

CENTER NEWS

広島大学 ナノデバイス・システム研究センター

先端融合領域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」
ナノデバイス・システム研究センター長 岩田 穆

半導体技術とバイオ技術とを融合した領域の研究は、有機材料と無機材料の接点、電子の世界のアナログ・デジタル情報と生命体の情報のインタフェース、新しい材料による超大規模メモリと多機能センサーなど、学術、技術の進歩により将来の人間生活に革新をもたらすものです。ナノデバイス・システム研究センターの21世紀COEプログラムの成果を活用・発展させて、先端物質科学研究科の分子生命機能科学専攻のグループと共同で研究課題「半導体・バイオ融合集積化技術の構築」を提案しました。2006年7月の採択が決まり、現在1年目の体制構築を進めております。この拠点形成は大学と企業との協働で行うもので、2006年度はエルピーダメモリ株式会社と協働体制を構築しました。2007

年度はバイオ企業として生体分子計測研究所とも協働体制を構築します。

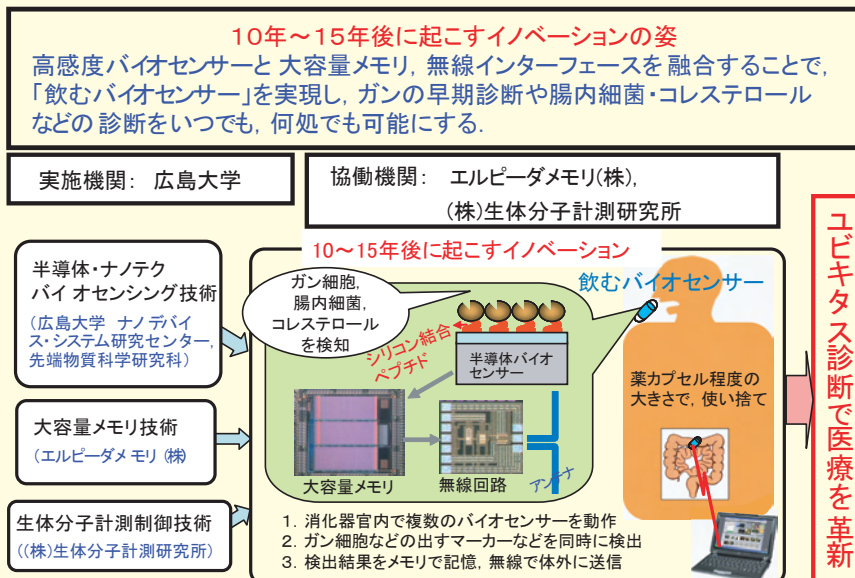
この事業は文部科学省科学技術振興調整費および協働企業の研究費により実施され、合わせて最低年間6億円を投入し、最長10年の長期に渡る大型プロジェクトであり、10年後のイノベーションを創生することを目指しています。

融合領域の主要研究テーマとイノベーションは以下の通りです。

- (1) 新発見のシリコン結合ペプチドを用いてナノデバイスに抗体などの有機分子を選択的に結合するシリコン・バイオ法を開発し、多項目・高速バイオセンサを実現する。これを用いて医療を革新するユビキタス診断システムを開発する。
- (2) 超大容量メモリのための新材料探索、新記憶原理と記憶セル構造を考案し、次世代のテラビットメモリのプロトタイプを試作し、基盤技術を開発する。
- (3) ポストメモリとして、バイオセンサとメモリを集積したブレインチップの基盤技術を開発し、ユビキタス診断システムやヒューマンインタフェース情報処理システムの実現に資する。

