

抄 録

Observation of various conformers of 4-cyano-4'-alkylbiphenyl by IR spectroscopy and density functional theory calculations

赤外分光法と密度汎関数法による 4-シアノ・4'-アルキルビフェニルのコンホメーションの観測

企画部 企画調整室 田中 聡 美
化学技術部 化学材料チーム 加藤 千 尋
東京農工大学 工学部 堀 江 一 之

掲載誌：Journal of Molecular Structure, vol.735-736, P.27-37 (2005)

密度汎関数法による赤外スペクトルの計算と赤外分光法による実測から、nCB分子 ($1 \leq n \leq 5$) のコンホーマについて検討した。計算したスペクトルは実測のスペクトルをかなりよく再現した。また、アルキル鎖の振動とカップリングしたベンゼン環の面外変角振動数に相当する $880 \sim 750 \text{cm}^{-1}$ のバンドがアルキル鎖のコンホメーションを顕著に反映するバンドであることがわかった。

3～5 CBでは全トランス体以外に、ゴーシュ形をもつコンホーマが存在することがわかった。ネマティック相では等方相に比べ、捩れ形分子の割合が減少し、直線分子の割合が増加することがわかり、液晶中でのパッキングの安定化から説明することができた。

Platinum Thin Film Technology for Electronic Devices

電子機器用の白金薄膜技術

電子技術部 電子デバイスチーム 大屋 誠志郎
三橋 雅彦

掲載誌：材料の科学と工学, Vol.41, No.6, pp.24-29 (2004)

白金族金属は温度計測性、高温安定性、化学的安定性を生かしてさまざまな電子機器に用いられており、パルクや細線を用いた技術は成熟している。一方、白金族金属の薄膜化と微細加工、マイクロマシニング、および微小電気機械システム (MEMS) への応用については、他の金属材料には無い白金特有の課題が見受けられる。本稿では、白金が測温抵抗体の規格として用いられる背景である電気伝

導メカニズムに触れ、白金薄膜の伝導特性が純粋な白金の伝導特性から外れる原因をまとめた。次に、白金薄膜の製膜プロセス、熱処理プロセス、エッチングプロセスについて解説した。続いて、白金薄膜の重要な応用である測温抵抗体の現状を紹介した。最後に、マイクロマシニング技術、MEMS技術への応用例として、流量計や風速計、ピラニ真空計と、将来大きな需要が期待される燃料電池等を対象とするパワー微小電気機械システム (Power MEMS) について紹介した。

Thermal Anemometer Using a Micro-Air-Bridge Heater

マイクロエアブリッジヒータを用いた熱式風速計の試作

電子技術部 電子デバイスチーム 八坂 慎一
大屋 誠志郎
三橋 雅彦
伊藤 健
電子材料チーム 金子 智
株式会社アイ電子技研 菅野 洋一
株式会社フラット電子 相京 幸保
小室 眞一
大林 一也
東北学院大学 木村 光照

掲載誌：電気学会論文誌E, Vol.125, No.3, p.124-128 (2005)

従来の熱式風速計には、白金線、タングステン線やサーミスタ等をヒータとして用いているが、これらのヒータは1 mm程度の形状をもつため熱容量が大きく、消費電力が大きい、応答速度が遅い、といった問題があり、多様化する要求に対応することが困難になっている。ヒータ部の熱容量を低減するためには、マイクロマシニング技術による架橋構造上に白金薄膜抵抗体等のマイクロエアブリッジヒータを形成する方法が有効であり、熱式流量計ではこの方式が実現している。しかしながら風速計の場合には、ヒータの周囲に存在する様々な物体によって流れが乱され、計測したい風速とは異なる値を検出してしまうという問題がある。

そこで本研究ではこのマイクロエアブリッジヒータの周囲で流れを拘束する構造 (マイクロ風洞) を実装したセンサプローブを試作しその特性を評価したところ、風速特性、風向特性が改善されたので報告する。

Electrochemical Behavior of Parallel Opposed Dual Electrode in a Microchannel

微小流路中における平行平板電極の電気化学特性

電子技術部 電子デバイスチーム 伊藤 健
大屋 誠志郎
資源・生活技術部 電気化学チーム 祖父江 和治
NTTマイクロシステムインテグレーション研究所
丹羽 修
慶應義塾大学 理工学部 丸山 健一
鈴木 孝治

掲載誌：Electroanalysis, Vol.16, pp.2035-2041 (2004)

