



応用物理学会関西支部
平成 26 年度 第 3 回講演会

**「関西発グリーンエレクトロニクス
研究の進展」**

日時：平成 27 年 2 月 27 日 13 時～18 時

場所：奈良先端科学技術大学院大学
物質創成科学研究科 大講義室

主催：応用物理学会関西支部

Program

第一部 講演の部（於：大講義室）

13:00～13:05 開会の辞 挨拶：斧 高一（支部長、京都大）

13:05～13:10 大学紹介：石河 泰明（奈良先端大）

13:10～13:40 伊藤 省吾（兵庫県立大）

“ペロブスカイト型太陽電池の展開について”

13:40～14:10 谷垣 宣孝（産総研ユビキタスエネルギー研究部門）

“分子配向制御技術を用いた有機光発電素子”

14:10～14:40 野々口 斐之（奈良先端大）

“熱電変換を志向したカーボンナノチューブの
分子ドーピング技術”

14:40～14:50 –Coffee break–

14:50～15:20 神野 伊策（神戸大）

“圧電薄膜を用いた MEMS 振動発電技術”

15:20～15:50 矢野 裕司（筑波大・奈良先端大）

“SiC パワーデバイスの最前線”

15:50～16:00 –Coffee break–

第二部 ポスター発表の部（於：ロビー）

16:00～18:00 ポスター発表

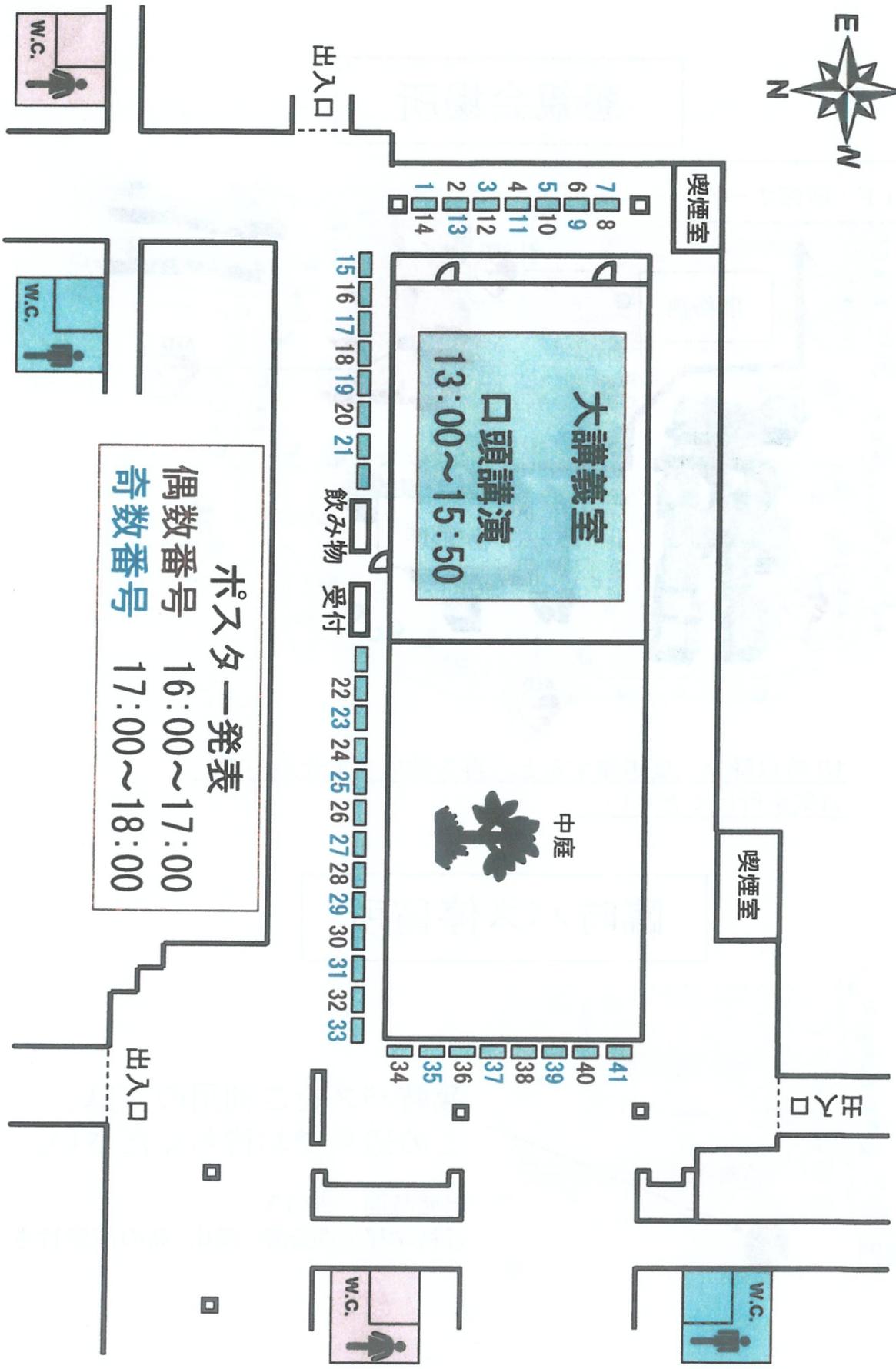
16:00～17:00：偶数番号発表

17:00～18:00：奇数番号発表

授賞式・懇親会

18:20～20:00 授賞式・懇親会（於：研修ホール）

物質創成科学研究科 1Fフロアマップ



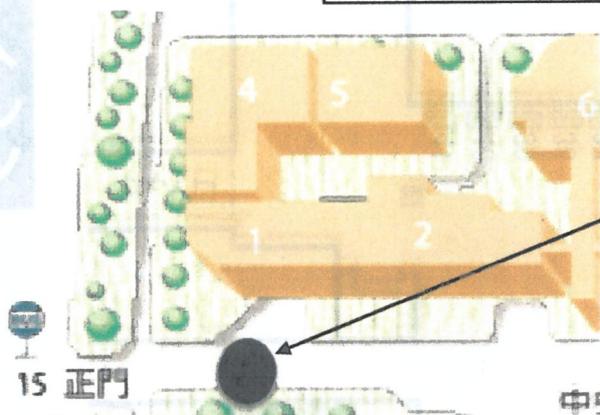
ポスター発表
 偶数番号 16:00~17:00
 奇数番号 17:00~18:00

懇親会場所



18時以降は一度退館すると、再入館できませんので、お気を付けてください。

臨時バス停留所



臨時バスをご利用の方は、この辺りでお待ちください。

出発時間：20:15
近鉄学研北生駒駅 経由 高の原駅行き

アパレルの顧客の需要と供給の最適化

アパレルの顧客の需要と供給の最適化

アパレルの顧客の需要と供給の最適化

アパレルの顧客の需要と供給の最適化

アパレルの顧客の需要と供給の最適化

アパレルの顧客の需要と供給の最適化

第一部 講演の部



ペロブスカイト型太陽電池の展開について

Progress of Perovskite Solar Cells

○伊藤 省吾(兵庫県大工)

°Seigo Ito (University of Hyogo)

