όραμα, ο αμερικανός προφήτης της νανοτεχνολογίας Έρικ Ντρέξλερ, βλέπει τον κόσμο να απειλείται από τον λεγόμενο «γκρίζο πολτό» (gray goo), ένα γκριζό νέφος από απείθαρχα νανορομπότ. Ο Έρικ

Ντρέξλερ θεωρεί πραγματικά πιθανή την κατασκευή ρομπότ νανοκλίμακας, που θα έχουν μέγεθος λίγων εκατομμυριοστών του χιλιοστού και θα είναι σε θέση να δημιουργούν από τις πρώτες ύλες που θα τους διατίθενται και με αυτόματο έλεγχο, μεγάλες κατασκευές νέου τύπου. Εάν η διαδικασία αυτή ξεφύγει από τον έλεγχο, αντί του καταπληκτικού δημιουργήματος θα προκύπτει ακριβώς ο γκριζός πολτός, που ίσως θα είναι μεταδοτικός και επικίνδυνος, τόσο για τους ανθρώπους, όσο και για τις μηχανές.

Οι περισσότεροι ειδήμονες δεν δίνουν σημασία στη

Το σενάριο του γκριζού πολτού του Έρικ Ντρέξλερ είναι εξίσου απίθανο με την ιδέα ότι η νανοτεχνολογία θα μετατρέψει τον κόσμο σε ζελεδάκια. Θα βρεθεί αντιμετώπη με τα χονδρά δάκτυλα.



θεωρία αυτή. Ο Ρίτσαρντ Σμάλι, για παράδειγμα, κάτοχος του Νόμπελ Χημείας του 1996, την αντικρούει προβάλλοντας τις ιδιότητες των χημικών δεσμών, που συνεπάγονται ότι δεν είναι δυνατόν να ενωθούν μεταξύ τους όλα τα άτομα ή όλα τα μόρια αδιακρίτως. Αυτό και μόνο καθιστά απίθανη την ιδέα ενός νανομπότ, δηλ. ενός ρομπότ νανοκλίμακας, ως συναρμολογητή.

Προπάντων όμως: εάν ένας τέτοιος συναρμολογητής δημιουργούσε ύλη άτομο προς άτομο, θα ήταν υποχρεωμένος να χρησιμοποιήσει τα «δάκτυλά»



Ο Ρίτσαρντ Σμάλι, κάτοχος Νόμπελ Χημείας θεωρεί – όπως και οι περισσότεροι επιστήμονες – ότι οι κίνδυνοι της νανοτεχνολογίας μπορούν να τεθούν υπό έλεγχο.

του, που με τη σειρά τους θα αποτελούνταν από άτομα και, αναγκαστικά, θα έπρεπε να έχουν ένα ορισμένο ελάχιστο πάχος. Και δεν πρόκειται μόνο για την αρπαγή του επιλεγμένου ατόμου· κατά τη συναρμολόγηση, θα έπρεπε να ελεγχθούν όλα τα άτομα ενός κυβικού νανομέτρου, το οποίο αναπόφευκτα θα παρεμποδιζόταν από τα δάκτυλα. Αυτά ως προς το πρόβλημα των χονδρών δακτύλων, στο οποίο έρχεται να προστεθεί το πρόβλημα των δακτύλων που κολλούν, καθώς τα άτομα, ανάλογα με το είδος τους, δεν θα ήταν δυνατόν οποτεδήποτε να πιάνονται και να αφήνονται πάλι, θα σχημάτιζαν μάλιστα και δεσμούς – φαινόμενο γνωστό από την καθημερινή ζωή: δεν είναι τόσο απλό να αποσπαστούν από τα δάκτυλα κολλώδη σφαιρίδια.

Τα παραπάνω είναι ουσιαστικά ανεπιχειρήματα, που δεν μπορούν να αγνοηθούν. Δεν υπάρχει επομένως περίπτωση να δημιουργηθούν μηχανικά νανομπότ.

Ο Ρίτσαρντ Σμάλι έχει δίκιο-ο φόβος ότι στρατοί από απείθαρχα νανομηχανήματα θα μπορούσαν να εφορμήσουν στον κόσμο για να τον μετατρέψουν σε γκριζο πολτό, είναι αβάσιμος.

Αντίθετα, μάλλον είναι βάσιμος ο φόβος ότι τα νανοσωματίδια ενδέχεται να έχουν και ανεπιθύμητες επιδράσεις στον άνθρωπο και στο περιβάλλον. Θα μπορούσαν, π.χ., να έχουν βλαβερές συνέπειες για την υγεία, εξαιτίας του πολύ μικρού μεγέθους τους, που τους επιτρέπει να διεισδύουν σε κύτταρα του σώματος και να υπερνικούν ακόμη και βιολογικούς φραγμούς (όπως ο αιματοεγκεφαλικός φραγμός).

Επειδή τα νανοσωματίδια – όπως και οι άλλες υπέρλεπτες κόνεις, π.χ. η αιθάλη των καυσαερίων των αυτοκινήτων – είναι ουσίες, οι οποίες μπορεί να προκαλέσουν άγνωστες παρενέργειες, η επιστημονική έρευνα πρέπει κατ' αρχάς να εξακριβώσει αν τα σωματίδια αυτά είναι ακίνδυνα. Οι μέχρι σήμερα γνώσεις για την ασφάλεια των νανοσωματιδίων είναι ελάχιστες, γι' αυτό οι ερευνητές του κλάδου της νανοτεχνολογίας και οι τοξικολόγοι πρέπει να απαντήσουν στα ανοικτά ερωτήματα το συντομότερο δυνατόν με κατάλληλα πειράματα. Εν τούτοις, φαίνεται ότι ο κίνδυνος μπορεί να διατηρηθεί υπό έλεγχο, δεδομένου ότι τα νανοσωματίδια στη φύση είναι εξαιρετικά «κολλώδη». Για το λόγο αυτό, σχηματίζουν πολύ γρήγορα μεγάλα συσσωματώματα, με τα οποία το σώμα δεν θα έχει προβλήματα. Για ορισμένα νανοσωματίδια είναι ήδη γνωστό ότι δεν βλάπτουν την υγεία.

