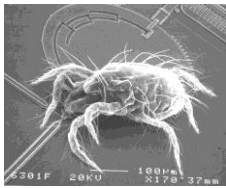


# Η κλίμακα των αντικειμένων

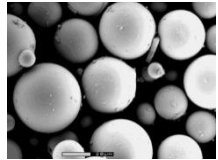
## Φυσικά αντικείμενα



Dust mite  
200 μm



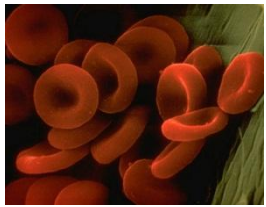
Ant  
~ 5 mm



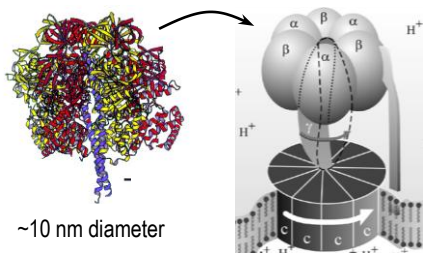
Fly ash  
~ 10-20 μm



Human hair  
~ 60-120 μm wide

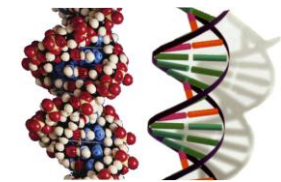


Red blood cells  
(~7-8 μm)

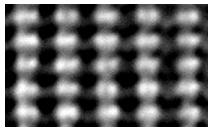


~10 nm diameter

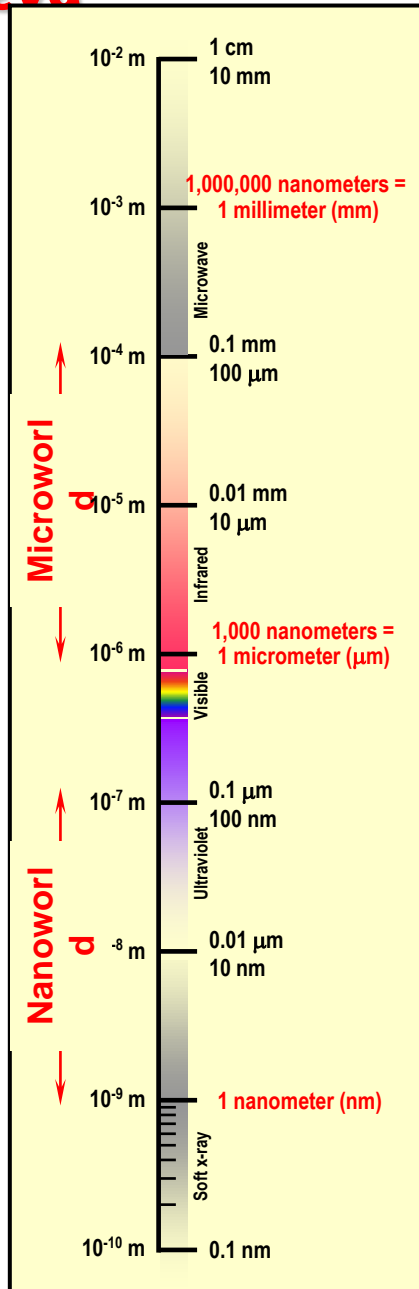
ATP synthase



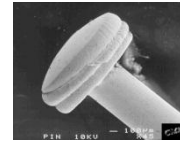
DNA  
~2-1/2 nm diameter



Atoms of silicon  
spacing 0.078 nm



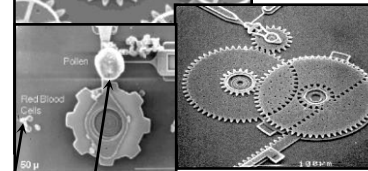
## Τεχνητά αντικείμενα



Head of a pin  
1-2 mm

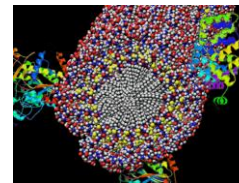


MicroElectroMechanical (MEMS) devices  
10 -100 μm wide

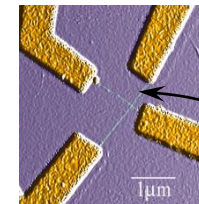


Pollen grain  
Red blood cells

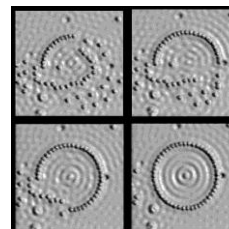
Zone plate x-ray "lens"  
Outer ring spacing ~35 nm



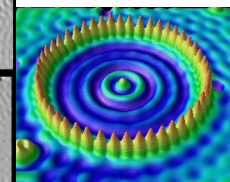
Self-assembled, Nature-inspired structure  
Many 10s of nm



Nanotube electrode



Quantum corral of 48 iron atoms on copper surface  
positioned one at a time with an STM tip  
Corral diameter 14 nm



Carbon nanotube  
~1.3 nm diameter

Carbon buckyball  
~1 nm diameter

### The Challenge

*Fabricate and combine nanoscale building blocks to make useful devices, e.g., a photosynthetic reaction center with integral semiconductor storage.*

## Νανο-αντικείμενα<sup>(2)</sup>

- Ενα νανο-αντικείμενο (Nano-object) είναι ένα υλικό με 1,2 ή 3 εξωτερικές διαστάσεις μικρότερες των 100nm.
- Συνήθως θεωρούμε 3 διαφορετικές κατηγορίες :
  - 0D : 3 νανομετρικές διαστάσεις => **Νανωσωματίδια.**
  - 1D : 2 νανομετρικές διαστάσεις, 1 μεγάλη => **Νανοσύρματα**
  - 2D : 1 νανομετρική διάσταση, 2 μεγάλες => **Νανοφίλμ**

## Nanosciences <sup>(1)</sup>

- **Study of the performance of ultra-small structures, materials, and devices, usually from 1 to 100 nm where **the properties are specific of the ultra-small size** (different from the bulk). It concerns also, the study of manipulating materials on an atomic or molecular scale.**

## Nanotechnologies <sup>(1)</sup>

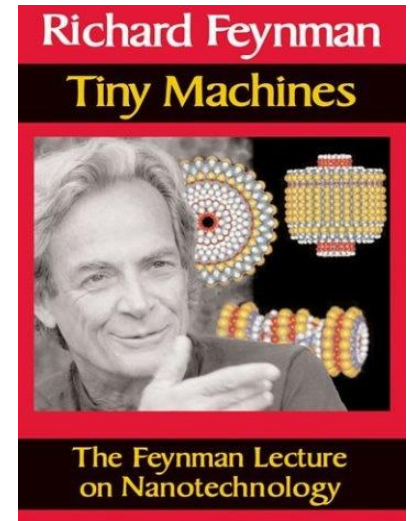
- **Technologies allowing the elaboration, study, observation and measurements of such objects, structures and systems.** It concerns also the field of nanoscience applications.

(1) ISO/TR 12885:2008

## History

. 1959 : Richard FEYNMAN (Physics Nobel Price in 1965)

"There's plenty of room  
at the bottom."