E-mail: itou@eng.u-hyogo.ac.jp

原子力発電問題、そして化石燃料の枯渇問題を考えると、新エネルギーの開発は人類の存続に必要な不可欠である。新エネルギーの中でも太陽光発電のポテンシャルは特に大きい。しかしながら市場の太陽電池はまだ高額であり、そのように電気エネルギーに匹敵する電力を供給するためには、さらなる低価格化が必要である。2年前(2012年)に発見された $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbX}_3$ (X: ハロゲン) ペロブスカイト太陽電池は液漏れの心配のない固体型太陽電池であり、シリコン太陽電池を超える可能性が有るものとして非常に期待されている。ペロブスカイト太陽電池の構造は図1)の様子、ガラス基板の上に、透明電極 (F-doped tin oxide: FTO)、酸化チタン、 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbX}_3$ (X: ハロゲン) ペロブスカイト、ホール輸送材、背面電極 (金)、を順次積層するものである (図1)。背面電極以外は全て常圧積層法で作製されている有機正孔輸送材料を有するペロブスカイト太陽電池の変換効率は過去2年の間に急速に向上し、現在では20.1%に達した[NREL “Best Research-Cell Efficiencies”, in “<http://www.nrel.gov/ncpv/>”]。

この光吸収材料であるペロブスカイトは低価格太陽電池を実現可能にする非常に安価な材料であるが、最終的な太陽電池構成材料の一部として使用される有機正孔輸送材料は、複雑な手順で合成され、さらに高純度である必要があり、今のところ非常に高価なものである (スピロオメタッド: 8万円/g、ポリテトラアリルアミン: 20万円)。そこで我々は、有機鉛ハロゲンペロブスカイト太陽電池の作製において、有機ホール輸送材に代わり、安価な無機ホール輸送材 (チオシアン酸銅: 1グラム当たり300円) をペロブスカイト太陽電池に適用し、変換効率12.4%の太陽電池の作製に成功し[P. Qin, S. Tanaka, S. Ito, N. Tetreault, K. Manabe, H. Nishino, M. K. Nazeeruddin, M. Grätzel, Nature Communications, 5, 3834 (2014).]、豊富で安価な材料を使用した新しい太陽電池が作製可能であることを示した。

講演ではペロブスカイト太陽電池の種々新材料の検討とその耐久性の構造について、兵庫県立大学の研究成果の報告を行い、さらに近日のペロブスカイト太陽電池の最新研究開発に関して紹介を行う。

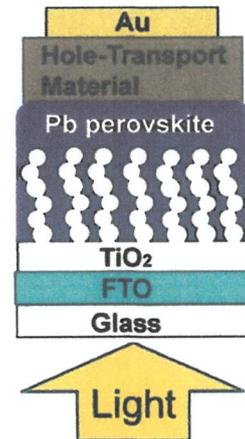


図. ペロブスカイト太陽電池の断面構造図

分子配向制御技術を用いた有機光発電素子

Photovoltaic Application of Molecular Orientation Control

産総研ユビキタス¹, 関西大化学生命工²

○谷垣 宣孝^{1,2}, 竹内 啓祐^{1,2}, 藤澤 拓平^{1,2}, 溝黒 登志子¹, ヘック クライレ¹, 青田 浩幸²
AIST-UBIQEN¹, Kansai Univ.², ○Nobutaka Tanigaki^{1,2}, Keisuke Takeuchi^{1,2}, Takuhei Fujisawa^{1,2},
Toshiko Mizokuro¹, Claire Heck¹, Hiroyuki Aota²

E-mail: no.tanigaki@aist.go.jp

省エネルギーやユビキタス・センシング応用に向けて、エナジーハーベスティング（環境発電）が注目されている。光、熱、振動など身の回りの小さいエネルギーを集めて発電するという技術である。光発電（太陽電池）はその中でも比較的大きな電力を取り出せるものである。近年研究が進んでいる有機薄膜太陽電池（OPV）は軽量、フレキシブル、大量生産性といったエナジーハーベスティングにフィットする特性を持っており、期待される。

OPVをはじめとする有機デバイスにおいて、分子配向制御の重要性が指摘されている。我々は独自の製膜法である摩擦転写法を用いた分子配列制御した有機薄膜のデバイス応用を検討してきた[1]。一方、近年、有機トランジスタ（OFET）の開発が進展し、高い電荷移動度をもつ材料の開発がすすんでいる。高移動度材料はOPV材料の候補ともなるが、単純には使えない。ペンタセンや α -セキシチオフェン（6T）は高い正孔移動度を示す棒状の有機半導体であるが、通常の真空蒸着では分子長軸が基板に対して斜立する配向を取りやすく、分子間の π 電子雲の重なりにより基板面内方向の電荷移動に寄与するためOFET用材料としての性能が高い。OPVでは膜厚方向の電荷移動が必要である。我々は摩擦転写膜による配向誘起を利用して6T等の有機半導体分子の分子配向制御を行った。摩擦転写したポリチオフェン膜上で6T分子は長軸がポリチオフェン主鎖方向と平行に配列した[2]。分子は基板面に寝た配向をとるため、膜厚方向の電荷移動度の向上が期待される。実際フラーレン誘導体PCBMとの積層型のOPV素子を作製し、評価したところ配向制御しないものに対し、摩擦転写膜を挿入した素子では数倍のエネルギー変換効率を得た[3]。これは膜厚方向の移動度の向上のみならず、分子が寝ることによる吸光度の向上も寄与していると考えられる。ペンタセンを利用した素子でも配向制御による変換効率の向上が確認できた。Figは6Tを用いた素子の分光感度である。青色領域に感度を示し、LED照明からの発電に有利であると考えている。配向制御により、今までOPVに使われてこなかった有機半導体分子の利用に道が開けると期待している。

参考文献 [1] 谷垣ら, 応用物理, 75, 877 (2006).

[2] T. Mizokuro, et al., *J. Phys. Chem., B* 116, 189(2012).

[3] T. Mizokuro, et al., *Org. Electron.*, 13, 3136(2012).