Ως εκ τούτου, χρησιμοποιούνται στα αντηλιακά ως προστατευτικός παράγοντας κατά της ακτινοβολίας ή αναμιγνύονται με τη μορφή σταθερών ενώσεων με διάφορα υλικά, με αποτέλεσμα να μην έρχεται γενικά ο καταναλωτής σε επαφή με μεμονωμένα νανοσωματίδια.

Πέραν αυτού, η βιομηχανία επιδιώκει, με κατάλληλα μέτρα ασφαλείας, να αποκλείσει στο μέγιστο βαθμό κάθε κίνδυνο για την υγεία τόσο των πελατών της, όσο και των εργαζομένων σ' αυτήν.

Ενώ τα οράματα για τα νανομπότ είναι απλώς υποθέσεις, φαίνεται ότι επαληθεύονται απόλυτα οι υποσχέσεις των επιστημόνων του κλάδου των υλικών που εργάζονται σε νανομετρικές διαστάσεις. Τα πρώτα προϊόντα διατίθενται ήδη, όπως υπερεναίσθητες κεφαλές ανάγνωσης σκληρού δίσκου με στιβάδες πάχους 20 ή και λιγότερων νανομέτρων. Η νανοηλεκτρονική βρίσκεται σε κάθε νέο φορητό υπολογιστή. Φυσικά, ως ισχυρή τεχνολογία, θα έχει και η νανοτεχνολογία παρενέργειες, καθιστώντας περιττές πολλές απλές εργασίες. Αντ' αυτών δημιουργούνται νέα πεδία δραστηριοτήτων. Η διαβίωση μάθηση θα αποκτά ολοένα μεγαλύτερη σημασία, αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι δεν μπορεί να είναι και διασκεδαστική – με τη νανοτεχνολογία.

Περισσότερες πληροφορίες

Πως μπορώ να σπουδάσω νανοτεχνολόγος μηχανικός ;

Όποιος επισκεφθεί ερευνητικό ίδρυμα που επικεντρώνεται στη νανοτεχνολογία θα αντιληφθεί ότι συνυπάρχουν επιστήμονες που καλύπτουν όλες τις θετικές επιστήμες: βιολόγοι, χημικοί, μηχανικοί όλων των ειδικοτήτων, κρυσταλλογράφοι, ορυκτολόγοι, φυσικοί. Ο κοινός παρονομαστής είναι το επίπεδο του ατόμου της ατομικής φυσικής και ένα μέρος της κοινής τους γλώσσας τα μαθηματικά. Άρα, όλες οι κλασσικές σπουδές φυσικών επιστημών μπορούν να οδηγήσουν στη νανοτεχνολογία, η οποία αρχίζει ωστόσο να καθιερώνεται ως αυτόνομος κλάδος, όπως για παράδειγμα στο Πανεπιστήμιο του Βύρτσμπουργκ. Όποιος ακολουθήσει σπουδές νανοτεχνολογίας, σύμφωνα με τον Alfred Forchel, έδρα Φυσικής του Πανεπιστημίου του Βύρτσμπουργκ, δεν πρέπει να φοβάται ότι πρόκειται για μια βραχύβια τάση (απόσπασμα από το περιοδικό abi, τεύχος 10/2003, του Πανεπιστημίου του Βύρτσμπουργκ):

«... Επειδή η τάση για ελαχιστοποίηση των διαστάσεων δεν αποτελεί πρόσκαιρη μόδα, αλλά έχει να επιδείξει ήδη μια μακροχρόνια εξέλιξη. Είναι όμως προβλέψιμο ότι οι εφαρμογές σε πολλούς τομείς θα βαίνουν σε όλο και μικρότερες κλίμακες μεγέθους, ας πούμε από την μικροκλίμακα στη νανοκλίμακα, για παράδειγμα στη τεχνολογία πληροφορικής ή τη χημεία. Δεν χρειάζεται να είναι κανείς προφήτης για να ισχυριστεί ότι τα πάντα θα συρρικνώνονται - σχετικό παράδειγμα είναι τα δομικά στοιχεία - και μάλιστα σε όσο το δυνατόν μικρότερες διαστάσεις.»

Φυσικοί, χημικοί και επιστήμονες άλλων θετικών επιστημών μπορούν δικαίως να ισχυριστούν ότι ανέκαθεν ασχολήθηκαν με τη νανοτεχνολογία. Τα αντικείμενα της κλασσικής ατομικής φυσικής, τα μόρια των χημικών εντάσσονται στο νανόκοσμο. Με τις σήμερα διαθέσιμες δυνατότητες πειραματισμού - για παράδειγμα, η μέχρι ακρίβεια ατόμου έρευνα της δομής των συστάδων (cluster), επιστρωμάτων, τσιπ· η διαθεσιμότητα ουσιών υψίστης καθαρότητας, η διερεύνηση ελαχιστοδιάστατων βιολογικών δομών - προσφέρονται πλέον αστείρευτες προοπτικές προς