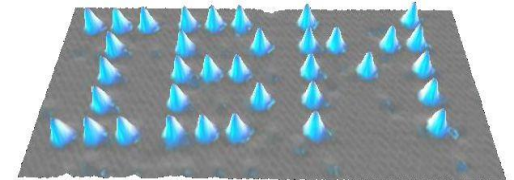
=> Nanoscience first captured the world's attention when Nobel Prize winner Richard Feynman delivered his famous 1959 speech "There's Plenty of Room at the Bottom." Feynman advocated widespread nanoscale research and predicted, there is plenty of research room at the bottom of the atomic world in a tiny universe so small that new methods for viewing it are still being discovered.

# History

- . **1981 : Birth of the tunnelling microscopy** => Atom observation
- . **1982 : First images of individual atoms !** => Heinrich Rohrer & Gerd Binnig (IBM)

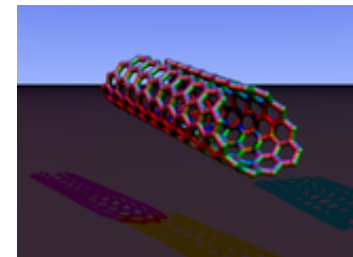
- . **1989 : First atom handling one by one**

=> Donald M. Eigler used a tunnelling microscope to « IBM » using 35 argon atoms.



- . **1991 : Discovery of Carbon Nano-Tubes (CTN)**

=> Sumio Iijima



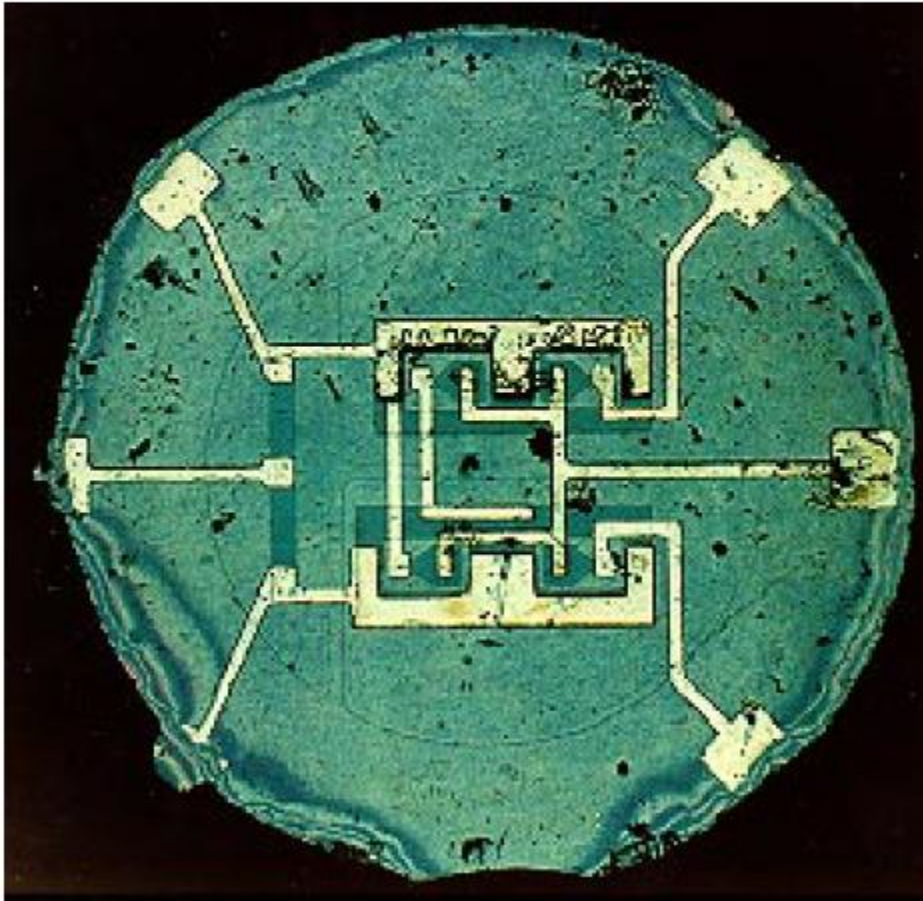
# Απήχηση της Νανοτεχνολογίας

- ✓ Τεχνολογία της Πληροφορίας
- Ταχύτερα και μικρότερης κατανάλωσης ηλεκτρονικά
- Ασύρματοι αισθητήρες παντού !
- ✓ Διατάξεις συγκομιδής ενέργειας παο το περιβάλλον
- ✓ Νανοιατρική

