

ナノテクノロジー支援活動レジメ

2017.8.24 福山 正隆

1、緒言

広島大学のナノデバイスバイオ融合科学研究所において 2006 年は経済産業省の中核人材育成事業のNMOS トランジスタの試作に従事した。この成果を認められて 2007 年から 2025 年の 8 年間に文部科学省のナノテクノロジー支援を担当した。この支援の目的は各機関が保有する設備を有効に活用するとともに公的機関が自主的に資金を確保しながら若手の研究者を育成することにある。

2. 広島大学ナノデバイスバイオ融合科学研究所の紹介

ナノとバイオと異分野融合は近年の研究のトレンド

(1) 保有する設備；微細シリコン MOS トランジスタおよび MEMS 設計・製作装置一式（電子ビーム露光装置、エッチャー、イオン注入、CVD 装置、スパッタ装置、酸化・拡散炉等）(図 1)

(2) 基盤となる技術；(図 2)

(3) 当研究所の研究費 ①費用（研究所資金の獲得） ②期限付きプロジェクトー特任助峽、准教授、教授の雇用は期限あり。 ③コスト削減；電気ガスの節約で手間は ④装置管理は自分たち

(参考) 大学の研究事情 この 10 年で失速 (2017.3.23 NATURE) 交付金も減少

① 日本の研究費用は 19 兆円。研究者は 86 万人 国の研究開発費は来年度から +3000 億円とし 4 兆 4 千億円とする。 3 年間で +9000 億円とし、平成 32 年度で +9000 億円とする。 GDP のアップ；国の骨太方針(4/21 安部首相)

② 私立大学の再編成 (2017. 5. 10 財務省) 577 校の 44% (257 校) が定員割れ→補助金の配分減らす 査定 (研究論文数や学生の就職率)

(4) 国際化 学生の減少防止で教員の確保 30% は外国人 (中国、インドネシア、インド等)

3. ナノテク支援活動

(1) ナノテク支援体制 担当：文部科学省 研究振興局 基盤研究課 ナノテクノロジー・材料開発推進室 (文部科学省ナノテクノロジープラットフォームセンター 運営は NIMS) 実施機関

①微細構造解析 (10 機関)：北大、東北大、NIMS、産総研、東大、名大、京大他

②微細加工 (16 機関) (図 3)：北大、東北大、筑波大、NIMS、産総研、東大、東工大、早大、名大、豊工大、京大 (代表機関小寺秀俊教授)、阪大、広大、香川大、山大、北九州産業学術推進機構

③分子・物質合成 (11 機関)：東北大、NIMS、自然科学研究機構分子科学研究所、阪大他センター機関：NIMS、JST (理事長は元日立の中村氏)

(2) 活動の指針；実施機関の評価項目として下記の 11 項目を実施する。(1) 特筆すべき成果 (トピックス)、(2) 利用者の外部への発表・特許出願 (3) 利用者満足度 (4) 利用者獲得のための広報活動 (5) 利用者向けセミナー等の開催 (6) 技術支援者研修の開催・受入れ (7) 利用料収入の額 (8) 利用件数 (全数) (9) 利用日数 (10) 外部共用率に対する学外の割合 (公募要領の要請は 2/3 以上) (11) 外部共用率に対する企業の割合 (自己目標)

(3) 広島大学の支援の特徴；保有する 30nm 以下のシリコンベース微細加工技術、極浅接合形成技術、超微細デバイス 技術、微細トランジスタを設計から試作・評価まで可能。 高度な界面制御技術、限られた微小空間での精密な加工技術および MEMS 技術などです

(4) 総評：中四国の連携組織に関しては高く評価する。半導体電子デバイスに関する圧倒的なノウハウを所有してい

るという強みを活かし、プラットフォーム内での連携を強化することで、機関の特徴である集積化された新デバイスに関する支援事例が増えてくることを期待する。

(5) 人材教育(図 4)

