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.3, 2011

研究所長挨拶

ナノデバイス・バイオ融合科学研究所長
吉川公麿

ナノデバイス・バイオ融合科学研究所は1986年設立の集積化システム研究センターから続く25年間の研究実績に基づく半導体技術をバイオロジーとメディカルサイエンスに展開し、新しい産業を創出するために、融合基盤技術の教育研究拠点として、2008年5月1日に設立しました。

研究所は既存の学問分野である電気電子情報工学、機械工学、物理学、化学、生物学、医学、農学の専門家が集まり、ナノ集積科学、集積システム科学、分子生命情報科学、集積医科学の4つの融合研究領域を構成しています。

研究所の教員は大学院先端物質科学研究科、医歯薬学総合研究科、工学研究科も兼務し、最先端研究を通して大学院学生の指導を行っています。構成は教授24名、准教授10名、助教5名、研究員11名、博士課程後期学生　13名、博士課程前期学生20名、学部学生11名、研究生2名からなっています。

研究所に在籍する大学院学生は米国カリフォルニア大学ロサンゼルス校、テキサス大学ダラス校、オランダ・トウェンテ大学など、海外の大学に留学し、最先端技術の共同研究を遂行しながら勉強をしています。

国際連携として、中国天津大学、米国カリフォルニア大学、ハーバード大学、テキサス大学、オランダ・トウェンテ大学、インドネシア・バンドン工科大学、バングラデシュ・バングラデシュ工科大学とも学術交流を推進しています。

外部機関との連携として、独立行政法人産業技術総合研究所等の国の研究機関やエルピーダメモリ、日立製作所、日立ハイテクノロジー、ルネサスエレクトロニクス、沖デジタルイメージング、三井化学、フェニテック、タツモ等の民間企業と共同研究を実施し、新しい産業の創出に向けて貢献しています。

ハーバード大学電子集積回路研究室（右写真）や ↗

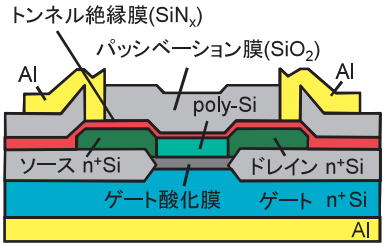
インドネシアバンドン工科大学理学部（下左写真）、電気情報学部（下右写真）と部局間交流協定を締結しました。

文部科学省 ナノテクノロジーネットワークプロジェクト

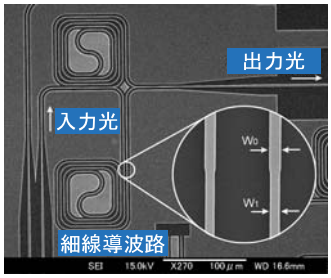
広島大学と山口大学の連携で「シリコンナノ加工と高品質真空利用に関する支援」を行っています。

広島大学の支援の特徴は保有する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などです。さらにMEMS技術のためにマスクレス露光装置、深堀エッチング装置および表面活性化接合装置を導入しバイオ関連の支援を強化中です。成果として国際会議に発表された事例を下図（1）～（3）に紹介します。

2010年8月に広大・山大合同のナノテクシンポジウムを開催いたしました。研究所で開催される講演会の案内をナノネット支援のホームページに掲載しておりますのでご覧ください。



（1）改良型トンネリング誘電体薄膜トランジスタの開発（兵庫県立大学）



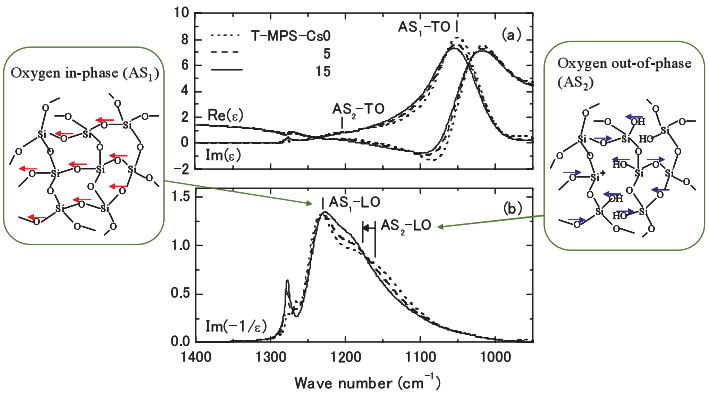
（2）シリコンベース温度無依存アレイ導波路グレーティングの試作と評価（九州大学大学院）

