

挨拶

センター長 宮原邦幸

工学研究機器センター報告第 38 号をお届けします。本報告書は当熊本大学工学部附属工学研究機器センターを利用して、平成 16 年 11 月から平成 17 年 10 月までの間に、学内外で発表された論文などの要旨をまとめるとともに、当センターの現況をお知らせするものです。

当センター報告書はこれまで、印刷物として製本し配布しておりましたが、本号から電子ファイルのまま、本センターのホームページに掲載することに致しました。十分にご活用いただければ、と思います。

これまでの研究機器が次第に老朽化してゆく中、最新機器の新設に関する妙案を未だご提案できないでいる状況でもあるにも拘わらず、多大の皆様のご利用を戴き、本年もかかる立派な報告書を発行することができましたことを、心からお喜び申し上げます。

これからも、なお一層のご利用を宜しくお願い致します。

〔環境システム工学科〕

38- 1 一定軸荷重と強制部材角を受ける鋼柱の高温時の崩壊挙動

環境システム工学科 助 教 授 岡 部 猛
東京工業大学 助 教 授 安 部 武 雄

建築構造用鋼材(SN490B)を用いた両端固定支持の矩形断面鋼柱試験体を対象に、一定軸荷重下で漸増温度と強制部材角とを同時に加える鋼柱材の座屈崩壊実験を行い、柱の崩壊温度に及ぼす強制部材角の影響を調べた。また、数値計算によるシミュレーションを行い、実験挙動の考察の一助とした。その結果、次のような知見が得られた。

〔1〕一定荷重下漸増温度実験の結果から、強制部材角 $R=1/50$ と $1/25$ の影響による鋼柱の崩壊温度 T_{cr} の低下は、軸力比 $P/P_{yRT}=0.2$ の場合で数度 C と小さく、軸力比 $P/P_{yRT}=0.5$ の場合でも高々 $50^{\circ}C$ 以下であることが示された。

〔2〕実験後の試験体の残留変形を観察すると、強制部材角 $R=0.0$ (中心圧縮)の場合は、上下対称形の1次の座屈モードの変形が残留しており、強制部材角 $R=1/50$, $1/25$ の場合は、上下逆対称の曲げせん断変形に上下対称形の1次の座屈モードの変形が重ね合わさったような変形が残留している。従って、強制部材角 R が加えられたことにより当初上下逆対称変形を呈する場合でも、軸力 P による崩壊時には上下対称形の分岐座屈挙動を起こすと考えられる。

〔3〕実験値と計算値は全体的に良い対応を示しており、鋼材料の詳細な応力ひずみ関係式を用いた弾塑性クリープ熱変形解析法により、一定軸荷重下で強制部材角と漸増温度を受ける鋼柱材の崩壊に至る実験挙動を精度良く予測できることが示された。

以上のように本研究では、一定軸荷重を受ける矩形断面鋼柱部材を対象に強制部材角が崩壊挙動に及ぼす影響を調べた。その結果、本実験の範囲では強制部材角 R が鋼柱部材の高温時の荷重支持能力に及ぼす影響は大きなものではないことが示された。

(日本建築学会構造系論文集 No.587 2005.1)

38- 2 大断面鋼柱の載荷加熱実験の数値解析

環境システム工学科 助 教 授 岡 部 猛
国土交通省防火基準研究室 室 長 河 野 守

大断面鋼柱の高軸力載荷加熱実験における力学的挙動を1次元有限要素法による熱弾塑性クリープ変形挙動解析法によりシミュレートし、実験結果と数値解析結果を比較検討した。その結果を以下に示す。

[1] 普通鋼 SN490C で作製された柱実験 Exp-1A の場合、片面が急激に 800℃以上の高温に加熱されて崩壊に至るが、高温クリープ挙動を考慮に入れた数値解析法により精度よく実験挙動を追跡できることが示された。[2] 普通鋼 SN490C で作製された柱実験 Exp-2 の場合、1 時間あたり 100℃の割合いで極めてゆっくりと温度上昇しながら軸荷重による収縮挙動を示すが、このような挙動は高温クリープ挙動を無視した数値解析では得ることができず、高温クリープ挙動を考慮に入れた数値解析を行う必要があることが示された。[3] 耐火鋼 NSFR490C で作製された柱実験 Exp-3A の場合、片面が 120 分で 800℃の高温に加熱されて崩壊に至るが、高温クリープ挙動を考慮に入れた数値解析法結果は実験結果よりも 15 分程早く崩壊に至り、高温クリープ挙動を無視した数値解析法結果は実験結果よりも 15 分程遅く挙動することが示された。[4] 柱の伸縮 Δ が最大となる時刻や一定軸荷重 P を保持できなくなる時刻などの実験値と計算値の誤差は最大で 10%程度であり、高温クリープ挙動を考慮した解析結果は、実験値に比較して安全側の値を与えることが示された。

以上のように大断面鋼柱の高軸力載荷加熱実験を数値解析によりシミュレートし結果を考察すると、鋼材の高温クリープ特性データの重要性が認識される。未だに実験が行われていない SN490C 鋼材等の高温クリープ特性を実験的に明らかにすることは急務であると考えられる。

(日本建築学会構造工学論文集 Vol.51B 2005.3)

38-3 場の情報共有システムを用いたワークショップの運用技術に関する研究

環境システム工学科	教授	両角光男
環境システム工学科	助手	大西康伸
大学院自然科学研究科	前期課程	出口裕二
大学院自然科学研究科	前期課程	森貴弘

まちづくりワークショップ（WS）は、市民が環境デザインに参加する重要な機会として広く知られている。場に関する特徴を手軽に記録できるデジタルカメラは、WSにとってたいへん便利な道具である。しかし、撮影した画像データが増えるに従い、通常短時間で実施されるWSにおいてそれらをどのように扱うかが問題となる。WS参加者は、膨大な画像を発表用にまとめる際に手間が必要だけでなく、参加者間でそれらを円滑に共有することが困難である。

場の情報を記録する道具としてデジタルカメラを利用することを前提に、筆者らはまちづくりWSを支援するための、web-GIS技術を活用したプロトタイプシステムを開発した。システムは、画像データや文章などの場に関する情報を撮影地点と結びつけて地図上に登録する Mapping Unit と、地図上に登録された画像データをプレゼンテーションの際に表示する Image Data Sharing Unit の2つから構成される（図1）。次に、システムを適用したWSを運営するための様々な技術を構築した。都市デザインWSの運営手順を考察し、それに適応した会場の情報環境および会場のレイアウトを構築した。さらに、システムを用いたWSを円滑に進めるために、特別なサポート組織を構成した。

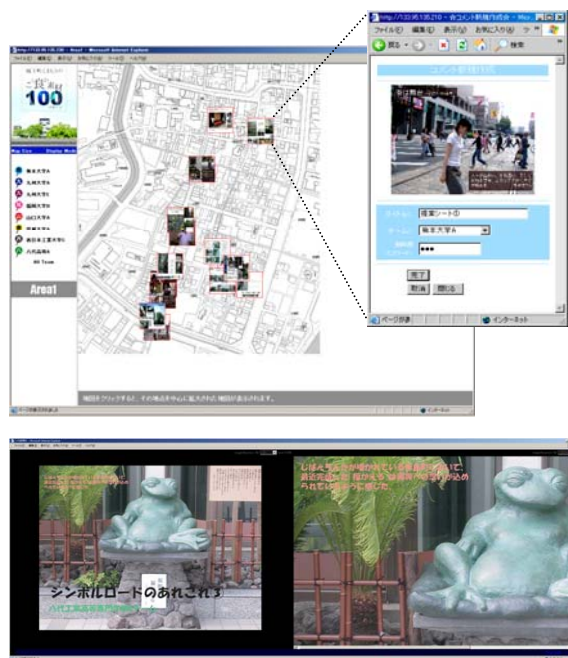


図1 プロトタイプシステム
(上: Mapping Unit、下: Image Sharing Unit)



図2 ワークショップ実施の様子

プロトタイプシステムおよび運営技術の評価のために、筆者らは91名の学生が16チームに分かれて参加した都市デザインWSを開催した（図2）。都市デザインWSの実施過程やその成果、参加者へのアンケート結果から、多人数が参加したにもかかわらず、提案した運営技術によりWSを円滑に実施することができた。

(Proceedings of the Tenth Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia
(New Delhi), Volume 1, pp.142-153, 2005.4)

〔知能生産システム工学科〕

38- 4 A5052/SPCC 接合界面における反応相とクラックの相互作用

知能生産システム工学科 教 授 里 中 忍
助 教 授 岩 本 知 広
大学院自然科学研究科 前期課程 邱 然 鋒

カバープレートを用いた抵抗スポット溶接法によりアルミニウム合金とステンレス鋼の接合を行った。異材接合強度の影響因子の一つとして、界面組織と強度の関係の解明が重要である。本研究では界面強度を左右する反応相を電子顕微鏡により観察し、EDS により反応相を同定した。また、SEM 内において A5052/SPCC 接合体の引張実験を行い、強度に及ぼす反応相の影響を調べた。

接合した試料はアルミニウム合金 A5052 と軟鋼 SPCC である。溶接条件として電極加圧力 1715N、通電時間 10 サイクル一定とし、溶接電流は 4000～11000A の間で 1000A 毎に変化させた。溶接した試料を界面に垂直に切断、研磨して、SEM により断面観察した。この試料を薄膜化、イオン研磨し、TEM により界面の微細組織の観察及び EDS による元素分析、電子線回折図形により反応相を同定した。また、破面における反応生成物を確認するために溶接した試料に引張実験を行い、その破面の EPMA 成分分析を行った。さらに、クラックの進展を微視的に確認するために、試料を 50 μm まで研磨して SEM 内に取り付け、SEM 観察しながら引張実験を行った。

電子顕微鏡観察結果などから、A5052/SPCC 界面には小さい結晶粒の FeAl_3 と大きな結晶粒の Fe_2Al_5 が存在していることが分かった。これらの結晶粒は、溶接端部では小さく、中央部で徐々に大きくなるような分布を示した。

破面の成分分析から、せん断引張の場合は SPCC 側破面でも Al の成分が多く観察された。SEM 内における引張実験の結果では、クラックは接合部のエッジで A5052/SPCC 界面を進展したが、内部では A5052 内を進む傾向が見した。これにより、界面に生成された反応相はせん断強度に及ぼす影響が少ないものと推察された。

(日本顕微鏡学会第 50 回シンポジウム 2005.9)

38-5 炭化ケイ素の抵抗溶接接合界面の組織観察

知能生産システム工学科 助 教 授 岩 本 知 広
教 授 里 中 忍
大学院自然科学研究科 前期課程 濱 砂 光治良

SiC は耐熱性、耐摩耗性、耐腐食性、軽量性に優れるなど多くの特徴をもっている。しかし、この SiC の実用材料としての適応範囲を広げるためには、セラミックス同士または金属材料との接合が不可欠である。それらの接合法として、ろう付け法や焼結法等があるが、接合に時間を要し、雰囲気制御が必要な場合が多い。そこで、本研究では大気中で瞬時に接合可能で量産性に優れたセラミックスの抵抗溶接法を開発した。そして作成した接合体の界面解析を通じ、界面構造の制御の可能性について組織学的観点から研究を行った。

接合には多結晶 SiC、被接合材として Ag-Cu-Ti 合金、アルミニウム等を用いた。2×2×1mm に加工した 2 枚の SiC の間に被接合材を挟み、SiC に通電することにより発熱させ接合を行なった。本接合では大気中、交流 30A で接合温度を約 600℃～2300℃まで変化させた種々の試料を作成した。SiC 接合体は界面組織観察のため、界面に対して垂直に厚さ 300 μm に切断し、表面を研磨後、走査型電子顕微鏡観察を行なった。さらに同じ試料を機械研磨により薄くした後、イオン研磨を施し、透過型電子顕微鏡観察を行なった。また、電子回折図形および EDS による元素分析により反応相を同定した。

本接合法により SiC と様々な金属材料との接合体を作成するのに成功した。SiC/Al 接合体の透過型電子顕微鏡による界面組織観察では、SiC との界面に Al₄C₃ 相、アモルファス相が確認でき、局所的に Al と SiC の直接接合面も観察された。Al と SiC の界面では、SiC(111)/Al(111)(界面方位)、SiC(1-10)/Al(1-10)の結晶学的方位関係が観察され、原子レベルで非常に平坦な形状を呈していた。SiC/Ag-Cu-Ti 合金接合体の界面においては、TiC 相、Ti₅Si₃ 相が生成していたが、その厚さは数 nm であった。

38- 6 新概念超平滑研削法における研削特性

－砥石切込み 1mm での炭化けい素セラミック研削の試み－

知能生産システム工学科 教 授 安 井 平 司
大学院自然科学研究科 前期課程 山 本 雄 記
大学院自然科学研究科 後期課程 澤 武 一

先に, 新概念の基で開発した超平滑研削法について, これまで, 研削油剤や工作物材料を変えて研削特性を検討し, ナノメータ超平滑面を得るために, 有用であることを示した. 本報では, 超平滑法の高効率化を目指し, #140 の粗粒砥石を用いて, 砥石切込み 1mm までの範囲での炭化けい素ファインセラミックの研削実験を行い, 仕上面粗さを始めとする研削特性に及ぼす砥石切込みの影響を実験的に検討した.

(2005 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, pp.811-812, 2005. 3)

38- 7 新概念超平滑研削法における研削特性

－炭化けい素と窒化けい素の研削特性比較－

知能生産システム工学科 教 授 安 井 平 司
大学院自然科学研究科 後期課程 澤 武 一
大学院自然科学研究科 前期課程 山 本 雄 記

新概念を基に開発した超平滑研削加工法を平面研削加工に適用して, 著者らは, 先に, 粗粒(＃140)ダイヤモンド砥石による各種ファインセラミックのナノメータ超平滑仕上面の形成に及ぼす研削油剤の効果や研削条件の影響について検討してきた. 本報では, 炭化けい素セラミック(HPSC)と窒化けい素セラミック(HIPSN)の超平滑研削加工における研削条件と研削仕上面形成状態の関係等の研削特性を比較検討した結果について報告する.

(2005 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, pp.813-814, 2005. 3)

38- 8 Ultra-smoothness Grinding of Silicon Carbide in Depth of Cut of 1mm

知能生産システム工学科 教 授 安 井 平 司
大学院自然科学研究科 前期課程 山 本 雄 記
職業能力開発総合大学校
精密機械システム工学科 澤 武 一

To machine the ceramic component of high quality by low productive cost, the high productive ultra-smoothness grinding technique of the fine ceramics has been strongly required. To improve the productivity, in our previous researches, the newly devised ultra-smoothness grinding method is proposed and ascertained to be useful for finishing to the ultra-smoothness surface below 30nm (Rz) or 5nm (Ra).

