

応用物理学会関西支部

2024 年度 第 3 回講演会

日本の半導体産業の今後と応用物理

主 催：応用物理学会関西支部（URL：<https://jsap-kansai.jp/>）

日 時：2025 年 1 月 31 日（金）13:00～17:55

形 式：オンサイト対面形式

会 場：三菱電機高周波光デバイス製作所 I A 棟大会議室

プログラム

第一部：講演の部 於 大会議室 1、2

13:00～13:10 開会の辞

13:10～14:00 基調講演：齋藤 尚史 様（経済産業省）
「半導体・デジタル産業戦略の現状と今後の方向性について」

14:00～14:45 招待講演：山本 磨人 様（キヤノン株式会社）
「半導体デバイス製造のためのナノインプリントリソグラフィの進展」

14:45～15:30 招待講演：増田 健之 様、山内 康寛 様（三菱電気株式会社）
「デジタル化社会の進化を牽引する三菱電機の高周波・光デバイス」

15:30～15:50 休憩・移動

第二部：ポスター発表/オーサーインタビュー/見学の部 於 1階食堂

15:50～17:50 ポスター発表

P-01 化合物半導体デバイスの高耐湿保護膜の開発

奥 友希、戸塚正裕、佐々木肇、日坂 隆行、天清 宗山
三菱電機株式会社 高周波光デバイス製作所

P-02 InAs/AlAs 原子層超格子を用いた超低雑音 APD

山口晴央¹、竹村亮太¹、坪内大樹¹、藤原諒太¹、丹羽顕嗣¹、
石村栄太郎¹、西川智志²、鴛崎晋也²、宮崎泰典¹
¹三菱電機 高周波光デバイス製作所
²三菱電機 先端技術総合研究所