（3）2010年8月27日に開催された広大・山大合同ナノテクシンポジウムの状況

RNBS
2011年3月発行

ナノ集積科学研究部門

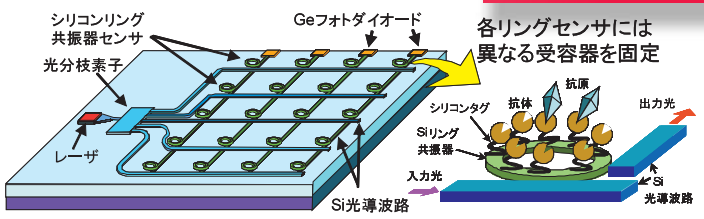
自己組織化技術を用いてナノ空孔を形成した超低誘電率ポーラスシリカ膜の開発



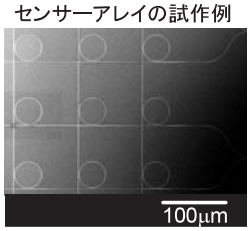
赤外分光によるシロキサン骨格構造の複素誘電関数解析

半導体集積回路の層間絶縁膜を形成するポーラスシリカ膜の塗布液前駆体に触媒としてセシウム(Cs)を添加した場合のシロキサンネットワーク構造の変化を赤外スペクトル(FTIR)複素誘電関数解析しました。エネルギー損失(LO)関数のシロキサンネットワーク中の連結性に関するAS1モード、非連結性に関するAS2モードから、Csイオン添加濃度の増大によって、シロキサン連結性が増加し、機械強度が増大することを明らかにしました。さらに、テトラメチルシクロテトラシロキサン(TMCTS)シリル化処理によってシロキサン連結性が増大することも明らかにしました。この成果はThin Solid Films (2010)に掲載されました。

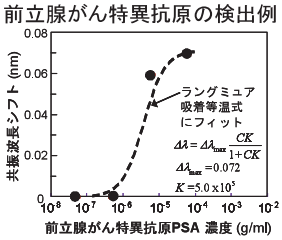
Siリング光共振器を用いた多項目同時検出バイオセンサー



センサーアレイの試作例



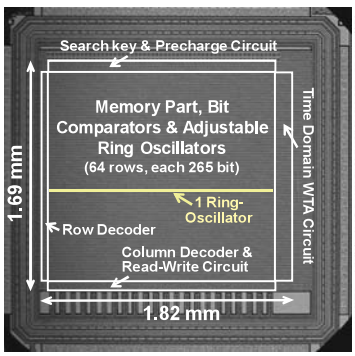
前立腺がん特異抗原の検出例



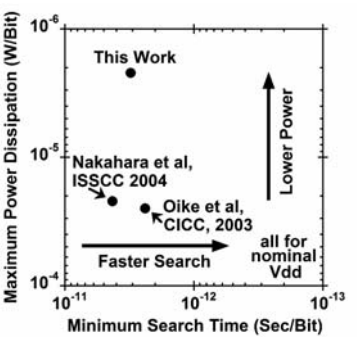
がん、ウィルス、アレルギー物質などを家庭で手軽に検査できる安価なバイオセンサーの開発を行っています。シリコン(Si)集積回路の作製技術を利用して、図に示すように多種類の生体物質を同時に検出できるSiリング光共振器バイオセンサーを開発しています。Siタグと呼ばれる蛋白質をリング共振器表面に固定させ、これに結合した抗体と抗原の反応などを共振波長の変化から観測します。前立腺がんの診断に用いられる前立腺がん特異抗原(PSA)の検出に成功しました。実用化に向けて更に感度を100倍向上させる研究を行っています。この成果は2010年国際固体素子材料会議で発表しました。

集積システム科学研究部門

周波数領域マッピングに基づく全並列最小距離検索連想メモリの低消費電力化を実現



180nm CMOS テストチップの写真
3.08mm² (1.69mm x 1.82mm)

