

戦略的創造研究推進事業 CREST
研究領域「先進的統合センシング技術」
研究課題「社会の安全・安心に貢献するユビキタス
集積化マイクロセンサの開発」

研究終了報告書

研究期間 平成17年10月～平成23年3月

研究代表者：石田 誠
(豊橋技術科学大学工学部、教授)

§1 研究実施の概要

本研究は、社会の安全・安心に貢献するユビキタスセンサネットワークにおけるセンサ・マイクロノードの実現を目的として、要素技術となるRF回路集積型スマートセンサ形成プロセスの確立、自立発電システムの開発、ならびに、マイクロセンサノードの応用に関する実証実験を行う。最終的に、マルチモーダルセンサデバイス技術の開発、ならびにユビキタスセンサ・マイクロノードの形成と実証評価を実施した。

本研究プロジェクトでは、豊橋技術科学大学を中心とし、セイコーインスツル、理化学研究所、ならびに産業技術総合研究所から構成されるチームにおいて、**マイクロセンサノード素子の開発と評価、マイクロセンサのマルチモーダル化技術の開発、マイクロセンサノードの応用評価に関する実験**を行い、特にワイヤレス・スマート温度センサノード、pH・電気伝導度・温度センサを一体化したマルチモーダルセンサ、刺入型マクロチューブの薬液投与特性評価、神経薬液ブロック実証において顕著な成果を得た。

プロジェクト開始前半の3年間において、大きく二つの要素技術が確立された。その一つは「無線発電機構の集積回路化」であり、もう一つの要素技術は「RF集積回路・MEMS統合技術の確立」である。これらの要素技術を各種のスマートセンサと組み合わせることで、1チップ上に複数種のセンサ信号の無線信号送信とネットワーク・ノードとなるセンサチップ全体を駆動する電力の無線供給化を実現することが可能となる。プロジェクト後半には、複数種のセンサを一つのチップ上に形成するマルチモーダルセンサ技術の開発、ならびに無線機能を一体化したワイヤレス・スマートマイクロセンサの開発を行った。以下に、実施内容を項目別に示す。

実施項目1. マイクロセンサ・ノードの実証評価: 本実施項目では、プロジェクト前半に開発された無線回路技術とスマートセンサをマイクロチップ上に統合化し、完全無線動作が可能なワンチップのマイクロセンサ・ノードを実現した。温度センサ、RF送信器、オンチップアンテナを一体化したワイヤレス・スマート温度センサ・ノードの性能評価を行う上で、ネットワークセンシングにおいて重要なセンサ信号の放射特性や信号雑音比等の性能とセンサ使用環境の関係も明らかにした。また、プロジェクト期間の知見を総合し、情報の素早い検知・処理・通信機能を自律的に実行するセンサネットワークに必要とされるデバイスについて、その有効性も評価した。

実施項目2. マイクロセンサのマルチモーダル化技術の開発: シリコン技術の機能集積化の特徴を活かした、複数のセンサを有機的に組み合わせ・融合化された信号統合処理を行うマルチモーダルセンシング技術について、マイクロセンサノードに一体化する技術を開発した。最終年度までには、センサシステムの小型化・安全性の向上を行い、無線での長期的な計測が可能なマルチモーダルセンサを実現した。また同時に、神経電位計測プローブと投薬チューブデバイスの集積化や、化学・光の複合イメージングなどの多次元センシングにおける素子製作技術、ならびに信号処理技術の開発に目処を立てた。

実施項目3. マイクロセンサ・ノードの応用評価に関する実験: 本プロジェクトで実現するマイクロセンサ・ノードの新しい応用分野開拓を目指し、埋め込みを中心としたマイクロノード応用における実証評価を実施した。プロジェクト期間には、これまでに製作してきた各種センサチップデバイスを用いた各種(網膜、ラット中枢・末梢用等)の評価実験が遂行された。これらは、豊橋技術科学大学と産業技術総合研究所、理化学研究所・中京大学等のグループと共同で実施されたもので、最終年度までに応用評価の実験と並行したチップ無線化集積回路設計に必要なデータの取得を行った。更にマイクロセンサ・ノードの無線化回路チップ混載化に向けた各種生体計測センサのCMOS集積化技術、ワンチップ化を検討・評価しその目処を立てた。これらプロジェクト期間で得られた研究成果は、今後の当該分野の研究、産業界に多大な貢献をもたらすと考える。

§ 2. 研究構想

(1) 当初の研究構想

本研究においては、まず、現在のセンサ・ノード機能をモノリシック状態でシリコンチップ上に集積化することを可能とする統合的なシステム集積化技術の確立を行い、プロジェクトの推進を通じてその実証デバイスを試作する。その後、最終的には、実際のフィールドを用いて本デバイス技術の有用性を検証する。具体的には、一つのチップ上で「無線」による複数種のセンサ信号の送信と制御信号の受信、ならびにネットワーク・ノードとなるチップ全体を駆動する電力の無線受信を実現し、完全無線状態で動作可能な超小型のセンサネットワーク・ノードをシリコンチップで実現する。我々が既に確立しているスマートセンサ技術では、多数の物理情報を得ることができる各種センサを信号処理回路と一体に形成可能である。しかし、上述のユビキタス・センサネットワークに接続可能な、完全無線の「ユビキタスセンサ・マイクロノード」を実現するには、それらに加え、無線通信機能、ならびに消費電力の大きなセンサをも駆動できる高効率無線電力供給機能を集積化する必要がある、それに向けた新しいデバイス形成技術の開発と確立が必要となる。そこには、現在のRF-CMOS技術、RF-MEMS技術以上に高性能なRF素子であるSMD(表面実装型素子)の利用が非常に有効となる。本プロジェクトの大きな特徴は、高性能SMDを集積化チップと一体化する技術を我々独自の手法で実現し、高性能無線電力受信回路をスマートセンサチップと一体化することにある。具体的に、表面実装型のコイル等、複数種類、ウェハレベル、バッチ処理により集積化する独自の技術を活用する。各種センサと信号処理機能を一体化したスマートセンサに無線通信、ならびに無線電源回路機能が集積化されることで、恒久的にメンテナンスが不要となる画期的なユビキタスセンサ・マイクロノードが実現される。

(2) 新たに追加・修正など変更した研究構想

マイクロセンサのマルチモーダル化においては、RF対応LSI・MEMS統合プロセス技術を根幹として、1つの小さなチップ上に複数のセンサを配置し高性能な集積化センサとして開発を行った。マルチモーダルセンサは、均一ではないもの(例えば土壌など)の微小領域における多角的な計測に対して大きなメリットを発揮する。一方、市場では農業分野での生育制御のための土壌中養分管理、畜産分野における乳牛健康管理のための胃(第一胃)の中のモニタリングといった要望があり、マルチモーダルセンサの特性を生かした計測試験を行い要素技術の有用性の確認を行うことができた。これにより、応用分野の用途開拓に成功し農業・畜産分野に特化したマルチモーダルセンサの開発を行い新たな分野に展開を図った。

§ 3 研究実施体制

(1)「豊橋技術科学大学」グループ

① 研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
石田 誠	豊橋技術科学大学	教授	H17. 10～
澤田 和明	豊橋技術科学大学	教授	H17. 10～
高尾 英邦	豊橋技術科学大学	准教授	H17. 10～
西田 芳雄	豊橋技術科学大学	特任准教授	H21.4～
河野 剛士	豊橋技術科学大学	助教	H19. 5～
李 旺勳	豊橋技術科学大学	研究員	H20.4～
二川 雅登	豊橋技術科学大学	研究員	H22.4～
池戸 昭仁	豊橋技術科学大学	D3	H21.4～
具 本注	豊橋技術科学大学	D2	H21.4～
須藤 稔	セイコーインスツル(株)	部長	H17. 10～
臼井 支朗	理化学研究所	チームリーダー	H17. 10～
金子 秀和	産業技術総合研究所	主任研究員	H17. 10～
石原 彰人	中京大学	講師	H17. 10～
大平 孝	豊橋技術科学大学	教授	H20. 4～H21. 3
Kim Jong-Wan	豊橋技術科学大学	研究員	H17.10～H20.11
Radhakrishna V.	豊橋技術科学大学	研究員	H18. 7～H19. 4
野田 俊彦	豊橋技術科学大学	特任助教(COE)	H20. 4～H21.3
竹井 邦晴	豊橋技術科学大学	D3	H20. 4～H21. 3
遠藤 大樹	豊橋技術科学大学	M2	H20. 4～H21. 3
河村 修見	豊橋技術科学大学	事務補佐員	H19.4～H20. 3

② 研究項目

- ・ マイクロセンサノード素子の開発と評価
- ・ マイクロセンサのマルチモーダル化技術の開発
- ・ マイクロセンサノードの応用評価に関する実験

§ 4 研究実施内容及び成果

4. 1 サブテーマ名1(豊橋技術科学大学)

(1)研究実施内容及び成果

要素技術1. 無線供給電力を用いた自立発電システムの開発:

集積化無線発電機構と RF 集積回路が一体化された完全無線動作が可能なマイクロセンサノード素子の開発を行った。RF 集積回路においては、集積化無線送信器とセンサが一体化されたワイヤレス・スマートセンサを開発した。ワイヤレス・スマートセンサとは、センサで検出された信号を無線によってネットワークへ送信するセンサデバイスである。これまで、試作したチップからの送信が可能であることを報告してきた。本年度は無線発電機構と一体化するために、低消費電力化を目指した送信回路の設計と試作、そして、評価を行った。

この結果はこれまで開発してきた無線電源回路出力 (4mW/10msec) との整合が可能であることを示す。まず本学で試作した送信回路で動作確認し、さらに一般化するために TSMC (Taiwan Semiconductor Manufacturing Company) の 0.25 μ m Mixed-signal/RF CMOS process 技術で低消費電力化に向けた RF 送信回路の設計と試作を行った。RF 送信回路はパルス幅変調(PWM)方式を用いており、信号変調部、電圧制御オシレーター(VCO)、オンチップアンテナで構成される。(図 1)

図 2 は試作したパルス幅変調回路と VCO の出力を示す。この結果より各ブロックの動作が確認できた。本チップは伝送する情報パルス幅変調し、図 2 に示したように、変調された信号が“High”のときだけ VCO を駆動させ、オンチップアンテナから送信する。これにより既存のリングオシレーターを用いた送信器より低消費電力で動作が可能である。本チップは 315MHz の搬送波を利用したとき 0.75mW の低電力を消費しているのが確認できた。(投稿中)この値は従来の消費電力より大幅に消費電量を低減することができた。

図 3 はパルス位置変調波の生成を示す。パルス位置変調方式を用いて TSMC の 0.25 μ m で試作すると、より低消費電力の送信器が期待される。本送信器のオンチップアンテナから送信した信号の受信側で測定した電力を図 4 に示す。

インピーダンスマッチングなしのアンテナとありのアンテナの 2 種類のアンテナを用いて送信した信号である。表 1 に本チップの動作特性を示す。送信器駆動電圧は 2V で、を使用ができる。Dipole アンテナを用いた受信側で、本送信器からの 315MHz の信号を飛

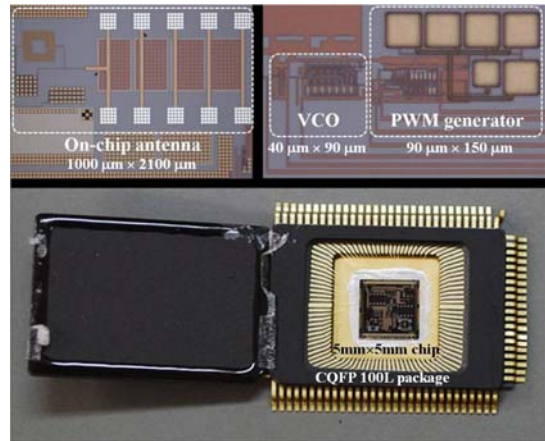


図 1. 試作したチップ

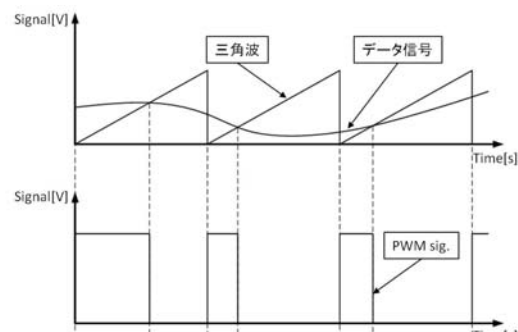
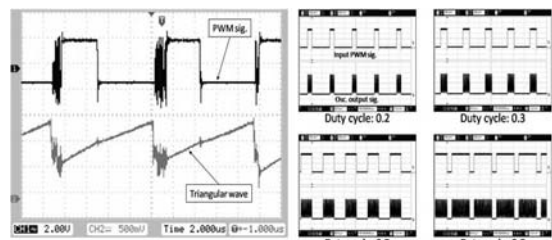
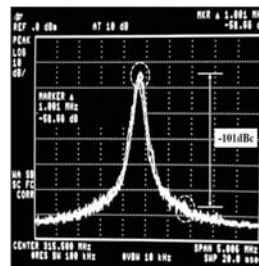


図 2. PWMgenerator と VCO の出力特性

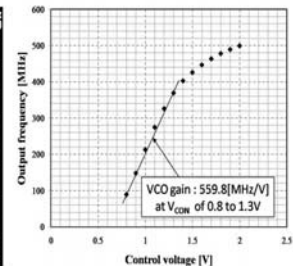


三角波・パルス幅変調波の出力

異なるパルス幅信号によるVCOの出力



VCOの位相雑音



制御電圧によるVCOの出力周波数

89.1MHz から 499MHz までの搬送波

図 3. パルス位置変調波の生成

ばしたとき、受信側と送信器の距離 10cm で-32.3dBm、1m で-51.7dBm の受信電力を得ることができた。オンチップアンテナの周波数特性は製作条件によって異なる。そのため、製作後もオンチップアンテナの周波数特性を調整、制御できるオンチップ・チューナブルアンテナを提案、製作し評価を行った。

図 5 は LC 共振器 (アースに接続) とボンディングワイヤインダクタ(BWI)で構成されたオンチップ・チューナブルアンテナの反射係数 (S_{11}) 特性とスミスチャートである。アンテナの動作周波数が、ボンディングワイヤの本数(1~9 本)で制御でき、ボンディングワイヤ1本あたりで約 100MHz 変化できることを示す。本評価から開発したパルス幅変調送信器はセンサ信号を変調し、オンチップアンテナから送信まで出来るチップであることが確認でき、従来にない小型の無線センサシステムでの応用が期待できる。

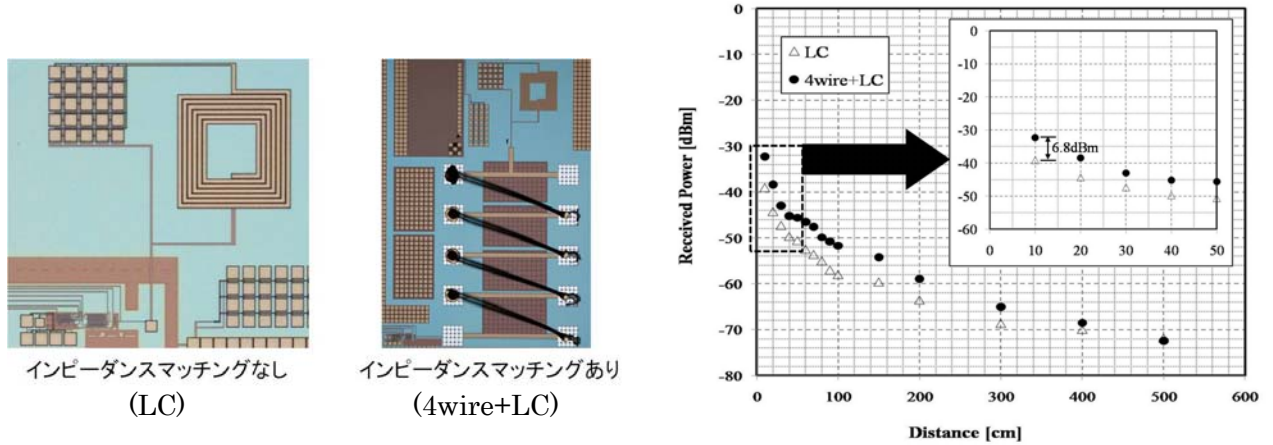


図 4. オンチップアンテナと送信信号の受信電力測定

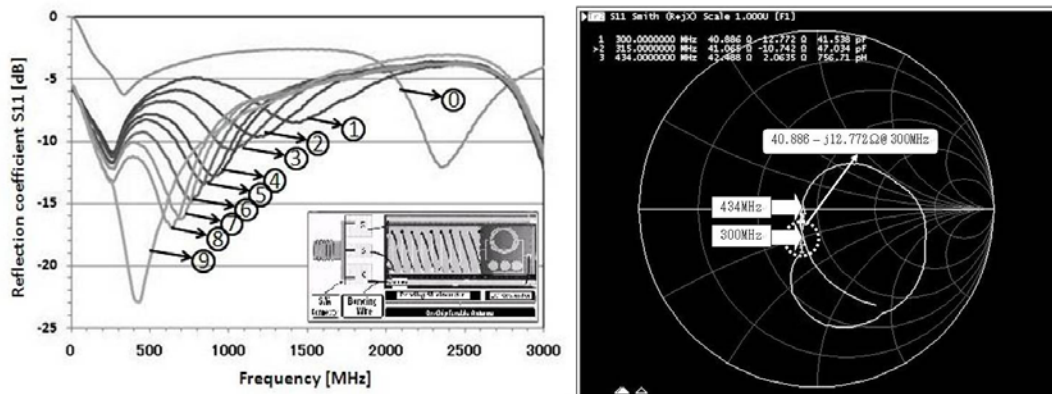
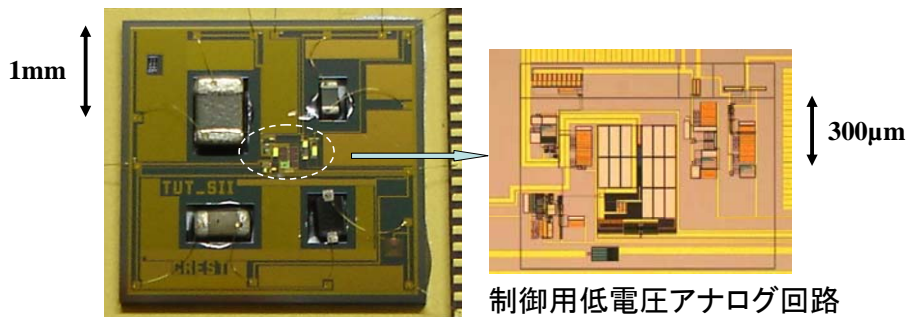


図 5. オンチップ・チューナブルアンテナの反射係数 (S_{11}) 特性とスミスチャート

表 1. 開発した送信器の特性

製作技術	0.25 μm CMOS (1-poly 5-metal)
変調方式	パルス幅変調 (PWM)
使用電源電圧	2V
使用周波数	89.1 – 499 MHz
消費電力	0.75mW@ $f_0=315\text{MHz}$ (duty cycle: 1.0)
受信電力	-32.3dBm@10cm -51.7dBm@1m

また、平成 20 年度より無線電波から供給電源の作製を開始し、電源回路の試作に成功している。我々が独自に開発したマイクロチップ上への高性能表面実装素子 (SMD) の一括形成技術を活かし、セイコーインスツルとの協力体制で無線発電機構の集積回路実現を進めた。図 6 は、0.6 ミクロン CMOS 技術で実現した制御用低電圧 CMOS 電源集積回路のチップ写真である。