P-03 単分散シリコンナノ粒子コロイドの作製と光学特性

山名裕斗、杉本泰、藤井稔
神戸大学

P-04 2 波長集積 2×200G EML の開発

森川隆哉、辻敏弥、寺尾顕一、森田佳道、大和屋武、山内康寛

三菱電機株式会社 高周波光デバイス製作所

P-05 Back focal plane イメージングによる誘電体メタサーフェスの発光指向性評価

伊藤洋祐、大沢慶祐、長谷部宏明、杉本泰、藤井稔

神戸大学院工

P-06 有機 EL 駆動用 TFT を目指した酸化物積層構造による ZnO-TFT の高電流密度化

高田直希、中田賢佑、弓削凱晃、藤元 章、和田英男、小山政俊、藤井彰彦、前元利彦

大阪工業大学 ナノ材料マイクロデバイスセンター

P-07 80mW 級 1.3μm 帯 SOA 集積 CW DFB-LD の開発

宮越亮輔、蔵本恭介、合田青陽

三菱電機株式会社 高周波光デバイス製作所

P-08 GaAs 基板上的 Ni-P めっき膜の応力発生メカニズム解析

川合良知、日坂隆行、西澤弘一郎、門岩薫、佐々木肇、柴田公隆

三菱電機株式会社 高周波光デバイス製作所

P-09 第一原理計算による Cs₃GdCl₆、Yb-doped Cs₂NaGdCl₆ ダブルペロブスカイト結晶の電子構造解析

鈴木厚志、奥健夫

滋賀県大工

P-10 ミニバンド構造を有する半導体超格子のテラヘルツ波発生特性

田智樹、藤元章、長谷川尊之

大阪工業大学 工学部

P-11 DMA/FA 共添加 MA 系ペロブスカイト太陽電池におけるアルカリ金属添加効果

中川治久¹、島田遼人¹、田中里奈¹、傍島諒¹、鈴木厚志¹、奥健夫¹、立川友晴²、福西佐季子²

¹滋賀県立大学、²大阪ガスケミカル株式会社

- P-12 (111) 3C-SiC 上への κ -($\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}$) $_2\text{O}_3$ 混晶薄膜のミスト CVD 成長とその評価
田中悠馬、宮寄愛実、山崎伊織、小山政俊、藤井彰彦、前元利彦
大阪工業大学 ナノ材料マイクロデバイス研究センター
- P-13 多波長光干渉断層計による断層構造と水分量同時計測の検討
河野竜也、尾崎信彦
和歌山大学大学院システム工学研究科
- P-14 ナノシート薄膜トンネル接合によるホットキャリア形成とメタン活性化
小西理久、野内亮
大阪公立大工
- P-15 化学増幅型 3 成分ノボラックレジストにおけるアセタール保護した溶解抑制剤による
高感度化かつ高解像度化
高嶋克彰、堀邊英夫
大阪公立大学大学院
- P-16 MOVPE 成長 GaN 結晶中の単独貫通転位上に作製したショットキー接触の電気特性評価
大和田滉平¹、藤平哲也¹、Diao Zhuo¹、渡邊浩崇²、新田州吾²、
田中敦之²、本田善央²、天野浩²、酒井朗¹
¹大阪大学院基礎工、²名古屋大学院工
- P-17 シミュレーションを活用した化合物半導体エピタキシャル成長技術開発
恵良淳史、吉岡尚輝、野々田亮平、畠中奨、小島善樹
三菱電機株式会社
- P-18 ZnO/CuO ヘテロ構造における CuO 層の膜厚増加効果
梅村昂生、藤原明比古
関学大院理工
- P-19 熱フィラメント化学気相成長法によるレーザー核融合用ダイヤモンドカプセルの
合成パラメータ依存性
堀本駿¹、川崎昂輝²、山田英明²、重森啓介¹
¹大阪大学レーザー科学研究所、²産業技術総合研究所先進パワエレ研究センター

P-20 第一原理計算を用いた NO アニール後の SiC/SiO₂ 界面の電子状態解析

および伝導特性計算

杉山耕生、船木七星斗、植本光治、小野倫也
神戸大工

P-21 界面活性剤の添加による有機ナノ結晶の表面構造の変化

増田直人¹、砂田明子¹、坂本大直²、島田現広²、和田侑樹²、神村共住^{2, 3}、安國良平²

¹大阪工業大学大学院、²大阪工業大学、³大阪大学レーザー科学研究所

P-22 第一原理計算によるシリコングレーティング構造の非線形光学応答予測

松浦豪介、植本光治
神戸大学

P-23 シリコンナノ粒子からなる球状 Supraparticle の開発

河野晋太郎、杉本泰、藤井稔
神戸大院工

P-24 The role of spin-coated sol-gel method for thin films in advanced solar cells

Himanshu Ranawat, Akihiko Fujiwara

Graduate School of Science and Technology, Kwansei Gakuin University

P-25 超小型多波長光源構築のための薄膜狭帯域再帰反射フィルタ

小澤桂介¹、阪谷圭亮¹、金高健二²、井上純一¹、裏升吾¹

¹京都工芸繊維大学、²産業技術総合研究所

P-26 第一原理計算による鉄系合金界面の原子構造予測

松本尚弥¹、遠藤竜佑¹、植本光治¹、ヴェルガラ サミュエル^{2, 3}、新屋ひかり⁴、
永沼博^{3, 5}、小野倫也¹

¹神戸大、²パリ高等師範、³東北大、⁴東大、⁵名古屋大

P-27 Co 添加 NiO_x 結晶の電子構造と電気伝導度への影響

横山智晴、鈴木厚志、奥健夫
滋賀県立大学

- P-28 ペロブスカイト太陽電池の光起電力特性と結晶格子に及ぼす光照射の影響
島田 遼人¹、奥 健夫¹、鈴木 厚志¹、岩国 秀治²、山本 知樹²、原田 浩一郎²
滋賀県立大学、² マツダ株式会社
- P-29 液中レーザー粉碎法により作製した有機ナノ粒子のタンパク質による分散安定化機構
砂田明子¹、熱田雄也¹、藤井秀司^{2, 3}、崎山亮一²、神村共住^{2, 4}、安國良平²
¹ 大阪工業大学大学院、² 大阪工業大学、
³ 大阪工業大学ナノ材料マイクロデバイス研究センター、⁴ 大阪大学レーザー科学研究所
- P-30 紫外域における SrB₄O₇ 結晶の表面損傷耐性評価
佐々木大¹、黒崎元哉¹、日高直寛¹、森下沙夢¹、安國良平¹、神村供住¹、
田中康教²、村井良多³、高橋義典³、今西正幸²、森勇介^{2, 3}、吉村政志^{3, 4}
¹ 大阪工業大学、² 大阪大学大学院、³ 大阪大学、⁴ 株式会社創晶
- P-31 キラルナノ物質の微視的構造に基づく光圧の理論
蓬萊貴大、石原一
大阪大学
- P-32 微視的理論によるプラズモニクナノ共振器—共役ポリフィリン多量体強結合系
における増強発光の解析
友重良嗣¹、田村守^{1, 2}、石原一¹
¹ 阪大院基礎工、² 大阪公大 LAC SYS 研
- P-33 磁場変調 THz エリプソメトリと伝導薄膜モデルを用いた半導体薄膜の特性評価
岡本章宏、永井正也、芦田昌明
大阪大学大学院基礎工学研究科物質創成専攻
- P-34 Control of Nanoparticle Rotation Direction Using Recoil Force
Generated by Stimulated Emission
梅川佳己、蓬萊貴大、芦田昌明、石原一
大阪大学基礎工学研究科