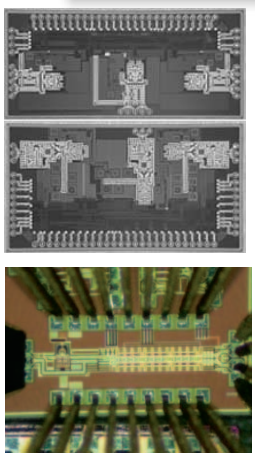


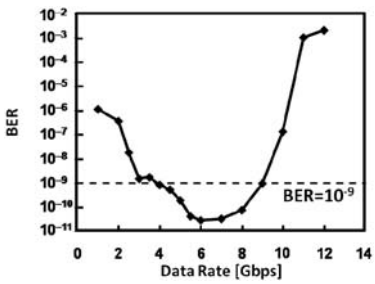
他研究との性能比較（消費電力は1桁低いと検索時間はほぼ等しい）

ハミング距離をリング発振器を用いた異なる周波数への変換方法により、低消費電力かつ高速な最小ハミング距離検索を実現しました。開発した全並列検索を有する連想メモリアーキテクチャは同時に製造ばらつきに対して高信頼性を得ています。180nm CMOS技術で設計・試作したテストチップ(64パターン、256ビット)は通常の電源電圧(1.8V、36.5mW消費電力、50ns最小検索時間)から低い電源電圧(0.7V、307mW消費電力、790ns最小検索時間)まで仕様通りの動作を実現しました。他研究と比べて、検索時間はほぼ同等で、1桁低い消費電力を可能としました。この成果は国際会議ESSCIRC2010で発表しました。

ミリ波帯／テラヘルツ帯低消費電力・超高速無線通信

ミリ波ハイビジョン無線伝送



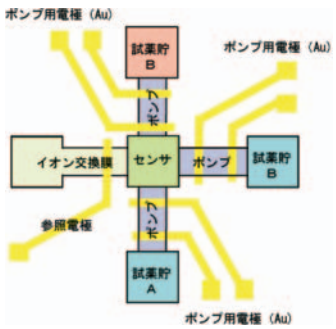


テラヘルツ通信ビット誤りテスト

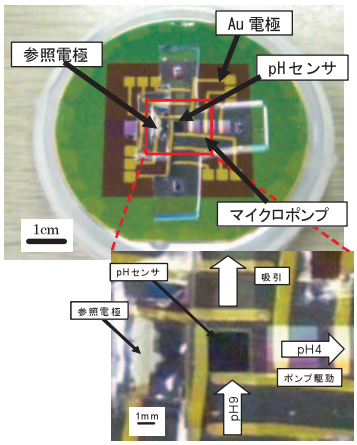
(株)シリコンライブラリと広島大学は共同で、ミリ波帯を用いることによりハイビジョン画像を電池駆動で非圧縮無線伝送可能なワイヤレスHDMIモジュールを開発しました。ここでは、毎秒1ギガビットの伝送速度をわずか53mWで無線送信可能にします。この成果は国際会議Symposium on VLSI Circuits 2010で発表しました。また、(株)半導体理工学研究センターと共同でテラヘルツ帯を用いることにより、毎秒9ギガビットの伝送速度を可能にする無線用チップセットを開発しました。本成果は国際会議A-SSCC2010で発表しました。

分子生命情報科学研究部門

ポンプ一体化バイオセンサの研究



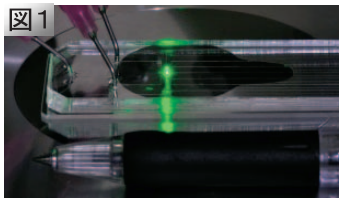
ポンプ一体化センサイメージ図

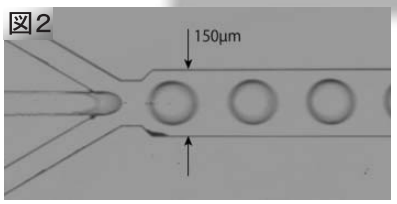


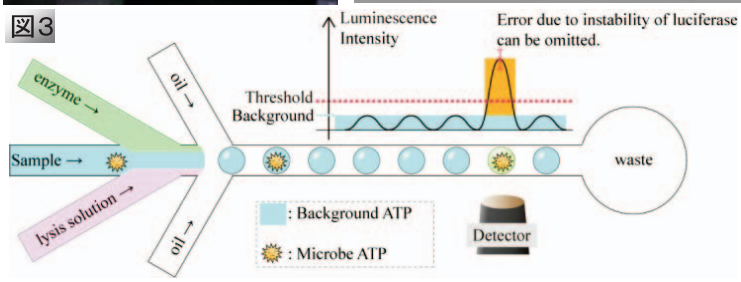
試作したポンプ一体化pHセンサ

我々はワンチップでサンプル送液と解析のできるポンプ一体化バイオセンサの研究を行っています。既存の半導体プロセスと親和性の高いモノリシック製造技術を用いて、同一Si基板上にポンプとセンサを集積化し、ポンプ-センサが連動して働きセンシングするシステムを目指しています。これまでにSi基板上に電気浸透流型マイクロポンプを形成し、3V駆動で0.5～0.7 nl/secの送液性能が実現しています。現在はこのポンプを使い流体制御を行い、センサとしてpHセンサを同一に形成し、流体制御のポンプと連動してpH測定を行えるようになっています。この研究は、液体サンプルを用いた様々なセンシングデバイスへの応用が期待されています。

