



会場となったヒルトン福岡シーホーク

標記会議が 2015 年 5 月 11 日から 13 日まで、福岡市中央区地行浜にあるヒルトン福岡シーホークで開催された。この会議は、日米欧の 3 極の産官学がナノテクノロジーの研究開発の状況について情報交換する会議で、日米欧の回り持ちで開催されている。

今回の特徴は、IoT (Internet of Things), Industry 4.0 など、ICT によって社会構造が大きく変わる中でのナノテクの位置づけを模索するという色彩が色濃くでていた。初日は Japan Nano Day ということで日本のナノテク研究開発の現状が報告された。

第 1 日 (5 月 11 日) Japan Nano Day

開催委員長の曾根さんの Welcome Speech に引き続いて、INC11 事務局の NIMS の知京氏 (右図) が Overview に立ち、その中で「今会議では special topics として”Smart Mobility”を取り上げ、



知京さん

ナノエレクトロニクス・ナノテクノロジーがいかに社会に実装されているかを見てほしいと述べた。



長野参事官

次いで、文科省の長野参事官(ナノテク分野)が、最初に CRDS のナノ材の俯瞰図を引用する形で、ナノが社会的課題を解決するための基盤となっていることを述べ、文科省のナノテク材料研究開発に取り組む 3 つのポリシーを述べ、それに基づいて文科省が進めている CREST, さきがけ、ALCA などのプロジェクトのうちナノテクに関係するものを紹介した。

経産省の田中氏は、日本の産業界がアカデミックな成果を活かしきっていない現状を述べ、ギャップを埋めるために、①国研・公共研究機関と民間との橋渡し、②スタートアップ企業による橋渡し、③産と学との橋渡しの 3 つの施策を進め、死の谷を越えイノベーションを起こすと述べた。さらに、TIA・nano の拡充、NEDO の企画立案機能の強化、DARPA 方式の quick で flexible なマネージメント、などにふれた。



田中さん

内閣府の守屋氏は、CSTI の長期ビジョンを述べ、それに沿って、SIP, ImPACT などのプログラムを内閣府主導で、省庁横断で進 ImPACT めていること、ナノテクがこれらのプログラムにおいて、中心的な重要性をもっていることをのべた。このあと、CREST の桜井、ImPACT の佐橋、宮田の各先生方が個別のプロジェクトを紹介された。詳細は省略する。



守屋さん



桜井先生



佐橋さん



宮田先生



金山さん



小柳先生



新井先生



宝野さん



鈴木さん

初日の午後は、産総研の金山副理事長から「TIA-NANO の活動について」、東北大の小柳先生から「IoT にむけた 3D LSI の開発」、SECOM の小松崎さんから、「サービスイノベーションの秘訣」、名大新井先生の「シングルセル計測のためのナノロボディクス」、NIMS 宝野さんの「自動車用 Dy-フリーネオジム磁石の開発」、産総研鈴木さんの「陽電子マイクロアナライザによるナノ材料評価」と興味深い話題が

続いた。このうち、SECOM の小松崎氏の話が最も興味深かったので紹介しておく。SECOM は警備保障、火災予防、医療、保険、住宅開発、地理、情報技術の 7 分野の業務を行っており、any time, any trouble に頼りにされたいという「OMOI」をもって仕事をしているという。将来のサービスは、「超高齢社会」「防災」「セキュリティ」の 3 つにフォーカスしている。これらの見張りをするには、人間の能力には限りがある。人間の能力を先端技術の助けを借りて増幅することによって、裕福な社会をより裕福にしていけることができる。これこそがサービスイノベーションである。



小松崎さん

ポスターセッションでは、大学生に加え、高校生も英語でプレゼンした。

18:30 からは眺望抜群の 34F にて Reception があり、若手への表彰が行われた。大学生の他、高校生の受賞があった。生徒達にとって、本当によい経験になったと思う。



第2日 (5月12日)

INC11のメインセッションは第2日に始まった。まず、Welcome and Opening Addressのセッションでは、日本からは藤田 NIMS 理事(潮田理事長の代理)が、米国からはNSFのMihail Roco さんが、ヨーロッパからはFraunhoferのHubert Lakner さんが挨拶をした。



