

課題番号 P-70

ナノカーボン等の先端材料を用いた Nanotechnology/ MEMS による極限画像科学研究拠点構築国際プロジェクト

[1] 組織

代表者：中本 正幸

(静岡大学大学院)

対応者：三村 秀典

(静岡大学電子工学研究所)

分担者：

Prof. William I. Milne

(Cambridge University, U.K.)

Prof. Andrew Flewitt

(Cambridge University, U.K.)

Prof. Harry Tuller

(Massachusetts Institute of Technology, USA)

Prof. Sean Bishop

(Massachusetts Institute of Technology, USA)

Prof. Vladimir Bulovoc

(Massachusetts Institute of Technology, USA)

Prof. Didier Pribat

(Ecole Polytechnique, France)

Prof. Yvan Bonnassieux

(Ecole Polytechnique, France)

Prof. Jin Jang

(Kyung Hee University, Korea)

Prof. Kyu-Chang Park

(Kyung Hee University, Korea)

Prof. Seth Co-Sullivan

(Massachusetts Institute of Technology, USA)

Prof. Hyun Jae Kim

(Yonsei University, Korea)

江刺 正喜

(東北大学)

文 宗鉉

(静岡大学大学院)

Bonnassieux、韓国のディスプレイ研究の中心、韓国 Kyung Hee University の Prof. Jin Jang、Prof. Kyu-Chang Park 達は、毎年1～4回、静岡大学電子工学研究所を訪問・滞在した。

また、一昨年より、米国 MIT の結晶物理・光電子工学研究所所長の Prof. Harry Tuller が、九州大学顧問に就任し、同研究所の Prof. Sean Bishop が九州大学兼務となり、日本を度々、訪問した。

また、中本教授は米国 MIT の Micro Technology Lab. 及び Organic and Nanostructured Electronics Laboratory (ONE Lab)の所長で量子ドットや有機材料及びそれらを用いたイメージングデバイス(有機 EL, 量子ドットイメージングデバイス等)の研究で著名な Prof. Vladimir Bulovoc、同じく米国 MIT の Dr. Seth Co-Sullivan 達とも量子ドットを用いたイメージングデバイスの共同研究を開始した。

高機能薄膜、電子物性、画像デバイス応用等の分野で世界トップレベルの研究実績・能力を保持する各大学の連携を深めるため、ディスプレイ、ナノテクノロジー・ナノデバイス、画像デバイス、MEMS、カーボンナノチューブ・グラフェン、先端材料等の研究で、国際的に著名な英国 Cambridge University の Prof. William I. Milne (電子工学研究所名誉客員教授 (Honorable Guest Professor)、同研究所の MEMS/NEMS 及びグラフェン等のナノカーボン・ナノマテリアル研究で著名な Prof. Andrew Flewitt (電子工学研究所名誉客員教授)、Brunel University の Prof. Jack Silver, Prof. George Fern, フランス Ecole Polytechnique の薄膜表面物理研究所所長の Prof. D. Pribat (電子工学研究所名誉客員教授)、同研究所副所長の Prof. Yvan Bonnassieux (電子工学研究所名誉客員教授)、フランス CEA-LETI の Francois Templier、米国 Columbia University の Prof. Vincent Lee, University of Florida の Prof. Jesse R. Manders, 韓国ディスプレイ学会会長、国際ディスプレイ学会 (SID2011) の全体委員長で、画像デバイス、半導体分野で著名な韓国 Kyung Hee University、先端ディスプレイ研究所所長の Prof. Jin Jang (電子工学研究所名誉

[2] 研究経過

ナノテクノロジーの世界的権威で、英国ケンブリッジ大学副学長・理事、先端光電子工学研究所 (Center for Advanced Photonics and Electronics, CAPE) 所長の Prof. William I. Milne、フランスナンバー1のグランゼコールであるエコールポリテクニクの Prof. Didier Pribat, Prof. Yvan

