広島大学 ナノデバイス・バイオ融合科学研究所
Research Institute for Nanodevice and Bio Systems
Hiroshima University

Institute News

No.12, 2020

研究所長挨拶

ナノデバイス・バイオ融合科学研究所長
東　清一郎

広島大学ナノデバイス・バイオ融合科学研究所は2008年の設立から12年が経ちました。第3期中期目標期間は残すところ2年となり、業務実績評価が始まっています。これまでの業務評価を基に第4期における活動の方向性を定める重要な時期に差しかかっており、当研究所としても自己点検として外部評価を実施します。

本研究所はこれまでに、携帯型乳がん早期検診装置、内視鏡画像診断支援システム、学習・認識システムLSI、耐放射線デバイス、極微細有機デバイス、電気・光バイオセンサー、グアニン結晶磁気配向制御などに於いて独自性の高い研究成果を挙げてきました。これらの成果はScientific Reportsをはじめとする高インパクトファクターの国際学術誌に掲載されました。

特に吉川公麿教授が推進する携帯型乳がんスクリーニングデバイスの研究に関しては、日本医療研究開発機構（AMED）医療分野研究成果展開事業　先端計測分析技術・機器開発プログラムに「乳がん検査用複素誘電率分布計測技術」が採択され、本研究所を代表機関として原爆放射線医科学研究所、広島大学病院、大学院医歯薬保健学研究院、東京工業大学、シャープ(株)等と共同研究を推進し、装置を開発しました。これに基づき「人を対象とする医学系研究（臨床）倫理審査」の結果、課題名「携帯型乳腺腫瘍位置検出装置による悪性乳腺腫瘍の検出能評価」が許可され、臨床試験実施に至っています。学術的成果に加えて、実用化を目指した研究の推進は当研究所の重要なミッションの一つと位置付けられます。

以上の研究成果の基盤となっているのは本研究所が推進する二つのプロジェクトです。

1. ネットワーク型共同利用・共同研究拠点「生体医歯工学共同研究拠点」

東京医科歯科大学生体材料工学研究所、東京工業大学↗未来産業技術研究所、静岡大学電子工学研究所、そして広島大学ナノデバイス・バイオ融合科学研究所の連携研究機関の機能融合により、生体医歯工分野の先進的共同研究を推進し、我が国の生体材料、医療用デバイス、医療システムなどの実用化を促進する拠点形成を目的としています。2018年度の文部科学省による中間評価において、「A」評価を得ました。

2. 文部科学省先端研究施設共用イノベーション創出事業 ナノテクノロジープラットフォーム 微細加工プラットフォーム

本研究所の特徴である総面積830m^{2}のスーパークリーンルームを外部機関に開放するとともに技術支援や共同研究を全国規模で推進しています。これにより、イノベーション創出に向けた強固な研究基盤（プラットフォーム）形成に貢献し、幅広い利用者による設備の共同利用促進と産学官連携や異分野融合を推進しています。

これらを研究所の二本柱としつつ、第4期中期目標期間に向けて基盤となる半導体技術を更に磨き続けるとともに、時代の要請に応える研究所としての役割を十分に果たしていきたいと考えております。

さて、2019年度の大きなニュースとしては6月に寺本章伸教授をお迎えしたことが挙げられます。これまでもクリーンルームを活用した研究や産学連携を強力に推進してこられた寺本先生の力は、今後の当研究所の活動に大きな推進力を与えるものです。思う存分手腕を発揮していただきたいと思っております。また2020年度からは佐藤旦研究員と博士課程を修了するVuong Van Cuong君が育成助教として当研究所の研究・教育に携わることとなりました。若手研究者の成長もまた当研究所のアクティビティ向上に欠かせないものです。大いに活躍していただきたいと思っております。

大学を取り巻く状況はますます厳しさを増しており、大学の機能強化へ向けて当研究所にも更に大きな貢献が求められます。限られた人的資源で如何に成果を挙げていくか、構成員ひとりひとりの個性とベクトルが研究所の未来を築いていくことを肝に銘じ、運営を進めて参る所存です。関係の皆様には引き続きご支援を賜りますよう何卒宜しくお願い申し上げます。

RNBS
2020年4月発行

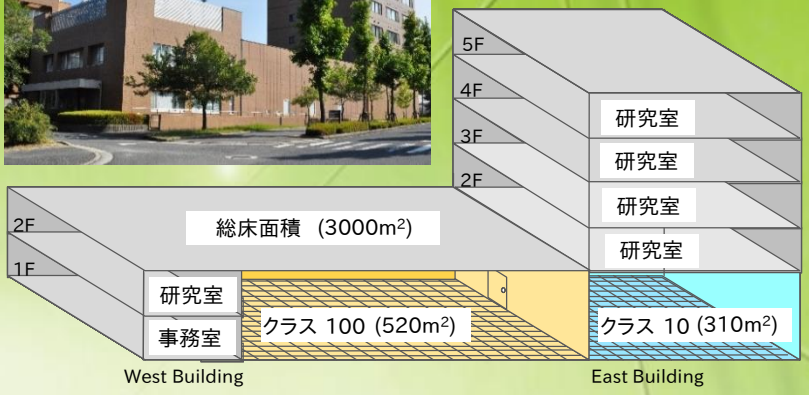
ナノデバイス・バイオ融合科学研究所の概要(1)

【経緯】

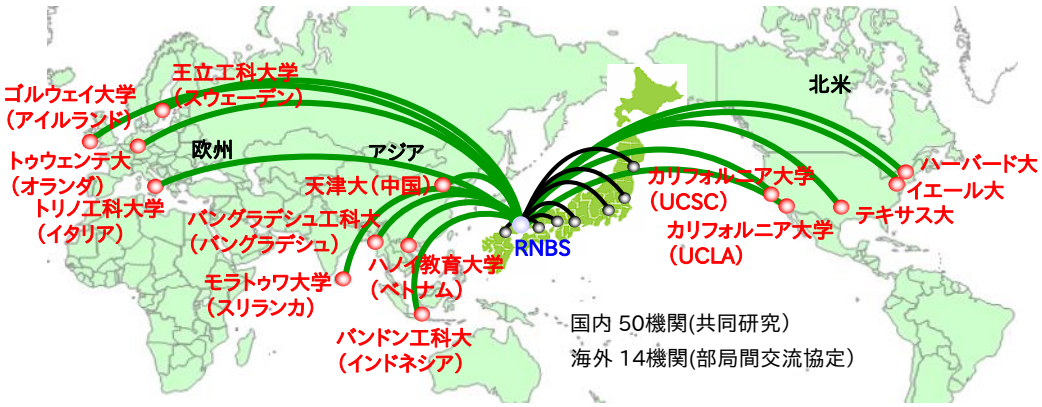
1986年 集積化システム研究センター設置
（省令による学内共同教育研究施設：10年時限）
1996年 ナノデバイス・システム研究センター設置
（省令による学内共同教育研究施設：10年時限）
2002-2006年 文部科学省21世紀COEプログラム
「テラビット情報ナノエレクトロニクス」
2006-2009年 科学技術振興機構先端融合イノベーション創出拠点「半導体・バイオ融合集積化技術の構築」
2008年 ナノデバイス・バイオ融合科学研究所に改組
（国立大学法人学内措置）
2011年 国立大学附置研究所・センター長会議入会承認
2016年 全国共同利用・共同研究拠点「生体医歯工学共同研究拠点」として文部科学大臣認定

【研究所のミッション】

1. 基礎研究を通して半導体技術に貢献し時代の要求に応える人材を育成
2. 半導体技術と回路・システム・アーキテクチャの統合研究を推進
3. 半導体技術とバイオテクノロジーおよびメディカルサイエンスを融合する基盤技術を開発
4. 半導体技術をベースとした全国共同利用・共同研究拠点および国際共同研究拠点の構築



国内外の著名な大学・研究機関と共同研究を実施（国内50機関、海外14機関）



○ 国内外の研究者と協力して高性能集積回路、MEMS、バイオデバイスを開発

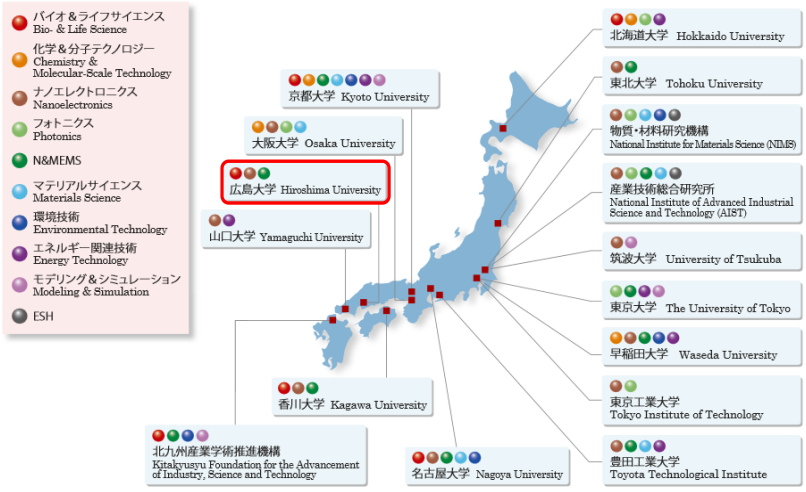
保有する装置とその利用技術で微細加工支援を実施

○ 充実したスーパークリーンルーム、LSI試作設備を有効活用し、産業界に貢献

文部科学省「ナノテクノロジープラットフォーム」事業

微細加工ナノプラットフォームコンソーシアム

URL: http://nsn.kyoto-u.ac.jp/



微細加工支援実施機関

実施機関名	共用設備運用組織名
北海道大学	創成研究機構/ナノテクノロジー連携研究推進室
東北大学	ナノテク融合技術支援センター 微細加工プラットフォーム
物質・材料研究機構	NIMS微細加工プラットフォーム
産業技術総合研究所	AISTナノプロセシング施設/ナノプロセシング・パートナリング・プラットフォーム
筑波大学	筑波大学微細加工プラットフォーム
東京大学	超微細リソグラフィー・ナノ計測拠点/大規模集積システム設計教育研究センター
早稲田大学	ナノ・ライフ創新研究機構/ナノテクノロジーリサーチセンター
東京工業大学	量子ナノエレクトロニクス研究センター
名古屋大学	施設・機器共用推進室/ナノテクノロジープラットフォーム機構
豊田工業大学	研究設備共同活用センター/ナノテクノロジープラットフォーム部門
京都大学	学際融合教育研究推進センター/ナノテクノロジーハブ拠点
大阪大学	ナノテクノロジー設備供用拠点
香川大学	社会連携・知的財産センター/ナノテクノロジー支援室
広島大学	ナノデバイス・バイオ融合科学研究所/微細加工支援室
山口大学	大学研究推進機構/微細加工支援室
北九州産業学術推進機構	共同研究開発センター