αξιοποίηση από τους μηχανικούς για πρακτικές εφαρμογές. Ο Alfred Forchel εκτιμά ότι είναι αρκετά καλές οι προοπτικές απασχόλησης νανομηχανικών:

«Είναι φυσικό ότι και στον κλάδο μας, εξαρτώνται από τη συγκυρία οι δυνατότητες εξεύρεσης θέσης απασχόλησης. Συχνά όμως συμβαίνει η ειδοποιός διαφορά να έγκειται στη λεπτομέρεια: είναι δύσκολη η διάκριση μεταξύ των υποψηφιοτήτων που παραλαμβάνουν σωρηδόν οι επιχειρήσεις. Με την περίοδο πρακτικής εξάσκησης στη βιομηχανία την οποία προσφέρουμε, τουλάχιστον μια επιχείρηση γνωρίζει από κοντά τον φοιτητή. Εξάλλου, οι φοιτητές μας έχουν τη δυνατότητα να εκπονήσουν την διπλωματική τους εργασία στη βιομηχανία, ένα περαιτέρω βήμα στην αναζήτηση θέσης απασχόλησης. Επιπλέον, το πρόγραμμα σπουδών τους περιλαμβάνει τουλάχιστον ένα μη τεχνικό μάθημα επιλογής, όπως Οικονομική των Επιχειρήσεων, έτσι ώστε να διαθέτουν ουσιαστικές βασικές γνώσεις για την επαγγελματική τους ζωή.»

Απαραίτητα για τους φοιτητές νανομηχανικής του Πανεπιστημίου του Βύρτσμπουργκ, όπως και σε άλλα ανώτατα εκπαιδευτικά ιδρύματα, είναι μαθήματα για να αποκτήσουν στέρεες βάσεις στις φυσικές επιστήμες και τα μαθηματικά:

«Δεν αρκούν τα όνειρα ότι είναι δυνατή η κατασκευή ενός υποβρυχίου που θα μπορεί να ταξιδεύει μέσα στις φλέβες. Μέχρι το σημείο αυτό απαιτείται τεράστια επένδυση σε χρόνο και κόπο. Πρέπει να μάθεις να περιγράφεις το πρόβλημα με μαθηματικά εργαλεία, να κατέχεις τη φυσική και τη χημεία, δηλαδή τις δύσκολες βάσεις γνώσης που απαιτούν κόπο. Δεν συντρέχει όμως λόγος απογοήτευσης· για την ολοκλήρωση του στόχου θα μπορούσαν ενδεχομένως να βοηθήσουν οι νανοφантаσίες.»

Το υποβρύχιο στις φλέβες είναι μόνον αντικείμενο κινηματογραφικής ταινίας. Η νανοτεχνολογία είναι στην πραγματικότητα διαφορετική, και, επιπλέον, προσφέρει οικονομική ανταμοιβή.

Επαφές με αρμόδιους, διευθύνσεις στο Διαδίκτυο, βιβλιογραφία

Επισημαίνεται ότι το παρόν φυλλάδιο προέρχεται από το Ομοσπονδιακό Υπουργείο και Έρευνας (BMBF) της Γερμανίας. Συνεπώς, κατά την αρχική του εκπόνηση απευθυνόταν σε γερμανικό κοινό. Για συνδέσεις που αφορούν σπουδές, βιβλιογραφία και διευθύνσεις στο Διαδίκτυο στην Ευρώπη, εκτός της Γερμανίας, πρέπει να ανατρέξετε στη σχετική με τη ναυτοτεχνολογία δικτυακή πύλη της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (<http://cordis.europa.eu/nanotechnology>).

Δυνατότητες σπουδών στη Ναυτοτεχνολογία

Κλάδος σπουδών Τεχνική Ναοδομών (Nanostrukturtechnik) στο Βύρτσμπουργκ

Πανεπιστήμιο Würzburg
Διεύθυνση στο Διαδίκτυο: <http://www.physik.uni-wuerzburg.de/nano/>
Αρμόδιος: ossau@physik.uni-wuerzburg.de

Βιο- και Ναυτοτεχνολογίες (Bio- und Nanotechnologien) στο Ίζερλον

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Südwestfalen
Διεύθυνση στο Διαδίκτυο: <http://www2.fh-swf.de/fb-in/studium.bnt/bnt.htm>
Αρμόδιος: Werner@fh-swf.de

Μοριακή Επιστήμη (Molecular Science) στο Έρλανγκεν

Πανεπιστήμιο Έρλανγκεν- Νυρεμβέργης
Διεύθυνση στο Διαδίκτυο: <http://www.chemie.uni-erlangen.de/Molecular-Science>
Αρμόδιος: hirsch@chemie.uni-erlangen.de

Master Μικρο- και Ναυτοτεχνικής στο Μόναχο

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Μονάχου
Διεύθυνση στο Διαδίκτυο: http://www.fh-muenchen.de/home/fb/fb06/studiengaenge/mikro_nano/home.htm
Αρμόδιος: sotier@physik.fh-muenchen.de

Νανομοριακή Επιστήμη (Nanomolecular Science) στη Βρέμη

Διεθνές Πανεπιστήμιο Βρέμης
Διεύθυνση στο Διαδίκτυο: <http://www.faculty.iu-bremen.de/plathe/nanomol>
Αρμόδιος: f.mueller-plathe@iu-bremen.de

Επιστήμη Ναοδομών (Nanostructure and Molecular Sciences) στο Kassel

Πανεπιστήμιο Kassel
Διεύθυνση στο Διαδίκτυο: <http://www.cinsat.uni-kassel.de/studiengang/studiengang.html>
Αρμόδιος: masseli@physik.uni-kassel.de