(6) 活動内容

- ① ナノてくてくの紹介 (広報活動) : 研究所の広報誌で企業とナノテクノロジー活動学生の活動を紹介 (元日立の小切間、田嶋 (営業)、白木、長谷川氏および東京応化他――)
- ② 活躍する元日立の研究開発者 日本科学技術振興機構 (JST) 理事長 (中村 道治――元副社長)。リガク副社長 浅井 章二 (日立時代に広島大学のクリンルーム建設を支持 ミューチップでハイコンポーネンツに来訪) 広島大学教授 ; 角 (DRAM のトレンチ発明)、三宅 (MEMS; マイクロ流路)
三枝、福山 東京大学 副学長 北森、竹原 (元デセ ばらつき)、東京医科歯科大学 宮原
群馬大学 保坂 (太陽電池) MEMS コア 小切間、日立ハイテク大木
- ③ 半導体のロードマップ (ITRS) (図 5)
- ④ ノーベル賞受賞の天野先生への支援 (図 6) ; GaN 基板表面の組成評価
- ⑤ 沖デジタル (内閣総理大臣賞授賞 M2 ラインを購入) ; ウェハボンディング技術の開発 (図 7)
- ⑥ 企画特集 ナノテクノロジー EXPRESS～ナノテクノロジープラットフォームから飛び立つ成果～DNA をチャルとする Si 半導体 MOSFET-DNA のメモリ機能を発見― (図 8)
- ⑦ 次世代ナノテクフォーラム ～グリーンナノテクノロジーを関西から (太陽電池のナノテクによる試作支援) (図 9)
- ⑧ その他の支援例――MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) の事例 (図 10)

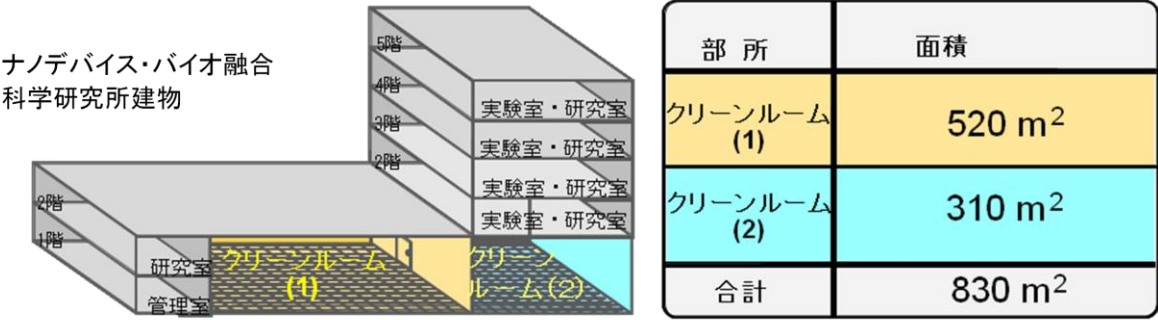


図 1－1 保有する設備 (クリーンルーム)



マスクレス露光装置 最小画素 1 μ m

厚膜レジストの露光可能

側面粗さ 20nm、深さ 625 μ m の

シリコンウエハ貫通孔形成可能

深掘エッチング装置

アスペクト比 30

イオン注入装置 (ULVAC IM200)

200kV, As, P, Sb, B 等

200kV, As, P, Sb, B 等

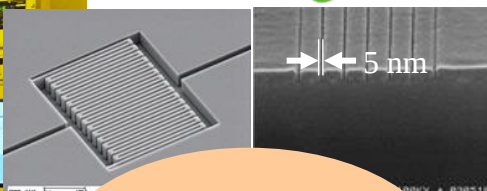
図 1-2 保有する設備

H25年新規設置の大型実験設備

超高精度電子ビーム露光装置
(H24年度補正予算により設置)