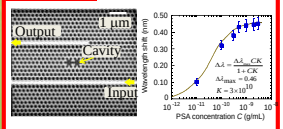
ナノデバイス・バイオ融合科学研究所の概要(2)

ナノデバイスを核とした先端研究の推進

半導体・回路・MEMS*に関する有数の設計・試作・研究環境

ナノ集積科学研究部門

光素子

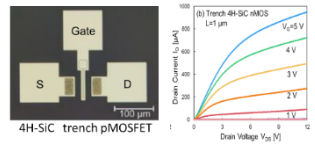


フォトニック結晶共振器バイオセンサーによる前立腺特異抗原(PSA)の高感度検出の開発(SSDM [2017])

無線

携帯型乳がん早期検診装置の開発(Scientific Reports [2017])

SiC



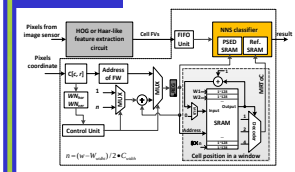
シリコンカーバイド(SiC)MOSFETsによる極限環境エレクトロニクス(ECSCRM2018)

集積システム科学研究部門

アーキテクチャー

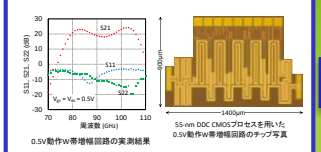
リアルタイム大腸NBI拡大内視鏡画像認識システムによる組織診断

アーキテクチャー



二重特徴空間を用いた特徴抽出・認識アーキテクチャ (IEEE TCSVT雑誌[2017])

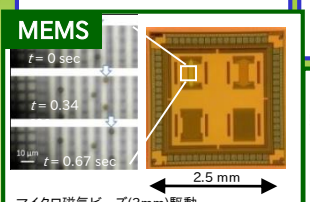
回路



電源電圧0.5Vで動作する80～106GHzミリ波帯用増幅器

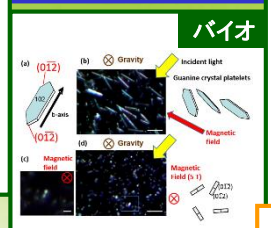
分子生命情報科学研究部門

MEMS



マイクロ磁気ビーズ(3mm)駆動による迅速免疫分析(SSDM [2009])

バイオ



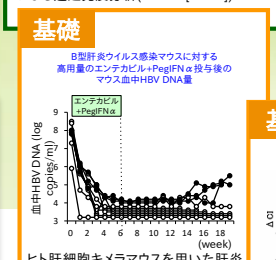
マイクロ結晶板の磁気回転アクチュエータの開発

バイオ

微生物による常温常圧でのSiO_2形成メカニズムの解析

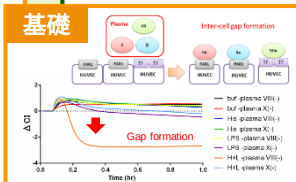
集積医科学研究部門

基礎



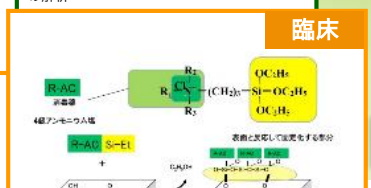
ヒト肝細胞キメラマウスを用いた肝炎ウイルス研究(Antimicrob Agents Chemother [2017])

基礎



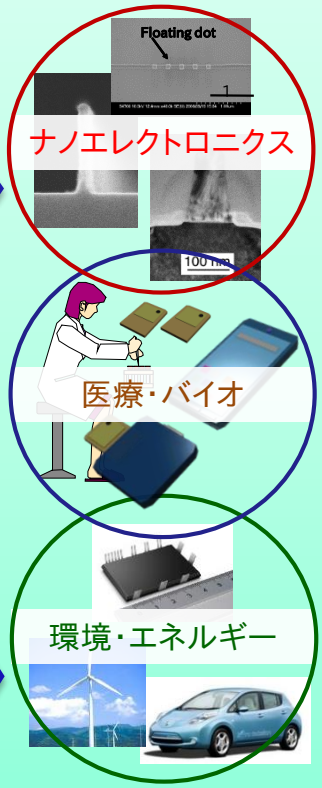
インピーダンスセンサを利用した慢性蕁麻疹病態の解析(EAACI2017)

臨床



固定化抗菌剤Etakを応用した抗菌化スプレーの開発

ナノデバイスを核とした高度融合分野



* Micro Electro Mechanical Systems

半導体研究教育ができる優秀な人材を育成し、国内外の半導体研究教育及び半導体産業へ多数輩出

広島大学ナノデバイス・バイオ融合研究所博士研究員のテニュア・就職状況

国内大学・公的機関

・岩手大学大学院工学研究科	准教授
・広島大学ナノデバイス・バイオ融合科学研究所	教授、助教
・東北大学大学院工学研究科	特任助教
・群馬工業高等専門学校	准教授
・東京大学大学院工学系研究科	研究員
・東京大学大学院工学系研究科	助教
・大阪大学大学院工学研究科	助教
・立命館大学工学部	准教授
・関西大学システム理工学部	准教授
・中央大学理工学部	助教
・広島大学産学・地域連携センター	特命准教授
・九州工業大学	准教授
・広島産業振興機構	マネージャー
・山口県立博物館	学芸員
・仁科会館	事務長
・産業技術総合研究所	研究員
・高知工科大学	助教
・呉工業高等専門学校	准教授

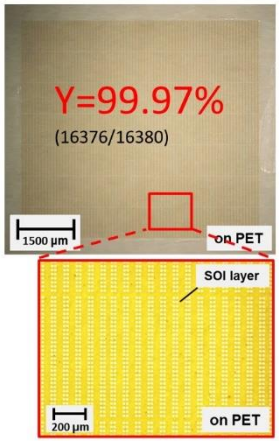
企業

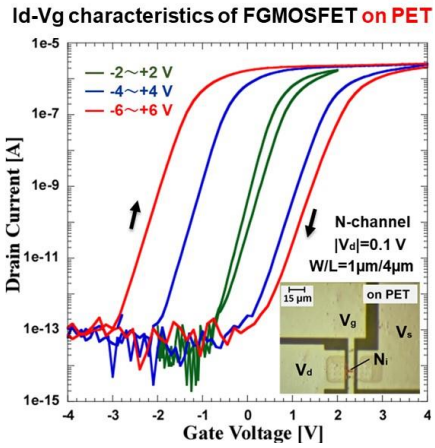
・フジクラ(株)研究所	研究員
・東芝(株)	技術者
・マイクロンメモリ ジャパン合同会社	技術者
・三井化学(株)研究所	研究員
・パナソニック(株)	技術者
・東京エレクトロン(株)	技術者
・(株)東京精密	技術者

海外大学・公的機関

・バングラデシュ工科大学	教授
・天津大学情報通信学部	教授
・シンガポール国立研究所	研究員

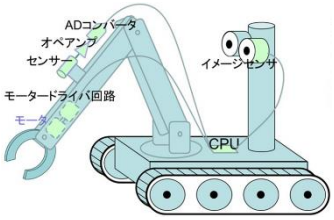
プラスチック上のフローティングゲートメモリMOSFET動作

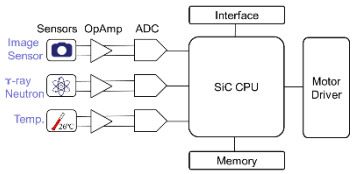


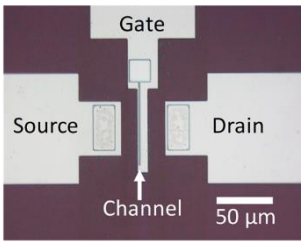


水のメニスカス力を利用してSOIウエハ上の単結晶シリコン層をプラスチック（PET）基板に転写する技術において、プラスティック基板表面の洗浄法改善と濡れ性制御によって99.97%の転写歩留まりを達成しました（左図）。転写したシリコン層をチャネルとしたMOSFET構造中にNiフローティングゲートを導入し、130℃の低温でデバイス作製プロセスを構築し、メモリ動作に成功しました（右図）。VHFリモートプラズマCVD法により低温で良好な絶縁特性を有するSiO_2コントロール酸化膜を堆積することで、プラスチック上のメモリデバイス動作を達成しました。（東）

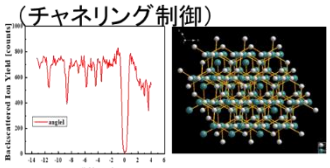
シリコンカーバイド(SiC)MOSFETsによる極限環境エレクトロニクス



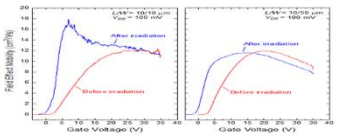




高精度イオン注入制御
（チャネリング制御）

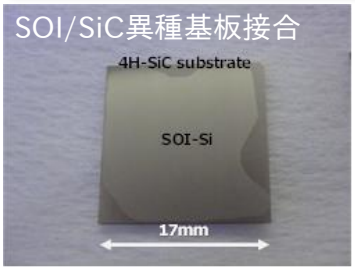


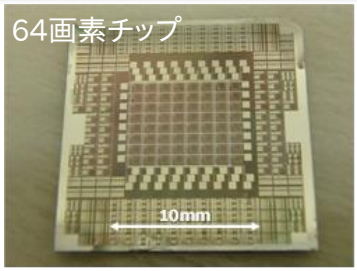
チャネル移動度向上

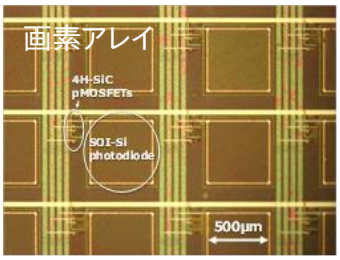


シリコンカーバイド（SiC）半導体を用いた極限環境用集積回路の研究を進めています。原子力発電所廃炉に必要となる耐放射線集積回路や、車載用また石油・天然ガス採掘や惑星探査で必要とされる極高温で駆動可能な集積回路の研究を進めています。回路高周波駆動のために、新しいイオン注入方法などを提案し、またチャネル移動度の高移動度化などを行いました。国際会議ICSCRM2019などで発表しました。本研究はスウェーデン王立工科大学KTH Royal Institute of Technologyと国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構と共同研究として進めています。（黒木）

