

抄 録

Superlubricity of Diamond/Glycerol Technology Applied to Automotive Gasoline Engines

自動車用ガソリンエンジンに適用されたダイヤモンド/グリセリン材料組合せによる超潤滑技術

機械・材料技術部 材料物性チーム 加 納 眞
Ecole Centrale de Lyon
Maria Isabel De Barros Bouchet

掲載誌 : Superlubricity (Edited by A. Erdemir and J.-M. Martin), Elsevier, p.471-492

80°Cグリセリン潤滑下で ta-C/ta-C 組合せのすべり摩擦により摩擦係数が 0.01 以下となる超低フリクションが生ずることを見出した。この摩擦低減メカニズムの解明を目指し、¹³C, ²H でラベル化したグリセリン潤滑でのすべり試験後の摺動面への吸着成分の状況を TOF-SIMS 等の表面分析により分析するとともに、表面反応に対するコンピュータシミュレーションも平行して実施した。その結果、摩擦初期に ta-C 表面に存在する sp² 層の炭素への水酸基の吸着、この水酸基とグリセロール単分子との水素結合により、低剪断力のトライボフィルムが形成されることが超潤滑現象の主要因と考えられた。この基盤的な研究に基づき、ta-C とエステル添加剤を含有するエンジン油の組み合わせが大幅な低フリクション化技術として、実際の自動車エンジン用バルブリフターへ適用された。

Threshold Stress for Crack Healing of Mullite Reinforced by SiC Whiskers and SiC Particles and Resultant Fatigue Strength at the Healing Temperature

SiC 粒子および SiC ウィスカを複合した分散強化ムライトセラミックスのき裂治癒可能な限界応力とき裂治癒温度における疲労強度

横浜国立大学 工学研究院 高 橋 宏 治
内 出 健 一
木 村 芳 貴
中 尾 航
安 藤 柱
機械・材料技術部 材料加工チーム 横 内 正 洋

掲載誌 : Journal of the American Ceramic Society, Vol.90, No.7, pp.2159-2164(2007).

き裂治癒効果および疲労強度に優れた SiC 粒子および SiC ウィスカを複合した分散強化ムライトセラミックスをホットプレスで焼結した。100 μm の表面き裂を導入した試験片は、繰り返し応力下並びに静的応力下において 1473K の温度で、き裂治癒することができた。同条件下におけるき裂治癒可能な限界応力は 170MPa で、これは予き裂を導入した試験片の曲げ強度の 77%に相当する。き裂治癒した試験片の静的疲労および繰り返し疲労は、き裂治癒温度の 1473K においても改善された。

Thermal Anemometer Using a Micro-Air-Bridge Heater with Chip Scale Wind Tunnel

貫通型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 (チップスケール風洞型風速計)

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 工学部 木 村 光 照

掲載誌 : 電気学会論文誌 E, Vol.127, No.4, pp.241-246 (2007).

マイクロエアブリッジヒータを用いた熱式風速計は、これまで様々な形式が報告されているが、これらのほとんどはセンサチップを平面上に実装し、ヒータ面と平行に流れを受ける形式である。これに対し本研究では、ブリッジ構造を形成する凹部を基板裏面に貫通させた構造のセンサチップを用いて、ヒータに垂直に風を受ける形の熱式風速計を提案し試作を行った。このセンサの風速特性・風向特性を測定したところ、風速は 0~35 m/s まで計測可能であり、風向特性は微風速領域では対称性が低かったが、風速 5 m/s 以上の領域では対称性の良い特性が得られた。

Satellite Peaks Amplified by Modulation in Bismuth Cuprate Thin Film

ビスマス系酸化物薄膜の変調周期構造によるサテライトピーク観測

電子技術部 電子材料チーム 金子 智
秋山 賢 輔
電子技術部 電子デバイスチーム 伊藤 健
パナリティカル株式会社 瀬尾 公一
東京工業大学大学院総合理工学研究科
舟窪 浩
吉本 護

掲載誌 : Physica C, Vol.463, pp.935-938 (2007).

薄膜 X 線回折を用いた評価技術として、酸化物薄膜の超構造の評価を行った。これまで超構造は中性子回折などの大型装置で評価していた。本研究では X 線逆格子マッピング法を用いることで 2 次元として超構造を通常の実験レベルで可能にしたものである。また、結晶モデルの提案により、逆格子マッピングのシミュレーションを行っている。バルク材を用いた評価の報告はあるが薄膜での報告は過去に無く、X 線逆格子マッピング法による新しい応用例として紹介する。

1.54 μm Photoluminescence from $\beta\text{-FeSi}_2$ as-deposited Film

$\beta\text{-FeSi}_2$ 薄膜からの 1.54 μm フォトルミネッセンス発光

掲載誌 : Applied Physics Letters, vol. 91, pp.071903 (2007).