応用物理学会関西支部 2024 年度 第 3 回講演会

17:50～17:55 閉会の辞

17:55～18:00 休憩

18:00～ 懇親会・ポスター賞授賞式

招待講演要旨

Invited Talk Abstract

半導体・デジタル産業戦略の現状と今後の方向性について
Semiconductor and Digital Industry Strategy: Current Status and Future
Direction

齋藤 尚史

Ministry of Economy, Trade and Industry

経済産業省では、2021 年に「半導体・デジタル産業戦略」を策定したが既に 3 年半が経過しており、世界情勢は大きく変化した。経済安全保障リスクへの対応や半導体サプライチェーンの強化、デジタル化やグリーン化への対応はより現実的な課題となっている。これらの状況を踏まえ、2023 年 6 月に戦略の改定を行い、その後も約半年に一回程度の頻度で半導体・デジタル産業戦略検討会議を開催し、資料を公表してきたところ。本講演では、昨年末に実施した最新のアップデートも含め、具体的な戦略・取り組みのうち、主に半導体関連の概要について紹介する。

半導体デバイス製造のためのナノインプリントリソグラフィの進展

Progress of Nanoimprint Lithography for Semiconductor Device Manufacturing

キヤノン(株) 山本 磨人

Canon inc., Semiconductor equipment NGL3 technical development., Kiyohito Yamamoto

E-mail: yamamoto.kiyohito@mail.canon

半導体デバイス製造技術の進化は、回路パターンの微細化の歴史である。そのカギを握ってきたのが「露光光源の短波長化」と「微細化に対応した露光技術」である。キヤノンは、従来の露光技術に代わる新たな技術、ナノインプリントリソグラフィ（以下 NIL）によって微細化を実現する。NIL 技術は、ナノスケール世代の微細加工技術として期待される技術である 1), 2)。キヤノンが NIL 技術の開発に着手したのは、2000 年代にまで遡る。当時、先端露光技術の主流である液浸露光技術はプロセスコストが高く、EUV 露光技術は装置コストと装置規模が長大となるという課題があった。キヤノンは、先端半導体の普及を加速するには、製造コストの削減が必要であると考え、低コストで微細化を実現する新たな手段として、NIL 技術開発に着手した。そして、2023 年 10 月、遂に世界初の先端半導体向け NIL 装置 FPA-1200NZ2C を製品化した。

NIL 技術は、既存の投影露光技術とは異なり、広径レンズや高価な光源を必要とせず、原版となるマスクのパターンを高精細かつ忠実にウェハに転写する。このことから、15nm 以下の微細な回路パターンを安価に製造し、半導体業界に革命を起こす技術と期待されている。

一方、NIL 技術を量産の製造技術とするには、製造に必要とされる主要な性能を確立する必要がある。主要な性能は欠陥、パーティクル、スループット、オーバーレイである。キヤノンは、この「四大性能」の改善に取り組み、半導体デバイス製造が可能なレベルまで高めてきた 3)。

また、NIL 技術は、既存の投影露光技術では実現できなかった 3 次元のパターンも 1 回で形成することができる。これは、ロジックやメモリなどの最先端半導体デバイス製造に加え、CMOS センサや回折光学素子、メタレンズなどの製造にも幅広く活用可能である 4)。近い将来、量産装置として様々な市場に導入されることにより、今後の市場動向は大きく塗り替えていくだろう。

本稿では、これら NIL 技術の進展とデバイス製造領域の広がりについて報告する。

1) S. Y. Chou, P. R. Kraus, P. J. Renstrom, “Nanoimprint Lithography”, J. Vac. Sci. Technol. B 1996, 14(6), 4129 –4133.