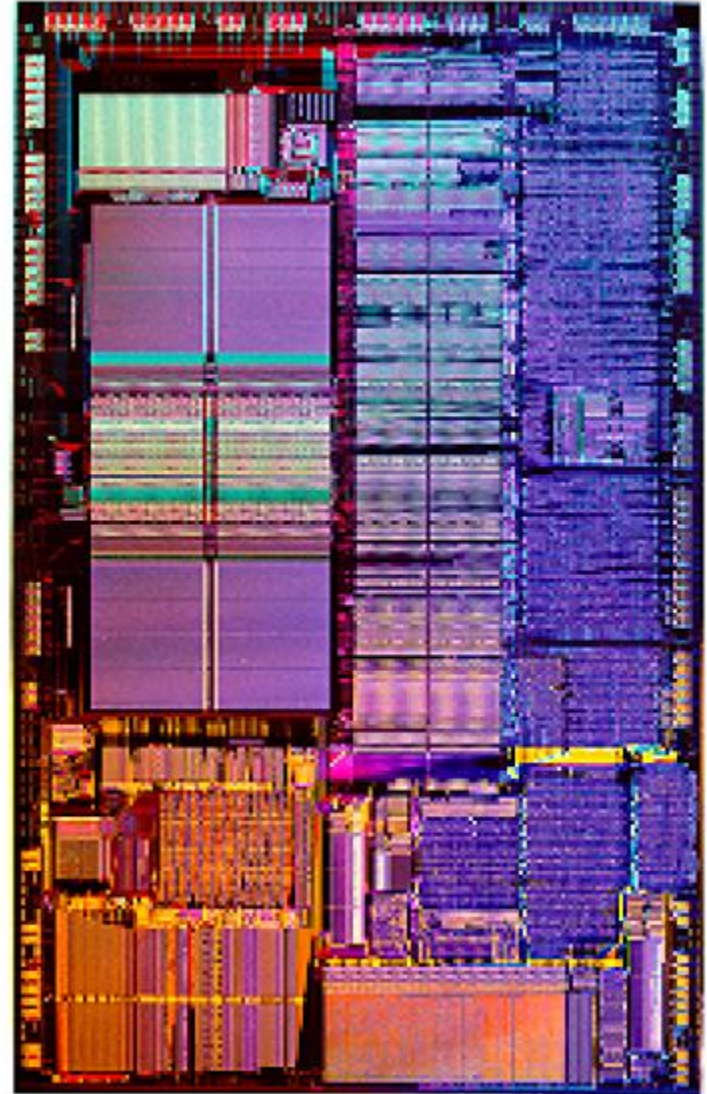


# Ηλεκτρονικά

1958

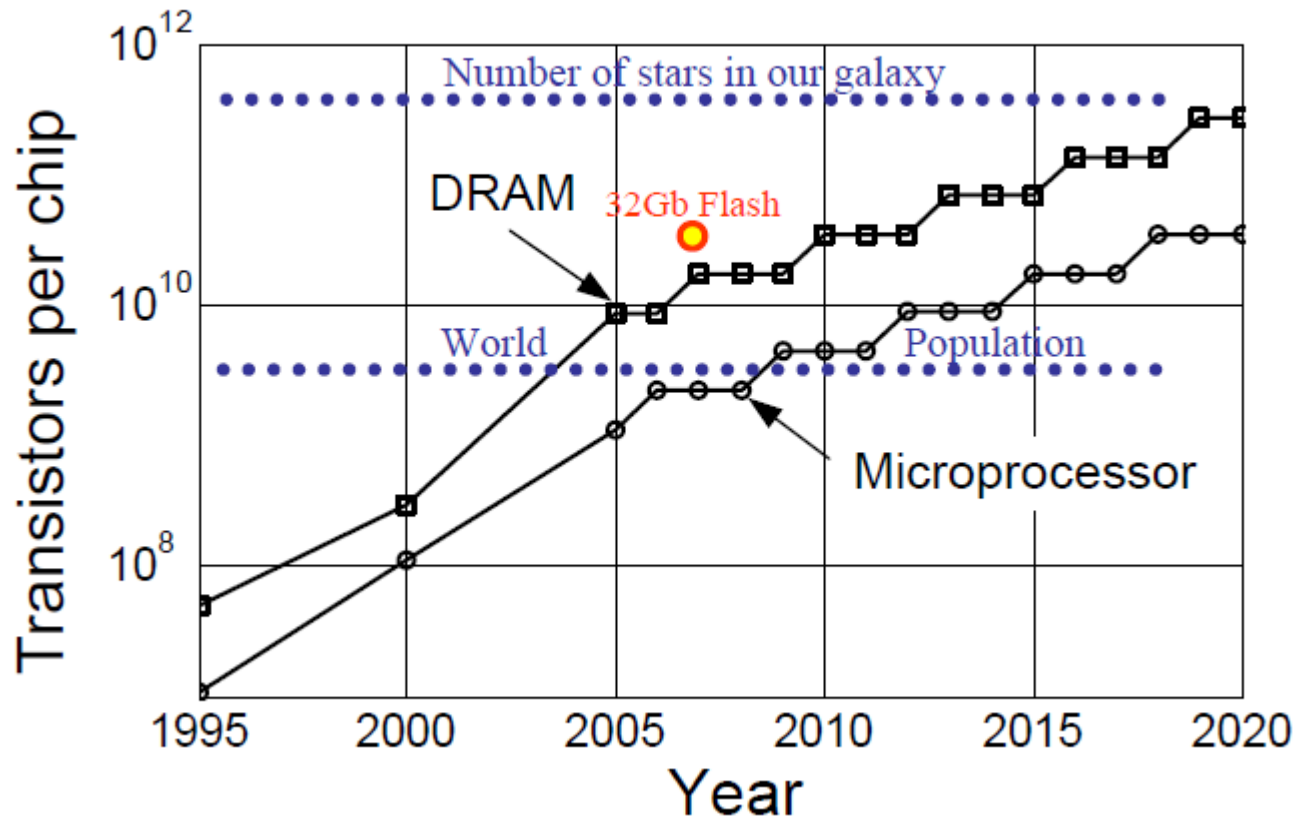


1998



**Πόσο άλλαξε η ηλεκτρονική σε 40 χρόνια !**

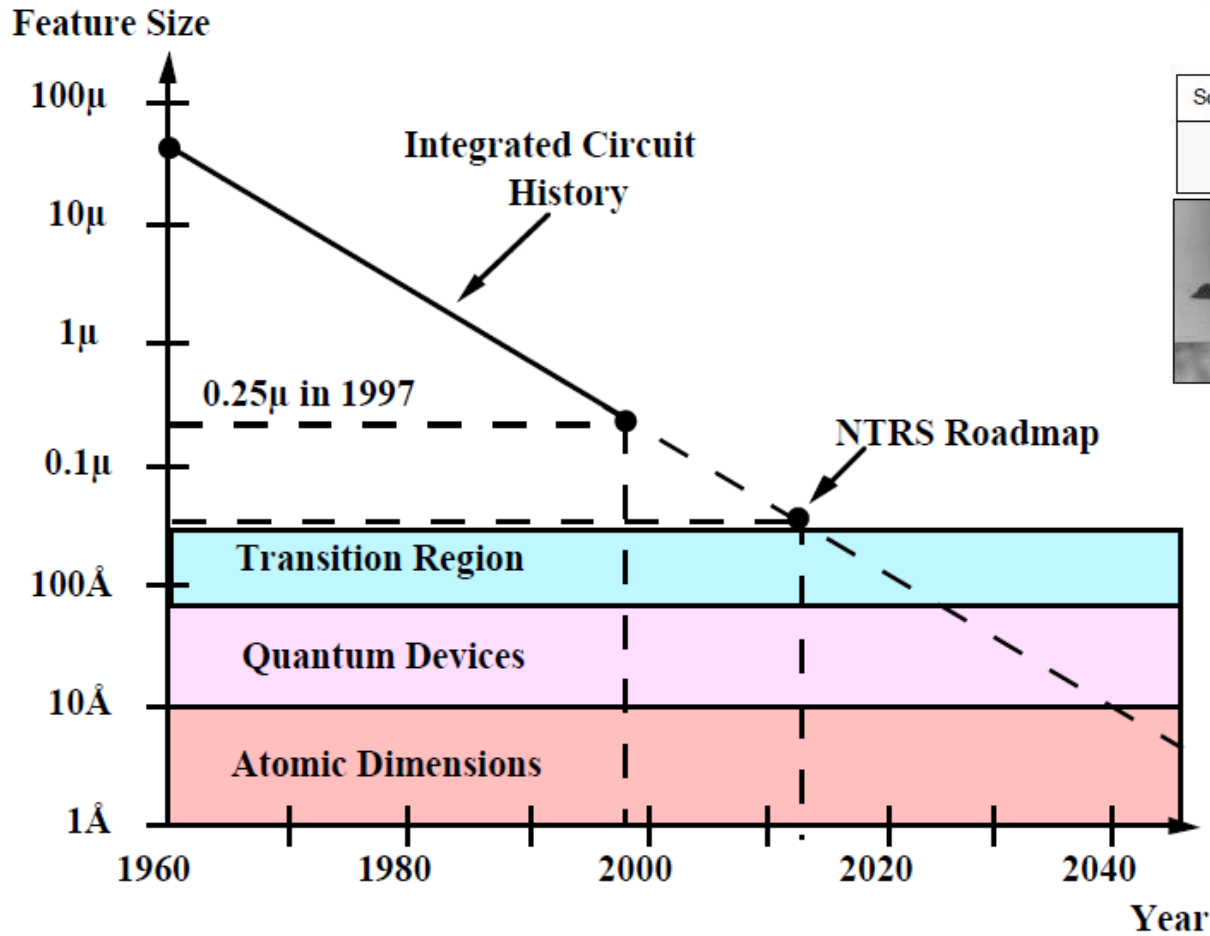
# Moore's law



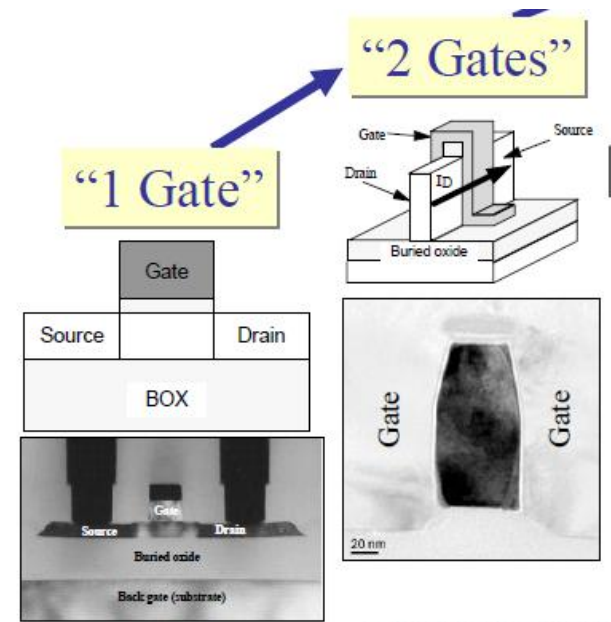
Αν η αυτοκινητοβιομηχανία είχε ακολουθήσει ένα παρόμοιο νόμο μια Rolls-Royce θα κόστιζε λιγότερο από ένα Ευρώ !