電子技術部 電子材料チーム 秋山 賢 輔
金子 智
東京工業大学大学院総合理工学研究科
舟窪 浩
九州大学大学院総合理工学研究科 板倉 賢

強いフォトルミネッセンス発光を有する高結晶品質 $\beta\text{-FeSi}_2$ 薄膜を形成することに成功した。CuSi 表面を改質

することによって、界面および $\beta\text{-FeSi}_2$ 結晶内の非輻射再結合密度が低減した。 $\beta\text{-FeSi}_2$ 薄膜成長中に Cu によって改質された Si 表面層が再結晶化することによって界面および $\beta\text{-FeSi}_2$ 結晶内の欠陥密度が低減した。

Micro Press Molding of Borosilicate Glass Using Plated Ni-W Molds

Ni-W 金型を用いた硼珪酸ガラスのインプリント

電子技術部 電子材料チーム 安井 学
金子 智
平林 康 男
独立行政法人 産業技術総合研究所 高橋 正 春
前田 龍太郎
株式会社エリオニクス 土田 智 之
上栞 順 一
信州大学 工学部 杉本 公 一

掲載誌 : Japanese Journal of Applied Physics, Vol.46, No.9B, pp. 6378-6381 (2007).

微小光学素子やマイクロ流体素子の安価な生産技術としてガラスインプリント技術が注目されている。本論文では、ガラスインプリント技術に必要な金型材料として Ni-W めっき膜を提案した。そして、Ni-W めっき膜に FIB でピッチ 800nm のナノパターンと 20 μm 角のマイクロパターンを加工してガラスインプリント用金型を試作した。この金型を用いてガラスインプリントを行なうことで、Ni-W めっき膜が金型材料に使用可能な事を示した。また、ガラスインプリントにおいて圧力よりも温度の影響が大きいことを示した。

β -FeSi₂ Growth on Cu-Mediated Si Substrate and Enhancement of Photoluminescence

Cu 改質した Si 基板への β -FeSi₂ 薄膜成長とフォトルミネッセンス発光の増大化

電子技術部 電子材料チーム 秋山賢輔
金子智
九州大学大学院総合理工学研究科 板倉賢
東京工業大学大学院総合理工学研究科
舟窪浩
京都大学大学院エネルギー科学研究科
前田佳均

掲載誌 : Thin Solid Films Vol.515, pp. 8144-8148 (2007).

Cu によって改質された Si 表面上の β -FeSi₂ 結晶の成長過程および結晶品質を、X 線回折法、電子顕微鏡、フォトルミネッセンス法を用いて調べた。Cu によって改質された Si 表面上の β -FeSi₂ 結晶からフォトルミネッセンス発光の増大化を確認した。Cu によって Si 表面を改質することにより界面および β -FeSi₂ 結晶内の非輻射再結合密度が低減したと考える。

Single Domain Epitaxial Growth of Yttria-stabilized Zirconia on Si(111) Substrate

シリコン基板上的のイットリア安定化ジルコニアの単ドメイン成長

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
電子材料チーム 平林康男
商工労働部 工業振興課 大屋誠志郎
東京工芸大学 工学部 小國琢
東京工芸大学 工学部 澤田豊
東京工業大学大学院総合理工学研究科
舟窪浩
吉本護

掲載誌 : Ceramics International, Vol.34, pp.1047-1050 (2008).

シリコン基板等の(111)面に成長する結晶は対称性からタイプ A と B という 2 種類が知られている。X 線回折による評価でこれら 2 種類の結晶は、面垂直方向には同じに観察される構造であり、基板との界面の第 1 層目は全く同じ構造であるため、一般的にタイプ A と B とのダブル・ドメイン成長することが知られている。本報告では、低い堆積速度でのシングル・ドメイン成長を確認した。

RF Magnetron Sputtering Growth of Epitaxial SrRuO₃ Films with High Conductivity

RF マグネトロン・スパッタ法による高導電率 SrRuO₃ エピタキシャル薄膜合成

掲載誌 : Japanese Journal of Applied Physics, Vol.46, 6987-6990 (2007).

