

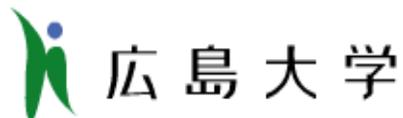
文部科学省科学技術振興調整費
先端融合領域イノベーション創出拠点の形成

半導体・バイオ融合集積化技術の構築

Interdisciplinary Research on Integration of Semiconductor and Biotechnology

2008年8月20日

プロジェクトリーダー 岩田 穆 (広島大学)



ELPIDA

RIBM

サマケ



1. 目的, 3年目の目標 (ミッションステートメント)
2. 研究成果と3年目のミッション達成度
 - ・半導体・バイオ融合センサ基盤技術
 - ・飲むバイオセンサプロトタイプ
 - ・テラビットメモリのための基盤技術
3. 拠点組織化とシステム改革
4. 4～10年目の研究計画とイノベーションの姿



目的

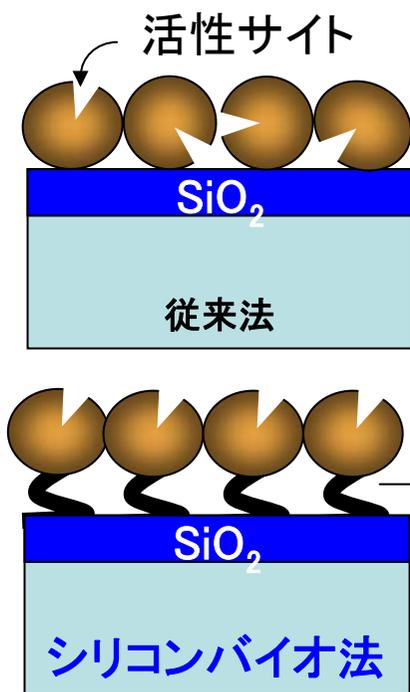
バイオの多様性・特異性と半導体の微細・大規模性を融合し、多項目・高感度バイオセンサシステムを開発し、ユビキタス診断で健康・安全・快適な社会実現というイノベーションをもたらす。

3年目のミッション

1. Siと有機分子との界面の解析・制御技術を確立し、微弱な電荷・光の検出による高感度バイオセンサの基盤技術を開発。
2. テラビットメモリのための新高誘電体材料($\epsilon_r > 60$)および記憶原理, セル構造を探索し, 実用化の候補を選択。

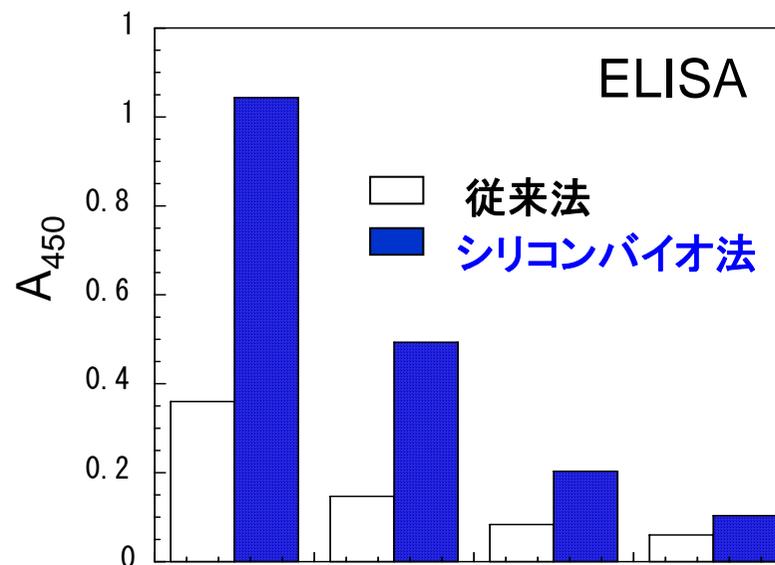
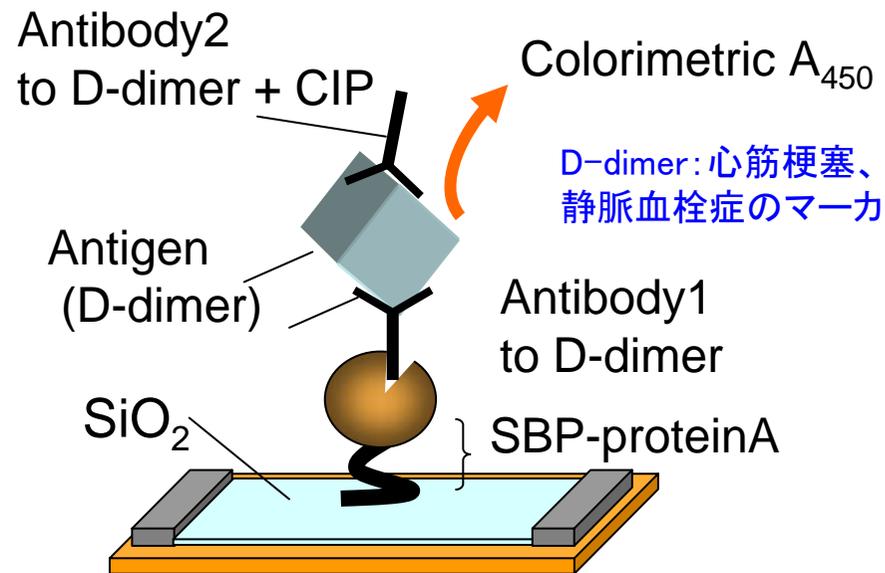
協働機関とその役割