電気化学的に酸化・還元活性のある物質を高感度に測定するデバイスはマイクロアレイ電極や楕円電極が代表的であるが、電極幅及びギャップが数μmという高度な微細加工技術が必要である。我々は、微小流路を挟んだ上下面にミリメートルサイズの電極を配置することで作製手法を簡便化し、上記物質の高感度測定を可能にする新しいデバイスを作製し、その電気化学的な特性を評価した。その結果、電極間距離が狭い、つまり流路が浅いほど出力電流値が増加し、定常状態に達するまでの時間が短いことがわかった。このデバイスを用いて脳内伝達物質の一つであるドーパミンを測定したところ、2μM/Lから1mM/Lまでの間で高い直線性を示し、測定限界は1.4μM/Lであった。

Structural Modulation on Multilayered Bismuth Cuprate Observed by X-ray Reciprocal Space Mapping

X線逆格子マッピング法によるビスマス系酸化物超格子における超構造評価

電子技術部 電子材料チーム 金子 智
秋山 賢輔
平林 康男
電子デバイスチーム 大屋 誠志郎
資源生活技術部 環境安全チーム 清水 芳忠
神奈川県商工労働部工業振興課 湯浅 宏康
ブルッカー・AXS株式会社 斉藤 啓介
東京工業大学総合理工学部 舟窪 浩
東京工業大学応用セラミックス研究所 吉本 護

掲載誌：Journal of Applied Physics, Vol.97, p.103904 (2005)

ビスマス系酸化物には複数の単位格子により超構造を形成する材料がある。このユニークな超構造は酸化物への酸素の注入量により、その大きさが変化することが知られている。酸素の注入量を変化させるため、結晶内の陽イオン置換が行われているが、イオン半径の違いによる結晶内歪みの影響も無視することはできない。本論文では、結晶歪みが超構造へ与える影響を観察するため超格子構造を作製し、その格子不整合による結晶歪みが超構造へ与える影響について観察した。評価にはX線逆格子マッピング法を用い、超構造の大きさの変化を観察した。超格子周期が小さくなり歪みが大きくなると、超構造にも変化が現れることを確認した。

Epitaxial Yttria-stabilized Zirconia (YSZ) Film Deposited on Si(100) Substrate by YAG Laser

シリコン基板へのイットリア安定化ジルコニア薄膜のエピタキシャル成長

電子技術部 電子材料チーム 金子 智
秋山 賢輔
電子デバイスチーム 伊藤 健
八坂 慎一
三橋 雅彦
大屋 誠志郎
資源生活技術部 環境安全チーム 清水 芳忠
神奈川県商工労働部工業振興課 湯浅 宏康
ブルッカー・AXS株式会社 斉藤 啓介
東京工業大学総合理工学部 渡部 隆之
岡本 庄司
舟窪 浩

掲載誌：Journal of the Vacuum Society of Japan, Vol.47, p.581 (2004)

シリコン基板上への誘電体メモリ等の酸化物材料作製のためには安定で高い結晶性を持つ緩衝膜が必要となる。シリコン表面は結晶性のない酸化膜で覆われているため、そのままでは結晶性のある膜の作製はできない。そこで、製膜初期段階では酸素欠損となる高真空中での製膜を行い、基板表面の酸化シリコンとジルコニウムを反応させて酸化ジルコニウムとすることでイットリア安定化ジルコニア膜

のエピタキシャル成長を可能とした。YAGを用いたレーザ蒸着法で製膜を行い，シリコン(100)基板上でのYSZ(100)のエピタキシャル成長をX線回折測定により確認した。

大屋 誠志郎
 資源生活技術部 環境安全チーム 清水 芳 忠
 ブルッカー・AXS株式会社 斉藤 啓 介
 東京工業大学総合理工学部 舟 窪 浩
 東京工業大学応用セラミックス研究所
 吉 本 護

Structural Modulation in Oxygen Deficient Epitaxial Bi₂Sr₂Ca₁Cu₂O_x Observed by X-ray Reciprocal Space Mapping

掲載誌 : Applied Physics Letter, Vol.85, p.2301 (2004)

