



## ความเป็นสหวิทยาการของ นาโนเทคโนโลยี

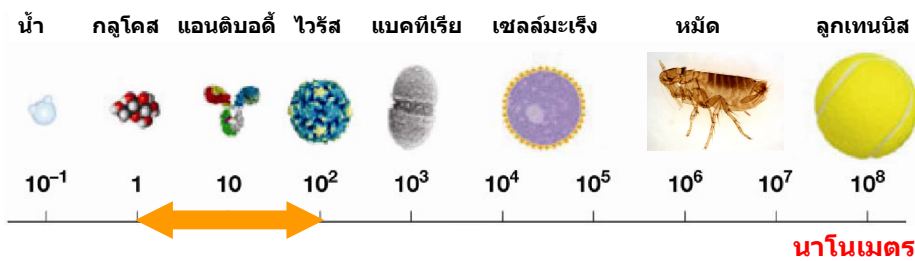
ดร. วัลลพพันธุ์ ศุภกา

ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ  
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)



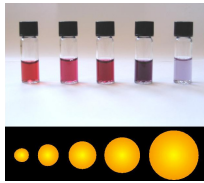
### นาโนเทคโนโลยี...คืออะไร?

"นาโนเทคโนโลยี" เทคโนโลยีประยุกต์ซึ่งเกี่ยวข้องกับการจัดการ การสร้าง การสังเคราะห์วัสดุหรืออุปกรณ์ในระดับของอะตอม โมเลกุล หรือชิ้นส่วนที่มี **ขนาดเล็กในช่วง 1 ถึง 100 นาโนเมตร** ซึ่งจะส่งผล ให้วัสดุหรืออุปกรณ์ต่างๆ **มีหน้าที่ใหม่ๆ และมีสมบัติที่พิเศษขึ้น** ทั้ง ทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ ทำให้มีประโยชน์ต่อผู้ใช้สอยและ เพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจได้



## องค์ประกอบของนาโนเทคโนโลยี

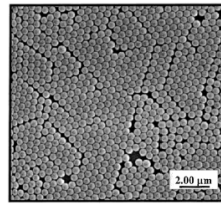
1. ขนาดเล็กในระดับ 1 - 100 นาโนเมตร
2. มีหน้าที่ใหม่ๆ เกิดขึ้นหรือมีสมบัติที่พิเศษขึ้น
3. ถูกต้อง แม่นยำ และควบคุมได้



ทองคำนาโน



เงินนาโน



สภากาชาด NSTDA

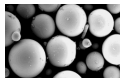
NANOTEC  
a member of NSTDA

## เล็กแค่ไหนถึงจะเป็น...ระดับนาโน?

### สิ่งที่มีในธรรมชาติ



มด ~ 5 มิลลิเมตร



ฝุ่นละออง ~ 10-20 ไมโครเมตร

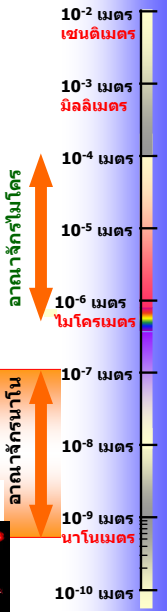
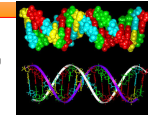
เส้นผ่านศูนย์กลางเส้นผม ~ 10-50 ไมโครเมตร

ขนาดเม็ดเลือดแดง ~ 6-8 ไมโครเมตร



เส้นผ่านศูนย์กลางเอนไซม์ ATP synthase ~ 10 นาโนเมตร

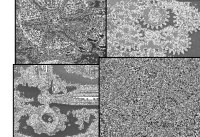
ความกว้างของเกลียวดีเอ็นเอ ~ 2 นาโนเมตร



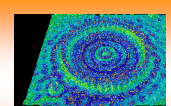
### สิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น



หัวเข็มหมุด 1-2 มิลลิเมตร



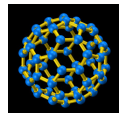
เครื่องกลไฟฟ้าขนาดจ้ำ 10-100 ไมโครเมตร



เส้นผ่านศูนย์กลางวงกลมที่เกิดจากการจัดเรียงอะตอม เหล็กจำนวน 48 อะตอมบนทองแดง ~ 14 นาโนเมตร

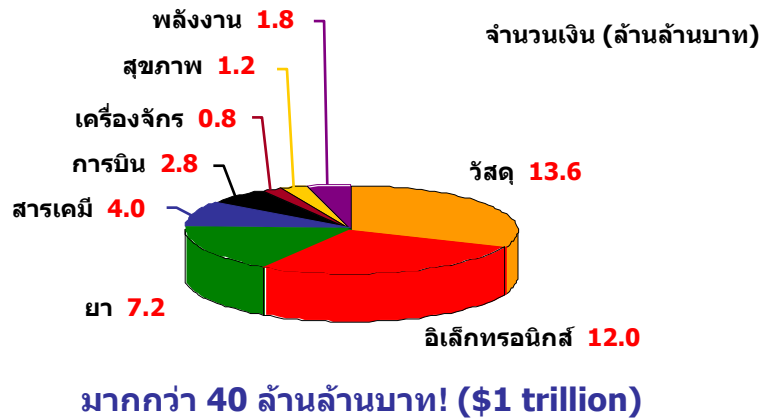


เส้นผ่านศูนย์กลางท่อนาโนคาร์บอน ~ 2 นาโนเมตร



เส้นผ่านศูนย์กลางโมเลกุลฟูลเลอรีน ~ 1 นาโนเมตร

## มูลค่าผลิตภัณฑ์นาโนเทคโนโลยีทั่วโลกใน พ.ศ. 2558



ที่มา National Science Foundation (NSF)

สวทช.  
NSTDA

NANOTEC  
a member of NSTDA

## ตัวอย่างบริษัทที่มีการลงทุนและพัฒนาทางด้านนาโนเทคโนโลยี

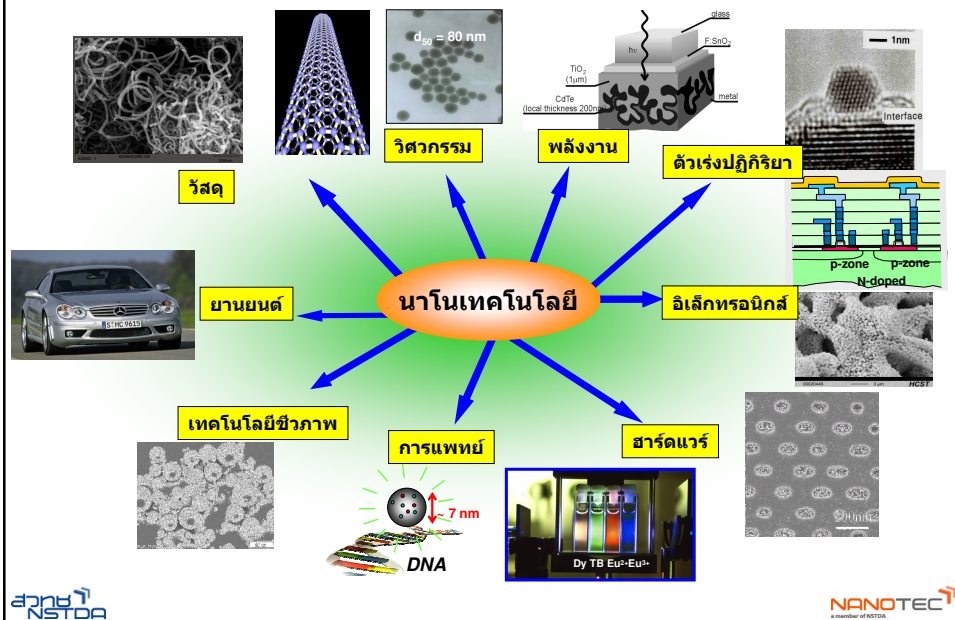


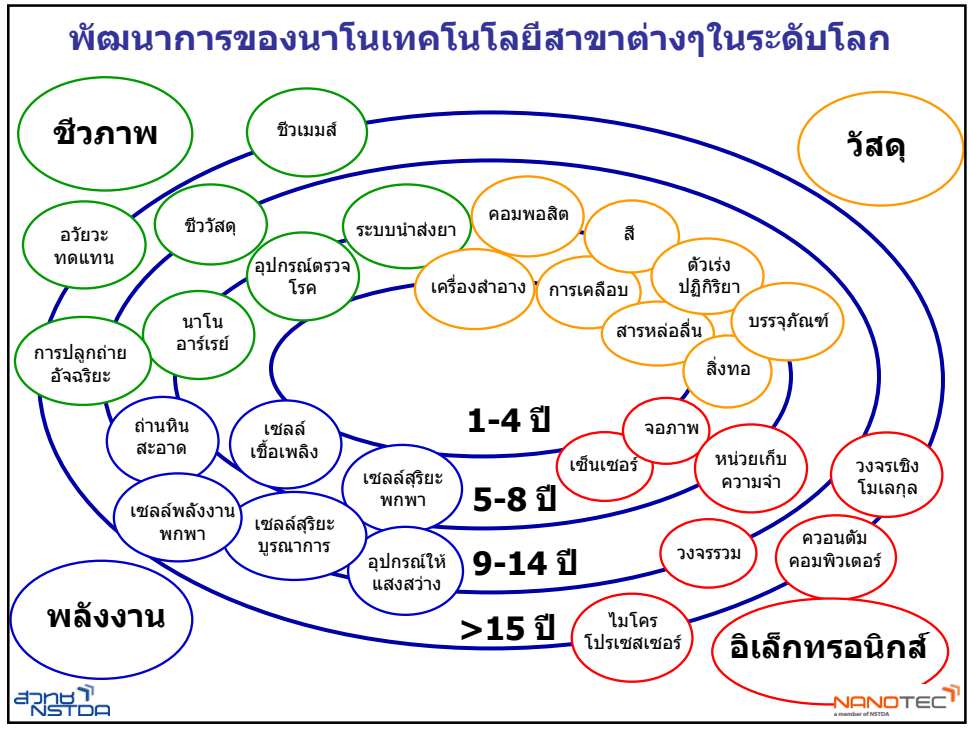
## ตัวอย่างผลิตภัณฑ์นาโนเทคโนโลยีในตลาด



(Photo by David Hawxhurst-Woodrow Wilson International Center for Scholars.)