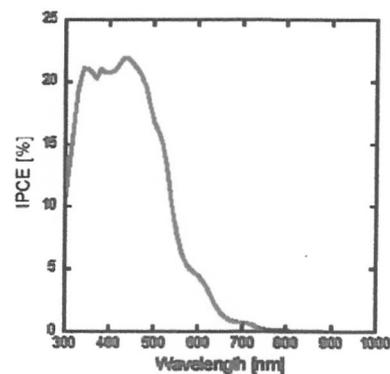


Fig. Action spectrum of OPV using the oriented 6T film

熱電変換を志向したカーボンナノチューブの分子ドーピング技術

Molecular Doping of Carbon Nanotubes for Thermoelectrics

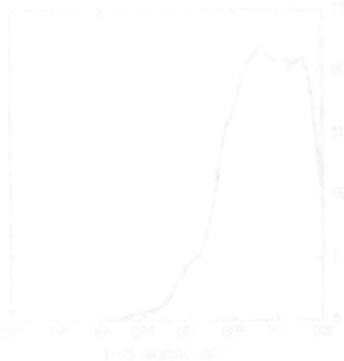
奈良先端大物質 〇野々口 斐之

Nara Inst. Sci. Tech., 〇Yoshiyuki Nonoguichi

E-mail: nonoguichi@ms.naist.jp

東北東日本大震災以降の原子力発電への不安の高まりやこれを受けた原発の停止の一方でアジア地域の需要急増に伴う石油資源の高騰や長期的には資源枯渇など、エネルギー供給に関する課題がクローズアップされている。太陽光や風力などの再生可能エネルギーによる発電の増進が国を挙げて進められている。従来はコストメリットが十分でないと見られてきた発電方式であっても、需給バランスの観点から使わざるを得ないエネルギーや、価格の高騰にともなうコストメリットの顕在化に伴い大きな経済効果を生み出すエネルギーなど、関連分野のニーズが大きく変わりつつある。熱電発電は温度差を直接、電力に変える発電技術で、タービン発電などのような高圧ガスや大規模設備が必要ないことや、小さな温度差でも発電できることから、建物や工業プラントなどの廃熱利用のほか、自動車やウェアラブルIT機器等の補完エネルギー源としてもその開発が期待されている。特に廃熱などの比較的低温領域の熱源においては赤外線輻射が小さく空気層の断熱効果が大きいいため熱源と密着させる事が必要不可欠となる。このためフレキシブルで軽量の熱電変換素子は特に低温領域での利用範囲を大きく広げるものと期待される。熱電変換素子はその構造がシンプルで、材料性能がそのまま素子性能に反映されやすいとされている。本講演では熱電発電に関する基本的な考え方をまとめ、さらに最近の我々が進めるカーボンナノチューブを用いた熱電研究の成果を報告する [1]。

[1] Y. Nonoguichi, K. Ohashi, R. Kanazawa, K. Ashiba, K. Hata, T. Nakagawa, C. Adachi, T. Tanase, T. Kawai, *Sci. Rep.* **3**, 3344 (2013).



圧電薄膜を用いた MEMS 振動発電技術

Vibration MEMS Energy Harvesting of Piezoelectric Thin Films

神戸大工 °神野 伊策

Kobe Univ., °Isaku Kanno

E-mail: kanno@mech.kobe-u.ac.jp

圧電材料は高い電気機械変換効率を有しており、これまで各種力学量センサまたはアクチュエータとして広く用いられてきた。しかしながら、機械的エネルギー入力を直接電気エネルギーとして利用する発電の分野においては、圧電材料の低い破壊強度による制限のため、これまで本格的な発電技術として検討されて来なかった。一方、半導体素子の低消費電力化、また自立分散型センサノードの電源として高効率省電力発電素子の要求が高まると共に MEMS 技術を用いたエネルギーハーベスタの研究が近年活発に議論されており、そのキーマテリアルとして圧電薄膜の応用が注目されている。圧電エネルギーハーベスタの研究開発では、実際の応用先や仕様がまだ不確定な要素を含み、そのため解決すべき研究課題についてもアプリケーションに大きく依存するが、その中でも以下の3点は MEMS 振動発電素子において共通した技術的課題となっている。

1. 発電効率の向上
2. 低い共振周波数およびその広帯域化
3. 素子の破壊強度の向上

これまで我々は PZT 圧電薄膜を中心に振動発電素子への応用を検討してきた。応用先を限定していないため本格的なデバイス化は行っていないが、圧電薄膜材料とその構造が発電特性に与える影響を評価した。共振周波数の低下については、素子サイズの小型化と相反する要求であり、特に脆性材料である PZT/Si 基板を用いた素子では強度低下による素子破壊が実用上大きな問題になるため、我々はステンレス等の金属カンチレバー上へ PZT 薄膜を直接スパッタ成膜し振動発電素子としてその基礎特性を評価した。図1にあらかじめエッチング加工を行ったステンレスカンチレバー上に形成した PZT 圧電薄膜振動発電素子の写真、および発電特性を示す。金属基材に直接 PZT 薄膜を成膜することで、比較的高い強度および作製プロセスの簡略化、低コスト化が期待できる。

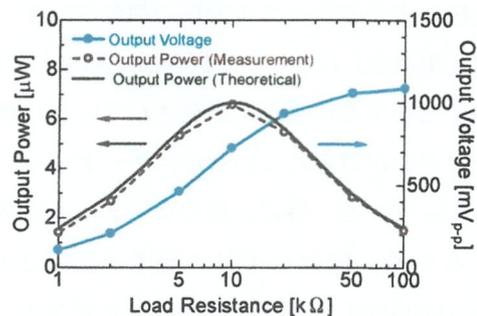
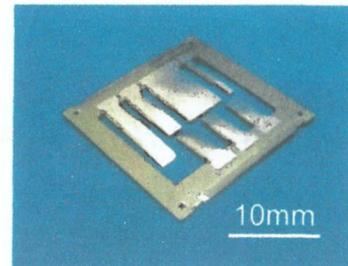


図1 ステンレスカンチレバー上 PZT 圧電薄膜による振動発電素子およびその発電特性

SiC パワーデバイスの最前線

Recent Progress in SiC Power Devices

筑波大学¹, 奈良先端科学技術大学院大学² °矢野 裕司^{1,2}

Univ. Tsukuba¹, Nara Institute of Science and Technology², °Hiroshi Yano^{1,2}

E-mail: yano.hiroshi.fn@u.tsukuba.ac.jp

近年、パワーエレクトロニクス（パワエレ）の活用による省エネが進んでいる。パワエレ機器の中心的な役割を果たしている素子がパワーデバイス（電力用半導体）であり、Si からワイドギャップ半導体へ材料を転換することによる高性能化の研究開発が進んでいる。その中でも、SiC（Silicon Carbide、炭化ケイ素）は 600~1700V 品のダイオード、パワーMOSFET（Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor）が市販されるなど、実用化が進んでいる。本講演では、SiC パワーデバイスおよびプロセス技術の最近の進展について、著者らの取り組みを交えて報告する。

ダイオード：ショットキーバリアダイオード（SBD, Schottky Barrier Diode）と pin ダイオードがある。SBD は 2001 年から市販が始まり、現在ではスイッチング電源などに広く用いられるようになってきた。リーク電流低減やサージ電流耐量向上のため、JBS（Junction Barrier controlled Schottky）や MPS（Merged Pin Schottky）構造が取り入れられるようになった。数 kV までが SBD で実現され、Si-IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）と組み合わせたハイブリッドモジュールが電車で用いられるようになってきている。pin ダイオードは電力系統などの超高耐圧領域（>数 kV）で用いられることが想定されており、20kV 以上の耐圧素子が報告されている。順方向電流を流した際に少数キャリアの再結合に伴い積層欠陥が発生し、特性劣化することが問題となっている。