融合領域の主要研究テーマとイノベーションは以下の通りです。

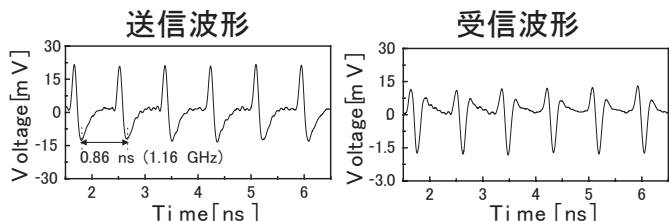
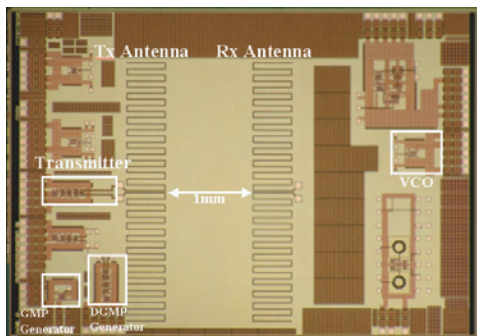
半導体・バイオ融合集積化技術の構築の概要



現在、この融合領域の研究を立ち上げるために、半導体・バイオ融合研究の研究者、研究環境の構築を進めています。また、先端物質科学研究科の修士課程に「半導体・バイオ融合教育プログラム」をスタートさせます。この融合領域研究に興味のある企業、研究者、学生はご連絡ください。

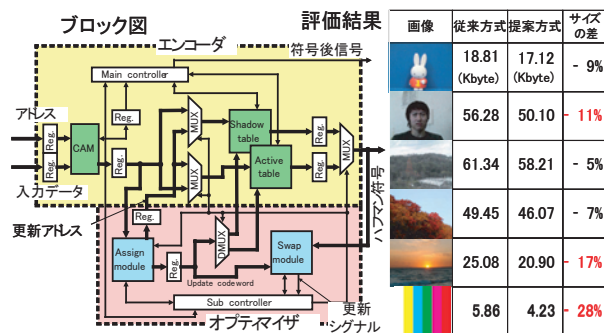
(E-mail; iwa@dsl.hiroshima-u.ac.jp)

超広帯域チップ間無線通信



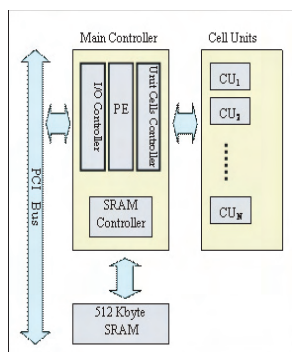
本研究では 0.18 μm CMOS テクノロジーを用いて、パルス方式ウルトラワイドバンド通信のための、シングルチップガウシアン・モノサイクルパルス (GMP) 生成回路を開発しました。パルス幅 280 ps、リングング・レベル -20.26 dB、中心周波数 3.6 GHz の GMP 生成に成功しました。また、シリコン集積化ミアンダダイポールアンテナを用い、アンテナ間距離 1 mm において、送信レート 1.16 Gbps の GMP 送受信に成功しました。この成果は 2006 年の Symposium on VLSI Circuits で報告いたしました。

リアルタイムに符号化テーブルの再構築を行う CAM を用いたハフマンエンコーダ

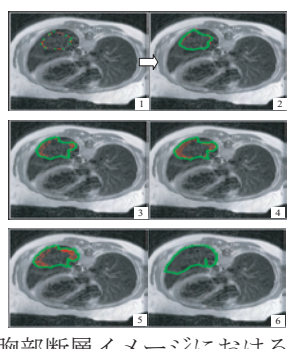


リアルタイムに符号化テーブルを最適化することが可能な、Content Addressable Memory (CAM) を用いた高速なハフマン符号化を実現するアーキテクチャを開発しました。CAM は高速な一致検索機能を実行できる機能メモリであり、この機能を利用することでハフマン符号化をリアルタイムに行えるようにするとともに、被符号化データの出現頻度にあわせて符号化テーブルを再構築することで、圧縮率の向上も実現しています。デジタルカメラ等で利用されている JPEG 画像圧縮に適用して検証を行った結果、圧縮率の大きいものでは約 28% の画像サイズの削減を実現することができました。また、符号化速度に関しても従来のアーキテクチャと比較して平均 95% ものクロックサイクル数削減を実現しました。本研究の成果は論文誌、IEICE Trans. on Inf. & Sys., Vol. E90-D, No. 1, Jan, 2007 にて発表されています。