Πειραματικός κλάδος με τίτλο σπουδών Bachelor στην Βιοφυσική ή τις Ναυοεπιστήμες, στο Bielefeld

Πανεπιστήμιο Bielefeld
Διεύθυνση στο Διαδίκτυο: <http://www.physik.uni-bielefeld.de/nano.html>
Αρμόδιος: dario.anselmetti@Physik.Uni-Bielefeld.de

Κλάδος με τίτλο σπουδών «Δίπλωμα στις Μικρο- και Ναοδομές» στο Saarbrücken

Πανεπιστήμιο Saarland
Διεύθυνση στο Διαδίκτυο: <http://www.uni-saarland.de/fak7/physik/NanoMikro/InfoMikroNano.htm>
Αρμόδιος: wz@lusi.uni-sb.de

Βιβλιογραφία

BMBF-Programm IT-Forschung 2006 - Förderkonzept Ναυοηλεκτρονική

Εκδότης.: Bundesministerium für Bildung und Forschung; Bonn, März, 2002.

Vom Transistor zum Maskenzentrum Dresden, Ναυοηλεκτρονική für den Menschen

Εκδότης.: Bundesministerium für Bildung und Forschung; Bonn, Oktober, 2002.

Nanotechnologie erobert Märkte- Deutsche Zukunftsoffensive für Nanotechnologie

Wyd.: Bundesministerium für Bildung und Forschung; Bonn, marzec, 2004.

Bachmann, G.

Innovationsschub aus dem Nanokosmos: Analyse & Bewertung Zukünftiger Technologien (Band 28)

Εκδότης.: VDI-Technologiezentrum im Auftrag des BMBF; 1998.

Luther, W.

Anwendungen der Nanotechnologie in Raumfahrtentwicklungen und -systemen

Technologieanalyse (Band 43)

Εκδότης.: VDI-Technologiezentrum im Auftrag des DLR; 2003

Wagner, V; Wechsler, D.:

Nanobiotechnologie II: Anwendungen in der Medizin und Pharmazie

Technologiefrüherkennung (Band 38)

Εκδότης.: VDI-Technologiezentrum im Auftrag des BMBF; 2004.

Hartmann, U.

Nanobiotechnologie – Eine Basistechnologie des

21. Jahrhunderts

ZPT, Saarbrücken, 2001.

Rubahn, H.-G.:

Nanophysik und Nanotechnologie

Teubner Verlag 2002

Werkstoffinnovationen für Industrie und Gesellschaft-WING

Εκδότης.: Bundesministerium für Bildung und Forschung; Bonn, Oktober 2003.

Διευθύνσεις στο Διαδίκτυο

Πρώτωση της Ναυοτεχνολογίας στην ΕΕ
<http://cordis.europa.eu/nanotechnology>

Ευρωπαϊκή Δικτυακή Πύλη για τη Ναυοτεχνολογία
www.nanoforum.org

Nanotruck- Ταξίδι στον νανόκοσμο
www.nanotruck.net

Ταξίδι στο Διαδίκτυο- Περιπέτεια μετά την υποδιαστολή
www.nanoreisen.de

Ειδήσεις και φόρα συζητήσεων με θέμα την Ναυοτεχνολογία
www.nano-invests.de

Πρώτωση της Ναυοτεχνολογίας από το Ομοσπονδιακό Υπουργείο και Έρευνας (BMBF) της Γερμανίας
<http://www.bmbf.de/de/nanotechnologie.php>

Δικτυακή πύλη για τη Ναυοτεχνολογία του Κέντρου Τεχνολογίας της Γερμανικής Ένωσης Μηχανικών (VDI-TZ)
www.nanonet.de

CNT: Carbon Nano-Tubes, νανοσωλήνες άνθρακα.

DNA: Desoxyribonucleic acid, δεσοξυριβοζονονουκ λεινικό οξύ. Μακρομόριο υπό μορφή διπλής έλικας, που περιέχει τις πληροφορίες σχετικά με τη δομή ενός οργανισμού και τύπους για πληθώρα πρωτεϊνών.

ESEM: Environmental Scanning Electron Microscope - ειδικό ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης, με φορείο δείγματος όπου επιτρέπεται να υπάρχουν κατάλοιπα αέρα και υγρασίας. Τα δείγματα δεν χρειάζεται πλέον να είναι προπαρασκευασμένα, για παράδειγμα να έχουν ψεκασθεί με χρυσό.

Ακτινοβολία X: ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία κυμάτων μικρού μήκους, η οποία, μεταξύ άλλων, χρησιμοποιείται για την ανάλυση της δομής των κρυστάλλων ώστε να καθοριστεί η νανοσκοπική μορφή μορίων.

Ανακλαστίνη (Reflectine): ειδικές πρωτεΐνες που χρησιμοποιούν οι οργανισμοί για να δημιουργήσουν δομές που ανακλούν το φως.

Δεσμός Van-der-Waals: ασθενής χημικός δεσμός μεταξύ μορίων, του οποίου το βαθύτερο αίτιο είναι οι ιδιότητες του κενού. Δεσμοί Vander-Waals καθορίζουν τις ιδιότητες του νερού και άρα όλες τις βιολογικές διεργασίες.

Διάτομα: μονοκύτταρα μικρά φύκη, που ζουν σε θαλάσσια και γλυκά νερά, με διακοσμημένο κέλυφος από οξειδίο πυριτίου, πυριτικό οξύ συν νερό. Τα διάτομα φωτοσυνθέτουν και, για τον λόγο αυτό, διαθέτουν επίσης στοιχεία απορρόφησης του φωτός.