SiC半導体とSOI基板による耐放射線イメージセンサの研究

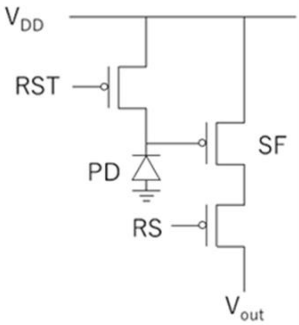


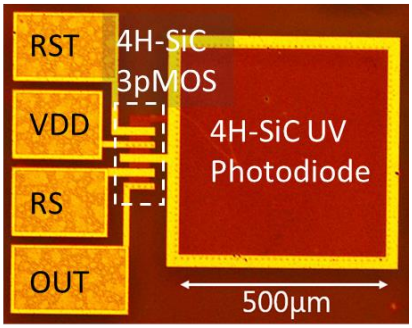




シリコンカーバイド（SiC）パワー半導体による耐放射線イメージセンサの研究開発を進めています。福島第一原子力発電所での廃炉作業用になります。3つのSiC MOSFETとSiフォトダイオードを組み合わせたハイブリッド型イメージセンサを提案し、実証研究を進めています。これらの成果はICSCRM2019などで発表しました。この研究開発は文部科学省・国家課題対応型研究開発推進事業・英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業のもと、国立研究開発法人 産業技術総合研究所・国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構との共同研究として推進しています。（黒木）

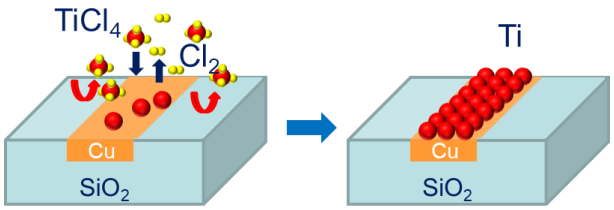
フルSiC耐放射線UVイメージセンサの研究



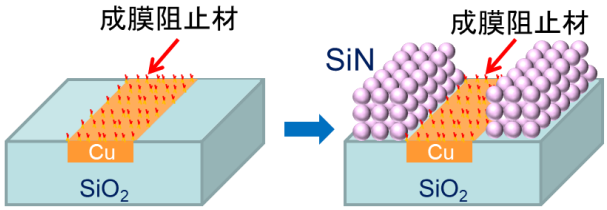


シリコンカーバイド（SiC）パワー半導体による耐放射線イメージセンサの研究開発を進めています。ハイブリッド型イメージセンサでは可視光がとれるものの、耐放射線性はSiフォトダイオードで制限されます。今後のデブリ取り出しなどを見据え、より耐放射線性の高いフォトダイオードもSiCで作製したフルSiC UV（紫外光）イメージセンサを提案し、実証研究を進め、3 MGy以上のガンマ線照射後も駆動可能であることを示しました、これらの成果はICSCRM2019などで発表しました。この研究開発は文部科学省・国家課題対応型研究開発推進事業・英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業のもと、国立研究開発法人 産業技術総合研究所・国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構との共同研究として推進しています。（黒木）

選択成長プロセス



下地材料の活性度による反応性の違いにより選択

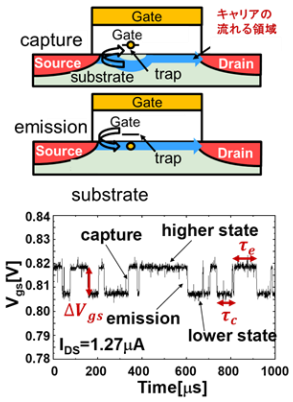


下地材料に成膜阻止材を選択的に付与した後に成膜
成膜阻止材：SAM（Self-Assembled Monolayer)等

集積回路の微細化のために、レイヤー間のパターン合わせの精度が困難になっており、集積化の妨げになっています。これを克服するため、薄膜形成時に下地材料の違いによって成膜のされ方が異なる選択成長プロセスの研究を行っています。成膜プロセスその者の特徴を用いたり、成膜プロセスにけるプリカーサの吸着阻害層を形成したりすることで薄膜を選択性領させ、パターン間のアライメント無しに成膜を行っていきます。(寺本・雨宮)

半導体デバイスの雑音に関する研究

MOSFETの雑音



MOSFETの雑音はトランジスタ中でのキャリアの電荷数・移動度に揺らぎで発生（RTN、1/f雑音）

↓

特性に大きなばらつき

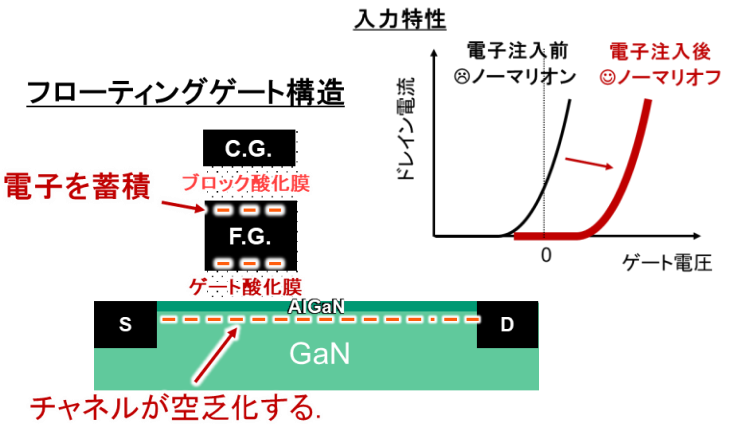
↓

統計的評価必要

RTN：Random Telegraph Noise

半導体集積回路を構成しているMOSFET（Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor）では、チャネルを流れている（電子・正孔）がゲート絶縁膜に捕獲されることにより、雑音が発生します。これは、電子デバイス、特に、アナログデバイスや高周波デバイス特性にとって悪影響を及ぼします。雑音は、一つ一つのMOSFETでその現れ方が異なるため、少数の評価では全体像を把握することができません。そこで、多数のサンプルを短時間・高精度で測定することにより、MOSFETの雑音特性を理解して、その低減方法を検討していきます。(寺本)

ノーマリオフGaN HEMT



GaNはバンドギャップが広く高耐圧であること、AlGaN/GaNの2次元電子ガスは移動度が1000cm^2/Vs以上あり低ON抵抗が実現できる可能性があることで注目されています。しかし、2次元電子ガスを発生させながらゲートに電圧をかけていないときにトランジスタをオフする（ノーマリ・オフ）ことが難しく、単体のトランジスタとしてはパワーデバイスとして実用化することが困難です。そこで、フローティングゲート構造を用いて閾値電圧を制御できる様にして、ノーマリオフのGaN HEMT（High electron mobility Transistor）を実現するためのトランジスタ構造、プロセスの研究を行っています。(寺本・雨宮)

「CMOSトランジスタ・回路作製実習」

乳がん検出レーダーシステムの開発

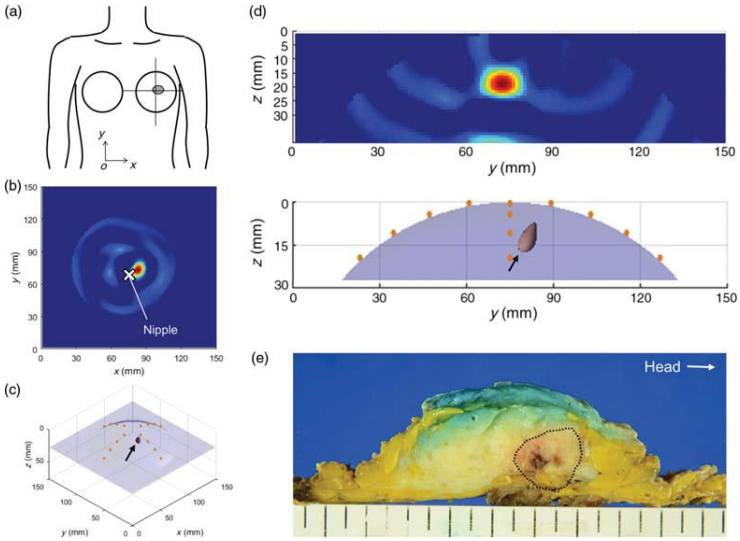
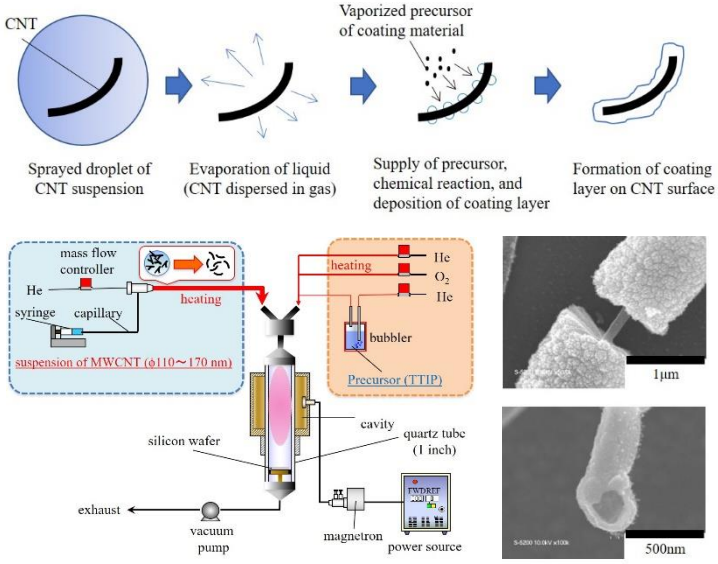


図1.　パイロット臨床試験

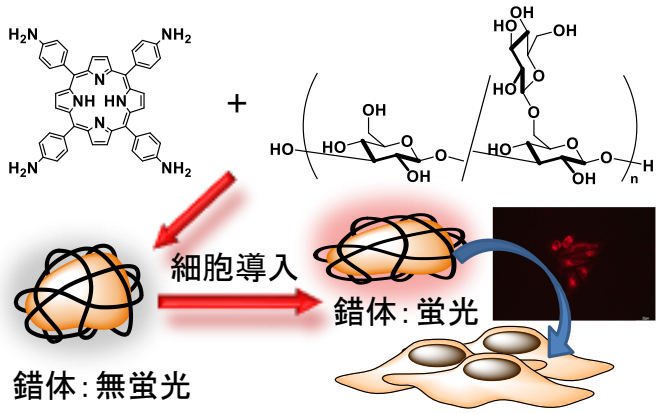
携帯型インパルス超広帯域電波を使った乳がん検出レーダー装置を開発し、広島大学病院においてパイロット臨床試験で乳がんの検出性能を実証しました。(吉川)