東京工業大学大学院総合理工学研究科
加茂隆史
西田謙
電子技術部 電子材料チーム 秋山賢輔
北陸先端大学院大学マテリアルサイエンス研究科
坂井讓
高知工科大学大学院工学研究科 加東田隆
東京工業大学大学院総合理工学研究科
舟窪浩

SrRuO₃ 薄膜を RF マグネトロン・スパッタ法により SrTiO₃ 基板上にエピタキシャル成長することを実現した。薄膜作製時の圧力が 27 Pa 以上では SrRuO₃ 単位胞の体積がバルクの値と同一であるのに対して、1.3 から 27Pa の圧力で作製した場合には減少することが X 線回折評価より明らかとなった。27Pa 以下の圧力で作製した SrRuO₃ 薄膜の電気抵抗率は、250 $\mu\Omega\text{cm}$ とバルク SrRuO₃ と同レベルの低い値を示し、150 K 以上の温度範囲にて正の温度依存性を示す。これは既往 SrRuO₃ 単結晶の報告と同様の温度依存性であった。

Causal Analysis of Industrial Injuries Occurring at General Waste Treatment Facilities

一般廃棄物処理施設における労働災害事例解析

災害情報センター 若倉正英
化学技術部 環境安全チーム 清水芳忠
日揮株式会社 荻原瑠
横浜国立大学大学院環境情報研究院 三宅淳巳

掲載誌：廃棄物学会誌別冊，Vol.18，No.6，pp.382-391 (2007).

一般廃棄物処理施設における労働災害の発生状況を、日本廃棄物処理施設技術管理者協議会が継続的に実施しているアンケート結果に基づいて解析した。廃棄物処理工程での労働災害発生率は全産業平均の7倍以上であり、安全化の推進は緊急の課題である。廃棄物処理施設別に事故の起因となった設備機器、作業、発生原因を、事故の種類や負傷者の重篤度により分類し、非定常作業での安全上の問題点、施設や設備機器ごとの潜在危険性を整理した。また、労災事故多発の背景にある組織要因や管理運営要因などを明らかにするため、廃棄物の取り扱いでの典型的な死亡事例について、根本原因分析を行った。その結果、廃棄物処理工程では安全の基礎である管理者、作業者の安全意識の不足が事故の根本的な要因であることなどが明らかになった。また、一般廃棄物処理での労働安全活動が産業廃棄物処理業に比べて、低調であるなどの問題点も示唆された。

Crystal Growth of β -FeSi₂ Thin Film on (100), (110) and (111) Plane of Si and Yttria-stabilized Zirconia Substrates

Si 及びイットリア安定化ジルコニア(100), (110), (111)面上への β -FeSi₂ 薄膜の結晶成長

掲載誌：Proceedings of Materials Research Society Symposium, Vol.980, II05-47, pp.1-6 (2007).

電子技術部 電子材料チーム 秋山賢輔
金子智
筑波大学大学院数理物質科学研究科 末益崇
東京工業大学大学院理工学研究科 木口貴紀

東京工業大学大学院総合理工学研究科

木村 武
舟窪 浩

100nm 厚の β -FeSi₂ 薄膜をRFマグネトロン・スパッタ法により Si 及びイットリア安定化ジルコニア(YSZ)基板上に作製した。エピタキシャル β -FeSi₂ 薄膜は Si 及び YSZ 基板の(100)及び(111)面上に成長するものの、いずれの(110)基板上にも非晶質な薄膜が体積することが確認された。(100)及び(111)面での YSZ と β -FeSi₂ とのエピタキシャル関係は、既報の Si と β -FeSi₂ とのエピタキシャル関係と同一であった。これらの結果は基板表面が単一の元素あるいは、陽イオンで構成されている場合には β -FeSi₂ はエピタキシャル成長するが、陽イオンと陰イオンで基板表面が構成される場合には非晶質化することを示唆する。

Synthesis and Enzymatic Degradation of Environmentally Benign Poly(carbonate-urethane)s

環境低負荷型ポリ(カーボネート-ウレタン)の合成と酵素分解

化学技術部 材料化学チーム 村上小枝子
企画部 企画調整室 青木信義
慶應義塾大学 理工学部 松村秀一

掲載誌：Transactions of the Materials Research Society of Japan, Vol.32, No.4, pp.1211-1214 (2007).

