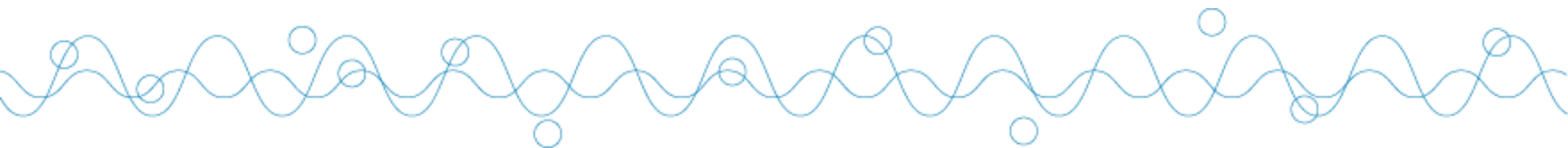


システムとして実現するナノテクノロジー・材料

～ *Systems Nanotechnology* ～

CRDSナノテクノロジー・材料ユニット
永野智己
2015年6月24日 @ 文部科学省
ナノテクノロジー・材料科学技術委員会



- 「先鋭化」「融合化」「システム化」という三つの技術世代が複合的に共鳴して進化
- ナノテクノロジー・材料技術における システム化とは、要素の集積を通じて高度なシステム機能を生み出し、他技術と統合されて実用化・産業化へ向かう過程・結果である
- この同様の概念は国際的にも共通認識化（欧米亜の主要国際会議）



三つの技術世代はそれぞれ重なり合いながら階層的かつ多様に進化し、他の技術と工学的な融合を経て産業・実用の出口へと向かう

1980's ~

先鋭化

超微細計測(電顕、SPM)、超微細加工(リソグラフィ、薄膜形成)など

◆要素技術

学際的融合
フィードバック

2000's ~

融合化

薬物送達システム(DDS)、MEMSなど

◆要素技術の融合

他技術・既存技術との統合
フィードバック

2010's ~

システム化

トップダウン加工と自己組織化の融合などを通じた機能の発現

◆システム機能へ統合

統合化 (Convergence)

