

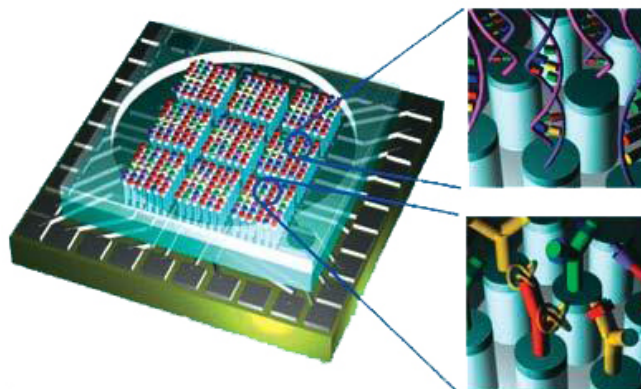
ΘΕΜΑ

Η ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

ΣΤΟΥΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ

**ΕΡΓΑΣΙΑ ΥΠΟΒΛΗΘΗΣΑ ΣΤΟ ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΣΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΤΗΣ
ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

ΥΠΟ ΤΟΝ



ΡΙΖΟ ΙΩΑΝΝΗ

A.M 7550

Επιβλέπων καθηγητής

Νικόλαος Τσατσάνη

Άρτα 25 Φεβρουαρίου 2010

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο : ΜΙΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

1.1 Ο ορισμός & η αρχή της Νανοτεχνολογίας.....	4
1.1.1 Η Νανοτεχνολογία ως βάση του μέλλοντος.....	5
1.2 Τομείς εφαρμογής & Αναμενόμενα ωφέλη.....	6
1.2.1 Ενίσχυση της κοινωνίας των πληροφοριών.....	7
1.2.2 Υπολογίζοντας με τη βοήθεια μορίων.....	7
1.2.3 Το σχέδιο Bioand.....	7
1.3 Ανάπτυξη έξυπνων υλικών.....	8
1.4 Εμφάνιση της Νανοηλεκτρονικής & ο νόμος του Μουρ.....	9
1.5 Επιδράσεις σε υγεία, οικονομία & κοινωνική ζωή.....	11

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο : ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

2.1 Νανόκοσμος.....	14
2.2 Τι θα σημάνει η Νανοηλεκτρονική για την εξέλιξη των υπολογιστών και της πληροφορικής;.....	14
2.3 Νανοϋλικά.....	16
2.4 Φουλερένια.....	16
2.4.1 Η ανακάλυψη των φουλερενίων και η δομή τους.....	16
2.4.2 Κατασκευή φουλερενίου.....	18
2.4.3 Εφαρμογές φουλερενίων.....	18
2.4.4 Είναι τα νανοϋλικά τοξικά; Το πείραμα του Rice.....	19

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο :ΝΑΝΟΣΩΛΗΝΕΣ ΑΠΟ ΑΝΘΡΑΚΑ

3.1 Ορισμός νανოსωλήνων άνθρακα και ιδιότητες τους.....	22
3.2 Τύποι νανοςωλήνων άνθρακα.....	23
3.3 Τεχνικές σύνθεσης νανοςωλήνων άνθρακα.....	24
3.4 Νανοςωλήνες στα τρανζίστορ.....	25
3.5 Spintronics.....	28

3.5.1 Ορισμός και ιστορία.....	28
3.5.2 Εφαρμογές.....	29

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο : ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ

4.1 Εισαγωγή στην νανοτεχνολογία στους υπολογιστές.....	31
4.2 Εξελίξεις στην πληροφορική λόγω νανοτεχνολογίας.....	32
4.3 Μνήμη υπολογιστών.....	33
4.3.1 NRAM η πρώτη μνήμη που χρησιμοποίησε νανοτεχνολογία....	34
4.3.2 Magnetoresistive Random Access Memory.....	37
4.4 Οθόνες με τεχνολογία Field emission display (FED).....	42
4.5 Οπτικά μέσα.....	44
4.6 Επεξεργαστές.....	45
4.7 Ψηκτρα για υπολογιστή.....	47
4.8 Nanowire-νανοκαλώδιο.....	48
4.9 Νευρωνικός υπολογιστής. Το μέλλον των computers?.....	51
4.9.1 Ασαφή νευρωνικά δίκτυα.....	52
4.9.2 Ανατροφοδοτούμενα ασαφή νευρωνικά δίκτυα.....	53

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο:ΚΒΑΝΤΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ

5.1 Η αναζήτηση του κβαντικού υπολογιστή.....	54
5.2 Εισαγωγή στον κβαντικό υπολογιστή.....	57
5.3 Δυνατότητες των κβαντικών υπολογιστών.....	59
5.4 Η διαδικασία decoherence στα κβαντικά συστήματα.....	61

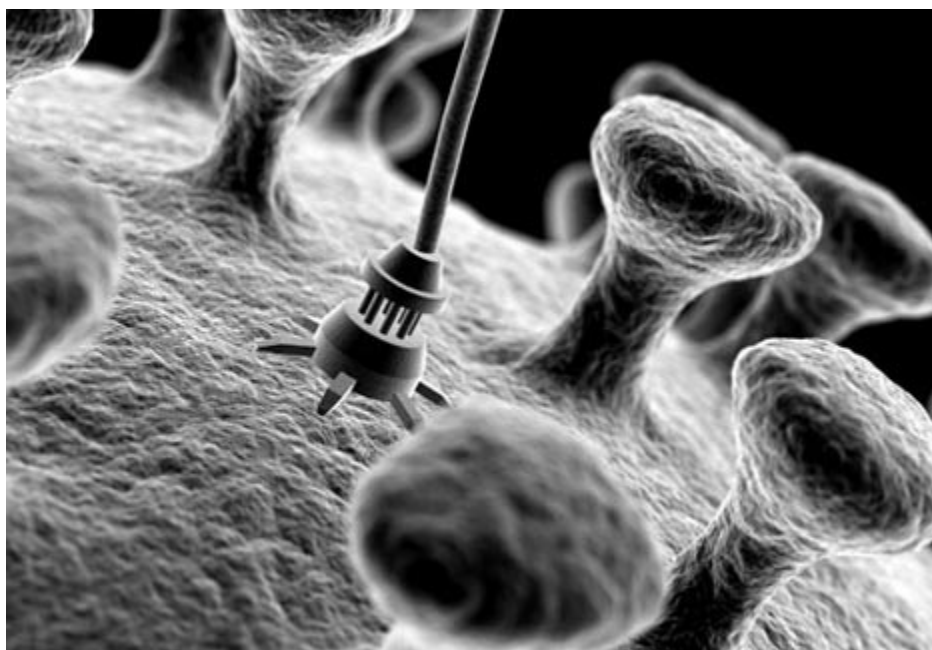
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο: ΕΠΙΛΟΓΟΣ

6.1 Η δύναμη της νανοτεχνολογίας.....	63
6.2 Η υπόσχεση της νανοτεχνολογίας.....	68
6.3 Κίνδυνοι της νανοτεχνολογίας.....	70
Βιβλιογραφία.....	73

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο: ΜΙΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

1.1 Ο ορισμός & η αρχή της Νανοτεχνολογίας

Νανοτεχνολογία νοείται η δυνατότητα ελέγχου ή χειρισμού υλικών σε ατομική κλίμακα με στόχο την παραγωγή δομών με πρωτότυπες ιδιότητες και λειτουργίες που οφείλονται στο μέγεθός τους, στο σχήμα τους ή στη σύνθεσή τους. Η αρχή της νανοτεχνολογίας είναι απλή: αντί να σμικρύνεται η ύλη μέχρις ότου επιτευχθεί η μικρότερη μονάδα, η τελευταία αυτή αποσπάται από την ύλη. Οι δομές αυτές είναι σε μέγεθος μικρότερες από 100 nm . Ένα νανομέτρο (nm) είναι ένα δισεκατομμυριοστό του μέτρου, που περίπου αναλογεί σε 100,000 φορές μικρότερο από το πλάτος μιας ανθρώπινης τρίχας. Το πρόθεμα “νανο” προέρχεται από την ελληνική γλώσσα και σημαίνει “νάνος”.



Στην ατομική κλίμακα χρησιμοποιείται για πάρα πολύ λεπτή επίστρωση, το Quantum-αποτέλεσμα (το Quantum αντιστοιχεί στην μικρότερη

τιμή μίας φυσικής ποσότητας) ή η Quanto-μηχανική (μηχανική που βασίζεται στην θεωρία του Quantum) που είναι υψηλής σπουδαιότητας.

Όταν τα μόρια, τα οποία είναι χωρίς καμία δομή σε ένα υλικό, είναι δομημένα με ένα τρόπο που κάθε άτομο παραμένει σε ορισμένη θέση, τότε το αδύνατο γίνεται δυνατό. Τα υλικά αποκτούν καινούργιες δυνάμεις όταν τα άτομα τους είναι ελεγχόμενα και συντεταγμένα. Οι διαδικασίες παραγωγής γίνονται ευκολότερες, φθηνότερες και πιο φιλικές προς το περιβάλλον.

Η νανοτεχνολογία χειρίζεται τα μόρια διαμέσου του ρεύματος, του μαγνητισμού ή της χημείας, ώστε να οργανώνονται αυτόνομα. Η φύση λειτουργεί σαν πρότυπο: η κυψέλη και οι λειτουργίες της. Η νανοτεχνολογία βοηθάει τα μόρια να οργανώνονται αυτόνομα χωρίς την βοήθεια του ανθρώπου. Είναι δυνατόν τα μόρια αυτά να αναπαράγονται από μόνα τους, κάτι που σχεδόν ήδη έχουν πετύχει οι Ιάπωνες επιστήμονες.

1.1.1 Η Νανοτεχνολογία ως βάση του μέλλοντος

Η νανοτεχνολογία θα είναι η βάση του μέλλοντος για τους επόμενους αιώνες και ανοίγει νέες αγορές. Σε επιστημονικούς κύκλους και μέσα ενημέρωσης χαρακτηρίζεται σαν το κλειδί της τεχνολογίας του 21ου αιώνα. Σε ολόκληρη την Γερμανία προωθείται η έρευνα σε αυτόν τον τομέα με σχέδια δημόσιων ερευνητικών κέντρων και οικονομικών επιχειρήσεων. Υπάρχουν αρμόδια κέντρα, τα οποία διακρίνονται βάση της ειδικότητάς τους. Αυτά τα κέντρα είναι δικτυωμένα με μεγάλες επιχειρήσεις, ανώτερες σχολές και πανεπιστήμια και ερευνητικά ινστιτούτα. Κεφαλαιούχοι καθώς και η κυβέρνηση χρηματοδοτούν τις έρευνες και τα έργα αυτά.

Δημιουργούνται νέα νοήμονα υλικά διαφορετικού μεγέθους και σχήματος σε νανοκλίμακα, τα οποία χαρακτηρίζονται από εξαιρετικές ιδιότητες όπως ηλεκτρικές, οπτικές, φυσικές, χημικές, κ.ά.

Κατά παρόμοιο τρόπο ορίζεται και ο όρος νανοεπιστήμη αναφερόμενος σε επιστήμες οι οποίες μελετούν φαινόμενα στην κλίμακα αυτή. Αν και το πεδίο της νανοτεχνολογίας μόλις πρόσφατα άρχισε να αναπτύσσεται ουσιαστικά, οι δυνατότητες της είχαν αρχίσει να γίνονται εμφανείς ήδη από την εποχή που ο

φυσικός Richard Feynman έδωσε το λόγο με τίτλο "There's Plenty of Room at the Bottom" μιλώντας για τα μεγάλα περιθώρια που αφήνουν οι νόμοι της φύσης για τον έλεγχο της ύλης σε ατομικό επίπεδο. Στη μέχρι τώρα ανάπτυξη της σημαντικό ρόλο έπαιξαν η σημαντική βελτίωση του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου ενώ σταθμοί μπορούν να θεωρηθούν οι ανακαλύψεις δομών άνθρακα σε μορφή σφαίρας γνωστές ως φουλερένια καθώς και σε μορφή σωλήνα γνωστές ως νανοσωλήνες άνθρακα με ιδιαίτερες ιδιότητες το καθένα. Ο όρος νανοτεχνολογία χαρακτηρίζεται από μεγάλη ευρύτητα όντας πολύ γενικός για να περιγράψει οτιδήποτε συμβαίνει στις διαστάσεις του νανομέτρου.

Κατά συνέπεια, μπορεί να χωρισθεί σε πιο ειδικά θέματα όπως αυτό της νανοηλεκτρονικής, των νανοϋλικών καθώς και άλλων. Οι εφαρμογές της είναι αναρίθμητες ενώ οι επιπτώσεις γίνονται αντιληπτές σε πολλαπλά επίπεδα κατά κύριο λόγο στον οικονομικό τομέα επηρεάζοντας παγκόσμιες βιομηχανίες και οικονομίες, αλλά και στο κοινωνικό βελτιώνοντας το επίπεδο ζωής μας. Δε θα πρέπει ωστόσο να φανταστεί κάποιος πως η νανοτεχνολογία πρόκειται για επιστημονική επανάσταση. Τα περισσότερα θέματα όπου αυτή περικλείει προκύπτουν σαν λογική συνέπεια της εξέλιξης της ικανότητας της επιστήμης και της τεχνολογίας να ερευνά και να εργάζεται σε όλο και μικρότερη κλίμακα. Εξάλλου, η κατάλυση, ένα φαινόμενο που ανέκαθεν χαρακτηριζόταν από νανομετρικές διαστάσεις αποτελεί επιστημονικό κλάδο ο οποίος αναπτύσσεται πολλές δεκαετίες.

Επιπλέον, ολόκληρα επιστημονικά πεδία όπως η χημεία ή η βιολογία ανέκαθεν δούλευαν σε τέτοιες διαστάσεις παρόλο που ο όρος νανοεπιστήμη εισήχθη μόλις πρόσφατα.[7]

1.2 Τομείς εφαρμογής & Αναμενόμενα ωφέλη

Η νανοτεχνολογία έχει ήδη αντίκτυπο σε διάφορα προϊόντα όπως νέα τρόφιμα, ιατρικές συσκευές, χημικές επιστρώσεις, ατομικά κιτ εξέτασης της υγείας, αισθητήρες για συστήματα ασφάλειας, μονάδες καθαρισμού ύδατος για επανδρωμένα διαστημόπλοια, οθόνες για παιχνίδια-υπολογιστές χειρός και κινηματογραφικές οθόνες υψηλής ευκρίνειας.

1.2.1 Ενίσχυση της κοινωνίας των πληροφοριών

Η παγκόσμια αγορά προϊόντων νανοηλεκτρονικής εκτιμάται σε εκατοντάδες δισεκατομμύρια ευρώ και αποτελεί την κινητήρια δύναμη για την πρόσφατη ανάπτυξη της νανοτεχνολογίας. Η νανοηλεκτρονική θα δημιουργήσει πολύ ισχυρότερους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και τρανζίστορ για τηλέφωνα, αυτοκίνητα, οικιακές συσκευές και πλήθος των άλλων καταναλωτικών και βιομηχανικών εφαρμογών που ελέγχονται επί του παρόντος από μικροεπεξεργαστές. [1]

1.2.2 Υπολογίζοντας με τη βοήθεια μορίων

Οι μελλοντικές συσκευές επεξεργασίας πληροφοριών ενδέχεται να χρειάζονται μία μετατόπιση παραδείγματος κατά τη διαδικασία υπολογισμού. Με το απόφθεγμα "η χρήση των ενδογενών ιδιοτήτων των μορίων για υπολογισμούς", το οποίο έρχεται σε αντίθεση με την τωρινή άποψη της "μίμησης των τρανζίστορ με μόρια", το σχέδιο BUN συνθέτει και μελετά μοντέλα μορίων τα οποία πρόκειται να χρησιμοποιηθούν ως μελλοντικοί μονομοριακοί μηχανισμοί. Βελτίωση της ανθρώπινης υγείας Αυτοί οι συνδυασμοί θα παράγουν βιοαισθητήρες, βιοϋλικά και νέες γενιές βιοτσίπς για τη θεραπεία ασθενειών που απειλούν τη ζωή όπως ο καρκίνος και οι καρδιοπάθειες. Οι εν λόγω εμβιομηχανικές συσκευές με τη μορφή εμφυτευμάτων θα παρέχουν έξυπνα φάρμακα ή θα μεταφέρουν νέα κύτταρα για την επιδιόρθωση προσβεβλημένων ιστών.

1.2.3 Το σχέδιο Bioand

Οι νανοηλεκτρονικοί μηχανισμοί για μικροσίπ ηλεκτρονικών υπολογιστών πρέπει να μπορούν να κατασκευάζονται με αξιόπιστο και οικονομικά αποδοτικό τρόπο.

Το σχέδιο BIOAND πρόκειται να παρέχει καλύτερη κατανόηση της σχετικής τεχνολογίας και αναμένεται να αναπτύξει τα αναγκαία εργαλεία για την κατασκευή μοριακών ηλεκτρονικών συστατικών με αυτοσυναρμολόγηση, μία μέθοδος που χρησιμοποιείται συχνά στη φύση αλλά πολύ σπάνια σε μηχανολογικές διαδικασίες.[2]

1.3 Ανάπτυξη Έξυπνων Υλικών

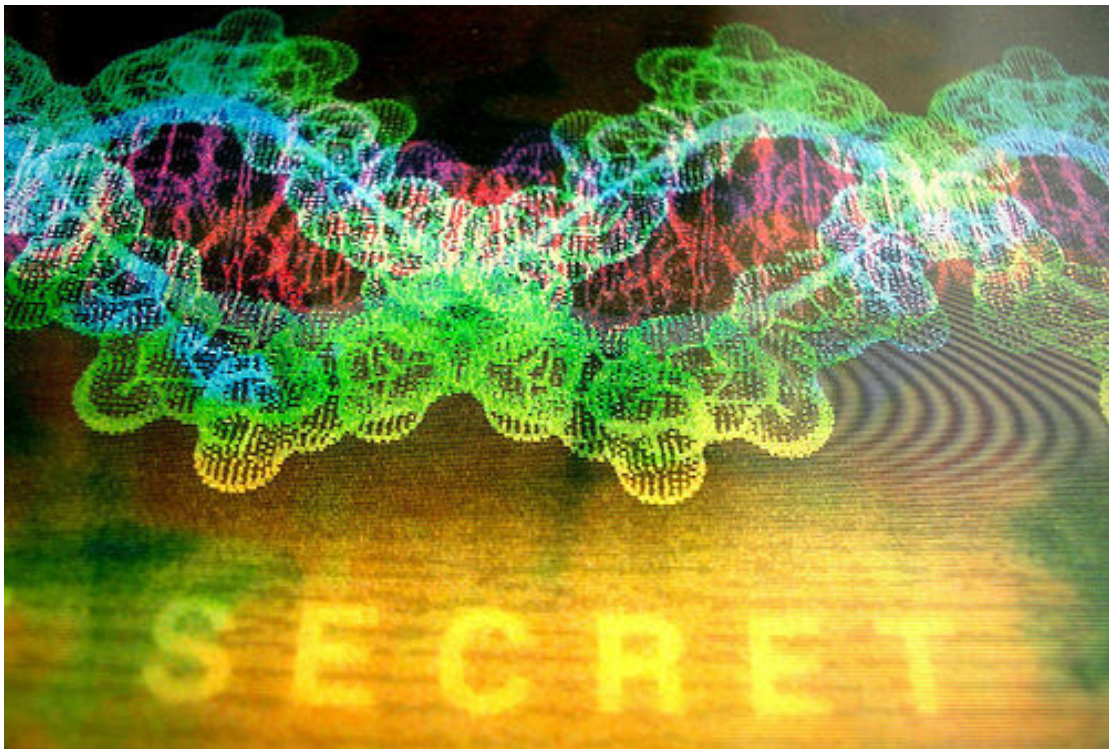
Η κατασκευή νανοδομών θα παράγει υλικά με νέες και βελτιωμένες ιδιότητες για χρήση σε ηλιακούς επίπεδους συλλέκτες, αντιδιαβρωτικές επιστρώσεις, σκληρότερα και ανθεκτικότερα εργαλεία κοπής, φωτοκαταλυτικούς καθαριστές αέρα, ανθεκτικότερες ιατρικές συσκευές, χημικούς καταλύτες, καθώς και στη βιομηχανία μεταφορών. Επιπλέον, θα δημιουργηθούν νέα υλικά για οπτικές, ηλεκτρονικές και ενεργειακές εφαρμογές αποθήκευσης και προϊόντα.

Στο επίπεδο της νανοκλίμακας οι ιδιότητες αυτές των υλικών μπορεί να είναι εντελώς διαφορετικές από τις ιδιότητες των ίδιων υλικών σε συμβατική κλίμακα. Τα νέα αυτά πολυλειτουργικά υλικά οφείλουν τις μοναδικές τους λειτουργικές δυνατότητες στις νανοδομές από τις οποίες προήλθαν.

Επί του παρόντος βρίσκεται σε αρχικό στάδιο και θυμίζει περισσότερο σενάριο επιστημονικής φαντασίας παρά κάτι υλοποιήσιμο. Ωστόσο, το πιθανότερο είναι ότι τα επόμενα χρόνια η ανάπτυξη της νανοτεχνολογίας θα πάρει τη μορφή έκρηξης και θα αποτελέσει απτή πραγματικότητα. Η εκτίμηση αυτή βασίζεται σε 4 ειδικούς παράγοντες:

- Πρώτον, τα φυσικά όρια των υλικών και των τεχνολογιών που εφαρμόζονται στον "ψηφιακό κόσμο" έχουν αρχίσει να γίνονται εμφανή και να υπαγορεύουν την ανάγκη εξεύρεσης νέων τεχνολογιών (π.χ. στην πληροφορική). Διαφορετικά, θα κυριαρχήσει η στασιμότητα, κάτι που ασφαλώς είναι απευκταίο.
- Δεύτερον, η νανοτεχνολογία υπόσχεται την επίλυση προβλημάτων που σήμερα φαντάζουν αξεπέραστα (π.χ. στην ιατρική). Αυτό έχει ενεργοποιήσει τον επιστημονικό κόσμο που εργάζεται εντατικά προς αυτή την κατεύθυνση.

- Τρίτον, η ανάπτυξη της νανοτεχνολογίας είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη της παγκόσμιας οικονομίας. Εκτιμάται ότι η νανοτεχνολογία θα δημιουργήσει τεράστιες οικονομικές ευκαιρίες στις χώρες και τις εταιρίες που θα την προμηθεύουν.
- Τέταρτον, όλες οι ανεπτυγμένες χώρες χρηματοδοτούν αδρά την ανάπτυξή της και τη θέτουν ως στρατηγική προτεραιότητα (όπως οι ΗΠΑ, Ιαπωνία και ΕΕ). Ενδεικτικό της κατάστασης είναι ότι, μέχρι στιγμής, Ηνωμένες Πολιτείες, Ιαπωνία και Ευρωπαϊκή Ένωση έχουν επενδύσει συνολικά δεκάδες δισεκατομμύρια δολάρια.[14]



1.4 Εμφάνιση της Νανοηλεκτρονικής & ο Νόμος του Μουρ

Το 1965 ο Γκόρντον Μουρ, συνιδρυτής της Intel, διατύπωσε δύο προβλέψεις για την εξέλιξη της επεξεργαστικής ισχύος των υπολογιστών. Η πρώτη πρόβλεψη, που έμεινε στην ιστορία ως "Νόμος του Μουρ", εκτιμούσε ότι ο αριθμός των τρανζίστορ που θα περιέχονται σ' έναν επεξεργαστή θα διπλασιάζεται κάθε 12 μήνες. Όπως αποδείχθηκε, η πρόβλεψη αυτή δεν ήταν

σωστή. Ο ίδιος ο Μουρ αναγκάστηκε να αναθεωρήσει αρκετές φορές το χρονικό διάστημα διπλασιασμού, με τελευταία αυτή στις αρχές της δεκαετίας του '90, όπου και κατέληξε ότι αριθμός των τρανζίστορ που θα μπορούν να ενσωματωθούν σ' ένα κύκλωμα (chip) -και όχι σ' έναν επεξεργαστή, αυτή τη φορά- θα διπλασιάζεται κάθε 18 μήνες.

Ο Νόμος του Μουρ, αν και θα μπορούσε κανείς να του προσάψει αστοχίες, είναι σημαντικός γιατί απέδωσε και αποδίδει τη γενικότερη τάση που επικρατεί εδώ και πολλές δεκαετίες στο χώρο των υπολογιστών. Έτσι, ο πρώτος επεξεργαστής της Intel (1971) είχε μόλις 2.250 τρανζίστορ, ένας σύγχρονος υπολογιστής (2005) διαθέτει μερικές δεκάδες εκατομμύρια, ενώ εκείνοι που θα κυκλοφορήσουν σε λίγα χρόνια αναμένεται να περιέχουν περίπου ένα δισεκατομμύριο τρανζίστορ.