2) T. K. Widden, D. K. Ferry, M. N. Kozicki, E. Kim, A. Kumar, J. Wilbur, G. M. Whitesides, Nanotechnology, 1996, 7, 447 – 451.

3) T. Ifuku, M. Yonekawa, K. Nakagawa, K. Sato, T. Saito, S. Aihara, T. Ito, K. Yamamoto, M. Hiura, K. Sakai, Y. Takabayashi, SPIE Advanced Lithography, 12956–10 (2024)

4) T. Saito, M. Ogusu, M. Tamura, Y. Nomura, H. Kunugi, T. Yamaji, F. Tanaka, T. Abe, SPIE Advanced Lithography, 12956–12 (2024)

デジタル化社会の進化を牽引する三菱電機の高周波・光デバイス

Mitsubishi Electric's High-Frequency and Optical Devices,

Leading the Evolution of the Digital Society

三菱電機株式会社 高周波光デバイス製作所 増田健之, 山内康寛

High Frequency & Optical Device Works, Mitsubishi Electric Corp.

Kenji Masuda, Yasuhiro Yamauchi

E-mail: yamauchi.yasuhiro@ds.mitsubishielectric.co.jp

本講演の前半では、高周波デバイス製作所の事業戦略について触れる。当社の事業領域の一つである「セミコンダクター・デバイス」は、『半導体の「進化」と「革新」で、社会の変化を先導する』というスローガンの下、GX（グリーントランスフォーメーション）や DX（デジタルトランスフォーメーション）の実現に必要なキーデバイスを開発している。当社のデバイスは、三菱電機グループの統合ソリューションを創出すると同時に、グループ内ユーザー事業の知見を取り込んだ顧客価値を提供することで、様々な社会課題の解決に貢献している。

「セミコンダクター・デバイス」に属する当所では、高周波デバイス、光デバイス、および赤外線センサの開発と生産を手掛けている。いずれも、社会活動において不可欠な「つなげる」すなわち「通信」と、「感じる」すなわち「センシング」の機能を有するもので、これらの製品の提供により、安心かつ安全な暮らしや、快適なデジタル社会の実現を目指している。

後半では、生成 AI 用サーバーを支える超高速光デバイスの技術動向について概説する。スマートフォン等の移動体通信端末の普及と動画配信等のクラウドサービスの急拡大に伴って、サーバーやストレージ機器を収容するデータセンターの大規模化が進んでいる。近年では、生成 AI の利活用が急拡大する中、データセンター内に収容される生成 AI 用サーバーでは、並列演算処理を行う GPU 間の相互接続のために光ファイバー通信の技術が使用されるようになり、同用途での光トランシーバーの市場拡大と高速化が急速に進んでいる。データセンター内で使用される光トランシーバーには電気信号と光信号を相互に変換する III-V 族の元素を組み合わせた化合物半導体の光デバイスが搭載され、キーコンポーネントとしてこれまでも改良と開発が重ねられてきた。2025 年からは、動作速度 200Gbps の送受信デバイス 8 対を搭載した 1.6Tbps 光トランシーバーの導入が始まり、その先を見据えた beyond 200Gbps(すなわち 400Gbps)時代に適用される光デバイスと 3.2Tbps 級の光トランシーバーの開発も既に進められている。

一方、データセンターの消費電力の増加が課題になっており、それに歯止めをかけるべく、光トランシーバーの低消費電力化のソリューションも検討されている。光トランシーバーの消費電力は、光デバイス自体の消費電力よりも周辺の電子回路のものが支配的であるため、電子回路の機能を間引くための光デバイスの性能向上が必要になる。また、GPU の処理速度と帯域密度(単位長さを通過する信号速度)の向上に合わせて、相互接続のための光インターフェースにも帯域密度の向上が求められている。

ポスター発表要旨

Poster Presentation Abstract

P-01

化合物半導体デバイスの高耐湿保護膜の開発
奥友希、戸塚正裕、佐々木肇、日坂隆行、天清宗山
三菱電機株式会社 高周波光デバイス製作所
シリコンデバイスと比べて化合物半導体デバイスは保護膜形成に300℃以上の高温プロセスが使えないため耐湿性を確保する上での課題が多い。そのため、耐湿性の評価、耐湿メカニズムの分析・解析、高耐湿な保護膜の製膜方法において特徴的な発展を遂げている。本発表では、これまでの発展の経緯に加えて、最近の動向を紹介し、今後の研究方向について考察する。