チタニア被覆されたカーボンナノチューブと中空チタニアナノチューブの気相作製



チタニアでコーティングされたカーボンナノチューブ（CCT）や中空ナノチューブの形状をしたチタニア（HTNT）は、高比表面積と3次元的構造ゆえに、太陽電池電極、触媒、ガスセンサーなどの材料として期待されています。そこで、既存の液相・固相ベースの作製法に比べて、純度、形態制御の観点からメリットのある、ドライプロセスによる作製を検討してきました。当研究室で開発した浮遊コーティング法を用いて、望まれる形状と結晶相を有するCCT、HTNTを得ることができました。（島田）

細胞内で蛍光と光線力学活性がオン状態となる多糖-ポルフィリン誘導体錯体



細胞内でのみ蛍光および光線力学活性をもつ系は、バイオセンサーやがん治療薬としての応用が期待されます。我々は、アニリンを有するポルフィリンが多糖によって水溶化できることを見出しました。この錯体は蛍光を発しませんが、細胞内に取り込まれると蛍光を発することが明らかになりました。さらに光を照射すると、活性酸素が発生することでがん細胞を死滅できることもわかりました。また、ジアザポルフィリンでも同様の現象が確認でき、その光線力学活性はさらに高いことがわかりました。これらの結果は、Photochemical & Photobiological Science および Chemistry-An Asian Journal にそれぞれ掲載され、後者は表紙に選ばれました。(池田篤志)

有機ナノサイズ電子デバイスのための電気伝導性フラーレン混合電子線レジスト

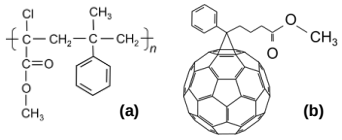


図　(a) 用いた有機電子線レジストZEP520a 及び (b) 混合したフラーレンPCBM 。

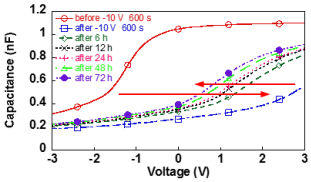


図　フラーレン混合電子線レジストキャパシタの容量ー電圧特性における保持特性。

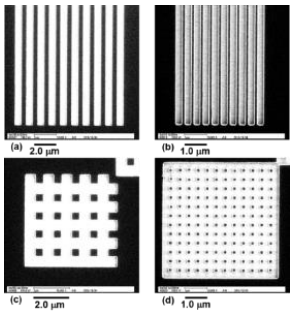


図　電子線露光・現像により作製したフラーレン混合電子線レジストのナノ構造の走査型電子顕微鏡像。

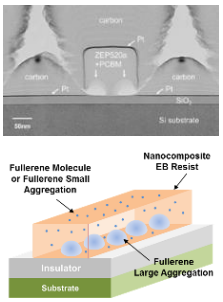


図　電子線露光・現像により作製したフラーレン混合電子線レジストのナノ構造の透過型電子顕微鏡像及びナノワイヤ構造の模式図。

非常に簡便に高集積有機ナノサイズデバイスを作製するために、有機電子線レジストにフレーレンを混合させて電気伝導性を持たせました。この材料を用いて、電気伝導性の有機ナノドットや有機ナノワイヤ構造を電子線露光と現像のみのプロセスで作製しました。これにより高集積可能な有機メモリ及びナノ構造を有する高感度な有機バイオセンサの実現の可能性を示しました。これらの結果について、AMC26 2019で招待講演を行いました。（中島）

トンネル電界効果トランジスタを用いた極低電圧駆動シリコン光変調器の研究

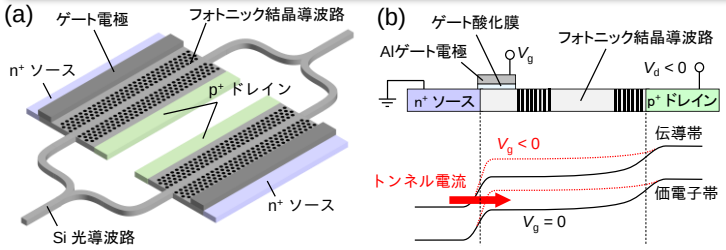


図1 (a) 提案する光変調器の概略図。(b) 位相変調用TFETの断面構造とバンド図

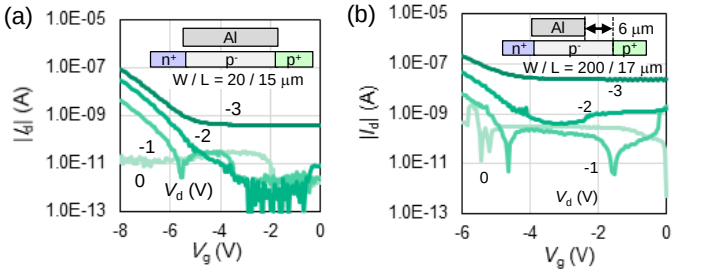
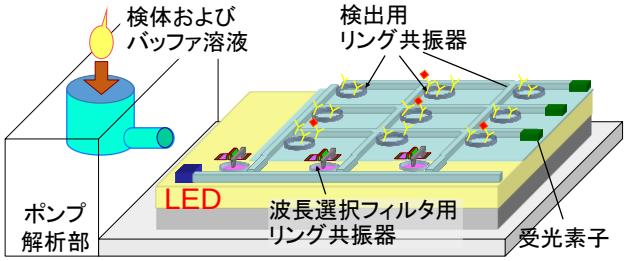


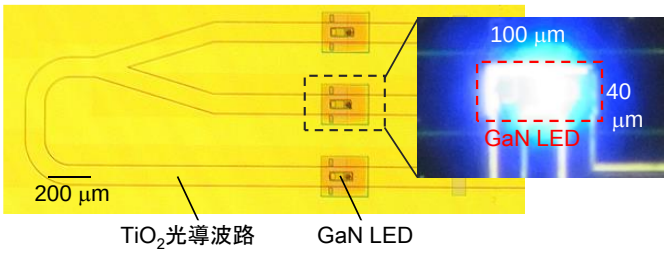
図2 試作したTFETのドレイン電流(I_d)-ゲート電圧(V_g)特性。(a)標準的なTFET。(b)提案する構造のTFET。ゲート-ドレインの間隔は6μm。

極低電圧駆動シリコン光変調器の開発を目的として、低電圧でのスイッチングが可能なトンネル電界効果トランジスタ(TFET)を位相変調器として利用した、マッハツェンダ型シリコン光変調器の実現可能性を検討してます。本研究において使用する位相変調用TFETは、ゲート電極とドレイン間に大きな隔たりを持ちます。提案する位相変調用TFETと、標準的な構造のTFETを同一基板上に作製し、2つのTFETが同様な電気的特性を持つことを確認しました。(田部井)

光バイオセンサー用発光素子の接合



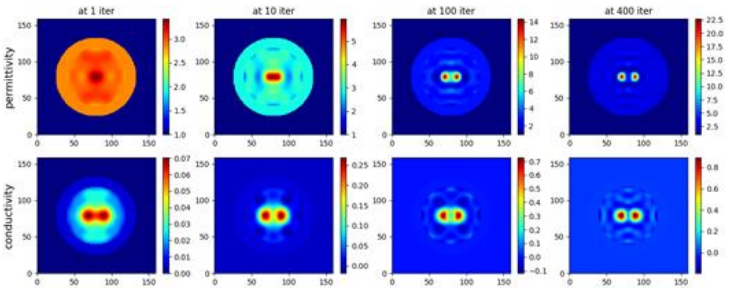
光バイオセンサーチップ概略図



光導波路上GAN-LED光学顕微鏡写真

簡易な疾病検査や生体モニタリングを同時に行えるような光バイオセンサーチップの開発を目指しています。小型かつ安価なチップの実現のためには、シリコン基板上に検出部となる共振器や受発光素子などの光学素子の集積化が必要となります。GaN-LED(Light Emitting Diode)発光素子について、TiO_2光導波路上に常温大気圧下にて接合し、接合前の母材基板上での特性と同等なダイオード特性および中心発光波長450nm付近の発光動作を確認しました。(雨宮)

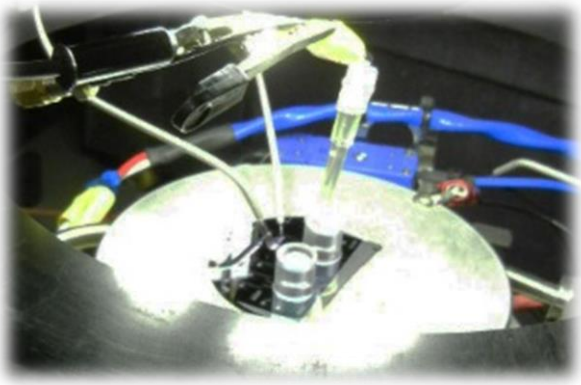
マイクロ波影像法アルゴリズムの研究



反復法による誘電率・導電率分布再構成のシミュレーションの様子

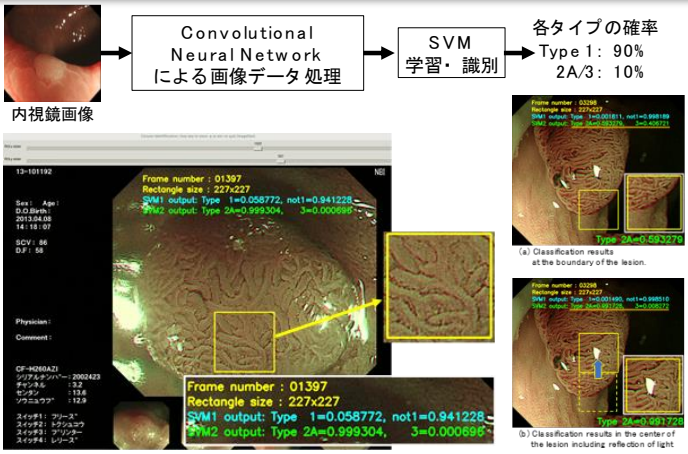
マイクロ波を用いた乳がん検診はX線マンモグラフィに替わる検査手法として長年実用化が期待されてきました。比較的簡易な実装である共焦点法を用いた臨床試験ではその有効性が示唆されています。しかし実用化には更なる技術開発が必要です。例えば信号に含まれているアーティファクトの除去は重要課題であり、より効果的な除去アルゴリズムの開発を目指しています。また共焦点法による実装を更に一歩進め、マイクロ波トモグラフィの研究も進めています。トモグラフィでは電磁波散乱過程を計算機上でシミュレートし、最適化問題を解いて対象の誘電率分布を得ます。不良設定問題等の大きな困難がありますが、適切な近似アルゴリズム等の有効性を実験しています。(石川)