微生物カウンター開発





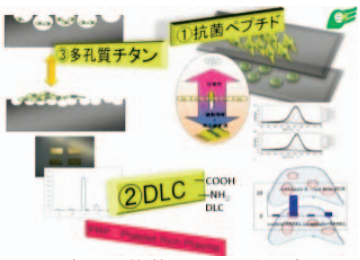


分子生命情報科学部門が持つ優れたATP化学発光技術と、微小検査機器開発技術とを組み合わせ、水質検査や食品衛生検査などでの利用を念頭に置いた微生物カウンター開発を進めています。マイクロ流体チップ（図1）を用いて小さな液滴を作れば（図2）、試験水を微生物が1菌体入っている程度に小さく分割できます。この水滴を一つずつ高速にATP化学発光分析法で調べると微生物数をカウントできるようになるという仕組みです（図3）。有無を調べるのが得意な世界最高感度の発光酵素という特長を活用しておりノイズに強い分析法と期待できます。オランダ・トウェンテ大学へ学生を派遣して国際共同研究としても推進しています。

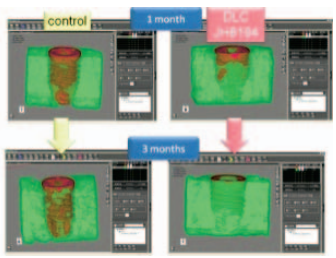
集積医科学研究部門

口腔向け高性能インプラントの開発

口腔生物工学研究室では、塩基性抗菌ペプチドとダイアモンドライクカーボンナノコーティング技術を組み合わせて骨治癒促進効果のあるインプラントの開発をしています。



チタン表面の修飾による予後の良いインプラントの開発

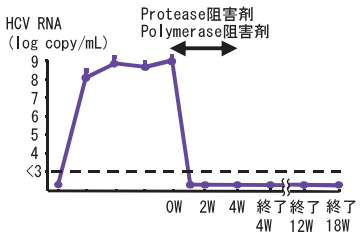


インプラント埋入1ヶ月・3ヶ月後のCTデータ

C型慢性肝炎に関する研究

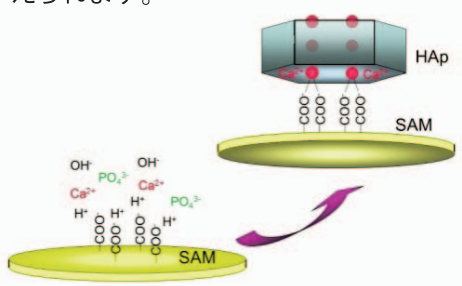
SNP解析　ゲノムワイド関連解析により、C型慢性肝炎患者に対するPegIFN/リバビリン治療において，ITPA遺伝子が貧血に関与することを見いだしました（*Gastroenterol 2010*）。さらに宿主の*IL28B*遺伝子とウイルス遺伝子の変異を組み合わせることにより治療効果がより明確に予想されることを見いだしました（*Gut 2010*）.

ヒト肝細胞キメラマウス　C型肝炎ウイルス感染マウスにProtease阻害剤およびPolymerase阻害剤を併用投与することによりHCVの排除に成功しました（*J. Hepatol, in press*）。この治療法は、C型慢性肝炎患者に対し、インターフェロン製剤を使用しない新規治療となります。