## นาโนเทคโนโลยีกับการพัฒนาอุตสาหกรรม





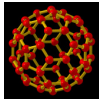
ความเป็นสหวิทยาการของ...นาโนเทคโนโลยี

# นาโน เทคโนโลยี ชีวภาพ

Nanobiotechnology

สวทช.  
NSTDA

NANOTEC  
a member of NSTDA



## ทิศทางการวิจัยด้านนาโนเทคโนโลยีชีวภาพ

การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องสำอางโดยการพัฒนาอนุภาคนำส่ง เช่น ไลโปโซม (liposome)

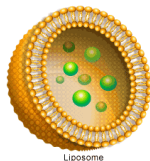
การพัฒนาอนุภาคนำส่งยา (drug delivery systems) ในการรักษาโรคมะเร็ง

การค้นหายาหรือสารออกฤทธิ์ชนิดใหม่ๆ เช่น ยาต้านยั้งโรคเอดส์

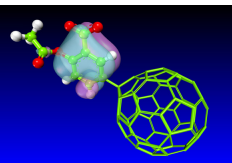
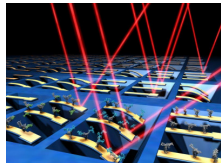
การพัฒนาวิธีการตรวจวินิจฉัยโรคแบบใหม่ เช่น DNA chip หรือ Lab-on-a-chip

การพัฒนา Nanobiosensor เพื่อใช้ประโยชน์ทางการเกษตร อาหาร และสาธารณสุข

การสร้างอวัยวะหรือเนื้อเยื่อเทียมโดยใช้เทคโนโลยีวิศวกรรมเนื้อเยื่อ



Liposome

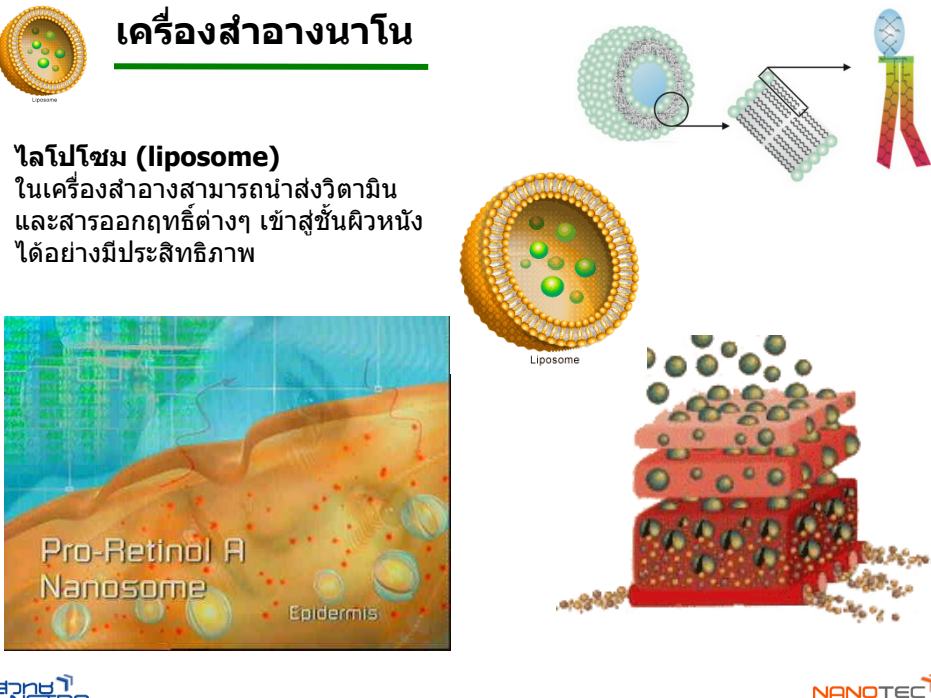


สวทช.  
NSTDA

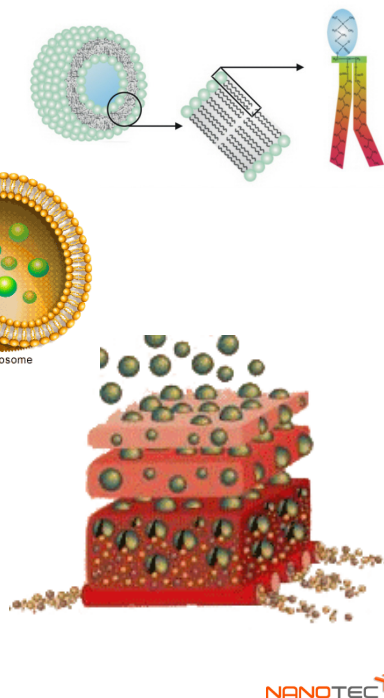
NANOTEC  
a member of NSTDA

## เครื่องสำอางนาโน

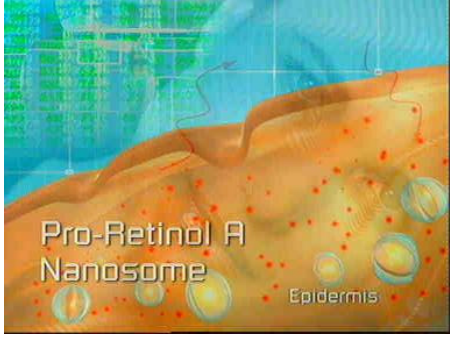

**ไลโปโซม (liposome)**  
 ในเครื่องสำอางสามารถนำส่งวิตามิน  
 และสารออกฤทธิ์ต่างๆ เข้าสู่ชั้นผิวหนัง  
 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ





Liposome




Liposome

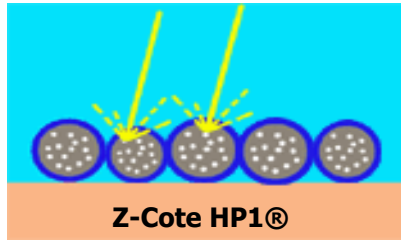



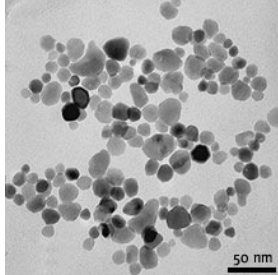
## อนุภาคนาโนของซิงค์ออกไซด์ (ZnO Nanoparticles)




**SunSense™ SPF 30+ Sunscreen**





**Z-Cote HP1®**



**Zinc oxide (ZnO)**



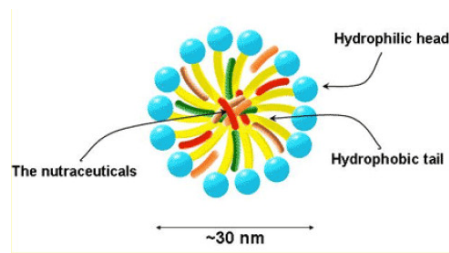



## Nutraceuticals on the Nanoscale



### Use of nano-sized self-assembled liquid (NSSL) structures

- Coenzyme Q10
- Lutein
- Lycopene
- Phytosterol
- Vitamin D



<http://www.nutralease.com/index.asp>



## Nanocochleate protection

### Cover unpleasant taste and smell of bioactive materials



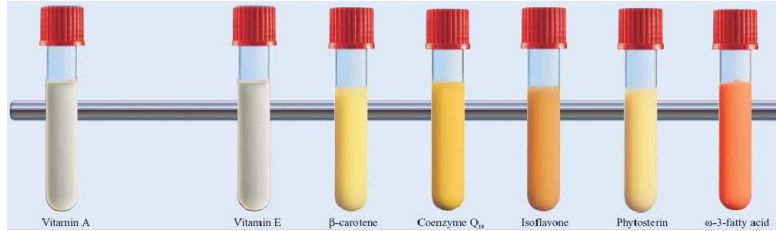
Omega-3 fatty acid cochleates (center as powdered form) and baked goods with BND omega-3/cochleates.