動画認識のための並列処理ハードウェアの設計



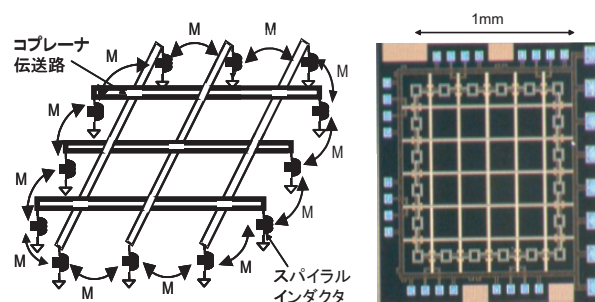
システムの構成



胸部断層イメージにおける物体追跡の例

動画の中の特定の物体を認識する方法には色々ありますが、「勾配ベクトルフロー (GVF) スネークモデル」という方法が、認識率が高く、どんな形状の物体の認識にも適用できる優れた方法であると言われております。しかし、数値計算の量が多いためこれまで実用的なものは実現されていませんでした。我々は、Field Programmable Gate Array を用いて、複数の数値演算ユニットによって並列処理をするシステムを設計しました。8-bit のカラー (256 色) QVGA サイズ画像 (320 \times 240 画素) において、20 フレーム毎秒の動画中の物体認識が可能です。胸部断層イメージにおける本方法による物体追跡の例を上にも示しました。本成果は、2005 IEEE Int. Conf. on Advanced Video and Signal based Surveillance で発表されました。

インダクタ負荷・結合の定在波発振器を用いた高周波のクロック発生・分配

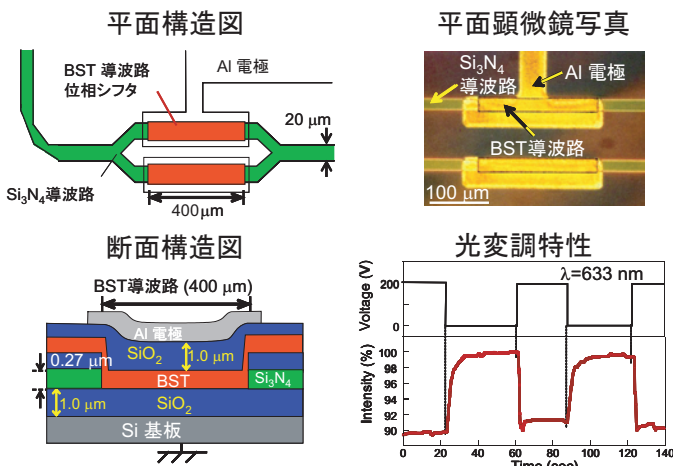


インダクタ負荷、インダクタ結合の定在波発振器を用いた高性能クロック発生・分配システムを考案しました。オンチップの伝送線路を用いた定在波発振器でメッシュ構成を作ると、位相のそろった 10 GHz 以上の高周波クロックをチップ全面で得られるが、線路長が周波数によって制約されます。そこで、インダクタ負荷で、メッシュの距離と発振周波数を独立にする構成を考案しました。[1] さらに、伝送線路の終端インダクタを結合させて 2 次元メッシュを構成する方法を考案しました。0.18 μm CMOS 技術で 12 GHz 動作のテストチップを設計・試作し、電源電圧 0.9 V、消費電力 80 mW で、発振周波数 11.5 GHz、振幅 0.6 V 発振を得ました。ピーク・ピークジッタ 4.7 ps の高性能を得ました。[2]

[1] M. Sasaki et al., Dig. of Symp. on VLSI Circuits, pp.124-125, June 2006.
 [2] M. Sasaki et al., ISSCC Digest of Technical Papers, TP9.5, Feb., 2007.