In this research, the influence of depth of cut on ultra-smoothness grinding of silicon carbide is examined. The depth of cut ranges from 5 micro-m to 1mm. The f_g and f_p used are 10micro-m/rev and 10 micro-m /pass. The specification of metal bond diamond wheel used is the grain size of #140 and the concentration of 50. The observation and roughness measurement of the ground workpiece surface are done with Nomarski microscope and SEM, and with the surface interferometer (WYKO TOPO-3D), respectively.

(Proc. 5th International Conference of the European society for precision engineering and nanotechnology, pp.599-602, 2005. 5)

38- 9 高切込み超平滑研削法の検討 —ガラスの場合—

知能生産システム工学科 教 授 安 井 平 司
大学院自然科学研究科 前期課程 山 本 雄 記
大学院自然科学研究科 前期課程 宮 本 謙 輔

先に、新概念に基づき開発された超平滑研削法について、粗粒ダイヤモンド砥石を用いて、その有用性を示し、各種研削条件における研削特性を検討した。また、炭化けい素ファインセラミックスの高切込み超平滑研削加工をおこなない、砥石切込み量が研削仕上面粗さおよび、研削抵抗に及ぼす影響を実験的に検討した。本報はガラスの超平滑研削法において、砥石切込み量が仕上面粗さを始めとする、研削特性に及ぼす影響を実験的に検討した。

(2005 年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, pp.1155-1156, 2005. 9)

38-10 新概念超平滑立型研削法における研削特性

—各種材料の超平滑研削の可能性—

知能生産システム工学科 教 授 安 井 平 司
大学院自然科学研究科 前期課程 山 本 雄 記
大学院自然科学研究科 前期課程 古 屋 昌 吾

従来の研削加工法は、研削方向に対して直角方向の仕上げ面粗さの向上が困難であった。そこで新概念に基づく超平滑研削法が開発され、その有用性が確認された。しかし、その除去速度の向上が大きな課題であった。先の研究で、除去率の大幅な向上が可能である、立型研削盤に超平滑研削法を適用した、超平滑立型研削法を開発した。本報では、開発した超平滑立型研削法を用いてファインセラミックス、超硬合金およびダイス鋼などの、各種材料の超平滑研削加工を行い、本研削法の有用性を実験的に検討した。

(2005 年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集 pp.1157-1158)

38-11 新概念超平滑立型研削法における研削特性

—砥石結合度の影響—

知能生産システム工学科 教 授 安 井 平 司
大学院自然科学研究科 前期課程 山 本 雄 記

遊離砥粒加工法により得られる仕上面粗さに匹敵する研削加工法として、超平滑研削法が開発され、その有用性が示された。しかし、その除去速度は遊離砥粒加工に比べて格段に高いとはいえない。そこで、先の研究で、除去速度の飛躍的な向上が期待できる、超平滑立軸研削法が考案された。本研削法は小径の軸付砥石を高速回転させることにより、高能率化を図った研削法である。本報では、超平滑立軸研削法における、研削砥石の種類が研削仕上面粗さ、および砥石の成形に及ぼす影響を実験的に検討した。

(2005 年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集 pp.1153-1154)

38-12 Ultra-Smoothness Grinding of Cemented Carbide

Using Newly Developed Method

知能生産システム工学科 教授 安井 平 司
大学院自然科学研究科 前期課程 山 本 雄 記
大学院自然科学研究科 前期課程 宮 本 謙 輔
大学院自然科学研究科 前期課程 古 屋 昌 吾
職業能力開発総合大学校
精密機械システム工学科 澤 武 一

The high productive ultra-smoothness grinding technique of difficult-to-cut metals such as cemented carbide, hardened die steel and so on has been strongly required. In our previous researches, the newly devised ultra-smoothness grinding method is proposed and ascertained to be useful for finishing the ceramics to the ultra-smoothness surface below 30nm (Rz) or 5nm (Ra).

In this report, ultra-smoothness grinding characteristics of cemented carbide are examined. The specification of metal bond diamond wheel used is the grain size of #140 and the concentration of 50. The observation and roughness measurement of the ground workpiece surface are done with Nomarski differential interference microscope and Scanning Electron Microscope (SEM), and with the surface interferometer (WYKO TOPO-3D), respectively.

(The 20th Annual Meeting Proceeding of American Society for Precision Engineering, 2005. 10)

38-13 立軸研削盤を用いた超硬合金の新概念超平滑仕上面粗さ

知能生産システム工学科 教授 安井 平 司
大学院自然科学研究科 前期課程 山 本 雄 記

先の研究において、超平滑研削加工法を考案・開発し、その有用性および研削特性の実験的検討を行った。また、加工能率の向上を目的として、超平滑立軸研削法を考案し、各種材料において、その有用性が確認した。本研究は、開発した超平滑立軸研削法を超硬合金の平面研削加工に適用し、研削条件が仕上げ面に及ぼす影響について実験的に検討した。

(2005 年度精密工学会九州支部 鹿児島地方講演会講演論文集, pp. 63-64)

〔物質生命化学科〕

38-14 Chromatographic removal of host cell DNA from cellular products using column packings with cationic copolymer beads

(カチオニックコポリマー充填カラムを用いたタンパク質水溶液からの DNA の除去)

物質生命化学科	助 手	坂 田 眞砂代
大学院自然科学研究科	後期課程	中 山 実
大学院自然科学研究科	前期課程	藤 崎 貴
物質生命化学科	助 教 授	森 村 茂
物質生命化学科	助 教 授	國 武 雅 司
物質生命化学科	教 授	平 山 忠 一

This paper describes a method for selective removal of DNA from various cellular products using columns packed with cross-linked poly(ethyleneimine) (PEI) beads or cross-linked N,N-dimethylaminopropylacrylamide (DMAPAA) beads. Each bead type showed a high DNA-adsorbing activity under experimental conditions of pH 5.0-9.0 and ionic strength of $I = 0.05-0.4$. When α -globulin was present in solution with DNA under physiological conditions (pH 7.2, $\mu = 0.17$), DNA-removing activity of PEI columns was unsatisfactory because both the DNA and the α -globulin were adsorbed onto the column. In contrast, DMAPAA columns allowed removal of DNA from various protein solutions contaminated with DNA. DNA concentration in each treated protein solution was below 10 ng/mL, and high recovery of proteins was obtained.

(Chromatographia, vol. 62, pp.465-470, 2005.11)

38-15 Chromatographic removal of endotoxin from cellular products

with poly(ε -lysine)-immobilized cellulose beads

(ポリリジン固定化セルロースビーズを用いた生体関連物質溶液からのエンドトキシンの除去)

物質生命化学科	助 手	坂 田 眞砂代
大学院自然科学研究科	後期課程	中 山 実
物質生命化学科	助 教 授	國 武 雅 司
物質生命化学科	教 授	平 山 忠 一

In this study, to remove endotoxin (lipopolysaccharides; LPS) from cellular products used as drugs, poly(Σ -lysine)-immobilized cellulose beads (PL-cellulose) were prepared. The PL-cellulose beads with large or small pore-size were prepared by a immobilization of poly(Σ -lysine) (produced by *Streptomyces albulus*, M_n : 4000) on to chloromethyloxirane-activated cellulose beads (Cellufine-CPC or -GC15)(Chisso Corp.), respectively. Although the beads with large pore-size of $M_{lim}>2\times 10^6$ (PL-cellulose- 10^6) showed a high adsorbing activity of LPS, the beads also adsorbed an acidic protein, such as BSA, at pH 7.0 and a low ionic strength of $I=0.05$. By contrast, PL-cellulose- 10^3 with small pore-size ($M_{lim}: 2\times 10^3$) selectively adsorbed LPS from a BSA solution at a low ionic strength of $I=0.05$, without adsorption of the BSA. As a result, affinity chromatography techniques using PL-cellulose- 10^6 and PL-cellulose- 10^3 can reduce concentrations of endotoxin to 100 pg/mL or lower in various protein solutions at physiological pH and the ionic strength of 0.2 and 0.05, respectively. The techniques do not affect the recovery of even acidic proteins such as BSA.

(Proceeding of 29th High Performance Liquid Phase Separations and Related Techniques, p.534, Stockholm, Sweden, 2005.6)

38-16 炭素素材を用いた酵素電極の作製と

グルコース - 空気バイオ燃料電池への応用

大学院自然科学研究科 前期過程 岸 川 茉 莉
物質生命化学科 助 手 富 永 昌 人
教 授 谷 口 功

生体内では、酵素を用いることで体内に取り入れた糖を二酸化炭素まで酸化するとともに、空気中の酸素を水に還元することでエネルギーを得ている。この生体内反応を模して作られたものが、酵素を利用して糖類と酸素を燃料とする生物燃料電池である。

本研究では電極上に固定化したカーボンブラック(CB)上に酸素の還元能を持つビリルビンオキシダーゼ(BOD)を修飾し、酸素還元電極を作成した。一方、グルコース酸化極は、電極上に固定化したCB上に、グルコースの酸化酵素としてグルコースオキシダーゼ(GOD)、メディエーターとして4-4'ジメチルテトラチアフルバレン(TTF)を固定化して作製した。

鏡面研磨したグラッシーカーボン電極(GCE)上にCBを固定化した電極(CB/GCE Fig. 1a)にBODを吸着させたところ、0.4 V(vs. Ag/AgCl)で 0.7 mA/cm^2 の大きな酸素の還元電流が得られた。しかしGCEのみにBODを吸着させた場合、ほとんど酸素の還元は見られなかった。このことから、CBを用いることでBODと電極間の電子シャトルとしてのメディエーターを用いることなく電極とBOD間の直接電子授受が可能になったと考えられる。GCEの代わりに表面積の大きなカーボンフェルト電極(CFE)を用いたところ(Fig 1b 1c)、酸素の還元は 0.55 V付近から起こり、0.4 V (vs. Ag/AgCl)で 1.5 mA/cm^2 の還元電流を得た。

また、CB/CFEにTTF、GODを修飾したグルコース酸化極でグルコース酸化を行ったところ、 6.7 mA/cm^2 の酸化電流を得た。

CB/CFE を用いて作製したグルコース酸化極・酸素還元極を使用して電池を作製した結果、最大電流密度 0.85 mA/cm^2 、最大起電圧 677 mV、最大電力値 0.16 mW/cm^2 の燃料電池を得た。

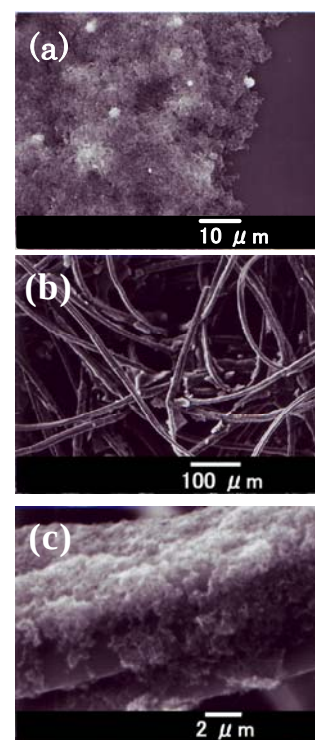


Fig.1 Typical SEM images for CB modified (a) GCE , (b)(c)

38-17 Synthesis and Photoluminescent Properties of Titanate Layered Oxides Intercalated with Lanthanide Cations by Electrostatic Self-Assembly Methods

大学院自然科学研究科 教授 松本 泰道
博士研究員 ウグー・ウナー
前期課程 木村 吉孝
大橋 俊介
井澤 一 欽

Various lanthanide cations were intercalated into the interlayer of the exfoliated $H_xTi_{(2-x/4)}□_{x/4}O_4 \cdot H_2O$ (HTO) by the electrostatic self-assembly deposition (ESD) and layer-by-layer self-assembly (LBL) methods. X-ray diffraction and thermal analysis data indicated that interlayer lanthanide cations existed as an aqua ion and were coordinated with 7-10 water molecules under ambient conditions. The interlayer distances were found to be in the range 6-7 Å for HTO layered oxide intercalated with a lanthanide cation. Intercalation of lanthanide cations into the interlayer by the LBL method was monitored by UV-vis spectrum and X-ray diffraction. Photoluminescence properties were also discussed in detail. Eu^{3+} intercalated layered oxide exhibited intense red emission at room temperature. The presence of interlayer water molecules was found to be inevitable for the emission with high intensity. The emission intensity was significantly higher for the films conditioned at 100% RH than those at 5% RH. The icelike behavior of the confined water molecules in the interlayer around lanthanide cations was believed to be contributing highly to the emission mechanism. The mechanism was illustrated and explained by data obtained under several conditions.

(The Journal of Physical Chemistry B, Vol. 109, No. 26, pp. 12748-12754, (2005).)

38-18 Formation of Ti-Si composite oxide films on Mg-Al-Zn alloy by electrophoretic deposition and anodization

大学院自然科学研究科 後期課程 福田 晴人
教授 松本 泰道

TiO_2 or SiO_2 nanoparticles dispersed in an acetone solvent containing iodine were deposited on Mg-Al-Zn alloy by electrophoretic deposition (EPD). Subsequently, the composite oxide films were formed on the substrate by anodization in $KOH-Na_2SiO_3$ aqueous solutions containing TiO_2 or SiO_2 nanoparticles. The films formed by EPD were improved binding with the substrate by anodization under high voltages with sparking, and then the anodic films consisted of Si-Mg or Ti-Si-Mg composite oxides. The film thicknesses of TiO_2 and SiO_2 on the alloy increased with anodization time. In polarization tests, the films anodized under high voltages with sparking in the alkaline solutions had high corrosion resistance. Thus, the composite oxide films formed in the present method were successful in providing corrosion resistance to Mg alloy.

(Electrochimica Acta, Vol. 50, Issue 27, pp. 5329-5333, (2005).)