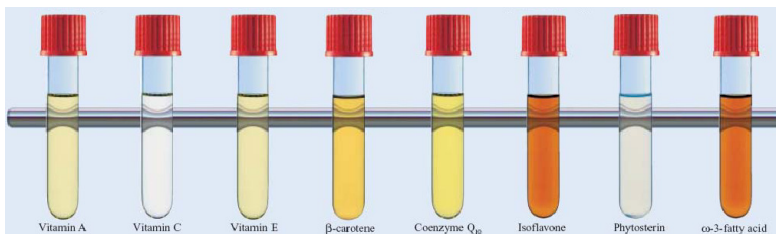


## Solubilization: a key technology

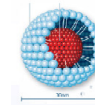
In the past: turbid macro structured emulsions



In the future: crystal clear solubilizates



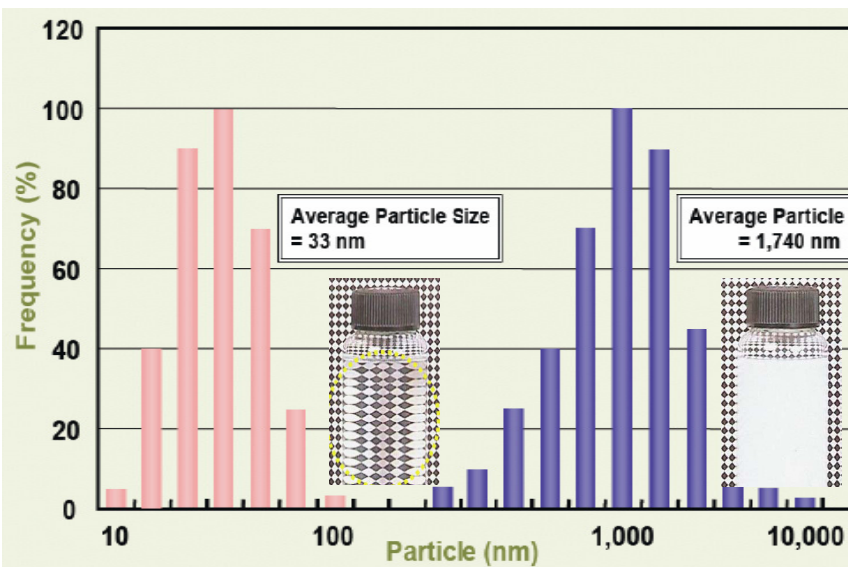
AQUA  
NOVA®



epn  
NSTDA

NANOTEC  
a member of NSTDA

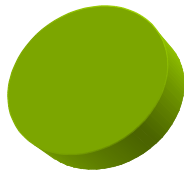
## Vitamin E Emulsions (10 mg / 100 mL)



## การเพิ่มการละลายและการดูดซึมของยา

### ยาที่ละลายน้ำได้น้อย

ยาต้านมะเร็ง,  
ยาปฏิชีวนะ,  
ยาขยายหลอดลม,  
ยารักษาโรค



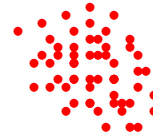
1 ไมโครเมตร

ลดขนาดผงยา



ควบคุมการตกผลึก

พื้นที่ผิวเพิ่มขึ้น



10 นาโนเมตร



ค่าการละลายเพิ่มขึ้น



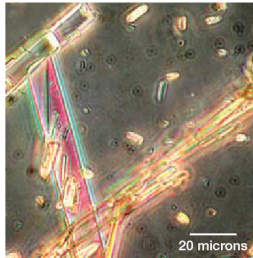
การดูดซึมยาเพิ่มขึ้น  
ลดความเป็นพิษ  
ควบคุมการปลดปล่อยยา  
ยามีความคงตัวมากขึ้น  
ยาเกาะติดกับอวัยวะเป้าหมาย  
เพิ่มประสิทธิภาพในการรักษาโรค

สภาฯ NSTDA

NANOTEC  
a member of NSTDA

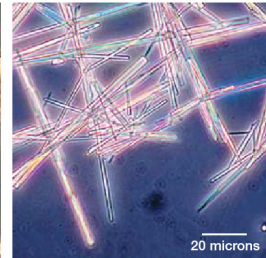
## Nanosuspensions of drugs

a Raw material



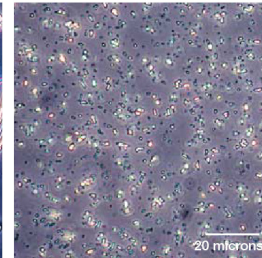
20 microns

b After precipitation  
Before homogenization



20 microns

c After homogenization



20 microns

### Physicochemical characteristic

Increased drug amount in dosage form without harsh vehicles (extreme pH, co-solvents)

Reduced particle size: increased drug dissolution rate

Solid state: increased drug loading

Solid state: increased stability

Particulate dosage form

### Potential benefits

Intravenous: reduced toxicity, increased efficacy

Oral: increased rate and extent of absorption, increased bioavailability of drug; area under plasma versus time curve, onset time, peak drug level, reduced variability, reduced fed/fasted effects. Pulmonary: increased delivery to deep lung

Reduced administration volumes; essential for intramuscular, subcutaneous, ophthalmic use

Increased resistance to hydrolysis and oxidation, increased physical stability to settling

Intravenous: potential for intravenous sustained release via monocyte phagocytic system targeting, reduced toxicity, increased efficacy. Oral: potential for *first pass* first-pass hepatic metabolism

สภาฯ NSTDA

NANOTEC  
a member of NSTDA

## ตัวอย่างยาที่มีการใช้ Nanocrystal® technology

- **Rapamune (Wyeth)**

- รูปแบบของแข็ง
- ยา คือ immunosuppressant (sirolimus)
- ได้รับการอนุญาตจาก U.S. FDA
- ผลิตภัณฑ์ในรูปแบบของ oral solution ในขวดและซอง
  - จำเป็นต้องมีการเก็บในที่เย็นและผสมน้ำก่อนการใช้
- ผลิตภัณฑ์ในรูปแบบเม็ด (new!!)
  - ใช้ง่ายและเก็บง่าย



สภาวิชาชีพ  
NSTDA

NANOTEC  
a member of NSTDA

## ตัวอย่างยาที่มีการใช้ Nanocrystal® technology

- **Emend**


- ตัวยาคือ aprepitant, MK 869
- ได้รับการอนุญาตจาก U.S. FDA (March 2003)
- ออกขายในปี US by Merck (April 2003)
- ผลิตภัณฑ์ในรูปแบบของ capsule  
บรรจุ aprepitant, MK 869



สภาวิชาชีพ  
NSTDA

NANOTEC  
a member of NSTDA

## Fullerene-Based Pharmaceuticals

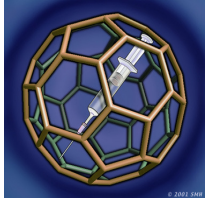


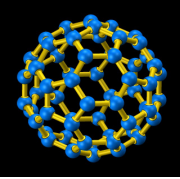
**ยาต่อต้านไวรัส**

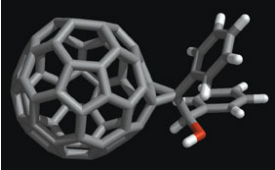
**ยาปฏิชีวนะ**

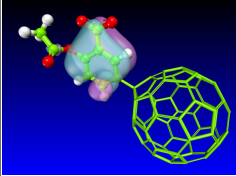
**ยารักษาโรคมะเร็ง**

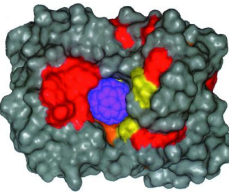
**ยาต่อต้านอนุมูลอิสระ**

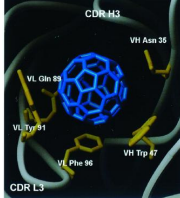


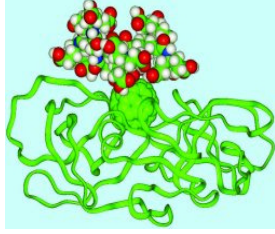


















## ระบบส่งยำนวัตกรรม (Drug Delivery System)

- เป็นวิธีการส่งโมเลกุลตัวยาไปยังเป้าหมายที่ต้องการ เฉพาะจุดภายในร่างกาย เช่น เซลล์มะเร็ง



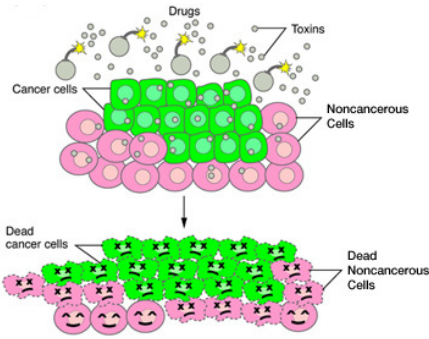
การส่งยาไปยังเป้าหมายที่ต้องการ สามารถทำได้หลายวิธี เช่น ทางระบบเส้นเลือด ทางระบบย่อยอาหาร (ทางปาก) ทางระบบหายใจ และทางระบบกล้ามเนื้อ



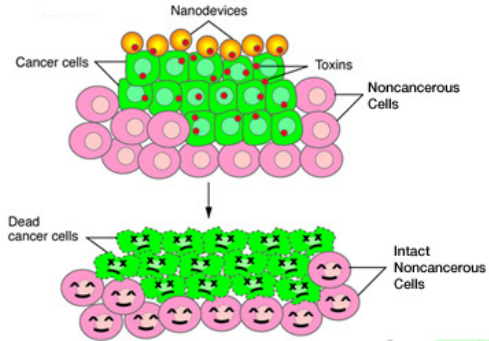


## นาโนเทคโนโลยีกับการรักษาโรคมะเร็ง

### วิธีรักษามะเร็งโดยทั่วไป



### วิธีรักษามะเร็งโดยนาโนเทคโนโลยี

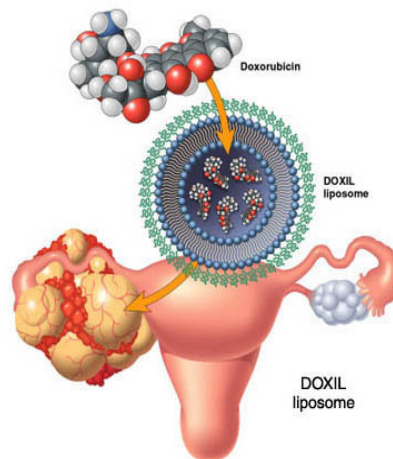
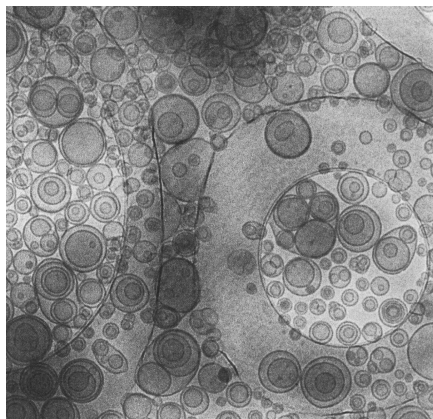