パワーMOSFET：SiC/SiO₂ 界面には多量の界面準位が形成され、開発初期の頃は良い MOSFET 特性を得ることは困難であった。近年は界面特性を向上させるために、界面窒化処理を導入するのが標準的である。2010 年末よりプレーナ構造である DMOSFET（Double-diffused MOSFET）の 600 および 1200V 品の量産が始まり、Si-IGBT を凌駕する特性が得られている。SiC-SBD と組み合わせた All-SiC モジュール（1200-1700V、20-300A）も市販されている。パワーMOSFET 全体の抵抗に占めるチャネル抵抗の割合が大きく、チャネル抵抗の低減が課題である。更なる低抵抗化（大電流化）に向け、基板表面に形成した溝の側壁にチャネルを形成したトレンチ MOSFET が日本企業を中心に盛んに開発されている。酸化膜の信頼性については、経時絶縁破壊に関しては十分な寿命が得られているが、ゲートバイアスを印加し続けることによるしきい値電圧変動が問題となっている。特に、負のゲートバイアスを印加するとしきい値電圧が負にシフトする現象が起こるため、印加バイアス範囲が制限されている。現状では、より使いやすく優れた特性の SiC-MOSFET を実現するために必要なチャネル移動度、酸化膜信頼性、しきい値電圧（絶対値および安定性）を同時に満足することが難しい。複合的な課題を根本的に解決できる技術はまだなく、学理に基づく界面制御技術の開発が重要である。

第二部 ポスター発表の部

第2部 ポスター発表

番号	ポスター発表概要
P-01	<p>球状Si太陽電池を用いたSiCインバータの特性評価 松本 泰輔 (1)、奥 健夫 (1)、平松 孝一 (2)、下埜 彰夫 (3)、武田 佳和 (3)室園 幹夫 (4) (1) 滋賀県立大学工学部材料科学科、(2) 滋賀県立大学産学連携センター、(3) 共進電機株式会社、(4) 株式会社クリーンベンチャー21</p> <p>近年のエネルギー問題において、エネルギーのより効率的な利用が重要となってきた。現在、パワーデバイス材料の主流はSiであるが、より効率的なエネルギー利用において物性値の限界が近づいてきている。そこで次世代材料として、SiCなどのワイドバンドギャップ材料が期待されている。本研究では、従来型のSiインバータにSiC-FETを導入したSiCインバータを作製し、その特性の評価を行った。インバータへの入力電源には軽量・フレキシブルの特徴をもつ球状Si太陽電池を用いた。</p>
P-02	<p>球状シリコン太陽電池における反射防止膜の微細構造解析及び物性評価 金山 勝人(1)、奥 健夫(1)、秋山 毅(1)、金森 洋一(2)、室園 幹夫(2) (1) 滋賀県立大学、(2)株式会社クリーンベンチャー21</p> <p>球状シリコン(Si)太陽電池は、直径1 mmの球状に加工したSi球を使用した太陽電池であり、単結晶Si太陽電池に比べて製造コストが低く、Si使用量は1/5ほどである。球状であるため受光面積を反射鏡で増大させ平面Siより広い受光面積を有する。本研究では、球状Si表面のフッ素ドーピングSnO₂反射防止膜の微細構造の変化を観察し、熱処理による反射防止膜の太陽電池の変換効率に与える影響について調べたので報告する。</p>
P-03	<p>ペロブスカイト構造化合物系太陽電池の作製と特性評価 金山 勝人(1)、奥 健夫(1)、鈴木 厚志 (1)、山田 昌宏(2)、阪本 浩規(2)、福西 佐季子(3)、高野 一史(3) (1) 滋賀県立大学、(2) 大阪ガス株式会社、(3) 大阪ガスケミカル株式会社</p> <p>ペロブスカイト構造を有するCH₃NH₃PbI₃は広範囲の波長の光を吸収し、高い電荷輸送能力を持つため次世代太陽電池材料の一候補として注目を集めている。本研究では、TiO₂層を150℃以下で成膜する低温プロセスを開発することを目的とした。ITO基板上にTiO₂、CH₃NH₃PbI₃、Spiro-OMeTAD、Auを成膜し太陽電池素子とし、粒径の異なるTiO₂ナノ粒子の組み合わせが光電変換効率へ与える影響を調査したので報告する。</p>
P-04	<p>シャトル型フタロシアニン系太陽電池の作製と評価 鈴木厚志、木田智康、奥健夫 滋賀県立大学 工学部</p> <p>シャトル型フタロシアニン錯体を用いたペロブスカイト系太陽電池を作製し、光起電力特性の評価を行った。光照射下の電圧-電流特性、光吸収特性、X線回折法による結晶構造解析、走査型電子顕微鏡/エネルギー分散型分光法による表面形態の観察、光起電力特性の経時変化、バンド構造などからペロブスカイト系太陽電池の光起電力機構について考察した。特にホール輸送層による太陽電池の性能に及ぼす影響について検討を行った。</p>
P-05	<p>ポリシランホール輸送層を用いたペロブスカイト系太陽電池の評価 奥 健夫(1)、木野 孝則(1)、鈴木 厚志 (1)、山田 昌宏(2)、福西 佐季子(3)、高野 一史(3) (1) 滋賀県立大学、(2) 大阪ガス株式会社、(3) 大阪ガスケミカル株式会社</p> <p>ペロブスカイト系太陽電池のホール輸送層として用いられているSpiro-OMeTADは、高コスト、耐久性等の問題点が挙げられている。本研究では、低コストかつホール移動度も比較的高いポリシランをホール輸送層に用いることで、ペロブスカイト系太陽電池を大気中でスピコート法で作製し、光電変換効率及び安定性を評価し、spiro-OMeTADの代替材料としての可能性を検討することを目的とした。</p>
P-06	<p>エレクトロルミネッセンス発光強度を用いたシリコン太陽電池モジュールの光電変換機能解析 富本 剛史(1)、都築 翔太(1)、谷 あゆみ(1)、冬木 隆(1) (1)奈良先端科学技術大学院大学 物質創成科学研究科</p> <p>太陽光発電システムやメガソーラーを現地で簡単に検査する技術開発が急務である。太陽電池に順方向電圧を印加する際に生じる素子からのエレクトロルミネッセンス(EL)をカメラで撮像し検査するEL法が期待されている。EL法は素子サイズに依存せず短時間で欠陥を発見可能だが、光電変換特性の定量評価が困難であった。そこで定量評価を実現するため、撮像したEL像から得られるEL発光強度と暗時の電流電圧特性から太陽電池特性の評価を試みた。</p>