1. エルピーダメモリ(株): 大容量・不揮発メモリ, 三次元集積の開発と実用化。
2. (株)生体分子計測研究所: DNAベースのタンパク質固定化技術の開発。
3. (株)サタケ: 農薬検出技術と検査システムの開発と実用化。



SBP
 (シリコン結合
 たんぱく質)

新発見のSi結合タンパク(SBP)を用いて、Si上へ配向性と活性を持ったタンパク質の固定化法を發明。改良を加え、固定効率を約5倍向上させ、バイオセンサ高感度化の基盤技術として確立。



ELISA: Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay

高発光型ルシフェラーゼ (発光酵素)の開発

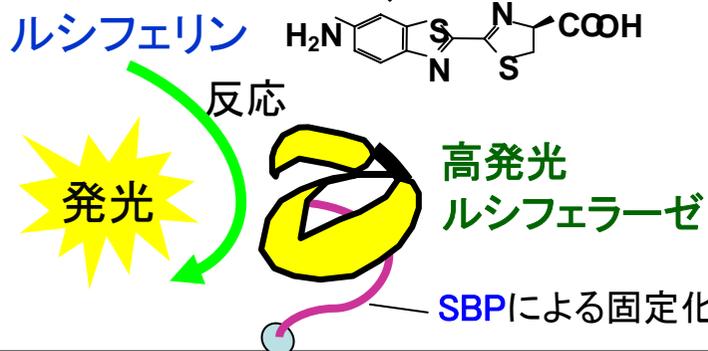
高発光型ルシフェラーゼの
発光強度は野生型の15倍以上.

エンドトキシン検出の考案

(特願 2007-293491)

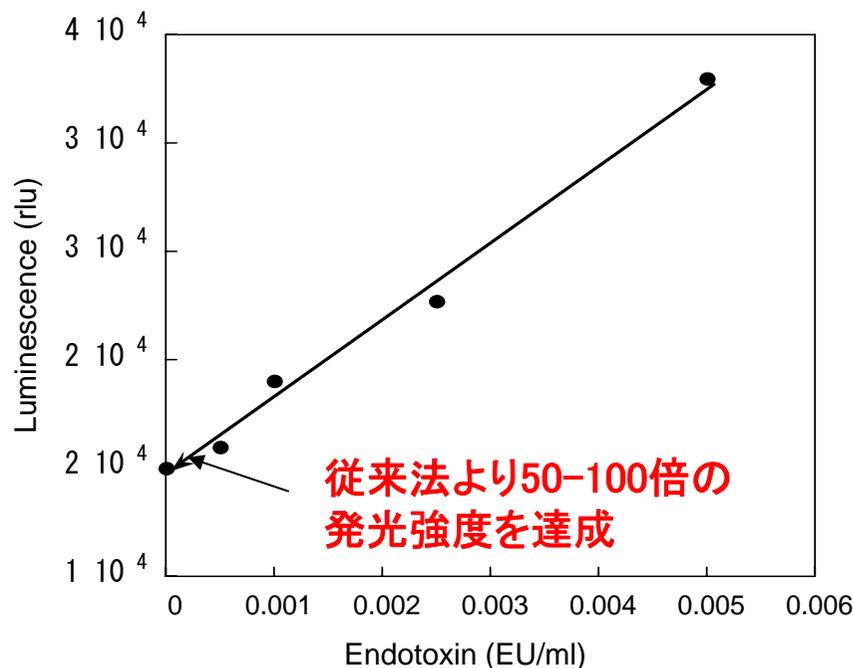
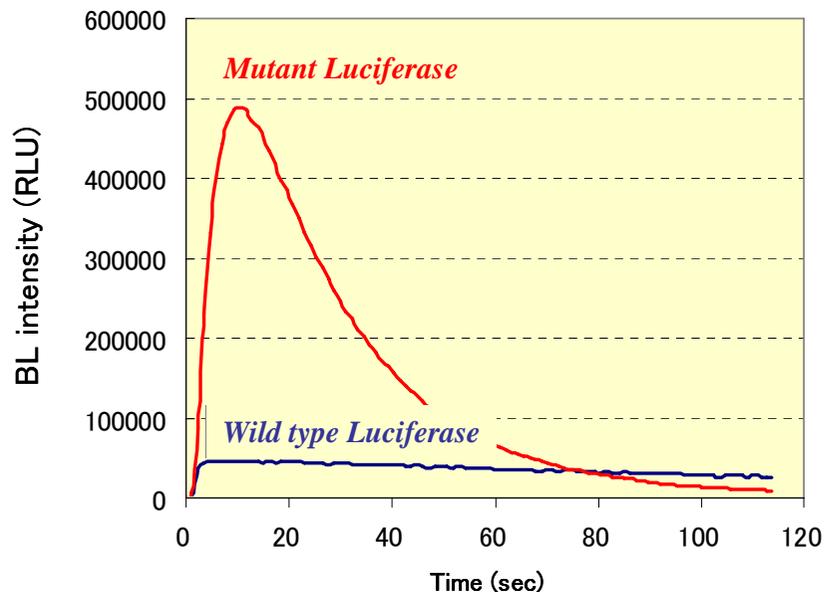
リムルス試薬