客員教授)、同研究所 Prof. Kyu-Chang Park (電子工学研究所名誉客員教授), Prof. Jang-Hyuk Kwon、Prof. Min Chul Suh, 韓国 Hanyang University の Prof. Oh-Kyong Kwon, Prof. Jin-Seong Park, 韓国 Electronics and Telecommunications Research Institute の Prof. Yoon-Ho Song を海外より招待、国内の他研究機関からも Ritsumeikan University の Prof. Yoshinobu Aoyagi, Keio University の Prof. Hiroshi Fujiwara, Tohoku University の Prof. Masanori Muroyama, Toyota Technological Institute の Prof. Shinya Kumagai を招請し、2014 年 12 月 1 日から 2 日までに、ナノカーボン等の先端材料を用いた Nanotechnology/MEMS による、ナノカーボン(カーボンナノチューブ、グラフェン等)、他の先端材料(有機・コンポジット材料、セラミック材料等)を用いた、世界トップレベルの極限画像科学研究に関する詳細な検討・討議と情報交換の機会を提供するため、国際学術会議を開催し、各分野で最新の研究成果の発表と質疑応答を行った。

[3] 成果

(3-1) 研究成果

国際学術会議 The 8th International Nanotechnology/MEMS Seminar (INMS2014)に、英国Cambridge UniversityのProf. W. I. Milneは「FBAR devices for Bio-Sensing applications」について講演を行った。カーボンナノチューブ電極を用いた、 10^{-15} g レベルのThin Film Bulk Acoustic Resonator (FBAR)を開発した。FBARは優秀な感度を持つ、物理センサで利用ができる。一般的な Quartz Crystal Mass sensor (QCM)と比較して1000倍以上の感度のため、FBARを利用したバイオセンサーへの応用可能性について紹介した。

Prof. A. Flewitt は「Cuprous Oxide Solar Cells」について講演を行った。薄膜太陽電池に利用されるCuOとZnOのheterojunctionの研究である。高効率のため、比抵抗を減少させることが重要である。2 μ m以上の膜厚さのため、electrodeposition方法を紹介した。

英国Brunel UniversityのProf. J. Silverは、「Cathodoluminescence method for finding the decay rates of excited states of Phosphors. Studies on Nanocrystalline $Y_2O_3:Eu^{3+}$ with various Eu^{3+} concentrations」について講演を行った。611 nmでの $^5D_0 \rightarrow ^7F_2$ (C_2) トランジションと582 nmでの $^5D_0 \rightarrow ^7F_1$ (S_6)の遷移の解析から、 Eu^{3+} イオンとの相互作用は、dipole-dipole interactionの性質を示す。 Eu^{3+} と Eu^{3+} 間距離の6乗

の逆数に応じて変化することであった。

Prof. G. Fern は、「Nano Phosphor Development and Applications」について講演を行った。Nano YAG:Ceの開発とそれを用いたのバイオへの応用などを発表した。

フランスEcole PolytechniqueのProf. D. Pribatは「Improved graphene quality by a careful control of the Cu surface roughness during growth」について講演を行った。Cu薄膜上のグラフェンは、既存のグラフェンを用いたナノ素子への応用に必須に利用された伝写プロセスが必要ではない簡単なプロセスの長所を持つ、単一層グラフェントランジスターへの応用ができる。グラフェンの成長方法及びメカニズム、薄膜の表面粗さの評価について発表した。

フランスCEA-LETIのProf. F. Templierは「Impact of passivation conditions on the performance of Bottom-gate IGZO Thin-film Transistors」について講演を行った。薄膜トランジスタのパッシベーション層として SiO_2 と Al_2O_3 薄膜の作製技術を紹介した。

米国Columbia UniversityのProf. V. Leeは、「Future microdisplays through integration of LEDs with laser crystallized silicon transistors」について、最先端ディスプレイのLED microdisplaysについて講演をした。

米国University of FloridaのProf. J. Mandersは、「Next-Generation Display Technology: Quantum Dot LEDs」について講演を行った。量子力学に従う独特な光学特性を持つナノスケールの材料の量子ドットを用いて、量子ドットLEDディスプレイについて発表した。高効率量子ドットLEDの開発について、インクジェット印刷方法やノズル印刷など量子ドットの形成方法を紹介した。

韓国Kyung Hee UniversityのProf. J. Jangは「Technology Issues for Flexible AMOLED displays」について講演を行った。プラスチック上に酸化膜とLTFS半導体を形成したTFT基板の研究及びAMOLEDについて発表した。

Prof. K. C. Parkは「Carbon nanotube electron beam (C-Beam) for amorphous silicon crystallization」について講演を行った。カーボンナノチューブを利用したデジタル電子ビーム技術を用いた非晶質シリコンの結晶化方法を紹介した。

Prof. J. H. Kwonは「Electrochromic Device for High Contrast Ratio Transparent AMOLED」について講演を行った。導電性ポリマーと三酸化タングステンを用いて、electrochromic devices (ECD)の研究を紹介した。