ポリ(カーボネート-ウレタン)はポリ(エステル-ウレタン)より耐水性が高く、生分解性が期待できる。酵素触媒重合により、再生産可能資源から調製できるオリゴ(カーボネート)ジオールとジイソシアネートを反応させて環境低負荷型ポリ(カーボネート-ウレタン)(PCU)の合成を試みた。ブタンジオールとジエチルカーボネート、触媒として固定化リパーゼを用いて、ポリウレタン合成に利用できるオリゴ(テトラメチレンカーボネート)ジオールを得た。これにヘキサメチレンジイソシアネートを反応させて PCU を合成し、熱物性、フィルム強度を測定した。その結果、 M_n 36,400 のポリ(テトラメチレンカーボネート-ウレタン)(PTeCU)は伸度 410%，引張強さ 18.7 MPa を示し、 M_n 36,900 のポリ(ヘキサメチレンカーボネート-ウレタン)の約 10 倍の強度を有していた。また、

PTeCU にリパーゼを作用させるとカーボネート結合が切断され、環状オリゴマーが生成することがわかった。

伊藤 健
機械・材料技術部 部長 熊谷 正夫
東京工業大学大学院総合理工学研究科
舟窪 浩
吉本 護

Newly Developed Chemical Probes and Nano-devices for Cellular Analysis

掲載誌 : Japanese Journal of Applied Physics, Vol.47, pp.664-666 (2008)

細胞診断を目指した新規化学プローブ及びナノデバイスの創生

歪みの影響により薄膜特性は大きく影響を受ける。本報告では歪みによる結晶構造への影響を X 線回折手法により評価した。通常の X 線回折 ($\theta-2\theta$ 法, ロッキングカーブ)に加え, 膜の面内での結晶特性を評価するインプレーン測定を行った。基板と薄膜との面内は 30 度程度の回転関係にあることがわかり, この回転は薄膜ドメインと基板との「対応格子」を考えることで説明できることを示した。

電子技術部 電子デバイスチーム 伊藤 健
科学技術振興機構 本田 亜希
加藤 大
慶應義塾大学 理工学部 上田 晃生
丸山 健一
鈴木 孝治

NTT Microsystem Integration Laboratories

岩崎 弦
独立行政法人産業技術総合研究所 丹羽 修

掲載誌 : Analytical Sciences, Vol.24, pp.55-66 (2008).

Epitaxial Growth of Ferromagnetic Iron Silicide Thin Films on Silicon with Ytria-Stabilized Zirconia Buffer Layer

生化学分野では細胞の機能解明が次世代における重要な課題である。我々は、リアルタイムで細胞を観察するシステムについて開発を行ってきた。リアルタイム細胞イメージングでは、原子間力顕微鏡と電気化学顕微鏡及び光学顕微鏡の機能を併せ持ったマルチプローブシステムを開発した。このシステムを用いて PC12 細胞を観察した。また、タンパク-タンパク相互作用を観察するために、表面プラズモン共鳴と質量分析を組み合わせた手法と流体デバイスへの応用について検討を行った。このシステムを用いて IL-1 β と IL-1 β 抗体との相互作用について検出を行った。

イットリア安定化ジルコニア・バッファ付き Si 上への強磁性鉄シリサイド薄膜のエピタキシャル成長

掲載誌 : Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 47, pp.577-579(2008).

電子技術部 電子材料チーム 秋山 賢輔
金子 智
門脇 貞子
平林 康男
東京工業大学大学院総合理工学研究科
舟窪 浩

Effect of Strain on Supercell Structure of Bismuth Cuprate Superconducting Film

(110)配向した Fe₃Si 薄膜を RF マグネトロン・スパッタ法によりイットリア安定化ジルコニア(YSZ)バッファ層を施した(100)及び(111)Si 基板上に作製した。(100)YSZ 層上の Fe₃Si 薄膜エピタキシャル薄膜は2つのドメインから構成され, (111)YSZ 層上の Fe₃Si 薄膜エピタキシャル薄膜は3つのドメインから構成されることが明らかとなった。Fe₃Si 薄膜の保磁力及び飽和磁化は, 40 Oe 及び 850 emu/cm³であり, バルクと同レベルであった。

비스마스系산화物構造における歪みの影響

電子技術部 電子材料チーム 金子 智
秋山 賢輔
電子技術部 電子デバイスチーム 三橋 雅彦

Cubic-on-cubic Growth of a MgO(001) Thin Film Prepared on Si(001) Substrate at Low Ambient Pressure by the Sputtering Method

スパッター法によりキュービック・オン・キュービック成長したシリコン基板上酸化マグネシウム薄膜

電子技術部 電子材料チーム 金子 智
東京工業大学大学院総合理工学研究科

舟 窪 浩
電子技術部 電子材料チーム 門脇 貞子
平林 康男
秋山 賢輔

掲載誌：Europhysics Letters, Vol.81, pp.46001-1-5 (2008).