Ο Νόμος του Μουρ γενικευμένος, υπό την έννοια και τη μορφή αυξητικής τάσης, δεν περιορίστηκε στα τρανζίστορ και τους επεξεργαστές, αλλά επεκτάθηκε στη μνήμη RAM, στους σκληρούς δίσκους κ.α., όπου πράγματι οι δυνατότητες αυξάνονται διαρκώς.

Ο δεύτερος νόμος έκανε λόγο για συρρίκνωση (σμίκρυνση) των κυκλωμάτων και προέβλεπε ότι αυτά, με την πάροδο του χρόνου, θα μικραίνουν όλο και περισσότερο, στο μέγεθος. Η πρόβλεψη αυτή επιβεβαιώθηκε από τις εξελίξεις σε μεγαλύτερο βαθμό από την πρώτη. Το μέγεθος τόσο των κυκλωμάτων όσο και των τρανζίστορ υποτετραπλασιάζεται κάθε 3 περίπου χρόνια. Αν ο ρυθμός αυτός συνεχιστεί, που είναι και το πιθανότερο, σε μερικά χρόνια (10 - 20) τα κυκλώματα θα έχουν το πάχος ελάχιστων χιλιοστών. Όμως η συρρίκνωση αυτή, όπως επίσης και αύξηση των τρανζίστορ, δεν μπορούν να συνεχιστούν έπ' άπειρον, για μια σειρά από λόγους: φυσικής, λειτουργικότητας, παραγωγικότητας, οικονομικούς και άλλους, που θέτουν το όριο πέραν του οποίου η εξέλιξη στο πλαίσιο της "νομολογίας" Μουρ δεν μπορεί να συνεχιστεί.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα το πυρίτιο, το φυσικό υλικό από το οποίο κατασκευάζονται τα τρανζίστορ. Έχει φυσικά όρια (αντοχής, συρρίκνωσης, καλής λειτουργίας κ.λπ.) τα οποία, είναι πολύ δύσκολο να ξεπεραστούν. Στην

ίδια κατάσταση βρίσκονται και οι λοιπές ηλεκτρονικές τεχνολογίες που χρησιμοποιούν οι υπολογιστές.

Όλα συντείνουν στο ότι η ηλεκτρονική τεχνολογία έχει ημερομηνία λήξεως, με την έννοια ότι από ένα σημείο και πέρα οι εξελίξεις στον τομέα της ηλεκτρονικής θα είναι ανύπαρκτες, αν δεν βρεθεί "κάτι άλλο". Στο σημείο αυτό η νανοτεχνολογία προβάλλει ως μία πολύ πιθανή λύση για να ξεπεραστούν τα προβλήματα, και οι εκτιμήσεις του Μουρ να συνεχίζουν να υφίστανται, με τη μορφή της αέναης εξέλιξης.

Από τις μέχρι σήμερα επιστημονικές αναφορές και τα εργαστηριακά επιτεύγματα που έχουν προκύψει, οι σημαντικότερες αλλαγές που θα επιφέρει η νανοτεχνολογία στην πληροφορική είναι οι ακόλουθες:

- Το πυρίτιο στα τρανζίστορς θα αντικατασταθεί από νανοσωλήνες άνθρακα, ενώ κάθε τρανζίστορ θα περιέχει ένα και μόνο ένα ηλεκτρόνιο.
- Η μαγνητική μνήμη MRAM (Magnetic Random Access Memory) θα κάνει την εμφάνισή της και θα μπορεί να αποθηκεύει και να διατηρεί μαγνητικά τα δεδομένα.
- Μία νέα τεχνολογία, τα spintronics (σπειροειδής - στροφωνική ηλεκτρονική), θα αναδυθεί και θα αντικαταστήσει την ηλεκτρονική.
- Θα αναπτυχθούν κβαντικοί και μοριακοί υπολογιστές που θα επεξεργάζονται δεδομένα στο επίπεδο των κβάντων και των μορίων, αντίστοιχα.[9]

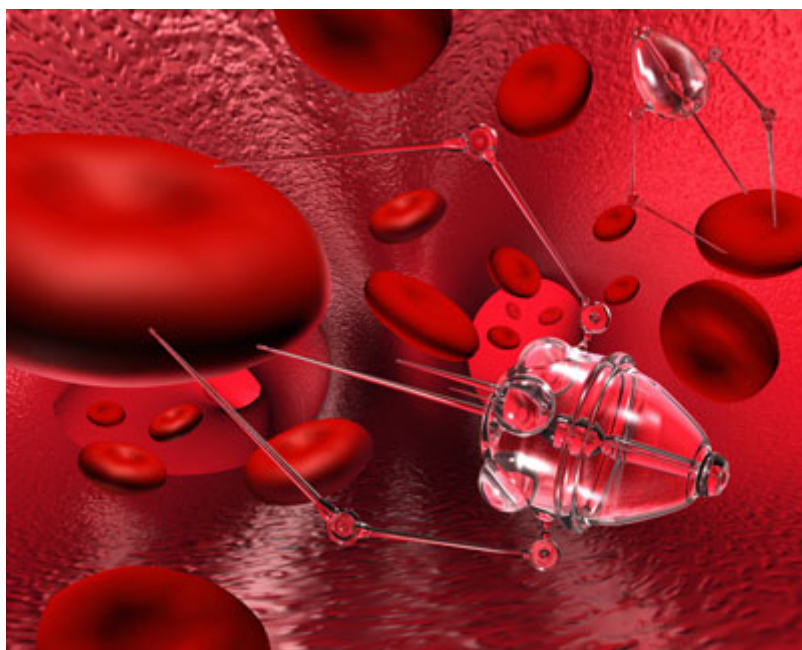
1.5 Επιδράσεις σε υγεία, οικονομία και καθημερινή ζωή

Οι επιδράσεις της νανοτεχνολογίας δεν θα περιοριστούν στον τομέα της μικροηλεκτρονικής, αλλά θα επεκταθούν σε πολλές πτυχές της ανθρώπινης

ζωής. Στον τομέα της υγείας, η νανοτεχνολογία υπόσχεται να θεραπεύσει τις ανίατες ασθένειες και να κάνει το ιατρικό έργο ευκολότερο. Αόρατα στο ανθρώπινο μάτι νανορομπότ θα εισέρχονται στον ανθρώπινο οργανισμό (μέσω ενός χαπιού λ.χ.) και θα δίνουν αναλυτική διάγνωση για την κατάσταση του οργανισμού. Κατόπιν, άλλα νανορομπότ θα αναλαμβάνουν τη θεραπεία. Μία λεπτή ανάλυση στο ακροδάχτυλο θα αρκεί για να έχουμε αναλύσεις αίματος για πάντα (από το ίδιο άτομο).

Η θεραπεία θα είναι στοχευμένη στα ασθενή κύτταρα και δεν θα προκαλεί παρενέργειες. Ασθένειες όπως η τύφλωση θα μπορούν να θεραπευθούν, και ο κατάλογος δεν τελειώνει εδώ

Στον τομέα της οικονομίας, η νανοτεχνολογία θα παράσχει τα μέσα για τη δημιουργία υλικών με τη χρήση ελάχιστων πόρων και την προοδευτική αντικατάσταση των συμβατικών τεχνολογιών, με καινούργιες, που θα εξοικονομούν πόρους. Για παράδειγμα, μία τηλεόραση καθοδικού σωλήνα καταναλώνει πολύ περισσότερη ενέργεια από μία τηλεόραση υγρών κρυστάλλων ή plasma. Κάτι αντίστοιχο θα συμβεί και με τις συσκευές που θα ενσωματώνουν τη νανοτεχνολογία, καθώς θα μπορούν να λειτουργήσουν με ελάχιστους ενεργειακούς πόρους. Στο ίδιο πλαίσιο, η ηλιακή ενέργεια από περιθωριακή/πειραματική μορφή ενέργειας που είναι σήμερα, θα γίνει και βιώσιμη και επικερδής και θα χρησιμοποιείται ακόμα και για την κίνηση



αεροσκαφών και πλοίων.

Στον τομέα της ανάπτυξης και της ανακάλυψης νέων τεχνικών, οι νανοσωλήνες του άνθρακα αποτελούν ένα πρώτης τάξεως υλικό για τη δημιουργία συμπαγών κατασκευών. Προοδευτικά, η πλειονότητα των δομικών υλικών θα βασίζεται στους νανοσωλήνες του άνθρακα και αυτό θα δώσει την ευκαιρία για τη δημιουργία πανύψηλων κτιρίων, γεφυρών κ.λπ. Την περίοδο αυτή, η NASA μελετά τον τρόπο για να ανεβάσει στο διάστημα δορυφόρους και πυραύλους, μέσω ειδικών σκοινιών που θα συγκροτούν ένα είδος ανελκυστήρα.

Στον τομέα της αυτοκίνησης, μολονότι η σχεδίαση των οχημάτων θα διατηρήσει τις σημερινές της γραμμές, εντούτοις πολλά θα αλλάξουν. Τα αυτοκίνητα θα γίνουν πιο λεπτά, πιο φιλικά προς το περιβάλλον, πιο "έξυπνα" και, κατά συνέπεια, ασφαλέστερα. Χάρη στη νανοτεχνολογία, νέα καύσιμα θα αντικαταστήσουν το πετρέλαιο και τη βενζίνη, και τα αυτοκίνητα θα μπορούν να αποφεύγουν τους κινδύνους, χωρίς την παρέμβαση του οδηγού.

Στον τομέα της ένδυσης, τα καθημερινά ρούχα θα είναι κατασκευασμένα έτσι ώστε ούτε να τσαλακώνονται ούτε να ξεθωριάζουν. Πέραν αυτών, ρούχα που προορίζονται για ειδικές χρήσεις (λ.χ. στολές) θα είναι -κατά μία έννοια- άφθαρτα και δεν θα σχίζονται ούτε θα καταστρέφονται.

Στον τομέα της καθημερινής υγιεινής, απλά σπρέι θα διαποτίζουν το χώρο με καθαρό οξυγόνο ή με άρωμα λουλουδιών, εξαφανίζοντας ταυτόχρονα τα βακτήρια. Αυτό θα γίνεται αυτόματα, μέσω των συστημάτων κλιματισμού, για έναν κόσμο χωρίς δυσάρεστες μυρωδιές. Με παρόμοιο τρόπο θα λειτουργούν και οι τουαλέτες, που θα πάψουν να ταυίζονται με εστίες μόλυνσης και ακαθαρσίας. Η οδοντόκρεμα θα περιέχει νανοσωματίδια που θα φροντίζουν την υγιεινή των δοντιών. Η κρέμα νυκτός, αντίστοιχα, θα επαναφέρει τα κύτταρα στην αρχική τους κατάσταση.[2]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

2.1 Νανοκόσμος

Ο νανοκόσμος διακρίνεται σε τρεις κύριους τομείς:

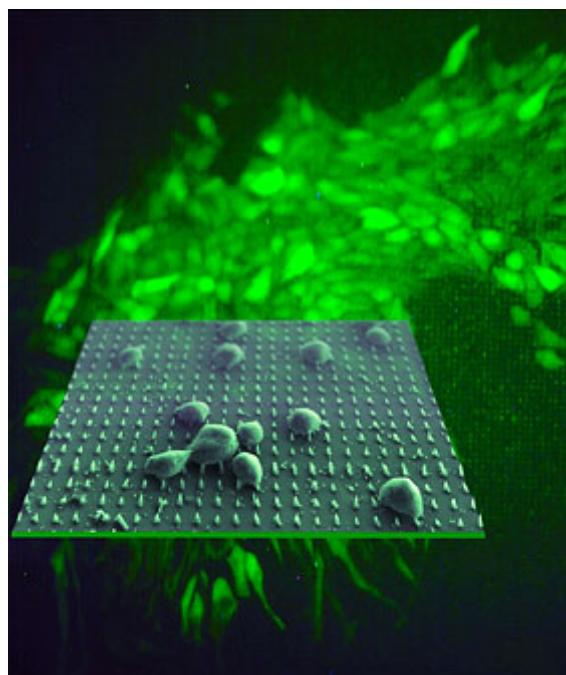
Νανοηλεκτρονική: Συνέχεια της ανάπτυξης της μικροηλεκτρονικής, ειδικά για ηλεκτρονικούς υπολογιστές, αλλά σε σημαντικότερα μικρή κλίμακα μεγέθους.

Νανοβιοτεχνολογία: Συνδυασμός μηχανικής σε νανοκλίμακα με βιολογία για το χειρισμό είτε έμβιων συστημάτων είτε την κατασκευή υλικών βιολογικής έμπνευσης σε μοριακό επίπεδο.[4]

Νανοϋλικά: Ο ακριβής έλεγχος της μορφολογίας ουσιών ή σωματιδίων σε διαστάσεις νανοκλίμακας, για την παραγωγή νανοδομημένων υλικών. Όλοι αυτοί οι αλληλοεπικαλυπτόμενοι τομείς περιστοιχίζονται από τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση και το χειρισμό πάρα πολύ μικρών δομών, τα μικροσκόπια με ευκρίνεια νανοκλίμακας.[4]

2.2 Τι θα σημάνει η Νανοηλεκτρονική για την εξέλιξη των υπολογιστών και της πληροφορικής;

Κατ' αρχάς, θα δημιουργήσει ασύγκριτα μικρότερους υπολογιστές,



ταχύτατους, με τεράστιες αποθηκευτικές δυνατότητες και με ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας. Επιπλέον, ο τρόπος αποθήκευσης και μεταφοράς δεδομένων θα αλλάξει ριζικά. Η μνήμη θα αποκτήσει μεγαλύτερη πυκνότητα, τα αποθηκευτικά μέσα θα διαθέτουν αποθηκευτικές δυνατότητες που θα μετριούνται σε Terabytes, η ταχύτητα πρόσβασης σε αυτά θα είναι ασύλληπτη, ενώ η διατήρηση δεδομένων δεν θα εξαρτάται αναγκαστικά από το ηλεκτρικό ρεύμα.

Παράλληλα, η μείωση του όγκου των συσκευών θα είναι κατακόρυφη. Οι οθόνες θα γίνουν τόσο λεπτές, που θα μετριούνται σε χιλιοστά, ενώ ταυτόχρονα θα μπορούν να είναι και διάφανες. Οι υπολογιστές θα ξεκινούν αμέσως, χωρίς να χρειάζεται να περάσουν από τη διαδικασία της εκκίνησης του λειτουργικού συστήματος (boot), θα εκκινούν δηλαδή όπως εκκινούν και οι τηλεοπτικές συσκευές. Το πληκτρολόγιο, με τη σημερινή μορφή, θα αντικατασταθεί από ένα εικονικό πληκτρολόγιο που θα εμφανίζεται στην επιφάνεια του γραφείου ή κάποιας άλλης επιφάνειας και θα εξαφανίζεται όταν θα κλείνει ο υπολογιστής.

Παρόμοια επιτεύγματα θα καταγραφούν και στους συναφείς με την πληροφορική κλάδους: τις τηλεπικοινωνίες και την τηλεματική. Τα κινητά τηλέφωνα θα μικρύνουν περισσότερο και θα φθάσουν το μέγεθος ενός κουμπιού, που θα μπορεί κάλλιστα να φορεθεί στο αυτί. Οι υπολογιστές παλάμης θα αποτελούν ιδιαίτερα κομψά δημιουργήματα και το μέγεθός τους δεν θα είναι μεγαλύτερο από μία πιστωτική κάρτα. Θα ενσωματώνουν δε σχεδόν τα πάντα. Θα είναι τηλέφωνο, υπολογιστής, τηλεόραση, φωτογραφική μηχανή, βιντεοκάμερα, σύστημα πλοήγησης, συσκευή εγγραφής και αναπαραγωγής ήχου κ.ά..

Ασφαλώς, οι συσκευές θα μπορούν να μικρύνουν ακόμη περισσότερο, κάτι τέτοιο όμως θα αποτελούσε πρόβλημα για τους χρήστες, που θα δυσκολεύονταν να τις χειριστούν, λόγω "αντικειμενικών" δυνατοτήτων.[5]

2.3 Νανοϋλικά

Εστίαση στην παραγωγή: Το σχέδιο Nanofib αναπτύσσει μία τεχνική εστιασμένης ακτίνας ιόντων. Η διάμετρος της ακτίνας είναι μόνο λίγα νανόμετρα, ίση με λίγες δεκάδες ατομικές διαμέτρους. Πρόκειται για μία από αρκετές νέες τεχνολογίες που στοχεύουν στη δημιουργία αποτυπωμάτων σε υλικά σε εξαιρετικά μικρή κλίμακα - ο νανοχειρισμός. Οι τεχνολογίες αυτές υποστηρίζουν έντονα την έρευνα στον τομέα της νανοτεχνολογίας και αποτελούν βασικό στοιχείο για τις μελλοντικές νανοκατασκευές.

Το γέμισμα της οπής: Το Nanoptt, ένα έντονα πολυτομεακό σχέδιο, αναπτύσσει μία τεχνολογία για τη δημιουργία τέλειων κυλινδρικών οπών σε φύλλο πολυμερούς, οι οποίες έχουν μόλις κάποιες δεκάδες νανόμετρα διάμετρο. Τα φύλλα αυτά έχουν πολύ γνωστές εφαρμογές σε μονάδες φιλτραρίσματος. Στη συνέχεια, οι οπές γεμίζονται με μέταλλα ή άλλα πολυμερή για να δημιουργήσουν "νανοκαλώδια".

Τα γεμισμένα φύλλα χρησιμοποιούνται σε πολλούς βιομηχανικούς τομείς όπως οι τηλεπικοινωνίες και οι μαγνητικές μνήμες προηγμένου τύπου και θα μπορούσαν να συμβάλουν στην ανάπτυξη του πρώτου "εργαστηρίου σε μορφή τσιπ".[10]

2.4 Φουλερένια

2.4.1 Η ανακάλυψη των φουλερένιων και η δομή τους

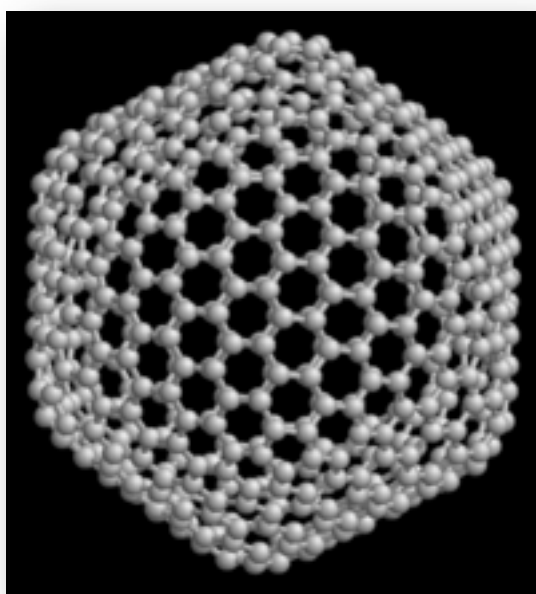
Το 1985, ο Kroto (Μ.Βρετανία) και οι Heath, Brien, Curl, Smalley (ΗΠΑ) ανακάλυψαν πως όταν εξαερώνεται ο γραφίτης υπό την επίδραση μιας δέσμης laser μέσα σε ρεύμα ηλίου δημιουργούνται μόρια, αρκετά σταθερά, που αποτελούνται από έναν μεγάλο (32-90) αριθμό ατόμων άνθρακα. Το σταθερότερο ήταν το C₆₀, και οι επιστήμονες που το ανακάλυψαν θεώρησαν πως είχε τη μορφή μιας μπάλας ποδοσφαίρου. Το ονόμασαν δε, buckball ή buckminsterfullerene από το όνομα του αρχιτέκτονα Buckminster Fuller που

είχε κατασκευάσει παρόμοιες δομές. Η συλλογή όλων των C_{60} ονομάστηκε φουλερένια (ανθρακικές δομές).

Η διάμετρος ενός φουλερένιου κυμαίνεται μεταξύ 0,7 και 1,5 nm. Αν και μεγάλα μόρια όσον αφορά τις διαστάσεις, τα φουλερένια παραμένουν συγκριτικά με τα οργανικά μόρια αρκετά μικρά. Είναι γενικά σταθερά μόρια και απαιτούν θερμοκρασίες τάξεως 1000 °C και άνω για να διασπαστούν οι δεσμοί μεταξύ των ανθράκων οι οποίοι το αποτελούν.

Η επιφάνεια τους αποτελείται από πενταμελείς και εξαμελείς δακτυλίους άνθρακα. Οι πρώτοι δίνουν την απαραίτητη θετική καμπυλότητα προκειμένου να πάρει σφαιρική μορφή το μόριο ενώ αρκούν το πολύ 12 πενταμελείς δακτύλιοι για αυτό το σκοπό. Η θέση των πενταμελών δακτυλίων έχει ιδιαίτερη σημασία για την σταθερότητα του μορίου. Όταν πενταμελείς δακτύλιοι συνορεύουν έχουμε μη σταθερό μόριο. Σταθεροποίηση μη σταθερών φουλερενίων μπορούμε να επιτύχουμε με άτομα της 1A ομάδας να σχηματίζουν δεσμούς με τους άνθρακες του μορίου. Τέλος, για μεγάλο αριθμό ανθράκων το φουλερένιο τείνει να αποκτήσει μηδενική καμπυλότητα κατά τη διαδρομή όπου ενώνει 2 οποιουσδήποτε πενταμελείς δακτυλίους.

Αποδείχθηκε δε, πως τα φουλερένια δεν είναι σπάνια: απαντούν στην αιθάλη αερίων και σε άλλες ουσίες που παράγονται από ατελείς καύσεις. Στο



μόριο αυτό, οι κορυφές είναι άτομα άνθρακα και οι ακμές είναι οι δεσμοί σθένους τους. Δεν υπάρχουν ελεύθερα σθένη και αυτό εξηγεί τη μεγάλη χημική και φυσική σταθερότητα του.

Η ύπαρξη κοιλότητας μέσα στο buckball έχει αποδειχθεί πειραματικά μέσω της μιονικής ανάλυσης. Σε

αυτή τη μέθοδο ο ανιχνευτής είναι μιονικό υδρογόνο (ο πυρήνας του αντί πρωτόνιο έχει ένα μόνιο, με φορτίο $+e$ και μάζα $200m$). Οι επιστήμονες κατάφεραν να τοποθετήσουν μιονικό υδρογόνο σε ένα 'κλουβί φουλερενίου' και να δείξουν πως οι ιδιότητες του μιονικού υδρογόνου έγκλειστου και ελεύθερου ήταν ουσιαστικά οι ίδιες.

Τα ελεύθερα μόρια του buckball ενώνονται μεταξύ τους με ασθενείς δυνάμεις van der waals και εξαιτίας αυτής της έλξης, τα μόρια σχηματίζουν κρυστάλλος κυβικού εδροκεντρωμένου πλέγματος, που ονομάστηκαν φουλερίτες. Η απόσταση ανάμεσα στα γειτονικά μόρια buckball του κρυστάλλου είναι 1nm. Ο καθαρός φουλερίτης που αποτελείται μόνο από buckminsterfullerene είναι μονωτής.

Αυτα τα νέα μόρια άνθρακα (τα φουλερένια) και οι κρύσταλλοι που δημιουργούν (οι φουλερίτες) είναι η τρίτη μορφή του άνθρακα ή η τρίτη αλλοτροπική μορφή.

2.4.2 Κατασκευή φουλερενίου

Τα μέσα της δεκαετίας του '80 δεν μπορούσαν οι επιστήμονες να κάνουν μια αξιόπιστη δομική ανάλυση για τα φουλερένια, γνώριζαν πολύ λίγα για αυτά. Αλλά το 1990, ομάδα Αμερικανών αστροφυσικών ειδικών στην αστροφυσική σκόνη μπόρεσαν να κατασκευάσουν τα buckminsterfullerene μαζικά με μια μέθοδο που χρησιμοποιούσαν στην παραγωγή της κοσμικής σκόνης.

Συγκεκριμένα διέλυσαν την αιθάλη (από εξαέρωση άνθρακα) μέσα σε βενζόλιο και τελικά κατόρθωσαν να παραχθεί ένα κιτρινωπό ή κοκκινωπό υγρό που αποτελούνταν από μόρια C_{60} (75%) και C_{70} (25%).

2.4.3 Εφαρμογές φουλερενίων

Λόγω της πολύ μεγάλης αντοχής τους έχει προταθεί να χρησιμοποιηθούν σαν λιπαντικά, στη Φυσική, στη Χημεία, στη Βιολογία και στην Ιατρική. Συγκεκριμένα να βάλουν στην κοιλότητα του διάφορα μόρια και

να οδηγήσουν το φουλερένιο μαζί με το ξένο μόριο στη θέση που επιθυμούν πχ σε μια επιθυμητή θέση πρωτεΐνης να μεταφέρουμε ένα οργανικό μόριο, οπότε θα φτιάξουμε ένα τεχνητό ιό με επιθυμητές ιδιότητες.