社会的期待

持続可能性社会

ナノテクノロジー・ナノサイエンス
物質科学

新しい技術の登場と新しい社会課題の顕在化によって ナノテク・材料の3つの技術世代は重層的且つ階層的に進化する

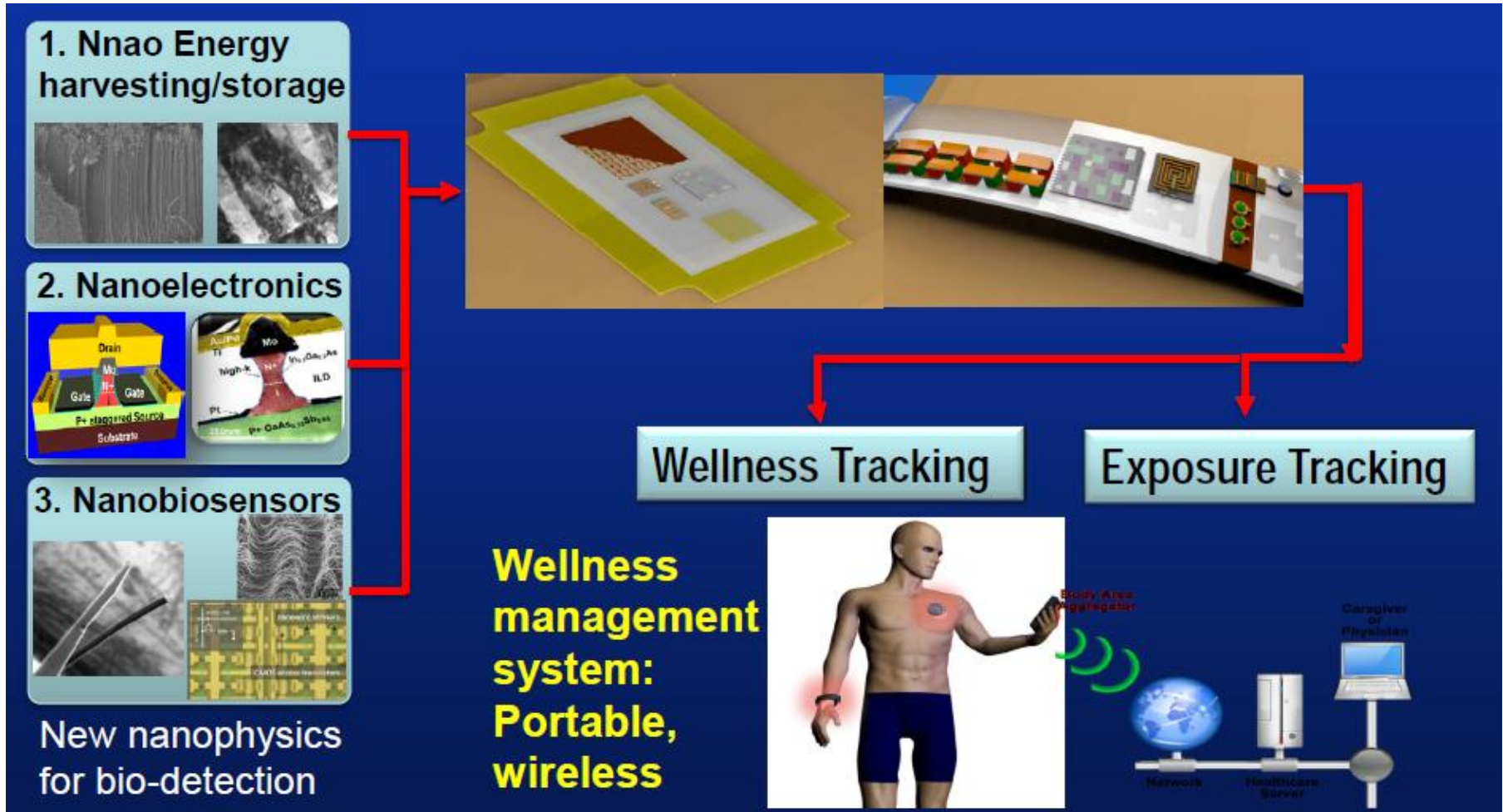


先鋭化	融合化	システム化
<p>要素技術のナノスケールの極限性能追求・実現</p>	<p>極限まで先鋭化された要素技術同士の学際的な研究を通じ異分野融合を惹起。他技術と結合して新機能を有する新しい融合ナノテクに進化</p>	<p>課題解決に資する高度な機能を提供する部品・装置・システム。先鋭化した諸々の要素技術が融合して新しく生まれた融合ナノ・材料技術を、価値創出システムへと統合構成する</p>
<p>ex. 計測技術 対象がマクロスケールのバルク結晶から、原子・分子個々の分解能の走査型プローブ顕微鏡や収差補正電子顕微鏡、単分子分光技術等へ進化。これらにより初めて明らかになった構造は、新しい材料設計アイデアの創出へつながる</p>	<p>ex. 環境・エネルギー分野 キーデバイスとしての太陽電池、燃料電池、蓄電池、さらには人工光合成、ガス分離などへの期待。特に素材のイノベーションが要求され、デバイスを構成する電極・電解質材料など個々の材料の性能追求ではなく、デバイス全体としての性能向上に向けた構成要素材料群の最適化が必要であり、融合化技術が不可欠</p>	<p>ex. 健康・医療分野 生命科学の膨大な知の集積と最先端半導体技術、電子・光技術との融合から生まれるイノベーション。マイクロ流路など人工ナノデバイス上でDNAや単一細胞・分子の検出・同定を行う。ナノ粒子をDDSの輸送物質として活用したり、足場材料を導入する事でiPS細胞を固定し所望の組織に分化誘導するなど、診断・治療の革新を目指す</p>
<p>ex. 微細加工 10nm以下の領域へ突入する素子の微細化技術、リソグラフィを始め、製造に関わる全ての要素技術の革新が求められている。先鋭化の過程は新しい概念も登場させながら、不断の研究開発が必須</p>	<p>ex. ナノエレクトロニクス 微細化に伴い、ゲート絶縁膜の薄膜化が要求、既存のSiO₂膜では素子性能の向上は期待できず、高誘電体材料の開発、新規ゲート電極材料の開発が不可欠。微細化技術の追求とそれに伴う新材料の導入・開発を合体させた融合化技術の登場が、LSIの性能向上には必須条件</p>	<p>ex. ナノエレクトロニクス メモリ、演算、通信、センシング、イメージング、エネルギー供給といった多様な機能を複数チップで実現、それらを3次元的にヘテロ集積した一体化システムを実現する期待が高まっている。小型のAIを搭載したロボットや、生活を支援してくれるナビゲータのようなシステムが可能になる</p>