38-19 Visible Light Photoelectrochemical Activity of $\text{K}_4\text{Nb}_6\text{O}_{17}$

Intercalated with Photoactive Complexes by Electrostatic Self-assembly Deposition

大学院自然科学研究科 前期課程 井 澤 一 欽
教 授 松 本 泰 道

Intercalation of $\text{Ru}(\text{bpy})_3^{2+}$ and methylene blue (MB) can be achieved into the both layers of exfoliated $\text{K}_4\text{Nb}_6\text{O}_{17}$ (KNbO) by Electrostatic Self-assembly Deposition (ESD). The reaction is quick and reliable under controlled pH. Deposition occurs right after the cations come into contact with $[\text{Nb}_6\text{O}_{17}]^{4-}$ monolayers to yield intercalation into both interlayers. Monolayers can be obtained by the exfoliation of proton exchanged KNbO in an aqueous tetrabutylammonium (TBA) solution as revealed by the Atomic force microscopy micrographs. The layer distances are 18.5 Å and 21.4 Å for $\text{Ru}(\text{bpy})_3^{2+}$ and MB intercalated niobate layered oxides according to the X-ray diffraction patterns, respectively. UV-vis spectra shows that intercalated films are able to absorb in the visible light range. Heat-treatment of $\text{Ru}(\text{bpy})_3^{2+}$ resulted in the red-shift in the absorption spectra, which was assigned to the enhancement in the interaction between the complex molecules and $[\text{Nb}_6\text{O}_{17}]^{4-}$ host layer. Intercalated niobate layered oxides are able to produce photocurrent as a result of the electron transfer from the excited interlayer guest molecule to the host layer under visible light illumination. $\text{Ru}(\text{bpy})_3^{2+}$ intercalated niobate layered oxide shows photocatalytic activity under visible light illumination to produce H_2 from water-methanol solution.

(日本化学会九州支部・韓国化学会釜山支部ジョイントセミナー, 2005.5.26)

38-20 Synthesis and Photoluminescent Properties of Titanate Layered Oxides Intercalated with Lanthanide Cations by Electrostatic Self-Assembly Methods

大学院自然科学研究科 博士研究員 ウグー・ウナー
教 授 松 本 泰 道

Various lanthanide cations were intercalated into the interlayer of the exfoliated $H_xTi_{(2-x/4)}□_{x/4}O_4 \cdot H_2O$ (HTO) by electrostatic self-assembly deposition (ESD) and layer-by-layer self-assembly (LBL) methods. X-ray diffraction and thermal analysis data indicated that interlayer lanthanide cations existed as an aqua ion and were coordinated with 7-10 water molecules at ambient conditions. The interlayer distances were found to be in the range of 6-7 Å for HTO layered oxide intercalated with a lanthanide cation. Intercalation of lanthanide cations into the interlayer by LBL method was monitored by UV-vis spectrum and X-ray diffraction. Photoluminescence properties were also discussed in detail. Eu^{3+} intercalated layered oxide exhibited intense red emission at room temperature. The presence of interlayer water molecules was found to be inevitable for the emission with high intensity. The emission intensity was significantly high for the films conditioned at 100% RH than those at 5% RH. The ice-like behavior of the confined water molecules in the interlayer around lanthanide cations was believed to be contributing highly to the emission mechanism.

(日本化学会九州支部・韓国化学会釜山支部ジョイントセミナー, 2005.5.26)

38-21 Electrochemical and photoluminescence properties of layered oxides prepared by electrostatic self-assembly deposition techniques

大学院自然科学研究科 教授 松本 泰道

Various metal cations were intercalated into the interlayer of the exfoliated Ti-O, Mn-O, and Nb-O layered oxides by electrostatic self-assembly deposition (ESD) and layer-by-layer self-assembly (LBL) methods in a solution. X-ray diffraction, ICP, and thermal analysis data indicated that interlayer metal cations existed as an aqua ion and were coordinated with water molecules at ambient conditions. Silver ion intercalated in Ti-O and Mn-O layered oxides showed the redox reaction of silver ion/silver atom. The nucleation to silver metal was suppressed in the interlayer space. The layered oxides intercalated with Ru complex showed a visible light response in the photoelectrochemical measurement. The photoresponse of the Ru complex gives the photocurrent of the layered oxide via the host layer. Nb-O layered oxide intercalated with Ru complex gives water split under presence of alcohol under visible light illumination. The Nb-O layered oxide with perovskite host layer showed high photo-oxidation current of methanol. This is due to the intercalation of methanol and then oxidized with hole produced in the host layer. Probably perovskite host layer acts as a separation part for the electron/hole pair.

Intercalation of lanthanide cations into the interlayer by LBL method was monitored by UV-vis spectrum and X-ray diffraction. Photoluminescence properties were also discussed in detail. Eu^{3+} intercalated layered oxide exhibited intense red emission at room temperature. The presence of interlayer water molecules was found to be inevitable for the emission with high intensity. The emission intensity was significantly high for the films conditioned at 100% RH than those at 5% RH. The ice-like behavior of the confined water molecules in the interlayer around lanthanide cations was believed to be contributing highly to the emission mechanism. The mechanism was illustrated and explained by data obtained under several conditions.

(日本化学会九州支部・韓国化学会釜山支部ジョイントセミナー, 2005.5.26)

38-22 Synthesis and Photoluminescent Properties of Titanate/Rare Earth Complex Layered Oxide Films by Electrostatic Self-Assembly Methods

大学院自然科学研究科 教授 松本 泰道
博士研究員 ウグー・ウナー

We have demonstrated the intercalation and photoluminescent properties of various titanate/rare earth complex oxide thin films with layered structure composed of TiO_6 host layer between which rare-earth cations exist. The intercalation was carried out successfully with Electrostatic Self-assembly Deposition (ESD), and Layer-by-Layer Deposition (LBL) methods. Rare-earth cations in the interlayer exist in their 7-10 coordinated aqua ion forms according to XRD and thermal analysis data. The interlayer distance of 6-7 Å (angstrom) is large enough to accommodate a rare-earth aqua ion. Heat treatment by 300 °C (degrees centigrade) resulted in the shrinkage of the interlayer distance to lower values corresponding to the radius of bare rare-earth cations. Intercalation of rare-earth cations into the interlayer by LBL method was monitored by UV-vis spectrum and X-ray diffraction.

Eu^{3+} intercalated layered complex oxides showed strong red luminescence at room temperature. It was found that the luminescence is mainly contributed by the band gap excitation in the host nanosheet layer. Heat treatment and humidity controlled experiments revealed the importance of the surrounding water molecules for the high luminescence. The films treated with high humidity showed strong luminescence while heat-treated or dehumidified films showed relatively very weak luminescence. The mechanism was suggested that the ice-like behavior of the confined water molecules plays a supplementary role in the photoluminescence. Electrons and holes migrating in the host layer move simultaneously through the surrounding water molecules to interlayer rare-earth cations to yield emission rather than giving radiationless quenching via energy transfer to OH vibrating molecules.

(第24回希土類国際会議, 2005.6.27)

38-23 Synthesis of Photoluminescent Titanate Layered Oxides

Intercalated with Eu^{3+} by Electrostatic Self-Assembly Methods

大学院自然科学研究科 博士研究員 ウグー・ウナー
教授 松本 泰道

Layered oxide materials give rise to a variety of interesting properties. Emission by an energy transfer process from the excited host matrix to the in-matrix lanthanide cations has been reported for various oxides doped with lanthanide cations. This behavior suggests that lanthanide cations in the interlayer of the Ti layered oxides might result in a strong emission under the excitation of the host layer. Thus, the intercalation and photoluminescent properties of Eu^{3+} in the interlayer of exfoliated $\text{H}_x\text{Ti}_{(2-x/4)}\square_{x/4}\text{O}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$ (HTO) have been investigated in this study. The intercalation of Eu^{3+} was carried out by electrostatic self-assembly deposition (ESD) and layer-by-layer assembly (LBL) methods. X-ray diffraction and thermal analysis data indicated that interlayer Eu^{3+} existed as an aqua ion and were coordinated with 7-10 water molecules at ambient conditions. The interlayer distance was around 7 Å. Intercalation of Eu^{3+} into the interlayer by LBL method was monitored by UV-vis spectrum and X-ray diffraction. Photoluminescent properties were also discussed in detail. Eu^{3+} intercalated layered oxide exhibited intense red emission at room temperature. Confined water molecules in the interlayer around Eu^{3+} were believed to be contributing highly to the emission mechanism. The emission intensity was significantly high for the films conditioned at 100% RH than those at 5% RH. Probably, water molecules in the interlayer will be fixed via hydrogen bonding, as in ice, leading to decrease the radiationless quenching on water molecules. The mechanism was explained by data obtained under several humidity and thermal conditions. In conclusion, this study shows the successful intercalation of Eu^{3+} into the interlayer of titanate layered oxides by LBL and ESD methods and also shows the importance of the water in the interlayer for high emission at room temperature.

(ICMAT 2005 及び IUMRS-ICAM 2005 合同大会, 2005.7.8)

38-24 希土類含有チタン系層状酸化物の静電自己組織的合成と蛍光特性

物質生命化学科 助 手 伊 田 進太郎
講 師 鯉 沼 陸 央
大学院自然科学研究科 教 授 松 本 泰 道

一般式 $A_xM_yO_z$ (A:アルカリ金属・アルカリ土類金属、B:遷移金属)で表わされる層状酸化物は、負電荷を帯びた遷移金属酸化物層 $[M_yO_z]^{m-}$ の間に陽イオン A^n が挟まれた構造をしている。このような層状化合物の多くはインターカレーション性を示し、その一部は剥離反応により遷移金属酸化物ナノシートのコロイド溶液として取り出すことができる。ナノシートは厚さ1ナノメートル程度、1辺のサイズは数百ナノメートルの非常に高い二次元異方性を有している。チタン酸やニオブ酸のナノシートは光応答性を有するために、それらのナノシート間で挟まれた空間は、光励起によって生じた電子やホールを反応に利用する場として興味深い。ナノシートの多くは溶液中で負に帯電しており、溶液中にカチオンをいれると、静電自己組織的析出 (ESD) により、カチオンをナノシートで挟み込んだ構造の層状化合物が生成する。これまでに、我々はESD法により、 Eu^{3+} をチタン酸ナノシートで挟み込んだ構造の層状化合物を合成し、ナノシートからのエネルギー移動による Eu^{3+} イオンの赤色発光を確認している。適切な希土類イオンやナノシート体を選択することで、赤色光以外の発光も実現できると考えられる。そこで、本研究では異なるナノシート層間の希土類イオンの蛍光特性を評価し、ナノシートの構造が蛍光特性に与える影響を調査した。

(平成17年度科学研究費補助金特定領域研究希土類若手研究発表会, 2005.9.15)

〔衝撃・極限環境研究センター〕

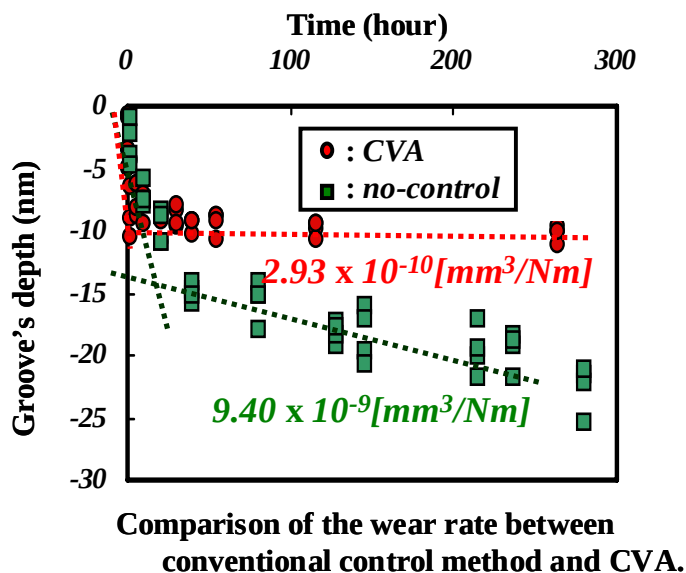
38-25 超精密高速位置決めステージの高耐久性化に関する研究

大学院自然科学研究科 教 授 久保田 弘
電気システム工学科 永 原 聡
大学院自然科学研究科 後期課程 小 坂 光 二
後期課程 遠 藤 泰 史

ステージシステムを半導体製造装置へ実用化するためには、駆動性能の長期安定性、つまり高耐久性化が最も重要な課題となる。本研究において、ステージの駆動源として開発・研究を行っている非共振型超音波モータは、摩擦駆動型アクチュエータに分類されるもので、ステージの高速・高加速度駆動を実現するためには、アクチュエータから発生する変位を効率よくステージへ伝達する必要がある。そのためには、高い摩擦係数の摺動材料を組合せて用いるのが有効だが、このような材料の組合せでは摺動時に強烈な摩耗が発生し、接触面の形状変化あるいは塵埃によって駆動性能の安定性が損なわれてしまう。実際のところ、摩擦駆動型アクチュエータにおいては、高速・高加速度駆動と高耐久性を融合させ実用化した製品は殆ど無い。そこで、本研究では、摩耗の直接の原因である摺動部のすべりに焦点をあて、すべりをなくした駆動方法（以下スリップフリー駆動方）を開発し、高耐久性を有する非共振型超音波モータ駆動ステージシステムの実用化を目的とする。

非共振型超音波モータは、剪断変形圧電素子と伸縮変形圧電素子を積層した圧電アクチュエータと、圧電アクチュエータをステージに押しつけるための予圧機構から構成される。摺動部のすべりは、剪断変形圧電素子から発生する変位の加速度を制御することによって抑えることができる。加速度は、印加電圧の振幅および周波数によって可変であるため、現在スリップフリー駆動方としては、

CVA(Controlling Voltage Amplitude)と CSS(Controlling Sequence Speed)を提案している。右図は、CVA を用いた場合とそうでない場合において、長距離駆動試験を行い、摩耗によって摺動部にできる溝の深さを計測した結果である。同図より、CVA によって定常摩耗領域における摺動部の摩耗率を約 30 分の 1 に抑圧できることがわかる。今後は、CVA と CSS を用いて駆動性能の長期安定性について評価を行う予定である。



(応用物理学会九州支部学術講演会予稿集, pp.136, 2005.11)

(Jpn. J. Appl. Phys. Vol.44 7A pp.5264 2005)

(The First International Workshop on Ultrasonic Motors and Actuators, P34, 2005.11.14-15)