ビスマス系酸化物の超構造における酸素欠損効果

ビスマス系酸化物には複数の単位格子が集まって大きな周期構造を形成する結晶がある。これらは超構造と呼ばれ、中性子散乱や電子線回折等を使って観察されてきた。本論文は、通常の実験室レベルで使用されるX線回折を用いての超構造評価についての報告である。電子線回折も非破壊に行える手法であるが、ビスマス系酸化物の観察では試料の断面観察が必要になるため、非破壊での観察は不可能となる。X線回折による測定は非破壊に行えるもので、超構造の評価を逆格子マッピング手法を用いて行った。電子線では超構造による対称的な4つのサテライトピークの報告がされているが、X線回折では非対象な2つのサテライトピークが観察された。結晶構造モデルを構築し、逆格子空間のシミュレーションを行うことで非対称性をもつサテライトピークを再現した。

電子技術部 電子材料チーム 金子 智
 秋山 賢 輔
 平林 康 男
 電子デバイスチーム 大屋 誠志郎
 資源生活技術部 環境安全チーム 清水 芳 忠
 ブルッカー・AXS株式会社 斉藤 啓 介
 東京工業大学総合理工学部 舟 窪 浩
 東京工業大学応用セラミックス研究所
 吉 本 護

掲載誌 : Japanese Journal of Applied Physics Vol.44 p.156 (2005)

ビスマス系酸化物における超構造は、その結晶内の酸素によりその大きさが変化するとされている。酸素量変化のため結晶内の陽イオン置換が行われているが、イオン半径の違いによる結晶内歪みの影響も無視することはできない。製膜後に窒素雰囲気でのアニールを行うことで、酸素欠損状態の薄膜を作製した。その結晶構造評価をX線逆格子マッピング法により行い、超構造の大きさの変化を観察した。結晶内の酸素減少にともない、超構造が大きくなることを見いだした。

Photoluminescence Properties from β -FeSi₂ Film Epitaxially Grown on Si, YSZ and Si/YSZ

Si, YSZ, Si/YSZ基板上エピタキシャル β -FeSi₂薄膜のフォトルミネッセンス特性

電子技術部 電子材料チーム 秋山 賢 輔
 金子 智
 大阪大学 寺井 慶 和
 京都大学 前田 佳 均
 東京工業大学 舟 窪 浩

掲載誌 : Japanese Journal of Applied Physics, Vol.44, L303 (2005)

Modulation Derived Satellite Peaks in X-ray Reciprocal Mapping on Bismuth Cuprate Superconductor Film

X線逆格子マッピング法を用いたビスマス系酸化物の超構造観察

エピタキシャル β -FeSi₂薄膜を有機金属化学気相成長(MOCVD)法で(111)Si, (111)YSZ, (111)Si/(111)YSZ基板上へ結晶成長することに成功した。いずれの基板上においても完全性の高い(101)/(110)配向膜の形成が確認された。Ar雰囲気中における900℃のポスト・アニーリングによって、(111)Si上及び(111)/(111)YSZバッファ層上の β -

電子技術部 電子材料チーム 金子 智
 秋山 賢 輔
 電子デバイスチーム 伊藤 健
 三橋 雅 彦

FeSi₂薄膜のエピタキシャル膜から1.54 μmのフォトルミネッセンス(PL)スペクトルが観察された。本結果よりSi/β-FeSi₂界面を有する構造がPLスペクトル強度の増大化に有効であり、Si原子の拡散が重要な要因となっていることが示唆された。

白井 亮
田邊 義博
橋本 修

青山学院大学理工学部

掲載誌：IEICE TRANS. ELECTRON., VOL. E88- C,
NO. 1, p.98-104, JANUARY 2005

マイクロフォーカスX線検査装置用Niグリッドマスクの開発

Development of Ni Grid Mask for Microfocus X-ray
Inspection Apparatus

電子技術部 電子材料チーム 安井 学
平林 康男
ナガセ電子機器サービス株式会社 佐々木 洋明
和久田 昌則

掲載誌：IEEJ Trans. SM, Vol. 125, No. 4, p.196-199
(2005)

マイクロフォーカスX線検査装置で撮影したX線画像の周辺部は歪むため、補正用スケールが必要である。我々は格子状に配置したスケールをグリッドマスクと呼ぶ。グリッドマスクはX線吸収率が高く、グリッドの間隔が一定でなければならない。本研究ではこれらの条件を満たすNi製グリッドマスクを検討した。X線吸収率の目安として、Auでは5~10 μmの厚みが必要となる。70keVでは、AuとNiの質量吸収係数の比は3であるため、Niの厚みを40 μmに設計した。そして、10 μm幅のNiグリッドを中心間距離が500 μm一定になるように格子状に配置してNi製グリッドマスクを製作した。70 kVでICチップを介したNi製グリッドマスクを観察できることと、グリッドの間隔の精度が仕様±1 μmを満たすことを確認した。これより、Ni製グリッドマスクがマイクロフォーカスX線検査装置の参照用スケールに使用できると考えられる。