SMDを実装したCMOS電源 LSI

図6 CMOS 上に SMD を一体化した無線発電機構の試作チップ写真

チップ中央部に CMOS 回路が集積されており、その周辺に、実装された SMD が埋め込まれている。800MHz の携帯電話から 7.5mm の距離に置かれたチップにおいて、電界強度は約 140V/m 程度であり、蓄電によって 4mW の電力を約 10msec の時間、負荷に供給することに成功した。図7は、チップにおける電界強度と 10msec の時間に本回路が供給可能な最大電力の関係についての実測結果を示している。電界強度の増加とともに、チップが受信し、負荷に供給できる最大電力が増加していることが明白であり、センサ負荷の用途と必要電力量に応じて必要な供給電力の関係が明らかとなった。

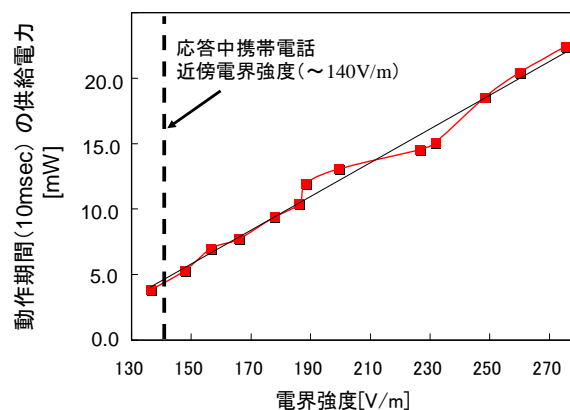


図7 電界強度と動作時における供給電力の関係

要素技術2. RF対応集積回路・MEMS統合プロセス技術の確立:

本事業の開始により本学はこれまで、本センサチップの製作は2インチ基板を用いた10ミクロン・ゲートルールのプロセスを用いて来たが、IC製作用として4インチウェハを用いた1ミクロン・ゲートルール CMOS技術を確立した。これにより、センサと一体化する回路の微細化・高機能化によって、300MHz帯での無線通信機能を集積化することが可能となった。さらに、MEMS加工装置を含め、全てのデバイス製造装置を4インチ対応へと移行し、RF-CMOSとMEMSデバイスの統合化が可能となり、本プロジェクトにおいてそのプロセス技術を確立することができ、研究に最も有効な手段を得ることができた。

要素技術3. マイクロセンサノードの応用評価に関する実証実験:

無線発電回路の開発、RF回路集積技術の開発と並行して、マイクロノードに集積化可能なセンサを用いた応用技術、評価技術の開発を実施した。マイクロノードが適用可能な応用分野を模索しながら、実証実験可能な分野においては無線状態を想定した有線状態で評価を実施した。本評価で得られた結果をもとに、想定される使用環境のための要求特性を決定することができた。

統合技術1. マルチモーダルセンサにむけたデバイス技術の開発:

本学が保有するプロセス柔軟性の高い半導体デバイス製造設備を用いて、複数のシリコンセンサを一つのチップ上に集積化するマルチモーダル型スマートセンサ形成技術を開発した。具体的には、電気伝導度(EC)センサ、温度センサを5mm角の小さなSiチップ上に形成し、同時計測を行えることを確認できた。このセンサを用い、農業分野においては有線による土壌中の養分濃度(イオン濃度)・地温測定、畜産分野においては無線による牛の第一胃の中の胃液濃度・体温測定の実地検証を行った。

(1) マルチモーダルセンサチップの製作

図8に示すように、5mm角のSiチップ上にECセンサと温度センサを配置し、同時計測を実現している。この製作プロセスはCMOS集積回路技術と非常に親和性が良く、無線回路との一体化・同時形成が可能である。センシングのため、水などに直接触れることになるため、センサ上部に耐水性保護膜(窒化ケイ素膜)を形成している。

(2) 農業分野での土壌養分濃度測定

農業分野におけるECは、植物のための養分濃度を計測するのに使われており、これまでには土壌中の水をスポイトで吸い出して計測する方法が主に行われていた。私たちのセンサを用いることにより、直物の根の近傍の土のイオン濃度を直接・継続的に測定でき、本当に必要な場所の計測ができることを確認した。(図9)

(3) 畜産分野での胃液濃度・体温測定

畜産分野における第一胃の管理は非常に大事であり、牛の体調管理に有効といわれている。これまで、牛の胃液を口から取り出し、外で計測する方法が主であり、牛を拘束する作業の大変重労働といえた。私たちは、マイクロセンサノードとの一体化を見据えながら、まずは市販の無線機(Crossbow社製)とセンサを組み合わせたユニットを製作し、牛の胃の中からの無線電波による計測を実施した。(図10)牛の表皮の脂肪が遮蔽物となり、電波を体外に取り出す際には減衰が大きいことが判明した。そして、使用可能な範囲で信号強度を強くした結果、315MHzの電波を受信することができ、胃の中のEC・温度を3時間計測することができた。これにより、埋め込み型・飲み込み型のマイクロセンサノードへの実現の可能性を見出すことができた。

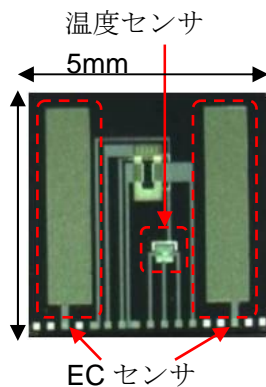


図 8.マルチモーダルセンサチップ写真



図 9.有線による土壌養分濃度・地温計測



図 10.無線による牛の胃液濃度計測

統合技術開発2.

マイクロチップ型センサネットワーク・ノード(「マイクロノード」)の形成と評価:

本研究課題で開発されるユビキタスセンサ・マイクロノードの新しい応用分野開拓を目指し、センサの実使用フィールドにおける実験を通じて、マイクロノードの応用における実証評価を実施した。これらの実験については、豊橋技術科学大学と産業技術総合研究所、ならびに理化学研究所等のグループと共同して実施した。無線マイクロノードが適用可能な応用分野を想定し、ここでは無線での使用状態を想定した有線接続の状態でのセンサ特性の評価を実施した。

(1) ラットの顔面神経を用いたマイクロプローブセンサの特性評価、電位記録、電気刺激実験を行った。この実験により、神経細胞電位をアレイセンサを用いて計測することにより二次元空間の計測が可能となる。先ず、実際にラット顔面神経からの誘発集合電位の取得に成功した。また本デバイスを電位取得の応用だけでなく、顔面神経に電流を流すことによりラットのヒゲを動かすなど“電気刺激”としても応用が可能であることも確認した(図 11)。本評価で得られた結果をもとに、想定される使用環境の特性を明確にし、集積化するマルチモーダルセンサの仕様決定に必要な知見を得ることができたと考える。

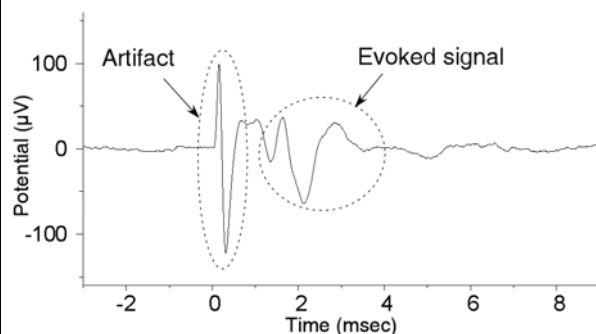


図 11 マイクロプローブセンサによるラットの末梢神経計測実験

(2) 薬液投与用のマイクロチューブアレイをシリコン酸化膜で製作するプロセスを確立した。また、これらの薬液チューブアレイを電位記録プローブと同一基板上に集積化するプロセスを確立し、細胞電位記録と薬液投与を同時に実現するデバイス構造を新たに提案・実現した。製作したデバイスの評価とし、チューブ薬液吐出特性、機械的特性を考察し、実際の生理実験で使用できることを示した(図 12)。これらの研究成果に関しては、国際会議、研究

論文(1件は新規性、重要性、将来の研究への潜在的ポテンシャルなどの観点をもとに英国物理学会(IOP)の Editor が選抜する“**IOP Select**”に選出される)で発表した。

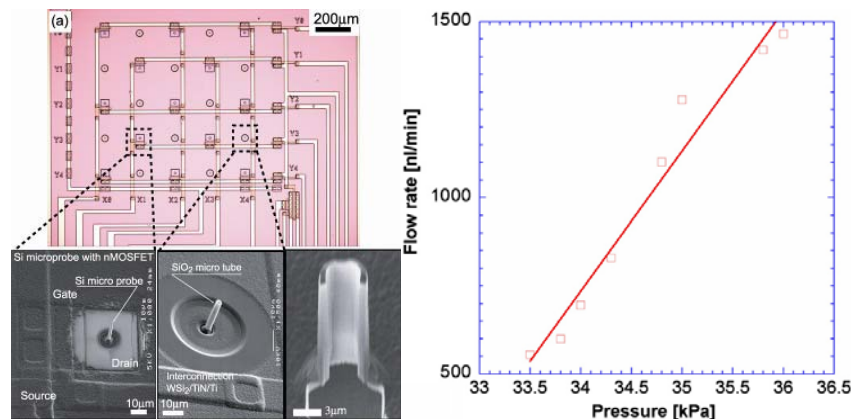


図 12 電位記録マイクロプローブ, 薬液マイクロチューブの NMOS FET 集積化とチューブ薬液吐出特性

(3) 微細プローブ電極アレイの 3 次元構造の実現のため、3 次元形状用のリンググラフィプロセス、結晶成長の観点での議論、及びシリコン再結晶成長モデルの適用により、プローブの 3 次元化プロセスを確立した。デバイス製作として、このような長さの異なる 3 次元プローブを既存の IC プロセスにより配線チップ上に形成、またプローブの電気特性、機械的特性を評価し、実際の生理実験で試用できることを示した(図 13)。これらの研究成果に関しては、国際会議、研究論文として発表した。

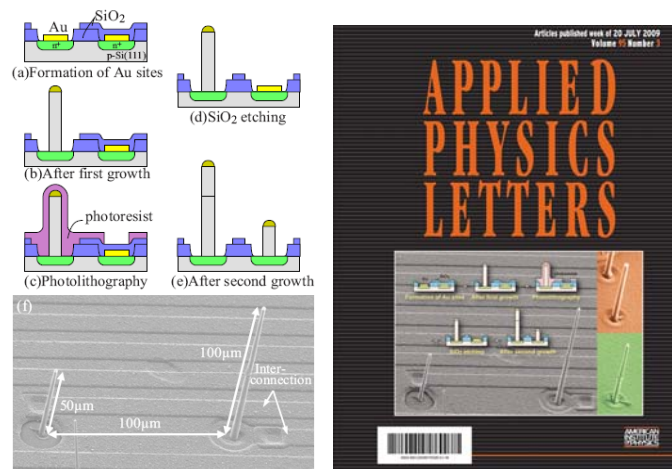


図 13 生体組織内 3 次元細胞電位分布取得用プローブ電極アレイ (2009 年 7 月号)の表紙に掲載

(4) 本学 IC プロセスを用いて、同一シリコン基板上に信号処理回路として神経電位測定用のインピーダンス変換回路を搭載するテーマを進めた。実際の生理実験を考慮し、チップ被覆、実装までを行い生体同様の生理溶液中での電気的特性を検討した。回路設計と同様の増幅率を確認し、更に細胞外電位 100µV 以下の電位取得にも成功している。これらの成果は、2008 年 6 月に開催された国際会議で発表を行っている。

(5) プローブ型の局所、多点、圧力センサアレイの開発、実証評価を実施した。n 型 Si 基板上に、基板温度 700 度、ジシラン(Si₂H₆)・ジボラン(B₂H₆)混合ガス圧力 0.6Pa の条件でプローブ形成(VLS 成長)を行い、直径 3µm、長さ 30 µm、抵抗率 1 Ω・cm の p 型 Si プローブを成長させ、基板とプローブの間に pn 接合を形成した。プラズマ CVD 法により

各 Si プロブの側壁に $0.6 \mu\text{m}$ 膜厚の酸化膜を堆積し、プローブ先端付近のみをエッチングにより露出した。その後スパッタ法によりアルミニウムを堆積、パターニングしてプローブ先端への配線とした。これでプローブ両端に電極を持ちながら、一端で被測定物に接触できる構造を初めて実現した(図 14)。先端直径 $5\mu\text{m}$ のタングステンニードルを用いて、単一の Si プロブに圧縮応力を加えながら電流-電圧特性を測定した。プローブ圧縮応力をタングステンニードルにより増やすことで、例えば印加電圧 $2\sim 4\text{V}$ において 15% のプローブ順方向電流の増加が確認できた(図 15)。この変化はプローブの抵抗値がピエゾ抵抗効果によって低下したためと考えられる。今回は垂直力による変化だが、構造を工夫することで剪断力でも変化すると考えている。本成果は国際会議(同論文は 4 件の“Outstanding paper award”中の 1 つに選出される)、国内会議でそれぞれ口頭発表した。

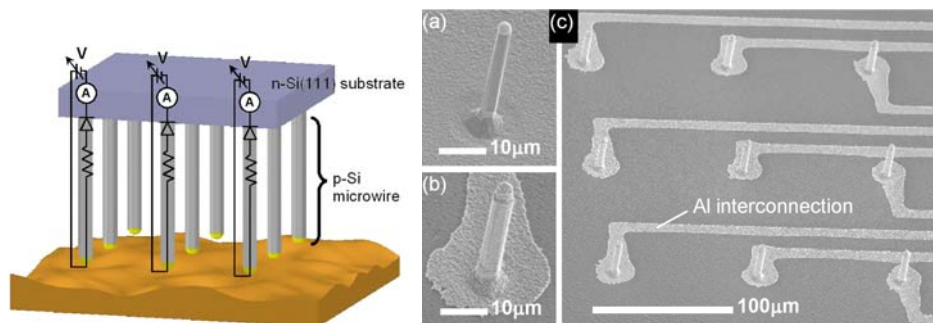


図 14. センサデバイスの概念図(左)と電子顕微鏡写真(右)

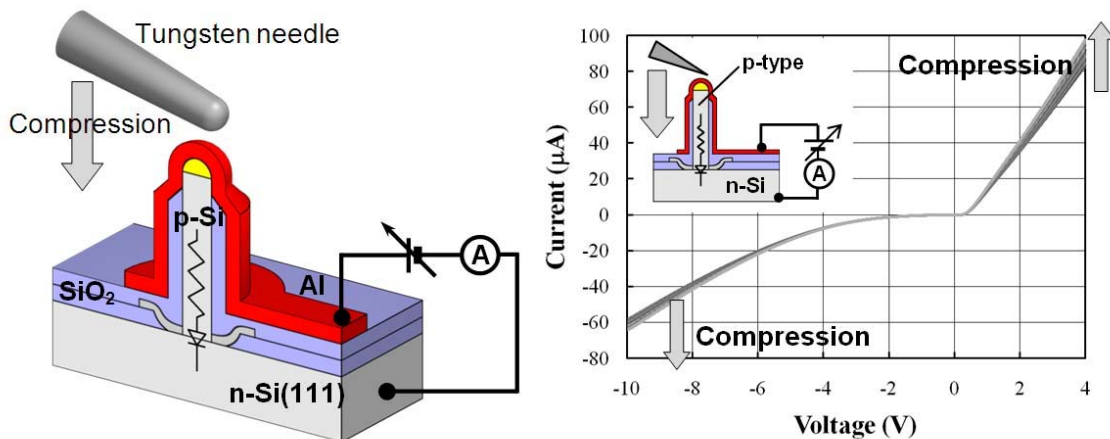


図 15. 圧力変化によるシリコンプローブの電流-電圧特性

(6) 刺入型マクロチューブ電極の製作・評価、細胞外電位計測実証を行った。電気的な神経細胞計測に際し、1) 低侵襲性(微小電極)、2) 高い信号対雑音(S/N)比が電極デバイスの特性として非常に重要である。これらの要求を満たすため、薬液投与用チューブを電気的な神経細胞測定用電極として提案した(図 16)。従来マイクロプローブ電極の場合、その先端の微小な金属-溶液接触面積による高インピーダンス特性が課題であったが、チューブ構造を用いることで電極低インピーダンス化を実現した。製作したマイクロチューブ電極(内径 $1.9 \sim 6.4\mu\text{m}$ 、長さ $25 \mu\text{m}$)に生理食塩水(抵抗率 $14.7 \Omega \text{ cm}$)を満たすことで、同直径プローブ電極の 1/10 倍程度の低インピーダンス値を実現した($220\text{k}\Omega\sim 1.55\text{M}\Omega$, 500Hz)。擬似信号($80 \mu\text{V}_{\text{pp}}$, 1 kHz)計測試験においても、入出力比 100%を実現した(同直径プローブ電極の場合 20-60%)。

マイクロチューブ電極を用いたラット坐骨神経の誘発電位観測を行った。記録された信号波形が坐骨神経を伝搬してきた結果であることを確認するため、坐骨神経に局所麻酔

(lidocaine)薬液を投与における神経電位の消失を確認した。さらに筋電位の強度の相関関係について解析も行っており、これらの結果より、製作したマイクロチューブ電極を介した坐骨神経の活動電位記録を実証した(図 17)。本成果も同様に国際会議、学術論文で発表した。本生理実験には、産業技術総合研究所の協力を得た。

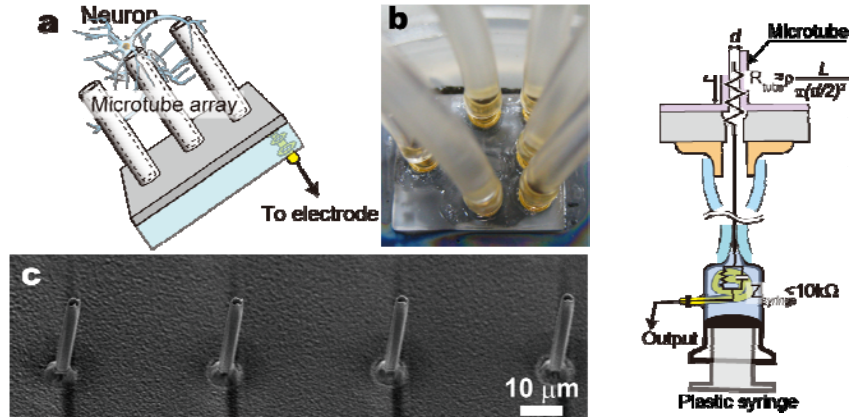


図 16. マイクロチューブ神経電極アレイ. (a)概念図、(b)パッケージ概観(デバイス背面)、(c)チューブアレイの電子顕微鏡写真、(d)チューブ電極システムの等価回路。

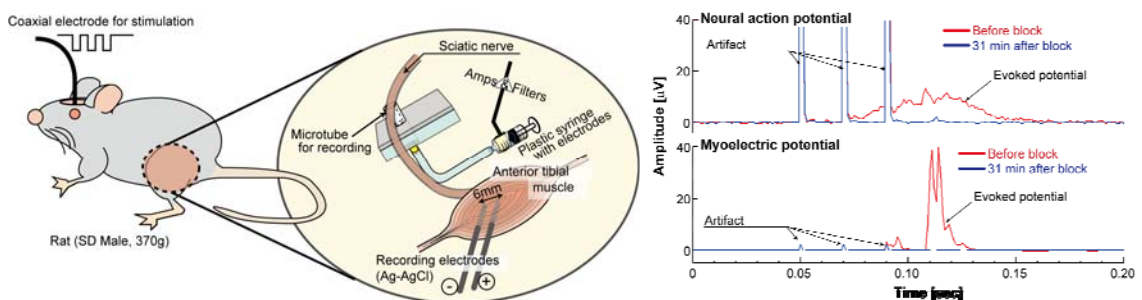


図 17. マイクロチューブ電極による坐骨神経誘発活動電位計測。

(2)研究成果の今後期待される効果

無線供給電力を用いた自立発電システムの開発:

無線の電源回路は、様々な分野での応用が期待できる。本プロジェクトでは、ユビキタスセンサネットワークの小型の無線電源をターゲットに研究開発を進めて来たが、レクテナや昇圧回路の改善により低い電界強度での発電が可能になれば今後、携帯電話など多彩な分野での展開が可能となり、無線通信機器を始めとした実用化が実現可能になる。無線電源回路の開発技術が実社会への貢献に結びついていくことが見込まれる。

マルチモーダルセンサにむけたデバイス技術の開発:

マルチモーダルセンサの農業用途に関し、製品化の検討を行っているところである。実現できれば、製品として年 3 億円の売り上げが見込めるほか、農業の生産額が150億円増加すると試算しており、若者などの就農者の増加にもつなげていけると考えている。

マイクロセンサノードの応用評価に関する実験:

ライフ・イノベーションの 1 つとして期待される、神経/脳と情報通信機器を直接に接続する技術技術、すなわちブレイン・マシン・インタフェースにおいても、多くの問題点を有する既存神経細胞計測デバイスに置き換わる技術として、本研究課題で取り組んだ神経電位計測デバイスの寄与は多大であると考えられる。脳計測手法として近赤外光血流計(NIRS)、

脳波 (EEG)、硬膜下電極 (ECoG) 等の非侵襲的な方法が用いられるが、本研究で実施した刺入型微小プローブアレイを生体内/脳内に直接刺入する電気生理学的手法の方が、時間・空間分解能計測の点で他の計測手法より優れている。このような刺入型計測デバイスの優位性は、これまでの各研究機関の実績を基にしており、今後も揺ぎ無いと考える。併せて、計測時の拘束性の観点からもマイクロデバイスの優位性が考えられる。マイクロデバイスの大きさは数 mm 角程度であり、これは他の計測機器と比較すると無視できる程の大きさである。また、マイクロデバイスを無線技術で完全に埋め込んだ場合には、計測時において完全無拘束状態となり、例えば将来的な人臨床試験を想定した場合、被験者/患者の移動や運度の妨げを最小限に留めることが可能に技術である。

神経/脳と直接的に“触れる”技術を担う神経計測デバイスの開発は、当該分野の基本的な技術であるにも関わらず、他の測定機器の開発動向と比較した場合、神経計測デバイスは後発的、発展途上の技術である。ここでは、ライフ・イノベーションの 1 つとしてブレイン・マシン・インタフェースを取り上げたが、その他の、脳神経の基礎研究、先端医療、次世代神経計測技術の研究も含めた幅広い分野においても、本研究で実現したデバイスはそれぞれの研究推進を支える基幹技術として、その多大な貢献が十分期待される。

§ 5 成果発表等

(1)原著論文発表 (国内(和文)誌 2 件、国際(欧文)誌 51 件)

【国内論文誌】

- 1) 野田俊彦, 広久保 望, 高尾英邦, 奥 成博, 松本浩一, 澤田和明, 石田 誠:
溶液前処理機構と光同期検出機構を集積化した血液分析用マイクロチップの作製, 電子情報通信学会信学技報, ED2006-41, CPM2006-28, SDM2006-41, pp.119-124, 2006 年 5 月
- 2) W.H. Lee, J.W. Kim, H. Takao, K. Sawada, and M. Ishida:
“Neo-Transmitter Using Pulse Width Modulation(PWM) Method for Wireless Smart Sensor” 電気学会 E 部門(センサ・マイクロマシン部門)論文誌, vol.128, No.1, pp.7-11, (2008)

【国際論文誌】

- 1) Md. S.Islam, T Kawashima, K Sawada, and M Ishida :
“Properties of a pn junction developed with a Si microprobe by vapour-liquid-solid growth using in situ doping”, Semicon. Sci. Tech., Vol.21, pp.1364-1368, (2006).
- 2) J.S. Kim, M. Shahjahan, H. K. Mosammat, K. Sawada, M. Ishida :
“Electrical characteristics of epitaxial γ -Al₂O₃/Si for quantum tunneling device”, Japanese Journal of Applied Physics, Vol.45, 6A, pp.5107-5109, (2006).
- 3) T.Hizawa, K.Sawada, H.Takao, M.Ishida :
“Characterization of Highly Sensitive pH Sensors with Charge Accumulation Operation”, Japanese Journal of Applied Physics, Vol.45, 12, pp.9259-9263, (2006).
- 4) Yiping Guo, D. Akai, K. Sawada and M. Ishida :
“Ferroelectric and pyroelectric properties of highly (110)-oriented Pb(Zr_{0.40} Ti_{0.60}) O₃ thin films grown on Pt/LaNiO₃/SiO₂/Si substrates”, APPLIED PHYSICS LETTERS, 90, 232908, pp.232908-1 – 3, (2007).
- 5) K. Sawada, C. Oda, H. Takao, and M. Ishida :
“Smart Microfluidic Electrochemical DNA Sensors with Signal Processing Circuits”, Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 46, No. 5A, pp. 3135-3138, (May 2007).
- 6) J.W. Kim, H. Takao, K. Sawada, M. Ishida :
“Development of radio frequency transmitters including on-chip antenna for intelligent human sensing systems”, IEEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, Vol. 2, No. 3, pp. 365-371, (May 2007).
- 7) D. Noda, M. Hatakeyama and Y. Nishijou, K. Sawada and M. Ishida :

- “Fabrication of local microvacuum package incorporating Si field emitter array and Ti getter”,
Journal of Vacuum Science & Technology B, Vol.25, No.3, pp.931-934, (May/Jun, 2007).
- 8) H. Takao, and M. Ishida :
“Pneumatic MEMS In-Channel Microvalves with In-Plane Control Ports for Micro Fluidic Systems Integrated on a Chip Surface,” Sensors and Materials, Vol.19, No.1, pp.19-34, (2007).
- 9) Md. Shofiqul Islam, T. Kawashima, K. Sawada and M. Ishida :
“High-yield growth of p-Si microprobe arrays by selective vapor–liquid–solid method using in situ doping and their properties,”Journal of Crystal Growth, Vol. 306, Issue pp. 276-282, 2, 15 August (2007),
- 10) M. Ito, K. Sawada, and M. Ishida :
“High quality epitaxial Pt films grown on γ -Al₂O₃/Si (111) substrates”,Solid State Phenomena, Vol, 124-126, pp.181-184, (2007).
- 11) J.W Kim, H. Takao, K. Sawada and M. Ishida :
“Integrated Inductors for RF Transmitters in CMOS/MEMS Smart Microsensor Systems,” Sensors, 7, pp.1387-1398 (2007).
- 12) D. Noda, M. Hatakeyama, K. Nishijyou, K. Sawada, and M. Ishida :
“Development of Cavity Structure for Field Emission on Si Substrate”, Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 46, No. 9B, pp. 6433-6436, (2007).
- 13) Halima Khatun Mst, Md. Shahjahan, K. Sawada, M. Ishida :
“Capacitance–voltage characteristics and switching time of double barrier resonant tunneling diode fabricated with epi-Si and γ -Al₂O₃”,Physica E Vol.36, pp. 123–127, (2007).
- 14) Radhakrishna Vatedka, H. Takao, K. Sawada, M. Ishida :
“Effect of high drain voltage on stress sensitivity in nMOSFETs”, Sensors and Actuators A, 1, Vol. 40, Issue 1, pp. 89–93, (2007).
- 15) M. Sudou, H. Takao, K. Sawada, M. Ishida :
“Wafer-Level Integration Technique of Surface Mount Devices on a Si-Wafer With Vibration Energy and Gravity Force”, IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies, Vol. 30, Issue 3, pp. 457 – 463, (2007).
- 16) W.H. Lee, Y.T. Lee, H. Takao, K. Sawada, and M. Ishida, :
“Fabrication of Thermoelectric Sensor Using Silicon-on-Insulator Structure”, Japanese Journal of Applied Physics, vol.46, No.11, pp.7232-7236, (2007).
- 17) Y. Maruyama, K. Sawada, H. Takao, M. Ishida :
“A Wide Dynamic Range Photogate-Type Active Pixel Sensor Using a Self-Regulation Principle”, Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 47 No. 1, pp. 173-178, (2008).
- 18) W.H. Lee, J.W. Kim, H. Takao, K. Sawada, and M. Ishida :
“Neo-Transmitter Using Pulse Width Modulation(PWM) Method for Wireless Smart Sensor”, IEEJ transactions on Sensors and Micromachines, vol.128, No.1, pp.7-11, (2008).
- 19) M. Ito, D. Masunaga, D. Akai, K. Sawada, and M. Ishida :
“Comparison of the growth behavior of γ -Al₂O₃ thin films grown on Si(111) by molecular beam epitaxy using N₂O and O₂”,Journal of Crystal Growth, Vol. 310, Issue 2, pp. 372-377, (2008).
- 20) M. Sudou, H. Takao, K. Sawada, and M. Ishida :
“A NOVEL RF INDUCED POWER SUPPLY SYSTEM FOR MONOLITHICALLYINTEGRATED UBIQUITOUS MICRO SENSOR NODES”,Sensors & Actuators (A), Vol. 145-146, pp. 343-348, (2008).
- 21) H. Takao, Radhakrishna V., Y. Ito, F. Komakine, K. Serge, K. Sawada, M. Ishida :
“Low-Noise Fully Differential Amplifiers Using JFET-CMOS Integration Technology for

- Smart Sensors”, IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, Volume 3, Issue 3, pp.274-280, (2008).
- 22) K. Takei, T. Kawashima, T. Kawano, H. Takao, K. Sawada, and M. Ishida :
 “Integration of out-of-plane silicon dioxide microtubes, silicon microprobes, and on-chip NMOSFETs by selective Vapor-Liquid-Solid growth”, Journal of Micromechanics and Microengineering, 18 035033 (9pp), (2008).
- 23) M. Ito, N. Okada, M. Takabe, M. Otonari, D. Akai, K. Sawada, and M. Ishida :
 “High sensitivity ultrasonic sensor for hydrophone applications, using an epitaxial PZT film grown on SrRuO₃/Pt/ γ -Al₂O₃/Si”, Sensors and Actuators (A), Vol. 145-146, pp.278-282, (2008).
- 24) M.S. Kim, H.D. Kim, H.D. Seo, K. Sawada, M. Ishida :
 "The Effect of Acupuncture at PC-6 on the Electroencephalogram and Electrocardiogram"
 American Journal of Chinese medicine, Vol. 36, pp. 481-491, (2008).
- 25) Yiping Guo, D. Akai, K. Sawada & M. Ishida :
 “The performance of Pt bottom electrode and PZT films deposited on Al₂O₃/Si substrate by using LaNiO₃ film as an adhesion layer”, Solid State Communications, Vol. 145, pp. 413-417, (2008).
- 26) K. Takei, T. Kawashima, K. Sawada, and M. Ishida :
 “Out-of-Plane Micro Tube Arrays for Biomedical Sensors using Vapor-Liquid-Solid Growth Method”, IEEE Sensors Journal, pp.470-475, (2008).
- 27) S.R. Lee, Y.T. Lee, K. Sawada, H. Takao & M. Ishida :
 “Development of a disposable glucose biosensor using electroless-plated Au/Ni/Copper low electrical resistance electrodes”, Biosensors and Bioelectronics, Vol. 24, pp.410-414, (2008).
- 28) S. Woo, H. Hong, S. Kim, H. Kim, J. Kim, H. Jeon, C. Bae, T. Okada, K. Sawada, M. Ishida :
 “Characteristics of Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistors with HfO₂/SiO₂/Si and HfO₂/SiO_xNy/Si Stack Structures Formed by Remote Plasma Technique” Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 47, pp. 6196-6199, (2008).
- 29) Kwon, H.-C.; Kwon, D.-H.; Sawada, K.; Kang, S.-W :
 “The Characteristics of H⁺ Ion-Sensitive Transistor Driving With MOS Hybrid Mode Operation”,
 IEEE ELECTRON DEVICE LETTERS, VOL. 29, NO. 10, pp.1138 – 1141, (2008).
- 30) S. R. Lee, Kazuaki Sawada, Hidekuni Takao, and Makoto Ishida :
 “An enhanced glucose biosensor using charge transfer techniques”, Biosensors and Bioelectronics, Vol. 24, Issue 4, pp.650-656, (2008).
- 31) E. G. Camargo, K. Ueno, T. Morishita, H. Goto, N. Kuze, K. Sawada & M. Ishida:
 "Performance Improvement of Molecular Beam Epitaxy Grown InSb Photodiodes for Room Temperature Operation", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 47, No. 11, pp. 8430-8433, (2008).
- 32) S.R. Lee, M.M. Rahman, M. Ishida, K. Sawada :
 “Fabrication of a Highly Sensitive Penicillin Sensor Based on Charge Transfer Techniques”
 Biosensors and Bioelectronics, 24 pp.1877-1882 (2009).
- 33) Yiping Guo , D. Akai, K. Sawada, M. Ishida and Mingyuan Gu:
 “Dielectric and tunable properties of highly (110)-oriented (Ba_{0.65}Sr_{0.35})TiO₃ thin films deposited on Pt/LaNiO₃/SiO₂/Si substrates”, Journal of Sol-Gel Science and Technology, Vol 49 No.1, pp.66-70, (2009)
- 34) M.Futagawa, T.Iwasaki, T.Noda, H.Takao, M. Ishida K.Sawada:
 “Miniaturization of Electrical Conductivity Sensors for a Multimodal Smart Microchip”, Japanese Journal of Applied Physics, Vol.48, 04C184, (2009)

- 35) A. Ikedo, T. Kawashima, T. Kawano, and M. Ishida:
 “Vertically aligned silicon microwire arrays of various lengths by repeated selective vapor-liquid-solid growth of n-type silicon”, Applied Physics Letters, Volume 95, No.3, 033502, (2009)
- 36) K. Takei, T. Kawashima, T. Kawano, H. Kaneko, K. Sawada and M. Ishida:
 “Out-of-plane Microtube Arrays for Drug Delivery—Liquid Flow Properties and an Application to the Nerve Block Test”, Biomedical Microdevices, Vol.11, No.3, pp.539–545, (2009).
- 37) M. Futagawa, T. Iwasaki, K. Sawada, M. Ishida, :
 ”Miniaturization of Electrical Conductivity Sensors for a Multimodal Smart Microchip”, Japanese Journal of Applied Physics vol.48, (2009).
- 38) M. Futagawa, T. Iwasaki, Mi. Ishida, K. Kamado, Ma. Ishida and K. Sawada:
 “A Real-Time Monitoring System Using a Multimodal Sensor with an Electrical Conductivity Sensor and a Temperature Sensor for Cow Health Control”, Japanese Journal of Applied Physics, Vol 49, 04DL12 (2010)
- 39) K. Takei, T. Kawano, T. Kawashima, K. Sawada, H. Kaneko and M. Ishida:
 “Microtube-based Electrode Arrays for Low Invasive Extracellular Recording with a High Signal-to-noise Ratio.” Biomedical Microdevices, Vol. 12, No. 1, pp. 1387-2176, (2010)
- 40) Md. Shahjahan, K. Sawada, and M. Ishida :
 “TEM Study of RTD Structure Fabricated with epi-Si/ γ -Al₂O₃ Heterostructure”, Thin Solid Films, Vol. 518, Issue 8, pp. 2295-2298(2010).
- 41) T. Kawano, T. Harimoto, A. Ishihara, K. Takei, T. Kawashima, S. Usui and M. Ishida:
 “Electrical Interfacing between Neurons and Electronics via Vertically-integrated Sub-4 Micron-diameter Silicon Probe Arrays Fabricated by Vapor-liquid-solid Growth.” Biosensors and Bioelectronics, Vol. 25, No. 7, pp. 1809-1815, (2010).
- 42) A. Goryu, A. Ikedo, M. Ishida and T. Kawano:
 “Nanoscale Sharpening Tips of Vapor-liquid-solid Grown Silicon Microwire Arrays.” Nanotechnology, Vol. 21, No. 12, 125302, (2010).
- 43) Hidekuni Takao, Masaki Yawata, Kazuaki Sawada, Makoto Ishida :
 ”A multifunctional integrated silicon tactile imager with arrays of strain and temperature sensors on single crystal silicon diaphragm”, Sensors and Actuators A: Physical, Vol.160, Issues 1-2, pp.69-77, (2010).
- 44) W. H. Lee, B. J. Gu, Y. Nishida, H. Takao, K. Sawada and M. Ishida, :
 “Oscillation-controlled CMOS ring oscillator for wireless sensor systems”, Microelectronics journal, Vol.41, Issues 12, pp.815-819, (2010).
- 45) Akihito Ikedo, Makoto Ishida and Takeshi Kawano, :
 “Out-of-plane High-density Piezoresistive Silicon Microwire/p-n Diode Array for Force and Temperature Sensitive Artificial Whisker Sensors”, Journal of Micromechanics and Microengineering, Vol. 21, No. 3, 035007, (2011)
- 46) M. Futagawa, Mi. Ishida, Ma. Ishida, K. Sawada, :
 “Study of a Wireless Multimodal Sensing System Integrated with an Electrical Conductivity Sensor and a Temperature Sensor for the Health Control of Cows”, IEEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, Vol. 6, Issue 2, pp. 93-96 (2011)
- 47) Akihiro Okugawa, Kotaro Mayumi, Akihito Ikedo, Makoto Ishida and Takeshi Kawano, :
 “Heterogeneously Integrated Vapor-liquid-solid Grown Silicon probes/(111) and Silicon MOSFETs/(100)”, IEEE Electron Device Letters, accepted.
- 48)~51) 非公開

(2) その他の著作物(総説、書籍など)

- 1) 高尾英邦, 日本学術振興会薄膜第 131 委員会編 薄膜ハンドブック(第 2 版), 第 11 章 5.3 集積化容量型センサ, 2008 年 3 月
- 2) 石田 誠, 【集積技術】情報の取り込みと情報処理を一体化「-アレイ化や周辺回路の集積で機能や性能を一変させる-」, 日経エレクトロニクス, 2008.4.7 号, pp. 3441
- 3) 高尾英邦, 培風館 次世代センサハンドブック, 3 章 3.5 節「次世代機械量センサ」, pp.127-145, 2008 年 7 月
- 4) 石田 誠, 月刊「未来材料」((株)NTS 出版), 【リサーチナビ】、「グローバル COE プログラム「インテリジェントセンシングのフロンティア」, 巻・号:2009 年 2 月号 Vol.9, No.2, pp.62-66
- 5) 石田 誠, 澤田和明
バイオテクノロジーシリーズ「ヘルスケアとバイオ医療のための先端デバイス機器 (Advanced BioMedical Devices and Equipments for Health Care)」第 3 章『pH カメラ&医療センシングデバイス』, シーエムシー出版, pp.24 -36,2009 年 5 月
- 6) 澤田和明, 二川雅登
農業・畜産用マルチモーダルセンサ、計測技術, 日本工業出版 497 号 Vol.38 No.1, pp.6-9, 2010 年 1 月
- 7) 澤田和明, 二川雅登
農業・畜産応用を目指したマルチモーダルスマートセンサ, 次世代センサ協議会, 次世代センサ Vol.19, No.2, 2010 年 1 月

(3)国際学会発表及び主要な国内学会発表

① 招待講演 (国内会議 50 件、国際会議 21 件)