P-07	ペロブスカイト型太陽電池の低照度特性に関する検討 来福 至、石河泰明、浦岡行治 奈良先端科学技術大学院大学 物質創成科学研究科 近年、少子高齢化の進行に伴う社会保障費の増加が問題となっている。この問題を解決する手段の一つとしてセンシングデバイスによる健康管理が挙げられる。センサーの電力供給源として太陽電池を使用する場合、低照度でも効果的に発電する素子の利用が必要となる。そこで、本研究ではペロブスカイト型太陽電池に注目し、低照度下における特性の変化に関する検討を行った。
P-08	次世代太陽電池材料 FeS_2 薄膜のバンド構造及び導電性の評価 内山 俊祐(*), 石河 泰明、土江 貴洋、浦岡 行治 奈良先端科学技術大学院大学 物質創成科学研究科 高効率低コスト太陽電池の作製を目標として、次世代材料として期待される FeS_2 薄膜をスピコート法により作製し、バンド構造及び導電率の温度依存性について調べた。 FeS_2 は毒性が無く、資源が豊富である為、低コスト材料として注目される。バンド構造を評価する為に、X線光電子分光法による価電子帯スペクトル測定と透過率測定、大気中光電子収量測定を行った。導電率は、100 K~500 Kで測定し、温度依存性を評価した。
P-09	高効率シリコン太陽電池の実現に向けた CO_2 レーザードーピング法の開発 本多竜規(1)、石河泰明(1)、池上浩(2)、渡邊陽介(2)、吉永征矢(1)、姜雲健(1)、浦岡行治(1) (1)奈良先端科学技術大学院大学 物質創成科学研究科、(2)九州大学 システム情報科学研究科 高効率シリコン太陽電池の実現に向けた手法として今回新たに低コスト化に優位な CO_2 レーザードーピング法を提案する。 CO_2 レーザーの波長10.6 μm はSiで吸収されないが、 SiO_2 に吸収される為、Siへの直接的な熱的損傷を抑制した状態でドーピングが可能となる。際に CO_2 レーザーを用いたPDープとBDープの両方を検討した結果、双方で太陽電池化に世界で初めて成功した。また、パルス周波数がセル特性に強く影響することを見出した。
P-10	シリコンナノワイヤーのVapor Liquid Solid 成長に向けたフェリチンを用いたインジウム成長起点の形成と評価 池田 和真(1)、喜多 一平(1)、岡本 尚文(1, 2)、谷 あゆみ(1, 2)、矢野 裕司(1, 2)、石河 泰明(1, 2) (1)奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科、(2)科学技術振興機構(JST) これまでに太陽電池応用を目指したシリコンナノワイヤ(Si-NW)の形成を行い、直径約30 nmの単結晶Si-NWの形成に成功した。しかし、量子効果による禁制帯幅制御が期待できる直径10 nm以下には至っていない。そこで、直径及び禁制帯幅の制御を目指し、金属粒子を内包可能なフェリチンを用いてSi-NWの成長起点となる金属を形成した。その結果、直径が7 nm程度の金属起点の形成に成功し、その評価を行った。
P-11	シリコンナノインクを用いたレーザードーピングによる高効率シリコン太陽電池の作製と評価 真鍋 満頭(1)、西村 英紀(1)、冬木 隆(1)、富澤 由香(2)、池田 吉紀(2) (1) 奈良先端科学技術大学院大学(NAIST)物質創成科学研究科(2) 帝人(株)新事業推進本部 電子新材料事業推進班 従来の拡散材であるボロンシリケートガラスを用いたレーザードーピングでは、基板との溶融・再結晶が難しいため、高濃度なボロンドーピングを行えない問題がある。新規拡散材であるボロン含有シリコンナノインクを用いることで、基板とボロンが混ざり易くなり、高濃度なボロン領域を表面層近くに形成できる。本研究では、シリコンナノインクを高効率構造に応用し、作製した太陽電池の電気的特性について報告する。
P-12	シリコンナノインクを用いたトップハットレーザーによるドーピング技術の開発 阪川秀紀(1)、西村英紀(1)、富澤由香(2)、池田吉紀(2)、冬木隆(1) (1)奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科、(2)帝人(株) 高効率低コスト太陽電池の作製に向け、レーザーを用いたドーピング技術が注目されている。従来はガウシアンレーザーが用いられており、ドーブ層が不均一に形成される問題が挙げられている。トップハットレーザーを用いることによりドーブ層を均一に形成し、接合特性を改善することが期待できる。本研究では、高効率太陽電池を目指し、新規拡散剤であるシリコンナノインクを用いてトップハットレーザーの有効性を検討した。

P-13	<p>プリントドバックコンタクト型単結晶シリコン太陽電池を目指したペルヒドロポリシラザン由来SiO₂膜の拡散防止効果</p> <p>姜云建(1)、石河泰明(1)、吉永征矢(1)、本多竜規(1)、堀田昌宏(1)、浦岡行治(1)</p> <p>(1) 奈良先端科学技術大学院大学 物質創成科学研究科</p> <p>プリントドバックコンタクト型(IBC)単結晶Si太陽電池の開発を目指したペルヒドロポリシラザン(PHPS)由来SiO₂膜の拡散防止効果に関する研究を行った。PHPS由来SiO₂膜とTEOS由来SiO₂膜の拡散防止効果について議論した。また、アニール温度依存性を調べることで、PHPSのSiO₂膜転化挙動についても検討した。本研究により、PHPS由来SiO₂拡散防止膜がIBC太陽電池作製へ応用できることが判明した。</p>
P-14	<p>a-InGaZnO薄膜の成膜時酸素流量による熱電特性への影響</p> <p>藤本 裕太</p> <p>奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科</p> <p>低温領域での新規熱電材料が必要とされているため、我々はa-IGZO薄膜の熱電デバイス利用について検討を行っている。本研究では成膜時の酸素流量比が与えるa-IGZO薄膜の熱電特性について評価を行った。その結果、スパッタ時の酸素流量比が下がるほど導電性は増加し、ゼーベック係数は低下することが確認された。また、測定値から理論値をフィッティングした結果、300 Kでは電気伝導率が約150 S/cm付近で熱電性能が最大値をとることが明らかとなった。</p>
P-15	<p>ポリマーコンポジット中における単層カーボンナノチューブの増強熱電効果</p> <p>中野 元博、野々口 斐之、中嶋 琢也、河合 壯</p> <p>奈良先端科学技術大学院大学 物質創成科学研究科 光情報分子科学研究室</p> <p>単層カーボンナノチューブ(SWNT)は、ポリマーとの複合化によって導電性と構造材料特性に優れたフレキシブル熱電材料としての応用が期待されている。しかし、複合体におけるゼーベック係数の改善が課題であった。本研究ではイオン液体を用いたSWNTの分散技術に着目し、孤立化したSWNTを含む複合体を作製した。この複合体について、SWNTに由来するゼーベック係数が約3倍増強することを見出し、その増強効果をSWNTの分散性ととも議論した。</p>
P-16	<p>巨大ゼーベック効果を発現する有機低分子熱電材料の探索:ヘリンボーン型パッキング構造を持つペンタセンの熱電効果</p> <p>藤原史弥(1)、阿部竜(1)、伊藤光洋(1)、橋爪拓也(1)、小島広孝(1)、松原亮介(1)、中村雅一(1)</p> <p>(1)奈良先端科学技術大学院大学 物質創成科学研究科</p> <p>低温廃熱を利用し電気エネルギーを生み出す有機熱電変換デバイスが注目され、盛んに材料探索が行われている。これまでにカラム構造を形成するベンゾポルフィリン(BP)において0.1 V/Kを超える巨大なゼーベック係数が得られており、その発現機構の解明が期待されている。本研究では、固体中でのパッキング構造に着目し、ペンタセンの熱電測定を行った。1次元性の強いカラム構造と比較して、より2次元性の強いヘリンボーン構造が巨大ゼーベック効果に対してどのような影響を与えるかについて検討する。</p>
P-17	<p>耐熱性ポリ尿素薄膜を用いた赤外線センサ応用およびエナジーハーベスティング</p> <p>森本勝大、辻浦裕一、小柴康子、三崎雅裕、神野伊策、石田謙司</p> <p>神戸大学大学院工学研究科</p> <p>ポリ尿素は尿素基に由来する電気双極子を持つため、優れた電気特性や様々なデバイス応用が期待できる。これまで、我々は脂肪族ポリ尿素薄膜の焦電・圧電定数を報告してきた。本研究では圧電定数の温度依存性を200℃まで測定し、P(VDF/TrFE)薄膜と比較することで、ポリ尿素の耐熱優位性を検証した。また、省エネデバイスとして焦電型赤外線センサ性能を評価し、振動型発電素子を用いたエナジーハーベスティングを試みた。</p>
P-18	<p>延伸および積層有機薄膜を用いた発電性能の向上</p> <p>梶原忠夫、上野慶和、辻浦裕一、小柴康子、三崎雅裕、神野伊策、石田謙司</p> <p>神戸大学大学院工学研究科</p> <p>有機圧電型振動発電素子として、延伸処理した有機強誘電体ポリフッ化ビニリデン三フッ化エチレンランダム共重合体(P(VDF/TrFE))薄膜を作製した。カンチレバー型素子における薄膜分子配向方向と発電特性の相関や、出力電圧の場所依存性を検証することで発電効率の高効率化を試みた。さらに、P(VDF/TrFE)膜を積層することで出力電力を向上させ、10層積層した素子において出力電力最大3.1 μWの出力電力を得た。</p>