エリオニクス社製 ELS-G100

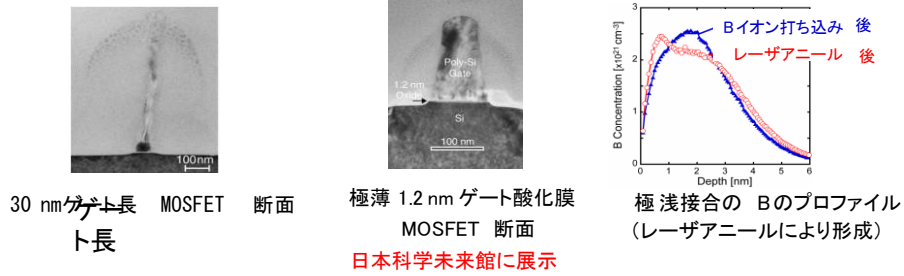


世界最小加工寸法の
原子数十層オーダー 6 nm の
超々微細加工が可能に。

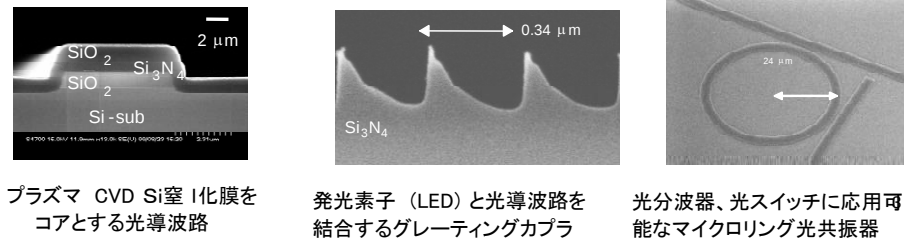
図 1-3 保有する設備(最小加工寸法 6nm の電子線描画装置)

4. 支援に供するシリコン超微細加工技術

● 超微細トランジスタ形成技術



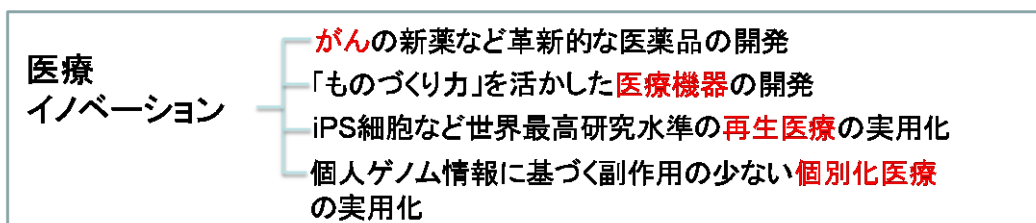
● 光デバイス作製技術



17

図 2—1 基盤となる技術 (10 年以上前の基盤技術)

臨床・治療支援に向けた強みと戦略



強み: 生体機能の診断向け各種基盤技術と先駆的研究体制

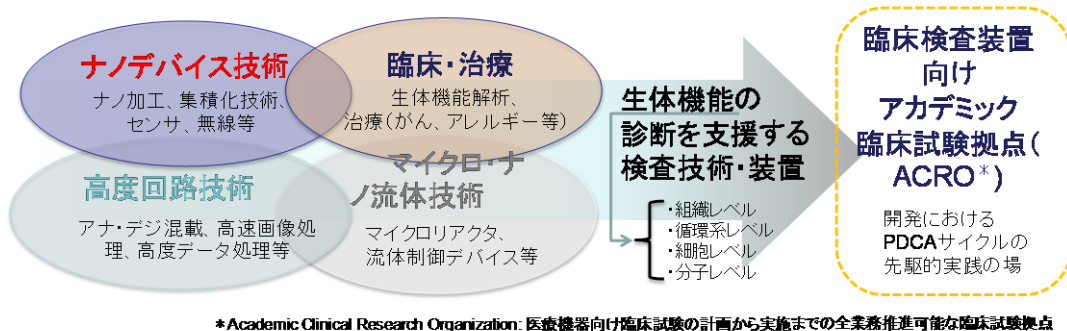


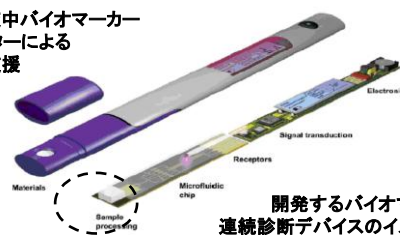
図 2—2 基盤となる技術 (研究所となった現時点の基盤技術)