ศูนย์  
NSTDA

NANOTEC  
a member of NSTDA

## มัลติฟังก์ชันแนลไลโปโซม (multi-functional liposome)

สามารถนำส่งยาที่ยังมีฤทธิ์เข้าสู่อวัยวะเป้าหมายได้อย่างแม่นยำ



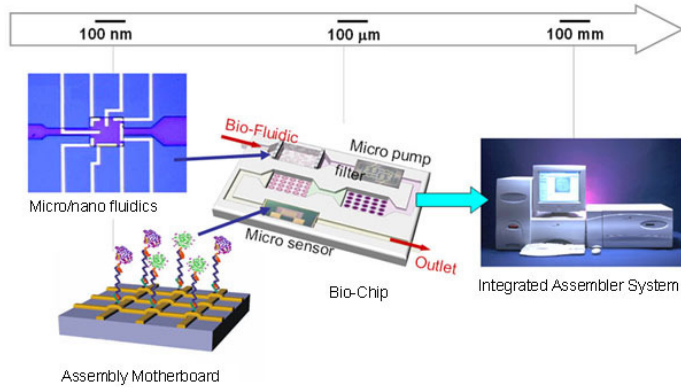
การนำส่งยารักษามะเร็งปากมดลูกด้วยไลโปโซม

ศูนย์  
NSTDA

NANOTEC  
a member of NSTDA

## ห้องปฏิบัติการบนชิพ (Lab-on-a-Chip)

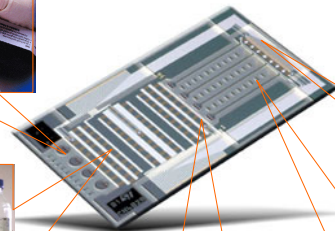
อุปกรณ์สำหรับการตรวจวิเคราะห์ที่เกิดจากการผสมผสานชิ้นส่วนย่อยที่ทำหน้าที่แตกต่างกันเข้าด้วยกัน เช่น ชิ้นส่วนควบคุมการไหลของของเหลว (fluidic) ชิ้นส่วนสำหรับเตรียมตัวอย่าง ชิ้นส่วนที่ใช้ทำปฏิกิริยา ชิ้นส่วนที่ใช้แยกตัวอย่าง และชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่เป็นเซ็นเซอร์เพื่อใช้ตรวจจับและวัดปริมาณสารตัวอย่าง



ศูนย์ NSTDA

NANOTEC  
a member of NSTDA

## ห้องปฏิบัติการบนแผ่นชิพ (Lab-on-a-chip)






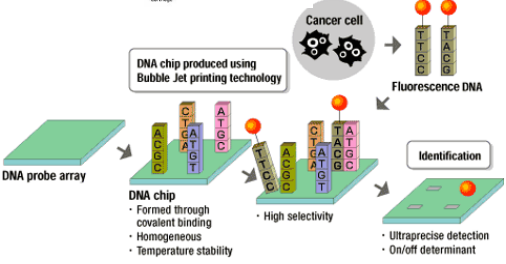
- **Features**
  - Miniaturisation
  - Automation
  - Integration
- **Benefits**
  - Data Quality/Reproducibility
  - Reagent savings



ศูนย์ NSTDA

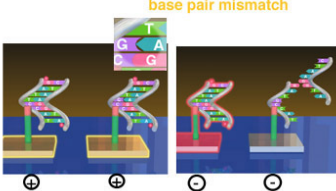
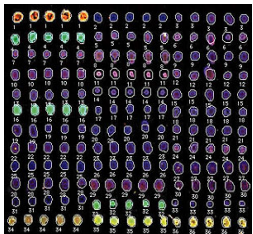
NANOTEC  
a member of NSTDA

# DNA chip

- High selectivity
- Ultraprecise detection
- On/off determinant

• Discriminates single base pair mismatch

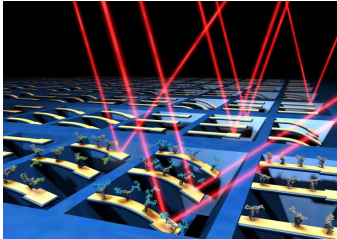



**NANOTEC**  
a member of NESTA

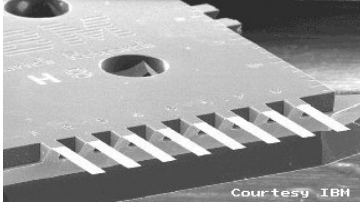
# นาโนไบโอเซ็นเซอร์ (Nanobiosensor)

**นาโนไบโอเซ็นเซอร์** - ตัวตรวจวัดวิเคราะห์ชนิดหนึ่งที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในระดับนาโนเมตร นาโนเซ็นเซอร์ประกอบด้วยโครงสร้าง 2 ส่วนสำคัญ

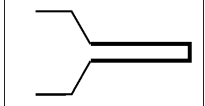
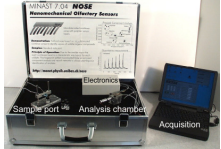
1. ตัวรับ (receptor unit)
2. ตัวให้/แปลสัญญาณ (transducer หรือ signaling unit) สัญญาณที่นาโนเซ็นเซอร์ตรวจวัดแบ่งได้เป็นหลายชนิดได้แก่ นาโนเซ็นเซอร์เชิงแสง (optical nanosensor) และนาโนเซ็นเซอร์เชิงเคมีไฟฟ้า (electrochemical nanosensor)



ไมโครอาร์เรย์ (microarray)

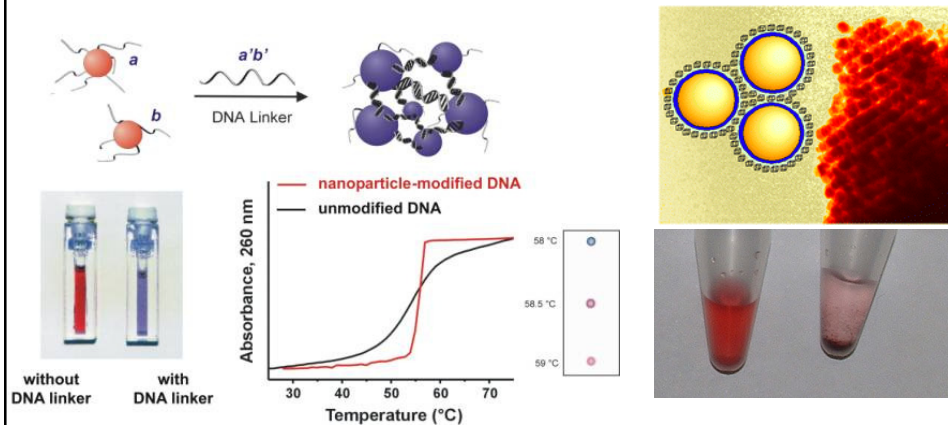


คันทิลเวอร์ (cantilever)

**NANOTEC**  
a member of NESTA

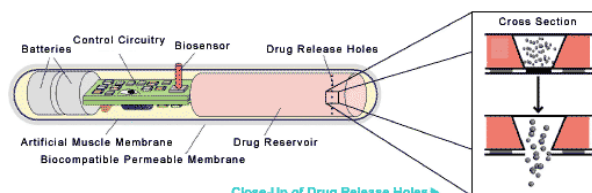
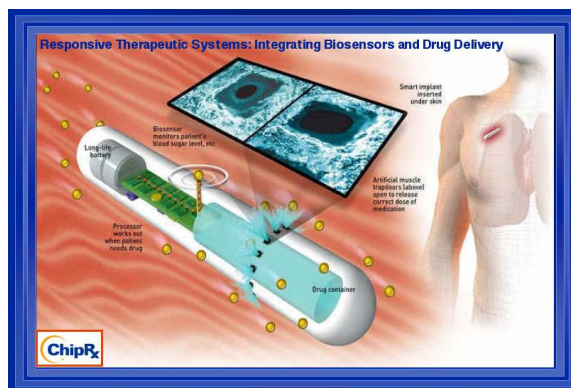
## อนุภาคนาโนของทองคำสำหรับการพัฒนานาโนไบโอเซ็นเซอร์



ไบโอเซ็นเซอร์ที่ใช้อนุภาคนาโนของทองคำในการตรวจจับสารพันธุกรรมของเชื้อแอนแทรกซ์

## การพัฒนาอุปกรณ์ปล่อยอินซูลินอัตโนมัติและไบโอเซ็นเซอร์แบบปลูกฝังใต้ผิวหนังในการรักษาผู้ป่วยโรคเบาหวาน

WHO, approximately 177 million people worldwide suffer from diabetes, and that number may double by 2025. Nearly 40 percent of people with diabetes require insulin injections