P-19	<p>自励振動を利用した圧電薄膜気流発電素子</p> <p>辻浦裕一、諏訪英作、黒川文弥、肥田博隆、神野伊策</p> <p>神戸大学大学院工学研究科</p> <p>わずかな気流で発電可能な自励振動型気流発電素子を実現するために、圧電PZT薄膜とステンレス基板からなる簡易な構造の発電素子を作製し、発電性能評価を行った。その結果、作製した素子の出力電力は気流の風速や気流に対する素子の迎角に対して依存性を有することが分かった。迎角が30° のとき、風速8 m/s以上で素子の自励振動が急激に増大し、それに伴う出力電力の増加を確認した。風速12 m/sにおける出力電力は19 μWに達した。</p>
P-20	<p>UV-LED光駆動圧電薄膜アクチュエータの作製</p> <p>黒川 文弥、大地 優平、佐段田 温朗、辻浦 裕一、肥田 博隆、神野 伊策</p> <p>神戸大学工学研究科</p> <p>本研究では、PZT強誘電体薄膜を用いたUV-LED光駆動のアクチュエータを作製し、その光学特性を評価した。まず初めに、RFマグネトロンスパッタリング法を用いて、(001)MgO基板上に3 μm厚のPZT薄膜を成膜した。圧電膜付きのMgO基板を短冊状に切り出し、UV-LED光 ($\lambda = 365$ nm, 33 mW/cm²)を照射し先端変位を測定した。カンチレバーに対してUV光を照射すると6.4秒後に最大変位1.21 μmを示した。また、UV光照射停止後20秒程度で初期形状に戻り、光起電力効果による駆動の様子が確認された。</p>
P-21	<p>THz波センサ応用に向けた高性能有機電界効果トランジスタの作製</p> <p>鈴木 諒(1)、李世光(2)、木元 鴻太郎(1)、羽田 正雄(1)、小島 広孝(1)、松原 亮介(1)、中村 雅一(1)</p> <p>(1) 奈良先端科学技術大学院大学 物質創成科学研究科、(2) 西安理工大学 自動化与信息工程学院</p> <p>我々は、有機電界効果トランジスタ(OFET)におけるキャリア輸送バンド端のポテンシャルゆらぎを利用したテラヘルツ(THz)波センサを検討し、将来的にTHz波イメージングのためのフレキシブルセンサマトリックスを実現することを目指している。本研究では、OFET作製条件を最適化し、電界効果移動度が大きい楕円電極OFETを作製した。これを用いてTHz波光伝導性測定を行い、THz波を検出することに初めて成功した。</p>
P-22	<p>高温超伝導体を使った連続可変な小型テラヘルツ光源の開発</p> <p>辻本学、吉岡佑介、温一凡、岸本卓也、斉藤寛、中川裕也、掛谷一弘</p> <p>京都大学工学研究科電子工学専攻</p> <p>医療診断、セキュリティ検査、タンパク質の構造解析、高速無線通信、宇宙観測など、幅広い分野への応用が期待されているテラヘルツ技術の課題のひとつに、実用的な小型連続光源の開発が挙げられる。著者らは高温超伝導体のナノ構造を利用した省電力かつ固体で安定な新しい光源の開発を進めている。発表では、光源の最大出力を著しく低下させている素子内部の局所的な温度上昇について、最近得られた知見を報告する。</p>
P-23	<p>鉛系新規高温超伝導薄膜の低散逸固有ジョセフソン接合</p> <p>小森祥央、掛谷一弘</p> <p>(1)京都大学工学研究科</p> <p>我々が初めて単結晶薄膜の作製に成功した鉛系高温超伝導体 (Pb1212) は、次世代超伝導線材として期待されるイットリウム系高温超伝導体に匹敵する低い異方性 ($\gamma \approx 10$) および高い超伝導転移温度 ($T_{c, onset} = 88$ K) を有する。低異方性物質は線材応用だけでなく、高出力の固有ジョセフソンデバイス(テラヘルツ発振素子など)への応用も期待できるが、固有ジョセフソン接合の散逸が大きくなるのが大きな欠点となっている。今回我々はPb1212において低散逸型の固有ジョセフソン接合を作製することに成功したのでこれについて報告する。</p>
P-24	<p>Ramsey fringe分光を応用した超高分解能分光測定手法の開発</p> <p>隈本雄大(1)、香月浩之(1)、柳久雄(1)</p> <p>(1)奈良先端科学技術大学院大学</p> <p>原子分子に位相ロックパルス対を入射して波動関数の干渉を引き起こすと、波動関数の相対位相の変化に依存した占有数の振動が観測される。この現象はRamsey Fringeと呼ばれ、高精度に遷移周波数を測定する手法として知られている。本研究では、直接吸収ではなくRaman遷移に対して、同様のRamsey Fringe測定を試みる。対象として固体パラ水素を用い、その振動準位間のコヒーレンス振動の周期をパルス対間の遅延時間をフェムト秒～ナノ秒まで変化させることで、高精度に決定することを目指す。そのための干渉計の開発について報告する。</p>