Στη Φυσική και στον τομέα της νανολεκτρονικής, θα μπορούσαμε να φτιάξουμε κβαντικές κουκκίδες -μικροκρυστάλλους ή άλλους σχηματισμούς σε κυκλώματα- από φουλερένια. Τις κουκκίδες αυτές μπορούμε να τις χρησιμοποιήσουμε σε επεξεργαστές υπερυπολογιστών ή σε στοιχεία ελέγχου σε επικοινωνίες οπτικών ινών. Επίσης στην υπεραγωγιμότητα πχ ένας φουλερίτης με πρόσμιξη καλίου ή ρουβιδίου έγινε υπεραγωγός σε 28 - 29K.[6]

2.4.4 Είναι τα νανοϋλικά τοξικά; Το πείραμα του Rice

Κατά τη διάρκεια της προηγούμενης δεκαετίας, η ανάπτυξη των νανοϋλικών προχώρησε γρήγορα με σκοπό μια ενδεχόμενη χρήση τους σε προϊόντα που κυμαίνονται από τις ηλιακές κυψέλες ως τα φάρμακα. Εντούτοις, οι δοκιμές για τα πιθανά τοξικά αποτελέσματα αυτών των ουσιών στην υγεία του ανθρώπου και το περιβάλλον δεν εξελίσσονται τόσο γρήγορα. Πρόσφατα, ένα πείραμα προκάλεσε ανησυχία για τις γνωστές δομές buckyballs ή φουλερένια, που μοιάζουν με μπάλες σχηματισμένες από μόρια άνθρακα. Τώρα, άλλοι χημικοί επιβεβαιώνουν αυτά τα ευρήματα και αναφέρουν μια καινοτόμο μέθοδο που μπορεί να αφοπλίσει τα ενδεχομένως τοξικά φουλερένια.

Όμως προκαλούν ανησυχία και οι γενετικά τροποποιημένες τροφές έτσι και οι κυβερνήσεις και η βιομηχανία αρχίζει να εξετάζει την τοξικότητα των νανοϋλικών περισσότερο, λέει η Kristen Kulinowski, εκτελεστικός διευθυντής του κέντρου του πανεπιστημίου Rice για τη βιολογική και περιβαλλοντική νανοτεχνολογία στο Χιούστον. "Πριν ενάμισι χρόνο υπήρχε ένα τεράστιο ενδιαφέρον για την χρηματοδότηση της έρευνας για την περιβαλλοντική υγεία και την ασφάλεια των νανοϋλικών", αναφέρει η ίδια.

Το υπομοριακό μέγεθος αυτών των υλικών τα προικίζει με πολύτιμες ιδιότητες αλλά θα μπορούσε επίσης να τους επιτρέψει να αλληλεπιδράσουν με τα ζωντανά κύτταρα με απρόβλεπτους, και ενδεχομένως επικίνδυνους

τρόπους. Παραδείγματος χάριν, αυτή τη χρονιά, ερευνητές διαπίστωσαν ότι φουλερένια μπορούν να καταστρέψουν κύτταρα του εγκεφάλου των ψαριών, διασπώντας τις μεμβράνες τους.

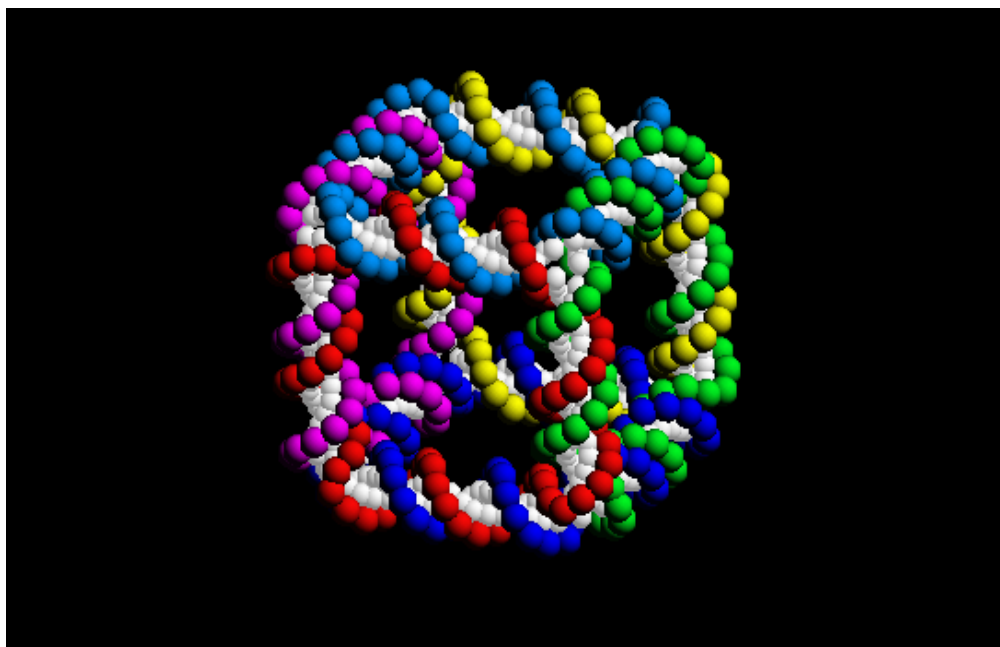
Για να δει εάν η ίδια επίδραση εμφανίζεται και στα ανθρώπινα κύτταρα, μια ομάδα ερευνητών που καθοδηγήθηκαν από τον πανεπιστημιακό χημικό Vicki Colvin του Πανεπιστημίου Rice εξέθεσε ανθρώπινα κύτταρα συκωτιού και δέρματος καλλιεργημένα στο εργαστήριο, για 48 ώρες σε διαλύματα που περιέχουν διάφορες συγκεντρώσεις φουλερενίων. Η ερευνητική ομάδα διαπίστωσε ότι ένα ασθενές διάλυμα - 20 μέρη ανά δισεκατομμύριο - θα μπορούσαν να σκοτώνουν τα μισά από τα ανθρώπινα κύτταρα.

"Αυτή η μελέτη επικυρώνει πραγματικά τα συμπεράσματά μας", λέει η Eva Oberdörster στο Νότιο Πανεπιστήμιο των Μεθοδιστών στο Ντάλλας, η οποία πραγματοποίησε τις μελέτες για την τοξικότητα των buckyball στα ψάρια.

Οι ερευνητές του Rice επέκτειναν το πείραμά τους επιστρώνοντας τις σφαίρες από άνθρακα με απλές χημικές ουσίες, παραδείγματος χάριν, με υδροξύλιο ή διάφορες καρβοξυλικές ομάδες. Και τότε διαπίστωσαν ότι όσο περισσότερες επιστρωμένες χημικές ενώσεις υπήρχαν στα φουλερένια ή buckyballs, τόσο λιγότερο τοξικές γίνονταν. Στην πραγματικότητα, για αυτά τα buckyballs που είχαν το μεγαλύτερο αριθμό επιστρωμένων χημικών ομάδων, η συγκέντρωση που χρειάστηκε για να σκοτώσει τα μισά από τα ανθρώπινα κύτταρα, ήταν μεγαλύτερη κατά 10 εκατομμύρια φορές από αυτή που απαιτήθηκε με τα γυμνά φουλερένια.

Οι ερευνητές δίνουν και μια πιθανή εξήγηση για την πτώση στην τοξικότητα. Τα γυμνά φουλερένια είναι διακριτά συσσωματώματα στο διάλυμα, σημειώνουν. Εκείνα τα συσσωματώματα παράγουν χημικές ουσίες γνωστές ως ελεύθερες ρίζες, που μπορούν να επιτεθούν στις μεμβράνες των κυττάρων. Τα φουλερένια που είναι 'ντυμένα' με χημικές ουσίες δεν συγκεντρώνονται, έτσι οι ερευνητές δεν ανίχνευσαν καμιά ελεύθερη ρίζα στα διαλύματα εκείνων των μορίων.

Περαιτέρω αναλύσεις αποκάλυψαν ότι τα σύνολα των γυμνών φουλερενίων δεν έβλαψαν το DNA μέσα στα κύτταρα, μειώνοντας έτσι την πιθανότητα ότι αυτά τα νανοϋλικά θα μπορούσαν να είναι καρκινογόνα, λέει το μέλος της ομάδας Christie Sayes.



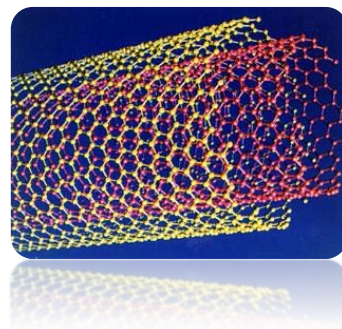
Τα επιστρωμένα φουλερένια στο πείραμα του Rice μπορεί να μην μειώνουν την τοξικότητα σε όλες τις καταστάσεις, σημειώνει η Oberdörster. Στο περιβάλλον, παραδείγματος χάριν, το υπεριώδες φως από τον ήλιο μπορεί να σπάσει τους δεσμούς των υδροξυλίων, κάνοντας έτσι και πάλι τοξικά τα φουλερένια. Από την άλλη, μέσα στο σώμα, τα επιστρωμένα buckyballs μπορεί να παραμείνουν άθικτα και να χρησιμεύσουν για την ακίνδυνη μεταφορά φαρμάκων.

Η ομάδα του Πανεπιστημίου Rice προγραμματίζει να εξετάσει την πιθανή τοξικότητα κι άλλων υλικών νανοκλίμακας, όπως είναι τα νανοσωματίδια του διοξειδίου του τιτανίου που χρησιμοποιείται στα καλλυντικά και στις αντηλιακές κρέμες, και να ερευνήσει εάν η τοξικότητά τους επηρεάζεται από το μέγεθος και τη μορφή.»[12]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο ΝΑΝΟΣΩΛΗΝΕΣ ΑΠΟ ΑΝΘΡΑΚΑ

3.1 Ορισμός νανოსωλήνων άνθρακα και ιδιότητες τους

Οι νανοςωλήνες άνθρακα είναι ομόκεντροι κύλινδροι γραφίτη, κλειστοί σε κάθε άκρο με πενταμελείς δακτυλίους και ανακαλυφθήκαν το 1991 από τον Sumio Iijima . Οι νανοςωλήνες μπορεί να είναι πολυφλοιϊκοί (multi - wall nanotubes , MWNT) με ένα κεντρικό σωλήνα να περιβάλλεται από ένα ή περισσότερα στρώματα γραφίτη ή μονοφλοιϊκοί (single - wall nanotubes , SWNT) όπου υπάρχει μόνο ένας σωλήνας και καθόλου επιπλέον στρώματα γραφίτη. Όταν νανοςωλήνες ομαδοποιούνται έχουμε τις λεγόμενες συστοιχίες νανοςωλήνων (nanotubes bundles)



Τέτοιοι σωλήνες στη θερμοκρασία δωματίου συγκρατούν υδρογόνο, μέχρι 10% του βάρους των νανοςωλήνων. Αλλά γιατί η διατήρηση του υδρογόνου είναι σπουδαία;

- Γιατί το H_2 μπορεί να παρασκευαστεί φθηνά, με χρήση της ηλιακής ενέργειας.
- Το H_2 μπορεί να αποθηκευτεί σε μεγάλες ποσότητες, ενώ το ηλεκτρικό ρεύμα όχι.
- Το H_2 μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν χημικό καύσιμο.

Τα άκρα των νανοςωλήνων είναι οξυτάτα και εκπέμπουν ηλεκτρόνια μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο. Προβλέπεται πως μπορεί να έχουν μεγαλύτερη αξία για φωτεινές οθόνες, όταν κατορθωθεί ο παραλληλισμός τους. Νανοςωλήνες

βρέθηκαν και στη φύση σε σημεία όπου έχουν πέσει μετεωρίτες ή κεραυνοί. Μερικές χρήσεις των νανοσωλήνων είναι:

- Τρανζίστορ και δίοδοι
- Πεδίο εκπομπής για επίπεδες οθόνες
- Ενίσχυση σήματος κινητών τηλεφώνων
- Αποθήκευση ιόντων για συσσωρευτές
- Ενίσχυση υλικών
- Χρήση ως πολυμερών πρόσθετων ουσιών

Ο Noriaki Hamada της NEC και ο Mildred Dresselhaus της MIT ανακάλυψαν πρόσφατα ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλο μια ιδιότητα. Αν ενωθούν μια σειρά εξαγώνων κατά τον επιμήκη άξονα του νανοσωλήνα σε ευθεία διάταξη, τότε ο σωλήνας θα συμπεριφέρεται σαν μέταλλο και θα άγει ηλεκτρισμό. Αν όμως μια σειρά εξαγώνων τοποθετηθεί σε σχηματισμό έλικας, ο σωλήνας λειτουργεί σαν ημιαγωγός.

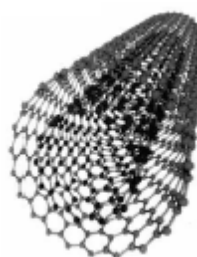
Επίσης σχεδιάζεται η αντικατάσταση του πυριτίου από νανοσωλήνες στην νανοηλεκτρονική ή σαν διακόπτης γιατί μπορεί κάτω από ορισμένη δομή να συμπεριφέρεται σαν ημιαγωγός.

3.2 Τύποι νανοσωλήνων άνθρακα

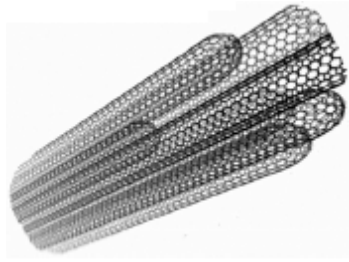
Τα πιο πολλά μοντέλα νανοσωλήνων σχηματίζονται γύρω από φουλερένια τα οποία φέρουν δεσμούς με καταλυτικά άτομα



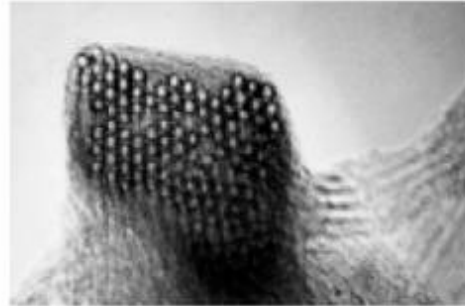
Μονοφλοιϊκός νανοσωλήνας



Πολυφλοιϊκός νανοσωλήνας



Συστοιχία νανოსωλήνων



SEM εικόνα συστοιχίας
νανοσωλήνων

3.3 Τεχνικές σύνθεσης νανοςωλήνων άνθρακα

Νανοςωλήνες άνθρακα μπορούν να παρασκευαστούν μέσω των παρακάτω τεχνικών

1. Εξάχνωση ηλεκτροδίων άνθρακα με τη χρήση ηλεκτρικού τόξου εκκένωσης (electric-arc discharge technique).
2. Φωτοδιάσπαση γραφίτη με τη χρήση laser (laser ablation, laser evaporation technique). Ένα κομμάτι άνθρακα εξατμίζεται με ακτινοβολία από laser σε υψηλή θερμοκρασία και αδρανή ατμόσφαιρα. Οι παραγόμενοι σωλήνες έχουν μικρή διασπορά ως προς τη διάμετρο.
3. Καταλυτική χημική απόθεση από ατμό (catalytical chemical vapor deposition, CCVD). Αέριες ενώσεις του άνθρακα (συνήθως υδρογονανθράκων ή μονοξειδίου του άνθρακα) διασπώνται καταλυτικά με τη χρήση μεταλλικών καταλυτών (Fe , Co , Ni) υποστηριγμένων σε υποστρώματα οξειδίων μετάλλων ή αιωρούμενων στην αέρια φάση.

Τα προϊόντα μπορεί να είναι πολυφλοιϊκοί νανοςωλήνες ή μονοφλοιϊκοί ανάλογα με τις παραμέτρους της μεθόδου. Γενικά, ενώ οι πολυφλοιϊκοί νανοςωλήνες μπορούν να συντεθούν και χωρίς τη χρήση καταλύτη, οι μονοφλοιϊκοί απαιτούν την παρουσία του. Το μέγεθος μάλιστα των καταλυτικών σωματιδίων καθορίζει και τη διάμετρο του νανοςωλήνα. Θα πρέπει εδώ να αναφέρουμε ότι υπάρχουν και άλλες μέθοδοι παρασκευής, ωστόσο εμείς αναφέραμε τις πιο σημαντικές.

3.4 Νανοσωλήνες στα τρανζίστορ

Τρεις ερευνητές με επικεφαλής έναν Έλληνα, τον Φαίδωνα Αβούρη της IBM, στο Σαν Χοσέ της Καλιφόρνιας, ανέπτυξαν μια νέα επαναστατική τεχνολογία τρανζίστορς, που μπορεί να κάνει δυνατή την παραγωγή μιας νέας τάξης, μικρότερων, ταχύτερων και μικρότερης ενεργειακής κατανάλωσης μικροτσίπς από τα ήδη υπάρχον τα μικροτσίπς πυριτίου.

Οι επιστήμονες της IBM δημιούργησαν την πρώτη στον κόσμο διάταξη τρανζίστορς από νανοσωλήνες άνθρακα. Πρόκειται για μικροσκοπικούς κυλινδρικούς από άτομα άνθρακα των οποίων το μήκος είναι μόλις 10 άτομα άνθρακα και είναι 500 φορές μικρότεροι από τα σημερινά τρανζίστορς. Πιστεύεται πως η αξία της ανακάλυψης, είναι παρόμοια με αυτή του τρανζίστορς, στη δεκαετία του 1940, γιατί μπορεί να δώσει ασσύληπτα μικρούς επεξεργαστές.

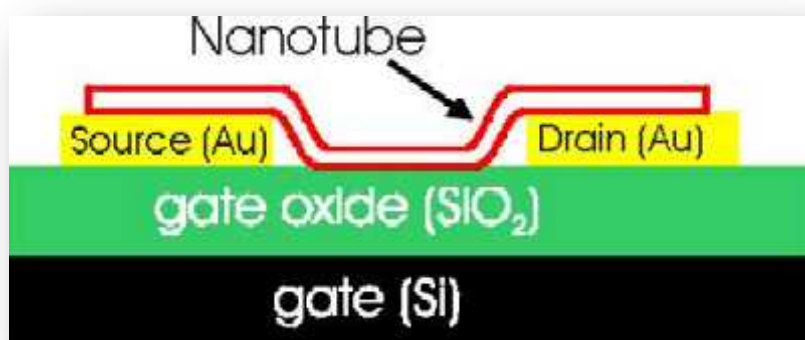
Μέχρι τώρα οι νανοσωλήνες έπρεπε να τοποθετηθούν ένας προς έναν ή τυχαία για ν'αποτελέσουν την επιθυμητή διάταξη από τρανζίστορς, διαδικασία που δεν προσφέρεται για μαζική παραγωγή. Η καινοτομία έγκειται σε μια νέα επεξεργασία ώστε να σχηματιστούν μαζικά πολύ μεγάλοι αριθμοί νανοσωλήνων -τρανζίστορς.

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα τρανζίστορς είναι οι θεμέλιοι λίθοι όλων των ηλεκτρονικών συστημάτων – δρουν σαν γέφυρες που μεταφέρουν δεδομένα από το ένα μέρος του κυκλώματος στο άλλο.

Ο νόμος του Moore που επιβεβαιώνεται μέχρι σήμερα, λέει ότι ο αριθμός των τρανζίστορς που χωράει σε ένα τσιπ διπλασιάζεται κάθε 18 μήνες περίπου. Πολλοί επιστήμονες όμως εκτιμούν ότι η σημερινή τεχνολογία βασισμένη σε μικροτσίπ πυριτίου θα φτάσει τα φυσικά όρια της σμίκρυνσής της τα επόμενα 10-20 χρόνια.

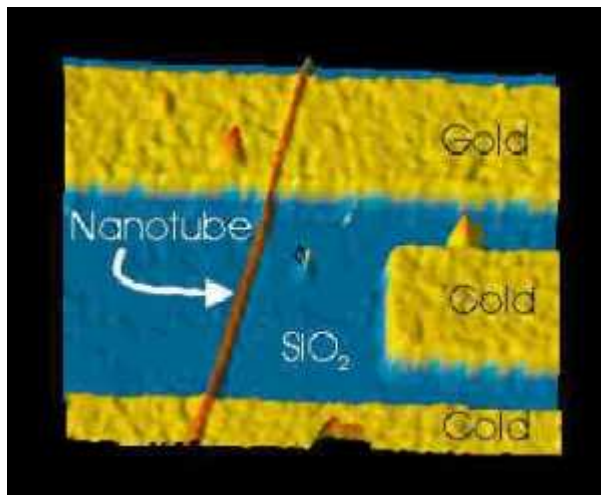
Το επίτευγμα λοιπόν αυτό της IBM θεωρείται σημαντικό για το μέλλον και ο Φαίδων Αβούρης, ο οποίος διευθύνει το τμήμα ερευνών νανοτεχνολογίας της IBM λέει ότι οι έρευνες έδειξαν πως οι νανοσωλήνες άνθρακα ανταγωνίζονται

σε επιδόσεις τα μικροτσίπς πυριτίου, και δεδομένου ότι η κλίμακά τους είναι πολύ μικρότερη, είναι υποψήφιοι για τη νανοηλεκτρονική τεχνολογία του μέλλοντος.



Οι ηλεκτρονικές ιδιότητες των νανοσωλήνων άνθρακα μπορεί να είναι είτε αυτές των μετάλλων ή των ημιαγωγών ανάλογα με το μέγεθος και το σχήμα τους. Το πρόβλημα που είχαν να αντιμετωπίσουν οι επιστήμονες ήταν ότι όλες οι μέθοδοι παραγωγής κατέληγαν σε ένα μίγμα μεταλλικών και ημιαγωγών νανοσωλήνων κολλημένων μαζί σε σχήμα σχοινιού ή δεσμίδας. Αυτό ελαττώνει την χρησιμότητά τους γιατί μόνο οι ημιαγωγοί νανοσωλήνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως τρανζίστορς, ενώ οι κολλημένοι με αυτούς μεταλλικοί νανοσωλήνες υπερτροφοδοτούν με ισχύ τους ημιαγωγούς νανοσωλήνες.

Εκτός από τον διαχωρισμό των δύο τύπων ένα προς ένα δεν υπήρχε άλλη πρακτική μέθοδος διαχωρισμού των. Η ομάδα της IBM ξεπέρασε τη δυσκολία αυτή με μια νέα τεχνική κατά την οποία οι μεταλλικοί νανοσωλήνες καταστρέφονται με τη διαβίβαση ενός ισχυρού ηλεκτρικού παλμού ο οποίος αφήνει ανέπαφους τους ημιαγωγούς νανοσωλήνες.



Αριστερά: Τα τρανζίστορς είναι οι δομικοί λίθοι των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων. Η IBM κατασκεύασε τρανζίστορς πεδίου (FET) όπου οι νανοσωλήνες είναι οι δίαυλοι του τρανζίστορ.

Με λίγα λόγια η μέθοδός τους έχει ως εξής: Το πλέγμα όλων των νανοσωλήνων μεταλλικών και

ημιαγωγών αποτίθεται πάνω σε υπόστρωμα οξειδίου του πυριτίου.

Μια μεταλλική μάσκα τοποθετείται πάνω από τους νανοσωλήνες και παίζει ρόλο ηλεκτροδίου.

Χρησιμοποιώντας ως δεύτερο ηλεκτρόδιο το υπόστρωμα πυριτίου οι επιστήμονες θέτουν σε μη αγώγιμη κατάσταση τους ημιαγωγούς νανοσωλήνες.

Μετά με μια κατάλληλη τάση που εφαρμόζεται στο υπόστρωμα επιτυγχάνεται η καταστροφή μόνο των μεταλλικών αφού μόνον αυτοί είναι αγώγιμοι και διαρρέονται από ρεύμα.

Το αποτέλεσμα είναι ένα πυκνό δίκτυο ημιαγωγών νανοσωλήνων που χρησιμοποιούνται για να χτιστούν τα λογικά κυκλώματα.