循環系レベル機能診断のための支援技術

光共振器を用いた高感度・集積型バイオセンサーによる循環系機能連続監視

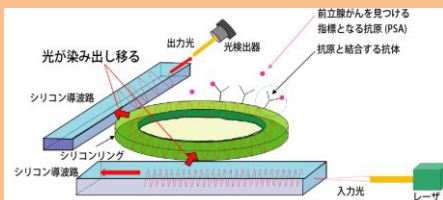


例：治療時の血液中バイオマーカー
の常時モニターによる
治療・手術支援

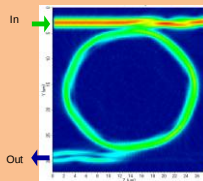


開発するバイオマーカー
連続診断デバイスのイメージ図

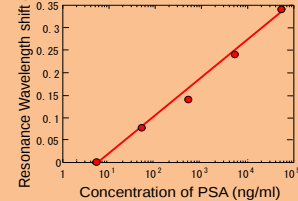
光共振器を用いた高感度・集積型バイオセンサー



光共振の様子
(シミュレーション)



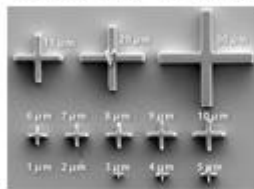
血液中の前立腺がんマーカーの
検出例



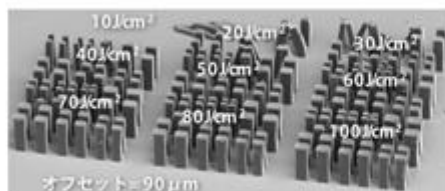
差動型で・低ノイズ・温度無依存センサーは世界初、2010NEDO産業技術研究助成事業採択、2012科研費B採択

図 2－3 基盤となる技術（バイオセンサー）

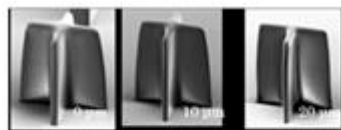
マスクレス露光機を用いた流路チップの迅速試作



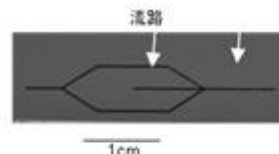
種々の線幅でのレジスト十字パターン



300μm厚のレジスト露光量産機



焦点深度0μm
(斜めの形状) 10μm 20μm
(垂直な形状)



本方式で作製した流路チップ構造

流路チップ作製法

1. シリコン基板にドライ露光フィルム (XP SU-8 3000) を貼る
2. マスクレス露光装置 (DL-1000, レイテックス社) を用いて半導体レーザー光源 (波長405nm) でテストパターンを露光後現像

56

図 2－4 基盤となる技術（MEMS (Micro Electro Mechanical Systems))