【国内学会】

- 1) 高尾英邦, 高温環境にむけた SOI-CMOS 集積回路とマイクロセンサシステム、(社)日本セラミック協会 第 18 回秋季シンポジウム、大阪府立大学、2005 年 9 月 27 日
- 2) 高尾英邦, シリコン MEMS 技術を用いたスマートマイクロセンサ、次世代センサ協議会 第 14 回センサテクノスクール「次世代センサ・アクチュエータの基礎から最先端技術」、中央大学駿河台記念館、2005 年 10 月 19 日
- 3) 石田 誠, 半導体技術を応用した医療・生体計測スマートマイクロチップ、センシング技術応用研究会, 大阪産業創造館, 2005 年 11 月 1 日
- 4) 石田 誠, センサ開発を成功させるためのコラボレーション, 次世代センサ協議会 北陸支部発足記念 特別講演会, 石川ハイテク交流センター(石川県能美市), 2005 年 12 月 6 日
- 5) 石田 誠, インテリジェントヒューマンセンシング, 第 52 回次世代センサセミナーシリーズ 防災・安全とセンサ No.11「健康安全-ウェアラブルコンピューティングとヒューマンセンシング」, 化学会館, 2005 年 12 月 19 日
- 6) 石田 誠, Si マイクロプローブアレイチップ, 応用物理学会分科会 シリコンテクノロジー, 東京大学, 2006 年 2 月 1 日
- 7) 石田 誠, シリコンテクノロジーによるスマートマイクロセンシングチップ, 第 48 回プラナリゼーション CMP 委員会研究会, 東京四ツ谷 プラザエフ, 2006 年 2 月 9 日
- 8) 澤田和明, スマートセンシングチップの開発と IT 農業への応用, 財団法人浜松地域テクノポリス推進機構 イメージング技術研究会, 浜松グランドホテル, 2006 年 2 月 23 日
- 9) 澤田和明, 畠山正教, 高尾英邦, 石田誠(豊橋技術科学大学), 集積回路と微小電子素子の融合を目指したマイクロ高真空パッケージ, (独)日本学術振興会真空ナノエレクトロニクス 第 158 委員会第3回真空ナノエレクトロニクスシンポジウム, コクヨホール, 2006 年 3 月 6-7 日
- 10) 澤田和明, "見えないものを見るイメージセンサ技術" 第3回例会 コラボネット長野 2006
- 11) 澤田和明, "バイオセンシングを目指した新機能・多機能イメージセンサ" 次世代画像入力ビジョンシステム部会(社団法人 日本工業技術振興協会), 2006
- 12) 高尾英邦, "MEMS 分野における現状と課題"電子回路と微小機械融合の観点から", 第

- 10 回 アナログ VLSI シンポジウム, 電気学会 電子回路研究会主催, 東京工業大学 大岡山キャンパス 2006 年 4 月 7 日
- 13) 高尾英邦, CMOS/MEMS 技術を用いたシリコンスマートマイクロセンサ, 2006 International Meeting for Future of Electron Devices Kansai (2006IMFEDK), IEEE EDS Kansai 主催, 京都大学 吉田キャンパス, 2006 年 4 月 24 日
- 14) 石田 誠, 高尾英邦, 澤田和明, ”ユビキタス集積化マイクロセンサ”, 平成 19 年 電気学会 全国大会, 富山大学 五福キャンパス, 2007 年 3 月 15 日～17 日, S23-8
- 15) 高尾英邦, ”CMOS/MEMS 技術を用いたシリコンスマートマイクロセンサ”, 2006 International Meeting for Future of Electron Devices Kansai(2006IMFEDK), IEEE EDS Kansai 主催, 京都大学 吉田キャンパス, 2006 年 4 月 24 日
- 16) 高尾英邦, “カーエレクトロニクス分野におけるセンサ技術”, 第 11 回 アナログ VLSI シンポジウム, (社)電気学会 電子回路研究会主催, 東京工業大学 大岡山キャンパス 2007 年 4 月
- 17) 高尾英邦, “MEMS システム”日本機械学会, Transducers’07 報告会, 京都, 2007 年 8 月
- 18) 石田 誠, “スマートマイクロセンサチップ”, センシング技術応用研究会 第 31 回総会 第 157 回研究例会, 口頭, 大阪産業創造館, 2007 年 9 月 11 日
- 19) 高尾英邦, “柔軟性と高位置分解能を両立するシリコン触覚イメージセンサ”東海ものづくり 創生協議会平成19年度第2回技術シーズ発表会, 名古屋, 2007 年 9 月
- 20) 石田 誠, “地域産業と産学連携”, 愛知県 地域産学連携推進事業「東三河地域産学官連携フォーラム 2007 ～地域の連携プレーで産業活性化をプロデュース。～, 豊橋サイエンスコア, 2007 年 10 月 25 日
- 21) 石田 誠, “集積回路融合による高機能センサ/ MEMS”, 第 13 回マイクロナノ先端技術交流会((財)マイクロマシンセンター主催), (財)マイクロマシンセンター 会議室, 東京, 2007 年 11 月 9 日.
- 22) 石田 誠, “センサ/MEMS と集積回路融合のスマートマイクロセンサ”, 応用物理学会中国四国支部主催 講演会, Oral, 広島大学, 2007 年 11 月 22 日
- 23) 石田 誠, “スマートマイクロチップ”, 応用物理学会 シリコンテクノロジー分科会 第 97 回研究集会, 東京工業大学, pp.11-18, 2007 年 11 月 26 日
- 24) 高尾英邦, “超高温用MEMS センサ・集積回路にむけたSOI技術とセンサ応用”次世代の高性能 MEMS センサに必要な技術調査講演会, 兵庫県立大学, 2008 年 1 月 30 日
- 25) 石田 誠, “豊橋技術科学大学における医療・生体用マイクロセンシングチップ開発の現状と展開”, 第 5 回 豊橋医工連携研究会 -Toyohashi Medical & Engineering Collaboration Conference (TMECC) 5-, 豊橋ハートセンター, 2008 年 2 月 5 日.
- 26) 石田 誠, “センサ・MEMS と集積回路を融合したチップとその応用”, ルネサステクノロジ 北伊丹事業所, 2008 年 2 月 8 日
- 27) 高尾英邦, “微小機械と電子回路の融合による機能集積型マイクロデバイスの開発”マイクロマシーン技術交流グループ研究会, 香川大学地域開発共同研究センター, 2008 年 3 月 11 日.
- 28) 石田 誠, “インテリジェントセンシングのフロンティア”, 電子情報通信学会 2008 年総合大会, TK-6-7, 北九州学術研究都市 三大学(九州工業大学・北九州市立大学・早稲田大学)合同, 2008 年 3 月 18 日～21 日.
- 29) 石田 誠, 河野剛士, “集積回路上へのシリコンマイクロプローブ形成と応用”, 平成 20 年電気学会全国大会, S24-2, 福岡工業大学, 2008 年 3 月 19 日～21 日
- 30) 高尾英邦, “シリコンでつくる機能集積化マイクロチップセンサと応用”Sensor Expo Japan 2008, SICE 計測部門セミナー 「ネットワークセンシングシステム」東京ビックサイト, 2008 年 4 月 24 日
- 31) 石田 誠, “バイオ・医療応用へのスマートマイクロセンシングチップ”, 第 1 回 広島大学半導体・バイオ融合集積化技術シンポジウム, pp.6-13, 口頭, キャンパスイノベーションセン

- ター東京 国際会議室, 2008年6月27日.
- 32) 澤田和明, 高尾英邦, 石田 誠, “LSI 技術とセンサ技術の融合によるインテリジェントスマートマイクロチップ”, 電子情報通信学会 マイクロ波研究会 (MW), 豊橋技術科学大学, 2008年6月27日
 - 33) 澤田和明, 赤井大輔, “LSI 技術とセンサー技術の融合によるインテリジェントスマートマイクロチップ”, 第2回窒化物半導体応用研究会, 口頭, 愛知県産業貿易館西館9階第3会議室, 2008年6月27日
 - 34) 河野剛士, “MEMS 技術を用いた CNT の合成、集積化、センサ応用, 応用物理学会結晶工学分科会主催 第 129 回結晶工学分科会研究会 「結晶工学が開く次世代 MEMS/NEMS 技術」, 口頭, oo.45-51, キャンパスプラザ京都 第2講義室 2008年7月2日
 - 35) 石田 誠, “スマートマイクロセンシングチップ開発”, 立命館大学 ナノマシンシステム技術研究会「2008年度 第1回例会」, 口頭, pp.21-54, 立命館大学びわこ・くさつキャンパスローム記念館5階 大会議室, 2008年7月7日.
 - 36) 河野剛士, “シリコンウイスカ神経電極”, 第1回有機ナノ材料・計測技術シンポジウム & 19NAIST Advanced Polymer Colloquium, 奈良先端科学技術大学, 2008年7月31日.
 - 37) 石田 誠, “センサ/MEMS・IC 融合によるスマートマイクロチップ”, フロンティアプロセス 2008, 口頭, 独立行政法人・産業技術総合研究所・つくば中央第2, pp.1-58, 2008年8月22-23日.
 - 38) 高尾英邦, “センサ技術とその応用”, Electronic Journal 第229回 Technical Seminar 基調講演, 総評会館, 2008年9月11日
 - 39) 西田芳雄, “アナログ/デジタル混載集積回路設計”, 平成 21 年度電気関係東海支部連合大会チュートリアル (T1), 愛知工業大学 B 会場 2009年9月11日
 - 40) 澤田和明, “農業・畜産用マルチモーダルセンサの開発”, 次世代センサ協議会 第31回センサ&アクチュエータ技術シンポジウム, 化学会館(東京), 2009年9月14日
 - 41) 石田 誠, “センサアレイと集積回路の融合によるバイオ・医療用スマートマイクロチップ” 電子情報通信学会集積回路研究会 (ICD)・映像情報メディア学会情報センシング研究会 (IST) 合同研究会, 東京都港区 キャンパス・イノベーションセンター東京, 2009年10月1日
 - 42) 石田 誠, “スマートセンシングチップ「ネオロボティクス～AI とロボティクスの融合～」”, ストロンク AI&ネオロボティクス国際シンポジウム 2009 名古屋～AI とロボットが拓く健康社会～, 愛知県産業労働センター ウィンクあいち 5F 小ホール, 2009年10月29日
 - 43) 石田 誠, “スマート・マイクロ・センシングチップ”, 豊田工業大学「サステイナブル機械システム研究センターおよび先端知能システム・デバイス統合研究センター」合同シンポジウム, 豊田工業大学 8 号棟 3 階大講義室, 2009年12月4日.
 - 44) 石田 誠 “無線型マイクロセンサノード 埋め込み型マイクロセンサノード用無線発電と RF 送信チップ”, JST Innovation Bridge JST 基礎研究シーズ報告会, UDX カンファレンス (東京, 秋葉原), 2010年2月2日
 - 45) 澤田和明, “半導体集積化センサ技術を利用した農業・畜産用センサ”, 善光寺バレーセンサ研究会シンポジウム 2009, 信州大学長野(工学)キャンパス, 2009年12月7日
 - 46) 石田 誠, “集積化 MEMS 技術”, 第46回応用物理学会スクール「集積化 MEMS 技術基礎から応用」, 東海大学, 2010年3月18日
 - 47) 石田 誠, “医療・生体応用マイクロチップセンサー”, シンポジウム「メディカルエレクトロニクスに於ける実装材料、プロセスとその応用」, 東京工業大学、デジタル多目的ホール, 2010年7月30日
 - 48) 石田 誠, “医療・生体応用スマートマイクロセンシングチップ”, 応用電子物性分科会研究例会 バイオセンサ・医療デバイス・モノづくりからのアプローチ, 首都大学東京 秋葉原サテライトキャンパス, 2010年12月13日

- 49) 石田 誠, “集積化 MEMS 技術によるスマートマイクロチップ”, (財)マイクロマシンセンター 第16回MEMS講習会「MEMSプロセス技術の最新動向とアプリケーション」, 名古屋大学 東山キャンパス, 2011年2月22日
- 50) 石田 誠, “集積化デバイスの切り拓くライフイノベーション”, 応用物理学会講演会企画運営委員会 特別シンポジウム 異種機能集積化と応用物理～最先端多様分野の融合によって拓かれる未来社会～, 神奈川工科大学, 2011年3月26日

【国際会議】

- 1) Makoto Ishida, “Intelligent Sensing Chips in TUT,” Joint-Workshop On Future Semiconductor Sensors, Daegu, Korea, October 08, 2005.
- 2) Makoto Ishida (Toyohashi University of Technology), 微細シリコンプローブと集積回路を一体化したスマートセンサチップによる生体細胞計測, International Symposium on Surface Science and Nanotechnology (ISSS-4) (第25回表面科学講演大会), Omiya Sonic City, Saitama, Japan, November 14-17, 2005.
- 3) Kazuaki Sawada, Smart Sensing Technology in Integrated Circuits & Sensor System Lab TUT, EPFL CSI symposium, EPFL(Switzerland), 2006.3.23
- 4) Makoto Ishida, “Si microprobe array chips for in-vivo recording of neural activity”, International Symposium on LifeChips 2006, CA (2006).
- 5) K. Sawada, T. Hizawa, H. Takao, M. Ishida, Two dimensional dynamic pH image sensor based on a CCD technique, International Symposium on LifeChips 2006/5
- 6) Makoto Ishida, Smart Microchips with Sensors and Integrated Circuits of TUT, Joint Seminar on Sensor and MEMS between NECTEC and IEEJ Society E, June 29, 2006.
- 7) Makoto Ishida, Daisuke Akai, and Kazuaki Sawada, Ferroelectric Thin Film Sensors on Epitaxial Pt/Al₂O₃/Si Substrates, The 6th Japan-Korea Conference on Ferroelectricity - JKC-FE06 -, Oral, Tohoku University, Katahira Campus, Sendai, Japan, August 17-20, 2006.
- 8) M. Ishida, Hetero-epitaxial growth of Al₂O₃/Si and device applications, ESF Exploratory Workshop - Physical and Engineering Sciences (PESC) Silicon/oxide Hetero-Epitaxy: A New Road Towards A Si CMOS-Compatible Resonant Tunnel Diode Technology, Villa Olmo, Como, Italy, 12 - 13 September 2006.
- 9) Y. Maruyama, K. Sawada, H. Takao and M. Ishida, Quantitative Evaluation of Concentration of Double Stranded DNA Using by Filter Less Fluorescence Detection Sensor, 210th Meeting of The Electrochemical Society 2006/10
- 10) M. Ishida, Smart Microchips - Si microprobe array chips for recording neural activity -, International Forum on Micro-Nano Hetero System Integration in Sendai (MHSI-'06) and The 2nd Fraunhofer Symposium in Sendai, Sendai, Japan, November 6-7, 2006.
- 11) H. Takao, M. Ishida, Silicon MEMS Sensors and Devices Harmonized with LSI Technology, International Workshop on Micro/Nano Science and Engineering for the 21st Century, Ritsumeikan University, December 12-13, 2006.
- 12) M. Ishida, Smart Microchips of TUT, Korea and Japan Joint Seminar on Semiconductor Manufacturing Process, Seoul, Korea, 1.11-13, 2007.
- 13) M. Ishida, H. Takao, T. Kawashima, D. Akai, T. Noda, J.W. Kim, K. Takei, T. Kawano, K. Sawada, “26. Silicon Smart Microchip for Intelligent Human Sensing”, Technical Program & Abstracts of 10th International Conference on Advanced Materials (IUMRS-ICAM 2007), Oral, B-6 (B-INV-05), Bangalore, India, October, 2007.
- 14) H. Takao, “CMOS/MEMS Technology for Smart, Wireless, and Battery-less Micro Sensing Systems”, Meeting on Embedded Microsystems, IMTEK, University of Freiburg, Germany, September 7th, 2007.
- 15) M. Ishida, “Development of Smart Microchips in TUT”, Korea-Japan Joint Workshop on Bio-materials and Electronic Devices for the 60th Anniversary of Dankook

- University, Oral, pp. 15-37, International Conference Hall, #3 Science Building, Dankook University, Cheonan Campus, KOREA, November 6, 2007.
- 16) T. Kawano, "Integrated Nanotubes and Applications", BSAC Japan 2007 Symposium Meeting, (Kyoto Technology Symposium), Kyoto, Japan, December 4, 2007
 - 17) M. Ishida, "Bio-medical Si microchips with sensors and IC", THE FOURTH INTERNATIONAL NANOTECHNOLOGY CONFERENCE ON COMMUNICATION AND COOPERATION (INC4), Oral, Tokyo, Japan, April 14-17, 2008.
 - 18) M. Ishida, T. Kawano, H. Takao, and K. Sawada, "Silicon Smart Microchips for Intelligent Sensing", 2008 Symposium on VLSI Technology and the 2008 Symposium on VLSI Circuits, SESSION I – TAPA I / II Plenary Session I, 1.2, pp.6-9, Oral, Hilton Hawaiian Village, 2005 Kalia Road, Honolulu, Hawaii, USA., July 17-20, 2008.
 - 19) T. Kawano, "Integrated Silicon Microprobe/Tube Arrays for Neural Interface", 2nd UK-Japan Workshop on the Brain-Machine Interface, Institute of Neuroscience Newcastle University, UK, February 25-26, 2010.
 - 20) T. Kawano, "Integrated Neuroprobe/Tube Arrays: Microdevices for Neural Interface", International workshop on Advances in Neuroengineering (Osaka University Global COE Program), Osaka University, February 1, 2010.
 - 21) Makoto Ishida, "Microchips for Intelligent Sensing", The II International Neutrino Summer School (INSS 2010), Oral, The Congress Palais, Kassel, Germany, June 15-18, 2010.