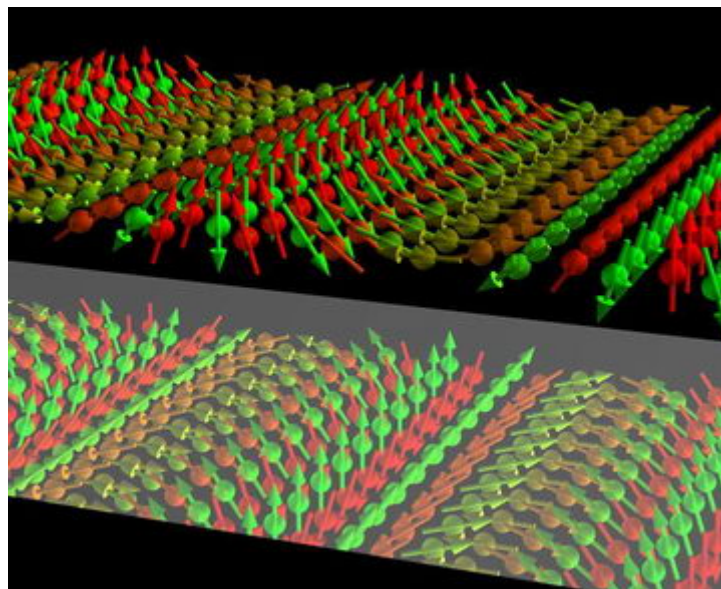
Στην ίδια εργασία οι επιστήμονες της IBM δείχνουν πως μπορούν επίσης να διαμορφωθούν οι νανοσωλήνες με τις επιθυμητές ηλεκτρικές ιδιότητες και πως μπορούν να κατασκευαστούν τρανζίστορς πεδίου με οποιοδήποτε επιθυμητό χάσμα ζώνης.[17]

3.5 Spintronics

3.5.1 Ορισμός και ιστορία

Spintronics (δηλαδή ηλεκτρονική βασισμένη στην περιστροφή=spin) είναι μία πρόσφατη τεχνολογία με πολύ μέλλον η οποία ασχολείται με τις περιστροφικές καταστάσεις των ηλεκτρονίων και την εκμετάλλευση της ενεργειακής τους κατάστασης σε κάθε θέση. Το ηλεκτρόνιο από μόνο του αποτελείται από δύο μαγνητικά επίπεδα ενέργειας.

Η τεχνολογία Spintronics περιγράφει την ικανότητα να αλλάξει η κβαντική περιστροφική κατάσταση των ηλεκτρονίων.



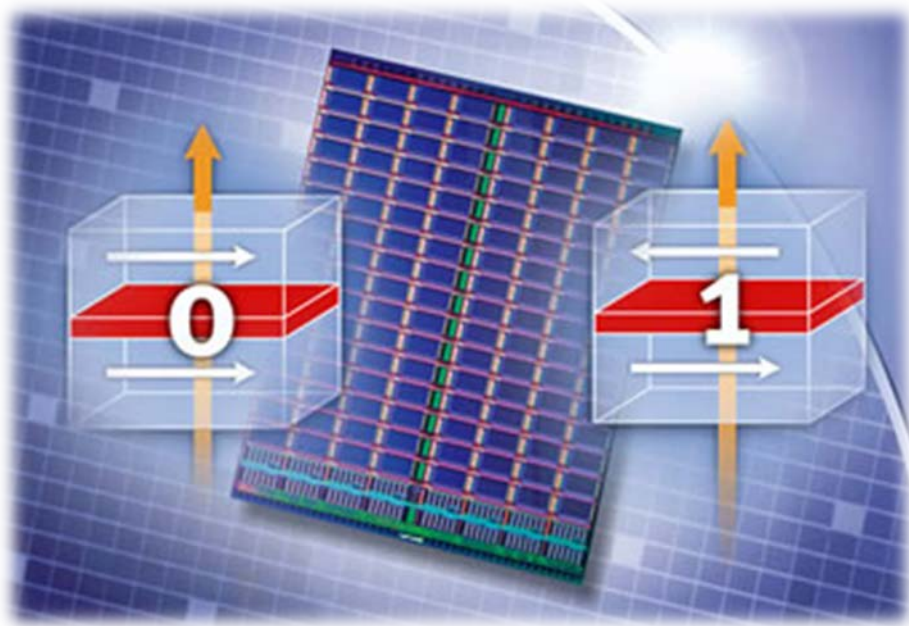
Η ανακάλυψη της γιγάντιας μαγνητο-αντίστασης το 1988 από τον Albert Fert και τον Peter Grunberg μεντ θεωρήται η έναρξη της Spintronics τεχνολογίας

3.5.2 Εφαρμογές

Οι συσκευές που χρησιμοποιούν την τεχνολογία Spintronics χρησιμοποιούνται στον τομέα των μαζικών αποθηκευτικών συσκευών. Πρόσφατα το 2002 επιστήμονες της IBM ανακοίνωσαν ότι μπόρεσαν να συμπικνώσουν μεγάλα ποσά πληροφορίας σε μια πολύ μικρή περιοχή, με ρυθμό ενός τρισεκατομμυρίου bit για κάθε τετραγωνική ίντσα (1.5 Gbit/mm^2), ή αλλιώς με απλά λόγια 1 TB σε ένα δίσκο 3.5 ιντσών.

Η εξέλιξη των σκληρών δίσκων γίνεται με πολύ ταχύ ρυθμό. Η χρονική περίοδος διπλασιασμού της χωρητικότητας των σκληρών δίσκων που διατίθενται στην αγορά είναι ένα έτος, δηλαδή πολύ λιγότερη από τον νόμο του Moore που λέει ότι ο αριθμός τρανζίστορ σε μια ηλεκτρική διάταξη διπλασιάζονται κάθε 18 μήνες. Οι καινούργιοι σκληροί δίσκοι χρησιμοποιούν το φαινόμενο της περιστροφής για να λειτουργήσουν που ονομάζεται "giant magnetoresistive" φαινόμενο.

Η πιο πετυχημένη συσκευή Spintronics αυτή την εποχή είναι η "spin valve". Αυτή η συσκευή χρησιμοποιεί μια δομή από λεπτές μαγνητικές μεμβράνες που αλλάζουν την ηλεκτρική τους αντίσταση ανάλογα από την κατεύθυνση του μαγνητικού πεδίου που δέχονται. Σε αυτές τις συσκευές η μία μεμβράνη παραμένει ακίνητη για να κρατάει την μαγνητική της κατεύθυνση ενώ η άλλη είναι ελεύθερη να περιστρέφεται με την λειτουργία του μαγνητικού πεδίου. Ένα παράδειγμα spin valve είναι η MRAM που θα αναλύσουμε αργότερα. [18]



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ

4.1 Εισαγωγή στην νανοτεχνολογία των υπολογιστών

Το 1965 ο Γκόρντον Μουρ, συνιδρυτής της Intel, διατύπωσε δύο προβλέψεις για την εξέλιξη της επεξεργαστικής ισχύος των υπολογιστών. Η πρώτη πρόβλεψη, που έμεινε στην ιστορία ως "Νόμος του Μουρ", εκτιμούσε ότι ο αριθμός των τρανζίστορ που θα περιέχονται σ' έναν επεξεργαστή θα διπλασιάζεται κάθε 12 μήνες. Όπως αποδείχθηκε, η πρόβλεψη αυτή δεν ήταν σωστή. Ο ίδιος ο Μουρ αναγκάστηκε να αναθεωρήσει αρκετές φορές το χρονικό διάστημα διπλασιασμού, με τελευταία αυτή στις αρχές της δεκαετίας του '90, όπου και κατέληξε ότι αριθμός των τρανζίστορ που θα μπορούν να ενσωματωθούν σ' ένα κύκλωμα (chip) -και όχι σ' έναν επεξεργαστή, αυτή τη φορά-θα διπλασιάζεται κάθε 8 μήνες.

Ο Νόμος του Μουρ, αν και θα μπορούσε κανείς να του προσάψει αστοχίες, είναι σημαντικός γιατί απέδωσε και αποδίδει τη γενικότερη τάση που επικρατεί εδώ και πολλές δεκαετίες στο χώρο των υπολογιστών. Έτσι, ο πρώτος επεξεργαστής της Intel (1971) είχε μόλις 2.250 τρανζίστορ, ένας σύγχρονος υπολογιστής (2005) διαθέτει μερικές δεκάδες εκατομμύρια, ενώ εκείνοι που θα κυκλοφορήσουν σε λίγα χρόνια αναμένεται να περιέχουν περίπου ένα δισεκατομμύριο τρανζίστορ. Ο Νόμος του Μουρ γενικευμένος, υπό την έννοια και τη μορφή αυξητικής τάσης, δεν περιορίστηκε στα τρανζίστορ και τους επεξεργαστές, αλλά επεκτάθηκε στη μνήμη RAM, στους σκληρούς δίσκους κ.α., όπου πράγματι οι δυνατότητες αυξάνονται διαρκώς.

Ο δεύτερος νόμος έκανε λόγο για συρρίκνωση (σμίκρυνση) των κυκλωμάτων και προέβλεπε ότι αυτά, με την πάροδο του χρόνου, θα μικραίνουν όλο και περισσότερο, στο μέγεθος. Η πρόβλεψη αυτή επιβεβαιώθηκε από τις εξελίξεις σε μεγαλύτερο βαθμό από την πρώτη. Το μέγεθος τόσο των κυκλωμάτων όσο και των τρανζίστορ υποτετραπλασιάζεται κάθε 3 περίπου χρόνια. Αν ο ρυθμός αυτός συνεχιστεί, που είναι και το πιθανότερο, σε μερικά χρόνια (10 - 20) τα κυκλώματα θα έχουν το πάχος

ελάχιστων χιλιοστών. Όμως η συρρίκνωση αυτή, όπως επίσης και αύξηση των τρανζίστορ, δεν μπορούν να συνεχιστούν έπ' άπειρον, για μια σειρά από λόγους: φυσικής, λειτουργικότητας, παραγωγικότητας, οικονομικούς και άλλους, που θέτουν το όριο πέραν του οποίου η εξέλιξη στο πλαίσιο της "νομολογίας" Μουρ δεν μπορεί να συνεχιστεί.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα το πυρίτιο, το φυσικό υλικό από το οποίο κατασκευάζονται τα τρανζίστορ. Έχει φυσικά όρια (αντοχής, συρρίκνωσης, καλής λειτουργίας κ.λπ.) τα οποία, είναι πολύ δύσκολο να ξεπεραστούν. Στην ίδια κατάσταση βρίσκονται και οι λοιπές ηλεκτρονικές τεχνολογίες που χρησιμοποιούν οι υπολογιστές. Όλα συντείνουν στο ότι η ηλεκτρονική τεχνολογία έχει ημερομηνία λήξεως, με την έννοια ότι από ένα σημείο και πέρα οι εξελίξεις στον τομέα της ηλεκτρονικής θα είναι ανύπαρκτες, αν δεν βρεθεί "κάτι άλλο". Στο σημείο αυτό η νανοτεχνολογία προβάλλει ως μία πολύ πιθανή λύση για να ξεπεραστούν τα προβλήματα, και οι εκτιμήσεις του Μουρ να συνεχίζουν να υφίστανται, με τη μορφή της αέναης εξέλιξης.[7]

Από τις μέχρι σήμερα επιστημονικές αναφορές και τα εργαστηριακά επιτεύγματα που έχουν προκύψει, οι σημαντικότερες αλλαγές που θα επιφέρει η νανοτεχνολογία στην πληροφορική είναι οι ακόλουθες:

- Το πυρίτιο στα τρανζίστορς θα αντικατασταθεί από νανοσωλήνες άνθρακα, ενώ κάθε τρανζίστορ θα περιέχει ένα και μόνο ένα ηλεκτρόνιο.
- Η μαγνητική μνήμη MRAM (Magnetic Random Access Memory) θα κάνει την εμφάνισή της και θα μπορεί να αποθηκεύει και να διατηρεί μαγνητικά τα δεδομένα.
- Μία νέα τεχνολογία, τα **spintronics** (σπειροειδής - στροφωνική ηλεκτρονική), θα αναδυθεί και θα αντικαταστήσει την ηλεκτρονική.

- Θα αναπτυχθούν κβαντικοί και μοριακοί υπολογιστές που θα επεξεργάζονται δεδομένα στο επίπεδο των κβάντων και των μορίων, αντίστοιχα.[2]

4.2 Εξελίξεις στην πληροφορική λόγω νανοτεχνολογίας

Κατ' αρχάς, θα δημιουργήσει ασύγκριτα μικρότερους υπολογιστές, ταχύτατους, με τεράστιες αποθηκευτικές δυνατότητες και με ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας. Επιπλέον, ο τρόπος αποθήκευσης και μεταφοράς δεδομένων θα αλλάξει ριζικά. Η μνήμη θα αποκτήσει μεγαλύτερη πυκνότητα, τα αποθηκευτικά μέσα θα διαθέτουν αποθηκευτικές δυνατότητες που θα μετριοούνται σε Terabytes, η ταχύτητα πρόσβασης σε αυτά θα είναι ασύλληπτη, ενώ η διατήρηση δεδομένων δεν θα εξαρτάται αναγκαστικά από το ηλεκτρικό ρεύμα.

Παράλληλα, η μείωση του όγκου των συσκευών θα είναι κατακόρυφη. Οι οθόνες θα γίνουν τόσο λεπτές, που θα μετριοούνται σε χιλιοστά, ενώ ταυτόχρονα θα μπορούν να είναι και διάφανες. Οι υπολογιστές θα ξεκινούν αμέσως, χωρίς να χρειάζεται να περάσουν από τη διαδικασία της εκκίνησης του λειτουργικού συστήματος (boot), θα εκκινούν δηλαδή όπως εκκινούν και οι τηλεοπτικές συσκευές. Το πληκτρολόγιο, με τη σημερινή μορφή, θα αντικατασταθεί από ένα εικονικό πληκτρολόγιο που θα εμφανίζεται στην επιφάνεια του γραφείου ή κάποιας άλλης επιφάνειας και θα εξαφανίζεται όταν θα κλείνει ο υπολογιστής.

Παρόμοια επιτεύγματα θα καταγραφούν και στους συναφείς με την πληροφορική κλάδους: τις τηλεπικοινωνίες και την τηλεματική. Τα κινητά τηλέφωνα θα μικρύνουν περισσότερο και θα φθάσουν το μέγεθος ενός κουμπιού, που θα μπορεί κάλλιστα να φορεθεί στο αυτί. Οι υπολογιστές παλάμης θα αποτελούν ιδιαίτερα κομψά δημιουργήματα και το μέγεθός τους δεν θα είναι μεγαλύτερο από μία πιστωτική κάρτα. Θα ενσωματώνουν δε σχεδόν τα πάντα. Θα είναι τηλέφωνο, υπολογιστής, τηλεόραση, φωτογραφική μηχανή, βιντεοκάμερα, σύστημα πλοήγησης, συσκευή εγγραφής και αναπαραγωγής ήχου κ.ά.. Ασφαλώς, οι συσκευές θα μπορούν να μικρύνουν

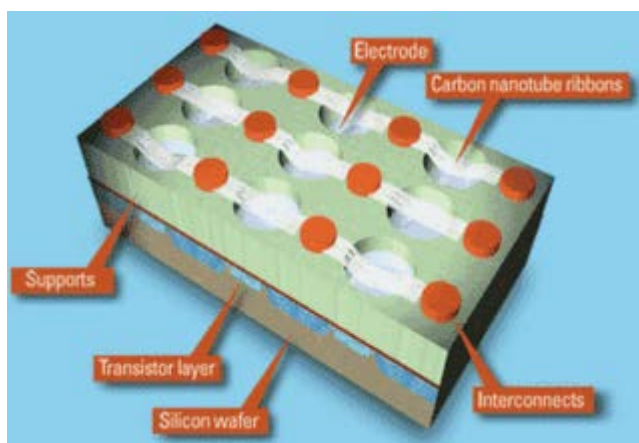
ακόμη περισσότερο, κάτι τέτοιο όμως θα αποτελούσε πρόβλημα για τους χρήστες, που θα δυσκολεύονταν να τις χειριστούν, λόγω "αντικειμενικών" δυνατοτήτων.[9]

4.3 Μνήμη υπολογιστών

4.3.1 NRAM η πρώτη μνήμη που χρησιμοποίησε νανοτεχνολογία

Όσο μικραίνουν και λεπταίνουν οι συσκευές, τόσο τα κυκλώματα μνήμης τους ασφυκτιούν. Η περαιτέρω σμίκρυνσή τους σκοντάφτει στις δυνατότητες της μικροηλεκτρονικής, στο υψηλό κόστος, στα προβλήματα τροφοδότησης και υπερθέρμανσης.

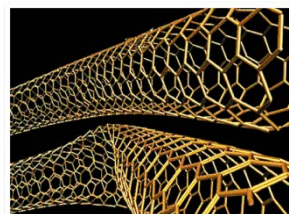
Τα προβλήματα αυτά είχε κατά νου ο καθηγητής Νανοτεχνολογίας στο Πανεπιστήμιο Χάρβαρντ των ΗΠΑ, **Charles M. Lieber**, όταν ζήτησε από έναν φοιτητή του, το 1998, να σχεδιάσει μια ριζικά καινούργια μνήμη υπολογιστών. Ο περιορισμός που έθεσε στον γερμανικής καταγωγής **Thomas Rueckes** ήταν τα στοιχεία εγγραφής και ανάγνωσης της νέας μνήμης να είναι μικρότερα από 10 δισεκατομμυριοστά του μέτρου (10 νανόμετρα).



Το μόνο υλικό που επιτρέπει μια τέτοια μικροκατασκευή είναι τα καταπληκτικά τριχίδια άνθρακα που ανακαλύφθηκαν το 1991 και φτιάχνονται τεχνητά, οι λεγόμενοι «νανοσωλήνες άνθρακα». Η δομή τους μοιάζει με διάτρητους κυλίνδρους γραφίτη, σαν από κοτετσόσυρμα. Είναι σκληροί σαν διαμάντι, ανθεκτικοί στην έλξη ως και 100 φορές περισσότερο από ατσάλι και

έχουν εξαίρετη ηλεκτρομαγνητική συμπεριφορά, μεταλλασσόμενοι από αγωγούς σε ημιαγωγούς. Πώς όμως θα μπορούσαν να ενσωματωθούν σε ένα μικροκύκλωμα πυριτίου, σαν αυτά που απαρτίζουν τους τωρινούς μικροεπεξεργαστές και τις μνήμες τους;

Θολωμένος από τις σκέψεις, ο Rueckes έκανε ένα διάλειμμα φαγητού και βγήκε από το εργαστήριο για να πάει στην κοντινή πιτσαρία. Στον δρόμο του πέρασε μπροστά από το μουσειακό έκθεμα του Χάρβαρντ, τον δεινόσαυρο των υπολογιστών, τον Mark-1. Θωρώντας το τεράστιο «ντουλάπι», ο Rueckes θυμήθηκε ότι για μνήμη χρησιμοποιούσε μηχανικά ρελέ, που άλλαζαν θέση. Τότε του ήρθε η ιδέα: θα καταχωρούσε τα ψηφιακά στοιχεία στη μνήμη (το 0 και το 1) με κάμψη των νανοσωλήνων, άλλοτε προς τα πάνω και άλλοτε προς τα κάτω! Δεχόμενοι μια ηλεκτρική τάση, οι νανοσωλήνες θα μπορούσαν να κάμπτονται προς τα κάτω, έως ότου ακουμπήσουν σε άλλους νανοσωλήνες ή ηλεκτρόδια. Ακόμη και όταν διακοπεί η παροχή τάσης, οι νανοσωλήνες μπορούν να διατηρούν την κάμψη τους (θυμούνται).



Ενα αντίστροφο ηλεκτρικό πεδίο μπορεί να τους επαναφέρει στην προηγούμενη θέση. Επειτα από δύο μόλις ημέρες ο Rueckes είχε γράψει την πρότασή του, την οποία ο Lieber υπέβαλε στο πρόγραμμα ερευνών του Πενταγώνου (το DARPA), και έλαβε έγκριση χρηματοδότησης την επόμενη μέρα! Θεωρητικά, η λύση του Rueckes έμοιαζε τέλεια. Οι νανοσωλήνες παρείχαν την ταχύτητα μιας στατικής μνήμης (SRAM), το χαμηλό κόστος κατασκευής μιας δυναμικής μνήμης (DRAM) και την άμεση ενεργοποίηση μιας μνήμης φλας, καταναλώναν πολύ λιγότερη ενέργεια και ανέχονταν αφάνταστα υψηλά επίπεδα ζέστης, κρύου ή μαγνητικού πεδίου.

Επίσης, στα σχέδια τουλάχιστον, το απειροστικό μέγεθός τους επέτρεπε τη δημιουργία μικροκυκλωμάτων που θα χωρούσαν εκατοντάδες δισεκατομμύρια μονάδων πληροφορίας (Gigabit), ίσως και τρισεκατομμύριο (Terabit). Στην

πράξη, όμως, έμεναν να λυθούν πολλά τεχνικά προβλήματα και, κυρίως, να αποδειχθεί η δυνατότητα βιομηχανικής παραγωγής.

Τελειώνοντας τις σπουδές του, το 2001, ο Rueckes συνέπηξε εταιρεία με έναν ακόμη απόφοιτο του Χάρβαρντ και έναν επιχειρηματία του Διαδικτύου, την οποία ονόμασαν «Nantero» (από το Nano και το Tera). Στην αρχή εργάστηκαν σχεδόν μυστικά, για να λύσουν ένα βασικό πρόβλημα των νανοσωλήνων: αυτοί που διατίθενται στο εμπόριο έχουν πρόσμειξη σιδήρου κατά 5% περίπου.

Στα αποστειρωμένα εργοστάσια κατασκευής μνημών, μια τέτοια «μόλυνση» θα ήταν απαράδεκτη. Ανέπτυξαν λοιπόν μια διαδικασία φιλτραρίσματος που περιόρισε την πρόσμειξη σιδήρου στο επίπεδο σωματιδίων ανά εκατομμύριο. Έπειτα έπρεπε να λύσουν το πρόβλημα ενσωμάτωσης των νανοανθράκων στη διαδικασία φωτολιθογραφικής χάραξης των μικροκυκλωμάτων. Αν χρησιμοποιούσαν ατμό για την εναπόθεση των νανοσωλήνων στο κύκλωμα, θα χρειαζόνταν τόσο υψηλές θερμοκρασίες που θα κατέστρεφαν τα γειτονικά κυκλώματα. Αν κατέφευγαν στη χρήση γνωστών διαλυτικών, θα χρειαζόνταν χημικά τόσο τοξικά που είχαν απαγορευθεί από τα υπάρχοντα εργοστάσια. Κατέληξαν στο να αναπτύξουν το δικό τους διαλυτικό.

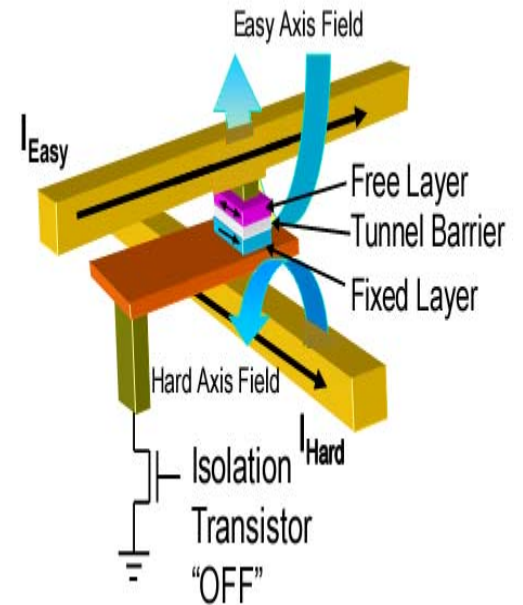
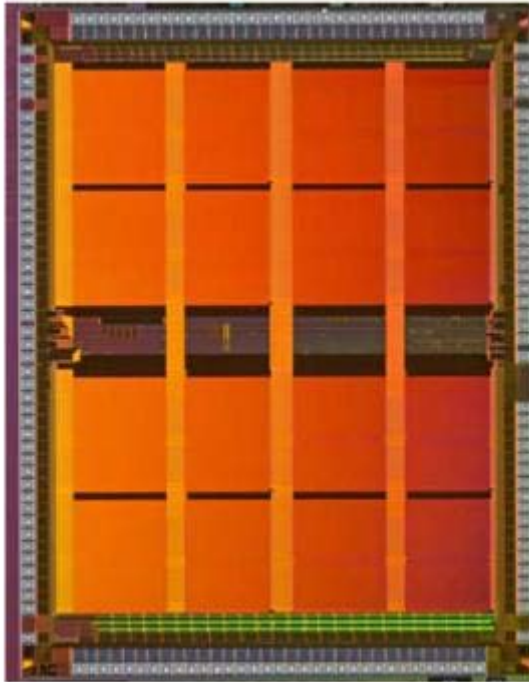
Το 2003 οι απανωτές αιτήσεις για διπλώματα ευρεσιτεχνίας της Nantero (60 τον αριθμό) τράβηξαν την προσοχή ενός μεγάλου κατασκευαστή τηλεπικοινωνιακών κυκλωμάτων, της LSI Logic. Προσφέρθηκε να βοηθήσει τη Nantero να φέρει σε γραμμή παραγωγής τη νανοσωλήνια μνήμη της, τη λεγόμενη NRAM (Nanotube Random-Access Memory). Μέσα σε μόλις εννέα μήνες είχαν ένα πρωτότυπο στα χέρια τους. Έπειτα βάλθηκαν να διαπιστώσουν την επαναληπτικότητα της διαδικασίας, τη δυνατότητα δηλαδή να έχουν αξιόπιστο μαζικό βιομηχανικό προϊόν. Στο μεταξύ, μία ακόμη εταιρεία έσπευσε να συνδράμει στην προσπάθεια της Nantero, η BAE Systems. Η συγκεκριμένη εταιρεία ενδιαφέρεται να ενσωματώσει μια ανθεκτική σε ακτινοβολίες μνήμη στα συστήματα που κατασκευάζει για τον στρατό και την αεροπορία.