Διπλασιαστής συχνότητας: εν προκειμένω, υλικό που διπλασιάζει τη συχνότητα του φωτός. Για παράδειγμα, με τον διπλασιαστή συχνότητας το υπέρυθρο μετατρέπεται σε πράσινο φως.

Εργαστήριο σε τσιπ (Lab-on-a-Chip): άκρως πολύπλοκα ολοκληρωμένα κυκλώματα (τσιπ) στο τελικό στάδιο εξέλιξης, τα οποία με τεχνολογία μικρομηχανικής, μικρορευστών, νανοαισθητήρων και νανοηλεκτρονικών θα είναι ικανά να εκτελούν πολύπλοκες αναλύσεις σε κύτταρα, για τις οποίες σήμερα απαιτούνται οι πόροι ολόκληρου ερευνητικού

ινστιτούτου. Το όνομα αυτό χρησιμοποιείται ήδη σήμερα για συγκριτικώς απλούς, μικροσκοπικώς εκτυπωμένους φορείς αντικειμένων.

Ημιαγωγός: υλικό του οποίου οι ηλεκτρικές ιδιότητες είναι δυνατό να ρυθμίζονται σκοπίμως μεταξύ των ηλεκτρικών ιδιοτήτων του μονωτή και του αγωγού. Οι ημιαγωγοί είναι από τα σπουδαιότερα συστατικά σύγχρονων βιομηχανικών προϊόντων, όπως υπολογιστές, κινητά τηλέφωνα, κ.λπ.

Ίνες βύσσου: στην καθομολογμένη καλούνται «μετάξι της θάλασσας». Υλικοτεχνικά πολύ εξελιγμένες ίνες, με τις οποίες τα μύδια προσκολλώνται στο υπόβαθρό τους. Το ένα τους άκρο είναι πολύ ελαστικό σαν καουτσούκ, ενώ το άλλο άκρο είναι άκαμπτο σαν νάυλον.

Κβαντικός υπολογιστής: αξιοποιεί τους ιδιαίτερους κανόνες της κβαντομηχανικής, για την επίλυση προβλημάτων, όπως η κωδικοποίηση πληροφοριών, η οποία είναι πρακτικά ανέφικτη με τους συμβατικούς υπολογιστές. Ο κβαντικός υπολογιστής είναι ακόμη σε θεωρητικό στάδιο.

Κυψέλη καυσίμου: συσκευή όπου υδρογόνο και οξυγόνο (κυρίως ατμοσφαιρικό οξυγόνο) αντιδρούν χωρίς καύση ενώ παράγεται με υψηλό βαθμό απόδοσης ηλεκτρική ενέργεια.

Λείζερ ελευθέρων ηλεκτρονίων: παράγει φως λείζερ από επιταχυνόμενη ακτίνα ηλεκτρονίων που κινούνται μέσα σε λυχνία κενού.

Λευκοκύτταρα: λευκά αιμοσφαίρια για την άμυνα του οργανισμού, τα οποία χωνεύουν σώματα ξένα στο αίμα, όπως ιούς και βακτήρια, αλλά και θραύσματα κυττάρων ή καρκινικά κύτταρα ή, ως λεμφοκύτταρα, παράγουν αντισώματα. Τα αντισώματα είναι πολύ εξειδικευμένα μόρια προσκόλλησης.

Λιθογραφία: εν προκειμένω, η τεχνική παραγωγής κυκλωμάτων μικροσκοπικής κλίμακας, τα οποία εγγράφονται με ακτίνες φωτός ή ηλεκτρονίων σε φωτοευαίσθητο επίστρωμα, που εν συνεχεία υφίσταται εμφάνιση και ακολούθως, κατά περίπτωση, καλύπτει ή αποκαλύπτει μέρη του υποστρώματος, για να εγχαραχθεί με οξέα ή άλλες διεργασίες.

Μάσκα: είδος διαφάνειας με τα στοιχεία ολοκληρωμένου κυκλώματος, τα οποία εν συνεχεία μεταφέρονται με φωτολιθογραφική μέθοδο σε πλακίδιο πυριτίου (wafer).

Μικκύλια: μικροσκοπικοί σφαιρικοί σχηματισμοί που χρησιμοποιούνται από τη φύση, εν προκειμένω τα μύδια, ως δοχεία μεταφοράς.

Οπτικές ίνες: ίνες από άκρως διαφανές υλικό μέσω των οποίων διαδίδεται το φως σε μεγάλες αποστάσεις· χρησιμεύουν συνήθως για τη μετάδοση δεδομένων, αλλά και για τη μεταφορά ενέργειας.

Πεδίο μικροφακών: μικροοπτικά στοιχεία που είναι σημαντικά, μεταξύ άλλων, για τη διαβίβαση πληροφοριών με φως.

Πιεζοηλεκτρικοί κρύσταλλοι: τα πιεζοηλεκτρικά στοιχεία παράγουν ηλεκτρισμό όταν υποστούν εφελκυσμό ή θλίψη· παράδειγμα είναι ο σπινθήρας ανάφλεξης των «ηλεκτρονικών» αναπτήρων. Αντιστρόφως, εάν σε πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο εφαρμοστεί ηλεκτρικό πεδίο είναι δυνατό να παραμορφωθεί απειροελάχιστα, κατά κλάσματα της διαμέτρου ατόμου.