ความเป็นสหวิทยาการของ...นาโนเทคโนโลยี

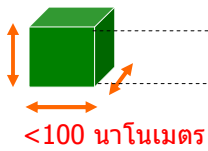


การจำแนกประเภทของวัสดุนาโน

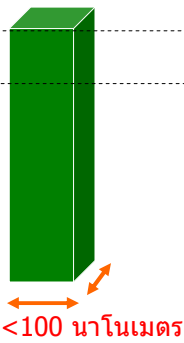
3 Nano-dimensions

2 Nano-dimensions

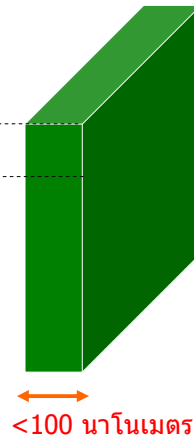
1 Nano-dimension



- อนุภาคนาโน
- ฟงนาโน
- นาโนแคปซูล
- ฟูลเลอร์รีน
- เดนไดรเมอร์
- ควอนตัมดอท
- โครงสร้างนาโน
- โพรขนานโน

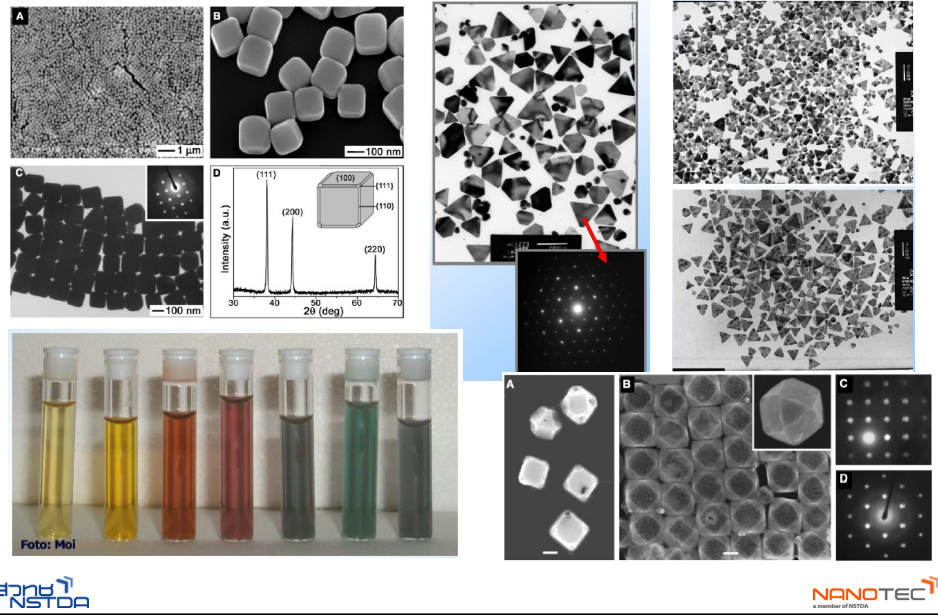


- เส้นใยนาโน
- ลวดนาโน
- ท่อนาโนคาร์บอน

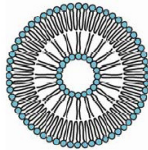


- ฟิล์มบางนาโน

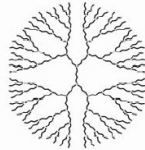
## Shape of nanoparticles



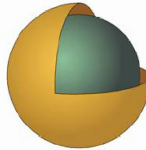
## การจำแนกประเภทของอนุภาคนาโน (nanoparticles)



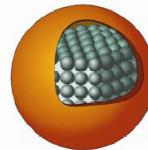
Liposome



Dendrimer



Gold Nanoshell



Quantum Dot



Fullerene

### Organic Nanoparticles

(e.g.: Polymers, Dendrimers)

### Inorganic Nanoparticles

(e.g.: Iron oxide, gold nanoparticles)

### Organic/Inorganic hybrids

(e.g.: Nanocomposites, core-shell type)

### Carbon based

(e.g.: Functionalized fullerenes)

### Liposomes

(e.g.: Functionalized, inclusion complexes)

### Biological nanoparticles

(e.g.: Protein and peptide based nanoparticles with other biological components)

## อนุภาคนาโนของเงิน (Silver nanoparticles)



อนุภาคนาโนของเงินที่มีขนาดเล็กกว่า 10 นาโนเมตรจะมีสีเหลืองทองอันเนื่องมาจากปรากฏการณ์ทางควอนตัม และมีคุณสมบัติในการกำจัดแบคทีเรีย

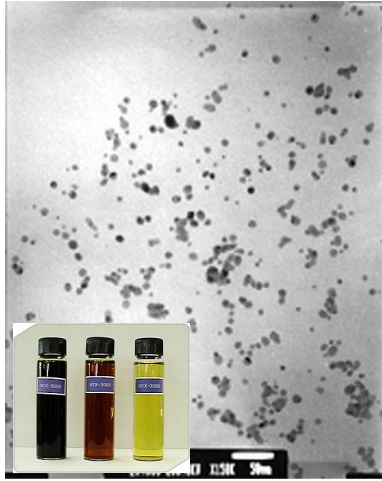


Bio-Nano Ag+ Silver Spray

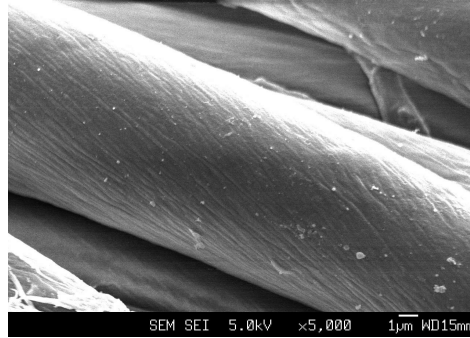


A-Do Global Co Ltd, Korea

## ภาพขยายแสดงลักษณะของอนุภาคเงินนาโน



อนุภาคเงินนาโนในสาร  
แขวนลอยสีเหลือง



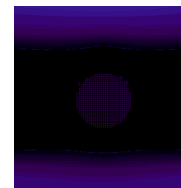
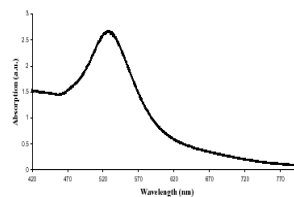
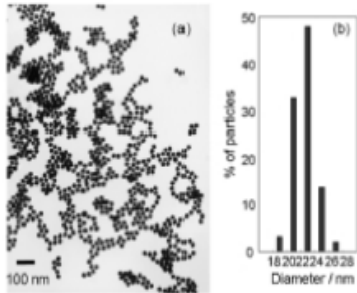
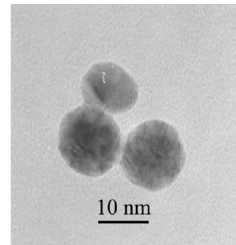
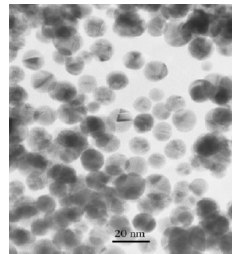
SEM images of silver nanoparticles  
on cotton and polyester fibers



สถาบัน  
NSTDA

NANOTEC  
a member of NSTDA

## อนุภาคทองคำนาโน (gold nanoparticle)



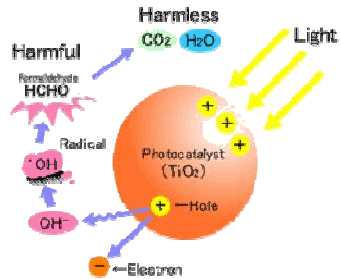
Surface plasmon resonance

สถาบัน  
NSTDA

NANOTEC  
a member of NSTDA

## อนุภาคนาโนของไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO<sub>2</sub> Nanoparticles)

### Photo-catalysts



### Car Air Purifier



### Air freshener



NanoTwin  
TECHNOLOGIES

NanoBreeze™

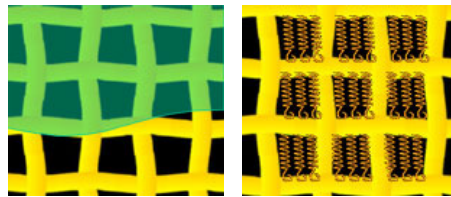
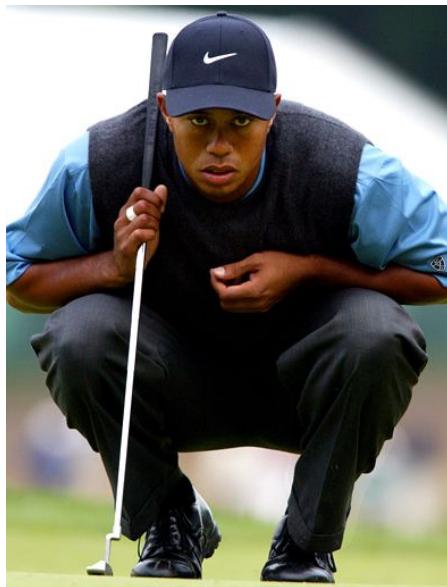
<http://www.nanotwin.com/>