38-26 3 軸駆動マニピュレータの長距離累積誤差の評価

大学院自然科学研究科 教 授 久保田 弘
助 教 授 中 田 明 良
後期課程 板 倉 敬二郎
他

配線への直接プロービングによる電極パッドレス計測を目的とした微細構造デバイス用電気特性計測システムとして、プローブ 3 軸駆動系に非共振型超音波モータを用いた精密位置決め機構（マニピュレータ）、観察系に SEM（走査型電子顕微鏡）を使用したナノプローブシステムの開発を行ってきた。このマニピュレータを半導体テストチップや各種センサの加工・計測に応用する際には、目視によらない操作の自動化が必要である。そのためには SEM 視野内外での長距離移動時のプローブ先端位置の累積誤差の低減が重要になってくる。本講演においては非共振型超音波モータを用いたマニピュレータの位置決め性能を評価した結果について述べる。位置決め性能評価のための実験方法としては、まず Al（アルミニウム）の薄膜上にプローブ先端を接触させ SEM で目視可能な傷を付ける。次にプローブを垂直に上げた後、任意の値だけ横方向に移動させ、再度プローブ先端を薄膜に接触させ傷を付ける。この動作を 50 回繰り返す。動作終了後、傷の間隔を SEM で観測し、各移動指令値に対する実際の移動量の誤差を算出した。右図は移動距離 1150 μm 以内における累積誤差のヒストグラムである。この図より、発生する誤差は 3σ で $\pm 3.18\mu\text{m}$ の範囲内であり、その分布は正規分布を描く事が分かった。

（第 66 回応用物理学会学術講演会講演予稿集 2005. 9）

38-27 微細デバイス計測のための微小電極プローブに関する研究

大学院自然科学研究科 教 授 久保田 弘
助 教 授 中 田 明 良
後期課程 板 倉 敬二郎
電気システム工学科 美野田 敏 寛

半導体の電気計測を確実に行う事が求められる現状で微細デバイスの配線に直接コンタクトしたいというニーズに答えるべく、ガラス棒を心材とし表面に金属を蒸着した先端径 1 μm 以下のプローブを作製した。しかし電気抵抗が非常に大きく実用できるものではなかった。その為、抵抗の低いプローブを作製する方法を模索した。理想的なプローブの条件として ・弾性に優れる ・導電性に優れる（10 Ω 以下） ・安価である といったことが挙げられる。これらの条件を満たし、先端径 1 μm 以下を維持したまま電気抵抗を下げるには現在のガラス棒を使用している限り先端部分のみ蒸着した金属で導通させ、先端以外ではバルクの金属で導通させるという手法が考えられる。本報告では、この手法においてバルクの金属に金線を用いたプローブを新しく作製し、評価した結果について述べる。

（2005 年度応用物理学会九州支部学術講演会 2005. 11）

38-28 ナノサージャリーシステムの開発

大学院自然科学研究科 教 授 久保田 弘
助 教 授 中 田 明 良
電気システム工学科 黒 岩 裕 之
大学院自然科学研究科 後期課程 居 村 史 人

医学・農学分野において細胞を生かしたまま細胞内の核の入換えや細胞質内に DNA を注入するなどの操作が盛んに行われている。従来このような操作は数 $10\mu\text{m}$ 領域の操作が主流であったが、最近では、細胞内の核のみならず、それよりも小さいミトコンドリアや葉緑体などの $1\mu\text{m}$ 程度かそれ以下の大きさの細胞内小器官を操作したいという要求が高まっている。具体的には、細胞内小器官による品種改良や遺伝子病解明などがあり、特にミトコンドリア病の解明は急務とされている。人間を手術するかのように細胞を生かしたまま細胞内小器官の入れ換え作業や薬液の定量微量注入ができれば新たな細胞生物学な発見が期待でき、医学・農学分野に革命をもたらす。これまで医学・農学分野における遺伝子導入は歩留りが悪く統計的な取扱いしかできない状況であった。しかし、このナノサージャリー技術は、遺伝子などの直接導入が可能でかつ定量注入であるため希少な細胞の操作に有利であり、細胞操作の絶対的な取扱いが可能になる。これからさらに医学・農学の研究に拍車がかかると考えられる。これまで、人間同様に細胞を生かしたまま自由自在に細胞内小器官を外科手術するナノサージャリーの実現を目指し研究開発を行ってきた。また、すでにナノサージャリーを実現する装置を既存の共焦点レーザー顕微鏡と一体化し、試作している (図 1)。

ナノサージャリーを実施する上で細胞内小器官を吸引／吐出する超微量液体制御が要求される。我々は従来用いられてきた先端内径 $1\mu\text{m}$ 以下のガラス微細管 (ナノピペット) 内に駆動流体と薬液との 2 液界面を形成し、ポンプ機構を用いてこの界面位置を制御することで最小 0.3fL (フェムトリットル) という極めて微小な流量制御が可能であることを示した (図 2)。この 0.3fL は $1\mu\text{m}$ 球の体積程度に相当する量である。また、実際に生細胞にフェムトリットルレベルの薬液を注入し、9 割の細胞がその後も生きていることを確認している (図 3)。

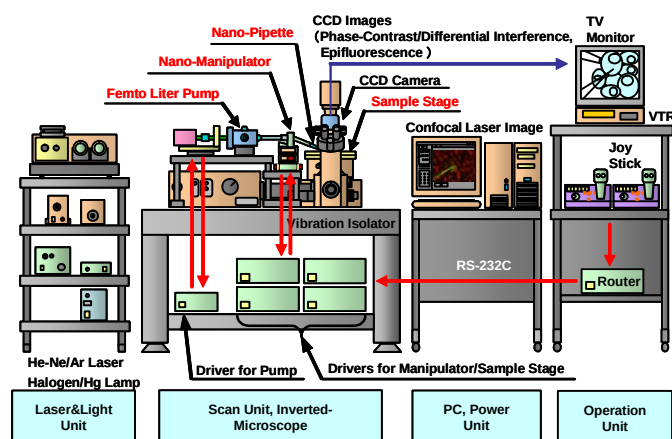


図 1. ナノサージャリー装置のシステム構成

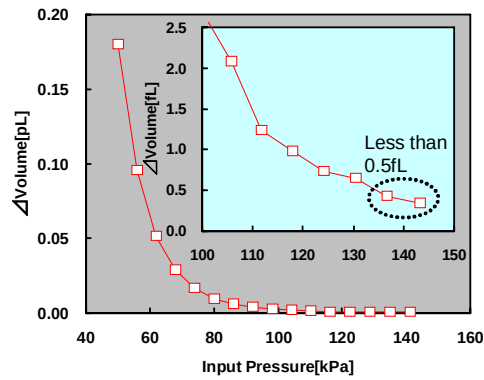


図 2. ポンプ内圧力に対する吐出流量の変化。ポンプ内圧力 135kPa 以上では、1 μ m 球に相当する 0.5fL の微小流量を操作可能であることを示している。

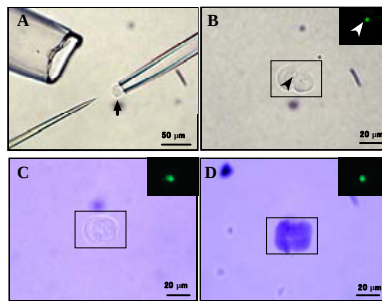


図 3. 生細胞 (*Xenopus laevis*) へのインジェクションの顕微鏡写真。

(写真提供：理学部助教授 高宗和史博士、自然科学研究科博士後期過程 河崎敏広氏)

(Abstracts of Third International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics

(M&BE3), p. 82, 2005.3)

38-29 マイクロ構造表面の鍍金技術に関する研究

大学院自然科学研究科 教 授 久保田 弘
助 教 授 中 田 明 良
電気システム工学科 黒 岩 裕 之
大学院自然科学研究科 前期課程 姜 維 海
後期課程 居 村 史 人

MEMS(Micro Electro Mechanical System)のように3次元構造を有するデバイスの加工・実装方法について多く研究されている。そのため、LIGA、DRIE、FIB技術などが3次元加工手法として盛んに研究され発展してきた。しかしながら、これらの技術は設備が非常に高価であり、多品種少量生産といえるMEMSデバイスの試作などの受注生産にはコストがかかり、また局所的に加工したいという要求には対応することは困難である。そこで、我々は局所的にめっき処理を行い起伏形状に富んだ3次元構造体上への配線形成などを行なうウェットプロセスを基本としたマイクロプレーティング技術を開発している。これは、図1に示すように先端内径数百ナノメートル程度の微細ピペットからめっき液を吐出し、あらゆる基板表面上への所望の箇所だけに金属を析出させるという技術である。図2に開発したマイクロプレーティング装置のシステム構成を示す。フェムトリットルの流量をコントロール可能なポンプ、ナノメートルレベルの位置決め制度を有するマニピュレータおよび先端内径が数百ナノメートルのピペットにより構成されている。このピペット先端の精密位置制御やめっき液吐出制御により高密度センサ実装基板などの3次元構造体への電極材料の局所めっきが実現すると考えている。工学研究機器センターにおいてはULSI作製室/評価室の計測装置を用いて以下の成果を得た。

システム・イン・パッケージ(SiP)におけるCu貫通配線電極の形成を無電解Cuめっきによって行なう際に、アスペクト比10程度のビアホール内にピペットを侵入させ、ピペットからめっき液を供給/回収することにより、ビアホール内のめっき液の対流を促進させ、気泡を除去、めっき液を更新させることで、金属を均一に析出させる方式を提案した(図3)。

(熊本大学研究シーズ公開シンポジウム, 2004.11)

パターンニングされたプリント配線基板のCu溝内にCu無電解めっき液をピペットにて供給・回収を行なう事により、Cu溝内にCuめっきを行なう事を試みた(図4)。

(産学実用化研究会, 2005.3)

先端内径4 μm のピペットからCuSO₄溶液を吐出し、置換めっき反応によりFe基板上にCuを析出した。図5(a)では、60 μm 間隔に25 μm のドット、図5(b)では、50 μm のラインパターンを形成している(図5)。

(第66回応用物理学会学術講演会講演予稿集第1分冊444頁, 講演番号9pZC-5, 2005.9)

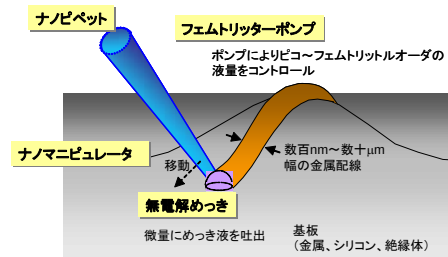


図 1. マイクロプレーティングの概念図

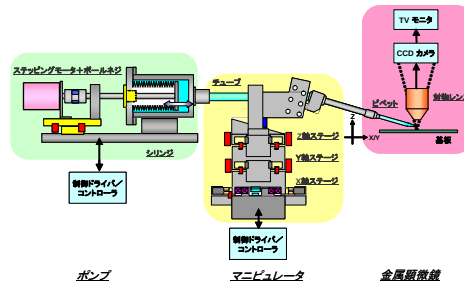


図 2. マイクロプレーティングのシステム構成図

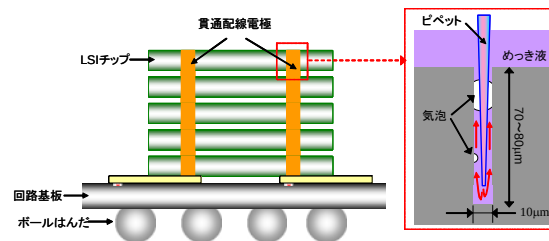


図 3. マイクロプレーティングによる SiP の Cu 貫通配線電極の形成

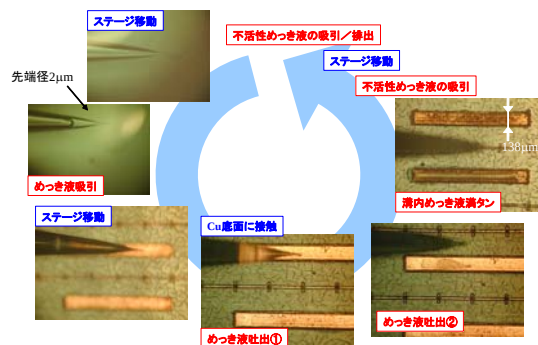


図 4. プリント配線基板の Cu 溝内への Cu 無電解めっき

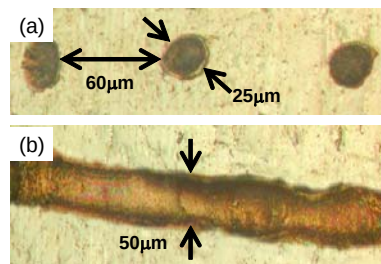


図 5. Fe 基板上に置換めっき反応により Cu を析出させた(a)ドット、(b)ラインパターン

38-30 短工期半導体集積回路設計・製造技術に関する研究

大学院自然科学研究科	教 授	久保田 弘
	助 教 授	中 田 明 良
電気システム工学科		岩 崎 吉 記
		小 村 俊一郎
大学院自然科学研究科	前期課程	脇 元 聡
	後期課程	若 杉 雄 彦

我々は、多品種少量生産形態に対応した露光技術として、従来のクロムマスクの代わりに透過型液晶ディスプレイ（LCD）を用いるレチクルフリー露光技術について検討を行ってきた。本露光技術は、フォトマスク不要、設計と製造を直結するツールとして開発し、特徴として、LCD パネル1枚で複数のレイヤーを転写可能、本研究では、実際にレチクルフリー露光技術を半導体製造プロセスに適用し集積回路の設計・作製により実用性の検証を行った。また、本露光技術はMOSFETのレイアウト面積が必然的に大きくなり集積化に不向きと考えられた。これらの課題を克服するために、集積回路の省面積化設計法の提案、その評価デバイスの作製・測定を行った。その研究成果を以下に示す。

◆レチクルフリー露光技術を縮小投影露光装置(ステッパ)に適用し、MOS デバイス集積回路の設計と試作を行った。その結果、ウェハライメントの確認、MOSFET の動作が確認することができ、レチクルフリー露光方式の半導体集積回路作製プロセスへの適用が可能であることを実証した。

(Japanese Journal of Applied Physics. Vol.44. No.4B,pp.2279-2282 : 2005.4)

(電子情報通信学会集積回路研究会 (ICD) :2005.9)

◆レチクルフリー露光技術を含めたグリッドパターン転写方式において、MOSFET の小面積設計を行う際のひとつの設計法として、並列MOSFETを提案。MOSFETのパターン設計において、任意の β 値をゲート寸法比(W/L)が異なる2つのMOSFETに分割し、並列に接続することで面積の削減を行った。

(電子情報通信学会 2005 年総合大会予稿集, C-11-3, p60 : 2005.3)

◆MOSFET のパターン設計においてゲート寸法比(W/L)が異なる2つのゲート電極を一つに結合させた多角形ゲート形状MOSFETの提案および試作を行った。その特有な電流駆動特性を得ることにより、半導体集積回路への適用の可能性を示した。

(第52回応用物理学関係連合講演会講演予稿集, 31a-P5-41, 982 : 2005.3)