藤田さん



Roco さん

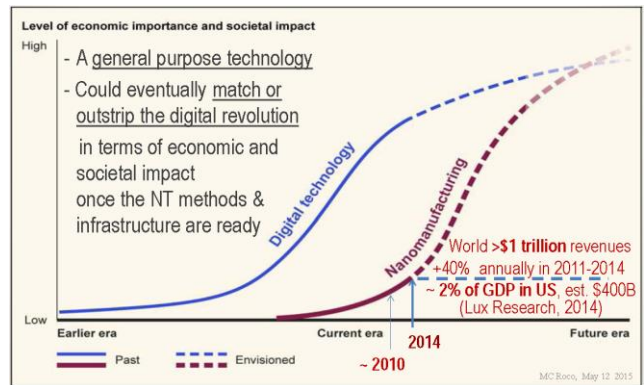


Lakner さん

ついで、Regional Updates と題して、日、米、欧から、それぞれ、守屋さん、Roco さん(NSF)、Beernaert さん(EC)の現状認識と報告があった。

守屋氏は、SIP、ImPACT および TIA-NANO について詳細を紹介した。

Roco さんは、まず、Nano が 2001-2010 の第1段階の component basics、2011-2020 の第2段階の system integration を経て、2020 からは第3段階 (technology divergence)に入るであろう。Digital Technology が S 字カーブで上昇したように、ナノテク産業も S 字カーブで上昇するとの希望的予測を述べた。



ついで、EC の Beernaert さん



Beernaert さん

は、デジタル経済と Key Enabling Technologies (KET)に立脚して、産業ルネサンスが起きるだろうとのべた。欧州は科学と特許には強いが製造と展開に弱いので、パイロット製造ラインなどへの投資を通じて、研究室→産業→市場のパスを確立すべきである。IoT と Smart Things (自動運転を含む)がイノベーションを駆動しており、スマート市場への投資が EU のナノテク、ナノエレの R&D を牽引すると述べた。

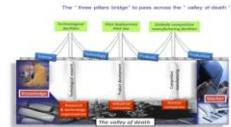
An industrial strategy for KETs

Europe has a strong position in science and patent ranking in each KET (1/3) but is weak in manufacturing and deployment.

Invest - next to R&D - in crossing the "Valley of Death"

- invest in pilot lines and demonstrators building trust;
- in (access to) competitive manufacturing and products (solutions)
- facilitate entrepreneurial engagement (SMEs)
- provide an "equal level" playing field.

From Lab to Industry to Market



東芝の石内さんは、JEITAを代表する形で、日本のナノエレの最近の研究開発状況を概説した。その中で、特筆すべき成果として、**新材料**：グラフェン系インターコネクト、**アーキテクチャー**：MRAMを用いた低消費電力キャッシュ、原子スイッチFPGA、**コンピューティング**：Isingモデルによる最適化問題、**エネルギー**：先端半導体技術による人工光合成、**More Moore**：EUVリソと検査技術、を挙げ、最近SIP, ImPACT, TIA-NANOなどあたらしいスキームができたが、さらなる産官学の協調・連携が必要であると結んだ。



石内さん



Gargini さん

ITRS議長のPaulo Garginiは、Gordon E. Mooreの1965年の問題提起”What could you do with 65,000 components?”からスタートして、半導体のスケーリングの歴史を振り返った。

1998年にITRSが発足したとき、5年以内にCMOSのGeometric Scaling(GS)に代わってEquivalent Scaling(ES)の時代になると予想し、これに基づきFCRP(Focused Center Research Program)が開設され、2003年には、歪み半導体、High-kなどによってESが製造工程に入った。2005年にはNRI(Nanoelectronics Research Initiative)がスタート、2012年からはNRIとFCRPの再構築によってSTARnetがスタートした。また、E3S (Energy Efficient Electronics Science) が低エネルギー消費を目指すpost-CMOSを目指している。