Engineering Research Center (ERC) / NSF

North Carolina State University で “**Nanosystems**” を実施

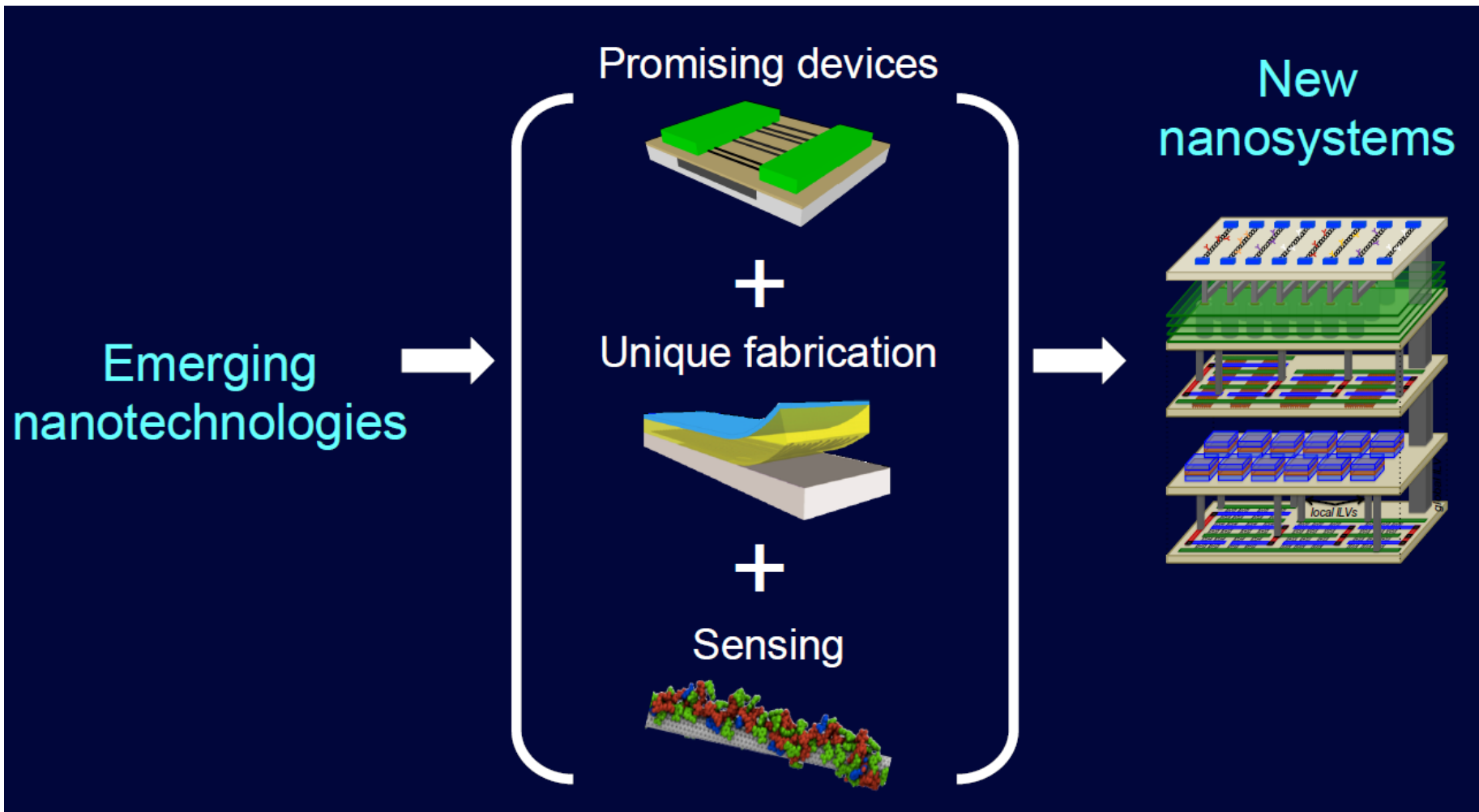
“Advanced Self-Powered Systems of Integrated Sensors and Technologies (ASSIST)”