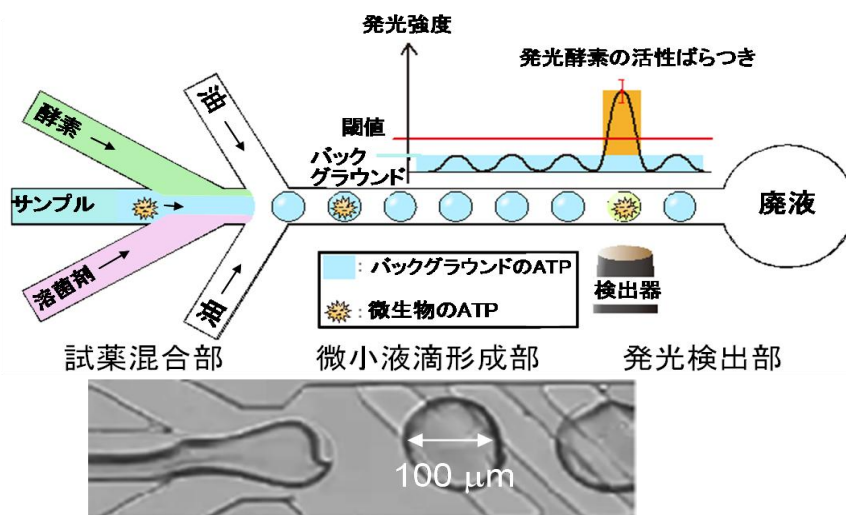
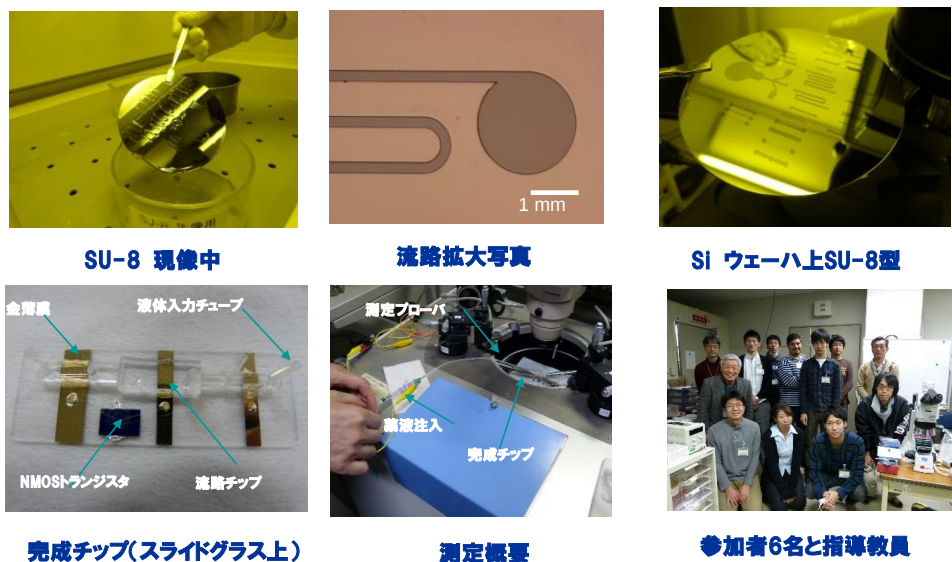


図2—5 基盤となる技術（MEMSによる微生物カウンタ）



図3 支援体制

MEMS実践セミナー 平成26年1年14～16日 マイクロ流路付きバイオセンサー作製・測定



18

図4 人材の育成 セミナーの開催

半導体のロードマップ(ITRS)

2017. 3月応用物理学会

単位はnm

	2015	2017	2019	2021	2024	2027	2030	備考
DRAM	24	22	18	15	12	9.2	7.7	
FLASH	14	12	→	→	→	→	→	3D縦方向
MPU	26	18	12	10	8	→	→	

図5 半導体のロードマップ

44

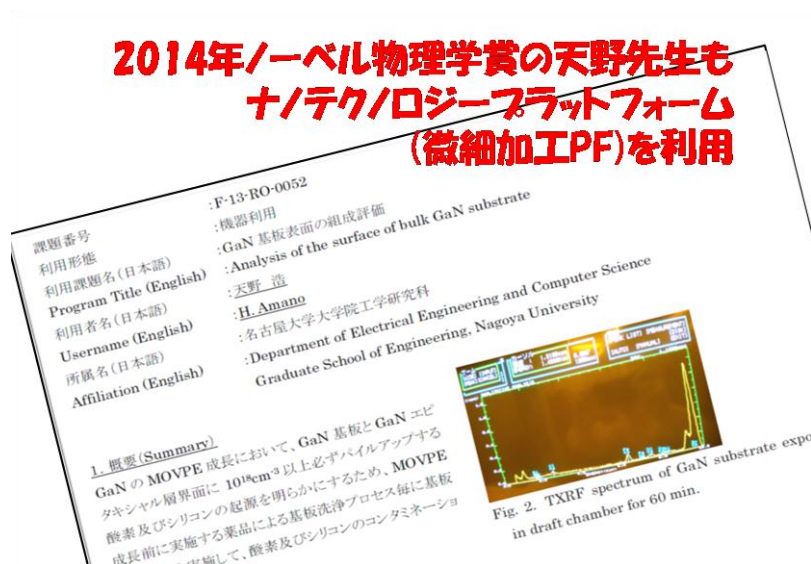
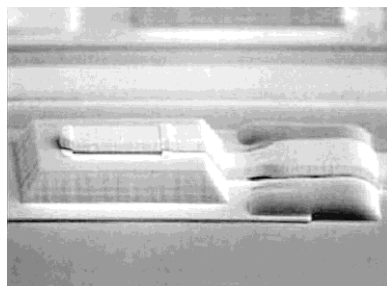