# Εποχή του Πυριτίου

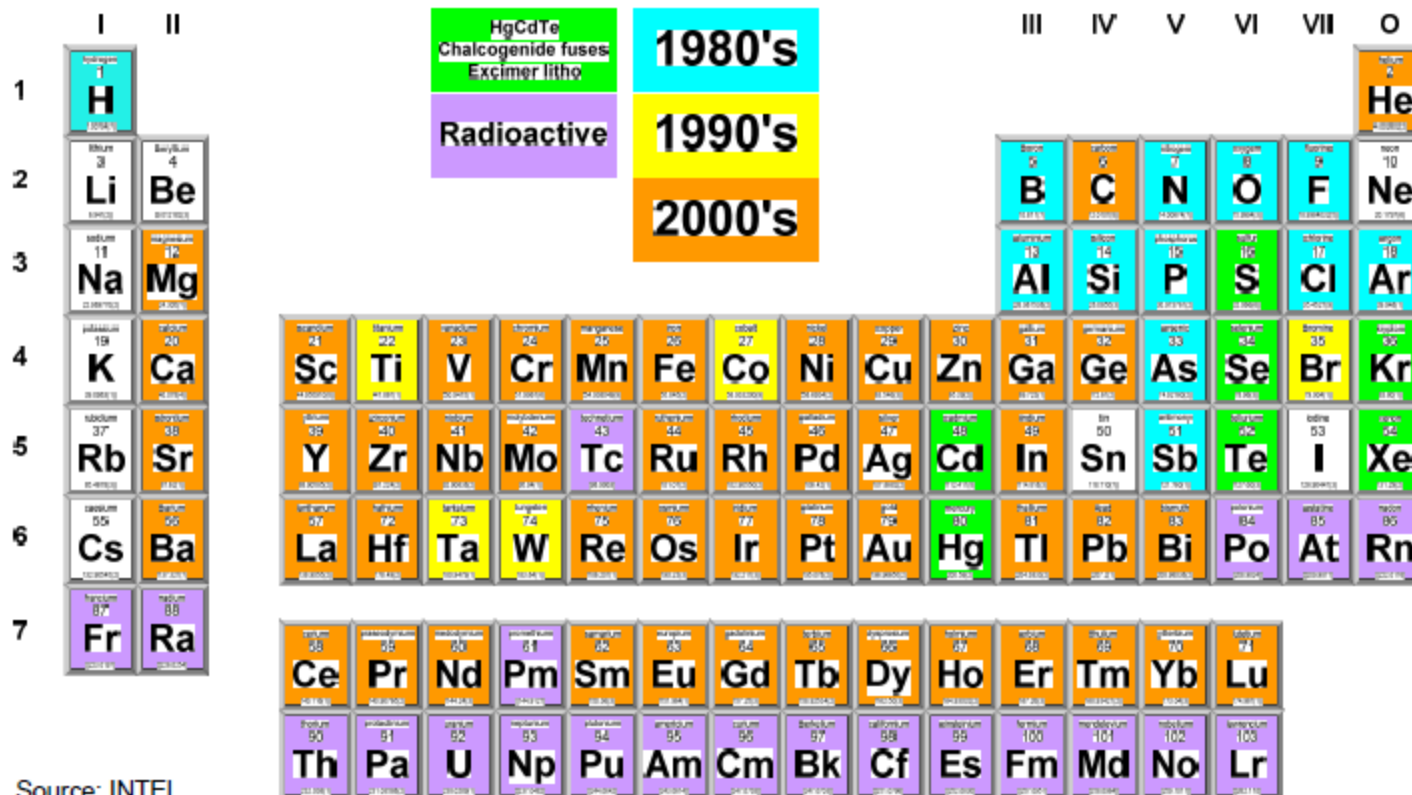


Projection of critical device dimensions



# Εποχή του Πυριτίου

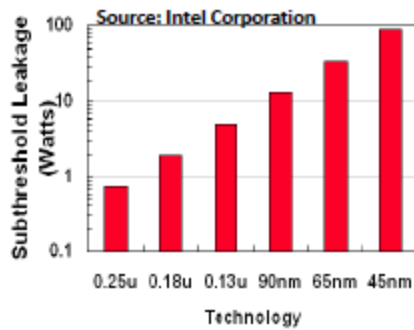
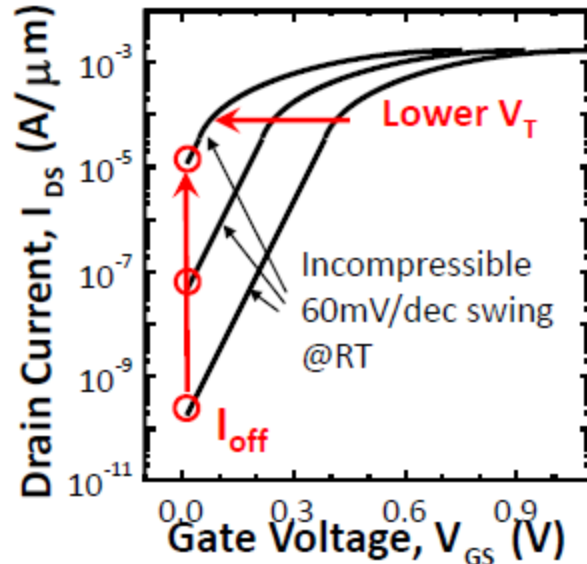
## Elements used in Silicon Chip Fabrication



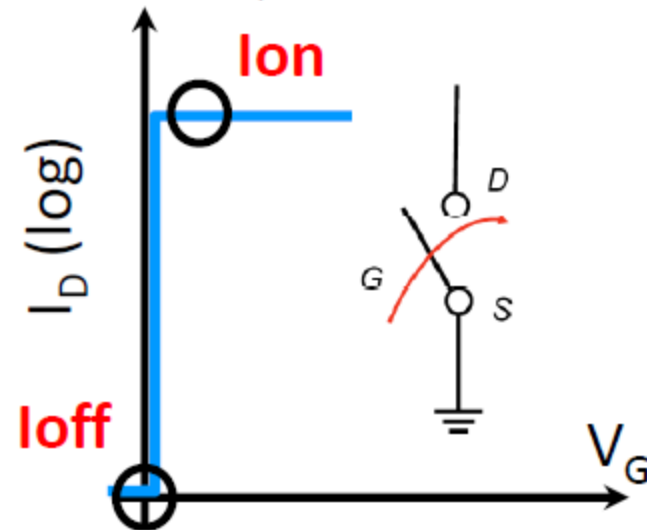
Source: INTEL

# Binary switch

## MOSFET



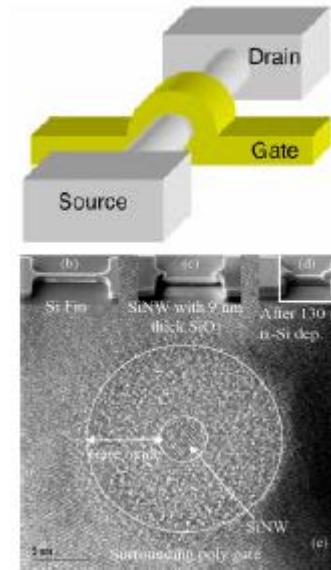
## Quasi-ideal



- 2 stable states (off, on).
- Ion: as high as possible.
- Ioff: as low as possible.
- Ion/Ioff >  $10^5$ .
- zero swing (mV/dec).
- very fast (<ns).