參考資料

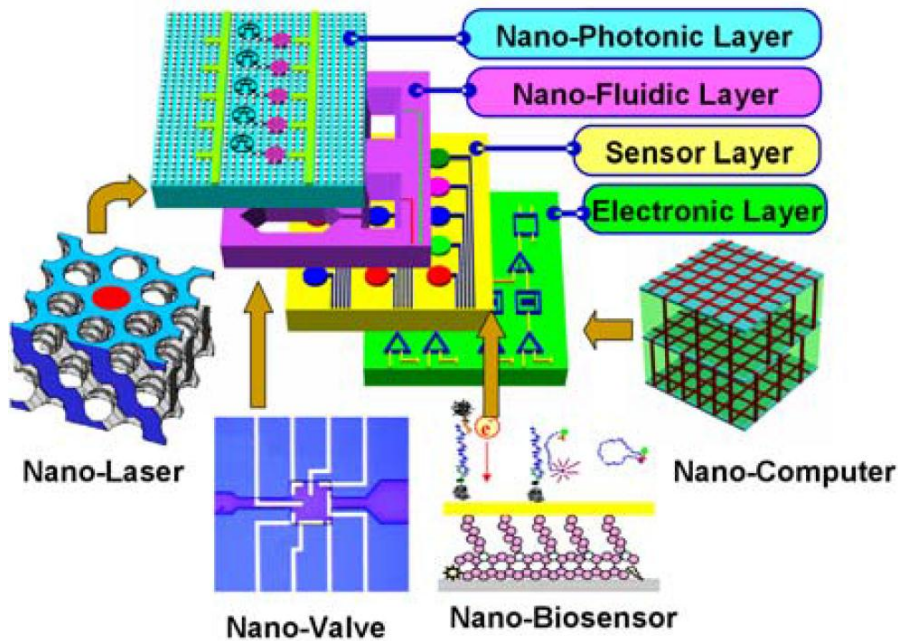
From Nanodevices to Nanosystems

Applications ↔ architectures ↔ devices



Toward the next generation of systems nanotechnology

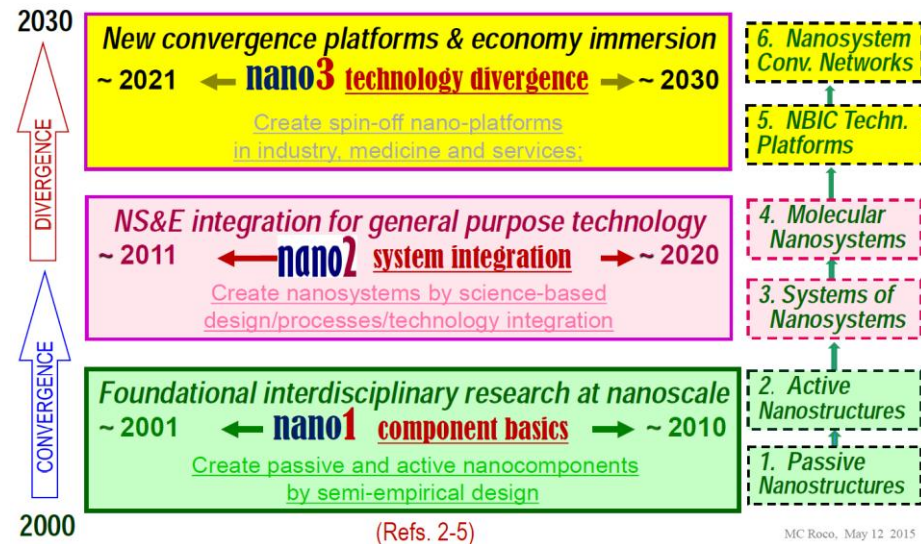
The rudimentary capabilities of nanotechnology today for systematic control and manufacture at the nanoscale are evolving into four overlapping generations of nanotechnology products: passive nanostructures, active nanostructures, systems of nanosystems with three-dimensional features, and heterogeneous molecular nanosystems. Understanding interactions among nanostructures and their collective behavior in systems will become a central research topic for discoveries and innovation toward new industrial and medical applications.