สภาฯ NSTDA

NANOTEC™  
a member of NSTDA

## เส้นใยนาโน (Nano-textile)

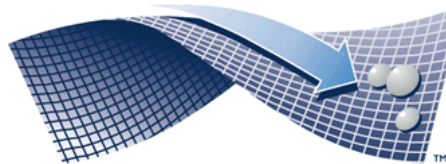
nano~tex™



เส้นใยผ้าฝ้ายทั่วไป

เส้นใยผ้าฝ้ายที่มีเส้นใยนาโนของสารกันน้ำเคลือบอยู่ด้านนอกทำให้สามารถกันน้ำได้

MINIMIZES STAINS  
LIQUID REPELLANT

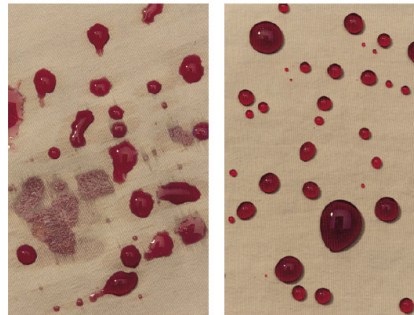
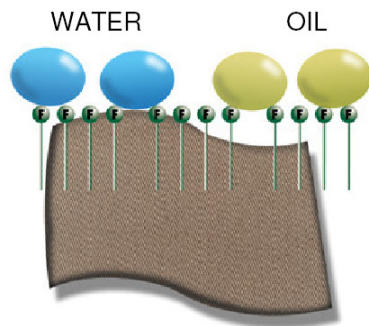


nano~pel™  
A RANO-TEX INNOVATION

NANOTEC™  
a member of NSTDA

สภาฯ NSTDA

## สิ่งทอที่มีสมบัติกันเปื้อน (Stain repellence)

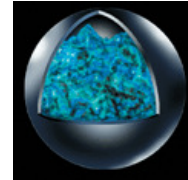
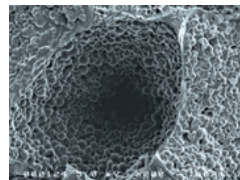
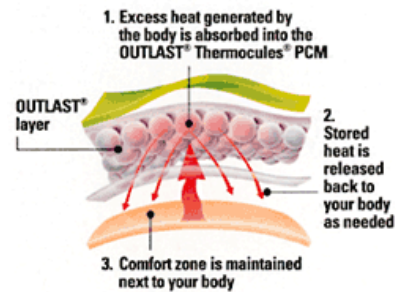


Untreated

Treated

Hydrophobic materials work on the nano scale that is, on the molecular level, to protect each fiber in fabrics that go into water-and oil-repellent fabrics

## Phase Change Materials (PCMs)

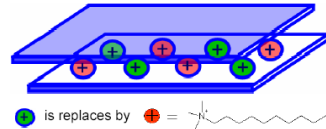
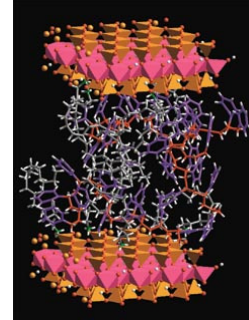




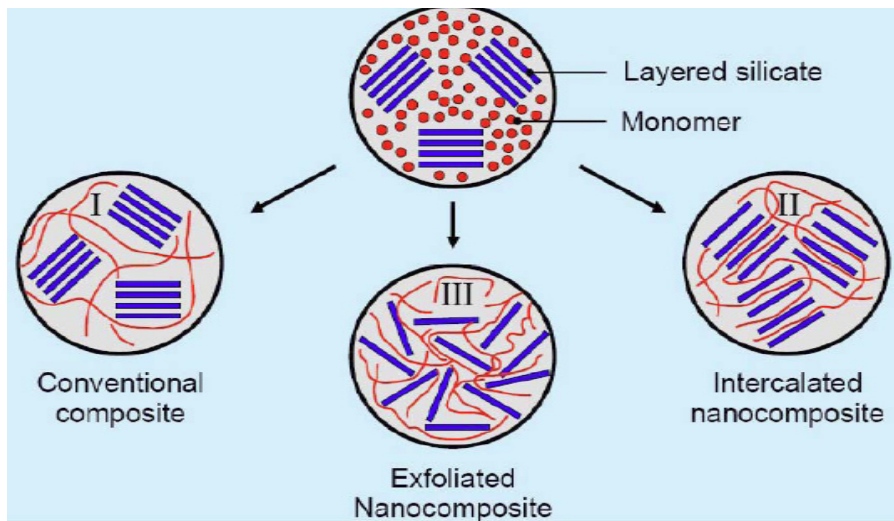
## เคลย์/ นาโนคอมพอสิต (clay/nanocomposites)

### คุณสมบัติพิเศษ

- มีความใส ไม่ขุ่น
- มีความแข็งแรงสูง เพิ่มมอดูลัส เนื่องจากซีลีเกิดจากนาโนเคลย์
- กั้นการซึมผ่านของก๊าซ เพราะมีโครงสร้างผลึกที่หนาแน่น เพิ่มระยะทางเคลื่อนที่ของก๊าซ
- ทนความร้อนได้สูง และเป็นฉนวนที่ดี
- ช่วยทำให้พอลิเมอร์นำไฟฟ้าได้ดีขึ้น
- มีความเบามากกว่า filler ชนิดอื่นๆที่ผสมลงในพอลิเมอร์

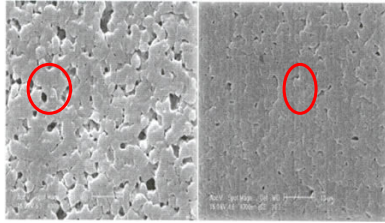


## Polymer (พอลิเมอร์)



# Polymer Nanocomposites

## Clear barrier film –D888



PP/Graphite nanocomposite without (left) and with (right) compatibilizing agent



Used for meats and cheeses, and in coffee packs

Better for the environment – PET/vermiculate layer replaced PVDC in a barrier film



Leading-Edge Developer of Nanoclay Technologies for Plastics



Ordinary Tennis Ball



DoubleCore™



Using a patented material and process, the inner core of the tennis ball is coated with a butyl-based barrier called Air D-Fense by InMat LLC, which restricts airflow from escaping the core. This new technology utilizing a coated inner core inhibits air permeation





## Active packaging

" type of packaging that changes the condition of the packaging to extend shelf-life or improve safety or sensory properties while maintaining the quality of the food "

- scavenging of oxygen, moisture or ethylene,
- emission flavours,
- antimicrobial activity,
- etc



epnz  
NSTDA

NANOTEC  
a member of FOSTA

## New fruit label indicates ripeness



This pear is red.  
**crisp**

This one's orange.  
**firm**

And this one's yellow.  
**juicy**

To find your perfect pear, just look for the ripeSense™ sensor.

WORLD FIRST  
NEW ZEALAND  
TECHNOLOGY

ripe sense



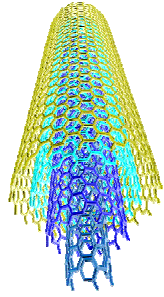
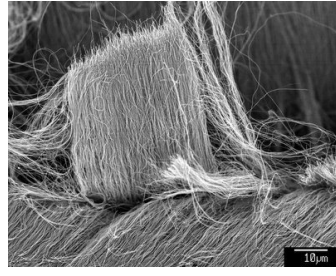
epnz  
NSTDA



NANOTEC  
a member of FOSTA

## ท่อนาโนของคาร์บอน (carbon nanotubes, CNTs)

**คุณสมบัติพิเศษ**

- มีทั้งแบบผนังเดี่ยวและผนังหลายชั้น (single wall/ multi-walls CNT)
- มีพื้นที่ผิวสูงมาก
- มีความแข็งแรงเชิงกลสูงมาก (มอดุลัสสูงมาก)
- ความยืดหยุ่นสูง และสามารถโค้งงอได้
- เข้ากับร่างกายได้ดี
- นำไฟฟ้าได้ดีมากในกรณีที่มีสมบัติเป็นโลหะ
- นำความร้อนได้ดีมาก และมีความเสถียรที่อุณหภูมิสูง
- สามารถบรรจุอะตอม หรือโมเลกุลชนิดอื่นไว้ภายในท่อได้
- มีคุณสมบัติเป็นวัสดุปลดปล่อยแสง (field-emitter)

## แนวทางการวิจัยและการใช้ประโยชน์ของท่อนาโนของคาร์บอน


**ด้านพอลิเมอร์ และเซรามิก**

- พอลิเมอร์นำไฟฟ้า
- ป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
- เพิ่มความแข็งแรงของพอลิเมอร์
- เพิ่มความทนทานการแตกร้าวของเซรามิก

**ด้านพลังงาน**

- อิเล็กโทรดของคาปาซิเตอร์
- อิเล็กโทรดของแบตเตอรี่
- ตัวกักเก็บไฮโดรเจนสำหรับเซลล์เชื้อเพลิง
- เพิ่มประสิทธิภาพเซลล์สุริยะ








## วัสดุประกอบแตงนาโน (Nanocomposite)



### Hummer H2 Sport Utility Truck

มีองค์ประกอบเป็นสารประกอบแตงนาโน ทำให้น้ำหนักรถเบาขึ้น แต่สามารถป้องกันรอยขีดข่วนได้ดี และไม่เปลี่ยนรูปร่างแม้อุณหภูมิสูง