(Solid State Devices and Materials に投稿 : 2005.6)

◆多角形ゲートMOSFETのドレイン電流値を近似モデル化し、実測値と比較を行った。多角形ゲートMOSFETの電流駆動特性をモデル化したことにより、集積回路の設計・製造への適用が容易になることを確認した。

(第66回応用物理学学会学術講演会講演予稿集, 9a-ZN-11, 733 : 2005.9)

38-31 高密度触覚センサとその製造プロセスに関する研究

－微小・高感度圧力センサの作製と評価－

大学院自然科学研究科 教 授 久保田 弘
電気システム工学科 萩原 龍馬
川島 大喜
柴村 聡
大学院自然科学研究科 前期課程 森 康雄
後期課程 林 直毅

人間の触覚を再現する「触覚センサ」は、人間型ロボットのヒューマンインターフェイスデバイスをはじめとして、そのニーズが急激に拡大している。触覚センサは微小な圧力センサや温度センサを柔軟な基板上に配列することでそのシステムを構成できるが、「高感度化」と「高集積密度」の2特性を同時に満足するにはあらゆる技術課題が存在する。我々はそれらの課題を克服するために、微小かつ高感度な圧力センサの、「設計」、「作製」、「評価」に関する研究を広く行っている。工学研究機器センターにおいてはULSI作製室／評価室の高真空装置や計測装置を用いて以下の成果を得た。

◆高真空エッチング装置をはじめとするデバイス製造装置により 2mmx2mm サイズの試作圧力センサを設計・試作し、高いセンサ出力を得た。センサの実物と評価結果を展示会にて紹介した(図 1)。

(熊本大学研究シーズ公開シンポジウム 2004.10)

◆試作圧力センサの圧力－出力特性を、探針プローブ装置を用いて測定した。その結果圧力に正比例する領域と 2/3 乗に比例する領域の2つの現象が測定され、それぞれが2つの感圧部変化近似モデルで特徴づけられることを証明し、センサ設計の指針を確立した(図 2)。

(第 66 回応用物理学会学術講演会講演予稿集 9p-ZC, 443,2005.9)

◆小型圧力センサの作製における感度低下の原因と感度ばらつきの発生原理をモデル化し、我々が過去に開発したレチクルフリー露光装置による新しい製造プロセスを導入することでその問題の解決策を提案した(図 3)。

(平成 17 年度電気学会センサ・マイクロマシン準部門総合研究会資料 p17-p22 2005.6)

◆上記の新しい製造プロセスを用いることで、センサの歩留まりを大幅に改善することができることを確率密度関数モデルにより検証し、その効果について外部発表を行った(図 4)。

(2005 International Symposium on Nano Science and Technology, 申請：2005.10)

◆試作した微小高感度圧力センサは温度によってその出力特性が敏感に変化することが課題であったが、オフセット電圧と最大センサ感度をパラメータとしてデータ処理を行うことで、出力測定結果から温度依存性を除去し、センサ構造のみによる実効的特性を抽出する方法を開発した(図 5)。

(Solid State Devices and Materials に投稿: 2005.6)

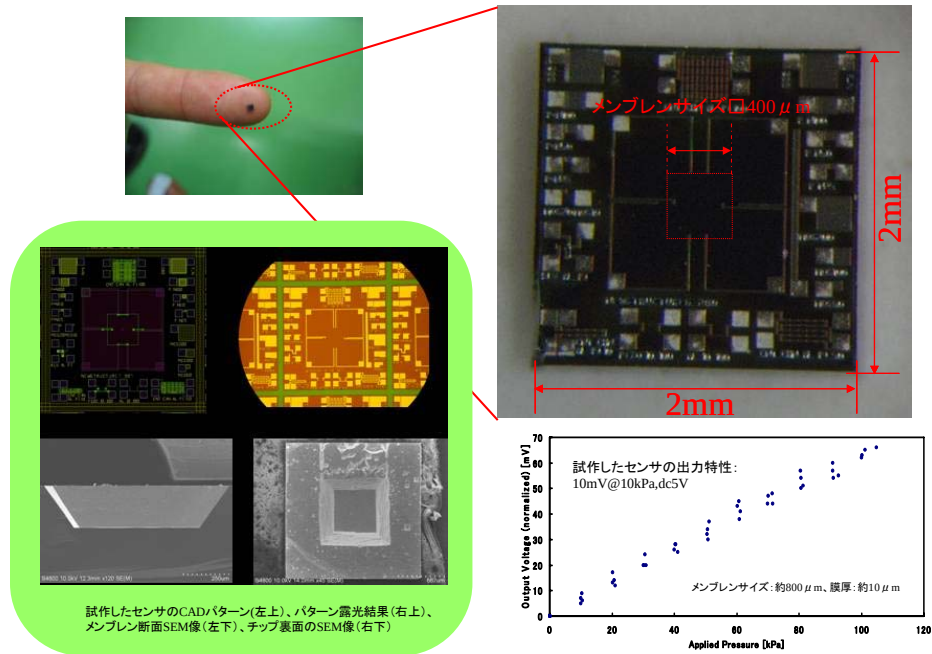


図 1 試作圧力センサの概観と出力特性の測定結果

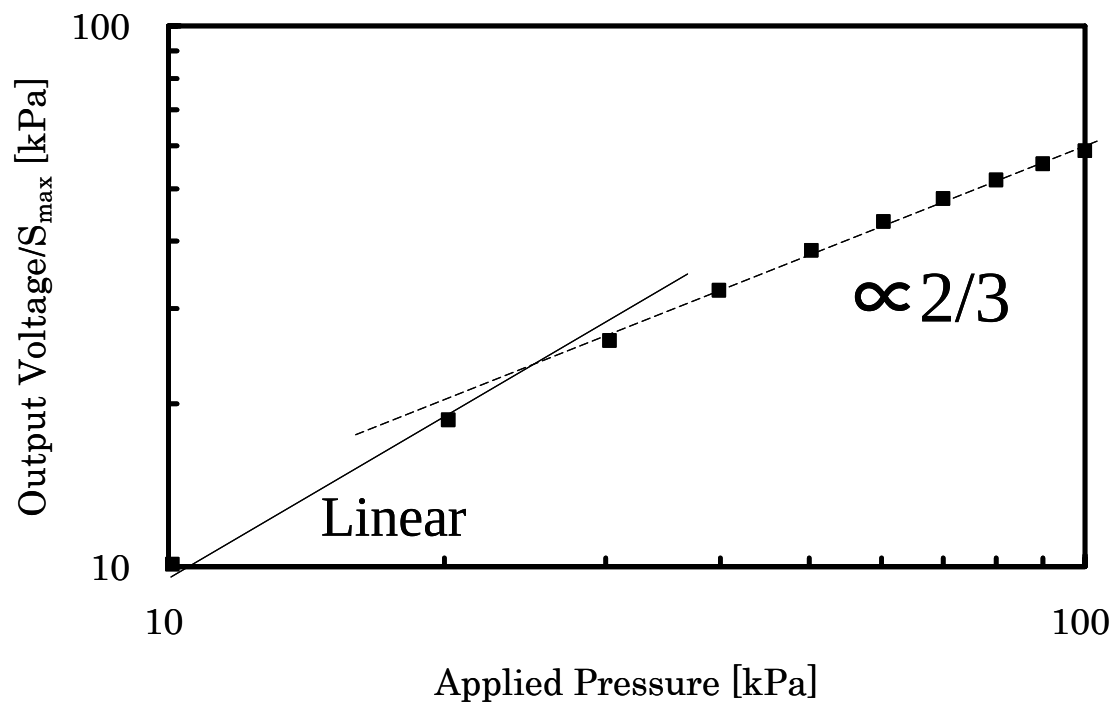


図 2 試作圧力センサの出力特性測定結果

Piezo gauge pattern adjustment by RFE

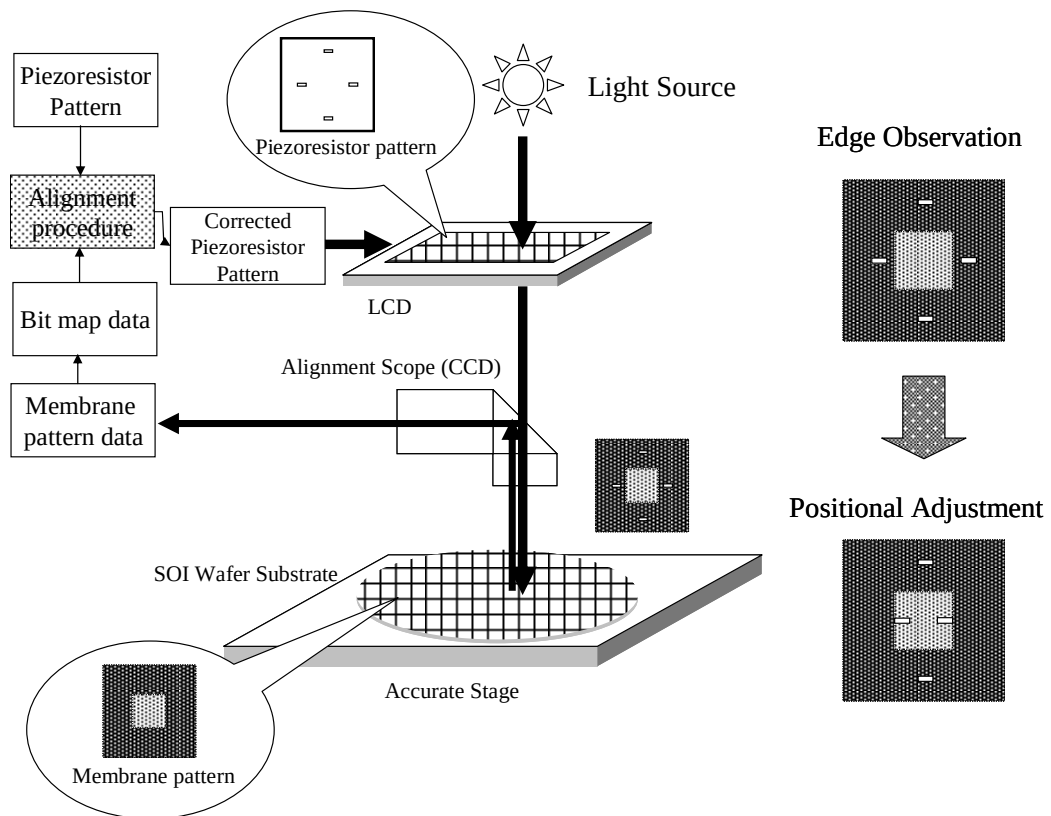


図3 レチクルフリー露光装置(RFE)によるピエゾパターン位置合わせプロセスの概要

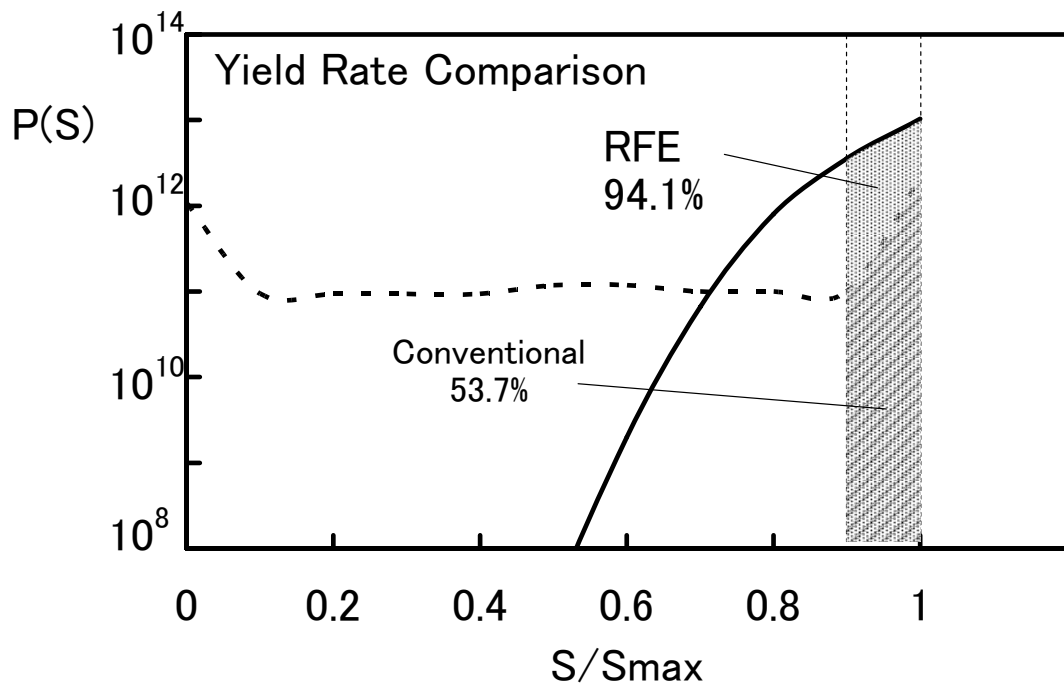


図4 従来の製造プロセス(Conventional)とレチクルフリー導入プロセス(RFE)によるセンサ製造歩留まりの比較

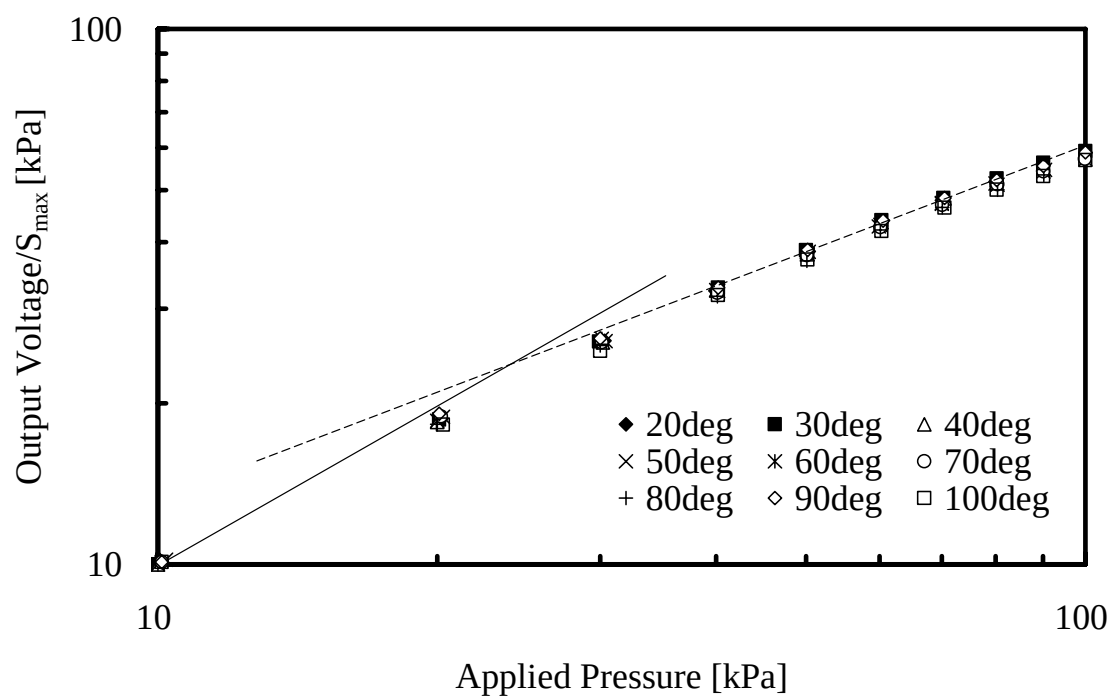


図5 オフセット出力と最大センサ感度で正規化したセンサ出力の温度依存性

38-32 物質構造の低次元化による電荷密度波の挙動

大学院自然科学研究科 教 授 久保田 弘
助 教 授 中 田 明 良
電気システム工学科 西 優 弥
大学院自然科学研究科 前期課程 新 庄 信 博
後期課程 森 川 晃 次