## Προοπτικές της νανο-ηλεκτρονικής μέχρι το 2030

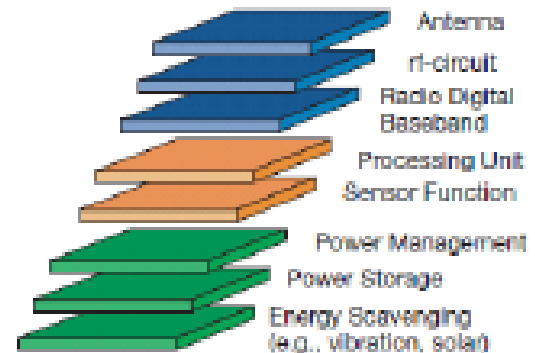
- Η έρευνα με βάση το πυρίτιο για διατάξεις μεγέθους 5 nm θα συνεχισθεί και θα ολοκληρωθεί
- Πιθανόν το υλικό του καναλιού να αποτελείται από υλικό μεγαλύτερης ευκινησίας από το πυρίτιο για μεγαλύτερη ταχύτητα των κυκλωμάτων και μικρότερη ηλεκτρική κατανάλωση.



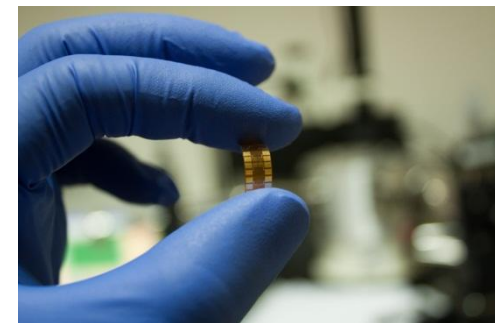
Η βασική τεχνολογία κατασκευής θα παραμείνει η ίδια και η εργοστασιακή επένδυση θα μεγαλώσει (σήμερα είναι στα 1,5 Δισ.)

## Προοπτικές της νανο-ηλεκτρονικής μέχρι το 2030

- Τρισδιάστα ηλεκτρονικά θα ενσωματώνουν διαφορετικές ψηφίδες επίπεδης τεχνολογίας για ελαχιστοποίηση του όγκου.
- Ασύρματοι μικρο και νανοαισθητήρες με υψηλή ευαισθησία θα μεταφέρουν δεδομένα για το περιβάλλον αλλά και τον ανθρώπινο οργανισμό και θα βοηθούν την καθημερινότητά μας.
- Το γραφένιο, τα οργανικά ηλεκτρονικά, τα νανοκαλώδια, τα νανοσωματίδια θα βοηθήσουν στην εξέλιξη ηλεκτρονικών σε εύκαμπτες επιφάνειες (ρούχα, αντικείμενα) και την δημιουργία του internet of things.



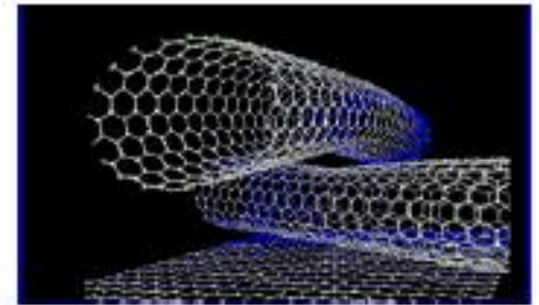
## Networks of Microsystems





## Προοπτικές μέχρι το 2050

- Η χρήση μορίων σε αντικατάσταση του τρανζίστορ (διακόπτη) ή για αποθήκευση πληροφορίας (μνήμες) θα αποτελεί πραγματικότητα.
- Η ψηφίδα θα αποτελείται από ένα σύνολο συρμάτων για την μεταφορά ηλεκτρικών φορτίων και μορίων σαν ενεργών στοιχείων
- Οικονομικά προσιτή τεχνολογία κατασκευής ηλεκτρονικών
- Αυτό-οργάνωση σαν μέρος της νέας τεχνολογίας κατασκευής



Low-Power  
Devices

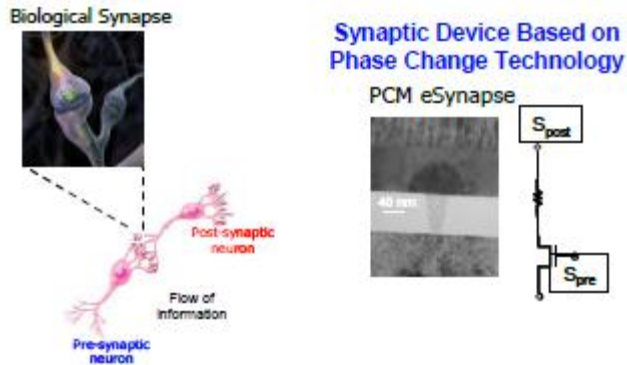
# Προοπτικές μέχρι το 2050

## Inspiration from Biology

The Human Brain	The Arctic Tern
	
<p><math>10^{16}</math> Computations/s &lt;1 aJ per operation</p>	<p>Weights 100 grams, Lives 30+ years, Travels 2.4 million km</p>

- Νέες αρχιτεκτονικές θα εφαρμόζονται για την επεξεργασία της πληροφορίας που θα στηρίζονται σε γνώσεις που θα έχουμε αποκτήσει από τις βιολογικές επιστήμες.

## Neuromorphic & Cognitive Computing



- Η έρευνα για κβαντικούς υπολογιστές θα έχει προχωρήσει και οι πιθανές εφαρμογές τους θα έχουν αρχίσει.

## Energy harvesting and storage

Miniature power sources ~ 1  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  - 10  $\text{mW}/\text{cm}^2$



Thermal energy harvesting

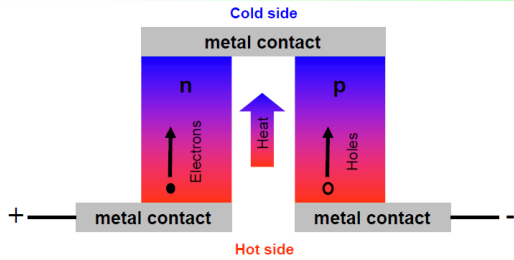


Light energy harvesting

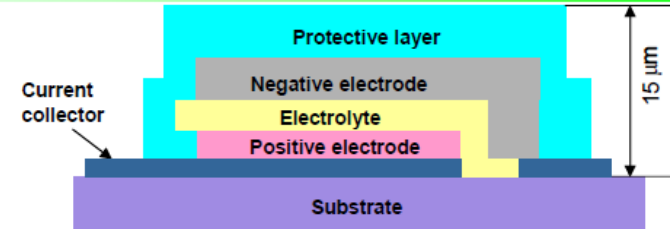
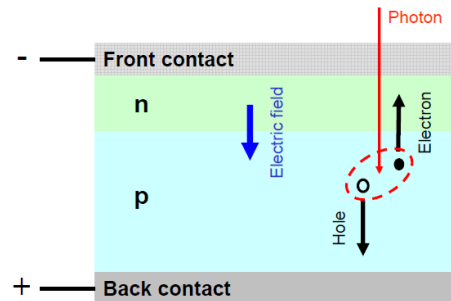


Electrochemical energy storage

Thermocouple principles



Photovoltaic cell principles

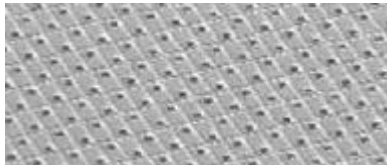


## Μέχρι το 2030 αναμένουμε

Ολοκληρωμένες διατάξεις παραγωγής ενέργειας των ηλεκτρονικών !