細菌毒素
(エンドトキシン)



Siデバイス

- ・高感度CMOS光センサ
- ・量子ドット光検出デバイス

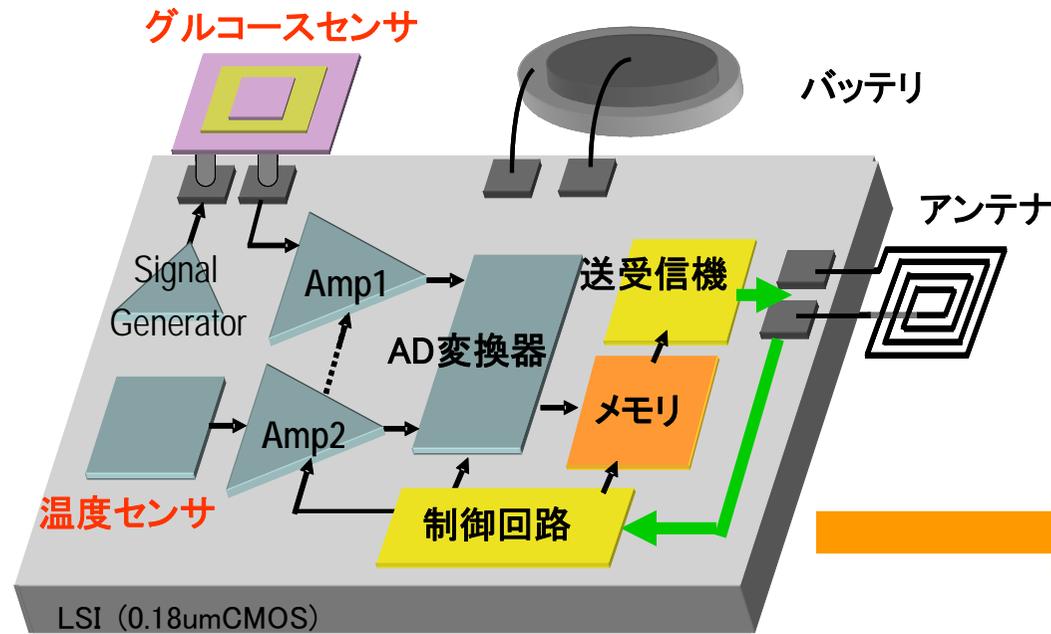
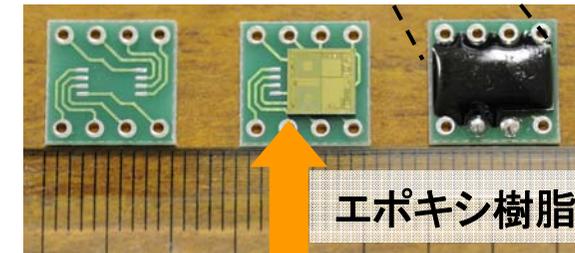
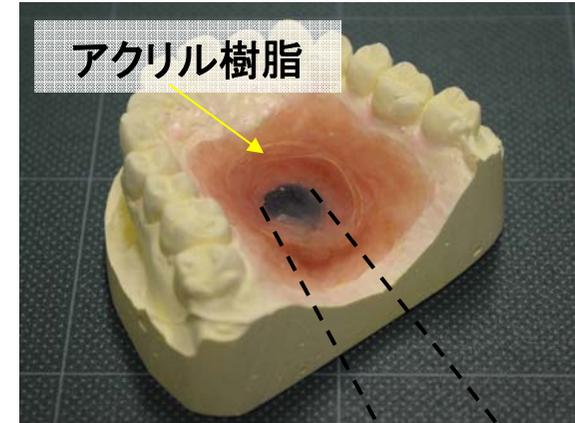


ミッション1-3: 義歯様バイオセンサ (飲むバイオセンサプロトタイプ)