P-02

InAs/AlAs 原子層超格子を用いた超低雑音 APD
山口晴央 ¹ 、竹村亮太 ¹ 、坪内大樹 ¹ 、藤原諒太 ¹ 、丹羽顕嗣 ¹ 、石村栄太郎 ¹ 、 西川智志 ² 、鴫崎晋也 ² 、宮崎泰典 ¹
¹ 三菱電機 高周波光デバイス製作所 ² 三菱電機 先端技術総合研究所
本研究では光通信用途に適した低雑音動作を実現するアバランシェフォトダイオード（APD）構造を提案する。増倍層に InAs と AlAs の原子層スケールの積層構造を採用することで、電子とホールイオン化率比（k）を 0.001 以下に抑制し、増倍率（M）が 10 の時に過剰雑音係数（F）で 1.9 を達成した。本論文では、第一原理計算に基づくバンドダイアグラムの考察と、APD デバイスへ適用した特性について述べる。

P-03

単分散シリコンナノ粒子コロイドの作製と光学特性
山名裕斗、杉本泰、藤井稔
神戸大学
密度勾配遠心法により単分散シリコンナノ粒子コロイドを作製する技術について報告する。まず、遠心理論を用いて粒径分離についてのシミュレーションを行い、勾配の密度や遠心時間等の粒径分離条件を定量的に明らかにした。続いて、シミュレーション結果に基づき、多分散シリコンナノ粒子コロイドを実際に粒径分離し、透過型電子顕微鏡で観察した。さらに、分離後の単分散コロイドについて、散乱や消光を測定し、粒径分離が光学特性に与える影響を調べた。

P-04

2 波長集積 2×200G EML の開発
森川隆哉、辻敏弥、寺尾顕一、森田佳道、大和屋武、山内康寛
三菱電機株式会社 高周波光デバイス製作所
クラウドサービスや生成 AI の拡大に伴い、データセンター内光通信は高速化が進展している。我々は、電界吸収型変調器集積レーザー (EML) を使用した新たなソリューションとして、ハイブリッド導波路構造を持つ 2 つの EML を 1 チップにモノリシック集積した 2 波長集積 2×200G EML の開発を行っている。今回、波長が異なる 2 つのレーンの 226Gbps PAM4 (113Gbaud) 動作を実証したので報告する。

P-05

Back focal plane イメージングによる誘電体メタサーフェスの発光指向性評価
伊藤洋祐、大沢慶祐、長谷部宏明、杉本泰、藤井稔
神戸大学院工
ナノアンテナはサブ波長領域に光を強く閉じ込めることで光の高度な制御を可能にする。また、発光体と結合することでパーセル効果や輻射パターンを制御することができる。本研究では誘電体ナノアンテナを配列したメタサーフェス上に蛍光色素を配置し、Back focal plane イメージングにより色素の発光がメタサーフェスの共鳴モードと結合したときの発光指向性を測定する。

P-06

有機 EL 駆動用 TFT を目指した酸化物積層構造による ZnO-TFT の高電流密度化
高田直希, 中田賢佑, 弓削凱晃, 藤元 章, 和田英男, 小山政俊, 藤井彰彦, 前元利彦
大阪工業大学 ナノ材料マイクロデバイスセンター
フレキシブルかつ透明な酸化物デバイスを可能にする低温プロセス技術として、200℃以下の低温プロセスでAlO _x /ZnO積層TFTを作製し、酸素分圧制御下の成膜により酸化物界面で大きな電流密度を維持、熱処理後も高い導電層特性を実証した。これにより有機EL画素回路を酸化物のみでスイッチング・駆動できる可能性が示され、薄型・軽量・フレキシブルな次世代OLEDの面積・高精細化へ貢献が期待される。