Conceptual schematic of a manufactured nanosystem
(X. Zhang, UCLA)

CREATING A GENERAL PURPOSE NANOTECHNOLOGY IN 3 STAGES

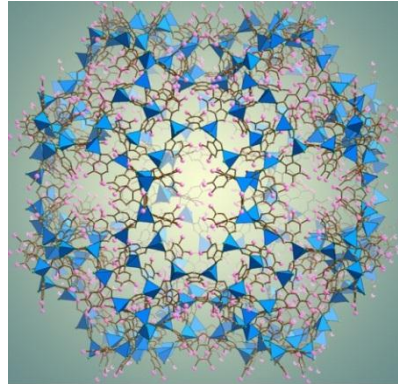
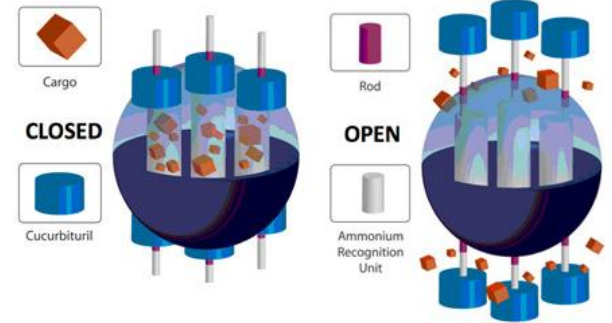
6 GENERATIONS
NANOPRODUCTS



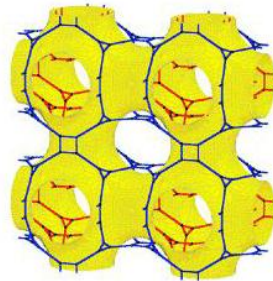
MC Roco, May 12 2015

Dr. Mihail C. Roco (NSF)@INC11

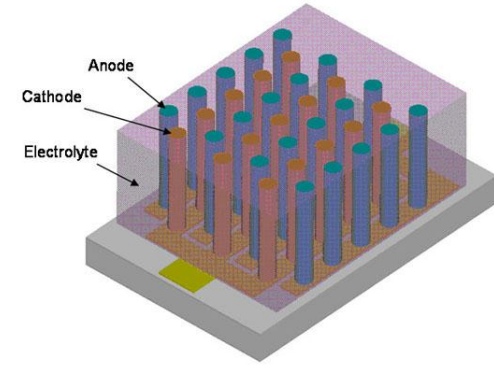
UCLA California NanoSystems Institute (CNSI)