最近、マルチゲートFET、FIN FETなど 2Dから3Dへの転換の流れが定着した。メモリーにおいても東芝は48層の垂直メモリーアーキテクチャーを発表している。2006年頃から始まったheterogeneous integration (異種集積) の流れは、PCの保っていた主役の座がスマホやタブレットに移る過程と呼応している。一方、コンピュータアーキテクチャー業界もIoTに対応するRebooting Computing (RC) initiativeを発足させており、ITRSと共同で2020年以降の新デバイスのアーキテクチャー構築に動いている。

ASML (オランダの半導体製造装置メーカー)のHartman戦略技術担当理事は、欧州における最優先事項は欧州が再成長し人々に雇用をもたらすことだという。改革には3150億ユーロが必要で、Horizon2020ではExcellent Science, Industrial Leadership, Societal Challenges・・・に800億ユーロが使われる。H2020におけるELG (Electronics Leaders Group)の目標は、半導体コンポーネントの経済的価値を倍増すること、サプライチェーンを加速することであり、2年ごとに月産7万ウェーハ(300mm相当)分の生産応力を増強するなど述べた。



Hartman さん



高木先生

東大の高木先生は、超低消費電力LSIのためのナノデバイス技術を述べた。結論は、UTB/UTBOX III-V-OI 構造がシリコンプラットフォーム上のIII-V/Ge CMOS実現に有効。ウェーハボンディングがSi上UTB III-V-OI形成に将来性がある。EOT 0.76 nm のHfO₂/Al₂O₃/ GeO_x/Ge ゲートスタック採用により、高移動度の Ge n- and p-MOSFETが実現。オン電流が大きく閾電圧が制御できる3-nm-InAs チャンネルをもつ 20 nm量子井戸nGaAs/InAs/

InGaAs-OI Tri-gate nMOSFETsが実現。InAs/GaSb-OIを用いたIII-V CMOS をウェーハボンディングで実現、Zn拡散ソースをもつプレーナInGaAs TFETs によってSS=64 mV/decと10⁶を超える高い I_{on}/I_{off}比を達成。さらに、その場B-ドープGeソース歪SOI TFETs によって最小のSS=29 mV/decと4x10⁷に上るI_{on}/I_{off}を達成。

UCLAのHuffaker先生は、「光電子集積デバイスのためのIII-Vナノピラー」について3Dプラズマグレーティングの制作などを述べた。また、IMECのRaduさんは「advanced CMOSからbeyond CMOSへ」と題して、area scalingでpower scalingはできないと述べ、スピンなどあたらしい可能性について言及した。



Huffaker 先生



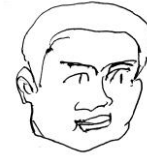
Radu さん



内田先生

慶大の内田先生は、「MMデバイス、MtMデバイスのためのナノスケールの熱を考慮した設計」と題して、FinFETのような3D FETにおいて、特にアナログ応用には、熱を考慮したデバイス設計が必須であること、LSIの新機能を実装するには、ナノ熱効果が有効であることを述べた。

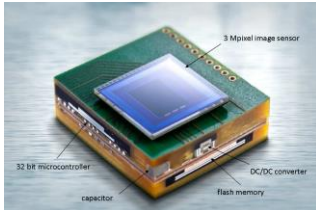
スタンフォードのMitra先生は、カーボンナノチューブを使ったCNFETの3Dメモリー応用などについて述べた。金属CNTを消去してVLSIを設計する技術や100CNT/ μ mの高密度集積によって大きなIoを得る技術などを紹介した。



Mitra 先生



Aschenbrenner さん



FraunhoferのAschenbrennerさんは、「サイバーフィジカルシステムのためのウェーハレベル、パネルレベルの集積」という題して、多機能のLSIを3次元集積する技術について述べた。

興味深い講演であったが、詳細は省略する。

18時から、Conference Dinnerが催された。はじめにJSTの中村理事長が挨拶、次いで小川福岡県知事の祝辞があり、Office Kimuraによるクラシックの演奏もあって、和やかなひとときを過ごした。



JST 中村理事長



小川福岡県知事



第3日 (5月13日)

午前前半のセッションは「スマートモビリティとロボットにおけるナノテクの役割」と題した特別セッションであった。講演者は、日産の高木さん、AachenのZlockiさん。パネル討論の司会はIntelの野辺さん。