Πρωτεΐνες: μεγαλομόρια από αμινοξέα που συνθέτουν τα ριβοσώματα· οι πρωτεΐνες στο κύτταρο χρησιμεύουν είτε ως νανοσκοπικά εργαλεία, είτε ως δομικά συστατικά για οτιδήποτε, από φακούς του ματιού μέχρι νύχια. Έχει μόλις αρχίσει η αποκωδικοποίηση του πρωτεϊνώματος, δηλαδή του συνόλου όλων των πρωτεϊνών και των αλληλεπιδράσεών τους σε ένα κύτταρο.

Ρεύμα σήραγγας: ρεύμα το οποίο καταρχήν δεν θα έπρεπε να ρέει επειδή πρέπει να διέλθει μέσω μονωτικού κενού, στον νανόκοσμο είναι όμως δυνατόν να σχηματισθεί και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το μέγεθος του μονωτικού κενού. Στο φαινόμενο αυτό βασίζεται η λειτουργία του σαρωτικού μικροσκοπίου σήραγγας.

Ριβοσώματα: νανομηχανήματα ικανά να παράγουν πληθώρα πρωτεϊνών καθοδηγούμενα από μοριακή ταϊνία με πληροφορίες γενετικού υλικού DNA.

Συστάδες ή ομάδες (clusters): μικρές συγκεντρώσεις σωματιδίων, εν προκειμένω ατόμων. Οι συστάδες αυτές έχουν συνήθως ιδιότητες διαφορετικές από στερεά σώματα ιδίου υλικού, επειδή, μεταξύ άλλων, οι συστάδες έχουν πολύ περισσότερα επιφανειακά άτομα.

Υπεριώδης ακτινοβολία: ακτινοβολία κυμάτων μικρού μήκους η οποία καθιστά δυνατή την παραγωγή λεπτότατων δομών ολοκληρωμένων κυκλωμάτων (τσιπ)

Φάση: εν προκειμένω, κατάσταση, για παράδειγμα: διατεταγμένα/τυχαία, κρυσταλλικά/άμορφα.

Φορισώματα (Forisomes): φυτικές πρωτεΐνες που έλκουν την ονομασία τους από τη λατινική λέξη για το θυρόφυλλο και αποτελούν αντικείμενο έρευνας ώστε να χρησιμοποιηθούν ενδεχομένως για τεχνητούς μύς νανοσκοπικής κλίμακας.

Φωτοσύνθεση: τα πράσινα φυτά, τα φύκη και τα κυανοβακτήρια παράγουν την ενέργεια που χρειάζονται με φωτοσύνθεση. Με τη βοήθεια του ηλιακού φωτός μετατρέπουν το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό σε σάκχαρο και οξυγόνο. Η φωτοσύνθεση λειτουργεί με εκπληκτική πρωτογενή ενεργειακή απόδοση άνω του 80%.