図 6 ノーベル賞受賞の天野先生への支援; GaN 基板表面の組成評価

支援成果が実用化された例 (株) 沖デジタルイメージング

内閣総理大臣表彰第2 回「ものづくり日本大賞」
優秀賞受賞(2007 年度)

**プリンタ用半導体レーザーヘッドの低コスト高密度実装法
(ウェハボンディング方)を開発→実用化に成功(2006.9.7)**



世界初、異種材料間の薄膜接合
技術を実用レベルで量産化に成功

広島大学との共同研究成果

新技術でSiドライバICに
接合された薄膜LED

図 7. 沖デジタル (内閣総理大臣賞授賞M2ラインを購入); ウェハボンディング技術の開発

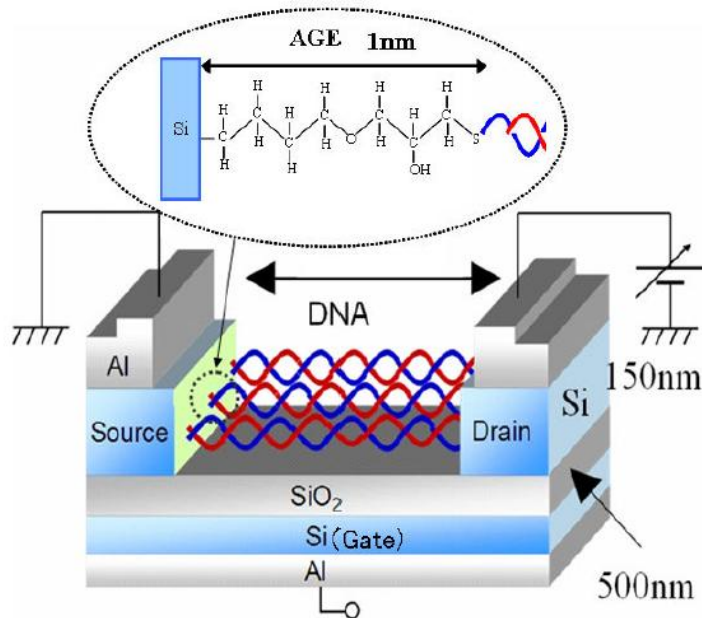


図 8 企画特集 ナノテクノロジー EXPRESS～ナノテクノロジープラットフォームから飛び立つ成果～DNA をチャ
ルとする Si 半導体 MOSFET-DNA のメモリ機能を発見ー DNA メモリ FET の概略構造

電子・正孔輸送機能改良

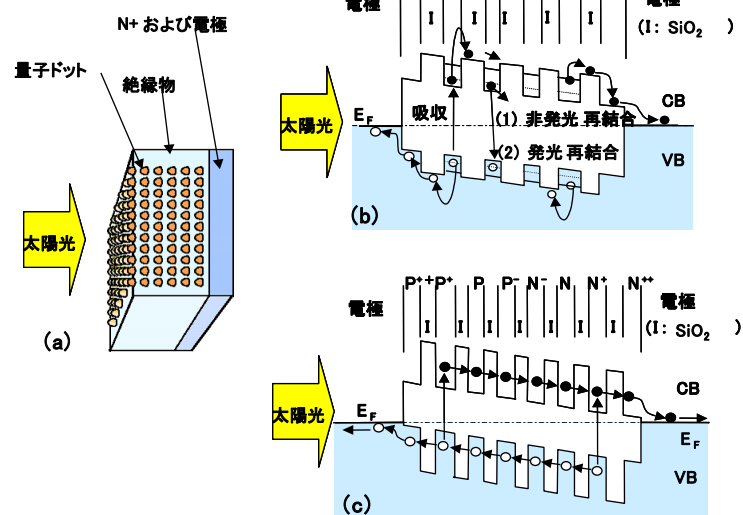


図 三次元量子ドット型太陽電池の構造とエネルギーバンド図: (a)3次元量子ドット構造
(上部電極部分は省略), (b)絶縁層(SiO_2)の厚い場合のエネルギーバンド図, (c)絶縁層
(SiO_2)の薄い場合のエネルギーバンド図.