Prof. M. C. Shuは「A Way to Realize Highly Efficient Fluorescent OLED: Delayed Fluorescence」について講演を行った。高効率OLED (Organic Light Emitting Diodes) を実現するため、遅延蛍光機構の解明し、従来のOLEDより高い外部量子効率を持つOLED研究を紹介した。

韓国Hanyang UniversityのProf. O. K. Kwonは「Integrating Capacitive Micro machined Ultrasonic Transducer and Front-end Circuits for 3-D Ultrasound Imaging」について講演を行った。

Capacitive micro-machined ultrasonic transducer (CMUT)、reconfigurable transceiver array、Integration using flip-chip bonding等の3次元映像システムの技術を紹介した。

Prof. J. S. Parkは「High Mobility ZnON Thin Film Transistors Fabricated by DC Magnetron Sputtering」について講演を行った。薄膜トランジスタのactive layerとしてoxide semiconductorの作製技術を紹介した。

Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI)のProf. Yoon-Ho Songは、「Digital X-ray sources with CNT field emitters for digital breast tomosynthesis」について講演を行った。

Ritsumeikan UniversityのProf. Y. Aoyagiは、「Nanotechnology toward High Power, High Efficient DUV LED」について講演を行った。Laser lift-off技術を用いて高効率deep-ultraviolet LED作製技術を紹介した。

Keio UniversityのProf. Hiroshi Fujiwaraは、「Super-mature, society: Energy business for sustainable future」について講演を行った。混合物エネルギー産業創造の研究を速めるためにエネルギーシステムと技術を紹介した。

Prof. M. Muroyamaは、「Microsystem Integration by MEMS and LSI Technologies for Human Support Robots and Other Applications」について講演を行った。MEMS静電容量センサ及びLSIを用いた触覚センサの研究を紹介した。

Toyota Technological InstituteのProf. M. Sasaki, S. Kumagaiは、「3D processing using resist spray coating or micro plasma nozzle」について講演を行った。3次元サンプル上にリソグラフィ技術及びマイクロノズルを開発し、MEMSプラズマ源の研究を紹介した。

静岡大学大学院のProf. M. Nakamotoは「Ruggedized Nanostructure Vacuum Green Devices」について講演を行った。高信頼性、高い電流安定性がある耐過酷環境性材料を用いた転写モールド法微小電子源を開発し、均一性再現性が大き

く宇宙・原子力・耐環境用真空ナノデバイスの実現を目指す。世界最小の基底部長さ36nm、しかも先端曲率半径が2.6nmと鋭く、均一形状で、大面積可能な転写モールド法エミッタの作製技術を紹介した。

合計21名の講演者による国際学術会議で最先端の研究成果の発表と情報交換を行うことが出来た。

そこで、Nanotechnology/MEMSによる、ナノカーボン(カーボンナノチューブ、グラフェン等)、他の先端材料(有機・コンポジット材料、セラミック材料等)を用いた、世界トップレベルの極限画像科学研究を推進する国際共同研究拠点を構築し、極限画像科学・画像デバイスに貢献する基礎的知見を得られた。

(3-2) 波及効果と発展性など

従来、画像科学分野では、個々の分化したデバイス技術、材料技術、薄膜形成技術等、個々の領域では先端研究が進んでいるが、ナノカーボンを始めとする有機材料、量子ドット材料、電子・正孔注入が高速・容易に行える透明導電性材料や、高機能を有する導電性セラミック材料、MEMS技術の応用による新材料・新画像デバイス研究、ならびにLab on-Chips技術、また、これらの大面積・均一形成技術の極限画像デバイスを目指す最先端の基礎的研究は少なかつた。しかし、ナノテクノロジー、薄膜、材料、デバイス等に関する作製・評価・理論解析をリードしている世界トップレベル研究達を結集することにより、極限画像デバイス実現に大きく寄与することが出来るとともに、今後の大型国際共同研究資金獲得の橋頭保を構築できる。

[4] 成果資料

- (1) M. Nakamoto and J. Moon, "Ruggedized Nanostructure Vacuum Green Devices", Proceeding of the 8th International Nanotechnology/MEMS Seminar (INMS2014), pp.S5-6-1- S5-6-14 (2013).
- (2) M. Nakamoto and J. Moon, "Stable, ruggedized, and nanometer-order size transfer mold field emitter array in harsh oxygen radical environment", J. Vac. Sci. Technol. B 33, pp.03C107-1-03C107-8 (2014).

出張報告

当該経費による出張はなし。