バイオ研究のためのナノ・マイクロ加工実践セミナー
「流路付加バイオセンサーの作製・測定」



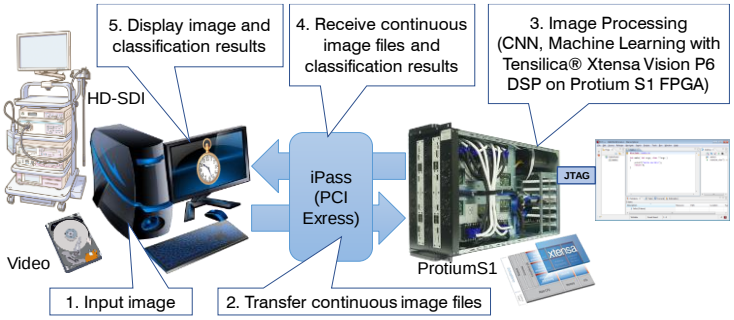
ナノテクノロジープラットフォーム技術スタッフ交流プログラム
「電子ビーム露光を用いたナノワイヤトランジスタの作製とバイオセンサへの応用」

CNN特徴を特徴抽出として利用した機械学習を用いた大腸がん診断支援システムの開発



本研究では大腸Narrow Band Imaging(NBI)拡大内視鏡がん診断支援実現のため、Convolutional Neural Network(CNN)の処理結果を特徴量と見做し、Support Vector Machine(SVM)による病理タイプ識別を行う手法を提案しました。提案手法は研究グループで提案しているBag-of-Features(BoF)に基づく診断支援の特徴量抽出処理を、学習済みCNNの結果を用いることで実現しました。これにより、一般物体認識のために抽出された局所特徴量が、SVMによる病理タイプ分類に有効な特徴量として利用できることが期待できます。提案手法の組込みシステム化を考慮して識別精度の検証を行い、その結果非腫瘍・腫瘍の識別において医療現場からの要求性能である90% 以上の識別精度を確認しました。（小出・玉木・吉田）

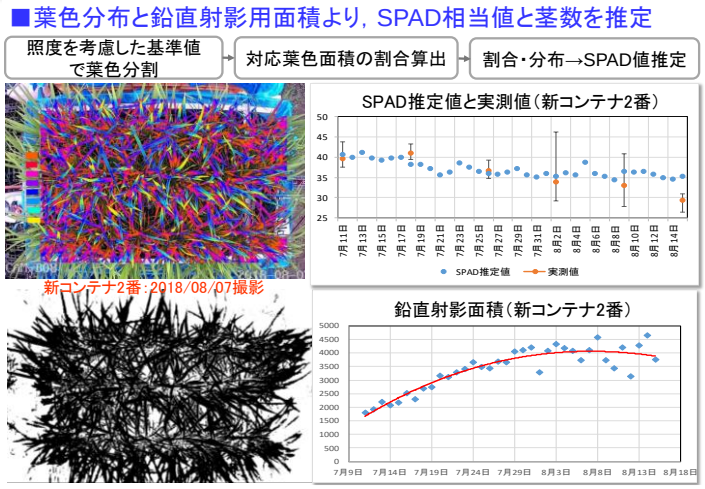
メディカルアプリケーションのためのソフト・ハード協調設計による画像処理システムIPコアの開発



The Developed Prototyping CAD System Overview

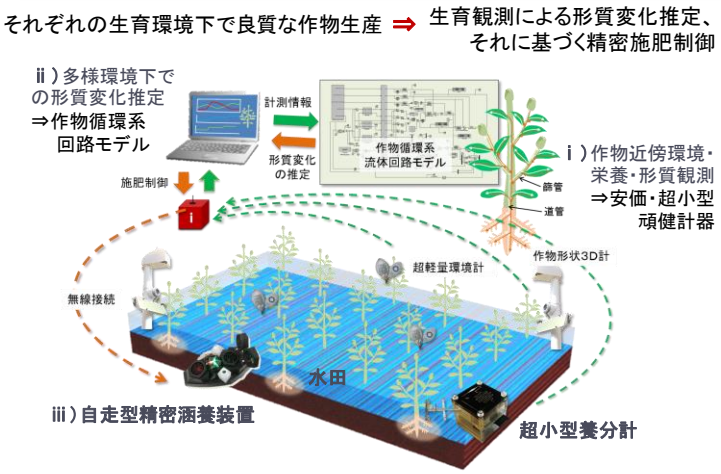
本研究では、ヘルスケアアプリケーションにおける画像データの分析を、医療現場でリアルタイムかつ高速に処理ができる、画像処理システムの構築を実施しました。特に、システム開発には、ソフトウェアとハードウェアの協調設計が重要な鍵となるため、日本ケイデンス・デザインシステムズ社と協働研究を実施し、計算の複雑度や並列度に合わせたアルゴリズムの柔軟な高速化が可能なVision P6 DSPによる画像処理向けのコンフィギュラブルIPを効果的に使用して、内視鏡の動画像に対する診断支援の性能向上を図りました。これにより、Vision P6 DSPのアーキテクチャの特長をいかした、コンフィギュラブルIPによる高速なシステムのための基盤技術を開発しました。（小出・玉木・吉田）

形質変化を表す多次元パラメータ抽出のための作物形状3D計の画像処理技術



本研究では、作物周辺の環境や作物への施肥が、作物の形質変化にどのように影響するかを把握するために、作物画像の時系列情報を取得し、それらから形質変化に関係するパラメータを特徴抽出する技術と計器の開発を推進中です。作物の画像情報を取得し、施肥や環境条件との関係性について検討し、取得した可視などの多様な画像から形質変化を表すパラメータの定量値を自動に抽出・追跡するための基盤技術を開発しました。水稲のより多次元の生育情報（葉面積や草丈、茎生長、葉温）を取得するために複数種のカメラを屋外実験圃場（準閉鎖系水稲生育実験圃場、ライシメータ）に構築して検証実験を実施し、これらの知見を盛り込んだ3D計プロト機を試作しました。（小出・三宅・小川）

フィールド向け頑健計器と作物循環系流体回路モデルによる形質変化推定技術の研究



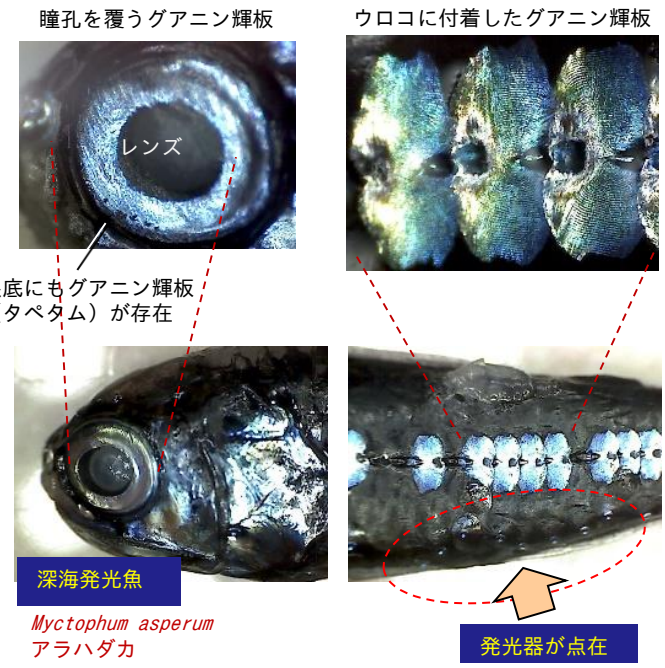
本研究では、長期間作物の近傍に設置して、作物の栄養の吸収や作物周辺の環境（光、温湿度、CO_2等）を逐次観測することのできる小型の計器類と、それと連動して動く、作物体内の水分や養分などの循環の状態を予測する作物体内循環系流体回路モデルを作成し、肥料添加や作物周辺環境が、その成長にどのように影響していくかを推定する技術を開発します。また開発した技術を使って狙った形質を持つ作物を作るための精密施肥技術も開発します。本研究はJST戦略的創造研究推進事業（CREST）として、東京大学、秋田県立大学、広島大学で農工連携で推進しています。

（小出・三宅・小川）

研究ハイライト

分子生命情報科学研究部門

魚のバイオリフレクター



魚のバイオリフレクターに関し、本学岩坂と、山口大、中部大での共同研究が行われました。
図のような、深海魚の、発光に関する研究もおこなわれました。この研究プロジェクトに関連した話題が、日経サイエンス「深海発光魚」にも紹介されました。（岩坂）

微生物による常温常圧でのSiO_2形成メカニズムの解析

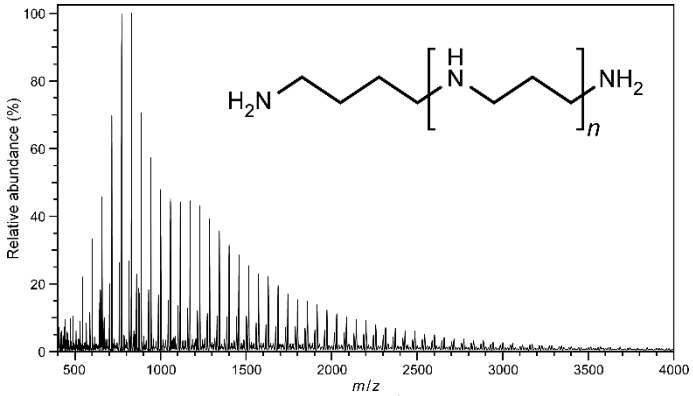
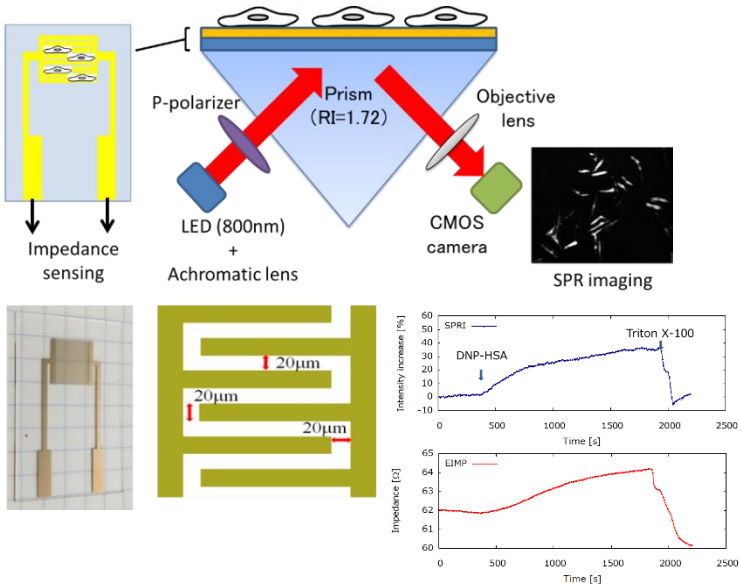