Ενώσω η Nantero και οι συνεργάτες της κάνουν αγώνα δρόμου για να εμφανίσουν εμπορικό προϊόν ως το τέλος του έτους, τριάντα τουλάχιστον ακόμη επιχειρήσεις και πανεπιστήμια διεθνώς αποδύονται σε ανάλογη κούρσα νανοτεχνολογίας. Άλλοι, όπως η Nano-Proprietary Inc. και το Πανεπιστήμιο του Τέξας στο Οστιν, στοχεύουν στις νανομνήμες. Άλλοι, όπως η IBM, ποντάρουν στους μικροεπεξεργαστές με έλεγχο της στροφορμής (spintronics). Μια πρόσφατη ανακοίνωση του Πανεπιστημίου του Άρκανσο (στις 13 Δεκεμβρίου 2004) υπερθέρμανε το τοπίο: βρήκαν ότι σε χαμηλή θερμοκρασία οι νανოსωλήνες δεν πολώνονται μαγνητικά προς μια κατεύθυνση αλλά περιστρέφονται σε δίνη, χωρίς να επιδρούν ισχυρά ο ένας στον άλλον.

Θεωρητικά, αυτό επιτρέπει ως και χιλιαπλάσια χωρητικότητα μνήμης από όση περιμέναμε! Κατά την αναλύτρια αγοράς NanoMarkets, η παγκόσμια αγορά νανοηλεκτρονικών θα έχει έως το 2011 φθάσει τα 82,5 δισεκατομμύρια δολάρια![13]

4.3.2 Magnetoresistive Random Access Memory (MRAM)

Η **Magnetoresistive Random Access Memory (MRAM)** είναι μια αμετάβλητη μνήμη υπολογιστή ή non-volatile computer memory (NVRAM) η οποία είναι υπο ανάπτυξη από το 1990. Η τεχνολογία της δεν χρησιμοποιεί νανοςωλήνες όπως η NRAM αλλά μια άλλη τεχνική της νανοτεχνολογίας τα scriptonics. Έχει και αυτή πολλά πλεονεκτήματα ώστε να γίνει άξιος αντίπαλος της NRAM αλλά και των άλλων ειδών μνημών που υπάρχουν στην αγορά όπως η Flash RAM και η DRAM.



Σε σχέση με τις
υπάρχουσες μνήμες της αγοράς η

MRAM δεν αποθηκεύει δεδομένα με χρήση ηλεκτρικής φόρτισης αλλά με χρήση μαγνητικών πεδίων. Μια μνήμη MRAM περιέχει δύο μεμβράνες που φέρουν μαγνητικό πεδίο χωρισμένες από ένα λεπτό επίπεδο. Η μια μεμβράνη έχει σταθερό μαγνητικό πεδίο ενώ η άλλη αλλάζει το μαγνητικό πεδίο για να ταιριάξει σε ένα εξωτερικό πεδίο. Μια ολοκληρωμένη συσκευή MRAM περιέχει πάρα πολλά τέτοια “κελιά”.

Για να διαβάσουμε από αυτή την μνήμη μετريέται η ηλεκτρική αντίσταση κάθε κελιού. Κάθε κελί επιλέγεται από το μοναδικό του τρανζίστορ το οποίο ελέγχει και αλλάζει την μαγνητική του ιδιότητα. Η ηλεκτρική αντίσταση δαιμορφώνεται από την πολικότητα των δύο μεμβράνων.

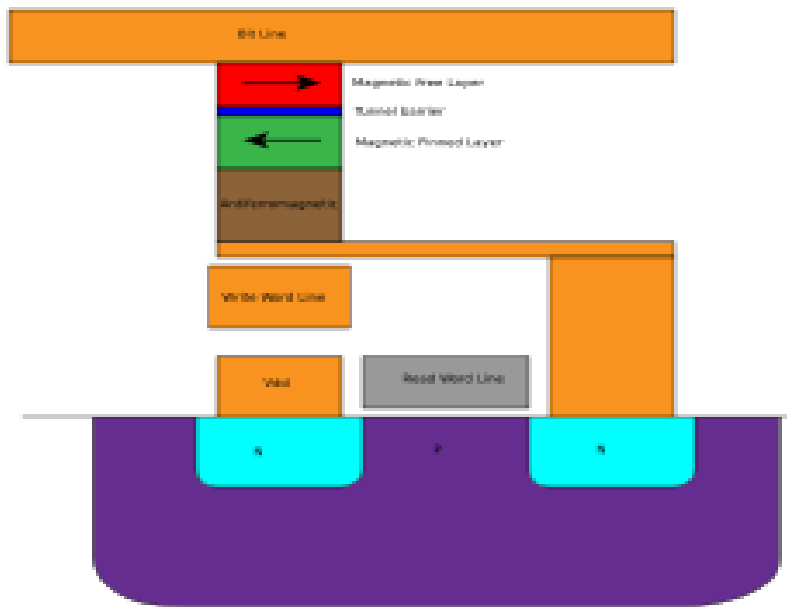
Αν η πολικότητα τους είναι ίδια τότε αυτό διαβάζεται ως “0” και η ηλεκτρική αντίσταση είναι μικρή, ενώ αν η πολικότητα τους είναι διαφορετική τότε αυτό διαβάζεται ως “1” και η ηλεκτρική τους αντίσταση είναι μεγάλη.

Τα δεδομένα γράφονται στα κελιά χρησιμοποιώντας διάφορους μεθόδους. Στην πιο απλή μέθοδο κάθε κελί είναι τοποθετημένο ανάμεσα από δύο γραμμές εγγραφής που σχηματίζουν σωστές γωνίες μεταξύ τους πάνω ή κάτω από το κελί. Όταν το ρεύμα περνάν μέσα τους, ένα προκληθέν μαγνητικό

πεδίο δημιουργείται στη σύνδεση, την οποία η εγγραφόμενη πλακέτα παίρνει. Αυτό το σχέδιο της λειτουργίας είναι παρόμοιο με τη μνήμη πυρήνων, ένα σύστημα που χρησιμοποιούταν στη δεκαετία του '60. Για να προκληθούν αυτά τα πεδία χρησιμοποιείται μεγάλο ποσό ενέργειας κάτι που είναι και το κυριότερο μειονέκτημα της MRAM. Ένα άλλο μειονέκτημα της είναι ότι όσο μικραίνει η μνήμη από μέγεθος τόσο και τα κελιά επιρεάζουν το ένα το άλλο προκαλώντας λάθη.

Μια πρόσφατη μέθοδος που ονομάζεται **spin-torque-transfer (STT)** ή **Spin Transfer Switching** χρησιμοποιεί τα spintronics και έχει πολύ καλύτερες αποδόσεις. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιεί ηλεκτρόνια με διαφορετικές καταστάσεις περιστροφής. Αναλυτικότερα αν ένα ηλεκτρόνιο που υπάρχει σε μια μεμβράνη αναγκαστεί να αλλάξει περιστροφική κατάσταση τότε κάτι τέτοιο ενεργοποιεί και τα ηλεκτρόνια σε διπλανές μεμβράνες να αλλάξουν περιστροφική κατάσταση. Με ένα τέτοιο τρόπο εξάπλωσης η μνήμη κάνει τον ίδιο χρόνο να αποθηκεύσει δεδομένα με το να τα διαβάσει.

Οι MRAM που χρησιμοποιούν STI είναι από 65 nm σε μέγεθος και ακόμη πιο μικρές. Το μόνο μέχρι στιγμής πρόβλημα της τεχνικής STI είναι ότι χρειάζεται μεγάλο τρανζίστορ για να συντηρεί τις περιστροφές των ηλεκτρονίων, όμως αυτό το πρόβλημα υπολογίζεται πως θα λυθεί σε λίγο καιρό.



Η δομή ενός κελιού μνήμης MRAM

Κατανάλωση

Από τη μεριά της κατανάλωσης η MRAM έχει μεγάλο πλεονέκτημα σε σχέση με τις υπάρχουσες τεχνολογίες. Η DRAM για παράδειγμα ανανεώνει και ξαναγράφει τα κελιά της ξεχωριστά 1000 φορές κάθε δευτερόλεπτο, καταναλώνοντας τεράστια ποσά ενέργειας σε σχέση με τη MRAM, ενώ επίσης χάνει όλα τα δεδομένα της όταν κλείσει ο υπολογιστής. Σε αντίθεση με την DRAM η MRAM δεν ανανεώνει ποτέ τα κελιά της, και κρατάει τα δεδομένα της με κλειστό τον υπολογιστή χωρίς να καταναλώνει ρεύμα. Παρόλα αυτά η MRAM για να διαβάσει δεδομένα έχει λίγο μεγαλύτερη κατανάλωση από τη DRAM, όμως σε συνολική κατανάλωση η MRAM (ειδικά αυτή που χρησιμοποιεί STI) καταναλώνει 99% λιγότερη ενέργεια.

Σε σύγκριση με την μνήμη FLASH που δεν χάνει τα δεδομένα όταν δεν έχει ρεύμα η MRAM έχει σχεδόν τις ίδιες καταναλώσεις ενέργειας στις περιπτώσεις εγγραφής και διαβάσματος δεδομένων. Όμως όταν η μνήμη FLASH θέλει να σβήσει δεδομένα ή να επανεγράψει χρειάζεται την χρήση 10V που είναι αποθηκευμένα σε ένα πυκνωτή, ενώ επίσης ο με τις πολλές

επανεγγραφές τα κελιά φθύρωνται και καταστρέφονται μέχρι την ολική αντικατάσταση της μνήμης. Η MRAM όμως δεν έχει πυκνωτή διότι δεν χρειάζεται μεγάλες τάσεις για οποιαδήποτε λειτουργία της, κάτι που την κάνει και πολύ γρήγορη στις λειτουργίες της.

Ταχύτητα

Ως ταχύτητα στη MRAM ορίζουμε τον χρόνο διαβάσματος από τα κελιά και το χρόνο γραψίματος των κελιών, δηλαδή τον χρόνο απόσπασης-μέτρησης του ηλεκτρικού φορτίου (VOLT) από τα κελιά. Ερευνητές της IBM παρουσίασαν συσκευές MRAM με χρόνο πρόσβασης στα 2 ns, δηλαδή καλύτερο και από τις πιο ακριβές DRAM φτιαγμένες για υπερυπολογιστές. Σε σύγκριση με τις μνήμες FLASH ο χρόνος διαβάσματος δεδομένων είναι ο ίδιος, όμως ο χρόνος εγγραφής είναι χιλιάδες φορές πιο γρήγορος όπως είπαμε και παραπάνω.

Η μόνη τεχνολογία που ανταγωνίζεται την ταχύτητα της είναι η SRAM. Η SRAM αποτελείται από τρανζίστορ που ελέγχονται από flip-flop (διακόπτες) για τις πιθανές καταστάσεις τους 0 ή 1. Αφού τα τρανζίστορ έχουν μικρή κατανάλωση ρεύματος ο χρόνος για τους διακόπτες είναι πολύ μικρός. Αλλά αφού κάθε κελί αποτελείται από 6 με 4 τρανζίστορ το κόστος αυτής της μνήμης είναι πολύ μεγάλο. Γι' αυτό τον λόγο οι μνήμες SRAM χρησιμοποιούνται σε μικρά ποσά κυρίως ως cache του επεξεργαστή.

Συμπεράσματα

Η μνήμη MRAM είναι σχεδόν καλύτερη από όλες τις εμπορικές μνήμες όμως ο τρόπος κατασκευής τους είναι διαφορετικός από τις άλλες μνήμες. Γι' αυτό το λόγο οι εταιρίες αποφεύγουν μέχρι στιγμή την κατασκευή τους ενώ οι μνήμες FLASH και DRAM συνεχίζουν να κατακλύζουν την αγορά. Όταν όμως οι κατασκευαστικές εταιρίες αποφασίσουν να εκμεταλλευτούν αυτή την τεχνολογία οι μέχρι στιγμής εμπορικές μνήμες θα αποσυρθούν.

Το μόνο προϊόν MRAM που κυκλοφορεί στην αγορά είναι το Freescale Semiconductor 4 Mbit που είναι φτιαγμένο με παλιά τεχνολογία στα 180 nm.[15]

4.4 Οθόνες με τεχνολογία Field emission display (FED)

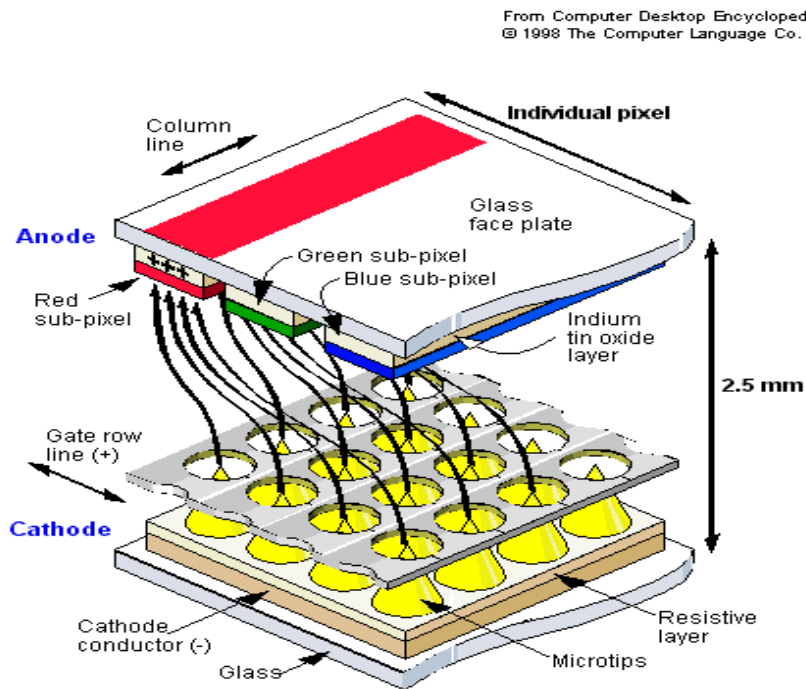
Η τεχνολογία FED είναι ένα είδους επίπεδης οθόνης που χρησιμοποιεί καθόδους πεδίων που βομβαρδίζουν με φωτόσφαιρα.

Αυτή η τεχνολογία είναι παρόμοια με την τεχνολογία “cathode ray tubes” μόνο που είναι πάρα πολύ πιο λεπτή, Αντί να χρησιμοποιεί ένα εκτοξευτή ηλεκτρονίων στην τεχνολογία FED χρησιμοποιούνται ένας μεγάλος αριθμός νανοσωλήνων από άνθρακα τοποθετημένοι πίσω από φώσφορο που εκτοξεύουν ηλεκτρόνια μέσω μίας διαδικασίας που ονομάζεται “field emission”. Λόγω του πλεονασμού εκπομπών στις οθόνες FED δεν υπάρχουν νεκρά pixels όπως στις LCD οθόνες κόμη και αν αποτύχει το 20% των εκτοξευτών. Οι οθόνες FED καταναλώνουν πολύ λιγότερη ενέργεια από τις οθόνες LCD και τις PLASMA. Παρόλα αυτά δεν υπάρχουν ακόμη μοντέλα στην αγορά τύπου FED.



Το 2001 η εταιρία Candescent επένδυσε 600 εκατομμύρια δολάρια στην παραγωγή οθονών FED με χωρίς χρήση άνθρακα μα εγκατέλειψε το έργο και πούλησε τα δικαιώματα στην Cannon τον Αυγουστο του 2004. Η Αμερικάνικη εταιρία Advance Nanotech με την υποστήριξη του πανεπιστημίου του Μπρίστολ κατασκεύασαν αντίστοιχη τεχνολογία με χρήση σκόνης από

διαμάντια. Η πρώτη οθόνη με νανοςωλήνες άνθρακα κατασκευάστηκε από την SONY το 2006.[10]



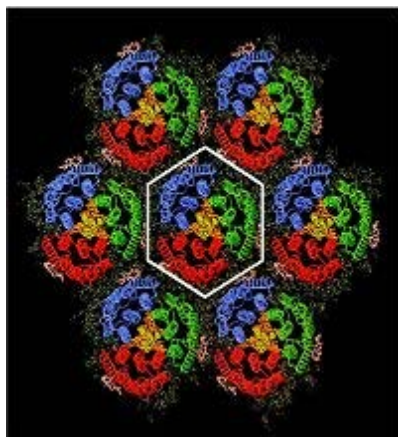
Δομή της τεχνολογίας FED



Η πρώτη FED οθόνη της SONY

4.5 Οπτικά μέσα

Ο εφευρέτης Venkatesan Renugoralakrishnan του πανεπιστημίου της Φλόριντα έχει αναπτύξει μια καινούργια τεχνολογία που χρησιμοποιεί πρωτεΐνες στα οπτικά μέσα DVD και CD για μεγαλύτερη χωρτικότητα. Ο ίδιος υποστηρίζει πως με αυτή την τεχνολογία μπορεί να αποθηκεύσει τεράστιες ποσότητες δεδομένων σε ένα cd της τάξης terabyte.



Το αστέρι στο κέντρο του DVD της εικόνας περιέχει μια πρωτεΐνη που ενεργοποιείται από το φως. Αυτή η πρωτεΐνη περιέχεται στην μεμβράνη του μικροβίου *Halobacterium salinarum*. Η πρωτεΐνη αυτή ονομάζεται βακτηριοροδοψίνη και λαμβάνει το φως και το μετατρέπει σε χημική ενέργεια. Όταν αυτή η πρωτεΐνη λαμβάνει φως το μετατρέπει σε ενδιάμεσα μόρια κάθε ένα με ξεχωριστό μέγεθος και χρώμα. Αυτή η μετατροπή κρατάει μέρες ή ώρες. Όμως ο επιστήμονας κατάφερε να αλλάξει το dna του μικροβίου ώστε η πρωτεΐνη του να κρατάει αυτή την μορφολογία για πολλά χρόνια. Ανάλογα λοιπόν τις καταστάσεις των μορίων ο επιστήμονας τις χώρισε σε ομάδες που αντιπροσωπεύουν η το λογικό 1 ή το λογικό 0.

Αυτές οι συσκευές μπορούν να αποθηκεύσουν 20 φορές περισσότερη πληροφορία από ένα blue-ray DVD δηλαδή 50.000 GB. Σε συνεργασία με την εταιρία NEC τα πρώτα μοντέλα αυτής της τεχνολογίας έχουν αρχίσει να κυκλοφορούν. Επίσης αυτή η τεχνολογία χρηματοδοτείται από τον Αμερικάνικο στρατό και την κυβέρνηση, από πολλά ινστιτούτα και πανεπιστήμια, από την Ευρωπαϊκή ένωση, όπως επίσης και από πολλές εταιρίες.[14]

4.6 Επεξεργαστές

Οι επεξεργαστές υπολογιστή είναι ίσως το μόνο στοιχείο υπολογιστή που χρησιμοποιώντας τις εφαρμογές της νανοτεχνολογίας έχουν προωθηθεί στην αγορά επιτυχώς. Από τις αρχές του 2007 κυκλοφορούν επεξεργαστές με τεχνολογία κατασκευής κάτω ή ίση με 65nm. Με απλά λόγια αυτό δηλώνει σε πόσο μικρό επίπεδο έφτασαν τα στοιχειώδη συστατικά του επεξεργαστή. Για να κατασκευαστούν κυκλώματα σε τόσο μικρά μεγέθη χρησιμοποιήθηκε η πιο παλιά τεχνική της νανοτεχνολογίας η σχεδίαση και κατασκευή κυκλωμάτων με εκτόξευση ηλεκτρονίων μέσω νανოსωλήνων. Η μέθοδος αυτή παρασκευής chips ονομάζεται φωτολιθογραφία.

Με αυτή την τεχνική υπολογίζεται ότι θα κατασκευάζονται υπολογιστές για αρκετά χρόνια ακόμη. Όμως η χρήση της νανοτεχνολογίας με τέτοιους μεθόδους δεν αποφέρει τεράστια ή την μεγιστη απόδοση. Αντί οι εταιρίες να χρησιμοποιούν τους νανοςωλήνες ως μέσο κατασκευής επεξεργαστών και λόγω της αύξησης της παρασκευής νανοςωλήνων παγκοσμίως όλο και πιο πολλές εταιρίες χρησιμοποιούν νανοςωλήνες ως συστατικό του επεξεργαστή.

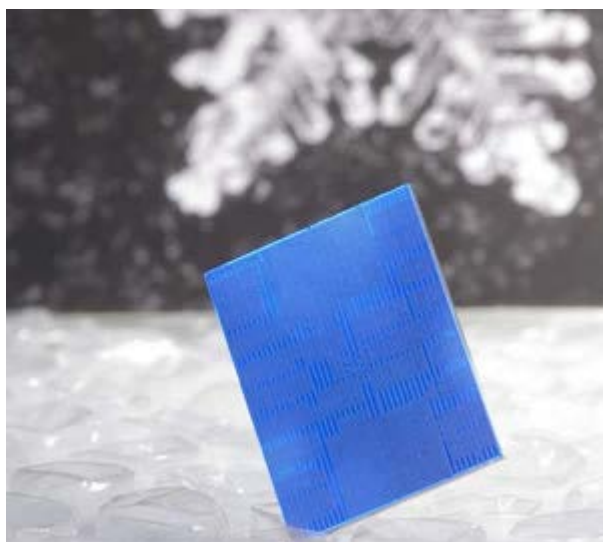


Τετραπύρυνος επεξεργαστής στα 45nm κατασκευασμένος με την μέθοδο της φωτολιθογραφίας

Επιστήμονες του πανεπιστημίου Irvine στις ΗΠΑ στις αρχές του 2007 έδειξαν με επιτυχία για πρώτη φορά ότι χρησιμοποιώντας αγωγούς από νανοςωλήνες άνθρακα μπορούν να έχουν ασύλληπτη ταχύτητα διαμεταγωγής δεδομένων που αγγίζει τα 10GHz.

Μέχρι σήμερα, ο κύριος παράγοντας καθυστέρησης στους υπολογιστές είναι όχι η εσωτερική δομή των κεντρικών chips, τα οποία είναι ταχύτατα, αλλά οι δίαυλοι δεδομένων που επιτρέπουν την επικοινωνία μεταξύ των chips και μεταξύ των chips και των modules μνήμης. Με την "παραδοσιακή" κατασκευή των ηλεκτρονικών πλακετών, προκειμένου οι κατασκευαστές να υπερπηδήσουν τα bottlenecks που επιβραδύνουν τις επεξεργαστικές λειτουργίες, επινοούν συγκεντρωτικά συστήματα όπως επεξεργαστές με πολλούς πυρήνες και μεγάλη ποσότητα on-die λανθάνουσας (cache) μνήμης, ενώ με τον ίδιο τρόπο οι κατασκευαστές chipsets γραφικών προσπαθούν να επικεντρώσουν στην πλακέτα (PCB) της κάρτας όσο περισσότερη μνήμη μπορούν για να ελαττώσουν τις μεταφορές δεδομένων με την κεντρική CPU και τη κεντρική μνήμη. Ωστόσο τώρα δίνεται η δυνατότητα για ταχύτατη επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών υποσυστημάτων χωρίς καμία απολύτως πρακτική καθυστέρηση με την χρήση αγωγών από νανοσωλήνες

Το συγκεκριμένο πείραμα του πανεπιστημίου Irvine είναι η πρώτη ολοκληρωμένη επιτυχημένη προσπάθεια συνένωσης ενός υπερταχέως διαύλου με ένα νανο-τρανζίστορ, ενώ το επόμενο βήμα θα είναι η κατασκευή ενός ολοκληρωμένου κυκλώματος που να αποτελείται εξολοκλήρου από αγωγούς νανοσωλήνων.[3]



Επεξεργαστής από νανοσωλήνες από την IBM

4.7 Ψηκτρα για υπολογιστή

Μια άλλη εφαρμογή της νανοτεχνολογίας είναι η εξέλιξη των ψηκτρών υπολογιστή με χρήση νανოსωλήνων και πιο συγκεκριμένα των θερμικών ιδιοτήτων τους. Η πρώτη ψύκτρα που χρησιμοποιεί κατευθυντικούς νανοςωλήνες άνθρακα, η **OCZ Hydrojet**, παρουσιάστηκε από την OCZ στην Computex 2007. Η επιφάνεια επαφής της ψύκτρας της OCZ είναι φτιαγμένη εξολοκλήρου από **νανοςωλήνες άνθρακα** και η εταιρεία ισχυρίζεται ότι είναι πέντε φορές πιο αποτελεσματική από τις χάλκινες.