② 口頭発表 (国内会議 88 件、国際会議 47 件)

【国内会議】

- 1) 石田 誠, 医療・生体応用スマートマイクロチップと 21 世紀 COE, 東三河地域産学官連携フォーラム 2005 (産学官テクノプラザ豊橋), 豊橋サイエンスコア, 2005 年 10 月 31 日
- 2) 石田 誠, 集積回路と Si マイクロプローブを一体化させたスマート電極センサチップ, 第 25 回表面科学講演大会, 大宮ソニックシティ(さいたま市), 2005 年 11 月 17 日～19 日
- 3) 江戸勇介, 高尾英邦, 澤田和明, 石田 誠, JFET-CMOS 集積化技術と低雑音センサインターフェースへの応用, 第 9 回システム LSI ワークショップ, 北九州国際会議場(北九州市小倉北区浅野三丁目 9 番 30 号) 2005 年 11 月 28 日～30 日
- 4) 江戸勇介, 高尾英邦, 澤田和明, 石田 誠, 高分解能 MEMS スマートセンサ形成に向けた 1/f ノイズレス JFET-CMOS 演算増幅回路, 平成 18 年電気学会全国大会, 横浜国立大学, 2006 年 3 月 15 日～17 日
- 5) 矢和田将貴, 高尾英邦, 澤田和明, 石田 誠, 空気圧支持を用いた柔軟型シリコン集積化スマート触圧覚イメージセンサの空間分解能解析, 平成 18 年電気学会全国大会, 横浜国立大学, 2006 年 3 月 15 日～17 日
- 6) イスラム モハンマド ショフィクル, 船ヶ山直樹, 川島貴弘, 高尾英邦, 澤田和明, 石田 誠, Fabrication of pn junction array using Si-microprobes grown by in-situ doping VLS growth, 第 53 回応用物理学関係連合講演会、武蔵工業大学、3 月 22～26 日
- 7) 藤田佳宏, 高尾英邦, 澤田和明, 石田 誠、微小流路型電気化学検出 DNA センサの電極形状による検出信号への影響の検討、第 53 回応用物理学関係連合講演会、武蔵工業大学、3 月 22～26 日
- 8) 牧 徳宝, 渡辺恵弥, 高尾英邦, 澤田和明, 石田 誠、汗の pH、量及び体温の同時センシングを目指した体着型マルチモーダルセンサの製作、第 53 回応用物理学関係連合講演会、武蔵工業大学、3 月 22～26 日
- 9) 飛沢 健, 高尾英邦, 澤田和明, 石田 誠、電荷転送型 pH センサの安定性と累積読み出しによる高感度化、第 53 回応用物理学関係連合講演会、武蔵工業大学、3 月 22～26 日
- 10) 竹井邦晴, 川島貴弘, 高尾英邦, 澤田和明, 石田 誠、SiO₂ マイクロチューブアレイによる溶液注入実験, 第 53 回応用物理学関係連合講演会、武蔵工業大学、3 月 22～26 日

- 11) 篠田朝之介, 船ヶ山直樹, 川島貴弘, 高尾英邦, 澤田和明, 石田 誠、パリレン膜を用いた細胞電位記録用微小 Si プローブアレイチップの製作, 第 53 回応用物理学関係連合講演会、武蔵工業大学、3 月 22~26 日
- 12) 池戸昭仁, 船ヶ山直樹, 川島貴弘, 高尾英邦, 澤田和明, 石田 誠、3 次元分布神経細胞測定に向けた微小 Si プローブアレイ, 第 53 回応用物理学関係連合講演会、武蔵工業大学、3 月 22~26 日
- 13) 竹井邦晴, 川島貴弘, 高尾英邦, 澤田和明, 石田 誠, 極微細マイクロチューブアレイの形成と溶液注入実験, 平成 18 年度 電気学会センサ・マイクロマシン準部門総合研究会 (BMS-06-01), 東京大学生産技術研究所A棟 駒場リサーチキャンパス 大会議室, 2006 年 5 月 15~16 日(発表日:5/15)
- 14) 野田俊彦, 広久保 望, 高尾英邦, 澤田和明, 石田 誠, 吉岡和憲, 宮村和宏, 奥 成博, 松本浩一、温度調節機構を集積化した C 反応性タンパク測定用マイクロチップの設計と製作, 電気学会 バイオ・マイクロシステム研究会資料, (平成 18 年度 電気学会センサ・マイクロマシン準部門総合研究会), BMS-06-2, pp.5-10, 東京大学生産技術研究所A棟 駒場リサーチキャンパス 大会議室, 2006 年 5 月 15~16 日
- 15) 飛沢 健, 高尾英邦, 澤田和明, 石田 誠, 電荷転送型 pH センサの累積読み出しによる高感度測定, 平成 18 年度 電気学会センサ・マイクロマシン準部門総合研究会 (BMS-06-08), 東京大学生産技術研究所A棟 駒場リサーチキャンパス 大会議室, 2006 年 5 月 15~16 日(発表日:5/16)
- 16) 川島貴弘, 河野剛士, 高尾英邦, 澤田和明, 金子秀和, 石田 誠, In-vivo 神経細胞活動電位計測のための極微小シリコンプローブ電極アレイ, 第 29 回日本神経科学大会, PS2A-G112, 京都 国立京都国際会館, 2006/7.
- 17) 船ヶ山直樹, 川島貴弘, 高尾英邦, 澤田和明, 石田 誠, VLS 法を用いた多段階成長による Si マイクロプローブアレイの三次元化, 2006 年(平成 18 年)秋季 第 67 回応用物理学関係連合講演会, 31p-P13-17, 立命館大学 びわこ・草津キャンパス, 2006/8.
- 18) 岡田貴行, 澤田和明, 石田 誠, ケミカルオキไซด์形成温度の g-Al₂O₃ 極薄膜の電気特性への影響, 2006 年(平成 18 年)秋季 第 67 回応用物理学関係連合講演会, p.722, 立命館大学 びわこ・草津キャンパス, 2006/8.
- 19) 野田俊彦、広久保望、高尾英邦、奥成博、松本浩一、澤田和明、石田 誠, 参照溶液が不要な吸光度測定マイクロチップの作製と特性評価, 第 23 回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム, B2-5, 高松市 サンポート高松, 2006/10.
- 20) 丸山結城, 澤田和明, 高尾英邦, 石田 誠, フィルタレス蛍光検出センサによる二本鎖 DNA の定量分析, 第 23 回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム, C1-3, 高松市 サンポート高松, 2006/10.
- 21) 丸山結城, 澤田和明, 高尾英邦, 石田 誠, フィルタレス蛍光検出センサによるリアルタイム蛍光測定, 映情学技報, Vol.30, No.59, pp.5-8, 東京 NHK 放送技術研究所, 2006/11.
- 22) 三宅康夫・澤田和明・高尾英邦・石田 誠, CMOS 集積回路と一体化可能なスマート微小流体デバイスの提案, 平成 19 年 電気学会全国大会, 富山大学 五福キャンパス, 2007 年 3 月 15 日~17 日
- 23) 木綱俊輔・高尾英邦・澤田和明・石田 誠, 無線電力供給型 Si-MEMS マイクロセンサに向けた集積化 RF-DC 変換回路の設計, 平成 19 年 電気学会全国大会, 富山大学 五福キャンパス, 2007 年 3 月 15 日~17 日
- 24) 市川武彦, 高尾英邦, 清水武士(セイコーエプソン), 澤田和明, 石田 誠, 村田昭浩(セイコーエプソン), 厚膜 SOI 基板上的 CMOS/MEMS 集積化に向けた酸化膜ブリッジ構造による相互配線の形成, 平成 19 年 電気学会全国大会, 富山大学 五福キャンパス, 2007 年 3 月 15 日~17 日
- 25) 高尾 英邦, 木綱 俊輔, 遠藤 大樹, 澤田 和明, 須藤 稔, 石田 誠, 自動位置決めによる表面実装素子のウェハレベル搭載技術と無線駆動マイクロセンサデバイスへの適用, 日本機械学会 情報・知能・精密機器部門 IIP2007 講演会, 東京工業大学, 平成 19 年 3 月 19

日～20日

- 26) Halima Khatun Mst, Mohammad Shahjahan, 澤田和明, 石田 誠, 3 epi-Si/ γ -Al₂O₃ ヘテロ構造を用いた共鳴トンネルダイオード構造の TEM 観察, 2007 年春季 第 54 回応用物理学関係連合講演会, 青山学院大学 相模原キャンパス, 平成 19 年 3 月 27 日～30 日
- 27) Mohammad Shahjahan, Halima Halima Khatun Mst., 澤田和明, 石田 誠, 4 epi-Si/ γ -Al₂O₃ ヘテロ構造を用いた共鳴トンネルダイオードでの I-V 特性におけるヒステリシスの研究, 2007 年春季 第 54 回応用物理学関係連合講演会, 青山学院大学 相模原キャンパス, 平成 19 年 3 月 27 日～30 日
- 28) 菊池賢朗, 郭 益平, 赤井大輔, 澤田和明, 石田 誠, エピタキシャル Al₂O₃/Si 基板上への高配向 Pb(Zrx,Ti1-x)O₃/LaNiO₃ 薄膜の形成と評価, 2007 年春季 第 54 回応用物理学関係連合講演会, 青山学院大学 相模原キャンパス, 平成 19 年 3 月 27 日～30 日
- 29) 伊藤幹記, 大隣樹人, 赤井大輔, 澤田和明, 石田 誠, γ -Al₂O₃/Si 基板上への SrRuO₃ エピタキシャル成長, 2007 年春季 第 54 回応用物理学関係連合講演会, 青山学院大学 相模原キャンパス, 平成 19 年 3 月 27 日～30 日
- 30) 広久保 望, 野田俊彦, 高尾英邦, 宮村和宏, 松本浩一, 澤田和明, 石田 誠, 吸光度測定マイクロチップ用集積化温度制御機構の設計と製作, 2007 年春季 第 54 回応用物理学関係連合講演会, 青山学院大学 相模原キャンパス, 平成 19 年 3 月 27 日～30 日
- 31) 加納佳子, 澤田和明, 高尾英邦, 石田 誠:“微小流路型スマート DNA チップのための CMOS スイープ信号発生回路の設計”, 平成 19 年度 電気学会センサ・マイクロマシン部門総合研究会 pp.33-36, BMS-07-14, 口頭, 筑波大学, 2007 年 7 月 2 日～3 日.
- 32) 野田俊彦, 広久保望, 高尾英邦, 宮村和宏, 松本浩, 澤田和明, 石田 誠 :“雑音除去機構および温度調節機構を集積化した吸光度測定スマートセンサチップの作製と基礎特性の評価”, 平成 19 年度 電気学会センサ・マイクロマシン部門総合研究会 pp.81-86, BMS-07-25, 口頭, 筑波大学, 2007 年 7 月 2 日～3 日.
- 33) 野田俊彦, 広久保 望, 高尾英邦, 宮村和宏, 松本浩一, 澤田和明, 石田 誠 :“参照溶液を使用しない吸光度測定スマートマイクロチップ”, 2007 年秋季 第 68 回応用物理学学会学術講演会, 6p-A-13, 口頭, 北海道工業大学, 2007 年 9 月 4 日～8 日.
- 34) 広久保 望, 野田俊彦, 高尾英邦, 宮村和宏, 松本浩一, 澤田和明, 石田 誠 :“吸光度測定マイクロチップに集積した溶液前処理機構の評価”, 2007 年秋季 第 68 回応用物理学学会学術講演会, 6p-A-14, 口頭, 北海道工業大学, 2007 年 9 月 4 日～8 日.
- 35) 竹井邦晴, 川島貴弘, 高尾英邦, 澤田和明, 石田 誠 :“スマートデバイス実現に向けた MOSFET 搭載型マイクロプローブ・チューブアレイ”, 2007 年秋季 第 68 回応用物理学学会学術講演会, 6p-A-15, 口頭, 北海道工業大学, 2007 年 9 月 4 日～8 日.
- 36) 高尾英邦, 木綱俊輔, 早坂慶一, 澤田和明, 石田 誠:“埋め込み応用を目指したシリコン MEMS 変形計測センサ”日本機械学会年次大会, 論文番号 3221, 関西大学, 2007 年 9 月 11 日.
- 37) 竹井邦晴, 川島貴弘, 高尾英邦, 澤田和明, 石田 誠 :“神経インターフェースデバイスのための回路搭載型 Si プローブと SiO₂ チューブ混載アレイチップの開発”, 第 24 回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム (THE 24th SENSOR SYMPOSIUM on Sensors, Micromachines, and Applied Systems), Oral, pp.28-31 (A1-5), 東京・タワーホール船堀, 2007 年 10 月 16～17 日.
- 38) 野田俊彦, 広久保 望, 高尾英邦, 澤田和明, 石田 誠, 宮村和宏, 松本浩一 :“溶液前処理機構と雑音除去機構を集積化した血液分析用スマートマイクロチップ”, 第 24 回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム (THE 24th SENSOR SYMPOSIUM on Sensors, Micromachines, and Applied Systems), Oral, pp.129-133 (V2-2), 東京, タワーホール船堀, 2007 年 10 月 16～17 日.
- 39) 高尾英邦, 矢和田将貴, 澤田和明, 石田 誠 :“高いロバスト性を実現する背面接触型シリコン集積化触覚イメージセンサ”, 第 24 回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム

(THE 24th SENSOR SYMPOSIUM on Sensors, Micromachines, and Applied Systems), Oral, B4-3, 東京, タワーホール船堀, 2007年10月16-17日.

- 40) 田中信裕, 高尾英邦, 澤田和明, 石田誠 :“流体アナログ集積回路の能動素子として機能する垂直加工型シリコンマイクロバルブの形成”, 日本機械学会 情報・知能・精密機器部門講演会(IIP 2008), 2120, 口頭&ポスター(両方), 東京工業大学 大岡山キャンパス, 2008年3月17日~18日.
- 41) 矢和田将貴, 高尾英邦, 澤田和明, 石田 誠 :“実動作におけるロバスト性を向上した柔軟型シリコン MEMS 触覚イメージセンサ,” 平成 20 年電気学会全国大会, A44-A1, 3-131, 講演論文集, pp. 188-189, 口頭, 福岡工業大学, 2008年3月19日~21日.
- 42) 山内 仁, 秋山正弘, 木村裕治, 石田 誠, 澤田和明 :“a-Si:H PIN アバランシェフォトダイオードにおけるアバランシェ増倍の電極面積依存性”, 2008年春季 第 55 回応用物理学関係連合講演会, 28a-ZQ-9, 口頭, 日本大学理工学部 船橋キャンパス, 2008年3月27日~30日.
- 43) 林田圭司, 伊藤幹記, 赤井大輔, 澤田和明, 石田 誠 :“高分解能透過型電子顕微鏡による g-Al₂O₃/Si(001)構造の評価”, 2008年春季 第 55 回応用物理学関係連合講演会, 8a-W-10, 口頭, 日本大学理工学部 船橋キャンパス, 2008年3月27日~30日. R-15, 口頭, 日本大学理工学部 船橋キャンパス, 2008年3月27日~30日.
- 44) 牛流章弘, 池戸昭仁, 竹井邦晴, 河野剛士, 澤田和明, 石田 誠 :“ナノスケール細胞用シリコンプローブ電極アレイの一括製作”, 2008年春季 第 55 回応用物理学関係連合講演会, 27p-R-16, 口頭, 日本大学理工学部 船橋キャンパス, 2008年3月27日~30日.
- 45) 神社生朗, 伊藤幹記, 赤井大輔, 澤田和明, 石田 誠 :“エピタキシャル PZT 薄膜を用いた圧電型超音波トランスデューサアレイの製作”, 平成 20 年度センサ・マイクロマシン部門総合研究会(フィジカルセンサ研究会), pp.5-8, PHS-08-8, 口頭, 仙台市戦災復興記念館, 2008年6月12日~13日.
- 46) 菊池賢朗, 郭 益平, 林田圭司, 赤井大輔, 澤田和明, 石田 誠 :“エピタキシャル γ -Al₂O₃/Si(100)基板上への配向(Na_{0.5},Bi_{0.5})TiO₃/LaNiO₃薄膜の形成と評価”, 2008年秋季 第 69 回応用物理学学会学術講演会, 2a-K-3, pp.455, 中部大学, 2008年9月2日~5日.
- 47) 鳥井康雅, 赤井大輔, 澤田和明, 石田 誠 :“EB 蒸着法による γ -Al₂O₃/Si(111)基板上への SrTiO₃ 薄膜のエピタキシャル成長”, 2008年秋季 第 69 回応用物理学学会学術講演会, 2p-J-12, pp.511, 中部大学, 2008年9月2日~5日.
- 48) 真弓広太郎, 竹井邦晴, 池戸昭仁, 河野剛士, 高尾英邦, 澤田和明, 石田 誠 :“ソースホロワアレイ集積化シリコンウイスカ神経電極チップ”, 2008年秋季 第 69 回応用物理学学会学術講演会, 4a-T-9, pp.1155, 中部大学, 2008年9月2日~5日.
- 49) 池戸昭仁, 河野剛士, 澤田和明, 石田 誠 :“多段階 VLS 成長 Si マイクロプローブアレイの製作と評価”, 2008年秋季 第 69 回応用物理学学会学術講演会, 4a-T-10, pp.1155, 中部大学, 2008年9月2日~5日.
- 50) 神社生朗, 伊藤幹記, 赤井大輔, 澤田和明, 石田 誠 :“エピタキシャル PZT 薄膜を用いた圧電型超音波トランスデューサアレイの製作”, 平成 20 年度センサ・マイクロマシン部門総合研究会(フィジカルセンサ研究会), pp.5-8, PHS-08-8, 口頭, 仙台市戦災復興記念館, 2008年6月12日~13日.
- 51) 菊池賢朗, 郭 益平, 林田圭司, 赤井大輔, 澤田和明, 石田 誠 :“エピタキシャル γ -Al₂O₃/Si(100)基板上への配向(Na_{0.5},Bi_{0.5})TiO₃/LaNiO₃薄膜の形成と評価”, 2008年秋季 第 69 回応用物理学学会学術講演会, 2a-K-3, pp.455, 中部大学, 2008年9月2日~5日.
- 52) 鳥井康雅, 赤井大輔, 澤田和明, 石田 誠 :“EB 蒸着法による γ -Al₂O₃/Si(111)基板上への SrTiO₃ 薄膜のエピタキシャル成長”, 2008年秋季 第 69 回応用物理学学会学術講演会, 2p-J-12, pp.511, 中部大学, 2008年9月2日~5日.