図 細菌のSiO_2から単離された長鎖ポリアミンのマススペクトルと化学構造

我々は、身近な土壌細菌の一種が、マイクロカプセル状のSiO_2層を細胞内で形成すること発見しました。このSiO_2層の内部には長鎖ポリアミンと呼ばれる特殊な有機ポリマーが存在します。他のシリカ形成生物（珪藻や海綿）からも共通して長鎖ポリアミンが発見されていることから、本物質はSiO_2形成において重要な役割を果たしていると考えられます。我々は長鎖ポリアミンの生合成経路を世界で初めて解明し、酵素反応によって長鎖ポリアミンを合成することに成功しました。現在、長鎖ポリアミンがSiO_2形成に与える影響を解析中です。生物によるSiO_2形成メカニズムを解明することで、新たなバイオ融合マテリアル開発に応用することを目指しています。（黒田・池田丈）

集積医科学研究部門

SPRイメージングセンサとインピーダンスセンサを組み合わせたマルチセンサの開発



センサチップ上の屈折率分布を可視化できるSPRイメージングセンサと、電極上のインピーダンス変化を高感度に測定できるインピーダンスセンサを組み合わせることで、一枚の櫛型電極型のセンサチップ上で、細胞応答に基づく屈折率とインピーダンスの変化を同時に測定することに成功しました。本成果は2019年のSensors誌に掲載されました。（秀・柳瀬）

固定化抗菌剤Etakを応用したイータック抗菌化スプレーα

固定化抗菌剤Etakを応用した抗菌化スプレーがエーザイから発売されました。スプレーするだけで、家中を抗菌抗ウィルス加工します。効果が1週間続くとでんじろう先生がTVコマーシャル。すでに95万本を出荷しています。
感染症の拡散や口腔感染症の対策などに用いるため、第4級アンモニウム塩を固定化することで、簡単に抗菌・抗ウイルス加工できる化合物であるEtakを開発し、現在まで繊維加工製品としてMikihouseや洋服のAOKIなどから抗ウイルス肌着や抗ウイルススーツ、液剤としてエーザイ製薬よりマスク防菌24などが製品化されてきました。今回、エーザイ製薬がノンアルコールタイプとしてスプレーするだけで家中抗菌、抗菌が1週間続くという新しいコンセプトの家庭用スプレーが製品化されています。（二川）

生体医歯工学共同研究拠点

生体医歯工学
共同研究拠点

広島大学ナノデバイス・バイオ融合科学研究所は、2016年度から文部科学大臣が認定する全国共同利用・共同研究拠点として、東京医科歯科大学生体材料工学研究所、東京工業大学未来産業技術研究所、静岡大学電子工学研究所とともにネットワーク型の「生体医歯工学共同研究拠点」を構築しています。
健康で活力ある高齢社会を実現するために、医療・生命科学と工学の融合分野において、「生体医歯工学」という新学術領域を開拓し、生体医歯工学融合領域における若手研究者の育成、先進的共同研究による生体材料、再生医療、医療用デバイス・システムなどの実用化の促進を図ります。

詳細は下記のページをご覧下さい。
http://www.tmd.ac.jp/ibbc/

生体医歯工学融合領域の学理構築・人材育成と革新的医療技術の創出

基礎から応用まで幅広い研究フェーズに対応可能

材料　デバイス　システム　生体機能化　医療応用

東京工業大学
未来産業技術研究所
マイクロ・ナノシステム, IT/ICT

半導体、MEMS
研究者コミュニティ

ロボティックス、フォトニクス
研究者コミュニティ

広島大学
ナノデバイス・バイオ融合科学研究所
(バイオメディカル・ナノテクノロジー)

生体医歯工学
共同研究拠点
拠点内共同研究推進
各機関の特長ある知識・技術、装置を
相互に活用

静岡大学
電子工学研究所
(イメージセンシング、光計測)

機能分子プローブ
研究者コミュニティ

光学技術、イメージング技術
研究者コミュニティ

東京医科歯科大学
生体材料工学研究所
(生体材料、生物学的評価、医用応用)

ナノテクノロジー、情報
研究者コミュニティ

生体材料、医療システム
研究者コミュニティ

連携・協力　共同研究

東京医科歯科大学
医療イノベーション推進センター, 医学系・歯学系研究者,
医学部・歯学部, 付属病院, 難治疾患共同研究拠点

ネットワーク形成による強み技術の融合

東京医科歯科大学　生体材料工学研究所

生体材料・医用工学を専門とする国内唯一の附置研究所
- 医療現場のニーズを反映した研究開発
- 医歯工融合技術の開発と先端医療への応用

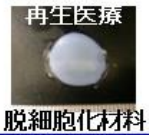
生体材料

歯列矯正装置

医療デバイス

コンタクトレンズ型
血糖値センサ

再生医療



脱細胞化材料

機能分子

遺伝子転写制御剤

社会への貢献・製品化実績
- 抗血栓性ポリマー
- 歯科用接着剤
- 歯科用チタン合金
- 吸着型血液浄化器
- 前骨髄球性白血病治療薬
- 深部体温計
- アパタイト

東京工業大学　未来産業技術研究所

マイクロ・ナノシステム、情報通信技術、知的情報処理

精密と知能を融合した新しい精密工学の創成
- 知能化工学、
- 極微デバイス
- 精機デバイス
- 高機能化システム
- 先端材料

体内埋め込み型
遠心血液ポンプ

世界的研究成果
- 工作機械の数値制御技術
- 面発光レーザの発明と実用化

超音波流体制御

ニューラルネットを
用いたにおいセンサ

ネットワーク
生体医歯工学

広島大学　ナノデバイス・バイオ融合科学研究所

電子デバイス／回路／集積化技術の研究

生体材料を導入できるデバイス一貫試作ライン
応用物理・電気電子工学における国内トップクラスの実績

静岡大学　電子工学研究所

イメージングサイエンス＆デバイス

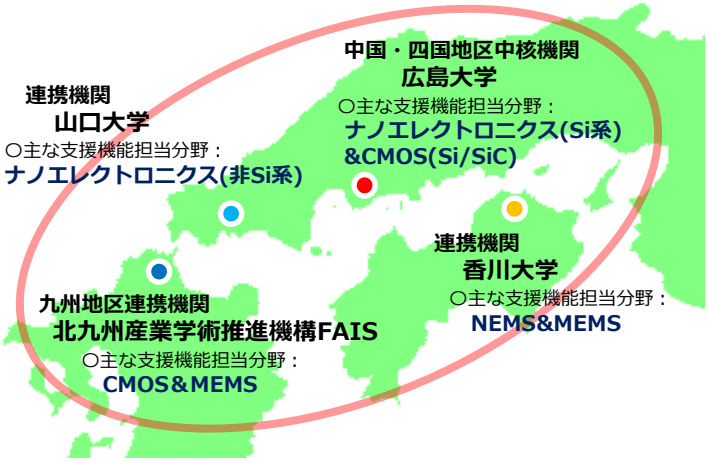
開発した世界最高性能の種々のイメージセンサ

ISSCC(集積回路分野で最高峰の国際会議)の撮像デバイス部門で過去10年の講演回数は世界ナンバーワン

- 超低侵襲細胞イメージング (生体応用に必須)
- 顕微撮像を導入した次世代医療機器

文部科学省
ナノテクノロジープラットフォームプロジェクト

広島大学は、文部科学省「ナノテクノロジープラットフォーム」事業の一つである微細加工プラットフォームコンソーシアムの参画機関の一つです。当研究所では、スーパークリーンルームに設置された半導体デバイス試作ラインを用い、シリコンベースの半導体微細加工、デバイス作製、及び要素技術支援を実施しています。また、中・四国・九州地域の参画機関である山口大学、香川大学、北九州産業学術推進機構(FAIS)と連携し、広範囲な加工対象物の微細加工支援を行うことにより、日本のナノテクノロジー技術の発展に資することを目的としています。 N&MEMS技術、バイオ関連デバイスに関しても異分野融合を推進し、高度で多様な支援を提供します。　URL: http://www.nanofab.hiroshima-u.ac.jp



利用形態

共同研究	利用者と支援者が共同で実施する研究
機器利用	利用者が自立して、自ら機器を操作する技術支援
技術代行	支援者が利用者に代行して設備を操作する技術支援（技術代行料が生じます）
技術相談	利用者からの相談に専門家として応える技術コンサルタントとしての支援
技術補助	支援者が補助し、操作方法を指導しながら、利用者が機器を操作する技術支援

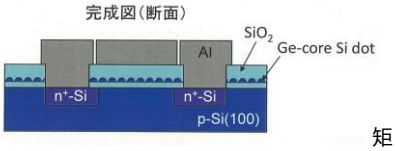
利用料金例（令和2年3月現在）

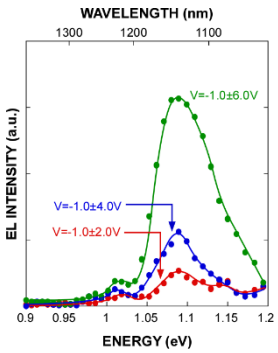
装置等名	対応可能な試料サイズ	利用料金（円/時間）
超高精度電子ビーム描画装置(エリオニクス ELS-G100)	φ2～6インチ、又は角型	12,300
マスクレス露光装置（ナノシステムソリューションズ）	φ2, 4インチ, 又は角型	6,200
LPCVD装置(poly-Si, SiO_2, Si_3N_4堆積用)	φ2インチ, 又は角型	6,200
エッチング装置（Si深掘り用）	φ4インチ	8,000
エッチング装置（Si用）	φ2インチ	2,600
イオン注入装置	φ2インチ, 又は角型	9,200
ラザフォード後方散乱(RBS)測定装置	-	6,200
二次イオン質量分析装置(SIMS)	-	7,200

利用事例

GeコアSi量子ドット発光デバイスの開発 (名古屋大学大学院)

GeコアSi量子ドットを用いた発光デバイス(LED)開発を目指して、ドットフローティングゲート型LEDを試作した。矩形波電圧(500kHz, duty ratio:50%) を印加して基板裏面からEL測定を行った結果、電圧振幅±2.0V以上で1.08eV近傍に発光ピークが認められ、電圧振幅の増大に伴いEL強度が増大することを明らかにした。