Υλικά βασισμένα σε νανοςωλήνες άνθρακα έχει φανεί ότι άγουν περισσότερη θερμότητα από επιφάνειες με συμβατικά υλικά σε παρόμοιες θερμοκρασίες. Επιπρόσθετα, οι νανοςωλήνες άνθρακα αποτελούν βαλλιστικούς αγωγούς σε θερμοκρασίες δωματίου, που σημαίνει ότι τα ηλεκτρόνια μπορούν να περάσουν από μέσα τους **χωρίς συγκρούσεις**. Αντίθετα με τα περισσότερα θερμικά υλικά, οι νανοςωλήνες άνθρακα μεταφέρουν τη θερμότητα μόνο προς μία κατεύθυνση, ανάλογα με την ευθυγράμμιση των νανοςωλήνων.[11]



4.8 Nanowire-νανοκαλώδιο

Nanowires είναι μονοδιάστατα καλώδια που μετριοούνται στα nanometers δηλαδή η διάμετρός τους είναι λιγότερος από ακριβώς μερικά 0.000000001 μέτρα (0.000000001 το μέτρο αντιστοιχεί σε 1 nanometer που είναι γύρω από ένα χιλιοστό ενός ενιαίου σκέλους της ανθρώπινης τρίχας). Στη νανο-διάσταση, ο κβαντικός μηχανικός ισχύει δεδομένου ότι τα nanowires είναι τόσο λεπτά που η κανονική (ή νευτώνειος-κλίμακα) φυσική δεν θα μπορούσε να στηριχθεί επάνω για να εξηγήσει τη συμπεριφορά τους.[11]

Κατασκευή nanowire

Το Nanowires κατασκευάζεται από τα διαφορετικά υλικά. Κατά συνέπεια, υπάρχουν καλώδια με τις διαφορετικές ιδιότητες που έχουν αποκτηθεί από το υλικό πηγής (σ). Τα μεταλλικά nanowires γίνονται από τα μέταλλα όπως το νικέλιο, το λευκόχρυσο ή το χρυσό. Τα ημιαγωγικά nanowires γίνονται από το ημιαγωγικό φωσφίδιο πυριτίου ή ίνδιου. Η μόνωση nanowires γίνεται από τα υλικά όπως το διοξείδιο πυριτίου ή το διοξείδιο τιτανίου. Τέλος, τα μοριακά nanowires γίνονται από τα μόρια των οργανικών ή ανόργανων ουσιών.

Υπάρχουν διάφορες προσεγγίσεις στην κατασκευή nanowires, η οποία μπορεί μόνο να αναληφθεί αυτή την περίοδο υπό τους εργαστηριακούς όρους. Είναι οι ακόλουθοι:

Αναστολή

Μια μέθοδος αναστολής θερμαίνει το μέταλλο πηγής στο σημείο τήξης της, σχετικά με την άκρη ενός ανοίγοντας μικροσκοπίου ανίχνευσης (STM) στην επιφάνειά της, και έπειτα τράβηγμα του STM μακριά. Μερικά από το υλικό πηγής θα προσκολληθούν φυσικά στο STM και ένα σκέλος του πολύ λεπτού καλωδίου θα διαμορφωθεί συνεπώς. Αυτή η διαδικασία της κατασκευής nanowire είναι κάπως συγγενής να αγγίζει ένα από τα δόντια του

δίκρανό σας στο λειώνοντας τυρί και έπειτα να τραβήξει το δίκρανο μακριά θα υπάρξει ένα λεπτό σκέλος του τυριού από το πιάτο στο δίκρανό σας.

Μια άλλη μέθοδος αναστολής κάτω από το υλικό πηγής έως ότου γίνεται νανο-διαστατική. Αυτή η διαδικασία της μείωσης γίνεται μέσω της χημικής χαρακτηριστικής (όπου οι χημικές αντιδράσεις χρησιμοποιούνται για να μειώσουν το μέγεθος του υλικού πηγής) ή αν και βομβαρδισμός μορίων (όπου τα μόρια ή τα άτομα που ταξιδεύουν με τις εξαιρετικά υψηλές ταχύτητες κατευθύνονται προς το υλικό πηγής και ο αντίκτυπος μειώνει βαθμιαία το μέγεθος του υλικού).

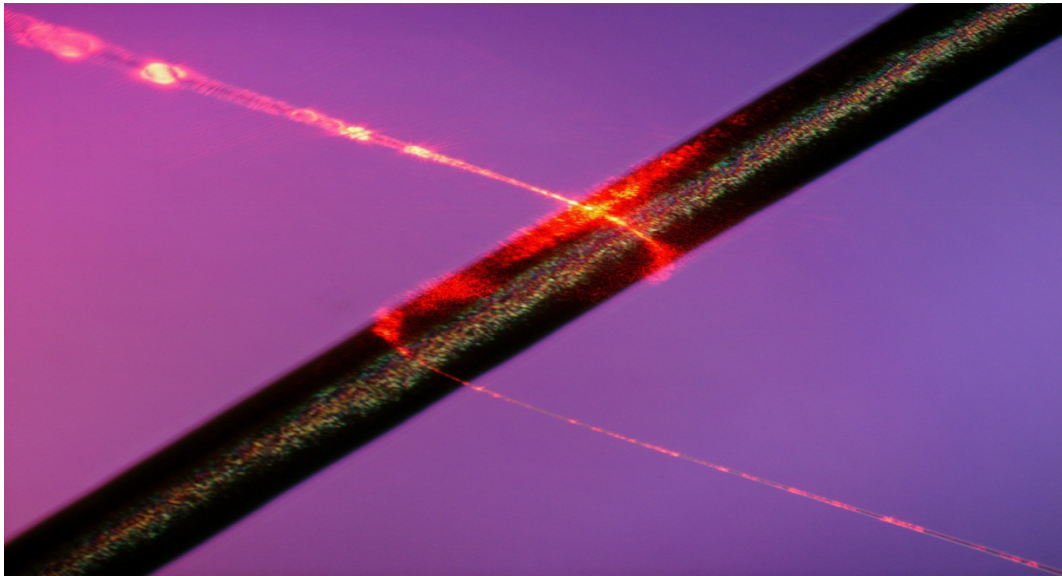
Απόθεση

Στην απόθεση, τα μόρια του υλικού πηγής κατατίθενται σε ένα υλικό ή ένα υπόστρωμα οικοδεσποτών. Παραδείγματος χάριν, ένα κατατεθειμένο μεταλλικό nanowire μπορεί να γίνει με τη λήψη ενός κομματιού των μεταλλικών ατόμων πλαστικού και έπειτα κατάθεσης στην επιφάνειά του. Τα μόρια που έχουν κατατεθεί περιλαμβάνουν το nanowire ενώ το πλαστικό παίζει μόνο "τον οικοδεσπότη" στο καλώδιο.[11]

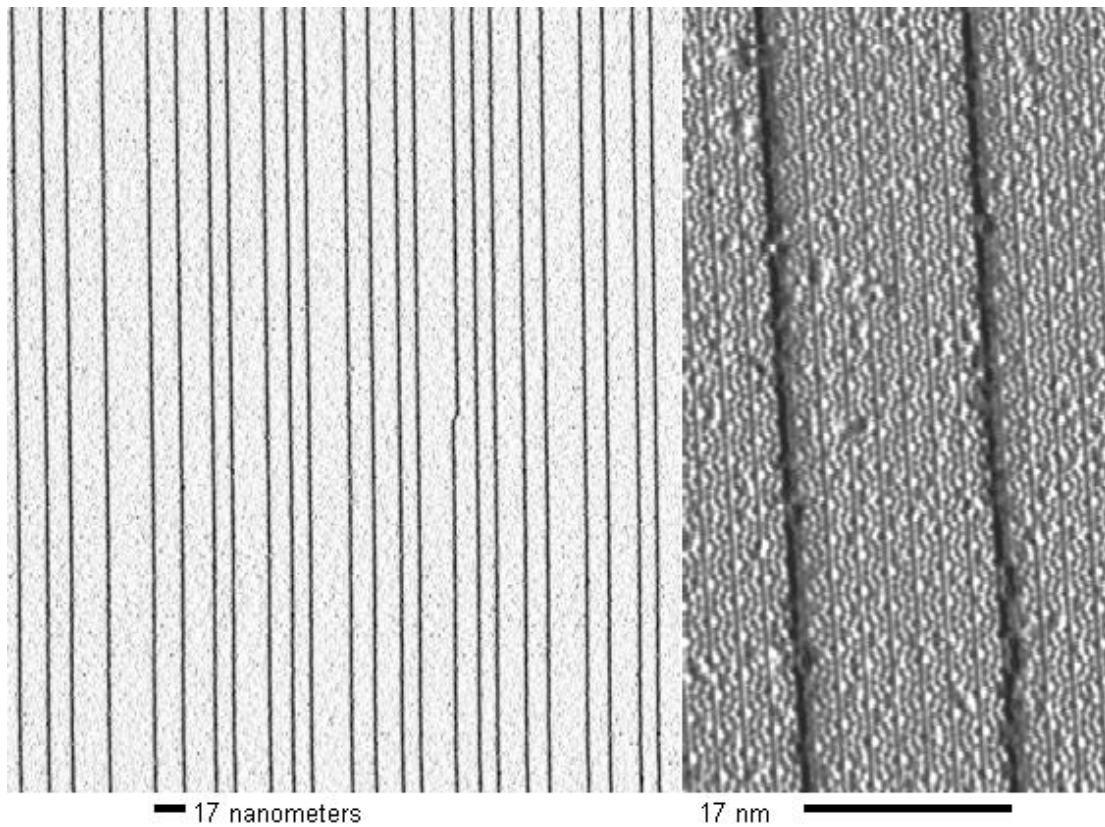
Σύνθεση

Η δημοφιλέστερη προσέγγιση είναι προς το παρόν μια διαδικασία αποκαλούμενη ατμός-υγρός-στερεά σύνθεση (VLS) που χρησιμοποιεί ένα υλικό πηγής όπως silane αέριο (ο "ατμός" - αυτό είναι μια σειρά ατόμων πυριτίου που δεσμεύονται στα άτομα υδρογόνου) και έναν καταλύτη του υγρού μετάλλου (το "υγρό" - υγρός χρυσός χρησιμοποιείται συχνά) που έχουν κατασκευαστεί ή μόνος που συγκεντρώνεται για να γίνει νανο-διαστατικός.

Αέριο εκτίθεται στον καταλύτη και αυτό αρχίζει να ενυδατώνει και να διαποτίζει τα τελευταία. Αφότου επιτυγχάνεται supersaturation, αέριο σταθεροποιεί και το καλώδιο αρχίζει να αυξάνεται. Μόλις επιτευχθεί το μήκος στόχων, η αέριο τροφή κλείνεται απλά. Το μέρος σύνθεσης της διαδικασίας έρχεται όταν εναλλάσσεται το αρχικό υλικό πηγής, σε ορισμένα διαστήματα, με άλλα υλικά για να σχηματίσει την ένωση nanowire.



Νανοκαλώδιο από σιλικόνη τυλιγμένο σε ανθρώπινη τρίχα



Νανοκαλώδιο σε μεγένθυση

4.9 Νευρωνικός υπολογιστής: Το μέλλον των computers

Το ενεργειακό κόστος λειτουργίας του ανθρωπίνου εγκεφάλου.

Ποιες είναι οι ενεργειακές απαιτήσεις του ανθρωπίνου εγκεφάλου; Πρόκειται για ένα ερώτημα που έχει απασχολήσει πολλούς επιστήμονες κατά καιρούς, ωστόσο μία «συμβατική» εξομοίωσή του, με τη χρήση κλασικών τσιπ κρίνεται ως ασύμφορη.

Ο Κουαμπέναν Μποαχέν, επιστήμονας πληροφορικής του πανεπιστημίου του Στάνφορντ, έχει εκτιμήσει πως η ενεργειακή τροφοδοσία ενός ρομπότ εφοδιασμένου με έναν επεξεργαστή ικανού να «πιάσει» τις επιδόσεις του ανθρωπίνου εγκεφάλου θα απαιτούσε 10 μεγαβάτ- ενέργεια που αντιστοιχεί σε ένα μικρό υδροηλεκτρικό σταθμό.

Ωστόσο, σύμφωνα με έρευνα που δημοσιεύτηκε στο περιοδικό Discover Magazine, υπάρχει πιο οικονομικός τρόπος: πρόκειται για τον υπολογιστή Neurogrid, ο οποίος δημιουργήθηκε από τον Μποαχέν και την ομάδα του και αφήνει κατά μέρος την ακρίβεια των ψηφιακών τρανζίστορ για ένα σύστημα που αντιστοιχεί στο «χάος» των νευρώνων, βάσει του οποίου λειτουργεί ο ανθρώπινος εγκέφαλος.

Η τάση υιοθέτησης του «χάους» έναντι της «τάξης» θα μπορούσε να φέρει μία νέα εποχή στον κόσμο των ηλεκτρονικών υπολογιστών, της οποίας βασικό χαρακτηριστικό αποτελεί η «απρόβλεπτη» λειτουργία του εγκεφάλου.

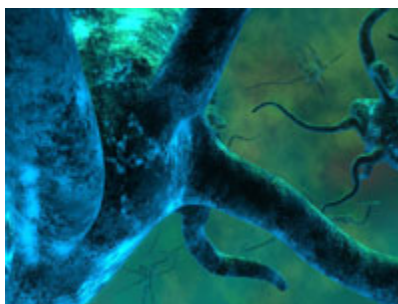
Ο Neurogrid περιέχει ένα εκατομμύριο νευρώνες (ουσιαστικά πυκνωτές αντιστοίχων επιδόσεων με ένα νευρώνα) και παρόλα αυτά χωράει σε ένα χαρτοφύλακα και για την τροφοδοσία του επαρκούν μερικές μπαταρίες D. Πρόκειται για μεγάλη πρόοδο σε σχέση με προηγούμενα συστήματα «νευρωνικών» υπολογιστών, που είχαν φτάσει μέχρι τους 45.000. Το επόμενο μοντέλο εκτιμάται πως θα έχει 64 εκατομμύρια, αντιστοιχώντας σε έναν εγκέφαλο ποντικίου.

Το νέο αυτό είδος υπολογιστή δεν βρίσκεται ακόμη σε θέση να αντικαταστήσει τα συμβατικά συστήματα- ωστόσο δεν είναι λίγοι αυτοί που θεωρούν πως θα αποτελέσει μία διέξοδο από το «νόμο του Μουρ», αποτελώντας έτσι το μέλλον των συστημάτων υπολογιστών.[16]

4.9.1 Ασαφή νευρωνικά δίκτυα

Η λύση προβλημάτων χρησιμοποιώντας προσέγγιση με ασαφή νευρωνικά δίκτυα αποτελεί ένα δημοφιλές ερευνητικό θέμα τα τελευταία έτη. Πολλά χαρακτηριστικά των ασαφών νευρωνικών δικτύων συμβάλλουν σε αυτό το φαινόμενο. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα τους έναντι των γενικών νευρωνικών δικτύων είναι η γρηγορότερη ταχύτητα σύγκλισης καθώς και το μικρότερο μέγεθος δικτύων. Επιπλέον, η προσέγγιση με ασαφή νευρωνικά δίκτυα αυτοματοποιεί τη δημιουργία των ασαφών κανόνων. Κάνει δυνατή την συνδυαστική εκμάθηση των αριθμητικών δεδομένων, καθώς επίσης και της ειδικής γνώσης που εκφράζεται ως ασαφείς if-then κανόνες. Σε σύγκριση με τα καθαρά νευρωνικά δίκτυα ήτα ασαφή συστήματα, τα ασαφή νευρωνικά δίκτυα συνδυάζουν τα πλεονεκτήματά και των δύο. Έχουν τη χαμηλού επιπέδου εκμάθηση και την υπολογιστική δύναμη των νευρωνικών δικτύων και παράλληλα παρέχουν τον συλλογισμό και την υψηλού επιπέδου ανθρώπινου τύπου σκέψη των ασαφών συστημάτων στα νευρωνικά δίκτυα.

Εντούτοις, ένα σημαντικό μειονέκτημα των υπάρχοντων ασαφών νευρωνικών δικτύων είναι ότι η περιοχή εφαρμογής τους είναι περιορισμένη στα στατικά προβλήματα λόγω της έμφυτης feedforward δομής τους. Η ανεπάρκεια εμφανίζεται για τα δυναμικά προβλήματα. Ως εκ τούτου είναι απαραίτητο ένα ανατροφοδοτούμενο ασαφές νευρωνικό δίκτυο ικανό για δυναμικά προβλήματα.



4.9.2 Ανατροφοδοτούμενα ασαφή νευρωνικά δίκτυα

Τα ανατροφοδοτούμενα ασαφή νευρωνικά δίκτυα που περιλαμβάνουν δυναμικά στοιχεία υπό μορφή συνδέσεων ανατροφοδότησης ως εσωτερικές μνήμες, έχουν προσελκύσει μεγάλο ενδιαφέρον τα προηγούμενα έτη. Σε αντίθεση με τα feedforward ασαφή νευρωνικά δίκτυα όπου η έξοδος είναι συνάρτηση των τρέχων εισόδων και περιορίζεται στη στατική απεικόνιση, τα ανατροφοδοτούμενα ασαφή νευρωνικά δίκτυα εκτελούν τη δυναμική απεικόνιση. Τα ανατροφοδοτούμενα δίκτυα χρησιμοποιούνται σε προβλήματα όπου υπάρχει τουλάχιστον μια μη παρατηρήσιμη μεταβλητή του συστήματος. Τα περισσότερα υπάρχοντα ανατροφοδοτούμενα νευρωνικά δίκτυα λαμβάνονται με την προσθήκη των εκπαιδευσιμων δυναμικών στοιχείων στα feedforward νευρωνικά δίκτυα για να κάνουν την έξοδο ιστορικά ευαίσθητη. Όπως και τα feedforward νευρωνικά δίκτυα, τα δίκτυα αυτά λειτουργούν ως μαύρα κουτιά (δεν ξέρουμε δηλαδή την έννοια κάθε βάρους και κόμβου). Τελευταία, προτείνεται η έννοια της ενσωμάτωσης της ασαφούς λογικής σε ένα ανατροφοδοτούμενο δίκτυο. Δεδομένου ότι τα ασαφή νευρωνικά δίκτυα έχουν τόσο πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα feedforward νευρωνικά δίκτυα, φαίνεται χρήσιμη η κατασκευή ενός ανατροφοδοτούμενου δικτύου βασισμένο σε ασαφές νευρωνικό δίκτυο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο ΚΒΑΝΤΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ

5.1 Η αναζήτηση του κβαντικού υπολογιστή

Το πεδίο της κβαντικής οπτικής καλύπτει τα κβαντικά φαινόμενα της αλληλεπίδρασης της ακτινοβολίας με το άτομο στην σε όλος το εύρος της. Για αυτό μας παρέχει τα εργαλεία για να δοκιμάσουμε βασικές κβαντικές ιδιότητες και έναν χώρο στον οποίο εικονοποιούμε και περιγράφουμε κβαντικά φαινόμενα τα οποία συχνά δεν μπορούμε να περιγράψουμε διαισθητικά.

Οι περισσότερες διαδικασίες της φυσικής των λέιζερ μπορούν να γίνουν κατανοητές μέσα από μία ημικλασσική περιγραφή όπου το άτομο είναι κβαντισμένο αλλά το φως το χειριζόμαστε κλασσικά. Γι' αυτό αν κοιτάξουμε την ανάπτυξη της κβαντικής οπτικής στην δεκαετία του 70 η ακόμη και την αρχή της δεκαετίας του 80, βλέπουμε ότι το μόνο φαινόμενο στο οποίο χειριζόμαστε κβαντικά το πεδίο της ακτινοβολίας, ήταν τα φαινόμενα τα οποία σχετίζονταν με την αυθόρμητη εκπομπή.

Για παράδειγμα , το φυσικό πλάτος μίας γραμμής λέιζερ μπορεί να υπολογιστεί μόνο μέσω του κβαντισμένου πεδίου. Άλλο σχετικό φαινόμενο είναι ο φθορισμός σε συντονισμό : Το φάσμα των ατόμων που διεγείρονται από μονοχρωματική δέσμη ή του φθορισμού από μοναχικά άτομα δίνει στατιστική υπό- Πουασονιανή, (sub Poissoning) και αντιομαδοποίηση (antibunching), τα οποία είναι καθαρά κβαντικά χαρακτηριστικά. Όταν οι Hanbury-Brown και Twiss, στα μέσα της δεκαετίας του 50, υπέδειξαν στους φυσικούς τη σημασία της στατιστικής των φωτονίων, η ομαδοποίηση θεωρούνταν σαν το χαρακτηριστικό της θερμικής δέσμης, ενώ η σύμφωνη δέσμη του λέιζερ παρουσιάζει κατανομή Πουασόν. Αργότερα αποδείχθηκε ότι η κβαντική θεώρηση του πεδίου ακτινοβολίας επιτρέπει την εκπομπή υπο-Πουασονιανής κατανομής ,που συνήθως αποκαλείται αντι ομαδοποίηση, επειδή τα φωτόνια αυτής της δέσμης φθάνουν σε σχεδόν ίσα χρονικά

διαστήματα και αυτό το φαινόμενο έχει παρατηρηθεί στον φθορισμό μοναχικών ατόμων.

Η κβαντική οπτική αναπτύχθηκε ραγδαία στις δεκαετίες του 80 και 90. Στα μέσα της δεκαετίας του 80 αναπτύχθηκε η κβαντική ηλεκτροδυναμική μέσα σε κοιλότητες. Ο έλεγχος της αυθόρμητης εκπομπής πραγματοποιήθηκε πειραματικά από μία ομάδα του MIT στις ΗΠΑ και μία ομάδα της Ecole Normal στο Παρίσι. Μία ομάδα στο Πανεπιστήμιο του Μονάχου κατασκεύασε μείζερ από ένα άτομο που είναι μία συσκευή καθαρά κβαντική. Ξεκινώντας από το μείζερ ενός ατόμου η αλλιώς μικρο-μείζερ, κατασκευάστηκαν συστήματα μικρο-λείζερ τα οποία ήδη έχουν πλατεία εφαρμογή στις επικοινωνίες.

Κατόπιν επιδείχθηκε η συμπίεση της ακτινοβολίας καθώς και η κβαντική μη καταστροφή, δηλαδή μία διαδικασία που επιτρέπει την ανίχνευση ενός φωτονίου χωρίς την καταστροφή του. Άλλα σημαντικά γεγονότα ήταν οι μετρήσεις κβαντικών καταστάσεων. Στην κβαντική θεωρία όλη η πληροφορία για ένα κβαντικό σύστημα περιέχεται στην κυματοσυνάρτηση του. Όμως μόλις τα τελευταία χρόνια μετά την ανάπτυξη των απαραίτητων εργαλείων στη θεωρία και το πείραμα, έγινε δυνατό να προετοιμαστεί ένα σύστημα από ένα άτομο ή φωτόνιο σε μία συγκεκριμένοι κβαντική κατάσταση.

Ένα παράδειγμα είναι η παραγωγή «συμπιεσμένων» καταστάσεων, που αναφέραμε πιο πάνω είναι ένα παράδειγμα. Η δυνατότητα να κατασκευάζονται κβαντικές καταστάσεις, προσφέρει συναρπαστικές δυνατότητες για τον έλεγχο βασικών προβλέψεων της κβαντομηχανικής. Επιπλέον υπάρχουν δυνατότητες για εφαρμογές: ειδικά σχεδιασμένα λείζερ (συμπιεσμένο φως) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για φασματοσκοπία ακριβείας λόγω της αναμενόμενης μείωσης του θορύβου.

Η συμβολή συμβαίνει στην κλασσική οπτική όταν δύο ή περισσότερα κύματα με διαφορετική φάση προστεθούν. Στην κλασσική φυσική, μόνον τα κύματα παράγουν συμβολή και όχι τα σωματίδια τα οποία δεν έχουν φάση. Αντίθετα στην κβαντομηχανική είναι γενικό χαρακτηριστικό και εμφανίζεται όταν το αποτέλεσμα της μέτρησης μπορεί να προέλθει μέσα από διαφορετικούς δρόμους τους οποίους δεν μπορούμε να απομονώσουμε και

τότε πρέπει να προσθέσουμε τα πλάτη πιθανότητας για να υπολογίσουμε το αποτέλεσμα. Έτσι τα κύματα και τα σωματίδια εμφανίζουν φαινόμενα συμβολής., στην κβαντική τους περιγραφή.