Πηγές φωτογραφικού υλικού

- σελ.4 πάνω: Kompetenzzentrum Nanoanalytik, Πανεπιστήμιο Αμβούργου
σελ.4 κάτω: Lambda Physik AG, Γκέτινγκεν
σελ.5 πάνω: Infineon Technologies AG, Μόναχο
σελ.5 κάτω: BergerhofStudios, Κολωνία
σελ.6 πάνω αριστερά: Chemical Heritage Foundation
σελ.6 πάνω+κάτω δεξιά, κάτω αριστερά: BergerhofStudios, Κολωνία
σελ.7 πάνω αριστερά: ΝΑΣΑ/ΕΥΔ
σελ.7 πάνω δεξιά: DESY, Αμβούργο
σελ.7 μέση αριστερά: BergerhofStudios, Κολωνία
σελ.7 κάτω δεξιά Ινστιτούτο Πειραματικής και Εφαρμοσμένης Φυσικής, Πανεπιστήμιο Κιέλου
σελ.8 πάνω αριστερά: REM-Labor, Πανεπιστήμιο Βασιλείας
σελ.8 ακολουθία εικόνων, από πάνω προς τα κάτω: BergerhofStudios, Κολωνία· αυτ.- αυτ.-REM-Labor, Πανεπιστήμιο Βασιλείας· Επιτροπή βραβείου Νόμπελ, Στοκχόλμη (επεξεργασμένη φωτο.)· DESY, Αμβούργο
σελ.9 πάνω αριστερά: Ινστιτούτο Βοτανικής, Πανεπιστήμιο Βόννης
σελ.9 πάνω δεξιά: REM-Labor, Πανεπιστήμιο Βασιλείας
σελ.9 ακολουθία εικόνων, από πάνω προς τα κάτω: BergerhofStudios, Κολωνία· αυτ.- Fraunhofer Gesellschaft· Ινστιτούτο Βοτανικής, Πανεπιστήμιο Βόννης· αυτ.- Πολυτεχνείο Βερολίνου, Ελεύθερο Πανεπιστήμιο Βερολίνου
σελ.9 Φόντο: BASF AG
σελ.10, πάνω αριστερά + δεξιά: MPI Ινστιτούτο Μεταλλογνώσιας, Στουτγάρδη
σελ.10, μέση δεξιά: ESA
σελ.10, κάτω αριστερά: MPI Ινστιτούτο Μεταλλογνώσιας, Στουτγάρδη
σελ.11, πάνω αριστερά: Ostseelabor Φλένσμπουργκ, δίπλα: BergerhofStudios, Κολωνία
σελ.11, πάνω δεξιά: Πανεπιστήμιο Φλωρεντίας, Ιταλία
σελ.11, μέση δεξιά: Ινστιτούτο Παλαιοντολογίας, Πανεπιστήμιο Βόννης
σελ.11, κάτω αριστερά: BergerhofStudios, Κολωνία
σελ.11, κάτω δεξιά: SusTech, Ντάρμστατ
σελ.12, πάνω, μέση, κάτω δεξιά: Bell Laboratories, ΗΠΑ
σελ.12 αριστερά: Έδρα Βιοχημείας, Πανεπιστήμιο Ρέγκενσμπουργκ
σελ.13, πάνω: Ινστιτούτο Νέων Υλικών, Σάαρμπρύνγκεν
σελ.13, μέση δεξιά: Degussa AG Advanced Nanomaterials
σελ.13, κάτω δεξιά: Ινστιτούτο Γεωφυσικής, Πανεπιστήμιο Μονάχου
σελ.13, κάτω: Ινστιτούτο Φυσικοχημείας, Πανεπιστήμιο Αμβούργου
σελ.14, πάνω + κάτω αριστερά: ΕΥΔ
σελ.14, κάτω δεξιά: IBM Corporation
σελ.15, πάνω + μέση αριστερά: Έδρα Φυσικής IV, Πανεπιστήμιο Augsburg
σελ.15, μέση δεξιά+μέση : Kompetenzzentrum Nanoanalytik, Πανεπιστήμιο Αμβούργου
σελ.15, γραφικό κάτω δεξιά: BergerhofStudios, Κολωνία
σελ.15, κάτω: Πανεπιστήμιο Χαβάνης, Χονολουλού
σελ.16, αριστερά: Carl Zeiss SMT AG, Oberkochen
σελ.17, πάνω δεξιά: Carl Zeiss SMT AG, Oberkochen
σελ.17, κάτω αριστερά: IHT Πολυτεχνείο Άαχεν
σελ.17, κάτω δεξιά: Schott AG, Μάνιτς
σελ.18, πάνω αριστερά: Bayer AG, Λεβερκούζεν
σελ.18, κάτω αριστερά: MPI Κβαντικής Οπτικής, Garching
σελ.19, όλες οι εικόνες : DESY, Αμβούργο
σελ.20, πάνω αριστερά: BergerhofStudios, Κολωνία
σελ.20, κάτω δεξιά: Ινστιτούτο Νέων Υλικών, Σάαρμπρύνγκεν
σελ.21, πάνω αριστερά: HILIT, Πρόγραμμα Joule III της ΕΕ
σελ.21, πάνω δεξιά: ΝΑΣΑ/ΕΥΔ
σελ.21, κάτω δεξιά: Πανεπιστήμιο Στουτγάρδη
σελ.22, όλες οι εικόνες: BergerhofStudios, Κολωνία
σελ.23, πάνω αριστερά: National Semiconductor, Feldafing
σελ.23, κάτω δεξιά: Advanced Micro Devices, Δρέσδη
σελ.24, πάνω δεξιά: Grafik: BergerhofStudios, Κολωνία
σελ.24, μέση αριστερά: Έδρα Πειραματικής Φυσικής IV, Πανεπιστήμιο Μπόχουμ
σελ.24, κάτω: Ινστιτούτο Πειραματικής και Εφαρμοσμένης Φυσικής, Πανεπιστήμιο Κιέλου
σελ.25, πάνω δεξιά: Grafik: BergerhofStudios, Κολωνία
σελ.25, κάτω: IHT Πολυτεχνείο Άαχεν
σελ.26, πάνω δεξιά: IBM Corporation
σελ.26, κάτω αριστερά: Infineon Technologies AG, Μόναχο
σελ.26, κάτω δεξιά: IBM/Infineon, MRAM Development Alliance
σελ.27, πάνω: Έδρα Πειραματικής Φυσικής I, Πανεπιστήμιο Μπόχουμ
σελ.27, μέση : Kompetenzzentrum Nanoanalytik, Πανεπιστήμιο Αμβούργου
σελ.27, δεξιά: Έδρα Νανοηλεκτρονικής, Πανεπιστήμιο Μπόχουμ
σελ.27, κάτω: IBM Speichersysteme Deutschland GmbH, Μάνιτς
σελ.28: Siemens AG, Μόναχο
σελ.29, πάνω δεξιά: Nanosolutions GmbH, Αμβούργο
σελ.29, μέση : Ινστιτούτο Νέων Υλικών, Σάαρμπρύνγκεν
σελ.30, κάτω: Siemens AG, Μόναχο
σελ.30, πάνω: DaimlerChrysler AG
σελ.30, κάτω αριστερά: Fraunhofer Allianz Optical functional surfaces
σελ.30, κάτω δεξιά: Πανεπιστήμιο Wisconsin-Madison
σελ.31, πάνω: Robert-Bosch GmbH, Στουτγάρδη
σελ.31, μέση : Audi/Volkswagen AG
σελ.31, κάτω αριστερά: αρχείο τύπου VW
σελ.31, κάτω δεξιά: Robert-Bosch GmbH, Στουτγάρδη
σελ.32, πάνω αριστερά: Bayer AG, Λεβερκούζεν
σελ.32, πάνω δεξιά: Ινστιτούτο Νέων Υλικών, Σάαρμπρύνγκεν
σελ.32, κάτω αριστερά: Keramag AG, Ratingen
σελ.33, πάνω: BASF AG, Ludwigshafen
σελ.33, μέση : MTU Friedrichshafen
σελ.33, κάτω δεξιά: Siemens AG, Μόναχο
σελ.34, πάνω αριστερά: Bayer AG, Λεβερκούζεν
σελ.34, πάνω δεξιά: Siemens AG, Μόναχο
σελ.34, κάτω: Infineon Technologies AG, Μόναχο
σελ.35, πάνω αριστερά: Siemens AG, Μόναχο
σελ.35, πάνω δεξιά: Siemens AG, Μόναχο
σελ.35 μέση : νοσοκομείο Charité, Βερολίνο / Ινστιτούτο Νέων Υλικών, Σάαρμπρύνγκεν
σελ.36, πάνω δεξιά: BergerhofStudios, Κολωνία
σελ.36, αριστερά: Infineon Technologies AG, Μόναχο
σελ.36, δεξιά: IIP Technologies, Bonn
σελ.37, πάνω αριστερά: Siemens AG, Μόναχο
σελ.37, πάνω δεξιά: Fraunhofer ISIT
σελ.37, μέση δεξιά: Πανεπιστήμιο Οξφόρδης
σελ.37, κάτω αριστερά, δεξιά: Infineon Technologies AG, Μόναχο
σελ.38, πάνω αριστερά: OSRAM Opto Semiconductors GmbH, Ρέγκενσμπουργκ
σελ.38, κάτω: Grafik: BergerhofStudios, Κολωνία
σελ.39, πάνω: Park Hotel Weggis, Ελβετία
σελ.39, κάτω: Siemens AG, Μόναχο
σελ.40, πάνω αριστερά: BergerhofStudios, Κολωνία
σελ.40, κάτω αριστερά: Bayer AG, Λεβερκούζεν
σελ.41, πάνω: AIXTRON GmbH, Άαχεν
σελ.41, δεξιά: Ινστιτούτο Fraunhofer για Ηλιακά Ενεργειακά Συστήματα, Φράμμπουργκ
σελ.42: Ινστιτούτο Αεροναυπηγικής, Πανεπιστήμιο Στουτγάρδης
σελ.43, πάνω αριστερά, δεξιά: MTU Friedrichshafen
σελ.43, μέση αριστερά: Ινστιτούτο Αεροναυπηγικής και Διαστήματος στο Πανεπιστήμιο της Στουτγάρδης
σελ.43, μέση δεξιά: Fuseproject
σελ.43, κάτω: Kopf Solar design GmbH, Αμβούργο
σελ.44, πάνω αριστερά: κολάζ: BergerhofStudios, Κολωνία
σελ.44, κάτω δεξιά: Πολυτεχνείο Άαχεν
σελ.45, πάνω αριστερά: Siemens AG, Μόναχο
σελ.45, πάνω δεξιά: Infineon Technologies AG, Μόναχο
σελ.45, κάτω: ΝΑΣΑ
σελ.46, μέση : BergerhofStudios, Κολωνία
σελ.47: IBM Corporation, Insert: Siemens AG, Μόναχο