25

図 9 - 1 次世代ナノテクフォーラム ～グリーンナノテクノロジーを関西から
(太陽電池のナノテクによる群馬大学への試作支援)

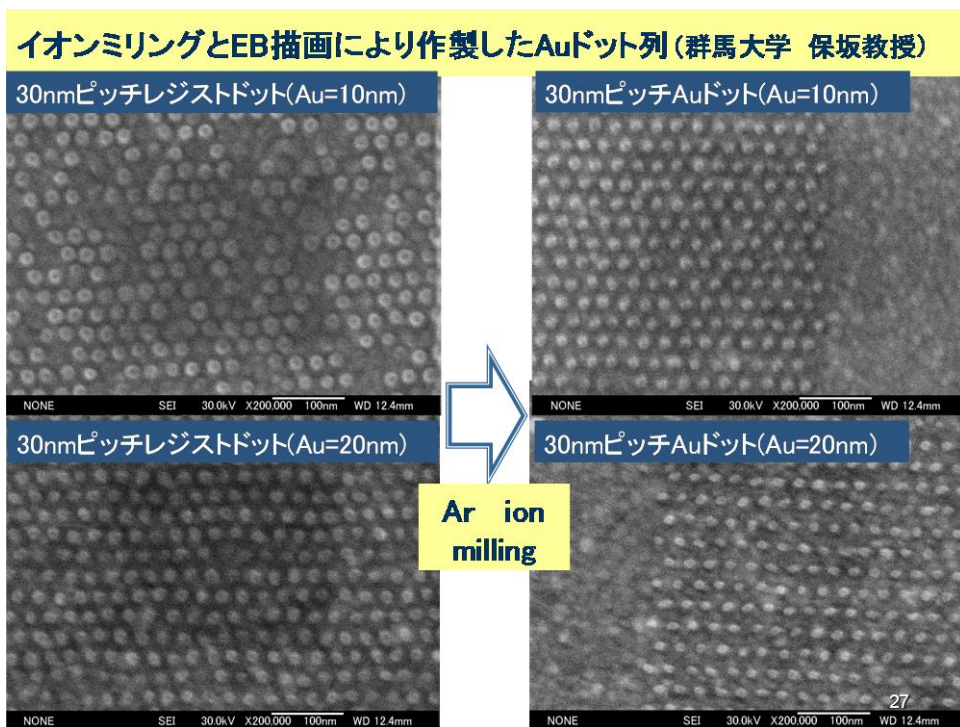


図 9 - 2 次世代ナノテクフォーラム ～グリーンナノテクノロジーを関西から
(太陽電池のナノテクによる群馬大学への試作支援)

活躍する元日立の研究開発者

an insulated gate field effect transistor (IGFET) has been used in combination with functional membranes

東京医科歯科大学 生体材料工学研究所 (所長は元日立の宮原祐二氏)
医療デバイス研究部門 バイオエレクトロニクス分野.

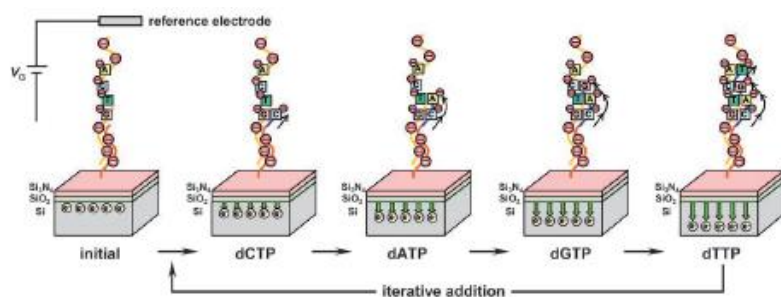


Figure 1. DNA sequencing based on FETs in combination with an extension reaction. Each deoxynucleotide is incorporated into the probe-target duplex on the FET in the following order: dCTP, dATP, dGTP, and dTTP.

37

図 1 0 an insulated gate field effect transistor (IGFET)