Για να κάνουμε πειράματα συμβολής, πρέπει να παράγουμε ζεύγη φωτονίων. Το 1987 ο Len Mandel και οι συνεργάτες του στο πανεπιστήμιο του Ρότσεστερ, χρησιμοποιώντας παραμετρική μετατροπή, παρήγαγαν ζεύγη φωτονίων και να μελετήσουν μία σειρά από κβαντικά φαινόμενα., όπως το φαινόμενο σήραγγας για φωτόνια, τον κβαντικό σβηστήρα και τις ανισότητες του Bell. Χρησιμοποιώντας παραμετρική μετατροπή τύπου II μπορούν να παραχθούν «μπερδεμένα» (entangled pairs) ζεύγη φωτονίων ,τα οποία αποτελούν την βάση για την κβαντική μετάδοση πληροφορίας, που θα αναφέρουμε ποίο κάτω.

Παραπέρα πρόοδος έγινε την δεκαετία του 90 , όταν ο Charles Bennet από την IBM έστρεψε το ενδιαφέρον προς την κβαντική κρυπτογραφία. Η κβαντομηχανική προσφέρει τρόπους για μετάδοση πληροφορίας που διαφέρουν ουσιαστικά από εκείνους της κλασσικής φυσικής. Φάνηκε ότι η πληροφορική και η κβαντομηχανική ταιριάζουν καλά!

Η καινούργιες επιστήμες μπορούν να χωρισθούν σε τρεις επικαλυπτόμενες περιοχές.: κβαντικός υπολογισμός, κβαντική κρυπτογραφία και κβαντική επικοινωνία.

Μία σημαντική ανακάλυψη έγινε το 1995 όταν ο Carl Wieman και ο Eric Cornell στο Πανεπιστήμιο του Κολοράντο παρατήρησαν συμπύκνωση Μπόζε-Αϊνστάιν σε αραιό αέριο που είχε ψυχθεί με λέιζερ.

Ιδιαίτερα συναρπαστική ήταν η καθαρή πειραματική απόδειξη της συμβολής ανάμεσα σε δύο συμπυκνώματα, που δείχνει ότι είναι εφικτή η δημιουργία συμφώνων κυμάτων ύλης. Αυτό δείχνει μια αναλογία με τα μείζερ και λέιζερ και γι' αυτό χρησιμοποιούμε τον όρο «ατομικό λέιζερ» για ορισμένες από αυτές τις δέσμες. Επίσης οι πρώτες ενδείξεις για μη γραμμικά φαινόμενα με κύματα ύλης, αναδεικνύουν και άλλες ομοιότητες ανάμεσα στα ηλεκτρομαγνητικά κύματα και τα κύματα ύλης.

Το πεδίο της κβαντικής οπτικής αναπτύσσεται ραγδαία, τα τελευταία χρόνια. Από την ανάπτυξη αυτή περιμένουμε νέες ανακαλύψεις και πολύ σημαντική ανάπτυξη που θα επεκτείνεται και στις τεχνολογικές εφαρμογές. Η τεχνολογία του επόμενου αιώνα θα στηρίζεται στα κβαντικά φαινόμενα, όπως η τεχνολογία του αιώνα που πέρασε στηρίζονταν στην κλασσική φυσική.[16]

5.2 Εισαγωγή στον κβαντικό υπολογιστή

Κβαντικός υπολογιστής ονομάζεται οποιαδήποτε υπολογιστική συσκευή που κάνει χρήση χαρακτηριστικών κβαντομηχανικών ιδιοτήτων, όπως η αρχή της υπέρθεσης και της διεμπλοκής καταστάσεων για να πραγματοποιεί επεξεργασία δεδομένων. Σε έναν κλασσικό υπολογιστή, στοιχειώδης μονάδα πληροφορίας πληροφορίας είναι το bit, ενώ σε έναν κβαντικό υπολογιστή το qubit.

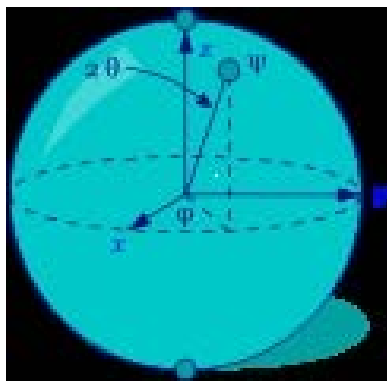
Qubit

Το κβαντικό bit, ή συνηθέστερα qubit, είναι η στοιχειώδης μονάδα κβαντικής πληροφορίας. Η διαφορά από το "κλασσικό" bit είναι ότι ενώ το bit μπορεί να πάρει μόνο μια από δύο δυνατές τιμές, (είτε μηδέν 0 είτε ένα 1) το qubit είναι μια υπέρθεση (άθροισμα) και των δύο καταστάσεων ταυτόχρονα. Όταν "μετρηθεί", το qubit "προβάλλεται" σε μία από τις δυνατές καταστάσεις: $|0\rangle$, $|1\rangle$ με ορισμένη πιθανότητα να περιέλθει σε κάθε μία από αυτές. Το άθροισμα των πιθανοτήτων είναι, βέβαια, ίσο με τη μονάδα (ή 100%).

Ας σημειωθεί ότι ένα qubit δεν είναι ισοδύναμο με ένα κλασσικό bit που έχει πιθανότητες, έστω p_1, p_2 , να είναι 0 ή 1 αντίστοιχα, ακόμη και εάν οι πιθανότητες αυτές είναι ίσες με τις αντίστοιχες του qubit να μετρηθεί στις καταστάσεις :

$|0\rangle$ και $|1\rangle$

Η διαφορά είναι λεπτή και έγκειται στο γεγονός ότι η κβαντική υπέρθεση του qubit κωδικοποιεί, εκτός από τις πιθανότητες, και μια σχετική φάση μεταξύ των δύο καταστάσεων, επιτρέποντας την εμφάνιση φαινομένων συμβολής των δύο καταστάσεων.



Spin ηλεκτρονίου

Μια αναλογία με την κυματική θα μας βοηθήσει να κατανοήσουμε τι σημαίνει αυτό: όταν δύο κύματα συναντώνται σε ένα σημείο, το αποτέλεσμα της πρόσθεσης (συμβολής) τους δεν εξαρτάται μόνο από το μέγεθος (πλάτος) του κάθε κύματος, αλλά και από την φάση στην οποία βρίσκεται. Κύματα που βρίσκονται στην ίδια φάση (κορυφή με κορυφή ή κοιλάδα με κοιλάδα) θα αλληλοενισχυθούν, ενώ κύματα σε αντίθεση φάσης (κορυφή με κοιλάδα) θα αλληλοαναιρεθούν. Κατά τον ίδιο τρόπο, όταν δύο ή περισσότερα qubit αλληλεπιδρούν σε έναν "κβαντικό υπολογισμό", έχουν σημασία οι σχετικές τους φάσεις. Οι πιθανότητες κάθε κατάστασης δεν δίνονται από τους συντελεστές, αλλά από τα τετράγωνα των συντελεστών που ορίζουν την συγκεκριμένη διαμόρφωση του qubit. (Ακριβέστερα, από το τετράγωνο των μέτρων των συντελεστών, καθώς οι συντελεστές είναι μιγαδικοί αριθμοί). Επειδή $|a|^2 + |b|^2 \neq |a+b|^2$ τα κλασικά bit δεν μπορούν να προσομοιώσουν έναν κβαντικό υπολογισμό απευθείας μέσω πιθανοτήτων (ο κβαντικός υπολογιστής μπορεί να προσομοιωθεί κλασικά, αλλά η προσομοίωση απαιτεί εκθετικά πολύ χρόνο και μνήμη όσο αυξάνεται ο αριθμός των προσομοιωμένων qubit).

Οι δύο καταστάσεις που αποτελούν τη βάση του qubit μπορούν να αντιστοιχιστούν με τις προβολές του σπιν ενός σωματιδίου με σπιν-1/2, όπως π.χ. το ηλεκτρόνιο.

Ως **κατάσταση $|1\rangle$** ορίζουμε την κατάσταση όπου το Σπιν του ηλεκτρονίου είναι "πάνω" και ως **κατάσταση $|0\rangle$** , ορίζουμε την κατάσταση όπου το Σπιν του ηλεκτρονίου είναι "κάτω".

Στην κβαντική πληροφορική, όμως, τα πράγματα δεν είναι τόσο απλά όσο στην κλασική πληροφορική. Στην κλασική πληροφορική, οι καταστάσεις είναι απόλυτα ορισμένες και γνωρίζουμε κάθε στιγμή εάν το καθένα από τα 8 bit που συνιστούν 1 byte (1 byte = 8 bit) έχει τιμή 0 ή 1. Αντίθετα, το Qubit είναι συνδυασμός των 2 καταστάσεων.

Τρόπος λειτουργίας

Στο παράδειγμά μας, το περιεχόμενο των καταλόγων qubit μπορεί να θεωρηθεί ως 8-διαστατικό σύνθετο διάνυσμα. Ένας αλγόριθμος για έναν κβαντικό υπολογιστή πρέπει να φορτώσει αυτό το διάνυσμα με κάποια διευκρινισμένη μορφή (εξαρτώμενη από το σχέδιο του κβαντικού υπολογιστή). Σε κάθε βήμα του αλγορίθμου, εκείνο το διάνυσμα τροποποιείται με τον πολλαπλασιασμό το με μια ενωτική μήτρα. Η μήτρα καθορίζεται από τη φυσική της συσκευής. Ο ενωτικός χαρακτήρας της μήτρας εξασφαλίζει ότι η μήτρα είναι αναστρέψιμη (έτσι κάθε βήμα είναι αντιστρέψιμο).

Επάνω στη λήξη του αλγορίθμου, το 8-διαστατικό σύνθετο διάνυσμα που αποθηκεύεται στον κατάλογο πρέπει να διαβαστεί κάπως μακριά από τον κατάλογο qubit από μια κβαντική μέτρηση. Εντούτοις, από τους νόμους των κβαντικών μηχανικών, εκείνη η μέτρηση θα παραγάγει μια τυχαία σειρά 3-κομματιών (και θα καταστρέψει το αποθηκευμένο τμήμα επίσης). Αυτή η τυχαία σειρά μπορεί να χρησιμοποιηθεί στον υπολογισμό της αξίας μιας λειτουργίας επειδή (από το σχέδιο) η διανομή πιθανότητας μετρημένη παραγωγής είναι λοξή υπέρ της σωστής αξίας της λειτουργίας. Από τα επαναλαμβανόμενα τρεξίματα του κβαντικών υπολογιστή και της μέτρησης της παραγωγής, η σωστή αξία μπορεί να καθοριστεί, σε μια υψηλή πιθανότητα, από την ψηφοφορία πλειοψηφίας των αποτελεσμάτων. Εν συντομία, οι κβαντικοί υπολογισμοί είναι πιθανολογικοί.[8]

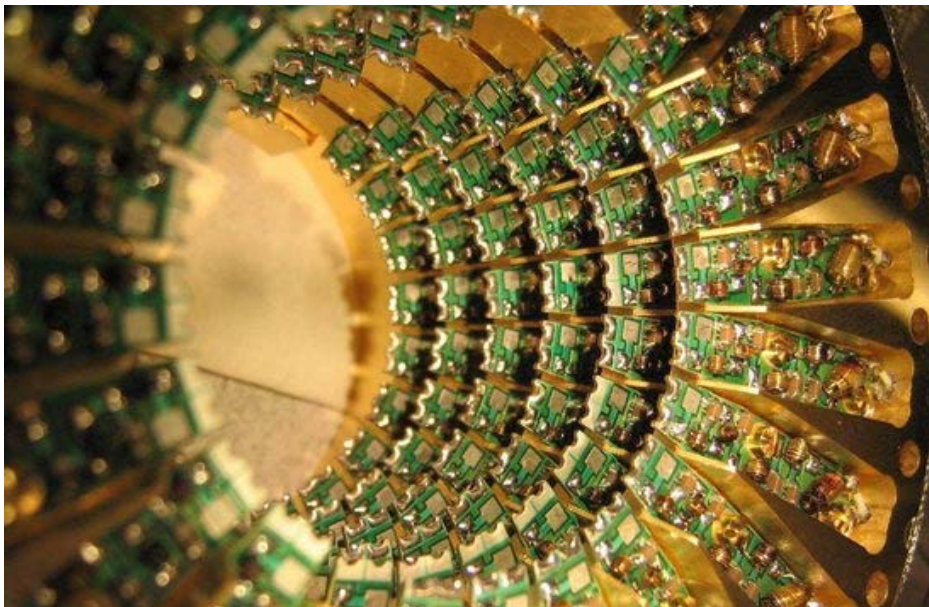
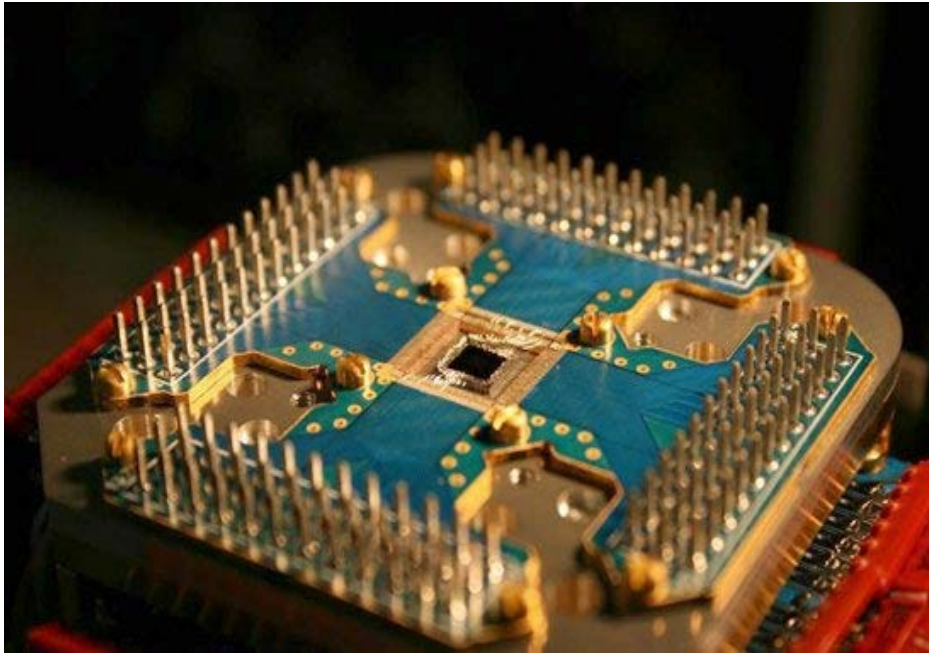
5.3 Δυνατότητες των κβαντικών υπολογιστών

Η παραγοντοποίηση ακέραιων αριθμών θεωρείται υπολογιστικά απραγματοποίητος με έναν συνηθισμένο υπολογιστή για τους μεγάλους ακέραιους αριθμούς που είναι το προϊόν μόνο μερικών πρώτων αριθμών (π.χ.,

προϊόντα δύο πρώτων αριθμών με 300 ψηφία). Ένας κβαντικός υπολογιστής θα μπορούσε να λύσει αυτό το πρόβλημα αποτελεσματικότερα από έναν κλασσικό υπολογιστή χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο Shor για να βρεί τους παράγοντες. Αυτή η δυνατότητα θα επέτρεπε σε έναν κβαντικό υπολογιστή "να σπάσει" πολλά από τα κρυπτογραφικά συστήματα σε χρήση σήμερα, υπό την έννοια ότι θα υπήρχε ένας πολυωνυμικός χρόνος (στον αριθμό bits του ακέραιου αριθμού) αλγόριθμος για το πρόβλημα.

Ειδικότερα, οι περισσότεροι αλγόριθμοι παραγωγής δημοσίων κλειδιών (ciphers) είναι βασισμένα στη δυσκολία παραγοντοποίησης των ακεραίων αριθμών, συμπεριλαμβανομένων των μορφών της RSA. Αυτοί χρησιμοποιούνται για να προστατεύσουν ασφαλείς ιστοσελίδες, το κρυπτογραφημένο ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, και πολλούς άλλους τύπους στοιχείων. Το σπάσιμο αυτών θα είχε τις σημαντικές διακλαδώσεις για την ηλεκτρονικές μυστικότητα και την ασφάλεια. Ο μόνος τρόπος να αυξηθεί η ασφάλεια ενός αλγορίθμου όπως τη RSA θα ήταν να αυξηθεί το μέγεθος του κλειδιού και να αναμένεται ότι ο αντίπαλος δεν έχει τους πόρους για να χτίσει και να χρησιμοποιήσει έναν αρκετά ισχυρό κβαντικό υπολογιστή

Μια άλλη ικανότητα των κβαντικών υπολογιστών είναι η ικανότητα τους να διαχειρίζονται βάσεις δεδομένων πολύ γρήγορα και ιδιαίτερα στο τομέα της αναζήτησης.[16]



Ο πρώτος κβαντικός υπολογιστής D-Wave

5.4 Η διαδικασία decoherence (αποσυνοχή) στα κβαντικά συστήματα

Ένας από τους ελάχιστα-κατανοητούς τομείς της φυσικής είναι το όριο μεταξύ της κβαντικής και κλασσικής μηχανικής. Η μετάβαση από το κβάντο στην κλασσική συμπεριφορά - μια διαδικασία γνωστή ως decoherence ή αποσυνοχή - έχει παρατηρηθεί πολλές φορές στα μικροσκοπικά συστήματα,

αλλά εμφανίζεται πάρα πολύ γρήγορα για να παρατηρηθεί στα μακροσκοπικά συστήματα.

Τα κβαντικά σωματίδια όπως τα ηλεκτρόνια μπορούν να είναι σε μια υπέρθεση δύο ή περισσότερων κβαντικών καταστάσεων. Αυτό σημαίνει ότι ένα ηλεκτρόνιο μπορεί, παραδείγματος χάριν, να είναι σε δύο θέσεις συγχρόνως. Εντούτοις, τα κλασσικά αντικείμενα - όπως η γάτα στο διάσημο νοητικό πείραμα του Schrodinger - σαφώς δεν μπορούν να είναι σε δύο καταστάσεις (π.χ., νεκρή και ζωντανή) συγχρόνως, ακόμα κι αν αποτελούνται εξ ολοκλήρου από κβαντικά σωματίδια όπως τα πρωτόνια, τα νετρόνια και τα ηλεκτρόνια.

Είναι όμως αδύνατο να παρατηρηθεί η μετάβαση από το κβάντο στην κλασσική συμπεριφορά στα μακροσκοπικά συστήματα, επειδή η διαδικασία αποσυνοχής εμφανίζεται σε χρονοκλίμακες που είναι πάρα πολύ μικρές για να μετρηθούν. Εντούτοις, είναι δυνατό να μετρηθεί σε συστήματα όπως είναι τα άτομα και τα ιόντα.

Μπορούμε να πούμε, επίσης, ότι η αποσυνοχή συμβαίνει όταν τα κύματα ή οι κυματοσυναρτήσεις παύουν να είναι σε συμφωνία μεταξύ τους. Η αποσυνοχή μπορεί να εξηγήσει και το παράδοξο της γάτας του Schrodinger. Σύμφωνα με την ερμηνεία των πολλών κόσμων, οι κυματοσυναρτήσεις της νεκρής και ζωντανής γάτας είναι σε αποσυνοχή, δηλαδή είναι σε ασυμφωνία φάσεως, και επομένως δεν αλληλεπιδρούν πια μεταξύ τους. Έτσι, λύνεται το πρόβλημα γιατί η γάτα είναι συγχρόνως ζωντανή και νεκρή. Η κυματοσυνάρτηση της ζωντανής γάτας και της νεκρής γάτας υπάρχουν την ίδια στιγμή, αλλά δεν αλληλεπιδρούν επειδή βρίσκονται σε αποσυνοχή. Έτσι, με την αποσυνοχή εξηγείται με απλό τρόπο το παράδοξο της γάτας χωρίς να προϋποθέτει επιπλέον παραδοχές, όπως την κατάρρευση της κυματοσυνάρτησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΕΠΙΛΟΓΟΣ

6.1 Η δύναμη της νανοτεχνολογίας

Η νανοτεχνολογία είναι μια επιστήμη που έχει να προσφέρει πάρα πολλά στον χώρο των υπολογιστών. Πρόκειται για μια τεχνολογία που με τις τεχνικές τις θα καταφέρει να χιλιαπλασιάσει την απόδοση ενός υπολογιστή αλλά και να του δώσει καινούργιες δυνατότητες.

Το πόσο σημαντική είναι η νανοτεχνολογία για το μέλλον το αποδεικνύουν και οι τεράστιες επιδοτήσεις των μεγάλων χωρών για την σωστή ανάπτυξη αυτής της τεχνολογίας. Φαίνεται πως η ανάπτυξη της νανοτεχνολογίας σε μια χώρα σηματοδοτεί και την ανάπτυξη της μελλοντικά, γι αυτό τον λόγο μια μάχη έχει ξεκινήσει για το ποια χώρα θα επικρατήσει σε αυτό τον χώρο.

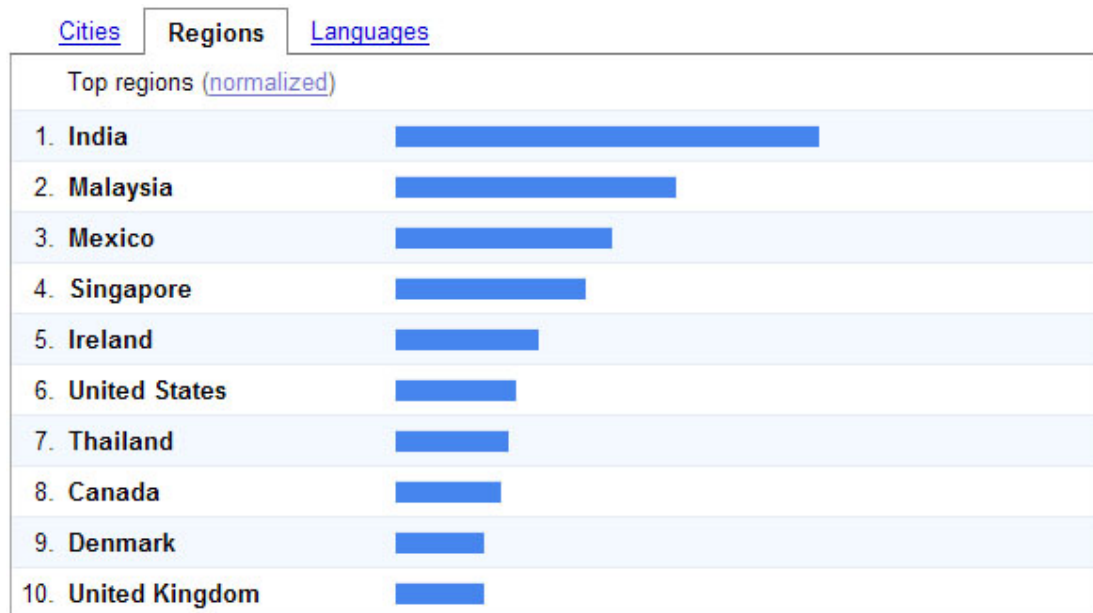
Οι υπολογιστές σίγουρα θα επωφεληθούν έναν τέτοιο ανταγωνισμό και η εξέλιξη τους φαίνεται ασταμάτητη. Οι ρυθμοί ανάπτυξης και εξέλιξης των υπολογιστών υπολογίζεται ότι θα ξεπεράσουν και τον νομο του Moore.

Όμως υπάρχουν και τεράστια συμφέροντα πίσω από την νανοηλεκτρονική στους υπολογιστές που δεν αφορούν την οικονομία και το εμπόριο νέων τεχνολογιών. Οι κβαντικοί υπολογιστές μπορούν να υπολογίζουν παραγοντοποιημένους ακέραιους με μεγάλη άνεση. Ένας τέτοιος αλγόριθμος θα μπορέσει να αποκρυπτογραφήσει σχεδόν κάθε κρυπτογραφημένη πληροφορία που υπάρχει, δίνοντας στον κάτοχο αυτού του υπολογιστή τεράστιες δυνάμεις. Επίσης με την ανάπτυξη κβαντικών τρανζίστορ και με την χρήση νανοσωλήνων η προσπάθεια εξερεύνησης του διαστήματος θα μπει σε άλλο επίπεδο.

Όλα δείχνουν πως το πρώτο κράτος που θα αναπτύξει την νανοτεχνολογία και θα έχει τους χρηματικούς πόρους να παράγει τέτοιου είδους υπολογιστικά συστήματα, θα κυριαρχήσει για τα επόμενα χρόνια.

Στο παρακάτω διαγραμμα φαίνονται οι χώρες που αναπτύσσουν και κατευσκευάζουν περισσότερο νανοτεχνολογικά συστήματα. Παρατηρούμε

πως οι πιο μεγάλες και ήδη αναπτυγμένες χώρες δεν εμφανίζονται στις πρώτες θέσεις, ενώ χώρες που θεωρούνται ασήμαντες από πολλούς είναι τεχνολογικά πολύ ανώτερες. Η Ινδία που βρίσκεται στην πρώτη θέση έχει τριπλάσιους πόρους ακόμη και από την Αμερική που βρίσκεται στην έκτη θέση. Ίσως αυτό το διαγραμμα καθορίσει και τις μελλοντικές κυρίαρχες χώρες.