- 53) 真弓広太郎, 竹井邦晴, 池戸昭仁, 河野剛士, 高尾英邦, 澤田和明, 石田 誠 :“ソースホロワアレイ集積化シリコンウイスカ神経電極チップ”,2008年秋季 第69回応用物理学会学術講演会, 4a-T-9, pp.1155, 中部大学, 2008年9月2日~5日.
- 54) 池戸昭仁, 河野剛士, 澤田和明, 石田 誠 :“多段階 VLS 成長 Si マイクロプローブアレイの製作と評価”,2008年秋季 第69回応用物理学会学術講演会, 4a-T-10, pp.1155, 中部大学, 2008年9月2日~5日
- 55) Ryo Kodama, Hidekuni Takao, Kazuaki Sawada and Makoto Ishida :“An Integration Technology of Thick-SOI MEMS and CMOS Circuits Highly Compatible with Standard LSI Fabrication Process”,PROCEEDINGS OF THE 25TH SENSOR SYMPOSIUM,2008, pp.531-534 (A4-5), Okinawa., Japan, October 22-24, 2008.
- 56) Toshihiko Noda, Young-Shik Shin, Hidekuni Takao, Kazuhiro Miyamura, Koichi Matsumoto, Kazuaki Sawada and Makoto Ishida :“Development of Solution Pre-Treatment Unit of Blood Testing Microchip Aiming for Portable Instruments”,PROCEEDINGS OF THE 25TH SENSOR SYMPOSIUM,2008, pp.633~636 (C5-1), Okinawa, Japan, October 22-24, 2008.
- 57) Jong-Wan Kim, Hidekuni Takao, Kazuaki Sawada and Makoto Ishida :“Fully Integrated Temperature Sensor with Antenna for Ubiquitous Sensor Networks”,PROCEEDINGS OF THE 25TH SENSOR SYMPOSIUM,2008, pp.679~682 (D4-5), Okinawa, Japan, October 22-24, 2008.
- 58) Hiroki Okada, Hidekuni Takao, Makoto Ishida, Kazuaki Sawada and Masaki Yawata :“Design and Analysis of the Flexible Silicon-MEMS Tactile Imager with Slip Sensing Ability”,PROCEEDINGS OF THE 26TH SENSOR SYMPOSIUM,2009 , pp.140-143, P1-2, Tokyo, October 15-16, 2009.
- 59) 岡田浩希, 高尾英邦, 石田誠, 澤田和明:“滑り覚検知能を備えた多機能集積化 CMOS/MEMS 触覚イメージセンサ”,第2種研究会・LSI とシステムのワークショップ 2009, 北九州, 5月18~20日.
- 60) 岡田浩希, 高尾英邦, 澤田和明, 石田 誠:“滑り覚を有する超触覚イメージセンサの実現に向けた指紋構造の検討”平成21年電気学会全国大会, 2009.
- 61) 二川雅登, 岩崎太一, 釜戸敬太, 川嶋和子, 高尾英邦, 石田 誠, 澤田和明:“マルチモードルセンサを用いた無線システムの製作”,2009年春季 第56回応用物理学関係連合講演会, 30a-ZL-8, 筑波大学, 2009年3月30日-4月2日
- 62) 池戸昭仁, 澤田和明, 河野剛士, 石田誠:“プローブエッチングによる多段階 Si マイクロプローブアレイの製作”,2009年秋季第70回応用物理学会学術講演会, 11a-TH-2, 富山大, 2009年9月8日~11日.
- 63) 池戸昭仁, 河野剛士, 石田誠:“pn接合を有する垂直配向 Si マイクロワイヤを用いた突出型フォースセンサアレイ”,2009年秋季 第70回応用物理学会学術講演会, 11a-TH-2, 富山大学, 2009年9月8日~11日.
- 64) 針本哲宏, 石原彰人, 河野剛士, 竹井邦晴, 金子秀和, 石田 誠, 臼井支朗, “網膜光応答多チャンネル同時記録への Si マイクロプローブ神経電極アレイの応用”2009年秋季第70回応用物理学会学術講演会, 10a-ZL-5, 富山大, 2009年9月8日~11日.
- 65) 牛流章弘, 池戸昭仁, 澤田和明, 河野剛士, 石田 誠, “ナノスケール細胞用シリコンプローブ電極アレイの集積化”,2009年秋季第70回応用物理学会学術講演会, 10a-ZL-6, 富山大, 2009年9月8日~11日.
- 66) 二川雅登, 岩崎太一, 釜戸敬太, 川嶋和子, 高尾英邦, 石田 誠, 澤田和明:“3種 (pH、EC、

- 温度)センサを一体化した農業用マルチモーダルセンサに関する研究”,2009年秋季第70回応用物理学会学術講演会, 10a-ZL-10, 富山大学, 2009年9月8-11日
- 67) 釜戸敬太, 二川雅登, 岩崎太一, 川嶋和子, 高尾英邦, 石田 誠, 澤田和明:“Si 基板を用いた小型水分量センサの製作”,2009年秋季 第70回応用物理学会学術講演会, 10a-ZL-9, 富山大学, 2009年9月8-11日.
- 68) 針本哲宏, 竹井邦晴, 河野剛士, 石原彰人, 金子秀和, 川島貴弘.石田 誠, 臼井支朗 :“シリコンマイクロプローブ神経電極アレイを用いた網膜光応答の多チャンネル同時記録と信号補正”,第25回生体・生理工学シンポジウム, pp.197-200, 岡山大学, 2010.9.23-25
- 69) M.Futagawa, T.Iwasaki, K.Kawashima, H.Takao, M.Ishida, K.Sawada:“Fabrication of a Multi-modal Sensor with Three Kinds of Sensors in Agricultural Applications”,PROCEEDINGS OF THE 26TH SENSOR SYMPOSIUM2009, pp.140-143, P1-2, Tokyo, October 15-16, 2009.
- 70) Hiroki Okada, Hidekuni Takao, Makoto Ishida, Kazuaki Sawada and Masaki Yawata :;“Design and Analysis of the Flexible Silicon-MEMS Tactile Imager with Slip Sensing Ability”, PROCEEDINGS OF THE 26TH SENSOR SYMPOSIUM2009, pp.140-143, P1-2, Tokyo, October 15-16, 2009.
- 71) Masanori Sugiura, Hidekuni Takao, Kazuaki Sawada, Makoto Ishida, Nobuhiro Tanaka:“Design and fabrication technology of Microfluidic Integrated Circuits using Vertically Micromachined Fluidic Transistors” , PROCEEDINGS OF THE 26TH SENSOR SYMPOSIUM 2009, pp.514-517, A5-1, Tokyo, October 15-16, 2009.
- 72) Takahiro Sugai, Kenro Kikuchi , Ryoto Yoshita , Daisuke Akai, Kazuaki Sawada, and Makoto Ishida:“Smart Pyroelectric IR Sensor Array on Epitaxial g-Al₂O₃/Si(100) Substrates Using Lead-free Pyroelectric Materials”, PROCEEDINGS OF THE 26TH SENSOR SYMPOSIUM2009, pp.627-630, C4-2, Tokyo, October 15-16, 2009.
- 73) Ikuo Kanja, Mikito Otonari, Tahahiro Yogi, Daisuke Akai, Kazuaki Sawada, Makoto Ishida, Nagaya Okada, Kazuki Higuchi:“Fabrication of Piezoelectric micromachined ultrasonic transducers array using an epitaxial PZT thin films on g-Al₂O₃/Si” PROCEEDINGS OF THE 26TH SENSOR SYMPOSIUM2009, pp.33-36, SIMT-C-8, Tokyo, October 15-16, 2009.
- 74) Wang-Hoon Lee, Hidekuni Takao, Kazuaki Sawada, and Makoto Ishida:“Pulse width modulation transmitter for wireless smart temperature sensor” ,PROCEEDINGS OF THE 26TH SENSOR SYMPOSIUM 2009, pp.29-32, SIMT-B-7, Tokyo, October 15-16, 2009.
- 75) 高尾英邦,石田 誠,澤田和明,Jong-Wan Kim, Wan-Hoon Lee :“社会の安全・安心にむけたユビキタス集積化マイクロセンサ技術”, 電子情報通信学会 2010年総合大会, pp. 3, AT-1-1, 東北大学 川内キャンパス, 2010年3月16-19日
- 76) 高尾英邦:“皮膚感覚の超越をめざすシリコン集積化触覚イメージャーの開発” 電子情報通信学会 2010年総合大会, pp.12, CDT-1-5,東北大学 川内キャンパス, 2010年3月16-19日
- 77) 宮尾 肇, 小玉 亮, 澤田和明, 石田 誠, 高尾英邦 :“微小容量型センサアレイに向けた画素内集積型CV変化回路”, 電子情報通信学会 2010年総合大会, pp 65, C12-47,東北大学 川内キャンパス, 2010年3月16-19日

- 78) 岡田浩希, 矢和田将貴, 澤田和明, 石田 誠, 高尾英邦 : “滑り覚検知能を実現するシリコン MEMS触覚イメージャー”, 電子情報通信学会 2010年総合大会, pp 65, C12-48, 東北大学 川内キャンパス, 2010年3月16-19日
- 79) 杉浦正典(豊橋技科大)・高尾英邦(豊橋技科大/香川大)・澤田和明・石田 誠 : “SPICEを用いた流体集積回路の解析・設計技術”, 電子情報通信学会 2010年総合大会, pp 65, C-12-72, 東北大学 川内キャンパス, 2010年3月16-19日
- 80) 大石浩史, 菅井隆博, 小澤 学, 赤井大輔, 石田 誠 : “強誘電体薄膜センサへの応用へ向けた γ -Al₂O₃(001)選択エピタキシャル成長”, 2010年春季第57回応用物理学関係連合講演会, 18p-TR-17, 東海大学湘南キャンパス, 2010年3月17-20日
- 81) 山際翔太, 藤城彬史, 池戸昭仁, 河野剛士, 石田 誠 : “神経細胞の刺激に向けた IrOx/Pt-black マイクロプローブの製作”, 2010年春季第57回応用物理学関係連合講演会, 17p-ZD-13, 東海大学湘南キャンパス, 2010年3月17-20日
- 82) 坂田真浩, 牛流章弘, 針本哲宏, 池戸昭仁, 河野剛士, 石田 誠 : “ニューロンの光刺激用マイクロチューブアレイの製作・評価”, 2010年春季第57回応用物理学関係連合講演会, 17p-ZD-14, 東海大学 湘南キャンパス, 2010年3月17-20日
- 83) 針本哲宏, 竹井邦晴, 河野剛士, 石原彰人, 金子秀和, 川島貴弘, 石田 誠, 臼井支朗 : “シリコンマイクロプローブ神経電極アレイを用いた網膜光応答の多チャンネル同時記録と信号補正”, 第25回生体・生理工学シンポジウム, pp.197-200, 岡山大学, 2010年9月23-25日
- 84) 池戸昭仁, 河野剛士, 石田 誠:
“pn接合を有する垂直配向Siマイクロワイヤを用いた突出型フォースセンサアレイ” 応用物理学学会集積化MEMS技術研究会主催 第2回集積化MEMSシンポジウム, PP.180, くにびきメッセ(島根県松江市), 2010年10月14-15日
- 85) 奥川晃宏, 真弓広太郎, 池戸昭仁, 石田 誠, 河野剛士:
“シリコンウイスカ神経電極アレイ/Si(111)とMOSFET/Si(100)の集積化技術”, 応用物理学学会集積化MEMS技術研究会主催 第2回集積化MEMSシンポジウム, PP.181, くにびきメッセ(島根県松江市), 2010年10月14-15日
- 86) 牛流章弘, 池戸昭仁, 石田 誠, 河野剛士:
“ナノスケール先鋭化マイクロプローブ神経電極の集積化技術”, 応用物理学学会集積化MEMS技術研究会主催 第2回集積化MEMSシンポジウム, PP.182, くにびきメッセ(島根県松江市), 2010年10月14-15日
- 87) 新納 誠, Tuan Anh Nguyen, Wang-Hoon Lee, 澤田和明, 石田 誠:
“Battery-Free Wireless Touch Driven Transmitter With On-Chip Antennas For Wireless Sensor Systems”, 平成23年 電気学会全国大会, 大阪大学 豊中キャンパス, 2011年3月16-18日
- 88) 牛流章弘, 池戸昭仁, 石田 誠, 河野剛士:
“ナノスケール先鋭化Siワイヤーアレイによるナノ粒子吸脱着デバイス”, 2011年春季 第58回応用物理学関係連合講演会, pp.246, 神奈川工科大学, 2011年3月24-27日

【国際会議】

- 1) Takayuki Okada, Daisuke Masunaga, Kazuaki Sawada and Makoto Ishida, Fabrication of Ferroelectric Thin Films on Crystalline HfO₂/g-Al₂O₃/Si(100) Substrates for MFIS-FET Applications, 2006 Materials Research Society (MRS) Spring Meeting, pp.163, Oral, Moscone West | San Francisco Marriott, San Francisco, Ca., USA, April 17 - 21, 2006.

- 2) Makoto Ishida, Si microprobe array chips for in-vivo recording of neural activity, International Symposium on LifeChips 2006, Oral, Arnold and Mabel Beckman Center of the National Academies and the UC Irvine Campus□Irvine, CA, USA, May 16 - 17, 2006.
- 3) Kazuaki Sawada, Two dimensional dynamic pH image sensor based on a CCD technique, International Symposium on LifeChips 2006, Arnold and Mabel Beckman Center of the National Academies and the UC Irvine Campus□Irvine, CA, USA, May 16 - 17, 2006.
- 4) H. Takao, T. Douzaka, K. Sakurano, K. Sawada, and M. Ishida, A SELF-COMPENSATED FULLY DIFFERENTIAL SOI-CMOS OPERATIONAL AMPLIFIER FOR WIDE TEMPERATURE OPERATION OF SILICON SMART SENSORS UP TO 2757C, Asia-Pacific Conference of Transducers and Micro-Nano Technology (APCOT 2006), Abstracts of pp.146 (95-SASN-A0507), Oral , Marina Mandarin Hotel, Singapore, 25-28 June, 2006.
- 5) M. S. ISLAM, H. TAKAO, K. SA/ADA, M. ISHIDA, FABRICATION OF P-N JUNCTION USING SI-MICRO-PROBE ARRAY BY IN-SITU DOPINGVLS GROWTH, Asia-Pacific Conference of Transducers and Micro-Nano Technology (APCOT 2006), Abstracts of pp.132 (95-FTA0125), Oral , Marina Mandarin Hotel, Singapore, 25-28 June, 2006.
- 6) Radhakrishna Vatedka, Hidekuni Takao, Kazuaki Sawada and Makoto Ishida, EFECT OF HIGH DRAIN BIAS ON STRESS SENSITIBVITY IN MOSFETS, Asia-Pacific Conference of Transducers and Micro-Nano Technology (APCOT 2006), Abstracts of pp.145 (95-MPS-A0547, Poster, Marina Mandarin Hotel, Singapore, 25-28 June, 2006.
- 7) Yuki Maruyama, Kazuaki Sawada, Hidekuni Takao, Makoto Ishida, A WIDE DYNAMIC RANGE PHOTOGATE TYPE IMAGE SENSOR BASED ON SELF SUPPRESSION PRINCIPLE, Asia-Pacific Conference of Transducers and Micro-Nano Technology (APCOT 2006), Abstracts of pp.153 (95-MPS-A0288, Oral , Marina Mandarin Hotel, Singapore, 25-28 June, 2006.
- 8) M. Ito, T. Okada, K. Sawada, M. Ishida, High crystalline quality Pt thin films grown epitaxially on epitaxial Al₂O₃/Si substrates, The IUMRS International Conference in Asia 2006 (IUMRS-ICA-2006), p181-184, Oral, Jeju island, Korea, September 10-14, 2006.
- 9) Jong-Wan Kim, Hidekuni Takao, Kazuaki Sawada, Makoto Ishida, Evaluation of Monolithically Integrated Antennas and RF Transmitters for Silicon Smart Micro Sensors with Wireless-Communication Ability, IEEE Sensors2006, 14, Oral, Daegu, Korea, Octorber 22-25, 2006.
- 10) Y.Maruyama, K.Sawada, H.Takao, M.Ishida, Quantitative evaluation of concentration of double stranded DNA using filter less fluorescence detection sensor, 2006 International Meeting The 210th Meeting of The Electrochemical Society, 1252, Oral, Cancun Mexico, October, 2006.
- 11) Md. Shahjahan, Halima Khatun Mst., K. Sawada, M. Ishida :“TEM Study of RTD Structure Fabricated with epi-Si/!-Al₂O₃ Heterostructure”,5th International Conference on Silicon Epitaxy and Heterostructures (ICSI-5), Oral, Marseille, France, May 20 - 25, 2007.
- 12) H. Takao, S. Kizuna, K. Sawada, M. Sudou, and M. Ishida :“RF-POWERED SILICON-MEMS MICROSENSORS FOR DISTRIBUTED AND EMBEDDED SENSING APPLICATIONS”,Fourth International Conference on Networked Sensing Systems (INSS 2007), Oral, Braunschweig, Germany, June 6-8, 2007.
- 13) K. Takei, T. Kawashima, H. Takao, K. Sawada and M. Ishida:“SI MICRO PROBE AND SIO₂ MICRO TUBE ARRAY INTEGRATED WITH NMOSFETS”,The 14th International Conference on Micro-Sensors, Actuators and Microsystems (TRANSDUCERS.07) | EUROSENSORS XXI, Oral, Vol. 2, pp. 1381-1384 (3C1.3),

- Cité Centre de Congrès de Lyon, Lyon, France, June 10-14, 2007.
- 14) H. Takao, M. Yawata K. Sawada and M. Ishida :“A ROBUST AND SENSITIVE SILICON-MEMS TACTILE-IMAGER WITH SCRATCH RESISTANT SURFACE AND OVER-RANGE PROTECTION”,The 14th International Conference on Micro-Sensors, Actuators and Microsystems (TRANSDUCERS.07) EUROSENSORS XXI, Oral, Vol. 2, pp. 1465-1468 (3C2.4), Cité Centre de Congrès de Lyon, Lyon, France, June 10-14, 2007.
 - 15) K. Takei, T. Kawashima, K. Sawada, M. Ishida :“Mechanical Property of Micro Probe and Tube Array for Neural Penetrating Devices”,29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC 2007), Oral, Proceedings, pp.179-182, ThB08.4, Lyon France, August 23-26, 2007
 - 16) H. Takao, K. Hayama, N. Tanaka, H. Ohyama, and M. Ishida :“Radiation Resistance of 'MOSFET-Like MEMS Microvalve' for Highly Reliable Microfluidic Integrated Circuits”,Volume of Abstracts of 1st International Congress on Microreliability and Nanoreliability in Key Technology Applications (Micro Nano Reliability 2007), pp. 245, Berlin, Germany, September 2-5, 2007.
 - 17) H. Takao, M. Yawata, R. Kodama, K. Sawada, and M. Ishida :“Multi-functional Monolithic-MEMS Tactile Imager Using Flexible Deformation of Silicon IC”,Proceedings of IEEE 2007 Custom Integrated Circuits Conference (IEEE CICC2007), pp. 131-134, San Jose, USA, September 16-19, 2007.
 - 18) A. Ikedo, N. Funagayama, T. Kawashima, H. Takao, K. Sawada and M. Ishida :“Fabrication of 3-D silicon Micro Probes for Neural Recording Using Multi-Step VLS Growth”,2007 International Conference on Solid State Devices and Materials(SSDM), pp. 286-287, Tsukuba, Ibaraki, September 19-21, 2007.
 - 19) K. Takei, T. Kawashima, T. Kawano, H. Takao, K. Sawada, and M. Ishida :“Development of Micro- and Submicro- Tube Array”,2007 Korea-Japan Joint Workshop on Advanced Semiconductor Processes and Equipments, Poster, Proceedings, pp. 233-235, Busan, Korea. October 4-6, 2007.
 - 20) M.S. Islam, T. Kawashima, K. Sawada, and M. Ishida :“p-Si MICROPROBE ARRAYS GROWN AT LOW TEMPERATURE BY SELECTIVE VLS USING IN-SITUDOPING AND THEIR PROPERTIES”,IEEE SENSORS 2007 Conference, Oral, p.255, Atlanta, Georgia, USA, October 28 - 31, 2007.
 - 21) N. Kawazu, K. Kikuchi, D. Akai, K. Sawada and M. Ishida :“Integrated 32 x 32 pyroelectric IR Sensor Array with nMOS/JFET Circuitry Using Highly (001) Oriented PZT Thin Films on Epitaxial gamma-Al₂O₃/Si Substrates”,17TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE APPLICATIONS OF FERROELECTRICS (ISAF-2008) , FR015, Oral, Santafe, New Mexico , February 24 – 27, 2008.
 - 22) J.W. Kim, H. Takao, K. Sawada, and M. shida :“Evaluation of Antenna-integrated 315MHz Transmitter for Smart Microsensors”, Proceedings of International conferences on networked sensor systems, Oral. pp.74-79, Kanazawa, Japan, 17-19 June, 2008.
 - 23) D. Akai, N. Kawazu, T. Sugai, K. Sawada, and M. Ishida :“MONOLITHICALLY-INTEGRATED PYROELECTRIC IR SENSOR ARRAY WITH SURFACE MICROMACHINED DETECTORS ON EPITAXIAL γ -Al₂O₃/Si SUBSTRATES”,The 4th Asia-Pacific Conference on Transducers and Micro-Nano Technology (APCOT2008), Oral Session (1) 1B2-2, pp. 40, Tainan, Taiwan June 22-25, 2008.
 - 24) R. Kodama, H. Takao, K. Sawada and M. Ishida :“FABRICATION OF SILICON-MEMS HIGHLY SENSITIVE THREE-AXIS MICRO FORCE SENSOR ARRAY”,The 4th Asia-Pacific Conference on Transducers and Micro-Nano Technology (APCOT2008), Oral Session (2) 2B1-2, pp. 65, Tainan, Taiwan June 22-25, 2008.