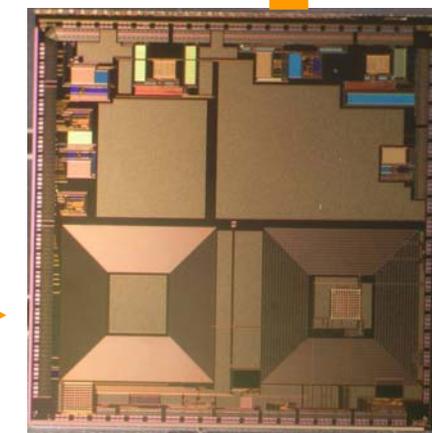
試験内容 (第1ステップ)

義歯により口腔内で
・咀嚼(かみ砕く)
・嚥下(飲み込む)
機能を試験

- ### 検出項目と性能
- ・グルコースセンサー
感度 0.1-10mM
再現性 10%以下
 - ・温度センサー
分解能 0.01度
校正精度 0.5度
 - ・無線通信機能 ~1m



飲むバイオセンサチップブロック構成

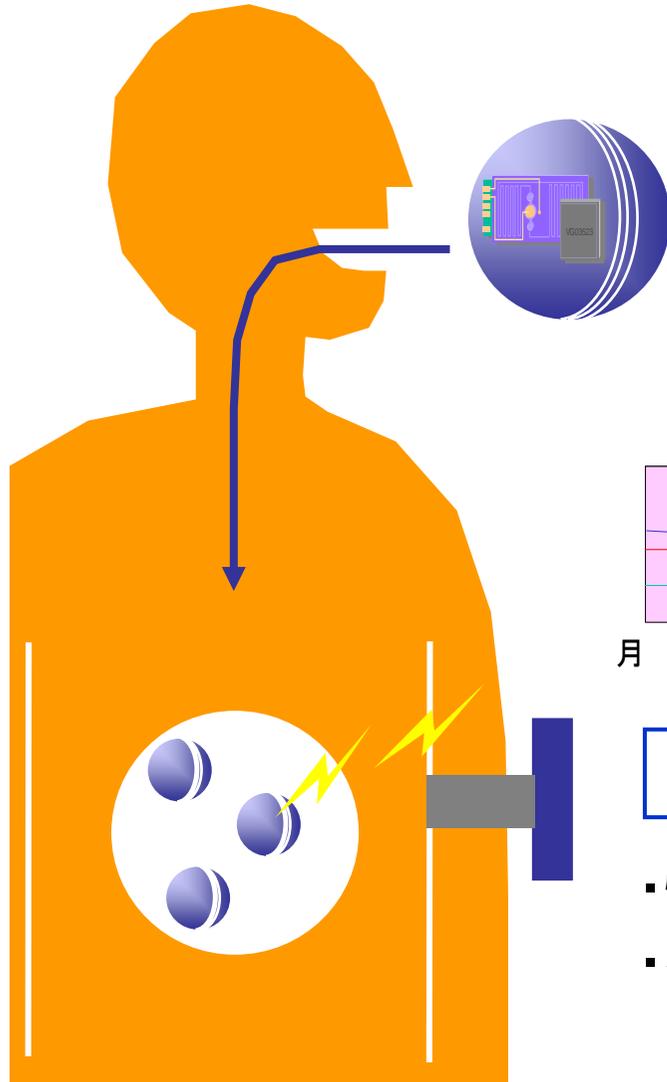


テストチップ (0.18um CMOS)

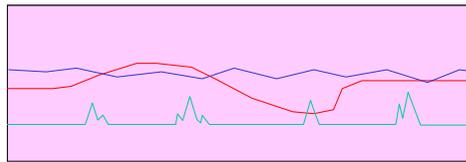


飲むバイオセンサ

半導体・バイオセンサは超小型、高機能
体内に入って直接ターゲットを検出



- ・多項目検出機能
- ・大容量メモリ:
(長時間データ)
- ・無線通信機能
(即時診断データ)



月 火 水 木 金 土 日

個人携帯端末

- ・情報読出・処理
- ・インターネット接続

センシング項目

- ・温度センサ
深部体温
局部温度 (刺激状態で)
- ・グルコースセンサ
血糖, 出血 (体内環境で)
- ・ナノワイヤ電荷センサ
ピロリ菌
癌バイオマーカ
- ・フォトンセンサ
出血, 癌バイオマーカ
- ・磁気センサ
癌バイオマーカ
- ・加速度センサ
体内での動き



飲むバイオセンサ技術の位置づけ

利用形態

意識せずに検査
In-vitro

その場で検査
In-situ

分析室で検査

飲むバイオセンサ

無線化
(ユビキタス)

集積化
(小型・経済化)

ストレス

ブレイン・コンピュー
タインタフェース機能

睡眠機能

嚥下

食品検査

体内細菌
マッピング

環境情報
マッピング
(花粉)



POCT



(血糖値)



カプセル内視鏡



ウェルネス携帯



DNA チップ

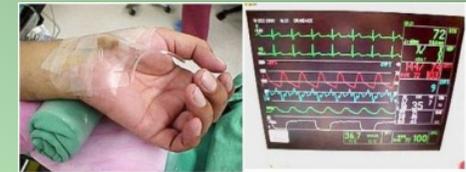
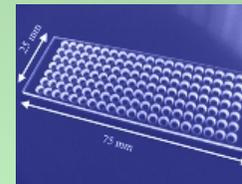
大容量メモリ
高速情報処理