EUROPEAN
COMMISSION

Community research

European Industrial Research

Uncovering the secrets of nanotechnology



Films available from: <http://www.cordis.lu/nanotechnology>

Contact:

Renzo Tomellini, European Commission - email: renzo.tomellini@cec.eu.int

Industrial technologies websites:

http://europa.eu.int/comm/research/industrial_technologies/index_en.html

<http://www.cordis.lu/fp6/nmp.htm>

<http://www.cordis.lu/nanotechnology>



NANOTECHNOLOGIES. KNOWLEDGE-BASED MATERIALS. NEW PRODUCTION

European Commission

EUR 21151EL — Νανοτεχνολογία – Καινοτομίες για τον αυριανό κόσμο

Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities

2007 — 56 pp. — 21.0 x 29.7 cm

ISBN 92-79-00876-5

ΠΩΛΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΔΡΟΜΕΣ

Οι επί πληρωμή εκδόσεις της Υπηρεσίας Εκδόσεων διατίθενται μέσω ενός παγκόσμιου δικτύου αντιπροσώπων πωλήσεων.

Ποια διαδικασία πρέπει να ακολουθήσετε για να αποκτήσετε κάποια έκδοση;

Αφού προμηθευτείτε τον κατάλογο των αντιπροσώπων πωλήσεων, επιλέξτε τον αντιπρόσωπο που σας ενδιαφέρει και επικοινωνήστε μαζί του για να δώσετε παραγγελία.

Πώς θα προμηθευτείτε τον κατάλογο των αντιπροσώπων πωλήσεων;

- Συμβουλευθείτε τον ιστοχώρο της Υπηρεσίας Εκδόσεων <http://publications.europa.eu/>
- Ή ζητήστε τον κατάλογο μέσω φαξ στον αριθμό (352) 2929-42758 και θα τον λάβετε σε έντυπη μορφή

ελαφρύτερα, ταχύτερα και αποδοτικότερα υλικά, κατασκευαστικά στοιχεία και συστήματα που προσφέρει η νανοτεχνολογία είναι δυνατόν να δώσουν λύσεις σε πολλά τρέχοντα προβλήματα. Η νανοτεχνολογία ανοίγει νέες δυνατότητες αγορών και είναι επίσης σε θέση να συμβάλει σημαντικά στην προστασία του περιβάλλοντος και της υγείας.

Σκοπός του παρόντος φυλλαδίου είναι να παρουσιάσει στο κοινό τι είναι η νανοτεχνολογία και να αποτελέσει κίνητρο διαλόγου. Στο παρόν φυλλάδιο περιγράφεται το επιστημονικό υπόβαθρο, οι τεχνολογικές εξελίξεις, τα πεδία εφαρμογής και οι πιθανές εξελίξεις στο μέλλον, ώστε να παρουσιαστεί η σύνθετη και πλήρης εικόνα της τεχνολογίας όπως την αντιλαμβανόμαστε σήμερα.