P-07

80mW 級 1.3μm 帯 SOA 集積 CW DFB-LD の開発
宮越亮輔、蔵本恭介、合田青陽
三菱電機株式会社 高周波光デバイス製作所
生成 AI やクラウドサービスの普及により、データセンター内通信の高速・大容量化が進んでいる。近年では CW 光源と Si フォトニクスを組み合わせた光トランシーバがデータセンター向け市場に投入されており、ここで用いられる CW 光源は、高温（75℃）での高い光出力が要求される。当社で開発中の CW 光源は導波路の一部に半導体光増幅器（SOA）およびスポットサイズ変換器（SSC）を形成し、デバイス内部構造を最適化することで、75℃での出力 85mW 以上を達成した。

P-08

GaAs 基板上の Ni-P めっき膜の応力発生メカニズム解析
川合良知，日坂隆行，西澤弘一郎，門岩薫，佐々木肇，柴田公隆
三菱電機株式会社 高周波光デバイス製作所
GaAs デバイスの裏面電極に Ni-P 層を使用した場合、熱処理を経るとウエハ反りが起きることが知られており、これは界面に形成される反応層（Ni₃GaAs）の応力に起因することが判明している。本研究では、応力の発生メカニズム解明のため、原子分解能分析 TEM を用いて Ni₃GaAs の結晶構造と GaAs との界面状態を観察した。解析の結果、Ni₃GaAs は六方晶構造であること、及び GaAs（111）面、（100）面と格子整合していることが分かり、ウエハ反りは Ni₃GaAs が GaAs より格子定数が小さいために引っ張り応力が生じることで起きていることを明らかにした。

P-09

第一原理計算による Cs_3GdCl_6 、Yb-doped $\text{Cs}_2\text{NaGdCl}_6$ ダブルペロブスカイト結晶の電子構造解析
鈴木厚志、奥健夫
滋賀県大工
希土類元素導入したダブルペロブスカイト結晶は可視-近赤外領域の蛍光、発光特性に優れ、波長変換特性を活用した光起電力デバイスへの応用や太陽電池の高効率化が期待される。本研究は希土類元素（Gd、Nd、Yb）を導入したダブルペロブスカイト結晶（ Cs_3GdCl_6 、 Cs_3NdCl_6 、Yb-doped $\text{Cs}_2\text{NaGdCl}_6$ ）の電子構造を第一原理計算によって解析した。Gd、Nd、Yb の 4f、5d 軌道の準位、電荷移動 (MLCT)、有効質量比 (m^*/m_0)、励起過程 (4f-4f、4f-4f d 遷移) などからキャリア移動度や光学特性を予測し、ペロブスカイト太陽電池への応用を検討した。

P-10

ミニバンド構造を有する半導体超格子のテラヘルツ波発生特性
田智樹、藤元章、長谷川尊之
大阪工業大学 工学部
半導体結晶表面に超短パルスレーザーを照射するとテラヘルツ波が発生する。その発生機構の解明は、テラヘルツ波をプローブとした物性評価技術に応用する上で重要である。我々は最近、広い電子ミニバンドを有する InAs/GaAs 超格子において、強いテラヘルツ波の発生を観測した。講演では、本テラヘルツ波の発生機構をミニバンド構造の観点から議論する。

P-11

DMA/FA 共添加 MA 系ペロブスカイト太陽電池におけるアルカリ金属添加効果
中川治久 ¹ 、島田遼人 ¹ 、田中里奈 ¹ 、傍島諒 ¹ 、鈴木厚志 ¹ 、奥健夫 ¹ 、 立川友晴 ² 、福西佐季子 ²
¹ 滋賀県立大学、 ² 大阪ガスケミカル株式会社
CH ₃ NH ₃ PbI ₃ ペロブスカイト太陽電池は、シリコン系太陽電池と比べてデバイス作製が容易であり、優れた光電変換特性を有している。しかし耐久性が低いことが実用化への大きな課題となっている。本研究では、CH ₃ NH ₃ (MA) 位置へ、CH ₃ NH ₂ CH ₃ (DMA) 及び HC(NH ₂) ₂ (FA) を導入し、さらにアルカリ金属 (K、Cs) を添加したペロブスカイト太陽電池を作製し、光電変換特性や微細構造を調べ、DMA/FA 及びアルカリ金属の共添加効果を評価したので報告する。