自動分析装置
(血液、免疫など)



高速スクリーニング



健康状態モニタリング

単機能

多項目

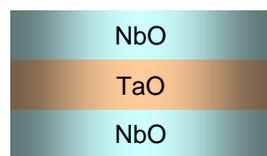
多項目×履歴

データの
質と量

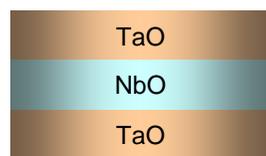
大容量DRAMのキャパシタ絶縁膜には、60以上の誘電率を持ち、実効膜厚(EOT)で表される薄膜性と低リーク電流特性が必要。
 種々の三元系絶縁膜の特性をキャパシタを試作して評価。



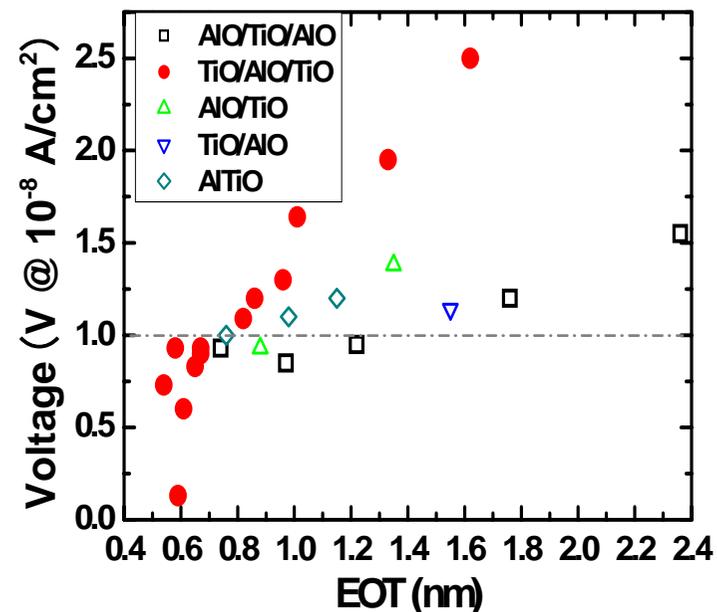
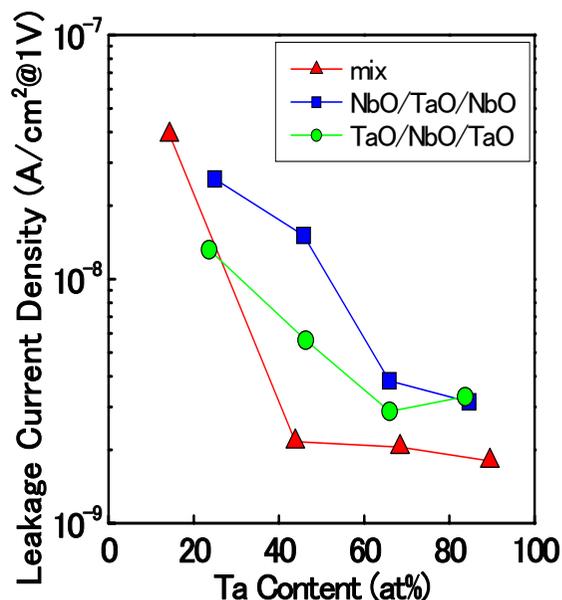
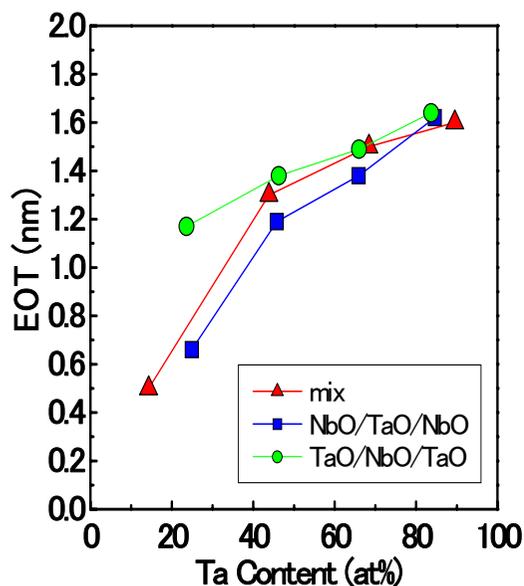
TaO/NbO mixed film