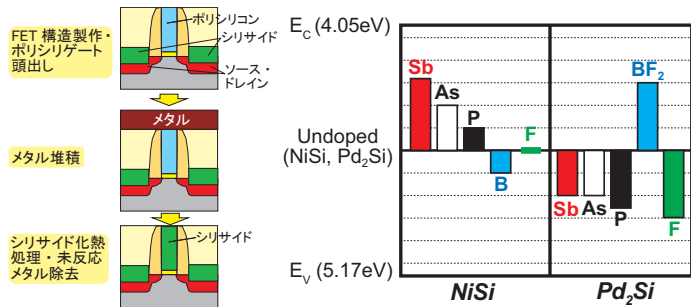
センター研究紹介

電気光学材料 (Ba, Sr)TiO₃ を用いた 光スイッチの Si 基板上 450°C 低温形成



LSI の処理性能向上のために、長距離光配線を LSI に導入する研究を行っています。長距離配線は、複雑な短・中距離の金属配線の上層に作る必要があるため、金属配線の劣化しない 450°C 以下の製作温度が必要です。前回のニュースで、電気光学材料である (Ba, Sr)TiO₃ を用いた 550°C で製作した光スイッチを報告しました。今回は、スパッタ法を用いることで、初めて 450°C の低温化に成功しました。図に構造と動作波形を示します。変調効率も前回の 2% から 10% に向上しました。動作電圧は 200 V と大きく、動作速度も遅いのですが、今後、デバイス構造の工夫と膜質を向上させて改良していきます。本成果は 2006 Int. Conf. on Solid State Devices and Materials で発表されました。

フルシリサイドゲート MOS デバイス

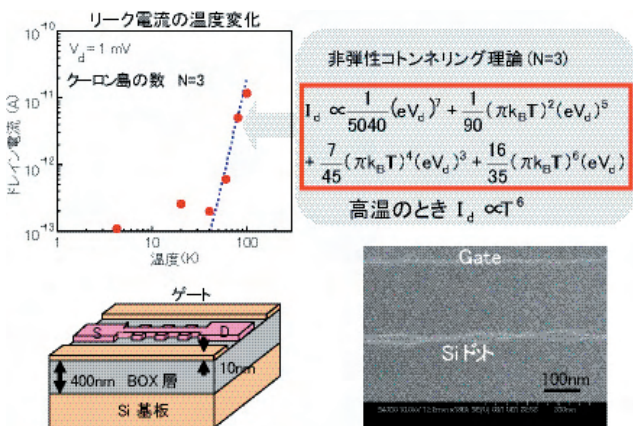


FUSI MOSFET の製造工程

FUSI MOS 構造の仕事関数変調可能域

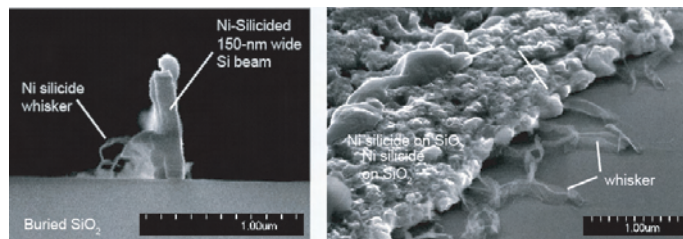
MOSFET のゲート電極には長年ポリシリコンが使われて来ました。しかし、ゲート絶縁膜の薄層化に伴い、これをメタルに置き換えることが検討されています。メタルゲート形成には色々な手法がありますが、我々は図のようにいったんポリシリコンゲートを形成した後にシリサイド化させる FUSI (Fully Silicided) ゲートを研究しています。FUSI ゲートでは、シリサイド化前に不純物をポリシリコンに添加しておくことで仕事関数変調が可能です。これは CMOS デバイスのしきい値電圧の調節のために欠かせない特長です。FUSI ゲートの材料として最も一般的なものは NiSi ですが、我々はこれよりも低温で形成可能で FET 製作工程への組み込みが容易な、Pd₂Si を用いた FUSI 構造の作成に成功しました。Pd₂Si の仕事関数変調域は NiSi と同等ですが、仕事関数がシフトする方向が NiSi とは逆という興味深い結果が得られており、仕事関数変調の機構解明に役立つと考えています。