P-25	<p>応力制御を用いたレジストフリーな金属マイクロカピラ構造の作製 本地泰彦(1)、児玉俊之(1)、富田知志(1)、細糸信好(1)、柳久雄(1) (1)奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科</p> <p>スパッタリング成膜時の堆積レートを変化させることで、金属薄膜内部の残留応力を膜厚方向に変化させることが可能である。本研究では、この応力を用いて短冊状の金属薄膜のみを巻き上げることで従来より小さく、レジストを伴わない金属マイクロカピラ構造を作製することを目的としている。堆積レートを変化させた試料を作製し、X線回折の $2\theta \sin \phi$ 法でこの薄膜内部の残留応力を定性的に評価した。金属薄膜の巻き上げについても報告する。</p>
P-26	<p>2,5-Bis(4-biphenyl)thiopheneの結晶成長と発光増幅特性 (1)小野静之、(2)佐々木史雄、(3)堀田 収、(1)柳久雄 (1)奈良先端大物質、(2)産総研電子光技術、(3)京工繊大院工芸</p> <p>(チオフェン/フェニレン)コオリゴマー (TPCO)結晶は、室温大気下で安定な発光を示し、分子修飾による発光波長のチューニングが可能であることから、有機レーザー材料として有望視されている。代表的なTPCOである、2,5-Bis(4-biphenyl)thiophene (BPIT)を用いて、気相成長および溶液成長により単結晶を作製し、光励起下での光学特性を調べた。その結果、結晶成長方法によって発光色が変化し、異なる発光波長で結晶自体をファブリ・ペロー共振器とするマルチモードのレーザー発振を観測した。</p>
P-27	<p>Electrochemical deposition of ZnO nanorod arrays in a chloride medium Jennifer Damasco Ty, Hisao Yanagi 奈良先端科学技術大学院大学量子物性科学研究室</p> <p>Zinc oxide (ZnO) nanorod arrays were grown on ZnO-seeded indium tin oxide (ITO) substrates by electrochemical deposition. The chloride-based electrolyte solution used contains zinc chloride ($ZnCl_2$) as the source of zinc ions and potassium chloride (KCl) as the supporting electrolyte. While the KCl supporting electrolyte ensures good conductivity in the solution and does not participate in the reaction to form ZnO, the introduced chlorine ions have been shown by previous studies to influence the growth of the ZnO film. In the course of electrochemical deposition, chlorine ions can get incorporated into the ZnO film [1]. Additionally, the preferential adsorption of chlorine ions to the ZnO(0001) plane has an effect on the morphology of the film, promoting the growth of micron-sized hexagonal flakes [2]. In this study, samples were grown in solutions with varying KCl concentrations. Results show a decrease in the growth of hexagonal flakes with decreasing KCl concentration, achieving a more homogeneous film. Consequently, the growth of ZnO nanorod arrays in the absence of KCl is demonstrated.</p> <p>References: [1] C. Richter, M. Beu, and D. Schlettwein, Phys. Chem. Chem. Phys. 17, 1883 (2015). [2] F. Xu, Materials and Design 30, 1704 (2009).</p>
P-28	<p>Poly-Si TFTを用いたゲートアレイSR-FF回路の動作解析 中西弘樹 龍谷大学理工学部電子情報学科</p> <p>Poly-Si TFTは大面積のガラスやプラスチック基板に、複雑な回路を形成できる素子である。いっぽう、ゲートアレイは、あらかじめ論理回路を配置しておき配線の接続のみで完成させる回路である。本研究では、Poly-Si TFTを用いたゲートアレイセット-リセットフリップフロップ(SR-FF)回路の動作解析を行った。このSR-FF回路は正常に動作し、最高動作可能周波数は200kHzであった。この結果は、Poly-Si TFTのジャイアントマイクロエレクトロニクス応用としての、有望な可能性を示すものである。</p>
P-29	<p>IGZO薄膜素子の磁気特性の評価 宮村祥吾 龍谷大学理工学部電子情報学科</p> <p>電子デバイスにおける、半導体特性評価方法として、Hall効果測定が広く用いられている。これまでの研究から、アモルファスIn-Ga-Zn-O (a-IGZO)でも正常なHall効果が発生していることがわかっている。しかしながらIGZOをはじめとする酸化物半導体の磁気特性については、不明な要素がまだまだ残っている。そこで、本研究では、IGZO Hall素子のHall効果をはじめとして、さまざまな磁場特性を調べた。その結果、いくつかの興味深い結果が得られたので、ここに報告する。</p>

P-30	<p>ミストCVD法による薄膜の特性評価</p> <p>弓削政博 小川淳史 吉岡敏博 松田時宜 木村睦</p> <p>龍谷大学理工学部電子情報学科</p> <p>酸化半導体の成膜には主にRFマグネトロンスパッタリング法が用いられるが、真空プロセスであり、高コストである。そのため、低コストであり、非真空プロセスであるミストCVD法に着目した。本研究では、ミストCVD法を用いたGa₂O₃の薄膜を作製し、その薄膜の特性をRFマグネトロンスパッタリング法により成膜されたGa₂O₃薄膜と比較した。その結果、透過率は同等であるのに対し、シート抵抗は、ミストCVDの方が高いという結果が得られた。</p>
P-31	<p>パルス電圧印加による4H-SiC MOSFETの過渡応答特性評価</p> <p>磯野弘典(1)、矢野裕司(1,2)、冬木隆(1)</p> <p>(1)奈良先端科学技術大学院大学、(2)筑波大学</p> <p>SiC MOSFETは、しきい値電圧の変動や低チャネル移動度が課題となっている。I-V測定は、一般的に直流電圧を用いて行うが、ゲート電圧印加中に界面準位や酸化膜中の欠陥に電子が捕獲されることにより電気特性が変動することが指摘されている。本研究では、界面欠陥がドレイン電流に与える影響をより正確に評価するため、電圧印加時間を制御できるパルス電圧印加によるI-V測定を行い、MOS界面特性評価を行った。</p>
P-32	<p>Si面 4H-SiC n-MOSFETにおけるSplit C-V特性の周波数依存性</p> <p>結城 広登(1)、矢野 裕司(1) (2)、冬木 隆(1)</p> <p>(1)奈良先端科学技術大学院大学 物質創成科学研究科 (2)筑波大学 数理物質科学研究科</p> <p>Si面4H-SiCのn-MOSFETを作製し、1Hz~1MHzの範囲でSplit C-V測定を行った。Split C-V法ではゲートチャネル間の容量を測定するが、伝導帯近傍の界面準位密度の多いSiC-MOSFETでは、Split C-V特性に周波数依存性が表れる。SiC/酸化膜界面に窒素およびリンを導入した試料を用い、Split C-V特性の測定周波数による反転電荷の周波数応答や界面準位の影響について考察した。正確に反転層電荷密度を評価するには超低周波測定が必要であることを明らかにした。</p>
P-33	<p>プロセスガス制御によるグラフェンの層数制御およびFETの作製</p> <p>松原 暉(1)、市川 和典(1)、赤松 浩(1)、須田 善行(2)</p> <p>(1)神戸市立工業高等専門学校 電気電子工学専攻、(2)豊橋技術科学大学 電気・電子工学系</p> <p>既存のSiデバイスを超える高速デバイス作製のために、プロセスガスを精密に制御することで熱CVD法によるグラフェンの層数制御を試みた。その結果、昇温時の水素濃度が層数制御に最も有効であり、水素が少量の場合単層が成長し、多量になる程層数が増加することが分かった。逆に冷却時の水素はグラフェンをエッチングすることが明らかとなった。今回得られた単層グラフェンの成長条件からグラフェンFETを作製すると、単結晶Si FETに比べ相互コンダクタンスが約8000倍高いグラフェンFETの作製に成功した。</p>
P-34	<p>低真空熱窒化処理による新規Ni窒化物薄膜トランジスタの作製と評価</p> <p>佐々木 凱生(1) 松原 暉(2) 市川 和典(1) 赤松 浩(1)</p> <p>(1)神戸高専 電気工学科 (2)神戸高専 電気・電子工学専攻</p> <p>GaN等の窒化物半導体は金属と窒素の結合によって形成されることから、本研究室ではMBE法を用いず、Niをわずかに減圧した電気炉中で窒化させNi窒化物半導体の作製を行った。ショットキー構造での電気特性から整流性が得られ、XRDからNi₃Nを形成していることから熱窒化後のNi窒化物は半導体であることが分かった。様々な窒化条件を検討しボトムゲート型トランジスタの作製を行うと電界効果移動度152cm²/V・sの新規Ni窒化物薄膜トランジスタの作製に成功した。</p>
P-35	<p>CMOSラインセンサによる蛍光方式生体内埋込型グルコースセンサの開発</p> <p>河村敏和(1)、増田啓太(1)、平井智大(1)、竹原宏明(1)、野田俊彦(1)、笹川清隆(1)、徳田崇(1)、興津輝(2)、竹内昌治(2)、太田淳(1)</p> <p>(1)奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科、(2)東京大学生産技術研究所</p> <p>長期連続計測が可能な体内完全埋植型血糖値計測器の開発を目指している。近年、血糖値依存で蛍光強度が変化するハイドロゲルが開発された。我々は体内埋込CMOSイメージセンサと、このハイドロゲルを組合せた血糖値計測デバイスを開発している。今回、専用のCMOSラインセンサを設計・試作し、実装の改善を行った。生体内外での機能評価を合わせて報告する。</p>