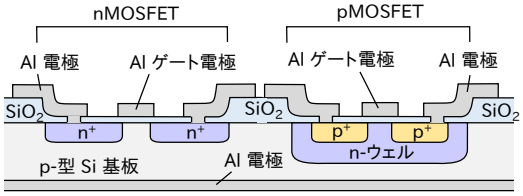


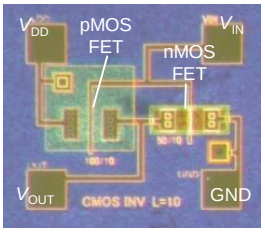
矩形波電圧を印加したGeコアSi量子ドットを用いたLEDのELスペクトル

支援技術例

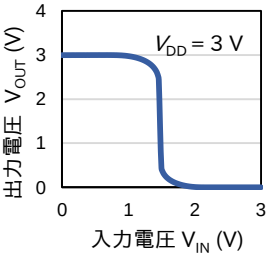
微細加工PF支援のための短納期CMOS作製技術

CMOS を含むデバイス開発支援として、短納期 CMOS 作製を受け付けています。





試作したCMOSインバータ(最短4日で作製)

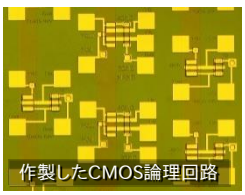


作製したCMOSインバータの入出力特性

実習・講習会

● **CMOSトランジスタ・回路作製実習**　2019年8月19日～8月24日の6日間、社会人8名、大学生2名、高専生3名の合計13名の参加による「CMOSトランジスタ・IC作製実習」を行いました。参加者自身が設計したAlゲートのCMOSインバータを基本とするNAND、NOR、リングオシレータ等の試作を行い、トランジスタ・回路の基本技術および、酸化、リソグラフィー、エッチング等の半導体プロセス技術を学びました。

回路設計時の様子

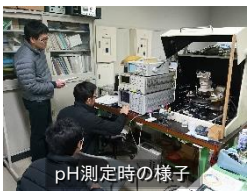

作製したCMOS論理回路

電気的特性の測定

●**バイオ研究のためのナノ・マイクロ加工実践セミナー 流路付加バイオセンサーの作製**　流路設計、マイクロ流路作製プロセス、バイオセンシングの概要を学ぶことを目的として、2020年1月8日(水)～10日(金)の3日間、社会人3名の参加による「流路付加バイオセンサーの作製・測定」を実施しました。PDMS樹脂のマイクロ流路を作製し、MOSFETと組み合わせてバイオセンサとした後、検体模擬水溶液のpH測定を行いました。

Siウェハ流路鋳型の作製

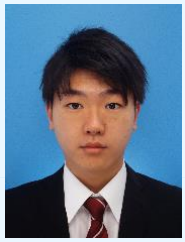
PDMSマイクロ流路の作製


pH測定時の様子

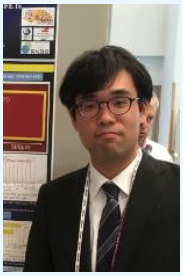
学部生・院生・研究員の国際会議発表

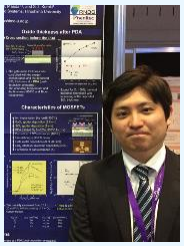
目黒 達也 （研究員） 	国際会議	International Conference on Silicon Carbide and Related Materials (ICSCRM2019)
	発表題目	Pixel Array Integration with SOI-Si photodiode and 4H-SiC MOSFETs for Radiation-Hardened image sensors
	場所	京都
	日時	2019年9月29日～ 10月4日

Vuong Van Cuong （博士課程後期3年） 	国際会議	International Conference on Silicon Carbide and Related Materials (ICSCRM2019)
	発表題目1	Characterization of 4H-SiC MOS Capacitors with Different Metal Gates after 400˚C High-Temperature Aging Tests
	発表題目2	High Temperature Reliability of 4H-SiC Devices and Single Stage 4H-SiC MOSFET Amplifier at 400ºC
	場所	京都国際会議場、京都
	日時	2019年9月29日～ 10月4日

東堂 大地 （博士課程前期2年） 	国際会議	International Conference on Silicon Carbide and Related Materials 2019 (ICSCRM2019)
	発表題目	Investigation on Electrical Characteristics of 4H-SiC Schottky-Barrier-Diodes after Silicon-Cap-Annealing
	場所	京都
	日時	2019年9月29日～10月4日

平野 友貴 （博士課程前期2年） 	国際会議	2019 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2019)
	発表題目	Development of High Yield Layer Transfer Process of Single Crystalline Silicon Thin Film on Plastic Substrate and Its Application to Floating Gate Memory Fabrication
	場所	名古屋
	日時	2019年9月2日～9月5日

西垣内 健汰 （博士課程前期1年） 	国際会議	International Conference on Silicon Carbide and Related Materials (ICSCRM2019)
	発表題目	4H-SiC Pixel Device with UV Photodiode and MOSFETs for Radiation-Hardened UV Image Sensors
	場所	京都国際会議場、京都
	日時	2019年9月29日～ 10月4日

村岡 幸輔 （博士課程後期3年） 	国際会議	8th International Symposium on Control of Semiconductor Interfaces (ISCSI2019)
	発表題目	Thickness Dependences on Interfacial Properties of SiO_2/BaO_2 layers on 4H-SiC (0001)
	場所	仙台
	日時	2019年11月27日～ 11月30日

亀田 朝輝 （博士課程前期2年） 	国際会議	41st International Symposium on Dry Process (DPS2019)
	発表題目	Measurement of the Thermo-Optic Coefficient and Verification of Absolute Temperature for Plasma Processing Application of Optical Interference Contactless Thermometer of Silicon Wafer
	場所	広島
	日時	2019年11月21日～11月22日

瀬川 和輝 （博士課程前期2年） 	1. 国際会議	2019 Asia-Pacific Workshop on Fundamentals and Applications of Advanced Semiconductor Devices (AWAD 2019)
	発表題目	Generation of Atmospheric Pressure Thermal Plasma Beam by Nitrogen Addition to Ar DC Arc Discharge
	場所	韓国　釜山
	日時	2019年7月1日～7月3日
	2. 国際会議	41st International Symposium on Dry Process (DPS 2019)
	発表題目	Large Area Annealing by Magnetic Field Scanning of Atmospheric Pressure Thermal Plasma Beam
	場所	広島
	日時	2019年11月21日～11月22日

岡田 智徳 （博士課程前期1年） 	国際会議	International Conference on Silicon Carbide and Related Materials (ICSCRM2019)
	発表題目	Suppression of Ion Channeling Effects in 4H-SiC Substrate by Tilt Angle Control of Ion Implantation
	場所	京都国際会議場、京都
	日時	2019年9月29日～ 10月4日

外部資金獲得状況 (2019年度)

受託研究 (直接経費 62,366千円)

契約機関	課題名	職名	研究代表者
文部科学省	「ナノテクノロジープラットフォーム」事業/微細加工ナノプラットフォーム	教授	黒木 伸一郎
総務省	戦略的情報通信研究開発推進事業（SCOPE） シングルチップCMOS近接場インパルスレーダーLSIの研究開発	特任教授	吉川 公麿
株式会社島津製作所	汎用ICによるGMPジェネレータおよびスイッチング回路の設計と動作検証	特任教授	吉川 公麿
国立大学法人東北大学	Si窒化技術の研究及び吸着阻害技術の探索のうち「プロセス・評価」	教授	寺本 章伸
ケイデンス・デザイン・システムズ	Prototyping, Verification, and Optimization of Image Processing Systems with Software and Hardware Co-Design for Automotive and Bio-Medical Applications	准教授	小出 哲士
国立研究開発法人 日本医療研究開発機構	Impression Mold法の開発、標準化	准教授	小出 哲士
国立研究開発法人 科学技術振興機構（JST）	戦略的創造研究推進事業（CREST） フィールド向け頑健計器と作物循環系流体回路モデルによる形質変化推定技術に関する研究	准教授	小出 哲士

全国共同研究拠点 (直接経費 13,625千円)

契約機関	課題名	職名	研究代表者
文部科学省	生体医歯工学共同研究拠点形成事業	教授	東 清一郎

共同研究 (直接経費 15,792千円)

課題名	職名	研究代表者
4H−SiCパワーデバイス共同研究	教授	黒木 伸一郎
耐放射線半導体イメージセンサーの研究開発	教授	黒木 伸一郎
ウエーハ特性のデバイスへの影響評価	教授	寺本 章伸
半導体材料の素子適正評価に関する研究	教授	寺本 章伸
CNTを用いたデバイスに関する研究	教授	寺本 章伸
液中の細胞、生体分子の分析技術の開発	准教授	小出 哲士

2019年度文部科学省科学研究費補助金研究 (直接経費 9,800千円)

種目	課題名	職名	研究代表者
基盤研究B	シリコンカーバイドによる極限環境エレクトロニクスの研究	教授	黒木伸一郎
基盤研究B	Si微細トランジスタによる単一分子計測	准教授	中島安理
基盤研究B	消化管内視鏡画像解析による客観的指標の構築と汎用診断支援システムの開発	准教授	小出 哲士
若手研究B	多項目検出のためのMEMS光バイオセンサーの研究	特任助教	雨宮 嘉照

研究所への寄付金 (直接経費 11,372千円)

機関
マイクロンメモリ ジャパン合同会社
フェニテックセミコンダクター株式会社

広島大学附属高校「太陽電池の試作と測定の実習」

広島大学付属中学校「太陽電池の試作と測定の体験学習」

ナノデバイス・バイオ融合科学研究所主要設備

広島大学ナノデバイス・バイオ融合科学研究所はクラス10のスーパークリーンルーム及び、リソグラフィー、薄膜形成、ドライエッチング等の半導体製造装置を有し、半導体デバイスの設計からシリコンウェハ上への作製、そして測定評価までを一貫して行えることが特徴です。
ナノデバイス研究所の各種装置は、部外者の方でもナノテクプラットフォーム事業等を通して利用することが可能です。

スーパークリーンルーム

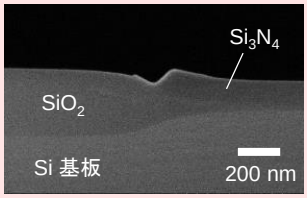
最も清浄度の高いセクションのクリーン度はクラス10 (1立方フィート内に0.1μm以上の粒径の粒子が10個以下)です。