- 25) K. Kikuchi, Yiping. Guo, D. Akai, K. Sawada, and M. Ishida :“(100)-ORIENTED (Na_{0.5}Bi_{0.5})TiO₃/LaNiO₃ THIN FILMS DEPOSITED ON EPITAXIAL γ -Al₂O₃/Si (100) SUBSTRATES FOR Si INTEGRATED INFRARED SENSORS”,The 4th Asia-Pacific Conference on Transducers and Micro-Nano Technology (APCOT2008), Oral Session (2) 2D1-3, pp. 70, Tainan, Taiwan June 22-25, 2008
- 26) K. Hayashida, M. Ito, D. Akai, K. Sawada, and M. Ishida :“HETEROEPITAXIAL GROWTH OF γ -Al₂O₃ ON MICRO PATTERNED Si SUBSTRATES FOR A LOCAL SOI STRUCTURE”,The 4th Asia-Pacific Conference on Transducers and Micro-Nano Technology (APCOT2008), Oral Session (2) 2D2-3, pp. 81, Tainan, Taiwan June 22-25, 2008.
- 27) K. Mayumi , K. Takei, T. Kawashima, T. Kawano, H. Takao, K. Sawada and M. Ishida :“SOURCE-FOLLOWER AMPLIFIER ARRAY WITH VAPOR-LIQUID-SOLID GROWN SILICON MICROPROBE ELECTRODES ON SILICON (111) SUBSTRATE”,The 4th Asia-Pacific Conference on Transducers and Micro-Nano Technology (APCOT2008), Oral Session (3) 3E1-6, pp. 113, Tainan, Taiwan June 22-25, 2008
- 28) Jong Wan Kim, Hidekuni Takao, Kazuaki Sawada, and Makoto Ishida :“Evaluation of Antenna-integrated 315MHz Transmitter for Smart Microsensors”, Proceedings of International conferences on networked sensor systems, Oral. pp.74-79, Kanazawa, Japan, 17-19 June, 2008
- 29) Daisuke Akai, Naoki Kawazu, Takahiro Sugai, Kazuaki Sawada, and Makoto Ishida :“MONOLITHICALLY-INTEGRATED PYROELECTRIC IR SENSOR ARRAY WITH SURFACE MICROMACHINED DETECTORS ON EPITAXIAL γ -Al₂O₃/Si SUBSTRATES”,The 4th Asia-Pacific Conference on Transducers and Micro-Nano Technology (APCOT2008), Oral Session (1) 1B2-2, pp. 40, Tainan, Taiwan June 22-25, 2008.
- 30) R. Kodama, H. Takao, K. Sawada and M. Ishida : “FABRICATION OF SILICON-MEMS HIGHLY SENSITIVE THREE-AXIS MICRO FORCE SENSOR ARRAY”, The 4th Asia-Pacific Conference on Transducers and Micro-Nano Technology (APCOT2008), Oral Session (2) 2B1-2, pp. 65, Tainan, Taiwan June 22-25, 2008.
- 31) Keiji Hayashida, Mikinori Ito, Daisuke Akai, Kazuaki Sawada, and Makoto Ishida :“HETEROEPITAXIAL GROWTH OF γ -Al₂O₃ ON MICRO PATTERNED Si SUBSTRATES FOR A LOCAL SOI STRUCTURE”,The 4th Asia-Pacific Conference on Transducers and Micro-Nano Technology (APCOT2008), Oral Session (2) 2D2-3, pp. 81, Tainan, Taiwan June 22-25, 2008
- 32) Kotaro Mayumi , Kuniharu Takei, Takahiro Kawashima, Takeshi Kawano, Hidekuni Takao, Kazuaki Sawada and Makoto Ishida :“SOURCE-FOLLOWER AMPLIFIER ARRAY WITH VAPOR-LIQUID-SOLID GROWN SILICON MICROPROBE ELECTRODES ON SILICON (111) SUBSTRATE”,The 4th Asia-Pacific Conference on Transducers and Micro-Nano Technology (APCOT2008), Oral Session (3) 3E1-6, pp. 113, Tainan, Taiwan June 22-25, 2008.
- 33) H. Takao, M. Yawata, R. Kodama, K. Sawada, M. Ishida, “Silicon MEMS Tactile Imager Using Flexible Deformation of Integrated Pixel Array” Proceedings of World Automation Congress 2008 (WAC2008), CD-ROM (4pages), Kona, Hawaii, Sept.28th-Oct.2nd, 2008.
- 34) K.Takei, T Kawano, T Kawashima, K. Sawada, H. Kaneko, and M. Ishida:“SUB-5 μ M DIAMETER SILICON MICROPROBE AND SILICON DIOXIDE

- MICROTUBE ARRAYS FOR LOW-INVASIVE IN-VIVO ANIMAL EXPERIMENTS” MEMS2009, Sorrento, Italy. 2009.1.25-29
- 35) A. Goryu, A. Ikedo, K. Takei, K. Sawada, T. Kawano, and M. Ishida: “BATCH FABRICATION OF OUT-OF-PLANE, IC-COMPATIBLE, NANOSCALE-TIP SILICON NEUROPROBE ARRAYS”, MEMS2009, Sorrento, Italy, 2009.1.25-29
 - 36) H. Takao, N. Tanaka, M. Sugiura, K. Sawada, and M. Ishida: “NON-LINEAR FLUIDIC INTEGRATED CIRCUITS REALIZED BY PNEUMATIC-FIELD EFFECT TRANSISTORS WITH CONTROLLABLE OUTPUT RESISTANCE” MEMS2009, Sorrento, Italy. 2009.1.25-29
 - 37) T. Kawano, A. Ikedo, T. Kawashima, K. Sawada, and M. Ishida: “VERTICALLY ALIGNED VARIOUS LENGTHS DOPED-SILICON MICROWIRE ARRAYS BY REPEATED SELECTIVE VAPOR-LIQUID-SOLID GROWTH” MEMS2009, Sorrento, Italy. 2009.1.25-29
 - 38) Y. Nishida, and G. Temes, “An Enhanced Dual-Path $\Delta\Sigma$ Analog-to-Digital Converter,” IEEE International Symposium on Circuits and Systems 2009, Taipei, 2009 May.
 - 39) A. Ikedo, T. Kawano, and M. Ishida: “Out-of-plane microwire force sensor arrays with embedded p-n diodes by selective vapor-liquid-solid growth”, The 15th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems (Transducers 2009), Oral, pp. 1738-1741, Sheraton Denver Downtown Hotel, Denver, USA, June 21 - 25, 2009.
 - 40) K. Takei, A. Fujishiro, T. Kawashima, K. Sawada, H. Kaneko, T. Kawano and M. Ishida: “Integrated SiO₂ microtube-based electrical neuroprobe array”. The 15th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems (Transducers 2009), Denver, Colorado, USA, June 21-25, 2009.
 - 41) T. Harimoto, A. Ishihara, T. Kawano, K. Takei, H. Kaneko, M. Ishida and S. Usui: “Multisite field potential recording from retina via vapor-liquid-solid grown silicon probe array”, The 15th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems (Transducers 2009), Denver, Colorado, USA, June 21-25, 2009.
 - 42) A. Goryu, A. Ikedo, T. Kawano and M. Ishida: “Integration and 3D fabrication techniques to nanoscale-tip silicon high-aspect-ratio microprobe arrays”, IEEE Micro Electro Mechanical Systems (IEEE-MEMS) Conference 2010, Hong Kong, January 24-28, 2010
 - 43) M. Futagawa, T. Iwasaki, M. Ishida, H. Takao, M. Ishida, K. Sawada: “A Real Time Monitoring System using a Multi-Modal Sensor with EC Sensor Areas and a Temperature Sensor Area for Cows' Health Control”, 2009 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM), J-8-4, Sendai, Miyagi, Japan, October, 2009.
 - 44) M. Futagawa, T. Iwasaki, H. Takao, M. Ishida, K. Sawada: “Fabrication of a multi-modal sensor with pH, EC and temperature sensing areas for agriculture application”, IEEE Sensors 2009 Conference, C5L-C, Christchurch, New Zealand, October, 2009.
 - 45) Y. Nishida, “The Feedforward $\Delta\Sigma$ ADC Employing an Adder Comparator,” IEEE International Conference on Signal and Electronic Systems 2010, Poland, 2010 Sep.
 - 46) A. Ikedo, M. Ishida, and T. Kawano:

“TEMPERATURE SENSITIVE MICROWIRE ARRAYS FOR ARTIFICIAL WHISKER ELECTRONICS”, The 24th International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS2011), pp.129-132, Cancun, MEXICO, January 23-27,2011

- 47) Bonju Gu, Wang Hoon Lee, Kazuaki Sawada, Makoto Ishida, “Fabrication of Hybrid Wireless Smart Temperature Sensor”, IEEE Sensors Applications Symposium, February 23,2011.

③ポスター発表 (国内会議 6 件、国際会議 26 件)

【国内発表】

- 1) 野田俊彦、広久保望、高尾英邦、奥成博、松本浩一、澤田和明、石田 誠, 温調前処理機構と光同期検出機構を集積化した血液分析用マイクロチップの製作, 2006年(平成18年)秋季第67回応用物理学関係連合講演会, 31p-P13-24 p.1189, 立命館大学 びわこ・草津キャンパス, 2006/8.
- 2) 高尾英邦、須藤稔、木網俊輔、野田俊彦、澤田和明、石田 誠, ユビキタス・マイクロセンサ実現に向けた高性能受動素子の自己集積化技術, 第23回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム, Po-06, 高松市 サポート高松, 2006/10
- 3) 伊藤幹記, 大隣樹人, 赤井大輔, 澤田和明, 石田 誠, 岡田長也, 樋口和樹 : “エピタキシャル PZT 薄膜を用いた圧電型 MEMSトランスデューサアレイの作製”, 第28回 超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム, つくば国際会議場, 1-05P-35, ポスター, 2007年11月14日~16日
- 4) 菅井隆博, 河津直樹, 赤井大輔, 澤田和明, 石田 誠 : “エピタキシャル γ -Al₂O₃/Si 基板により形成される PZT(001)薄膜を用いた 32×32 焦電型赤外線センサアレイと読み出し回路の集積化”, 2008年春季 第55回応用物理学関係連合講演会, 29p-P12-24, ポスター, 日本大学理工学部 船橋キャンパス, 2008年3月27日~30日.
- 5) 針本哲宏, 石原彰人, 河野剛士, 竹井邦晴, 石田誠, 臼井支朗 : “Si ウィスカマイクロプローブ電極アレイによる局所網膜電位図の多チャンネル記録”, 日本神経回路学会第18回全国大会講演論文集 (JNNS2008), ポスター, pp.204-205 (P3-9), 2008年9月24日~26日.
- 6) Nguyen Anh Tuan, 李旺勳, 具本注, 原田八十雄, 澤田和明, 石田誠, “完全無線型ユビキタス・マイクロセンサに向けた CMOS 集積化オンチップアンテナの製作”, 電気学会第27回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム, 2010年10月14~15日.

【国際発表】

- 1) Mikinori Ito, Kazuaki Sawada and Makoto Ishida, Epitaxial Pt(111) thin Films on Si(111) Substrates with γ -Al₂O₃(111) as Buffer Layer, 2006 Materials Research Society (MRS) Spring Meeting, pp.651, (GG14.23), Poster, Moscone West | San Francisco Marriott, San Francisco, Ca., USA April 17 - 21, 2006.
- 2) Masaki Aono, H. Takao, K. Sawada, M. Kitazaki, A. Wakahara, S. Ichikawa, S. Nakauchi, S. Kuriyama, T. Hirotsu, K. Katsurada, S. Shinohara, Y. Sekiguchi, Y. Yasuda, Y. Iribe, T. Nitta, and M. Ishida, HIBALIS: a Prototype System for Intelligent Human Sensing, International Symposium on LifeChips 2006, Poster, Arnold and Mabel Beckman Center of the National Academies and the UC Irvine Campus Irvine, CA, ISA, May 16 - 17, 2006.
- 3) H.Takao, J.W.Kim, T.Noda, M.Sudou, K.Sawada, and M.Ishida, Integrated Smart Micro Sensors with Short-Distance RF-Communication Unit for Life-Related Sensing Applications, International Symposium on LifeChips 2006, Poster, Arnold and Mabel Beckman Center of the National Academies and the UC Irvine Campus Irvine, CA, May 16 - 17, 2006.
- 4) Mohammad Shahjahan, Halima Khatun Mst, Kazuaki Sawada and Makoto

- Ishida, CAPACITANCE-VOLTAGE CHARACTERISTICS AND SWITCHING TIME OF DOUBLE BARRIER RESONANT TUNNELING DIODE FABRICATED WITH Epi-Si/ γ -Al₂O₃ HETEROSTRUCTURE, Asia-Pacific Conference of Transducers and Micro-Nano Technology (APCOT 2006), Abstracts of pp.195 (95-NDNT-A0186), Poster, Marina Mandarin Hotel, Singapore, 25-28 June, 2006.
- 5) Susumu Hatakenaka, Tatsuya Kawano, Mikinori Itoh, Akihiro Wakahara, Hiroshi Okada and Makoto Ishida, A novel structure of Si/GaN/Al₂O₃/Si for MEMS applications, Asia-Pacific Conference of Transducers and Micro-Nano Technology (APCOT 2006), Abstracts of pp.228 (95-MDC-A0324), Poster, Marina Mandarin Hotel, Singapore, 25-28 June, 2006.
 - 6) Kuniharu Takei, Takahiro Kawashima, Hidekuni Takao, Kazuaki Sawada, Makoto Ishida, MICRO SiO₂ TUBE ARRAY ON Si(111) SUBSTRATES FOR INTELLIGENT DEVICES USING VAPOR-LIQUID-SOLID METHOD AND SELECTIVE SI ETCHING BY XeF₂ GAS, Asia-Pacific Conference of Transducers and Micro-Nano Technology (APCOT 2006), Abstracts of pp.272 (95-BMFS-A0136), Poster, Marina Mandarin Hotel, Singapore, 25-28 June, 2006.
 - 7) Daiji Noda, Masanori Hatakeyama, Kichinosuke Nishijyou, Kazuaki Sawada, Makoto Ishida, Fabrication of Local Micro Vacuum Package Incorporating Si Field Emitter Array and Ti Getter, 19th International Vacuum Nanoelectronics Conference & 50th International Field Emission Symposium (IVNC & IFES 2006), Technical Digest: pp.387-388, Poster, Guilin, China, July 17 - 20, 2006.
 - 8) T. Hizawa, K. Sawada, H. Takao and M. Ishida, Sensing Characteristics of Charge Transfer Type pH Sensor by Accumulative Operation, The 5th IEEE Conference on Sensors, 46, Poster, Daegu, Korea, October, 2006
 - 9) D. Noda, M. Hatakeyama, K. Nishijyou, K. Sawada, M. Ishida, Development of Cavity Structure for Field Emission on Si Substrate, MNC (2006 International Microprocesses and Nanotechnology Conference), pp.330-331, Poster, Kamakura, Japan, October, 2006.
 - 10) Marek Gersbach, Yuki Maruyama, Cristiano Niclass, Kazuaki Sawada, Edoardo Charbon, A ROOM TEMPERATURE CMOS SINGLE PHOTON SENSOR FOR CHEMILUMINESCENCE DETECTION, μ -TAS 2006, Poster, Tokyo, Japan, November, 2006.
 - 11) M. Sudou, H. Takao K. Sawada and M. Ishida :“A NOVEL RF INDUCED DC POWERSUPPLY SYSTEM FOR INTEGRATED UBIQUITOUS MICRO SENSOR DEVICES”,The 14th International Conference on Micro-Sensors, Actuators and Microsystems (TRANSDUCERS.07) | EUROSENSORS XXI, Poster, Vol.1, pp.907-910 (2EG12.P), Cité Centre de Congrès de Lyon, Lyon, France, June 10-14, 2007.
 - 12) M. Ito, M. Takabe, M. Otonari, D. Akai, N. Okada, K. Sawada and M. Ishida“MINIATURE HIGH SENSITIVITY ULTRASONIC TRANSDUCERS USING EPITAXIAL PZT THIN FILMS GROWN ON EPITAXIAL γ -AL₂O₃/SI SUBSTRATES FOR SMART DEVICES”,The 14th International Conference on Micro-Sensors, Actuators and Microsystems (TRANSDUCERS.07) EUROSENSORS XXI, Poster, Vol. 1, pp. 1275-1278 (2EO6.P), Cité Centre de Congrès de Lyon, Lyon, France, June 10-14, 2007.
 - 13) T. Noda, N. Hirokubo, H. Takao, K. Miyamura, N. Oku, K. Matsumoto, K. Sawada and M. Ishida :“NOVEL ABSORPTION PHOTOMETRY MICROCHIP WITH NO REFERENCE SOLUTION”,The 14th International Conference on Micro-Sensors, Actuators and Microsystems (TRANSDUCERS.07) EUROSENSORS XXI, Poster, Vol. 2, pp. 2143-2146 (3EK7.P), Cité Centre de Congrès de Lyon, Lyon, France, June 10-14, 2007.
 - 14) J. W. Kim, Hidekuni Takao, Kazuaki Sawada, and Makoto Ishida :“Development of

- an Integrated Inductor for Impedance Matching on the Fully Integrated Silicon Smart Microsensors”,AWAD2007, Poster, pp.291-294 (J-R18W), Commodore Hotel Gyeongju Chosun, Gyeongju, Korea, June 25-27, 2007.
- 15) W. H. Lee, Young-Tae Lee, Hidekuni Takao, Kazuaki Sawada, and Makoto Ishida :“Fabrication of temperature sensor using thermopile based on Silicon on Insulator(SOI) structure”,AWAD2007, Poster, pp.300-303 (J-R25W), Commodore Hotel Gyeongju Chosun, Gyeongju, Korea, June 25-27, 2007.
 - 16) W. H. Lee, Young-Tae Lee, Jong-Wan Kim, Hidekuni Takao, Kazuaki Sawada, and Makoto Ishida :“Wireless Smart Temperature Sensor Using Pulse Width Modulation”,70th ARFTG Microwave Measurements conference Digest, Poster, Tempe, Arizona, USA, November 29-30, 2007.
 - 17) H. Takao, T. Ichikawa, T. Nakata, K. Sawada, M. Ishida :“Post-CMOS Integration Technology of Thick-Film SOI MEMS Devices Using Micro Bridge Interconnections”,Proceedings of 21st IEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (IEEE MEMS2008), Poster, pp. 359-362, Tucson, Arizona, USA, January 13-17, 2008.
 - 18) Y.Q.Jiang, Q.H.Zhang, T.Kawano, C.Y.Cho and L.W.Lin :“ACTIVATION OF CNT NANO-TO-MICRO CONTACT VIA ELECTRICAL BREAKDOWN”,21st IEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (IEEE MEMS 2008 Conference), Poster, Tucson, Arizona, USA, January 13-17, 2007.
 - 19) N. Kawazu, D. Akai, K. Minakawa, K. Sawada and M. Ishida : “SURFACE-MICROMACHINED PIEZOELECTRIC DEFORMABLE MIRROR USING EPITAXIAL PZT THIN FILMS ON EPITAXIAL γ -AL₂O₃/SI SUBSTRATES”,The 4th Asia-Pacific Conference on Transducers and Micro-Nano Technology (APCOT2008), Poster Session (2) 2S19, Tainan, Taiwan, June 22-25, 2008
 - 20) V. Radhakrishna, H. Takao, K. Sawada, and M. Ishida:“FABRICATION OF Al/Si SCHOTTKY DIODE IN STANDARD CMOS PROCESS FOR MICROWAVE DETECTORS USED IN INTEGRATED WIRELESS SENSOR NETWORK”,The 4th Asia Pacific Conference on Transducers and Micro/Nano Technologies (APCOT 2008), 1S79, pp. 172, Tainan, Taiwan, June 22-25,2008
 - 21) K. Takei, A. Fujishiro, T. Kawashima, K. Sawada, H. Kaneko, T. Kawano and M. Ishida: “Integrated SiO₂ microtube-based electrical neuroprobe array”.The 15th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems (Transducers 2009), Denver, Colorado, USA, June 21-25, 2009.
 - 22) Ikuo Kanja, Mikito Otonari, Takahiro Yogi, Daisuke Akai, Kazuaki Sawada, Makoto Ishida, agaya Okada, Kazuki Higuchi:“High sensitivity ultrasonic transducer array for 2-D hydrophone application, using an epitaxial PZT thin film grown on g-Al₂O₃/Si”, The 15th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems (Transducers 2009), pp.1150-1153, Denver, Colorado, USA, June 21-25, 2009.
 - 23) Takahiro Sugai, Kenro Kikuchi, Ryoto Yoshida, Daisuke Akai, Kazuaki Sawada, Makoto Ishida :“PYROELECTRIC IR SENSOR ARRAY USING LEAD-FREE PYROELECTRIC NBT THIN FILM ON EPITAXIAL γ -Al₂O₃/Si(100) SUBSTRATES”, The 15th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems (Transducers 2009), pp. 1971-1974, Denver, Colorado, USA, June 21-25, 2009.
 - 24) Tetsuhiro Harimoto, Akito Ishihara, Takeshi Kawano, Makoto Ishida, Shiro Usui:“Multichannel recording of the electroretinogram via a silicon whisker multi-electrode array”,European Retina Meeting 2009, O-P14, pp.158, Oldenburg, Germany, October 8-10, 2009.
 - 25) A. Okugawa, K. Mayumi, T. Kawano and M. Ishida“Heterogeneous integration of vapor-liquid-solid grown silicon microprobe arrays/(111) and MOSFETs/(100) using

silicon on insulator substrate”, IEEE Micro Electro Mechanical Systems (IEEE-MEMS) Conference 2010, Hong Kong, January 24-28, 2010.