NbO/TaO/NbO laminated film



TaO/NbO/TaO laminated film

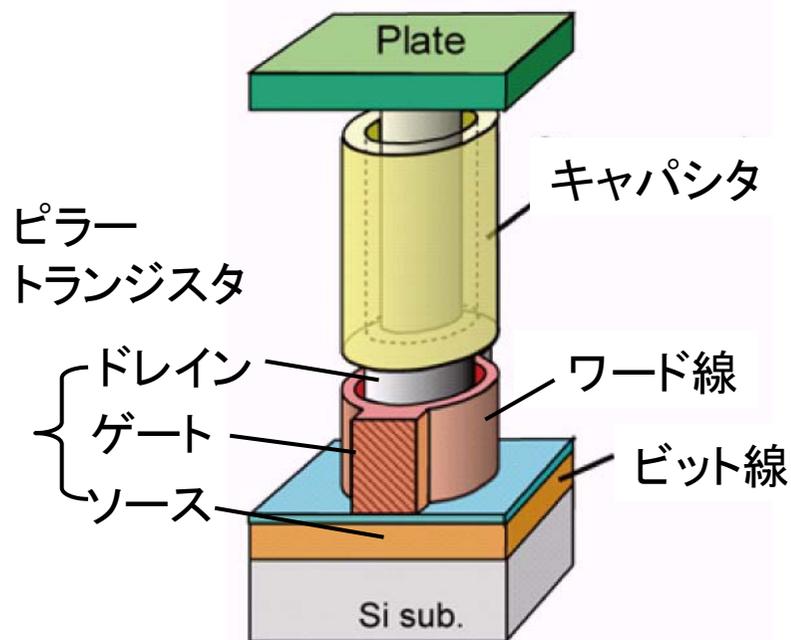


EOT低減と低リーク電流化を両立にTiO₂/Al₂O₃/TiO₂三層積層構造の有用性を明確化。

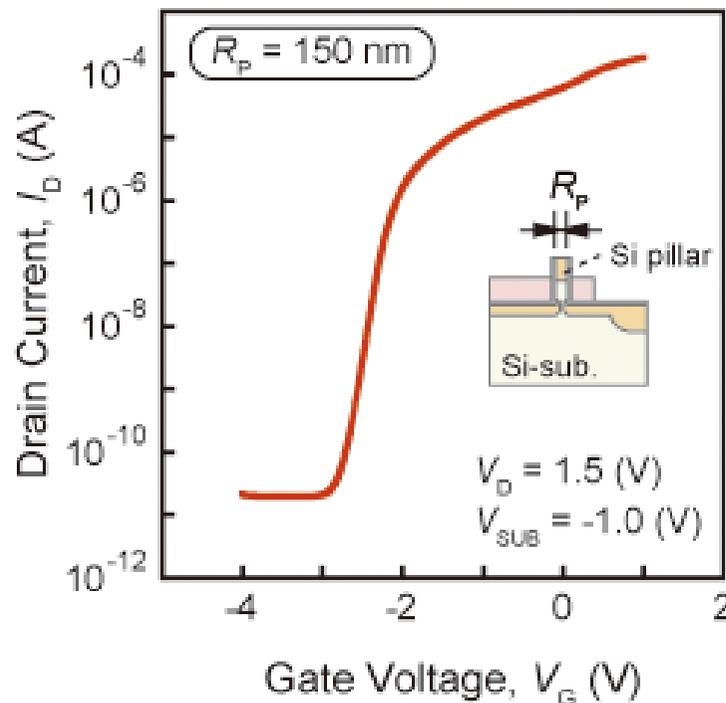
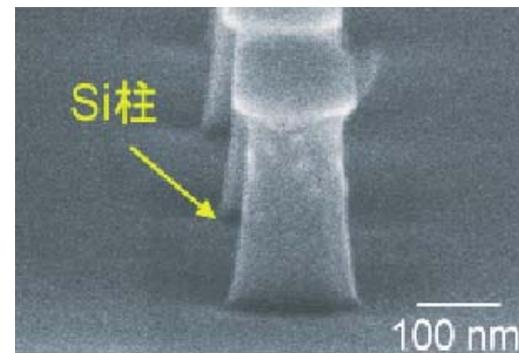
TiO₂(3.9nm)/Al₂O₃(0.7nm)/TiO₂(3.9nm)構造でEOT=0.67nmを達成。

NbO_y(4nm)/TaO_x(2nm)/NbO_y(4nm)構造で、EOT=0.66nm, リーク電流 2.6x10⁻⁸ A/cm²@1V を達成。

テラビットメモリを目指して
 $4F^2$ 縦型セル構造を提案
 (F = 最小加工寸法)
 1/2に小面積化可能



ドライエッチング
 で形成した
 直径125nmの
 Siピラー(柱)