我々は、半導体産業で行われている微細加工において、今後生じると考えられる電子が一方方向にのみ伝導する一次元伝道の伝導状態解明に関する研究を、一次元伝導体と呼ばれる低温領域で電荷密度波(CDW)により一次元伝導が起こる物質を用いて行っている。これまでは、CDWは一方方向にのみ伝導しているが周りのCDW同士で影響しあう相互作用の影響により、本来の一次元伝導状態を観測することが困難であった。本研究では、一次元伝導体に電子線露光技術、イオン注入技術を応用することで三次元性を取り除いた試料を作成し、相互作用の影響を受けないCDWの伝導状態の諸特性を測定した。まず試料表面に直接プレーナー型電極を付けた場合微細化試料では、CDW伝導時に発生する狭帯域雑音や広帯域雑音の変化、電流電圧特性での負性抵抗などこれまで測定できなかった新しい伝導特性を観測した。また、非接触型電極で試料電界を印加し、試料にパルス光を照射したときの試料内電界緩和特性において、CDWの伝導状態がCDW停止状態、これまで一般的とされていたCDWスライディング状態、そして今回微細加工を加えた試料で現れる新しい伝道状態の3種類存在している事がわかった。現在この新しい伝導状態がCDW本来の伝導状態であると考えられることから、伝導状態の電界依存性、温度依存性など様々な条件での測定を行い、一次元の伝導状態解明を行っている。以下に研究成果に関する発表資料を示す。

- 微細化試料における試料内電界緩和測定を行い、高電界印加時に低電界印加時とは異なる電界緩和特性を示し、その特性からCDWが全く新しい伝導率で伝導していることを観測した。この伝導状態がプレーナー型電極で測定した負性抵抗の伝導特性を示している。

(ECRYS2005予稿集 TN-3 2006.8)

- 低温時に発生する試料-電極間相互作用を除去し電極に影響を受けないCDW伝導特性を観測する為、一次元伝導体の仕事関数を測定し最適な電極形成を行った

(ECRYS2005予稿集 TN-3 2006.8)

- 一次元伝導体は深さ方向に周期構造を持っており、表面をイオンスパッタすることで任意の面を出すことが出来る。そこで、仕事関数測定を行うことでどの構造状態が表面であるのかを調べ、一次元伝導体の電極形成に最適な状態の観測を行った

(第66回応用物理学会学術講演会講演予稿集第1分冊, 160頁 2006.9)

- 試料内電界緩和特性において現れた新しい伝道状態における試料内状態とこれまでの伝導状態時の試料内状態を比較し、新しい伝導状態が発生している原因についての解明を行った。

(日本物理学会公演概要集 第60巻第4分冊 2006.9)

38-33 大型 FPD 対応 膜厚ムラ検査装置 に関する研究

大学院自然科学研究科 教 授 久保田 弘
助 教 授 中 田 明 良
電気システム工学科 江 口 雅 典
齊 藤 茂 樹
大学院自然科学研究科 前期課程 新 庄 信 博
後期課程 羽 山 隆 史
他

液晶ディスプレイ(LCD), プラズマディスプレイ(PDP)をはじめとする FPD(Flat Panel Display)は省スペース, 低消費電力という特徴を持ち, パソコン, 大型テレビなど様々なアプリケーションに利用されており, FPD 市場は急速に成長している. また FPD は大型マザー・ガラス基板から製造され, 近年の FPD の大型化に伴い, FPD 製造ラインで用いられるマザー・ガラス基板は大型化しており, 現在では 1900mm×2200mm(第 7 世代), さらに 2007 年稼働に向けて 2160×2400mm(第 8 世代)の製造ラインが建設されている. これら FPD の高品質化, ディスプレイ性能維持のためには, 製造プロセスにおける大型ガラス基板全面での各層の膜厚均一性が非常に重要であるが, 従来の光干渉式膜厚計測法では点ごとの測定しか行うことができず, 製造ライン上で大型基板全面の膜厚分布を検査することは不可能である. そこで我々は FPD 製造プロセスにおいてインラインで膜厚検査を行うため, CCD カメラを用いることで大型基板全面の膜厚分布を高速に一括測定可能な, 連続視野角方式を用いた膜厚検査法(GMI 法)について提案し, 研究を行っている.

◆反射角度・反射強度特性に干渉によるピークが現れないために, これまで連続視野角方式(GMI 法)では測定できなかった膜厚 100nm 付近の薄膜サンプルに対して, RGB 各色ごとのリファレンス特性との相互相関を用いた新しい解析方法である, CGMI 法を適用することで膜厚分布の測定を可能とした.

(第 52 回応用物理学関係連合講演会講演予稿集 30p-ZR-7, 1111, 2005.3)

◆連続視野角方式(GMI 法)による膜厚検査において, 現在の測定精度を維持しつつ, 第 8, 第 9 世代の次世代 FPD 用ガラス基板へ対応するために今後要求されるカメラ画素数, 及び感度の検討を行った. 目標とする測定精度は, 第 8 世代以降の基板サイズにおいて面分解能 0.5mm/pixel 以上, 総撮影時間 20 秒以内である.

(第 66 回応用物理学学会学術講演会講演予稿集 10a-ZF-8, 874, 2005.9)

38-34 生殖細胞の特性に関する研究

大学院自然科学研究科 助 教 授 高 宗 和 史
教 授 久保田 弘
助 教 授 中 田 明 良
後期課程 日 吉 真 照
後期課程 河 崎 敏 広
後期課程 居 村 史 人
理学部生物科学科 具 島 三 佳
他

ヒトなど多細胞動物個体を構成する細胞群は、「体細胞」と「生殖細胞」に大別される。このうち体細胞は歳をとり死ぬのに対し、生殖細胞は、別個体の生殖細胞と融合すれば、新しい個体へと発生を始める。我々は、次世代を担う可能性を持つ生殖細胞の特性を明らかにすることを目指し、雌性生殖細胞や雄性生殖幹細胞が哺乳類等に比べて非常に大きく細胞操作が容易であるアフリカツメガエルを用いて、以下のことを明らかにした。

- (1) 生殖細胞でのみ発現する *Xtr* 遺伝子の発現制御に関わる DNA 領域について、約 5k 塩基対まで絞り込んだ。
- (2) *Xtr* タンパク質の機能の 1 つとして、細胞分裂の制御に関わることを明らかにした。
- (3) 解離した精巣構成細胞群を凝集させ、精巣構造を再構築させる実験系を確立した。この実験系を用いて、雄性生殖幹細胞を機能的な側面から同定することに成功した。

研究論文

Involvement of *Xtr* (*Xenopus* tudor repeat) in microtubule assembly around nucleus and karyokinesis during cleavage in *Xenopus laevis*.

Develop. Growth Differ., Vol. 47, 109-117 (2005)

Transgenic frogs expressing the highly fluorescent protein Venus under the control of a strong mammalian promoter suitable for monitoring living cells.

Dev. Dyn., Vol. 233, 562-569 (2005)

cDNA cloning of a mannose-binding lectin-associated serine protease (MASP) gene from Hagfish (*Eptatretus burgeri*).

Zool. Sci., Vol. 22, 897- 904 (2005)

学会発表

解離した *Xenopus* 精巣構成細胞群の再集合および皮下移植による雄性生殖幹細胞の増殖と精子形成の進行
第 38 回日本発生生物学会、仙台国際センター、平成 17 年 6 月 2 日

Functional Demonstration of an Ability of Primary Spermatogonium as Stem Cell by Tracing a Single Cell Destiny in *Xenopus laevis*.

国際シンポジウム「Germ Cells, Epigenetics, Reprogramming and Embryonic Stem Cells」、京都大学、
平成 17 年 11 月 15, 16 日

38-35 真核細胞における mRNA 核外輸送システムの解析

大学院自然科学研究科 教 授 谷 時 雄

真核細胞の大きな特徴の一つに、核の存在があげられる。つまり、真核細胞では遺伝子の保存と転写の場である核と、蛋白質への翻訳の場である細胞質が空間的にかつ明確に隔てられている。したがって、核に存在する遺伝子がその機能を発現するためには、遺伝情報を写し取ったmRNAを核から細胞質へと輸送することが必要不可欠となっている。

現在、蛋白質の核・細胞質間輸送に関しては、その分子機構の解明が急速に進んでいるが、mRNAの核から細胞質への輸送機構に関しては、いまだに不明な部分が多い。我々は、mRNAの核外輸送機構を解明することを目的として、分裂酵母 *Schizosaccharomyces pombe* の mRNA 核外輸送温度感受性変異株を多数分離し、解析（原因遺伝子のクローニング、遺伝子構造と機能の解析、変異株の表現型解析など）を進めており、現在までに、mRNAの核から細胞質への輸送に関与する 11 種類の遺伝子を同定することに成功した。

研究成果

(原著論文)

“Nucleocytoplasmic transport of fluorescent mRNA in living mammalian cells (Genes to Cells, in press, 2005)

Hsp16p is required for thermotolerance in nuclear mRNA export in fission yeast *Schizosaccharomyces pombe*
Cell Structure and Function, 29, 125-138 (2005)

“The fission yeast ptr1+ gene involved in nuclear mRNA export encodes a putative ubiquitin ligase”, Biochem. Biophys. Res. Commun, 317, 1138-1143 (2004)

“The nucleolus is involved in mRNA export from the nucleus in fission yeast”, J. Cell Sci., 117, 2887-2895 (2004)

(国内学会及び国際学会発表)

(平成 16 年度)

“The nucleolus is involved in mRNA export from the nucleus in fission yeast” 第 57 回日本細胞生物学会、大阪、平成 16 年 5 月 26-28 日

“Nuclear mRNA export is coupled to ongoing gene transcription” 第 57 回日本細胞生物学会、大阪、平成 16 年 5 月 26-28 日

“分裂酵母における ordered splicing 機構に関する解析” RNA 研究若手の会、淡路夢舞台国際会議場、平成 16 年 5 月 9 日～11 日

“ヒトコケイン症候群及び色素性乾皮症の原因遺伝子 XPB の分裂酵母ホモログ Ptr8p は mRNA 核外輸送に関与する” RNA 研究若手の会、淡路夢舞台国際会議場、平成 16 年 5 月 9 日～11 日

“出芽酵母 *Saccharomyces cerevisiae* におけるストレス応答 mRNA 選択的核外輸送関連遺伝子の網羅的スクリーニング” RNA 研究若手の会、淡路夢舞台国際会議場、平成 16 年 5 月 9 日～11 日

“蛍光イメージングによる mRNA 核外輸送機構の解析：mRNA の核から細胞質への輸送と転写のカップリング” 核ダイナミクス研究会、倉敷アイビースクエア、平成 16 年 5 月 21 日～22 日

“出芽酵母 *Saccharomyces cerevisiae* におけるストレス応答 mRNA 選択的核外輸送関連遺伝子のゲノムワイドスクリーニング” 第 6 回 RNA ミーティング、熊本テルサ、平成 16 年 8 月 4-6 日

“分裂酵母 mRNA 核外輸送温度感受性変異株 *ptr10* の解析” 第 6 回 RNA ミーティング、熊本テルサ、平成 16 年 8 月 4-6 日

“転写不活化に伴う新規核内構造体 TIDR への mRNA 蓄積：mRNA の核外輸送と転写反応のカップリング” 第 6 回 RNA ミーティング、熊本テルサ、平成 16 年 8 月 4-6 日

“分裂酵母を用いた ordered exon joining に関与する因子の同定” 第 6 回 RNA ミーティング、熊本テルサ、平成 16 年 8 月 4-6 日

“分裂酵母における mRNA 核外輸送に関与する *ptr1* 変異遺伝子のサプレッサーの単離と解析” 第 6 回 RNA ミーティング、熊本テルサ、平成 16 年 8 月 4-6 日

“A linkage between nuclear mRNA export and gene transcription” RNA 公開シンポジウム、ホテル日航、平成 16 年 8 月 3 日

“XPB の分裂酵母相同因子 Ptr8p は mRNA 核外輸送に加えて、tRNA、rRNA の核外輸送にも関与する” 第 27 回

日本分子生物学会、平成 16 年 12 月 8-11 日、神戸

“分裂酵母 U2AF 複合体は ordered exon joining を制御する” 第 27 回日本分子生物学会、神戸、平成 16 年 12 月 8-11 日

“熱ショックストレス下における出芽酵母 HSP mRNA 選択的核外輸送関連遺伝子のゲノムワイドスクリーニング” 第 27 回日本分子生物学会、神戸、平成 16 年 12 月 8-11 日

“局在化 RNA 分子のスクリーニング” 第 27 回日本分子生物学会、神戸、平成 16 年 12 月 8-11 日

“遺伝子の転写と mRNA 核外輸送の連携：転写不活性化により mRNA は核内ドメイン TIDR に蓄積する”

第 27 回日本分子生物学会、神戸、平成 16 年 12 月 8-11 日

“mRNA 核外輸送に関与する分裂酵母 HECT 型ユビキチンリガーゼ E3 様因子 Ptr1p 変異遺伝子のサプレッサーの単離と解析” 第 27 回日本分子生物学会、神戸、平成 16 年 12 月 8-11 日

“分裂酵母における mRNA 核外輸送変異株 *ptr8-1* のマルチコピーサプレッサー遺伝子の単離と解析” 第 27 回日本分子生物学会、神戸、平成 16 年 12 月 8-11 日

“分裂酵母におけるストレス応答に依存的な mRNA 核外輸送についての解析” 第 27 回日本分子生物学会、神戸、平成 16 年 12 月 8-11 日

“局在化 RNA 分子のスクリーニング” 第 27 回日本分子生物学会、神戸、平成 16 年 12 月 8-11 日

(平成 17 年度)

“Isolation and characterization of mutants that cause exon skipping in *Schizosaccharomyces pombe*”

¹Department of Science, Faculty of Science, Kumamoto University, Kumamoto, Japan and ²Regeneron Pharmaceuticals, Inc., Tarrytown, NY, USA, RNA2005, Banff, Canada, 24 May - 29 May 2005.