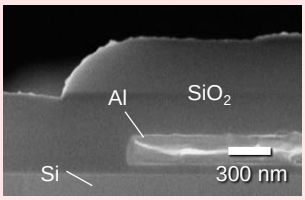
西棟スーパークリーンルーム

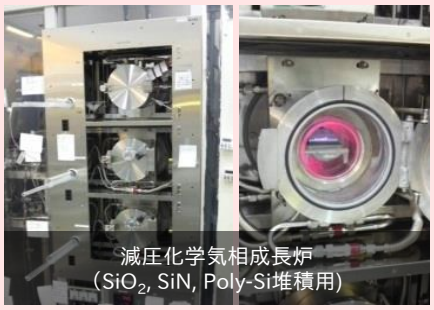
東棟スーパークリーンルーム

薄膜形成装置群

ポリシリコン膜、Si_3N_4膜堆積用の減圧CVD装置、Al、Ti、Cu等の各種金属薄膜堆積用のスパッタリング装置等があります。






減圧化学気相成長炉
(SiO_2, SiN, Poly-Si堆積用)

酸化・拡散炉

平行平板型プラズマCVD装置
(SiN及びSiO_2堆積用)

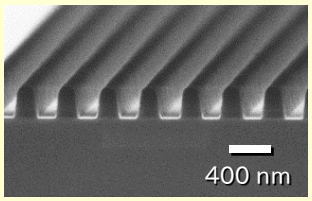
Alスパッタリング装置
(Al, Ti, TiNスパッタリング用)

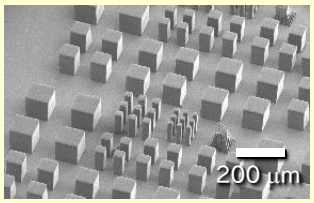
汎用スパッタリング装置（3インチターゲット交換により広範な材料に対応）

SiO_2堆積用大気圧CVD装置
(SiH_4+O_2, 基板温度400℃)

リソグラフィー装置群

感光性材料(レジスト)を基板上に塗布し、光や電子線を照射して、ミクロン及びナノメートルサイズのパターンを形成します。





ポイントビーム方式電子ビーム描画装置
（エリオニクス ELS-G100）

マスクレス露光装置
(ナノシステムソリューションズ DL-1000)

不純物注入、活性化アニール装置群

シリコン基板やポリシリコン薄膜等に不純物を注入して導電性を制御します。注入後は熱処理装置によって活性化アニールを行います。

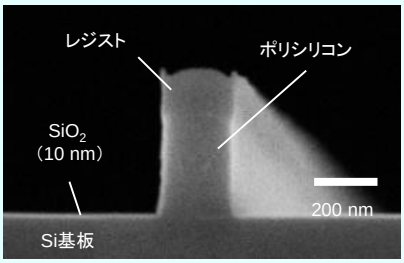
イオン注入装置
(5keV-150keV, B, As, P等 注入可能)

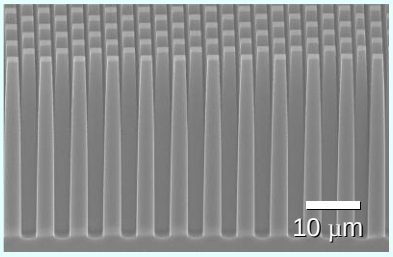
高速熱処理(Rapid Thermal Anneal)装置
(高速アニール用, 昇温速度最大200℃/s)

リン拡散炉
(リンの固相拡散, 最高温度900℃)

プラズマエッチング装置群

リソグラフィーで形成したレジストパターンをマスクにし、イオンの化学反応を使って薄膜の形状を蝕刻加工します。





プラズマアッシング装置
(レジスト除去用)

SiN、poly-Si用ケミカル
ドライエッチング(CDE)装置

Si用ICP(誘導結合プラズマ)エッチング装置(Cl_2, O_2, N_2, HBr使用)

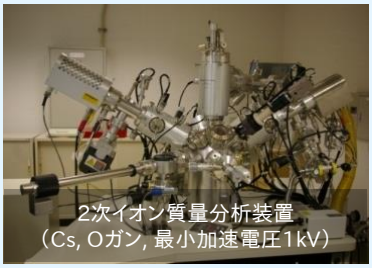
Al用ICPエッチング装置
(Cl_2, BCl_3, N_2使用)

SiO_2用RIE(反応性イオンエッチング)装置(CF_4, H_2使用)

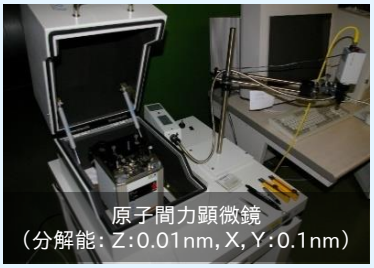
Si用深堀りエッチング装置(ボッシュプロセス, C_4F_8, SF_6, O_2, Ar使用)

物性評価・測定装置群

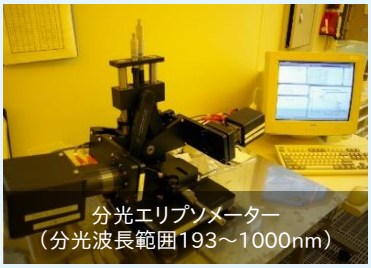
成膜した材料の膜厚や表面の凹凸の様子、光学定数を調べたり、薄膜の組成分析や結晶分析を行える各種分析装置があります。



2次イオン質量分析装置
(Cs, Oガン, 最小加速電圧1kV)

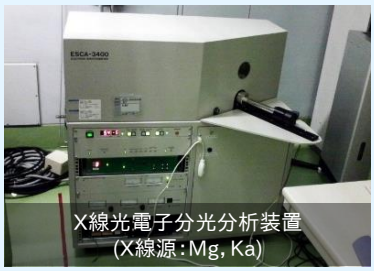


原子間力顕微鏡
(分解能: Z:0.01nm, X, Y:0.1nm)



分光エリプソメーター
(分光波長範囲193～1000nm)

干渉式膜厚計 (可視光及び紫外光源、多層膜対応解析ソフト搭載)



X線光電子分光分析装置
(X線源:Mg, Kα)

表面段差計 (垂直範囲:10nm～130μm, 垂直解像度:最高0.1nm)

ラザフォード後方散乱(RBS)測定装置 (加速イオン:H^+, D^+, $^3He^+$, $^4He^+$, $^{14}N^+$他, 加速電圧:最大2.40 MV, ビーム電流:3μA-50μA)

電界放出型走査電子顕微鏡
(最高分解能1.5 nm)

ホール効果測定装置 (試料の伝導キャリヤの識別, 濃度, 移動度を測定)

新任教員紹介

寺本 章伸 (教授):
2019年6月にナノ集積科学研究部門の教授として着任致しました。半導体製造プロセスの研究を中心にそれを用いた高性能の半導体デバイス試作や半導体デバイスの信頼性に関する研究を行っていきます。半導体産業は、たくさんの技術が集積化されたものです。関連する技術を持つ皆さんと協力して研究を進められるよう、その環境作りも含めて日本・世界の半導体産業の発展のために取り組んで行こうと思っております。よろしくお願いします。

佐藤 旦 (育成助教):
当研究所の研究員を経て2020年4月から育成助教として着任しました。シリコンプロセスを中心に微細加工・デバイス作製の研究開発に取り組んできました。当研究所のすばらしい設備で、より一層、研究の幅を広げられることをうれしく思っています。改めて、よろしくお願いします。

Vuong Van Cuong (育成助教):
I has become an assistance professor in Research Institute for Nanodevice and Bio Systems from April 2020. My main research topic focuses on the development of technology for fabricating analog and digital electronic circuits based on 4H-SiC which are strongly required for harsh environment applications. I am really happy to receive your great support and cooperation regarding our research topic. Thank you very much.

研究所利用希望・共同研究希望の皆様へ

ナノデバイス・バイオ融合科学研究所は、広島大学の学内共同利用教育施設として設置されており、学内は先進理工系科学研究科や工学研究科の研究室の多くの方に利用されています。また、他大学・企業とは共同研究・受託研究を実施したり、研究員・社会人博士課程後期学生の受け入れを行っております。
ご興味がございましたら、研究所教員までご連絡ください。

TEL: 082-424-6265
E-mail: RNBS@hiroshima-u.ac.jp
URL: http://www.RNBS.hiroshima-u.ac.jp/

研究所組織図

運営委員会

所 長
教授 東 清一郎

副所長
教授 黒木 伸一郎
教授 二川 浩樹

顧 問
廣瀬全孝
（広島大学名誉教授）

ナノ集積科学研究部門

教授 東 清一郎*　教授 黒木 伸一郎‡　教授 寺本 章伸‡　教授 角屋 豊*
教授 高根 美武*　教授 島田 学***　教授 池田 篤志***　教授 吉川 公麿†
准教授 中島 安理‡　准教授 天川 修平*　准教授 田部井 哲夫†　助教 花房 宏明*
助教 水川 友里*　助教 雨宮 嘉照†　助教 石川 智己†　助教 佐藤 旦#
助教 Vuong Van Cuong#

集積システム科学研究部門

教授 藤島 実*　教授 石井 抱***　教授 金田 和文***　准教授 小出 哲士‡
准教授 吉田 毅*　准教授 玉木 徹***　准教授 高木 健***

分子生命情報科学研究部門

教授 岩坂 正和‡　教授 黒田 章夫*　教授 河本 正次*　助教 池田 丈*

集積医科学研究部門

教授 茶山 一彰**　教授 秀 道広**　教授 二川 浩樹**　教授 加藤功一**
教授 津賀 一弘**　助教 柳瀬 雄輝**

ナノテクノロジープラットフォームプロジェクト

教授 黒木 伸一郎‡ (代表責任者)　准教授 田部井 哲夫†

客員教授

横山 新
伊藤 隆司 ((株)半導体エネルギー研究所)
宮崎 誠一 (名古屋大学大学院工学研究科)
三宅 亮 (東京大学大学院工学系研究科)
伊藤 公一 (千葉大学名誉教授)
宮原 裕二 (東京医科歯科大学生体材料工学研究所)
大木 博 (元(株)日立ハイテクノロジース)
吉田 成人 (JR広島病院 消化器内科・救急センター)
田中 武 (広島工業大学工学部電子情報工学科)
村上 秀樹 (久留米工業高等専門学校)
Katia Zheleva Vutova (ブルガリア科学アカデミー電子工学研究所)

研究員（学内）、関連学部・学科

客員研究員（他大学、企業）

‡ 専任教員
先進理工系科学研究科兼担
* 併任教員
先進理工系科学研究科
** 併任教員
医歯薬保健学研究科
*** 併任教員
工学研究科
† 特任教員
\# 育成助教

2020年4月1日現在