高誘電率材料とセル構造は
 30nmDRAMで実用化予定。
 不揮発メモリの開発に適用計画。

ピラートランジスタ試作し、
 十分な電流遮断特性を確認。

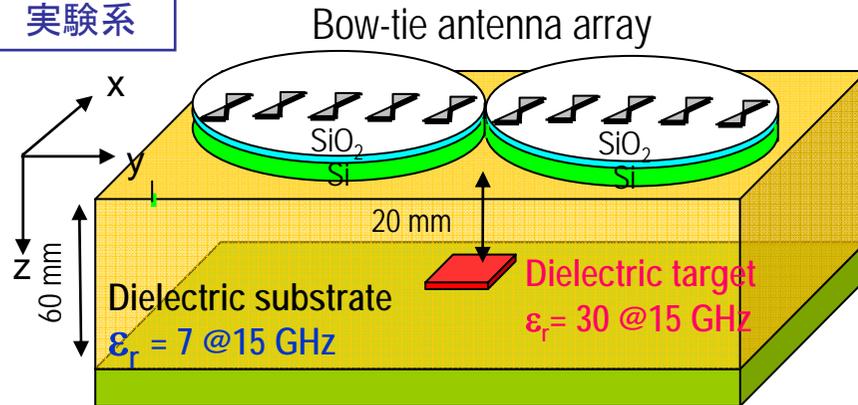


研究の目的

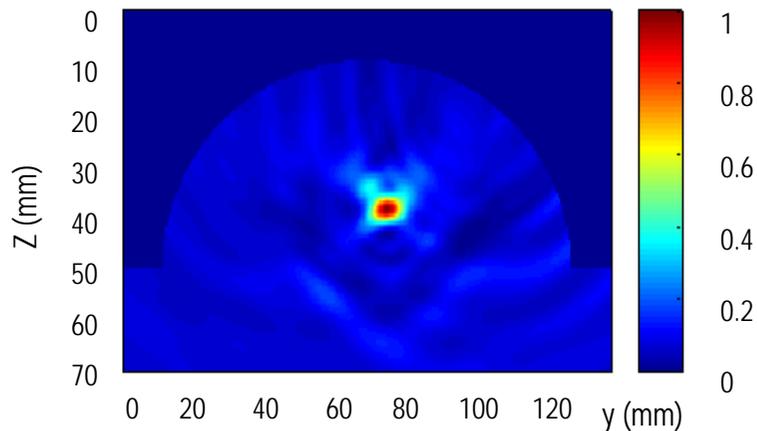
UWBパルス電磁波の反射波から誘電率分布を
画像化して乳癌検出する技術を開発

目標: 5mm以下の早期癌検出
小型・安価な検査システム開発

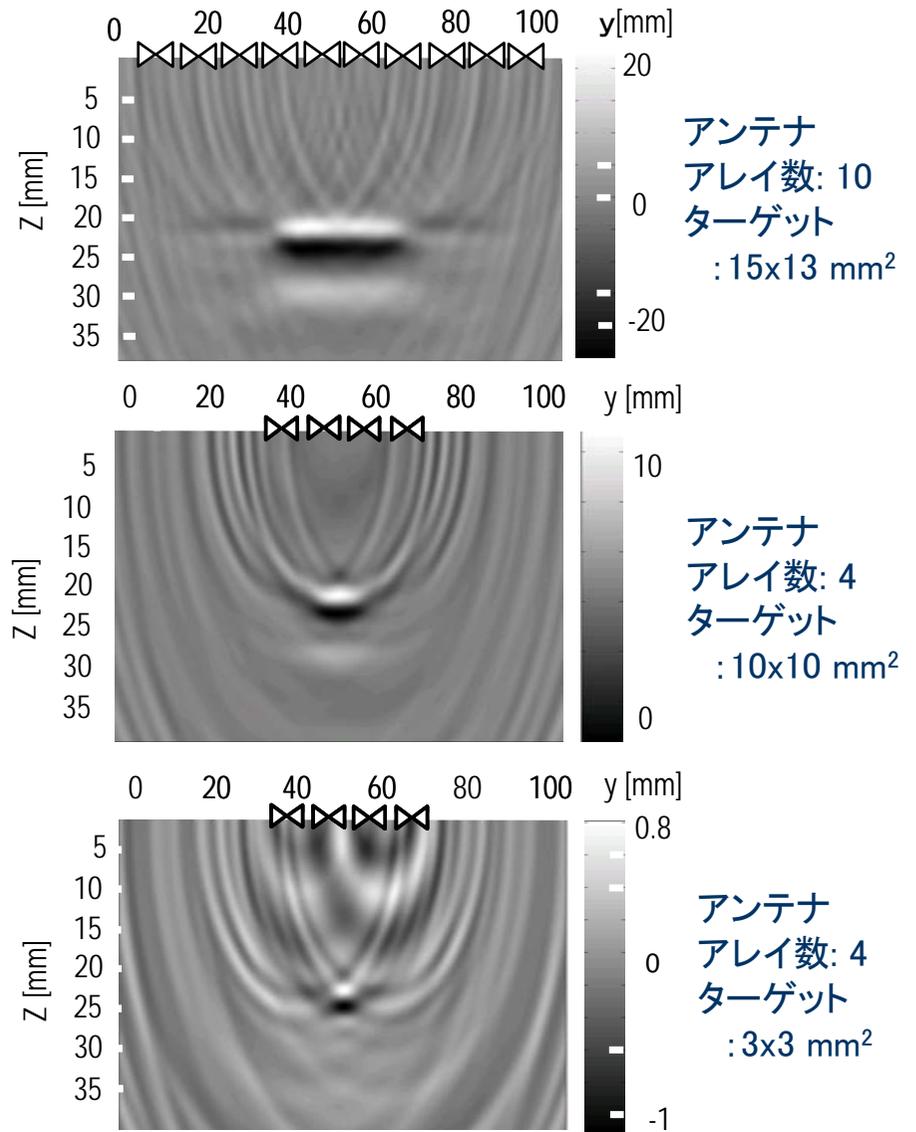
実験系



異誘電率ターゲットを共焦点画像処理により再構成



測定結果から再構成した画像



最小 3 × 3 mmのターゲット検出に成功

広島大学拠点としてナノデバイス・バイオ融合科学研究所設立 2008年5月1日

Research Institute for Nanodevice and Bio Systems

研究所の目的

予防医学やユビキタス診断を実現するための、半導体・バイオを融合した集積科学技術を開発する産学協働研究拠点の構築

教育システムの改革

広島大学先端物質科学研究科に半導体バイオ融合教育プログラム(2007年～) 融合領域科目新設

拠点体制増強

- ・特任教員, 年俸能力給採用
- ・特任助教増員
重点化テーマ担当
クリーンルーム安全管理
- ・知財専門職採用

協働機関と協力した拠点整備

- ・研究打ち合わせ定期開催
- ・企業での設備導入,
研究グループ構築

所長

教授 吉川公磨

ナノ集積科学研究部門

Nanointegration Research Division

教授 吉川公磨	教授 横山 新(副所長)	教授 三浦道子*
教授 宮崎誠一*	教授 角南英夫†	
准教授 芝原健太郎	准教授 中島安理	准教授 東清一郎*
准教授 江崎達也*	准教授 石川智弘†	
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

Integrated Systems Research Division

教授 マタウシュ ハンスユルゲン(副所長)	教授 岩田 穆
准教授 小出哲士	准教授 佐々木守*
助教 吉田 毅*	准教授 亀田成司†

分子生命情報科学研究部門

Molecular Bioinformation Research Division

教授 三宅 亮	教授 小埜和久*	教授 山田 隆*
教授 黒田章夫*	教授 宮原裕二*((独)物質・材料研究機構生体材料センター長)	
准教授 河本正次*	准教授 野田健一†	准教授 村上裕二†