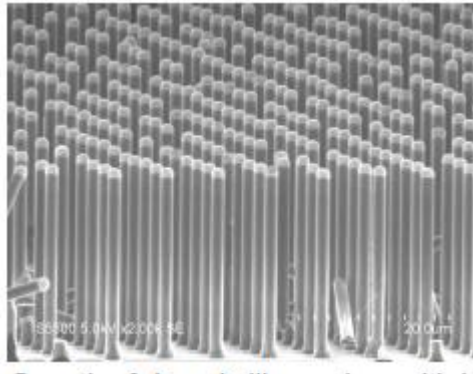
Υπό μορφή λεπτών υμενίων , νανοσυρμάτων και κβαντικών τελειών

Θερμοηλεκτρικά



Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>

Φωτοβολταικά



Silicon nanowires

Μπαταρίες



Θα οδηγηθούμε σταδιακά σε πλήρως ενεργειακά αυτόνομα ηλεκτρονικά συστήματα ! Η τάση αυτή θα συνεχίζεται με νέα υλικά μέχρι το 2050

## Nanotechnology in Health and Medical Systems

11 topics identified in a sectoral report available to download at:

<http://www.nanowerk.com/nanotechnology/reports/reportpdf/report8.pdf>

- Tissue Engineering/Regenerative Medicine
- Bio Nano Structures
- Drug Encapsulation / Drug Delivery / Drug Targeting
- Molecular Imaging
- Biophotonics
- Biocompatible implants
- Biomimetic Membranes
- Biochips/HighThroughput Screening
- Lab-on-a-chip
- Biomolecular sensors

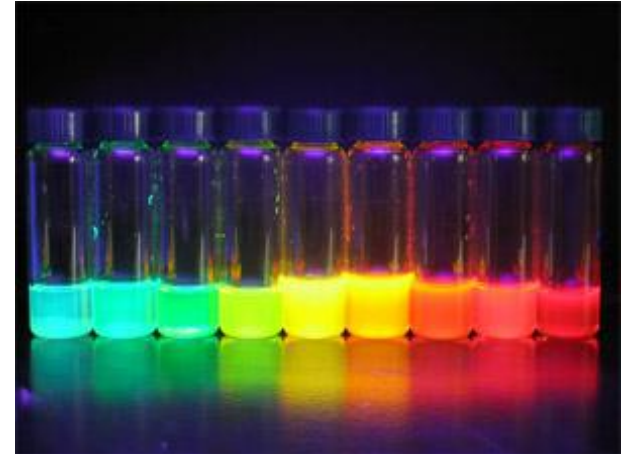


Περίληπτικά η νανοτεχνολογία μπορεί να συνεισφέρει στην ιατρική για

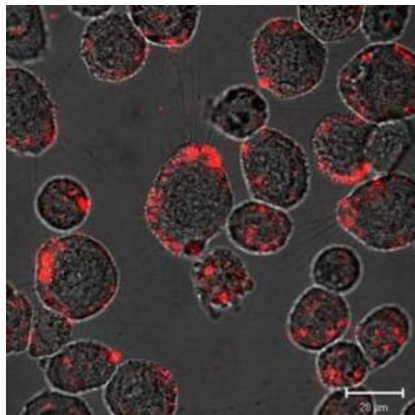
- ✓ **Καλύτερη απεικόνιση:** *in vitro, in vivo*
- ✓ **Καλύτερη διάγνωση:** Βιοαισθητήρες
- ✓ **Καλύτερη θεραπεία:** κατεύθυνση και ενεργοποίηση φαρμάκων

- Καλύτερη απεικόνιση (in vitro, in vivo):

→ Κβαντικές τελείες



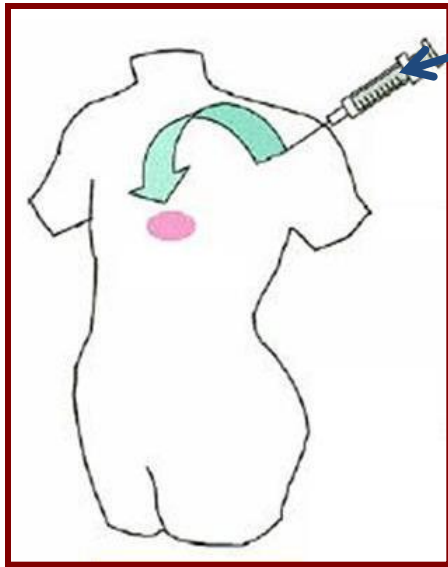
Παρακολούθηση της πορείας μορίων και κυττάρων στα οποία έχουν προσδεθεί οι κβαντικές τελείες. Παρουσιάζουν μεγάλη σταθερότητα στον χρόνο !



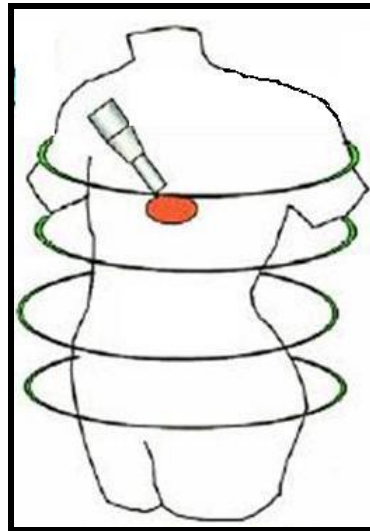
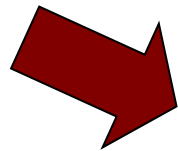
Κβαντικές τελείες προσδεμένες σε καρκινικά κύτταρα

## SPIO for cancer treatment by hyperthermia

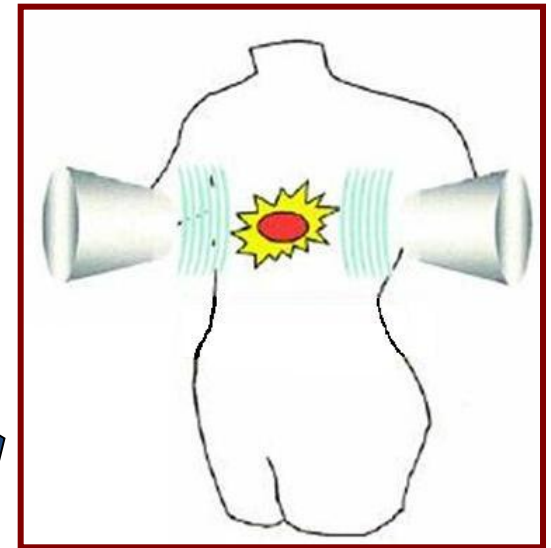
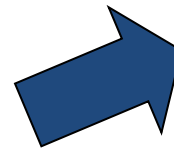
### Magnetic NP