P-36	自由行動下脳機能計測に向けた緑色蛍光観察用埋植型イメージングデバイス 須永圭紀、春田牧人、山口貴大、元山真由美、太田安美、竹原宏明、野田俊彦、笹川清隆、徳田崇、太田淳 奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科 脳機能計測において有用なGFPやフラビン蛋白などの緑色蛍光観察を目的とした埋植型CMOSイメージングデバイスを開発した。埋植型イメージングデバイスは自由行動下計測を可能とするが、蛍光顕微鏡と比較して蛍光検出系に制限が多く、微弱な蛍光反応の検出が困難であった。そこで埋植型イメージングデバイスに適した蛍光検出構造を開発し、緑色蛍光検出の高感度化を実現した。今回は開発したデバイスの概要と性能評価実験の結果について報告する。
P-37	ポリイオンコンプレックス法による半導体性配位高分子の水溶化と塗布薄膜の物性 ○佐藤 大(1)、野々口 斐之(1)、河合 壯(1) (1)奈良先端科学技術大学院大学 物質創成科学研究科 最近、半導体性や高い導電率を有する配位高分子が報告されてきたが、これらの配位高分子は一般に溶解性が低いため、ウェットプロセスによる薄膜化が困難であった。本研究では半導体性Poly(Ni ₃ (HITP) ₂)およびPoly(Ni ₂ TBI)を例に、水溶性ポリマー水溶液中でPoly(Ni ₃ (HITP) ₂)およびPoly(Ni ₂ TBI)を調製することにより、その水溶性ポリイオンコンプレックスの調整に成功した。分散液をガラス基板に塗布して得た薄膜の構造と物性を解析した。
P-38	ウェットO ₂ アニールを用いた液体材料由来の非晶質InZnO薄膜の作製とトランジスタ特性への影響 長田至弘、石河泰明、藤井菜美、浦岡行治 奈良先端科学技術大学院大学 物質創成科学研究科 本研究では、スピコート法で作製した液体材料由来のa-InZnO TFT特性に対するウェットO ₂ アニールの影響について調査した。ウェットO ₂ アニールを用いてチャネル層を形成したa-InZnO TFTはドライO ₂ アニールを用いたTFTに比べて、電界効果移動度とサブスレッショルド値の改善に効果を示した。さらに、歩留まりの改善にも効果があることを示した。その原因として、H ₂ Oの酸化反応によるa-InZnO薄膜中の化学結合状態の変化が影響していることが示唆された。
P-39	透明酸化物薄膜トランジスタの自己発熱による劣化現象 木瀬香保利(1)、菅井重和(2)、山崎はるか(1)、浦川哲(1)、矢野公規(2)、Dapeng Wang(3)、古田守(3)、藤井菜美(1)、堀田昌宏(1)、石河泰明(1)、浦岡行治(1) (1)奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科、(2)出光興産株式会社、(3)高知工科大学 透明酸化物半導体による薄膜トランジスタは、ディスプレイの低消費電力化・高速化が期待される一方で、熱や光に対する信頼性確保が不十分である。ディスプレイの駆動素子はガラス基板など熱伝導率の低い材料上に作製されるため、蓄積された熱による素子の劣化が懸念されている。本研究では、素子の信頼性向上を目的としてディスプレイの実駆動電圧に近似したパルス電圧を印加し素子の自己発熱に起因する劣化現象の解明を目指した。
P-40	アモルファスInGaZnO薄膜トランジスタのメモリ応用に関する研究 竹之内俊亮(1)、上沼睦典(1)、浦岡行治(1) (1)奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科 システムオンパネル実現には、透明性を持ち、室温成膜が可能なa-InGaZnO を利用した不揮発性メモリが必要と考えられる。本研究では、生体超分子を用いたナノ構造作製手法を用い、金属ナノ粒子をa-InGaZnO TFTのゲート絶縁膜に埋め込み、ナノドット型フローティングゲートメモリを作製した。作製したメモリは電氣的書き込みが可能であり、消去には紫外線もしくは、600nm付近の可視光が利用できることが明らかとなった。
P-41	機能性酸化物を用いた抵抗変化メモリの動作メカニズム解析に関する研究 門 圭佑(1)、山内 祥光(1)、鍋坂 恭平(1)、藤井 菜美(1)、石河 泰明(1)、浦岡 行治(1) (1)奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科 酸化物薄膜トランジスタ (TFT) は低オフリークで高性能であるため、ディスプレイの駆動チャネル材料として有望であり、同一パネル上へのロジック回路及びメモリ素子を搭載したシステムオンパネル (SoP) 化による多機能化が期待されている。本研究は、a-IGZO膜を抵抗変化材料として用いたSoP用途不揮発性メモリ素子に関するものであり、書き込み時にIGZO膜内に形成される導電性フィラメントの挙動と熱の関係を調査した。

賛助会員

応用物理学会関西支部の本事業活動に関し、下記賛助会員各位よりご支援を頂いております。ここに社名を記載させて頂き、感謝の意を表します。

エア・ウォーター(株)
 (株)SDI
(株)大阪真空機器製作所 堺工場
 京セラ(株)
(株)神戸製鋼所 技術開発本部
 (株)島津製作所
 シャープ(株) 研究開発本部
新日鐵住金(株) 技術開発本部 尼崎研究開発センター
 住友電気工業(株)
 大陽日酸(株)
東京エレクトロン(株)
 東京応化工業(株)
 ネオアーク(株)
パナソニック(株) R&D 本部 技術政策室 技術外交チーム
 (株)フジキン
三菱電機(株) 先端技術総合研究所
 (株)村田製作所
 (株)リガク
 ローム(株)

(2015年2月15日現在、50音順)