多重ドット Si 単電子トランジスタ における漏れ電流解析



単電子トランジスタ (SET) は超低消費電力を実現する次世代のデバイスとして期待されています。特に Si SET は現在までに蓄積した Si 集積化技術を利用できる利点を持っています。今回、多重ドットを有する Si SET を作製しクーロン振動の谷電流を測定してコトンネリング理論と比較し漏れ電流の起因を調べた結果、谷電流の温度依存性はドレイン電圧が低い場合、40 K 以上では非弾性コトンネリング理論によってよく記述されることが示されました。この場合ドットを多重化することで谷電流が指数関数的に抑制できることから、多重ドット構造は SET の高温高信頼性動作に有望である事が判りました。本研究の成果は、Applied Physics Letters, Vol.89, Art. No. 183520 において発表しました。

立体 Si ビームの NiSi 化技術



Si ビームから外部に張り出した NiSi ウィスカー (未反応 Ni 除去後)

Ni 粒界に沿って形成された NiSi ウィスカー (未反応 Ni 除去後)

次々世代以降の最有力 Si トランジスタとして Si の梁 (ビーム) を用いた構造が提案されています。この構造を有効に利用する要の技術の一つは低抵抗ビーム形成です。

このため Si ビームに Ni を堆積し、熱処理によって NiSi を形成したところ、左図に示すような NiSi のウィスカーが見られました。これは隣接パターンとの間に電氣的短絡を引き起こす有害な現象です。確認のため平面上で再実験したところ右図に示すような、Ni 膜の粒界に沿って NiSi が形成されたことがわかりました。斯界でも報告されていない新規な現象で ADMETA 学界で発表しました。

この現象は Ni が過剰に存在する場合の特異な現象であり、堆積量、堆積条件、熱処理条件を最適化すれば発生しないことを実験で確かめました。

新任教員・研究員紹介

平成18年度に、1名の海外客員教授と2名の研究員を迎えました。以下に自己紹介します。

海外客員教授 肖 夏 (Xiao Xia): 中華人民共和国天津大学電気情報工学科から参りました。研究テーマは、「ウルトラワイドバンド電磁波による乳癌検出の研究」です。正常組織と腫瘍組織では、マイクロ波に対する電氣的性質が大きく異なることを利用します。電磁波の反射強度像によって腫瘍を捉えることができます。

研究員 雨宮嘉照: LSIチップ内光インターコネクション技術の研究・開発を行っています。チップ内配線を金属配線から光配線や光スイッチング素子を用いた集積回路に代えることにより、高速度の信号伝達によるLSI性能の向上を目指した研究を行っています。

研究員 熊木武志: 多並列検索処理を実現することで、知能情報処理やネットワーク分野等での効果的な利用

が期待できるマルチポート連想メモリ、及びマルチメディアデータ処理を高速、低消費電力で実現することが可能なモバイル機器向けの超並列プログラマブルプロセッサの開発・評価を行っています。またこれらのアーキテクチャを用いることによる、画像や暗号等の様々な処理の実現を研究しております。



肖

雨宮

熊木

センター利用希望・共同研究希望の皆様へ

ナノデバイス・システム研究センターは、広島大学の学内共同利用教育研究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います。ご興味がありましたら、センター教員までご連絡ください。

TEL: 082-424-6265

e-mail: nanotech@hiroshima-u.ac.jp

また、文部科学省ナノテクノロジー総合支援プロジェクトの一環として、シリコンを主体とする超微細構造形成のための支援（現在は無料ですが平成19年度より有料化を検討中）を行っており、ナノ構造形成プロセス、超微細デバイスに関する技術相談（随時）にも応じています。学内、他大学、民間企業等からの支援申し込みを受け付けております。詳細は、ウェブページ <http://home.hiroshima-u.ac.jp/nanotech/> をご覧ください。

ナノデバイス・システム研究センター研究組織