スパッター法を用いてシリコン基板上に酸化マグネシウム(MgO)をエピタキシャル成長させた。現在まで、格子定数の大幅に違うシリコン基板上に高品質な MgO 薄膜の報告はない。本研究では、低真空中での製膜によりロッキングカーブ半値幅の小さい高結晶性 MgO 薄膜を作製できた。この薄膜と基板との格子不整合から 45 度回転した成長が期待されるが、本製膜では面内回転のないキュービック・オン・キュービック成長と呼ばれるものであった。この関係は薄膜と基板とのドメイン成長によるものとし、「対応格子」としての新たな可視化手法の提案を行った。

Characteristics of Reflective LPDA (Log-Periodic Dipole Antenna Array)-type Optical Electric Field Sensor

LPDA (Log-Periodic Dipole Antenna Array) 型光電界センサ (反射型) の特性

電子技術部 副部長 日高直美
電子技術部 電子システムチーム 菅間秀晃
土屋明久
株式会社ノイズ研究所 石田武志
青山学院大学 理工学部 大林亮佑
橋本修

掲載誌：信学技法, IEICE Technical Report A・P2007-163,

pp.1-5 (2008-02)

反射型のマッハツェンダー光導波路を用い、電極構造に位相反転の手法を用いることにより、LPDA 型光電界センサの感度をこれまでのものに比較して大幅に向上させることができた。これによって、センサーシステム全体では、2GHz から 6GHz においてダイポールアンテナなど従来の測定系アンテナに匹敵する程度の感度を確保することができた。

Nitrogen-Oxygen Complexes Associated with Shallow Thermal Donors in Silicon

シリコン結晶中の浅い熱ドナーに関連する窒素酸素複合欠陥の構造モデル

機械・材料技術部 ナノ材料チーム 小野春彦

掲載誌：Applied Physics Express, Vol.1, No.2, pp.025001,1-3 (2008)

シリコン結晶中の窒素は、酸素や点欠陥と相互作用して多様な複合欠陥の形態を取り、電子デバイスに悪影響を与えることが知られている。「浅い熱ドナー」と呼ばれる窒素酸素複合欠陥は、遠赤外域に電子準位間遷移による強い吸収ピーク群を持つが、その構造モデル（窒素や酸素の原子がそれぞれ何個、どのように結合しているか）は、未だに確定してない。本論文では、遠赤外吸収のスペクトルの特徴と熱処理挙動を調べ、半経験的分子軌道法により複合欠陥の結合エネルギーを計算することによって、その新しい構造モデルを提唱した。

Epitaxial Growth of (100) Fe₃Si Thin Films on Insulating Substrates

絶縁基板上への(100)Fe₃Si 薄膜のエピタキシャル成長

掲載誌 : Journal of Crystal Growth, Vol.310, pp.1703-1707(2008).

電子技術部 電子材料チーム 秋山賢輔
門脇貞子
金子智
東京工芸大学 工学部 経塚梓
澤田豊
東京工業大学大学院総合理工学研究科
舟窪浩

(100)配向した Fe₃Si 薄膜を R F マグネトロン・スパッタ法によりマグネシア(MgO)及びスピネル(MgAl₂O₄)基板上にエピタキシャル成長することを実現した。Fe₃Si 膜と酸化物基板との格子ミスマッチがエピタキシャル成長に影響を及ぼすと考えられる。MgO 基板上におけるエピタキシャル Fe₃Si 膜の格子定数の組成依存性はバルクと同一あり、基板拘束による格子歪みは緩和されていると考えられる。一方、MgAl₂O₄ 基板上におけるエピタキシャル Fe₃Si 膜の格子定数の組成依存性より、基板拘束による格子歪みは維持されていると考えられる。

Structural Modulation in Bismuth Cuprate Superconducting Film with Continuous Epitaxial Growth

連続製膜におけるビスマス系酸化物の超構造変化

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
化学技術部 安全工学チーム 清水芳忠
電子技術部 電子材料チーム 平林康男
商工労働部 工業振興課 大屋誠志郎
東京工業大学大学院総合理工学研究科
舟窪浩
吉本護

掲載誌 : Journal of Crystal Growth, Vol.310, pp.1713-1717 (2008).

多層膜構造を用いた周期が 2-3 原子層からの応力による結晶構造の変化を既に報告した。本報告では、極薄膜ではなく厚膜試料を作製することで、外部応力の影響を排除した状態での結晶構造を評価した。X 線回折により、薄膜と比較して面内 31 度の回転が成長途中で起きていることを確認した。単位格子像や超構造の評価には電子線回折、TEM 観察が用いられていたが、X 線回折は空気中での観察が可能で、TEM のように試料調製が不要であり、簡易な評価方法として期待される。