สภาฯ NSTDA

NANOTEC  
a member of HETDA

## Automotive OEM coatings

improved scratch- and mar-resistance  
higher gloss

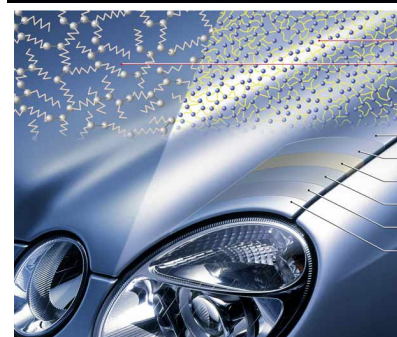
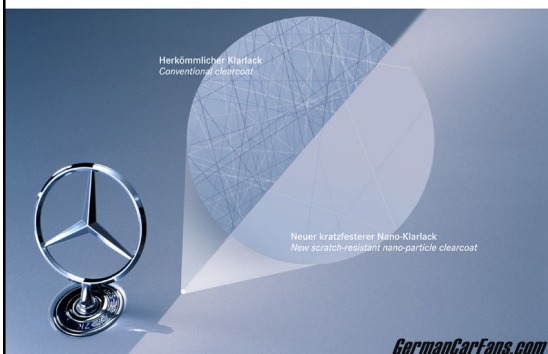
## PPG product "Ceramiclear"

next-generation nanotechnology  
product in the pipeline

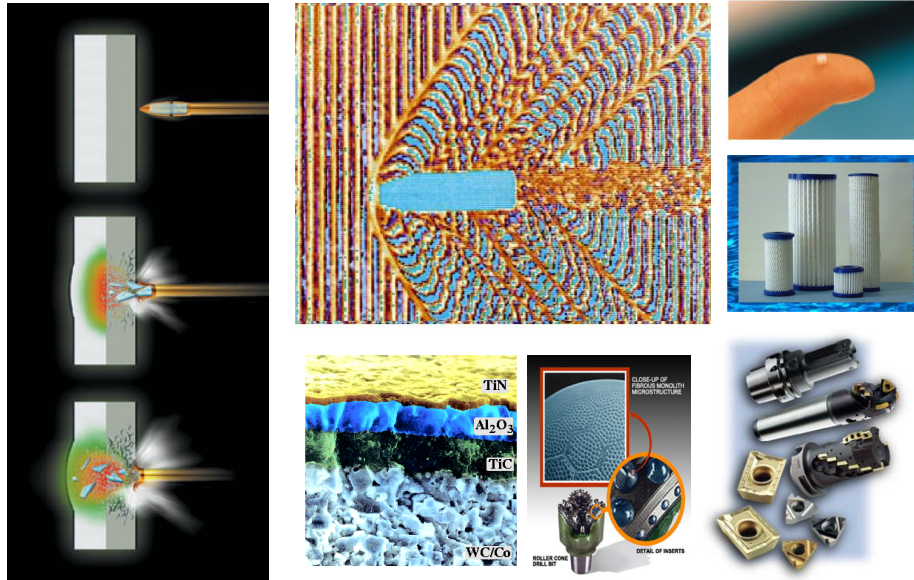
## Mercedes-Benz Nano-Paint

Nano-particle clear coat on metallic and non-metallic paint finishes  
E, S, CL, SL and SLK-class series

Lackoberflächen unter dem Mikroskop: Höherer Glanz und weniger Kratzer durch neuartigen Nano-Klarlack  
Paint surfaces under the microscope: Higher gloss and less scratches due to new nano-particle clearcoat



## เซรามิกในงานเกราะป้องกันกระสุนปืน (Ceramic armors)

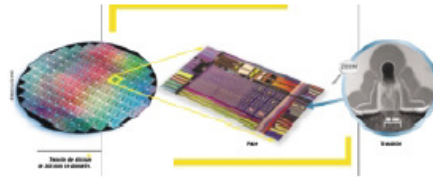


## ความเป็นสหวิทยาการของ...นาโนเทคโนโลยี

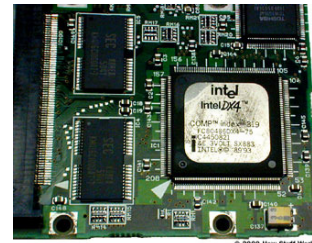
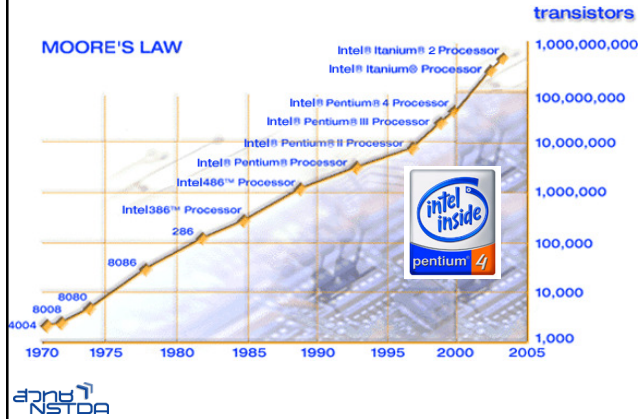
นาโน  
อิเล็กทรอนิกส์

Nanoelectronic

## การลดขนาดวงจรรีเลกทรอนิกส์



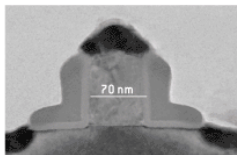
Gordon Moore, 1975



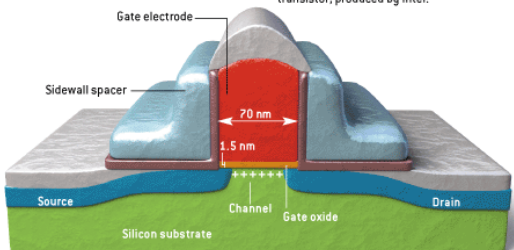
## ทรานซิสเตอร์ (Transistor)

### FIELD-EFFECT TRANSISTOR

THE FUNDAMENTAL BUILDING BLOCK of a microprocessor is the field-effect transistor, which acts as a simple switch. The proper voltage applied to the gate electrode induces charge along the channel, which then carries current between the source and the drain, turning the switch on. With sufficiently small gates, these transistors can switch on and off billions of times each second.

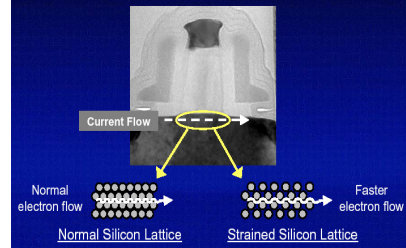


FIRST-GENERATION nanometer-scale transistor, produced by Intel.

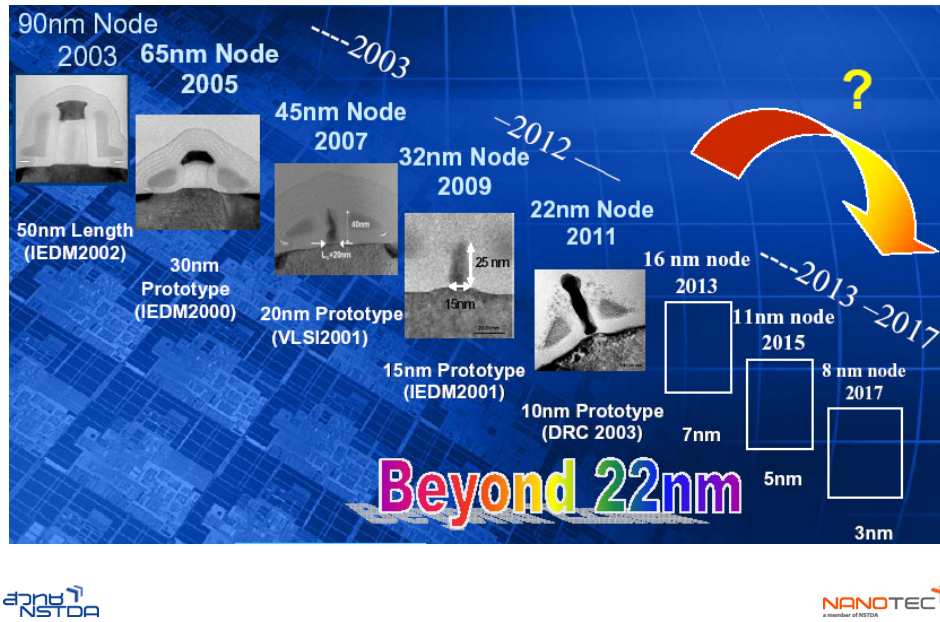


INTEL (micrograph); BRYAN CHRISTIE DESIGN (illustration)

### Strained Silicon Transistors



## การลดขนาดวงจร CMOS ยังคงดำเนินต่อไปได้อีกมากกว่า 10 ปี

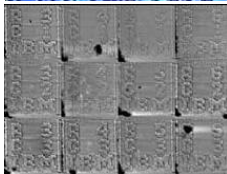
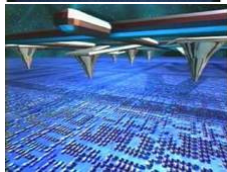
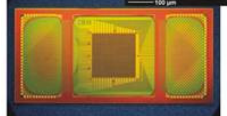


## Nanoelectronics Applications: Storages

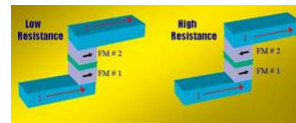
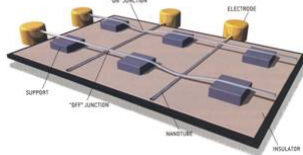
**Fabricated "MILLIPEDE" Chip**

Integration in a 7 × 14 mm<sup>2</sup> chip cell

- 100 areas of 21 × 21 (200k) Cavities
- Integrated Ring, Involving sectors (10)
- Thermal memory cells
- Heaters

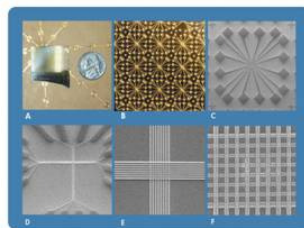


Tbit-Probe Storage (IBM)

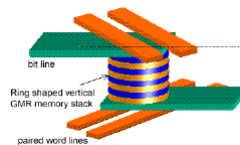
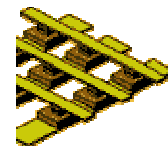


Spintronic Switch (UCSD)

Nanowire Memory (Scientific American  
Sep. 2001/www.sciam.com)

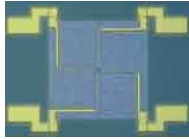


HP's Molecular memory chip

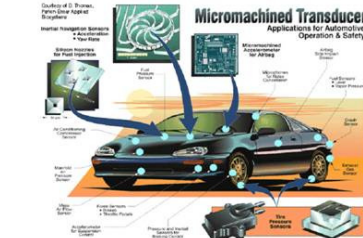


GMR Memory Cell (NVE Inc.)