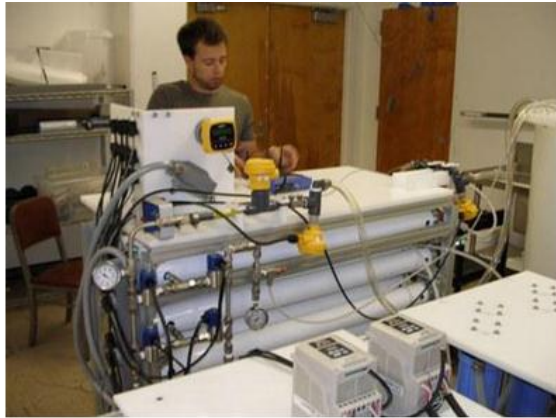
ZIF-100



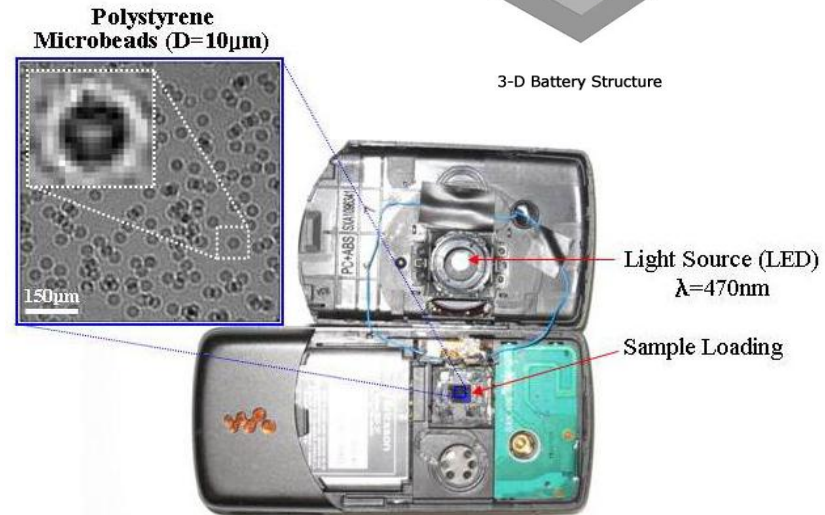
Metal Organic Framework (MOF).



3-D Battery Structure



M3 water filtration and desalination system



* 2Mp CMOS, **3.0µm Pixel Size, ***5mmX4mm Active Region

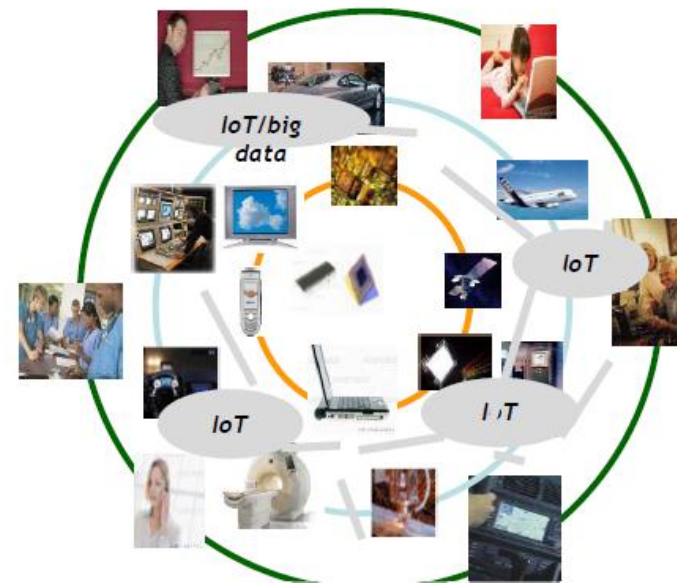
Sony Ericsson W810i cellphone with LUCAS installed.

KETs are more than (nano-) technology.



- KETs are about Systems and Value Chains: (IoT,...)
- KETs are about products AND (multi-)KET Solutions:
- KETs address societal challenges (electric vehicle, autonomous driving, ..)
- KETs are about competitiveness and investments (Skills, Knowledge, R&I, Manufacturing,....)

- Nanotechnology
- Advanced Materials
- Micro- and nano- electronics
- Photonics
- Biotechnology
- Advanced Manufacturing



All KETs need to work together

システム化（ナノエレクトロニクス分野）

物質・材料をベースとするナノテクノロジーが、製品やサービスという形で社会実装されるには、材料、デバイス、実装、システムの階層を通過していく必要があり、研究としても**水平にも垂直にも連携の必要**がある。