**Injection & vectorisation**



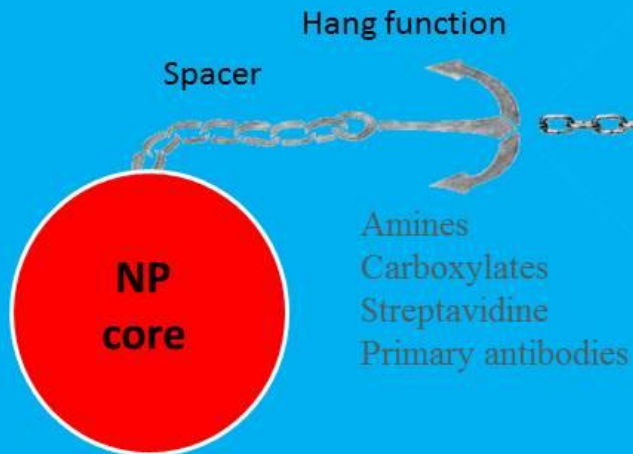
**Diagnosis: MRI**



**Curing : hyperthermia**

# Bio-fonctionnalisation

## Pré-fonctionnalisation



## Biological key



## Biological target



- Antigen
- Folate
- .....

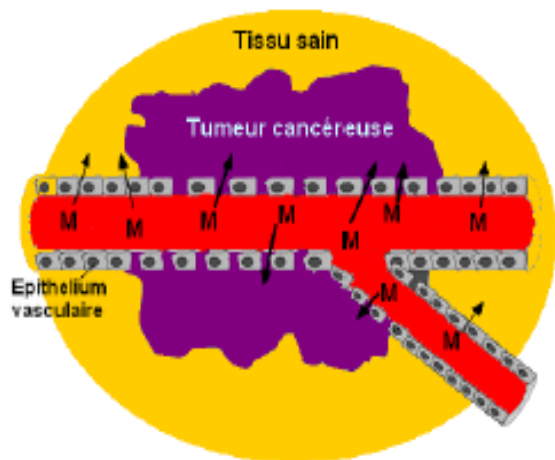
## Final Fonctionnalisation

# Exemple 1 - Traitement de cancers par encapsulation-vectorisation du médicament :

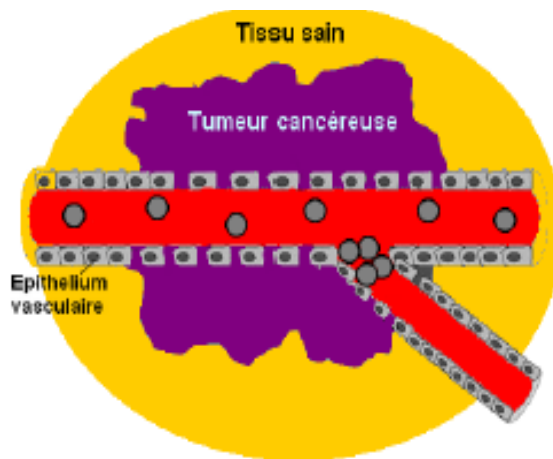
Quels sont les « effets nanos »

## Cancer treatment using nanocarriers

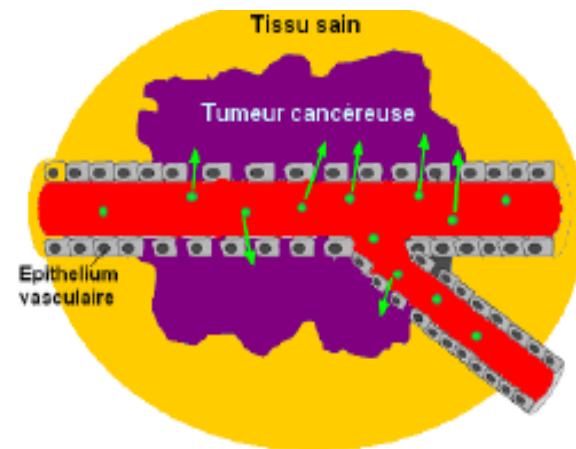
? What is the nano effect ?



Petite molécule (<2nm) diffusion  
Small molecules (<2nm) will  
diffuse everywhere



Grosse particule (>1µm) : aucune  
Big particles (>500nm) will not  
diffuse anywhere



Molécule encapsulée dans petite  
10-100nm NPs will diffuse only  
toward the tumor

- 1- At the nanometric scale, particles can cross the epithelium of vessels and reach cancer cells.
- 2- Using the nanometric scale the drug amount can be reduced and finely targeted to the tumor.

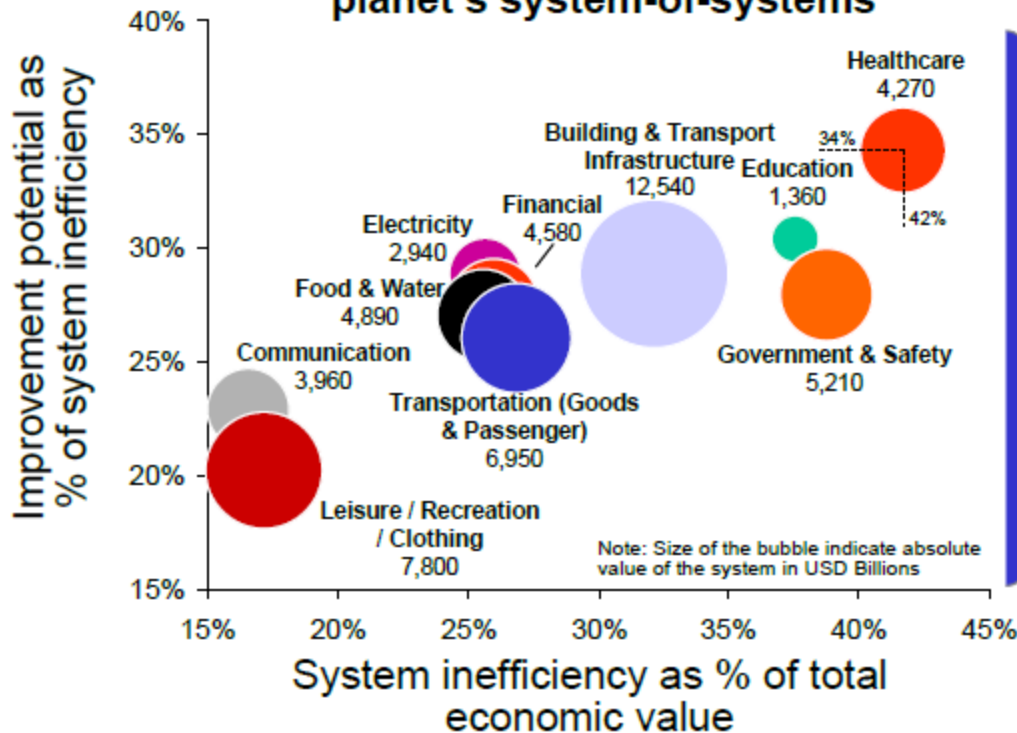
This technology is already available to carry drugs (Paclitaxel) in an albumin capsule



# Economists Estimate, that the World's Systems Carry Inefficiencies of up to \$15 Tn, of Which \$4 Tn Could be Eliminated