P-12

(111) 3C-SiC 上への κ -(In _x Ga _{1-x}) ₂ O ₃ 混晶薄膜のミスト CVD 成長とその評価
田中悠馬、宮寄愛実、山崎伊織、小山政俊、藤井彰彦、前元利彦
大阪工業大学 ナノ材料マイクロデバイス研究センター
Orthorhombic 構造をもつ κ -Ga ₂ O ₃ は、自発分極や強誘電体特性を持つことが知られている。これまで我々は、熱伝導率で優れる 3C-SiC 上に κ -Ga ₂ O ₃ をミスト CVD 法によってヘテロエピタキシャル成長することを検討してきた。本研究では、 κ -Ga ₂ O ₃ に対して低エネルギー側へのバンドギャップエンジニアリングを行うために、3C-SiC 上 κ -Ga ₂ O ₃ と In ₂ O ₃ を混晶化させる検討を行った結果について報告する。

P-13

多波長光干渉断層計による断層構造と水分量同時計測の検討
河野 竜也、尾崎 信彦
和歌山大学大学院システム工学研究科
光干渉断層計 (OCT) は、近赤外広帯域光干渉を利用して、サンプル内部の断層構造を画像化する技術である。近赤外波長帯は、水による光吸収特性が波長によって大きく変化するため、OCT 光源の中心波長を変えることで、サンプルの断層構造観察と同時に、サンプル内部の水分量計測が期待できる。そこで、本研究では水による吸収係数が異なる二つの中心波長光源を用いた OCT を立ち上げ、断層構造と水分量の同時計測を検討した。

P-14

ナノシート薄膜トンネル接合によるホットキャリア形成とメタン活性化
小西理久、野内亮
大阪公立大工
近年、ホットキャリアを用いた反応低温化が注目されており、その形成手法の一つにトンネル接合への電圧印加がある。このような系として走査型トンネル顕微鏡探針による表面反応の誘起が報告されているが、局所的なものにとどまっている。本研究では薄膜素子化により大面積化した接合を用い、ホットキャリア減衰を最小化するために原子層物質である RuO ₂ ナノシートを用いることで、メタン解離反応の誘起に成功した。

P-15

化学増幅型 3 成分ノボラックレジストにおけるアセタール保護した溶解抑制剤による高感度化かつ高解像度化
高嶋 克彰、堀邊 英夫
大阪公立大学大学院
本研究のレジストの露光部は酸に変化し、アルカリ現像液に溶解し、未露光部が残存することでパターンが得られる。レジストは高感度化(露光量の低下)、高解像度化(パターンの微細化)が求められているが同時に 2 つを向上させることは困難である。本研究では、ノボラック樹脂、酸で分解する溶解抑制剤、光酸発生剤で構成された化学増幅型 3 成分レジストにおいて、 <i>t</i> Boc 基よりも分解性の高いアセタール保護にすることで高感度かつ高解像度化を目指した。

P-16

MOVPE 成長 GaN 結晶中の単独貫通転位上に作製したショットキー接触の電気特性評価
大和田滉平 ¹ 、藤平哲也 ¹ 、Diao Zhuo ¹ 、渡邊浩崇 ² 、新田州吾 ² 、田中敦之 ² 、本田善央 ² 、天野浩 ² 、酒井朗 ¹
¹ 大阪大学院基礎工、 ² 名古屋大学院工
GaN は次世代のパワーデバイス材料として注目されているが、貫通転位に起因する漏れ電流による性能低下が課題となっている。本研究では、GaN 結晶中単独転位の電気伝導機構の解明を目的として、MOVPE でドナー濃度を変化させて成長した n-GaN 中の貫通転位にエッチピットを形成後、それぞれ微少なショットキー電極を堆積させ、個々の貫通転位周辺の電気特性とその温度依存性を評価した。得られた結果に対してプール - フレンケル伝導およびトンネリング伝導モデルに基づく解析を行い、伝導機構について議論した。

P-17

シミュレーションを活用した化合物半導体エピタキシャル成長技術開発
恵良淳史、吉岡尚輝、野々田亮平、畠中奨、小島善樹
三菱電機株式会社
化合物半導体エピタキシャル成長の課題として、立体構造の形状制御や不純物濃度制御などがあり、課題解決には成長シミュレーションの活用が有効である。我々は、リアクタ内結晶成長プロセス、気相拡散、および表面マイグレーションについてシミュレーションの構築および活用を試みている。本報告では、GaN 成長における C 濃度温度依存性や、InP 系選択成長におけるマスク近傍盛り上がりについて、シミュレーション結果と実験との比較を説明する。