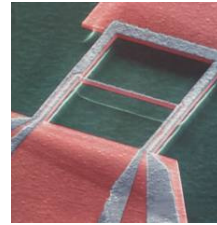
# Nanoelectronics Applications: Sensors



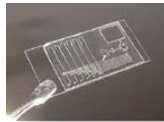
Spintronic sensor technology being tested on a Mercedes V8 engine at Oxford



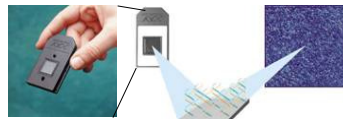
MEMS



NEMS Resonator(Caltech, USA)



Lab-on-chip



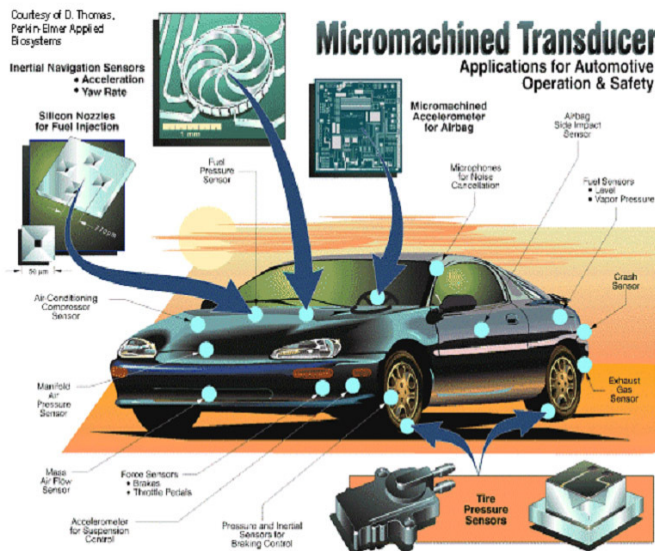
DNA Analyzer (AFFYMETRIX)



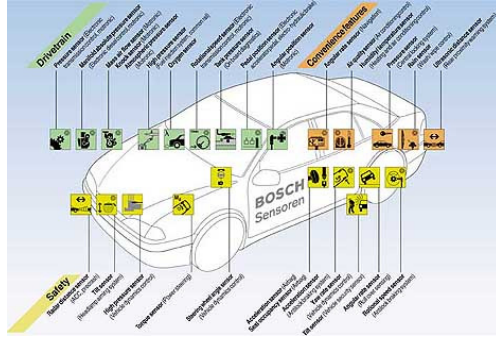
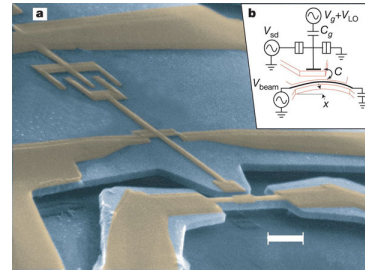
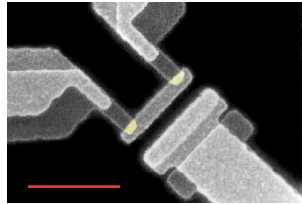
Smart Shirt (Gatech, USA)



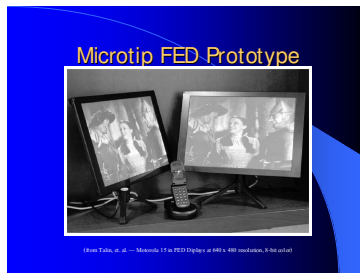
## sensor สำหรับที่ใช้ในรถยนต์



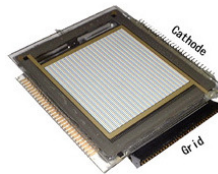
## MEMS/ NEMS: Micro/Nano electromechanical systems



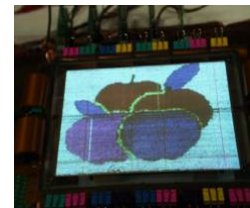
## Nanoelectronics Applications: Display



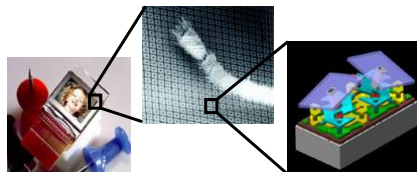
15 inch Field Emission display (Motorola)



CNT Display (Noritake, Japan)



CNT based FED (Samsung, Korea)



MEMS Micromirror Array (DLP, Texas Instrument)

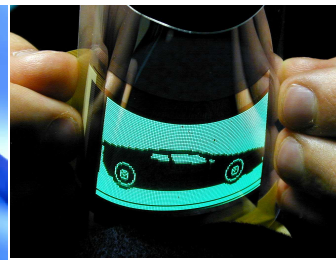
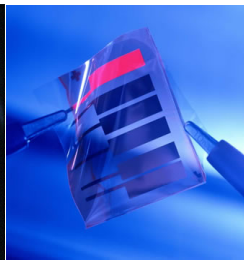
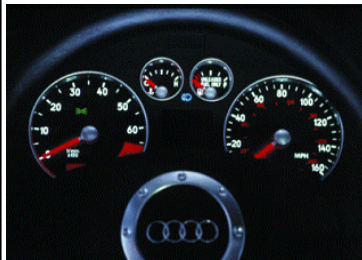
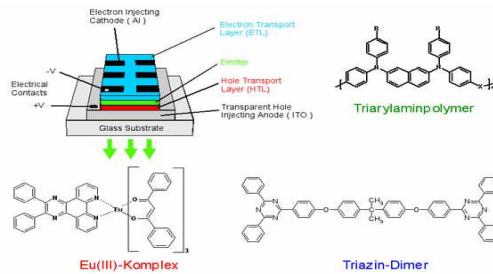


Nomad MEMS Micromirror Scanner (Microvision, USA)





## Organic light-emitting diodes, OLED



ศูนย์  
NSTDA

NANOTEC  
a member of NSTDA



หน้าจอกำไลข้อมือ Charm Bracelet



บันทึกชีวิต Life recorder



กล้องทรงกระป๋อง  
Multimedia handcam



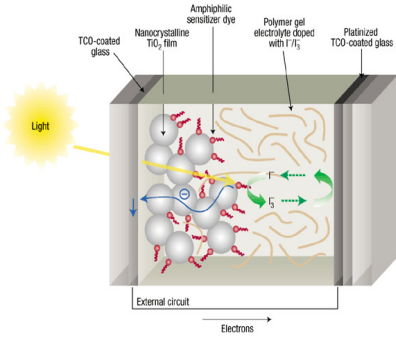
รวมทุกอย่างในหนึ่งเดียว  
Personal navigator

ศูนย์  
NSTDA

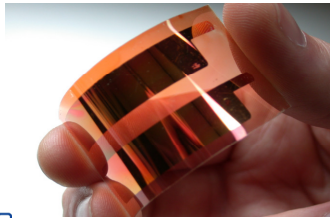
NANOTEC  
a member of NSTDA

# Nano Solar cell

## Dye-sensitized Nanocrystalline TiO<sub>2</sub> film

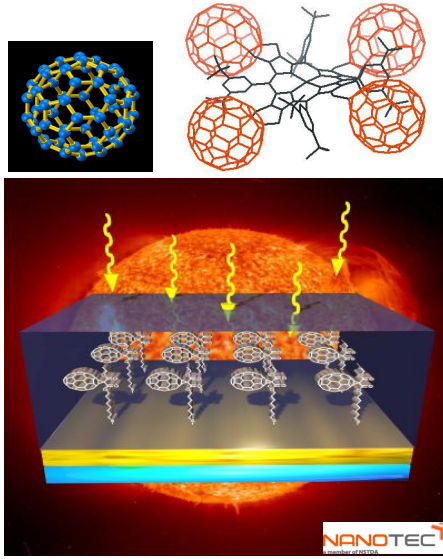


## Metal nanorod plastic solar cell

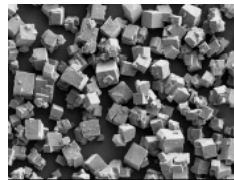
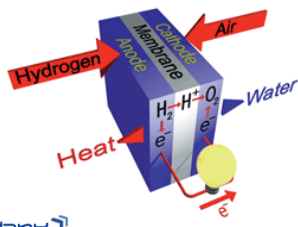


epn NSTDA

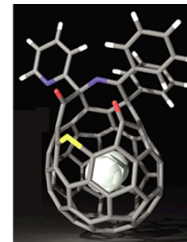
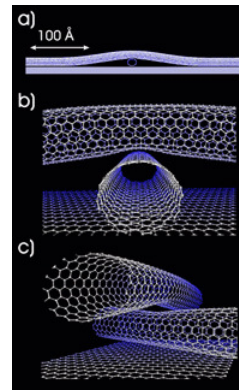
## Dyad (Buckminsterfullerene and porphyrin)



# Hydrogen Fuel Cell



hydrogen storage unit





epn NSTDA

NANOTEC  
a member of NSTDA

## The Hydrogen Infrastructure . Defined. Developed. Delivered.

[http://www.gii.com.hk/eng/clean\\_energy.htm](http://www.gii.com.hk/eng/clean_energy.htm)

## Thank you very much for your attentions

nuttapun@nanotec.or.th



[www.nanotec.or.th](http://www.nanotec.or.th)