助教 池田 丈†		

集積医科学研究部門

Nanomedicine Research Division

教授 茶山一彰**	教授 秀 道広**	教授 二川浩樹**
准教授 津賀一弘**		

協働機関 客員部門 (教授, 研究員)



先端融合領域イノベーション創出拠点の形成

半導体・バイオ融合集積化技術の構築プロジェクト
Advanced Interdisciplinary Research on Semiconductor and Biotechnology

4~10年目の研究計画とイノベーションの姿

I (2006-2008)

II (2009-2012)

III (2013-2015)

10-15年後のイノベーション

ナノバイオ融合機能
デバイスとモデリング

・ナノワイヤ
・量子ドット

センサ/MEMS
集積化技術

MEMSとバイオセンサ
集積小型分析システム

バイオセンサ
デバイス企業

バイオセンサ
診断システム

・Siとバイオの
界面制御技術確立
・高感度発光バイオ
センサ開発
・無線義歯センサ
試作・動作確認

高感度エンドトキシン
検出システム

義歯様検査システム

残留農薬検出
システム実用化

エンドトキシン検出
システム実用化

飲むバイオセンサ
試作, データ取得

小型農薬検出
システム

体内で病原菌やアレ
ルギー, などの多項目
データ取得, 診断

多項目・高速
診断システム

環境や食品の有害
物質の高速の検出

医療の
革新

(株)生体分子
計測
(株)サタケ

三次元集積ワイヤ
レス信号処理

電磁波乳癌検査
の原理検証

センサ・メモリ
集積ブレイン

ブレインの
要素技術既開発

電磁波乳癌検査システム

人間情報の検出
・分析・認識技術

複合集積三次元集積

超高速三次元
集積システム技術

不揮発メモリの材料,
セル構造開発

DRAM 実用化技術

携帯乳癌検査システム

ブレイン・コンピュータ
インタフェース試作

三次元高機能
集積システム技術

新技術不揮発
メモリ開発

DRAM低コスト化

小型安価早期乳癌
検査システム

三次元集積
バイオ・ブレイン

脳情報通信と学習
機能によるロボット・
自動車の制御

高速・不揮発・
テラビットメモリ

低電力・高速
情報処理システム

安全な
環境

バイオセンサ
システム企業

自動車
ロボット企業

安全快適
人間・マシン
共存環境

エルピーダ
メモリ(株)

テラビットメモリ
材料・デバイス

・テラビットメモリの
高K材料探索・絞込
・4F²セル構造提案,
動作実証

実用化はエルピーダメモリ