“Nucleocytoplasmic transport of fluorescent mRNA in living mammalian cells: Nuclear mRNA export is coupled to ongoing gene transcription”, RNA2005, Banff, Canada, 24 May - 29 May 2005.

“蛍光イメージングによる核—細胞質間情報伝達システムの解析”

「ナノスペース電気化学」公開シンポジウム 熊本大学、平成17年3月15日

“Ptr10p, a novel membrane bound protein involved in nuclear mRNA export in fission yeast” 国際学術シンポジウム「生命継承学の系譜とその未来」、奈良、平成 17 年 5 月 20 日

“出芽酵母における細胞内局在化RNAの網羅的スクリーニング” RNA研究若手の会、三重県伊賀市、平成17年 5 月 9 日～11 日

“mRNA スプライシング反応の 1 分子蛍光顕微分光観察” Single molecule imaging of mRNA splicing、国際核酸化学シンポジウム、平成17年9月

“Ptr10p, a novel membrane bound protein involved in nuclear mRNA export in fission yeast” 第 5 回日本蛋白質科学会年会（招待講演）、サテライトシンポジウム、福岡、平成 17 年 6 月 29 日

“出芽酵母における細胞内局在化 RNA の網羅的スクリーニング” 第 7 回 RNA ミーティング、弘前、平成 17 年月 9 日-11 日

“分裂酵母 Dss1 タンパク質は mRNA の核外輸送とユビキチン・プロテアソーム機構に関与する” 第 7 回 RNA ミーティング、弘前、平成 17 年月 9 日-11 日

“TFIIH 構成因子 XPB の分裂酵母ホモログ Ptr8p の変異による RNA 核外輸送阻害” 第 7 回 RNA ミーティング、弘前、平成 17 年月 9 日-11 日

“生細胞における snRNA の核内移行及び核内挙動の蛍光イメージング解析” 第 7 回 RNA ミーティング、弘前、平成 17 年月 9 日-11 日

“出芽酵母における細胞内局在化センス RNA の解析” 第 7 回 RNA ミーティング、弘前、平成 17 年月 9 日-11 日

“蛍光イメージングによる snRNA の核内移行及び核内挙動の解析” 九州バイオサイエンスシンポジウム 「疾患プロテオミクス最前線」、熊本、平成 17 年 9 月 2 日-3 日

“出芽酵母 *Saccharomyces cerevisiae* HSP mRNA 選択的核外輸送関連遺伝子のゲノムワイドスクリーニング” 九州バイオサイエンスシンポジウム 「疾患プロテオミクス最前線」、熊本、平成 17 年 9 月 2 日-3 日

“REGULATION OF NUCLEOCYTOPLASMIC TRANSPORT OF mRNA IN FISSION YEAST” Tokio Tani (invited talk) 国際シンポジウム「細胞機能の分子スイッチ Ran と細胞周期」、兵庫県淡路市、平成 17 年 10 月 2-4 日

“Genome-wide screening and analysis for localized RNA molecules” 第 78 回日本生化学学会、神戸、平成 17 年 10 月 19 日-22 日

“細胞周期異常を示す分裂酵母 pre-mRNA スプライシング変異株 *prp13* の解析” 第 28 回日本分子生物学会年会、福岡、平成 17 年 12 月 7 日-10 日

“mRNA の核外輸送とユビキチン・プロテアソーム機構に関与する多機能因子 Dss1 の解析” 第 28 回日本分子生物学会年会、福岡、平成 17 年 12 月 7 日-10 日

“出芽酵母を用いた細胞内局在化 RNA の網羅的探索と解析” 第 28 回日本分子生物学会年会、福岡、平成 17 年 12 月 7 日・10 日 (ワークショップ)

“分裂酵母 U2AF-SF1 複合体の構成的スプライシング保証機構への関与” 第 28 回日本分子生物学会年会、福岡、平成 17 年 12 月 7 日・10 日

“出芽酵母における新規細胞内局在化 RNA の解析” 第 28 回日本分子生物学会年会、福岡、平成 17 年 12 月 7 日・10 日

“S1-1 nuclear body とその機能” 第 28 回日本分子生物学会年会、福岡、平成 17 年 12 月 7 日・10 日

“10 ミクロンの小宇宙・細胞核の謎に挑む” 熊本大学「知のフロンティア」生命科学の最前線、熊本大学、平成 17 年 10 月 15 日

38-36 オルガネラ DNA の増殖制御機構

大学院自然科学研究科 教授 高野 博 嘉

我々は、植物細胞のオルガネラ増殖機構について研究を進めている。植物細胞は核以外に DNA 含有オルガネラとして色素体(葉緑体)およびミトコンドリアを持つ。オルガネラの分化・増殖には、オルガネラ遺伝子の発現が必要であり、その発現レベルを制御する第一段階として、オルガネラ DNA コピー数の制御を考えることができる。我々はオルガネラ内の DNA を複製する酵素の候補として、タバコより細菌の DNA ポリメラーゼ I と相同な遺伝子を二つ見いだした。両遺伝子産物はアミノ酸レベルで非常によく似ており、DNA ポリメラーゼドメインは *in vitro* で DNA ポリメラーゼ活性を示した。GFP 融合タンパク質を用いた細胞内局在解析は、この酵素が色素体とミトコンドリアに共局在すること示唆した。更に、作成した抗体を用いたウエスタン解析の結果も同様の共局在を示唆した、これらのことは、この酵素が色素体とミトコンドリアの DNA の複製に寄与していることを示唆する。

発表誌名または講演会名・同年月日 2004 年度

(1) 研究論文

- 1) Hypermethylation of retrotransposons in the liverwort *Marchantia paleacea* var. *diptera*. *Plant Cell Reports* 22, 594-598
- 2) Copper deficiency induced expression of Fe-superoxide dismutase gene in the fern, *Matteuccia struthiopteris*. *Plant Physiol. Biochem.* 42, 143-148
- 3) Photosynthetic Electron Transport Differentially Regulates the Expression of Superoxide Dismutase Genes in Liverwort, *Marchantia paleacea* var. *diptera*. *Plant Cell Physiol.* 45, 318-324
- 4) Efficient plant regeneration and micropropagation from callus derived from mature zygotic embryos of *Larix gmelinii* (Rupr.) Kuz. *Plant Biotech.*, 21, 159-163
- 5) Genome sequence of the ultrasmall unicellular red alga *Cyanidioschyzon merolae* 10D. *Nature*, 428, 653-657
- 6) Organelle-Nuclei in Higher Plants: Structure, Composition, Function, and Evolution. *Int. Rev. Cytol.*, 238, 59-118
- 7) Chalcone synthase-like gene in the liverwort *Marchantia paleacea* var. *diptera*. *Plant Cell Rep.*, 23, 167-173
- 8) Efficient plant regeneration from suspension cells of *Allium cepa* L. *Plant Cell Rep.*, 23, 371-376

(2) 講演発表(国際会議および国内学会)

国際会議

- 1) Relationship between plastid biogenesis and genes of peptidoglycan synthesis pathway in *Physcomitrella patens*. Moss 2004, Sep. 12-15, Freiburg in Germany
- 2) Invitation to plant sciences, US-Japan International Workshop in Bioelectronics, Mar. 16, 2005, Norfolk, VA, USA

国内学会

- 1) 陸上植物に存在するペプチドグリカン合成経路関連遺伝子 MurE の解析、第 54 回日本植物学会九州支部大会、福岡、(2004 年 5 月 15-16 日)
- 2) パーティクルガン法を用いた落葉松(*Larix gmelinii*)形質転換系の開発、第 54 回日本植物学会九州支部大会、福岡、(2004 年 5 月 15-16 日)
- 3) 紅藻スサビノリのレトロトランスポゾン遺伝子の発現、第 54 回日本植物学会九州支部大会、福岡、(2004 年 5 月 15-16 日)
- 4) 紅藻スサビノリの栄養欠乏に対するフィコビリソーム関連遺伝子の発現応答、第 54 回日本植物学会九州支部大会、福岡、(2004 年 5 月 15-16 日)
- 5) ヒメツリガネゴケで見つかった(新規)葉緑体分裂機構、基礎生物学研究所ワークショップ・ヒメツリガネゴケの生物学、岡崎、(2004 年 6 月 12-13 日)
- 6) ヒメツリガネゴケタグラインを用いた新規葉緑体分裂因子の探索、基礎生物学研究所ワークショップ・ヒメツリガネゴケの生物学、岡崎、(2004 年 6 月 12-13 日)
- 7) スサビノリ葉緑体遺伝子の各種栄養欠乏における発現応答、第 7 回マリンバイオテクノロジー学会、北海道、(2004

年6月17-19日)

- 8) スサビノリにおけるコピア型レトロトランスポゾンのプロトプラスト化による発現誘導、第7回マリンバイオテクノロジー学会、北海道、(2004年6月17-19日)
- 9) カラマツ(*Larix gmelinii*)の大量増殖技術とパーティクルガン法を用いた形質転換系の開発、第22回日本植物細胞分子生物学会大会、秋田、(2004年8月9-10日)
- 10) ヤナギタデのカテキン類合成遺伝子の分離と発現様式、第22回日本植物細胞分子生物学会大会、秋田、(2004年8月9-10日)
- 11) 陸上植物に存在するペプチドグリカン合成経路関連遺伝子は葉緑体形態形成に必須か、日本植物学会第68回大会、藤沢、(2004年9月10-12日)
- 12) コケ植物は種子植物と全く同一の葉緑体分裂機構を持つのか、大阪、(2004年11月11-12日)
- 13) 養殖ノリの色落ちの分子機構、第2回みらい有明・不知火シンポジウム(長崎)、2004年12月11日
- 14) 原始紅藻 *Cyanidioschyzon merolae* 染色体の末端構造、第46回日本植物生理学会年会、新潟、(2005年3月24-26)
- 15) タバコ培養細胞 BY-2 を用いた植物オルガネラ DNA ポリメラーゼの研究、第46回日本植物生理学会年会、新潟、(2005年3月24-26)
- 16) ヒメツリガネゴケにおけるペプチドグリカン合成系遺伝子の欠損による色素体分裂異常、第46回日本植物生理学会年会、新潟、(2005年3月24-26)
- 17) コケ植物の葉緑体分裂とペプチドグリカン、第7回オルガネラワークショップ、新潟、(2005年3月23日)

2005年度

(1)研究論文

- 1) Two *minD* genes in *Physcomitrella patens* are functionally redundant. *Cytologia*, 70, 87-92
- 2) Stable genetic transformation of *Larix gmelinii* L. by particle bombardment of zygotic embryos. *Plant Cell Rep.*, 24, 418-425
- 3) Isolation of mutant lines with decrease number of chloroplasts per cell from tagged mutagenesis library of moss *Physcomitrella patens*. *Plant Biol.*, 7, 300-306
- 4) Bryophyte gene expression profiling by hybridization of an *Arabidopsis* cDNA array with bryophyte cDNA. *J. Hattori Bot. Lab.*, in press
- 5) Detection of genes expressed in bryophyte cultured cells, but not *Arabidopsis* cultured cells, using an *Arabidopsis* cDNA macroarray. *J. Hattori Bot. Lab.*, in press

(2)講演発表(国際会議および国内学会)

国際会議

- 1) Plant homologs of bacterial peptidoglycan biosynthesis genes in moss XVII International Botanical Congress, June, 17-23, Vienna at Austria
- 2) Isolation of mutant lines with decreased numbers of chloroplasts per cell from a tagged mutant library of the moss *Physcomitrella patens* Moss 2005, June, 23-26, Brno at Czech
- 3) Effects of pulsed streamer-like discharge to cyanobacterium living in fresh water Internation Workshop on Bioelectrics 2005, Nov., 12, Kumamoto, Japan

国内学会

- 1) シロイヌナズナ cDNA マクロアレイを用いたコケ植物の遺伝子発現解析、第55回日本植物学会九州支部大会、沖縄、(2005年5月14-15日)
- 2) ヒメツリガネゴケ葉緑体型ダイナミン及び *MinD* 遺伝子群の破壊は葉緑体の減少を引き起こす、第69回日本植物学会大会、富山、(2005年9月21-23日)
- 3) Copia like retrotransposon in a red alga *Porphyra yezoensis*、第69回日本植物学会大会、富山、(2005年9月21-23日)
- 4) ヤナギタデのカテキン類合成系遺伝子 *ANR* と *LAR* の分離と発現様式、第69回日本植物学会大会、富山、(2005年9月21-23日)

38-37 シリコン表面上有機超薄膜の形成と応用

大学院自然科学研究科 助 教 授 西 山 勝 彦
教 授 谷 口 功
理化学研究所 山 田 太 郎
大学院自然科学研究科 前期課程 阿津坂 高 範

半導体デバイスはさらに高集積度化され、より微細なシリコン表面のパターニングが要求されている。このため、回路間の絶縁膜の薄膜化が進んでおり、従来の絶縁膜では絶縁性能に限界が近づいている。本研究では、Grignard 反応よりも清浄で簡易的な有機薄膜の作製が期待できる気相中での光置換反応を用いて、シリコン表面にアルキル基を直接導入した超薄膜を作製する条件の検討を行なった。水素終端化したシリコンを基板とし、クロロエタンを反応ガスとして 0.5, 2, 4 時間気相中で反応を行った。得られた HR-EELS スペクトルを解析したところ、エチル基由来のシグナルに加えて、780cm⁻¹ 付近に Si-C stretch が確認され、エチル基がシリコン表面へ直接導入されたことを確認した。また、C-C stretch (900cm⁻¹ 付近)も観測された。このことから、シリコン表面へのアルキル基導入に気相中での光置換反応が有効であることがわかった。また、反応時間が長くなるにつれ Si-H 由来のシグナルは小さくなり、4 時間程度でほぼ反応が完結することがわかった。

“水素終端シリコン表面とハロゲン化アルキルの光反応による薄膜形成反応”、2005 電気化学秋季大会、千葉 (9/8-9,2005)

“水素終端 Si(111)表面とハロゲン化アルキルの光反応による薄膜形成条件の検討”、2005 西日本化学会、山口 (10/21-22,2005)

"Preparation of Alkyl Monolayers by Photochemical Reaction of Alkylhalides and H:Si(111) Evaluated by HREELS and FT-IR, International Symposium on Surface Science and Nanotechnology, Saitama, Japan. (Nov. 14-17, 2005)

"Adsorption of Organic Molecules by Photochemical Reaction on Cl:Si(111) and H:Si(111) Evaluated by HREELS", submitted to Surface Science.