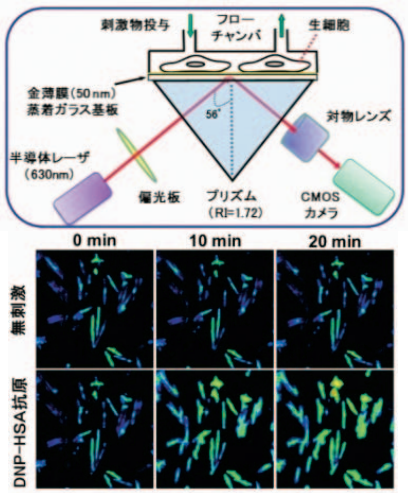
SAM表面上へのアパタイト化学修飾

アパタイトのアフィニティー結合に関する基礎的研究として金基板上に官能基-COOH, $-NH_2$, -OH, $-CH_3$を配し、アパタイトの吸着形成特性を検討したところ、-COOHに特異的な高い吸着特性が認められました。これは、アパタイトがイオン結晶であるため、強い静電気的相互作用が働いたものと考えられます。



COOH-SAM表面上へのハイドロキシアパタイト（HAp）結晶の初期形成模式図

1細胞屈折率可視化技術の開発



生細胞応答解析用SPRイメージング装置を開発し（上図）、刺激後の1細胞毎の屈折率変化をリアルタイムにモニタリングすることに成功しました（下図）。（Yanase et al, 2010, 26, 674-681 *Biosens Bioelectron*）

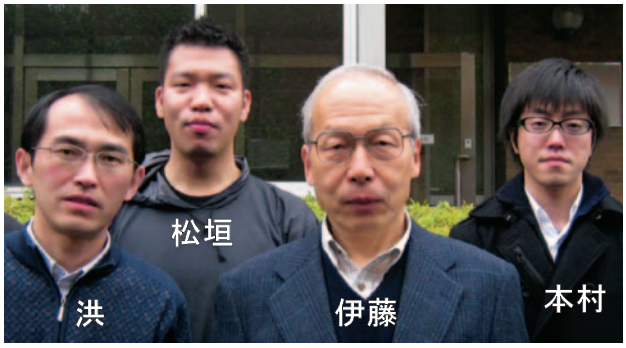
新任教員・研究員紹介

伊藤隆司：東京工業大学特任教授を兼務し客員教授として着任しました。東北大学での研究を踏まえて、半導体の微細化限界を突破する3次元化デバイスおよびバイオ融合技術の開発を目指しています。

本村　圭：本年度からNEDOプロジェクトの研究員となりました。 Siに特異的に結合するタンパク質を用いたバイオセンサ構築のための基盤技術開発を行っております。

松垣　仁：ナノテクノロジーネットワークプロジェクト研究員として、電子線描画装置やプラズマエッチング装置などを利用した、シリコンを主体とする微細加工支援を行っております。

洪　建勛：研究テーマは新しい電気光学ポリマー変調器及びマイクロリング共振器型変調器のダイナミクスの数値解法です。



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、学内は先端物質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 吉川公麿

顧　問

廣瀬全孝
（産業技術総合研究所・ナノ電子デバイス研究センター研究顧問）

渡辺久恒
（半導体先端テクノロジーズ(株)）

西村 正
（ルネサスエレクトロニクス(株)）

*　併任教員
先端物質科学研究科

**　併任教員
医歯薬学総合研究科

***　併任教員
工学研究科

†　特任教員

ナノ集積科学研究部門

教授 吉川公麿　教授 横山 新（副所長）　教授 三浦道子*　教授 東清一郎*
教授 奥山喜久夫***　教授 大下浄治***　教授 瀧宮和男***　教授 島田 学***
准教授 芝原健太郎　准教授 中島安理　助教 村上秀樹*　助教 田部井哲夫†
助教 奥山 清†

集積システム科学研究部門

教授 マタウシュ ハンスユルゲン　教授 藤島 実*　准教授 小出哲士
准教授 佐々木守*　准教授 亀田成司†　助教 吉田 毅*

分子生命情報科学研究部門

教授 三宅 亮　教授 小埜和久*　教授 山田 隆*　教授 黒田章夫*
教授 榎波康文†　准教授 河本正次*　准教授 野田健一†　准教授 村上裕二†
准教授 石川智弘†　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**（副所長）　教授 岡崎正之**
教授 二川浩樹**　准教授 津賀一弘**

ナノテクノロジー・ネットワークプロジェクト

教授 横山 新（代表責任者）　客員教授 福山正隆（主任）

客員教授

福山正隆　伊藤隆司（東京工業大学）　宮原裕二（東京医科歯科大学生体材料工学研究所）
宮崎誠一（名古屋大学大学院工学研究科）　大木 博（(株)日立ハイテクノロジーズ）

研究員（学内）、関連学部・学科

客員研究員（他大学、企業）