- 26) M. Sakata, A. Goryu, A. Ikedo, T. Harimoto, M. Ishida, and T. Kawano:
“A VERTICAL MICRO-SCALE LIGHT GUIDING SILICON DIOXIDE TUBE ARRAY FOR OPTICAL NEUROSTIMULATOR”, The 24th International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS2011), pp.1015-1018, Cancun, MEXICO, January 23-27, 2011.

(4)知財出願

①国内出願 (16 件)

- 1) 名称:電波発電回路装置、発明者:石田 誠、澤田和明、高尾英邦、須藤 稔
出願人:豊橋技術科学大学、セイコーインスツル
特願 2005-122007(特願 2004-141817 の国内優先出願)
特許:US7,855,429(登録日:2010.12.21)
- 2) 名称:振動型シリコン触覚分布量センサ装置、発明者:高尾英邦、石田誠
出願人:豊橋技術科学大学
出願日:平成 18 年 1 月 19 日、特願 2006-11182
- 3) 名称:マイクロセル、発明者:高尾英邦、宮村和宏、石田誠
出願人:豊橋技術科学大学、堀場製作所
出願日:平成 17 年 12 月 8 日、特願 2005-355298
- 4) 名称:中空チューブの作成方法、中空チューブ及び中空チューブを用いた装置
発明者:石田 誠、澤田和明、竹井邦晴
出願人:豊橋技術科学大学
出願日:平成 18 年 2 月 15 日、特願 2006-37711
- 5) 名称:シリコン針状体の長さ制御技術、発明者:石田 誠、澤田和明、川島貴弘、船ヶ山直樹、
出願人:豊橋技術科学大学、
出願日:平成 18 年 8 月 17 日、特願 2006-222699
- 6) 名称:累積型化学・物理現象検出装置、発明者:澤田和明、飛沢 健、石田稔幸
出願人:豊橋技術科学大学、(有)オリマッキー
出願日:平成 18 年 3 月 20 日、特願 2006-75996
- 7) 名称:化学・物理現象検出装置、発明者:澤田和明、渡辺恵弥、飛沢 健
出願人:豊橋技術科学大学
出願日:平成 18 年 4 月 4 日、特願 2006-103253
- 8) 名称:発電装置、及び発電方法、発明者:岸 英治、木下恭一、田中勝章、澤田和明
出願人:豊橋技術科学大学、豊田自動織機(株)
出願日:平成 18 年 4 月 17 日、特願 2006-113504
- 9) 名称:pH 検出装置、発明者:澤田和明、牧 徳宝、石田 誠、
出願人:豊橋技術科学大学
出願日:平成 18 年 8 月 3 日、特願 2006-212413
- 10) 名称:半導体基板上の積層構造
発明者:石田 誠、澤田和明、赤井大輔、伊藤幹記、大隣樹人、菊池賢朗、郭 益平
出願人:豊橋技術科学大学
出願日:平成 19 年 3 月 15 日、特願 2007-66393
- 11) 名称:集積装置、
発明者:石田 誠、澤田和明、赤井大輔、平林京介
出願人:豊橋技術科学大学
出願日:平成 19 年 6 月 2 日、特願 2007-520083

- 12) 名称:半導体基板上的積層構造
 発明者:石田 誠, 澤田和明, 赤井大輔, 伊藤幹記, 大隣樹人, 菊池賢朗, 郭 益平
 出願人:豊橋技術科学大学
 出願日:平成 19 年 6 月 9 日、特願 2007-152277
- 13) 名称:デルタシングマアナログデジタル変換器及びそれを用いる多入力アナログ加算比較器並びに多入力アナログ加算器
 発明者:西田芳雄
 出願人:豊橋技術科学大学
 出願日:平成 21 年 5 月 3 日、特願 2009-112382
- 14) 名称:マルチモーダルセンサ
 発明者:二川雅登, 澤田和明
 出願人:豊橋技術科学大学
 出願日:平成 21 年 10 月 1 日、特願 2009-229164
- 15) 名称:土壌の水分状態特定装置及びその方法
 発明者:二川雅登, 澤田和明
 出願人:豊橋技術科学大学
 出願日:平成 22 年 6 月 17 日、特願 2010-138443
- 16) 名称:周波数特製の調整方法、半導体装置の製造方法及び半導体装置
 発明者:石田 誠, Nguyen Tuan Anh, 原田八十雄, 李 旺勳
 出願日:平成 22 年 10 月 5 日、特願 2010-226062

②海外出願 (4 件)

- 1) 名称:集積装置
 発明者:石田 誠, 澤田和明, 赤井大輔, 平林京介
 出願人:豊橋技術科学大学
 出願日:平成 17 年 6 月 2 日、PCT/JP/2006/311127
- 2) 名称:触覚センサ装置、
 発明者:高尾英邦, 石田 誠,
 出願人:豊橋技術科学大学、
 出願日:平成 19 年 1 月 10 日、PCT/JP2007/050162
 国際公開:平成 19 年 7 月 26 日、WO2007/083546
- 3) 名称:半導体基板上的積層構造
 発明者:石田 誠, 澤田和明, 赤井大輔, 伊藤幹記, 大隣樹人, 菊池賢朗, 郭 益平
 出願人:豊橋技術科学大学
 出願日:平成 19 年 12 月 12 日、PCT/JP2007/073922
- 4) 名称:マルチモーダルセンサ
 発明者:二川雅登, 澤田和明
 出願人:豊橋技術科学大学
 出願日:平成 22 年 9 月 15 日、PCT/JP2010/65965

(5)受賞・報道等

① 受賞

- 1) 受賞者:矢和田将貴、高尾英邦、澤田和明、石田誠
 名称:IEEE システム LSI デザイン賞
 受賞テーマ:“MEMS 技術による柔軟型シリコン触覚イメージセンサ”
 電子情報通信学会集積回路研究専門委員会主催 第 10 回システム LSI ワークショップ
 (北九州市、06 年 11 月 26~28 日開催)において、IEEE システム LSI デザイン賞を受賞した。本賞は IEEE Solid-State Circuit Society Japan より、独創的発想のシステム

- LSI 設計に関する最も優れた研究発表に対して贈呈される。
- 2) 受賞者:高尾 英邦, 矢和田 将貴, 澤田 和明, 石田 誠
名 称:第 9 回LSI IPデザインアワード IP賞 (2007 年 4 月 26 日)
受賞テーマ:“複合検知能を集積化したシリコン 2 次元触覚イメージセンサ”
 - 3) 受賞者:高尾 英邦
名 称:日本機械学会 情報・知能・精密機器部門賞 2007年度優秀講演論文賞(2008 年 3 月 17 日)
受賞テーマ:“埋込応用を目指したシリコンMEMS変形計測センサ”
 - 4) 受賞者:石田 誠, 赤井大輔, 岡田長也
名 称:第 25 回(平成 19 年度)「永井科学技術財団 財団賞」共同研究奨励金(2008 年 3 月 26 日)
受賞テーマ:“スマート超音波マイクロセンサの開発”
 - 5) 受賞者:高尾 英邦
名 称:平成 20 年度文部科学大臣表彰 若手科学者賞(2008 年 4 月 15 日)
受賞テーマ:“半導体工学分野における知能化センシングデバイスの研究”
 - 6) 受賞者:小玉 亮, 高尾 英邦, 岡田浩希, 高尾英邦, 石田 誠, 澤田和明
名 称:第 10 回 LSI-IP デザインアワード 開発助成部門 開発助成賞
受賞テーマ:CMOS 後の MEMS 加工技術を用いる高感度3次元微弱力センサアレイIP”
 - 7) 受賞者:松尾純一, 中澤寛一, 飛沢 健, 高尾英邦, 石田 誠, 澤田和明
名 称:社団法人応用物理学会 第 24 回(2008 年春季)応用物理学会「講演奨励賞」(2008 年 4 月 24 日)
受賞テーマ:“バイオイメージングに向けた光・pH 融合イメージセンサの製作”
 - 8) 受賞者:岡田浩希, 高尾英邦, 石田 誠, 澤田和明
名 称:電子情報通信学会 LSI とシステムのワークショップ, ICD 最優秀ポスター賞 (2009 年 5 月 20 日)
受賞テーマ:“滑り覚検知能を備えた多機能集積化 CMOS/MEMS 触覚イメージセンサ”,
 - 9) 受賞者:石田 誠, 澤田和明
名 称:電気学会 電気学術振興賞 進歩賞(2009 年 5 月 27 日)
受賞テーマ:“MEMS と電子回路の集積化技術とそれを用いた先進デバイスの研究”
 - 10) 受賞者:池戸昭仁, 河野剛士, 石田 誠
名 称:The 15th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems (Transducers 2009) OUTSTANDING PAPER AWARD(2009 年 6 月 25 日)
受賞テーマ: “Out-of-plane microwire force sensor arrays with embedded p-n diodes by selective vapor-liquid-solid growth”
 - 11) 受賞者:二川雅登
名 称:電気学会 センサ・マイクロマシン部門 第 26 回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム優秀賞
受賞テーマ:3 種類のセンサを一体化した農業用マルチモーダルセンサの開発
 - 12) 受賞者:石田 誠
名 称:2010 年度社団法人応用物理学会 フェロー(秋季応用物理学講演会)(2010 年 9 月 14 日)
受賞テーマ:エピタキシャル成長とスマートマイクロセンサの先駆的研究
 - 13) 受賞者:池戸昭仁、河野剛士、石田誠
名 称:応用物理学会 第 2 回集積化 MEMS シンポジウム 研究奨励賞 (2010 年 10 月 14～15 日)
受賞テーマ: pn 接合を有する垂直配向 Si マイクロワイヤを用いた突出型フォースセンサアレイ
 - 14) 受賞者:牛流章弘、池戸昭仁、石田誠、河野剛士

名称:応用物理学会第2回集積化 MEMS シンポジウム 研究奨励賞 (2010年10月14~15日)

受賞テーマ:ナノスケール先鋭化マイクロプローブ神経電極の集積化技術

② マスコミ(新聞・TV等)報道

1) 年月日:2007年10月29日 9面

媒体 :日経産業新聞

内容 :「物の形や温度,人より鋭い感覚発揮,豊橋技科大センサー開発,介護ロボ応用も」

反響 : センサデバイスへの問い合わせが増加。

効果 : 本学の触覚センサ研究の水準が広く認知された。

2) 年月日:2008年1月16日掲載

媒体 :日経 Tech-On!

内容 : [MEMS2008] SOIにMEMSとCMOSを集積する技術

反響 : 企業からの協業等問い合わせ有り。

効果 : 本学の知能化センサ技術の水準が広く認知された。

3) 年月日:2008年2月25日号

媒体 :日経エレクトロニクス

内容 :特集「五感センサ」:「点字が読める指」を再現へ pp. 63-64

反響 : 共同研究の問い合わせが増加。

効果 : 本学の触覚センサ研究の水準が広く認知された。

4) 年月日:2008年7月3日

媒体 :東日新聞、東愛知新聞、朝日新聞、中日新聞、農業新聞

内容 :「IT食農先導士」を養成、工学と農学の融合を目指す

反響 :産学官連携の一つとして、地域密着型の事業であることからIT農業に取り組んでいる地域企業からの期待が大きい。

効果 :本学の先端農業・バイオリサーチセンターの取り組みや本学が進めている農工連携を大きくPRすることができた。

5) 年月日:2009年11月16日

媒体 :日経産業新聞

内容 :土壌センサーとして紹介される

反響 :農業のIT化に取り組んでいる企業からの期待が大きい。

効果 :本学のマルチモーダルセンサ研究が農業分野に応用できることを広くアピールすることができた。

③ その他

1) 西田芳雄、「極限まで簡素化されたアナログ信号加算器とその応用」、豊橋技術科学大学新技術説明会、科学技術復興機構 JST ホール、2009年7月17日

(6)成果展開事例

①実用化に向けての展開

・経済産業省「地域イノベーション創出研究開発事業」に採択され、現在実施中。課題名「マルチモーダルセンサによる施設園芸生産安定支援システムの開発」(H22~23)

・JST「さきがけ」事業“脳情報の解読と制御”に採択され、現在実施中 課題名「電気、化学、光学的マイクロ/ナノニューロプローブアレイの開発」(H22~H28)

・科学研究費補助金“若手 B”に採択され、現在実施中 課題名「脳、神経細胞内、電気・化学ナノスケール解析プローブアレイデバイスの開発」(H22~H23)

②社会還元的な展開活動

・得られた成果「マルチモーダルセンサの農業用途」について、アグリビジネス創出フェアという展

示会に出展し、観客 150 名を集めた。

§ 6 研究期間中の主なワークショップ、シンポジウム、アウトリーチ等の活動

年月日	名称	場所	参加人数	概要
06 年 03 月 28 日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 VBL	3 名	05 年度における研究実施の進捗報 告と今後の方針確認
06 年 06 月 08 日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 VBL	7 名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
06 年 07 月 21 日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 VBL	7 名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
06 年 09 月 25 日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 VBL	7 名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
06 年 10 月 03 日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C 棟	7 名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
06 年 10 月 30 日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C 棟	7 名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
06 年 11 月 02 日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C 棟	7 名	2006 年度キックオフミーティングの 発表内容総括
06 年 12 月 07 日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C 棟	7 名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
07 年 01 月 25 日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C 棟	7 名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
07 年 02 月 08 日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C 棟	7 名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
07 年 02 月 23 日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C 棟	7 名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
07 年 03 月 09 日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C 棟	7 名	06 年度における研究実施の進捗報 告と今後の方針確認
07 年 07 月 11 日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C 棟	11 名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
07 年 07 月 30 日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C 棟	11 名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
07 年 08 月 29 日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C 棟	11 名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
07 年 10 月 02 日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C 棟	11 名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
07 年 11 月 29 日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C 棟	11 名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
07 年 12 月 25 日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C 棟	11 名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
08 年 02 月 26 日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C 棟	11 名	07 年度における研究実施の進捗報 告と今後の方針確認
08 年 04 月 30 日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C 棟	9 名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
08 年 06 月 06 日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C 棟	9 名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
08 年 07 月 14 日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C 棟	9 名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)

08年08月26日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C棟	9名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
08年10月07日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C棟	9名	中間報告会内容の総括と確認
08年11月05日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C棟	7名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
08年11月28日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C棟	7名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
08年12月22日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C棟	6名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
09年02月03日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C棟	7名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
09年02月24日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C棟	7名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
09年03月27日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C棟	6名	08年度における研究実施の進捗報 告と今後の方針確認
09年04月08日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C棟	9名	09年度における研究実施の進捗報 告と今後の方針確認
09年05月08日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C棟	9名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
09年06月05日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C棟	7名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
09年07月09日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C棟	7名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
09年07月28日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C棟	8名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
09年09月01日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C棟	9名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
09年10月09日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C棟	7名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
09年10月27日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 VBL	9名	LSI ファウンドリ外部試作実施に向 けたミーティング
09年11月04日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 VBL	3名	LSI ファウンドリ外部試作実施に向 けたミーティング
09年11月06日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 VBL	6名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
10年02月23日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C棟	9名	09年度における研究実施の進捗報 告と今後の方針確認
10年04月20日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C棟	7名	10年度における研究計画及び方針 確認
10年05月14日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C棟	8名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
10年06月10日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C棟	6名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
10年06月14日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C棟	9名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
10年06月17日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 VBL	4名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
10年06月24日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学 C棟	9名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)

10年06月29日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学C棟	6名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
10年07月08日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学C棟	9名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
10年07月27日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学C棟	6名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
10年08月06日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学C棟	6名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
10年09月02日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学VBL	4名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
10年09月17日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学C棟	8名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
10年10月18日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学C棟	8名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
10年10月29日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学C棟	8名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
10年12月01日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学C棟	8名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
11年01月14日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学C棟	8名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
11年03月22日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学C棟	7名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)
11年03月29日	チームミーティング	豊橋技術科学 大学C棟	7名	研究実施の進捗報告と方針確認 (定期ミーティング)

§7 結び

研究目標の設定、研究成果、運営、研究メンバー等、本プロジェクトを総合的に評価すると、全体としては、高度なセンサ及びデバイス開発を推進し、学術的にも価値が高い研究成果を多数得ることができ、研究目標をほぼ達成することができた。本プロジェクトの最終目標として目指してきたのは、ユビキタスセンサ・ネットワークに接続可能な、完全無線の「ユビキタスセンサ・マイクロノード」の実現であった。その成果として、無線電源回路機能の集積化技術及びオンチップアンテナ技術の構築を実現することができ、その中から発現した応用開発は現在実用化に向けた取り組みが進められている。

特に事業開始当時は本プロジェクトに関わる各種デバイスプロセス設備の導入が可能となり、格段に研究を推進することができた。また、セイコーインスツル(株)、理化学研究所、産業技術総合研究所等の企業及び研究機関の協力を得ることができ、それぞれのシーズを最大限に活用し、本学では不足している評価技術に関し協同で研究を行う事が出来たことも大きな成果といえる。これらの成果の一部は、現在実用化を目指した企業との共同研究に発展し新たな技術の創成を目指す。学術的には国内外の大学、研究所との協同研究、新たな異分野融合研究所設立(豊橋技術科学大学)の中核成果となった。エネルギーハーベストによるバッテリーなしの理想的マイクロチップ技術、オンチップアンテナ技術はその代表的な例である。世界でまだ実現されていないこの技術は未来の理想的スマートマイクロチップの可能性を持った大切なシーズであり、将来の発展が期待される。また、参画した研究者は、本プロジェクトで行った研究開発テーマを基に学術論文・国際会議・招待講演での発表を行い、その中からさらに荣誉ある賞を受賞するなど自己の研究のみならず、素晴らしい成果をあげることができた。一方、若手研究者らは新たな研究機関及び各専門分野に進み、研究テーマの新たな展開を模索しながら、今後本プロジェクトで得た成果を発展的に取り組む活動を開始している。