This chart shows 'systems' (not 'industries')

## Analysis of inefficiencies in the planet's system-of-systems



### Global economic value of ...

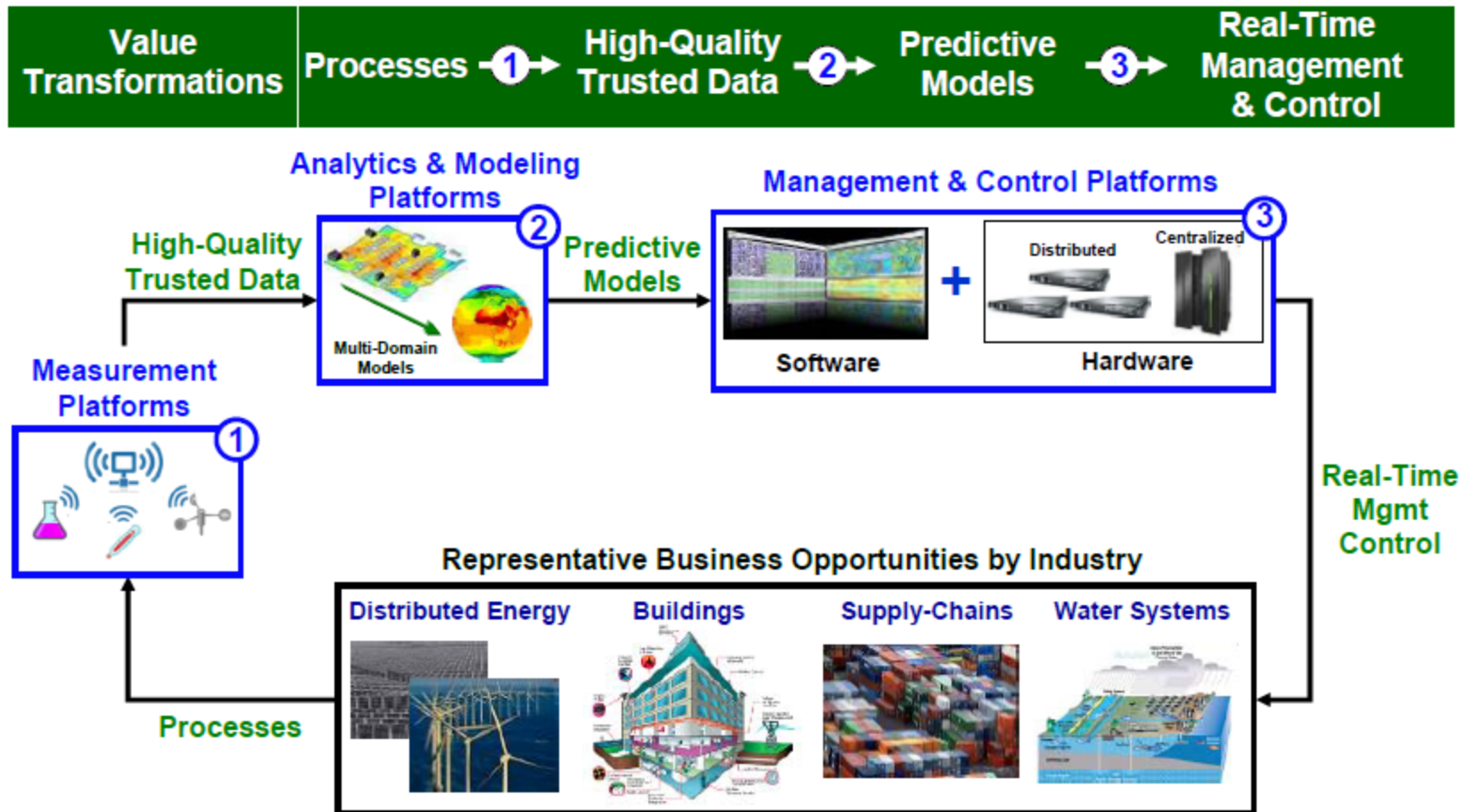
System-of-systems	<b>\$54 Trillion</b> 100% of WW 2008 GDP
Inefficiencies	<b>\$15 Trillion</b> 28% of WW 2008 GDP
Improvement potential	<b>\$4 Trillion</b> 7% of WW 2008 GDP

\$54,000,000,000,000  
\$15,000,000,000,000  
\$4,000,000,000,000

### How to read the chart:

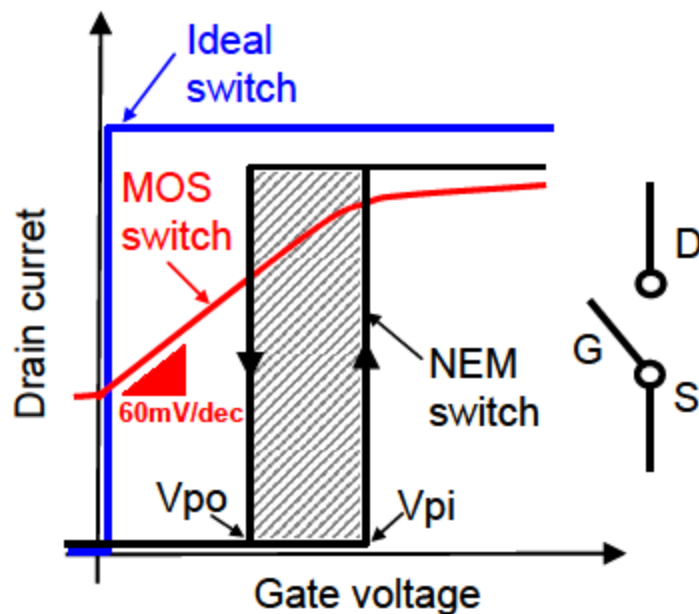
For example, the Healthcare system's value is \$4,270B. It carries an estimated inefficiency of 42%. From that level of 42% inefficiency, economists estimate that ~34% can be eliminated (= 34% x 42%).

# Real-Time Measurement, Modeling & Control Platforms will Drive a Smarter Planet Through the Broad Implementation of Feedback Control



# Energy Efficient Nano-Electro-Mechanical relay

- Advantages:
  - **zero  $I_{off}$**  (zero static power).
  - **abrupt** transition between off and on states.
- Another (unwanted?) feature of NEM switch:
  - **hysteresis** due to different values of pull-in,  $V_{pi}$  (off-on transition) and pull-out,  $V_{po}$  (off-on transition) voltages.



$$V_{pi} = \sqrt{\frac{8k_{eff}g_{eff}}{27\varepsilon_0A}}$$

## Quantum Parallelism

The extraordinary power of quantum computing comes from exploiting superposition and interference. Consider what happens when a classical computer is asked to search among all possible patterns of  $n$  bits for a particular pattern that satisfies some stated condition. With a single processor, the computer must examine each pattern sequentially, and since there are  $2^n$  such patterns, the task is intractable for large values of  $n$ . With parallel processing the search can be completed in a single step, but only if you can build  $2^n$  processors, which again becomes impractical as  $n$  grows large. A quantum computer might break the logjam, at least for some problems. After setting up the right initial superposition of states, and allowing it to evolve according to the right unitary transition matrix, a single quantum processor could sift through all the qubit patterns simultaneously. Destructive interference would suppress those patterns that were not of interest, while constructive interference would enhance those that met the stated conditions.

more on

<http://www.americanscientist.org/issues/pub/the-square-root-of-not/6>