"Preparation of Methyl adsorbate on Si(111) by photochemical reaction of CH₃Cl", to be submitted to Chemistry Letters

38-38 赤外発光素子の開発

大学院自然科学研究科	教授	中村 有水
	助手	中 良 弘
	前期課程	宮 脇 大 介
		吉 田 武 史
電気システム工学科		伊 藤 功三郎
		亀 山 康 介
		本 園 健 介
		松 本 太 一
		藤 堂 泰 正
		野 崎 直 哉
		美 並 聖

光通信用ファイバの最低損失波長は $1.5\mu\text{m}$ 帯であり、この波長帯で発光するデバイスがシリコン(Si)系材料により作製できると、集積回路と同一基板上に作製可能となり、ファイバとの接続部が小型化、低コスト化する。また、一方で、集積回路内における電気的な信号伝送は、高周波化により様々な問題を生じており、集積回路内における光信号伝送の必要性が叫ばれている。そこで、Si 系発光素子の開発が重要であり、その最終形態として電流注入型の Si 系発光素子の開発が求められている。

本研究において、我々はエルビウムと一酸化珪素(SiO)の真空蒸着、及びそのアニール処理により、 $1.5\mu\text{m}$ 帯で発光するエルビウム添加 Si 酸化膜(SiOx)を形成した。さらに、この材料の発光強度とアニール温度の関係を調べた結果、 550°C のときに発光強度が最大となることがわかった。今後、さらに詳細な実験を行うことにより、未だ十分に解明されていない発光メカニズムについて調べると共に、電流注入型素子の開発を行う予定である。

「 $1.5\mu\text{m}$ 発光・エルビウム添加シリコン酸化膜の形成」電気関係学会九州支部連合大会

2005年9月30日、講演番号：08-2A-13

「エルビウム添加シリコン酸化膜による $1.5\mu\text{m}$ 発光」第7回 IEEE 広島支部学生シンポジウム (HISS)

2005年11月26日

38-39 半導体量産工場で発生する不良解析に関する研究

—半導体製造ラインにおける低圧 CVD 膜の膜特性ばらつきの検証—

大学院自然科学研究科 教 授 久保田 弘

後期課程 田 北 進 哉

量産工場で製造される MOS トランジスタにおいて、ゲート電極材として多結晶シリコン（ポリシリコン）が広く使用されている。ポリシリコンは高い耐熱温度と、成膜過程においてトランジスタ特性を変動させる金属汚染物の混入が抑えられることから、量産では扱いやすい材料である。また、ゲート電極形成後にゲート電極をマスクとして SD 領域を形成するセルフアラインが可能のため、微細化が容易であるというメリットを持つ。しかしながら、ポリシリコン自身は高抵抗体であり、用途により n 型あるいは p 型不純物を拡散しなければならないというデメリットもある。

量産過程において、ポリシリコンはゲート電極、抵抗体、プログラマブル ROM の情報記憶素子として広く使用されている。その成膜方法は一般的に減圧 CVD 炉にて、モノシランの熱分解反応によって形成され、さらに量産性を向上させるため多数枚数処理が可能な装置構造となっている。成膜条件はパターニング後の形状を揃えるために、膜厚を一定になるように管理する必要があり、場所によりヒーター温度に温度勾配を持たせ、膜厚を常に一定に保っている。しかし、ポリシリコンは成膜温度によりグレインサイズが異なり、膜特性が変化と言われていたが、用途の多様化によりその懸念点が顕在化しつつある。

そこで今回は、実際量産工程で作成された成膜条件の異なるポリシリコンのサンプルを用い、ホール測定を行うことで膜特性のばらつきを検証することにし、当日はその結果について報告する予定である。

図 1 に減圧 CVD 炉の模式図を示す。今回用いたサンプルは、図 1 の縦型 CVD 炉で 150nm のポリシリコンを熱酸化膜 10nm 上に成膜後、イオン注入にてボロンを 70keV 3.30e14 の条件にて打ち込み、830℃の N_2 雰囲気中でランプアニールによりボロンを活性化させたウェハーを用意し、これを 10mm 角にカットした。(図 2) ホール測定は、この 10mm 角の 4 隅に電極を取り付け、Van der Pauw 法により測定を行った。

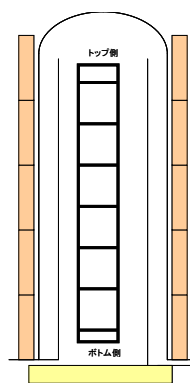


Fig.1 縦型減圧 CVD 装置

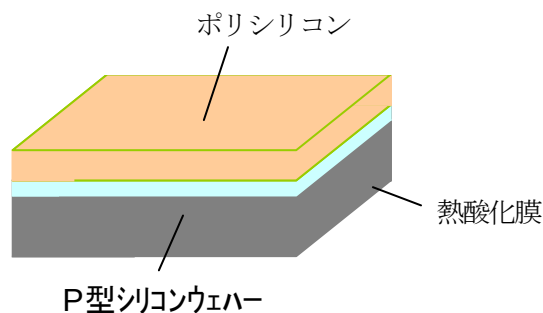


Fig.2 測定サンプル

〔沿岸域環境科学教育研究センター〕

38-40 有明海熊本沖の水塊構造と表層堆積物分布特性

沿岸域環境科学教育研究センター	教 授	滝 川 清
	助 授	秋 元 和 實
大学院自然科学研究科		平 城 兼 寿
		田 中 正 和
		西 村 啓 介
沿岸域環境科学教育研究センター		島 崎 英 行
熊本市役所		渡 辺 枢

有明海における底質環境の改善に際しては、底質分布とともに、浮泥を含む底質の生成・移動・堆積等の特性の把握が重要となる。本研究の目的は、熊本沖における表層堆積物の分布と水塊構造との関連を調査し、底質環境の改善・維持方策に寄与する資料を得ることにある。調査の結果、渇水時と豊水時における沿岸水と橘湾から流入する外海系水の境界（潮目）の分布特性、泥質堆積物および酸揮発性硫化物量の分布と潮目の関係を明らかにした。2次元および3次元の潮流流動解析結果は、表層の潮目を含む沿岸水の流動特性と有機物が吸着しやすい粘土およびシルト粒子の挙動とが極めて密接に関連していることを示唆している。

(海岸工学講演集 第52巻 2005.11)

38-41 有明海大浦沖における海底攪拌の効果

沿岸域環境科学教育研究センター	教 授	滝 川 清
	助 授	秋 元 和 實
農林水産省九州農政局		吉 武 弘 之
熊本市役所		渡 辺 枢

有明海の諫早湾湾口部の2海域において海底を攪拌し、底質調査、水質調査および生物調査を実施し、攪拌の効果を追跡調査した。周辺海域の環境特性についても調査研究を行い、懸濁物質の集積・移動など海域環境についても総合的評価を行った。その結果、以下の結論が得られた。1)堆積物が砂質あるいは泥質であっても、攪拌効果は3ヶ月維持され、底生生物が増加した、2)泥質堆積物における攪拌効果は、暴風時の波浪による攪拌に匹敵する、3)2004年6月～11月の連続観測に基づく、大浦沖には筑後川流域の降水後に懸濁物と植物プランクトンに富む低塩分水が流入し、これらが沈降すると短時間に海底が貧酸素状態になり、pHも低下する、4)大浦沖に集積した泥粒子は潮汐流の影響で南東に移動し、その移動方向は表層堆積物の厚さの分布に一致する。

(海岸工学講演集 第52巻 2005.11)

38-42 有明海干潟海域環境改善へ向けた泥質干潟耕耘の効果に関する研究

沿岸域環境科学教育研究センター	教 授	滝 川 清
アジアプランニング(株)		増 田 龍 哉
大学院自然科学研究科	研 究 員	森 本 剣太郎
環境システム工学科	助 手	田 中 健 路
大学院自然科学研究科		大久保 貴 仁
国土交通省熊本港湾・空港整備事務所所長		西 原 孝 美
国土交通省下関港湾空港技術調査事務所所長		吉 田 秀 樹

有明海の疲弊が問題化されている中、その干潟環境の改善に向けての対策法の開発を目的として、泥質干潟を耕耘し、その追跡調査結果から泥質干潟の耕耘効果の検討を行った。泥質干潟の耕耘効果について物理的、化学的、生物学的に検討した結果、泥質干潟を耕耘する事による直接的な改善効果と、干潟環境を取り巻く食物連鎖からなる波及的な改善効果がみられた。泥質干潟環境の改善は沖合海域環境への負荷削減につながることから、泥質干潟の耕耘は有明海の海域環境改善に有効な改善策であることが示唆された。

(海岸工学講演集 第52巻 2005.11)

38-43 創生された潟湖干潟の特性と環境変動メカニズムの解明に関する研究

大学院自然科学研究科	研 究 員	森 本 剣太郎
沿岸域環境科学教育研究センター	教 授	滝 川 清
	客員助教授	古 川 恵 太
アジアプランニング(株)		増 田 龍 哉
環境システム工学科	助 手	田 中 健 路
大学院自然科学研究科		三 迫 陽 介

有明海の干潟環境の再生・回復に向けての対策法の開発を目的として、人工干潟を創生し、環境モニタリングを実施して環境変動の動態把握と変動のメカニズムについての検討を行った。この人工干潟は、底質の外部からの搬入ではなく埋立地の掘削により作り出され、通水管によって外海と海水交換すること、潮溜まりを持つことが特徴的である。この人工干潟では、地盤乱底質など生物生息環境の多様性を人為的に創生することによって、ごく近傍の干潟では見られないような生物を含む多様な生態系が、潮溜まりを持っていることにより場の生産力を上げている可能性が数値計算により示唆された。

(海岸工学講演集 第52巻 2005.11)

38-44 乱流渦相関法を用いた有明海干潟上の地表面フラックス直接観測

国土交通省	成 松 明
環境システム工学科	助 手 田 中 健 路
大学院自然科学研究科	研 究 員 森 本 剣太郎
沿岸域環境科学教育研究センター	教 授 滝 川 清

干潟地表面・海水面・待機との熱交換過程は、干潟の物質循環を制御する上で重要な役割を担うとされている。本研究では、干潟域の熱収支を高精度で定量化することを目的として、熊本港北側干潟域で乱流渦相関法によるエネルギーフラックス観測を実施した。干潟域では、日射による加熱の他に、潮汐による干出・冠水のサイクルが、大気側への顕熱輸送の日変化を支配する。干出時刻が正午前後の場合、干潟土壌温度が1時間に5℃以上上昇し、これに伴い夏季では 400Wm^{-2} を超える潜熱フラックスを観測した。夜間には地表面温度や海水温度が上空気温に対して高くなり、夜間でも正の潜熱・顕熱フラックスを観測した。

(海岸工学講演集 第52巻 2005.11)

熊本大学工学部附属工学研究機器センター規則

(目的)

第1条 この規則は、熊本大学学則（平成16年4月1日制定）第10条第2項の規定に基づき、熊本大学工学部附属工学研究機器センター（以下「工研」という。）に関し必要な事項を定めるとともに、特殊機器の集中管理及び運営により、高度の工学研究を推進することを目的とする。

(職員)

第2条 工研に、センター長その他必要な職員を置く。

- 2 センター長は、工学部教授のうちから工学部教授会の議に基づき、学長が選考する。
- 3 センター長の任期は2年とし、再任を妨げない。
- 4 センター長は、工研の業務を統括する。
- 5 職員は、センター長の命を受け、工研の業務に従事する。

(委員会の設置)

第3条 工研の円滑な運営を図るため、熊本大学工学部附属工学研究機器センター運営委員会（以下「委員会」という。）を置く。

(委員会の組織)

第4条 委員会は、次に掲げる委員をもって組織する。

- (1) センター長
- (2) 各学科から選出された教員 各1人
- 2 前項第2号の委員は、各学科の教授、助教授又は講師のうちから、教授会の議に基づき、工学部教授が委嘱する。
- 3 第1項第2号の委員の任期は1年とし、再任を妨げない。
- 4 第1項第2号の委員に欠員を生じた場合の補欠の委員の任期は、前項の規定にかかわらず、前任者の残任期間とする。

(委員会の審議事項)

第5条 委員会は次に掲げる事項を審議する。

- (1) 予算に関すること。
- (2) 施設・設備に関すること。
- (3) 工研の業務に関すること。
- (4) その他工研の管理運営に関し必要な事項

(委員長)

第6条 委員会に、委員長を置き、センター長をもって充てる。

- 2 委員長は、委員会を招集し、その議長となる。
- 3 委員長に事故があるときは、委員長があらかじめ指名する委員がその職務を代行する。

(議事)

第7条 委員会は、委員の3分の2以上が出席しなければ、議事を開き、議決することができない。

2 委員会の議事は、出席した委員の過半数をもって決し、可否同数のときは、議長の決するところによる。

3 議長は、工研に関する重要事項については、工学部教授会に諮るものとする。

(意見の聴取)

第8条 委員長は、必要がある場合は、委員以外の者を会議に出席させ、意見を聴くことができる。

(事務)

第9条 工研及び委員会の事務は、自然科学系事務部（工学部担当）において処理する。

(雑則)

第10条 この規則に定めるもののほか、教授会の運営に関し必要な事項は、学部長が別に定める。

附 則

1 この規則は、平成16年4月1日から施行する。

2 この規則施行後、最初に任命されるセンター長は、第2条第2項の規定にかかわらず、この規則施行の際現に熊本大学工学部附属工学研究機器センター長である者をもって充てるものとし、その任期は、同条第3項の規定にかかわらず、平成17年3月31日までとする。

3 この規則施行後、最初に委嘱される第4条第1項第2号の委員である者が、この規則施行後も引き続き委員となる場合は、この規則により選考されたものとみなす。