Μια τεχνολογία τόσο ισχυρή που θα υλοποιεί αληθινά «θαύματα» όπως βιομηχανική παραγωγή στο σπίτι, επισκευή κυττάρων, τεχνητή νοημοσύνη, φτηνά διαστημικά ταξίδια, καθαρή και άφθονη ενέργεια, ακόμα και αποκατάσταση του περιβάλλοντος.

Μια τεχνολογία τόσο καθολική, που θα προσφέρει τα οφέλη της σε όλη την ανθρωπότητα, τόσο θεμελιακή που θα αλλάξει ριζικά τα οικονομικά και πολιτικά συστήματά μας και τόσο επικείμενη, που πολλοί από μας θα γνωρίσουμε τον αντίκτυπό της στη διάρκεια της ζωής μας: αυτή είναι η υπόσχεση της νανοτεχνολογίας.

Η νέα αυτή τεχνολογία αιχμής του 21ου αιώνα (η οποία ονομάζεται και «μοριακή βιομηχανική παραγωγή») βασίζεται στην ιδέα ότι οποιαδήποτε χημικά γνωστή δομή, μπορεί να κατασκευαστεί. Ως βιομηχανική διαδικασία

"από κάτω προς τα πάνω" (bottom-up procedure) αντιπροσωπεύει μια ριζοσπαστικά διαφορετική προσέγγιση από όλες τις προηγούμενες τεχνολογίες. Κάθε επιθυμητό αντικείμενο ή δομή θα δημιουργείται άτομο προς άτομο, αντίθετα από τις υπάρχουσες τεχνολογίες μαζικής διαμόρφωσης της ύλης. Απαραίτητη προϋπόθεση για τη συναρμολόγηση δομών σε ατομικό επίπεδο είναι η ανάπτυξη μοριακών συναρμολογητών (molecular assemblers), δηλαδή μικροσκοπικών προγραμματιζόμενων ρομπότ ικανών να προσφέρουν επακριβείς χημικούς δεσμούς. Εξοπλισμένοι με τη δυνατότητα αναπαραγωγής, οι νανοσυναρμολογητές θα διαθέτουν μοναδική αποτελεσματικότητα για τη δημιουργία των επιθυμητών προϊόντων και θα κρατούν έτσι το κόστος παραγωγής πολύ χαμηλά - λίγο παραπάνω από το κόστος της ενέργειας και των πρώτων υλών. Αυτές οι γρήγορες, φτηνές και επακριβείς βιομηχανικές δυνατότητες θα έχουν συγκλονιστικές επιπτώσεις σε κοινωνικό επίπεδο και θα ανοίξουν την πόρτα σε αδιανόητα μέχρι σήμερα ενδεχόμενα. Αλλά και σε νέους, ίσως, εφιάλτες.[3]

Οι μεγάλες επιτυχίες της σημερινής επιστήμης και μηχανικής είναι στενά δεμένες με την αυξανόμενη κατανόηση του σύμπαντος σε ολοένα και μικρότερες κλίμακες και βασίζονται στη γνώση της κβαντομηχανικής και των ηλεκτρικών δυνάμεων ανάμεσα στα άτομα και τα μόρια. Παρόλα αυτά, ο ατομικός μικρόκοσμος παραμένει μυστηριώδης, καθώς απέχει έξι ή επτά τάξεις μεγέθους από την ανθρώπινη αντιληπτική ικανότητα.

Τα μάτια μας μπορούν να διακρίνουν λεπτομέρειες χιλιοστομετρικής κλίμακας (10⁻³m), αλλά τα μόρια βρίσκονται στη νανομετρική κλίμακα (10⁻⁹m) και τα άτομα, που είναι ακόμα μικρότερα, βρίσκονται στην κλίμακα Angstrom (10⁻¹⁰m). Το μεσαίο νανομετρικό έδαφος (10⁻⁹m) θεωρείται η περιοχή της ύλης και ο τρόπος οργάνωσής της έχει πολύ μεγάλη σημασία: τα άτομα του άνθρακα όταν είναι τοποθετημένα κατά ένα συγκεκριμένο τρόπο μας δίνουν το φτηνό κοινό γραφίτη, ενώ με μια διαφορετική τοποθέτηση φτιάχνουν πολύτιμα διαμάντια.

Το αρσενικό από μόνο του αποτελεί θανάσιμο δηλητήριο, αλλά ενσωματωμένο στην κρυσταλλική δομή του γαλλίου αποτελεί τη βάση ακριβών

ημιαγωγών. Τα PCB και άλλα τοξικά απόβλητα μπορούν να γίνουν αβλαβή ή ακόμα και να ανακυκλωθούν σε χρήσιμες ύλες αν ανασυντεθεί η μοριακή δομή τους. Λίγα άτομα που απουσιάζουν από ένα ένζυμο ή μερικές λανθασμένες βάσεις στο γενετικό μας κώδικα μπορούν να δημιουργήσουν χάος στην υγεία μας. Έτσι, η ανακατάταξη και ο ανασυνδυασμός των ατόμων έχει κρίσιμη και ρυθμιστική σημασία για την ανθρώπινη ζωή. Κάτω απ' αυτό το πρίσμα, μπορεί κανείς να δει τις ασύλληπτες δυνατότητες της νανοτεχνολογίας, η οποία μας προσφέρει τον τελικό έλεγχο πάνω στην ύλη.

Μέχρι σήμερα, όλες σχεδόν οι τεχνολογίες μας ανήκουν στην κατηγορία «από πάνω προς τα κάτω» ή αλλιώς «χονδρικής διαμόρφωσης της ύλης». Δηλαδή, οι πρώτες ύλες ανασύρονται με μεγάλο κόστος από μεταλλεία, δάση ή χωράφια, μεταφέρονται σε χυτήρια, αποστακτήρες και άλλα κέντρα κατεργασίας και ύστερα σε εργοστάσια για να συναρμολογηθούν σε προϊόντα πριν διανεμηθούν στις αγορές.

Σε κάθε φάση, η ύλη καθαρίζεται, κόβεται, λιώνεται, αποστάζεται και γενικά υφίσταται μια όλο και λεπτότερη κατεργασία. Και κάθε φάση κοστίζει συνήθως πιο ακριβά από την προηγούμενη, ενώ προκαλεί περιβαλλοντική καταστροφή στη γη και τα οικοσυστήματα με τα συνήθη απόβλητά της.

Η νανοτεχνολογία, από την άλλη πλευρά, είναι μια τεχνολογία «από κάτω προς τα πάνω». Κάθε επιθυμητό προϊόν μπορεί να παραχθεί κατευθείαν, άτομο προς άτομο ή μόριο προς μόριο. Οι αναγκαίες πρώτες ύλες και ενέργεια δεν χρειάζεται να συγκεντρωθούν από μακρινές πηγές. Αντίθετα, κάθε πρόσφορο υλικό, όπως χώμα, σκουπίδια ή ακόμα και ο αέρας, μπορεί να διασπαστεί στα συστατικά του άτομα και να ανασυντεθεί σε χρήσιμα προϊόντα με τους μοριακούς συναρμολογητές της νανοτεχνολογίας.

Ο ήλιος και πολλά βιολογικά υλικά μπορούν να γίνουν πηγές ενέργειας, επιτρέποντας έτσι την απεξάρτηση από το πετρέλαιο ή το ουράνιο. Η νανοτεχνολογία θα είναι επακριβής σε επίπεδο ατόμων, δηλαδή οτιδήποτε κατασκευασμένο με νανοτεχνολογία θα πρέπει να έχει κάθε άτομο στη σωστή θέση. Θα φτιάχνει δομές συνεπείς προς τους νόμους της φυσικής, τις οποίες θα καθορίζουμε στο επίπεδο της ατομικής λεπτομέρειας και τα προϊόντα της

θα είναι φτηνά, με ένα συνολικό κόστος σχεδόν ίσο με τις ποσότητες ύλης και ενέργειας που θα χρησιμοποιείται. Για να μπορούν να ικανοποιούνται τα τρία αυτά κριτήρια, χρειαζόμαστε επακριβή έλεγχο θέσης και αυτό-αναπαραγωγή. Οι γενικοί μοριακοί συναρμολογητές, που πρώτος εισήγαγε ο Dr. Eric Drexler θα τα προσφέρουν και τα δύο.

Στην πιο στοιχειώδη του μορφή, ένας συναρμολογητής θα αποτελείται από ένα μοριακό βραχίονα χειρισμού και ένα nano-computer. Ο προγραμματιζόμενος nano-computer θα είναι σε θέση να δέχεται εντολές και να κατευθύνει το βραχίονα χειρισμού για να τοποθετήσει το σωστό άτομο (ή μόριο) στην επιθυμητή θέση με τον επιδιωκόμενο προσανατολισμό, προσφέροντας έτσι επακριβή έλεγχο ως προς τα σημεία των χημικών αντιδράσεων. Συνδέοντας άτομα ή μόρια μεταξύ τους, ο συναρμολογητής θα μπορεί να προσφέρει την οποιαδήποτε αναγκαία ενέργεια (αν η αντίδραση συμβαίνει να μην είναι ενεργειακά ισχυρή) μέσω φυσικής δύναμης, εξασφαλίζοντας έτσι μηχανοσύνθεση, σε αντίθεση με τους παραδοσιακούς τρόπους χημικής σύνθεσης σε διαλύματα.

Στην πραγματικότητα, ένας μοριακός συναρμολογητής μπορεί να θεωρηθεί ως ο τελικός χημικός καταλύτης, που θα μπορεί να προκαλέσει οποιαδήποτε φυσικώς επιτρεπτή χημική αντίδραση. Η ικανότητα αυτή, συνδυασμένη με ένα χημικώς αποδεκτό υπόδειγμα, θα επιτρέπει να κατασκευαστούν άτομο προς άτομο και μόριο προς μόριο μεγάλες δομές με υψηλή ατομική ακρίβεια. [5]

Εξίσου σημαντική θα είναι η ικανότητα των συναρμολογητών να κατασκευάζουν αντίγραφα του εαυτού τους, γεγονός που θα μειώνει δραματικά το χρόνο και το κόστος της παραγωγής.

Αναμφίβολα, προκύπτουν πολλά ερωτήματα για τις ιδέες της νανοτεχνολογίας και των μοριακών συναρμολογητών. Ως προς το ερώτημα της δυνατότητας υλοποίησής τους, αξίζει να θυμόμαστε ότι η βιολογία λειτουργεί δισεκατομμύρια χρόνια με φυσικώς εξελιγμένη μοριακή παραγωγή. Η νανοτεχνολογία θα είναι μια εξέλιξη και επέκταση του πώς εργάζεται η φύση σε μοριακή κλίμακα.

Τα παραδείγματα της φύσης δίνουν τις απαντήσεις σε πολύ βασικά ερωτήματα: Μπορούν να δομηθούν μακροσκοπικά αντικείμενα από διαδικασίες μοριακής κλίμακας; Ναι, χάρη στην ασυμπτωτική ανάπτυξη. Είναι σταθερά τα μοριακά αντικείμενα; Ευτυχώς για μας, είναι. Τι γίνεται με τα κβαντικά φαινόμενα; Είναι σαφές ότι δεν αποκλείουν τις μοριακές δομές. Στην πραγματικότητα, ίσως μας βοηθήσουν να φτιάξουμε εξαιρετικά γρήγορους nano-computer, αντί αυτών που διαθέτουμε σήμερα.

Η πρώτη κρίσιμη εξέλιξη που απαιτείται είναι η ανάπτυξη του γενικού μοριακού συναρμολογητή. Το πιο πιθανό σενάριο είναι ότι αρχικά θα κατασκευάσουμε απλά μηχανικά εξαρτήματα, ύστερα θα τα συνδυάσουμε σε ένα όλο και πιο πολύπλοκο σύνολο μέχρι τελικά να φτάσουμε στον συναρμολογητή. Τα βασικά εξαρτήματα, όπως μοριακές ράβδοι, γρανάζια, ρουλεμάν και σύνδεσμοι, είναι ήδη πραγματικότητα (ή πολύ κοντά στο να γίνουν) μέσω της χημείας και της μηχανικής πρωτεϊνών και στο κοντινό μέλλον θα συναρμολογηθούν με ακρίβεια μέσω της τεχνολογίας αναλύσεων εξ επαφής.

Ο συνδυασμός των τριών αυτών τεχνολογιών, θα ανοίξει το δρόμο για τον γενικό συναρμολογητή. Η νανοτεχνολογία θα είναι το αποκορύφωμα ενός επίμονου στόχου της επιστήμης: του αυξανόμενου ελέγχου πάνω στην ύλη με ολοένα και καλύτερα εργαλεία. Όπως είπε ο Feynman στην προφητική του ομιλία το 1959, "υπάρχει πολύ χώρος στον πάτο". Ο διάσημος Νομπελίστας αισθανόταν από τότε ότι η ικανότητά μας να κάνουμε κάτι τέτοιο είναι "μια εξέλιξη που δεν μπορούμε να αποφύγουμε".[6]

6.2 Η υπόσχεση της Νανοτεχνολογίας

Μετά από έξι δεκαετίες, η υπόσχεση της νανοτεχνολογίας είναι πολύ κοντά στην υλοποίησή της και προσωπικά πιστεύω ότι πολλοί από μας θα γίνουμε μάρτυρες ενός ασύγκριτου, πρωτοφανούς και απόλυτου ελέγχου της ύλης, με ασύλληπτες κοινωνικο-οικονομικές συνέπειες.

Η νανοτεχνολογία θα αλλάξει ριζικά τη βιομηχανία, τα computers, την ιατρική, την εκπαίδευση, τις μεταφορές, τις επικοινωνίες και την ψυχαγωγία -

κυριολεκτικά, κάθε τομέα της ζωής, αλλά και την ίδια τη δομή του οικονομικού και πολιτικού μας συστήματος. Πολύ πριν τη δύση του αιώνα μας, η νανοτεχνολογία θα μπορέσει να σπάσει τις αλυσίδες της σπατάλης και της εκμετάλλευσης, καθώς δεν θα υπάρχει πια ανάγκη για πρώτες ύλες και φτηνή εργασία. Σχεδόν τα πάντα, θα είναι εφικτό να κατασκευαστούν από τον άφθονο άνθρακα που υπάρχει στο περιβάλλον. Οτιδήποτε θα μπορεί να διαλυθεί στα συστατικά του άτομα και να ανασυντεθεί σε άλλο - δηλαδή ανακύκλωση 100%.

Οι περισσότερες μορφές σπανιότητας θα έχουν πολύ λίγη σημασία σε μια κοινωνία νανοτεχνολογίας, ιδιαίτερα όταν οι αποικίες στο διάστημα θα ανακουφίσουν τον πλανήτη από τις πληθυσμιακές πιέσεις.

Με αυτό-αναπαραγόμενους συναρμολογητές να πραγματοποιούν την παραγωγή, το κόστος θα είναι ελάχιστο, η ανάγκη για ανθρώπινη εργασία σχεδόν θα εξαφανισθεί και μόνο η εργασία για προγράμματα και σχεδιασμό θα αποτελεί κόστος στον επερχόμενο νανοτεχνολογικό κόσμο. Η οικονομική αποκέντρωση θα ήταν μια άλλη μεγάλη θετική συνέπεια, καθώς οι συναρμολογητές θα μπορούσαν εύκολα να κάνουν την παραγωγή μια φορητή υπόθεση.

Αποσυνδέοντας τις υλικές μας ανάγκες από μακρινούς τόπους και κατακτώντας την απόλυτα καθαρή βιομηχανική παραγωγή, η εντελώς αντιδημοκρατική τάση των τελευταίων αιώνων, που συγκεντρώνει την τεχνολογία και τον πλούτο στα χέρια λίγων, θα μπορούσε να ανατραπεί ταχύτατα. Με την οικονομική αποκέντρωση θα ήταν δυνατό να επέλθει και η πολιτική και γεωγραφική αποκέντρωση, που θα άνοιγε – επιτέλους - ευκαιρίες για μια δημοκρατία με νόημα.

Βεβαίως, οι τεράστιες αυτές αλλαγές θα είχαν απρόβλεπτες επιπτώσεις στην κοινωνία, καθώς η νανοτεχνολογία θα έλυνε μεν τα παραδοσιακά προβλήματα της φτώχειας και της πείνας, αλλά ενδεχομένως θα δημιουργούσε καινούργια προβλήματα πλήξης, απληστίας και ίσως ένα νέο είδος εκμετάλλευσης, διαιωνίζοντας την εδώ και χιλιάδες χρόνια κυριαρχία των λίγων ελίτ πάνω στις μάζες. Ίσως όμως, όταν οι άνθρωποι απελευθερωθούν

από τις υλικές ανάγκες, να μπορέσουν να κατευθύνουν τις προσπάθειές τους στην καλύτερη κατανόηση του εαυτού τους και στη δημιουργία ενός κόσμου πιο δίκαιου και πιο πολιτισμένου από τον σημερινό.[4]

6.3 Κίνδυνοι της νανοτεχνολογίας

Η νανοτεχνολογία ασχολείται με μικρό-σωματίδια που βρίσκουν ήδη εφαρμογές στην κοσμητική ιατρική, τη μηχανική αλλά και σε πρωτότυπες λύσεις στην καθημερινή ζωή. Όμως, πρόσφατες μελέτες επισημαίνουν επίσης ότι μερικά από αυτά τα σωματίδια που τελευταία χρησιμοποιούνται στη μηχανική, μπορεί να προκαλέσουν καρκίνο στον ανθρώπινο οργανισμό. «Θα πρέπει να αναγνωρίσουμε ότι θα γίνουν λάθη και θα υπάρξουν κίνδυνοι», είπε ο καθηγητής, Χάρι Κρότο, νικητής του βραβείου Νόμπελ Χημείας το 1996. «Από την άλλη, τα οφέλη από τη χρήση νανοτεχνολογίας μπορεί να είναι τεράστια. Για μένα είναι η επιστήμη του 21ου αιώνα».

Σύμφωνα με τους επιστήμονες, η πραγματοποίηση εργασιών σε Τόος μικρή κλίμακα μπορεί να οδηγήσει στην κατασκευή νανομηχανών από άτομα, με τον ίδιο τρόπο που η ζωή ξεκινά από ένα μόνο κύτταρο.

Μερικοί επιστήμονες χρησιμοποιούν ήδη τη νανοτεχνολογία για να προσθέσουν μικρά σωματίδια ασημιού, γνωστού για τις αντιβακτηριδιακές του ιδιότητες, σε ξυράφια, χώρους αποθήκευσης φαγητού και αντι-αλλεργικές κάλτσες. Κάποιοι άλλοι εκμεταλλεύονται τις ασυνήθιστες συνθήκες που επικρατούν σε τέτοια κλίμακα. Για παράδειγμα, άτομα άνθρακα διαμορφώνονται, σε συνθήκες εργαστηρίου, σε σχήμα σωλήνα τα οποία είναι 100 φορές πιο δυνατά από το ατσάλι, ζυγίζοντας μόλις το ένα έκτο του.

Το πρόβλημα με αυτά τα σωματίδια είναι ότι μπορεί να αποδειχθούν επιβλαβή για τον ανθρώπινο οργανισμό, αν και οι επιστήμονες λένε ότι θα χρειαστεί να περάσουν χρόνια για να διαπιστωθεί κάτι τέτοιο. Τα νανოსωματίδια είναι τόσο μικρά που μπορούν να διαπεράσουν τη μεμβράνη του κυττάρου αλλά ταυτόχρονα έχουν μέγεθος ικανό να μεταφέρει στο DNA ξένο υλικό.

Ακόμη δεν έχουν πραγματοποιηθεί μακροχρόνιες μελέτες πάνω στο θέμα, όμως έχει διαπιστωθεί ανάπτυξη καρκίνου στον εγκέφαλο ψαριών που τους τοποθετήθηκαν νανοσωματίδια άνθρακα. Επιπλέον, ποντίκια που εισέπνευσαν τέτοια νανοσωματίδια παρουσίασαν προβλήματα στους πνεύμονες. «Δεν υπάρχει σίγουρος λόγος να πιστέψουμε ότι τα νανοσωματίδια θα είναι επικίνδυνα», σχολίασε ο Τζον Μπάλντους, επικεφαλής επιστήμονας της Περιβαλλοντικής Άμυνας, μιας ομάδας δημόσιας πολιτικής. «Ωστόσο θα πρέπει να είμαστε επιφυλακτικοί εξαιτίας της δυνατότητας να διεισδύσουν στο σώμα σε σημεία που τα σημερινά χημικά δεν μπορούν να φτάσουν».

Η χρηματοδότηση των ΗΠΑ στον τομέα έχει τριπλασιαστεί από το 2001, ενώ περιβαλλοντικές οργανώσεις παραπονιούνται ότι δεν έχουν ληφθεί απαραίτητα μέτρα προστασίας του περιβάλλοντος από αυτές τις έρευνες και τα πειράματα. «Καλούμε την κυβέρνηση να επενδύσει περισσότερα χρήματα στην ασφάλεια, την υγεία και την περιβαλλοντική έρευνα ώστε τα προϊόντα που θα παραχθούν να είναι ασφαλή», εξήγησε ο Ίαν Ιλουμινάτο, μέλος της περιβαλλοντικής οργάνωσης Φίλοι της Γης. Η Επιτροπή Ποτών και Φαρμάκων των Ηνωμένων Πολιτειών ανακοίνωσε τον Ιούλιο ότι τα φάρμακα, καλλυντικά και άλλα προϊόντα που κατασκευάζονται με τη χρήση νανοτεχνολογίας δεν απαιτούν ειδικές διαδικασίες παραγωγής ή σήμανση στη συσκευασία τους, εξαιτίας της έλλειψης επιστημονικών αποδείξεων για τις πιθανές βλαβερές επιπτώσεις τους στην υγεία.

Όμως, όπως κάθε τεχνολογία αιχμής, η νανοτεχνολογία έχει αμυντικό ή επιθετικό χαρακτήρα, καθώς και θετικές ή αρνητικές συνέπειες. Κρύβει κινδύνους, αλλά παρουσιάζει και πλεονεκτήματα.

Είναι γεγονός ότι η νέα επιστήμη έχει επηρεάσει τη ζωή μας και πρόκειται να την αλλάξει πολύ περισσότερο στο άμεσο μέλλον. Θα δούμε πράγματα θαυμαστά και τρομακτικά. Θα απολαύσουμε ανέσεις και θα αντιμετωπίσουμε κινδύνους. Όπως και να έχει, η νανοτεχνολογία έχει ήδη μπει στη ζωή μας και συνεχίζει ακάθεκτη την πορεία της. Το δικό μας χρέος είναι να ενημερωθούμε γι' αυτή και να την αντιμετωπίσουμε όσο πιο υπεύθυνα γίνεται,

χωρίς να κρυβόμαστε πίσω από τα σενάρια επιστημονικής φαντασίας και αβάσιμους φόβους, αλλά και χωρίς να αγνοούμε τους κινδύνους που ενέχει. Προετοιμαστείτε, λοιπόν, γιατί ο νέος νανόκοσμος περιμένει.[10]

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Michael Crichton, «ΘΗΡΑΜΑ», εκδόσεις «BELL», σελ.12-13, έτος έκδοσης 2003
- [2] http://europa.eu.int/comm/research/leaflets/nanotechnology/index_el.html
- [3] http://europa.eu.int/comm/research/leaflets/nanotechnology/index_el.html
- [4] http://europa.eu.int/comm/research/leaflets/nanotechnology/index_el.html
- [5] <http://www.physics4u.gr/news/2004/scnews1625.html>
- [6][http://science.howstuffworks.com/framed.htm?parent=nanotechnology.htm](http://science.howstuffworks.com/framed.htm?parent=nanotechnology.htm&url=http://www.actionbioscience.org/newfrontiers/merkle.html)
&url=<http://www.actionbioscience.org/newfrontiers/merkle.html>
- [7] www.eap-forums.gr
- [8] www.physics.gr
- [9] Περιοδικό “Discovery & Science”, τεύχος 4, Σεπτέμβριος 2005, σελ. 22,
ISSN:1790-3726
- [10] Περιοδικό “Discovery & Science”, τεύχος 7, σελ. 89-96 Δεκέμβριος 2005,
ISSN:1790-3726
- [11] Advances In Nanoengineering: Electronics, Materials, Assembly (2007)
- [12] CMOS biotechnology (2007)
- [13] Environmental nanotechnology: applications and impacts of
nanomaterials (2007)
- [14] Managing Nano-Bio-Info-Cogno Innovation: Converging Technologies in
Society (2006)
- [15] Nano-hype: the Truth Behind the Nanotechnology Buzz (2006)
- [16] Nanomaterials For Medical Diagnosis and Therapy (2007)

[17] Nanotalk: Conversations with Scientists and Engineers About Ethics, Meaning and Belief in the Development of Nanotechnology (2006)

[18] Nanotechnology: Understanding Small Systems (2007)