高木さん

日産の高木さんは、「先端技術と未来の車—インテリジェントで電化された車—」と題し講演した。まず、各国の旅行距離はGDPとともに増大するとし、持続性社会のために、考慮すべき4つの課題として、エネルギー、地球温暖化、交通渋滞、交通事故を挙げ、日産はゼロエミッションと、死亡事故ゼロを目指すとし、そのための技術的アプローチとして、電化と智能化を掲げた。日産・ルノーを合わせるとEVのシェアは46%となり、最も進んでいるが、長距離走行のための電池性能向上が課題だ。智能化の導入で、日産は10000台辺りの死亡・重傷事故を2000年を100として2009年に29迄減らしたが、これをほぼゼロにする目標を立てている。交通事故原因の93%は運転者にあり、これまでもパーキング補助など運転者補助を行ってきたが、2016年には交通渋滞時、単一レーンにおける

自動運転をサポート、2018年には高速道路、マルチレーン、2020年には市内、交差点での自動運転をサポートするという。これには、認識→判断→行動の3ステップがあり、それぞれ、センサー、CPU、アクチュエータが対応する。機械はこのいずれにおいても人間の100倍の能力を発揮する。センサーとしてカメラ、レーダー、レーザスキャナ、超音波スキャナ、アクチュエータとして、電気パワートレイン・ステアリング・ブレーキがある。将来は新幹線並みの安全性・正確さ・輸送密度を目指したいという。



Zlocki さん

Aachen大ikaのZlockiさんは、「自動運転車へのチャレンジと考え方」と題して、事故とCO2輩出ゼロの車社会を目指すとし、欧州のSAE(自動車技術協会)のカテゴリーにそって、レベル1 運転補助(安全システム)、レベル2 部分自動運転、レベル3 制御された自動運転、レベル4以上となると、社会的な認識、規制、人的要素、技術要素が絡む。技術課題は多く、産官学の密接な連携が必要と述べた。

このあと、Intel Japanの野辺さんが、自動運転のコンセプトを簡単に総括し、司会者としてパネル討論を行った。

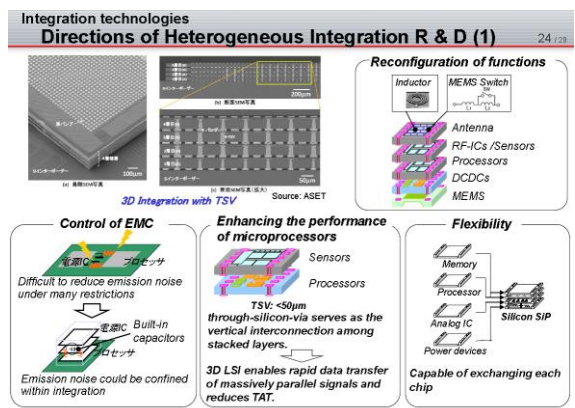


浅見さん

午前後半では、DENSOの浅見さんが、スマートモビリティのための3D LSI技術と題して、スマートモビリティに必要なキーテクとして、1)周辺モニタリング、2)位置の同定、3)ダイナミクス、4)ヒューマンマシンインターフェース(HMI)、

5) 運転者状況モニタリングを挙げ、Combined

Sensorsの信号処理が大切で、機能を3Dで積み上げた異種集積技術が必要と述べた。



Yablonovitch 先生

UC BerkeleyのYablonovitchは「トランジスタより高感度の新低電圧スイッチへの挑戦」と題して、低電圧動作のためのトランジスタの限界を述べ、トンネルFETの必要性に言及、ダイカルコゲナイド2次元材料を用いたMoS₂/graphene/WSe₂面トンネル素子を提案した。

この他、NIMSの久保さんがLi空気電池のセルスタックについて、ペンシルバニア大のJohnson先生が、匂いセンサーのためのグラフェンを用いたナノバイオ素子、フランスCEAのPatrouxさんのLi系電池について述べた。

あとがき

筆者は、INCシリーズには初めて参加したが、マテリアルサイドより政策サイドの話が多く、日米欧の取り組みの姿勢のちがいが見えて興味深かった。有意義な経験であった。