Log-Periodic Dipole Antenna Array-type Optical Electric
Field Sensor

対数周期ダイポール・アンテナ・アレイ型光電界センサ

電子技術部 電子システムチーム 日高 直美
小林 賢
菅間 秀晃

光電界センサ (Optical Electric Field Sensors : OEFS) は、マイクロ波帯域において電界強度を正確に測定することができる。しかし、この帯域において、広帯域と高感度を両立することのできる光電界センサを得ることは大変困難である。ここでは、この両者を達成できる対数周期ダイポール・アンテナ・アレイ型 (Log-Periodic Dipole antenna Array (LPDA)-type) 光電界センサについて報告する。LPDA型光電界センサは、たくさんの電極とこれに繋がるアンテナエレメントを有している。そのアンテナエレメント長と電極長は対数周期的に変化している。ここで報告するLPDA型光電界センサは、温度変化に対して安定なyカットz伝搬ニオブ酸リチウムを用いている。この結晶方位を用いたバルク型光変調器の場合の理論式を示す。そして、LPDA型光電界センサが広帯域で高感度な特性を示すことを実験的に確認したのでこれを紹介する。

真空紫外エキシマランプを用いたペルヒドロポリシラザンによるシリカ薄膜の形成

Formation of Silica Coatings from Perhydropolysilazane
Using Vacuum Ultraviolet Excimer Lamp

材料技術部 材料物性チーム 長沼 康弘
企画部 企画調整室 田中 聡美
化学技術部 化学材料チーム 加藤 千尋
(有)コンタミネーション・コントロール・サービス
進藤 豊彦

掲載誌：Journal of the Ceramic Society of Japan,
Vol.112, No.11, P.599~603 (2004).

ペルヒドロポリシラザンのキシレン溶液をスピンコートした薄膜について、キセノンエキシマランプを用いて波長が172nmの真空紫外 (VUV) 光を照射することにより、シリカへの転化を試み、その膜質について検討した。その結果、酸素存在下での照射により、コーティング膜中の水素や窒素が除去されるとともに、酸素が膜中に取り込まれることでシリカへ転化することがわかった。照射条件に

よって、形成した膜の組成や光学特性は著しく異なり、乾燥空気フロー中での照射により、500°Cで熱処理したときと同等の光学透過性をもつ膜を形成できた。膜に与える照射の効果としては、照射光のエネルギーによる化学結合の切断よりも、酸素分子がVUV光を吸収することで生成された励起酸素原子 ($O(^1D)$) やオゾン (O_3) による酸化作用の大きいことが示唆された。本手法は、酸素の活性種を用いた低温での薄膜形成法として期待できる。

Preparation of Sol-Gel Derived Titanium Oxide Thin Films Using Vacuum Ultraviolet Irradiation with a Xenon Excimer Lamp

キセノンエキシマランプからの真空紫外光照射を用いたゾル-ゲル法による酸化チタン薄膜の作製

材料技術部	材料物性チーム	長 沼 康 弘
企 画 部	企画調整室	田 中 聡 美
化学技術部	化学材料チーム	加 藤 千 尋

掲載誌: Japanese Journal of Applied Physics, Vol.43, No.9A, P.6315~6318 (2004).

ゾル-ゲル法による酸化チタン (TiO_2) 薄膜の形成において、キセノンエキシマランプ用いて、波長が172nmの真空紫外 (VUV) 光を照射することによる形成温度の低温化に関する検討を行った。その結果、酸素存在下でのコーティング膜への照射により、酸化チタンの還元を引き起こさずに膜中に残存する水酸基や有機物を除去できることがわかった。また、光照射後に熱処理を施した膜は、従来法により熱処理のみで形成した場合よりも、低温でTi-Oネットワークの形成や結晶化が促進されることがわかった。これは、照射時に酸素分子がVUV光を吸収することで形成された励起酸素原子 ($O(^1D)$) やオゾン (O_3) による活性化酸化反応にともない、膜中に存在する酸素空孔等の欠陥密度が減少したためと考えられた。欠陥の少ない薄膜の低温での形成は、膜の硬度の増加や電流-電圧特性の向上、有機材料基板上への形成などの点で期待される。