P-18

ZnO/CuO ヘテロ構造における CuO 層の膜厚増加効果
梅村昂生、藤原明比古
関学大院理工
太陽電池用の酸化亜鉛 (ZnO) / 酸化銅 (CuO) ヘテロ構造をスピンコート法によって作製した結果について報告する。光吸収層である CuO はバンドギャップ約 1.4 eV の間接遷移半導体であり、電子励起が起きにくい。そのため、光吸収係数が直接遷移半導体と比べ小さい特徴がある。よって、CuO 層の光の吸収量を増やすために膜厚を増加させる必要がある。今回、前駆体溶液である酢酸銅溶液の濃度を向上させることで CuO 層の膜厚、光吸収量の増加に成功した。

P-19

熱フィラメント化学気相成長法によるレーザー核融合用ダイヤモンドカプセルの合成パラメータ依存性
堀本駿 ¹ 、川崎昂輝 ² 、山田英明 ² 、重森啓介 ¹
¹ 大阪大学レーザー科学研究所、 ² 産業技術総合研究所先進パワーエレクトロニクス研究センター
レーザー核融合ではレーザー照射非一様性によって燃料カプセルに擾乱が生じ、均一な圧縮ができないという問題点がある。擾乱を低減する点火方式として衝撃波点火方式が提唱されているが、この方式では 30TPa の実現が課題とされている。燃料カプセルに水素を含有させ、その結果生じる高速電子により追加熱をすることで 30TPa 達成が期待されており、そのためにダイヤモンドカプセルに水素を含有させる最適な条件を探る。

P-20

第一原理計算を用いた N0 アニール後の SiC/SiO ₂ 界面の電子状態解析および伝導特性計算
杉山耕生、船木七星斗、植本光治、小野倫也
神戸大工
SiC-MOSFET の SiC/SiO ₂ 界面は、バルク中に比べ移動度が低いという問題がある。これを改善する手法として N0 アニールが用いられているが、原子スケールの窒化処理の理論的理解はいまだ不十分である。我々は第一原理計算により窒化前後の界面の電子状態を解析し、界面に生じた窒化層により SiO ₂ 層の影響が遮蔽されることを確認した。また、部分的に挿入された N 原子によるキャリア散乱の可能性を伝導特性計算を用いて調査した。

P-21

界面活性剤の添加による有機ナノ結晶の表面構造の変化
増田直人 ¹ 、砂田明子 ¹ 、坂本大直 ² 、島田現広 ² 、和田侑樹 ² 、神村共住 ^{2,3} 、安國良平 ²
¹ 大阪工業大学大学院、 ² 大阪工業大学、 ³ 大阪大学レーザー科学研究所
有機結晶をナノサイズにまで微細化すると光学特性が変化するが、その表面の寄与には不明な点が多い。本研究では液中レーザー粉碎法を用いて有機ナノ結晶を作製し、更に界面活性剤を添加した場合の表面の結晶構造の変化を、蛍光スペクトルの変化から計測した。その結果、比表面積の大きなナノ粒子では界面活性剤の添加により生じたナノ結晶表面の分子配列の乱れが光学特性に大きな影響を与えることが明らかになった。

P-22

第一原理計算によるシリコングレーティング構造の非線形光学応答予測
松浦豪介、植本光治
神戸大学
電磁気学と量子力学シミュレーションを組み合わせたマルチスケール法を用いて、半導体ナノ構造による高調波発生の第一原理予測を行った。シリコンナノ円柱およびグレーティング構造における高調波発生の増強について調べ、その幾何学的パラメータ依存性を解析した。さらに高調波を次数別に分解した光伝搬の様子を計算し、その特性を調べた。

P-23

シリコンナノ粒子からなる球状 Supraparticle の開発
河野晋太郎、杉本泰、藤井稔
神戸大院工
コロイド粒子を球状に自己組織化させた Supraparticle は、構成粒子の屈折率とサイズから Bragg 反射により波長選択的に発色を示す。本研究では、可視域で狭帯域な Mie 共鳴を示すシリコンナノ粒子を構成要素とする Supraparticle を開発した。単一 Supraparticle について反射測定を行い、構成粒子のサイズ依存性と粒子間距離依存性について調べた。Supraparticle を構成するシリコンナノ粒子の Mie 共鳴による散乱と Bragg 反射によって現れる光学特性を理論と計算の両面から評価した。

P-24

The role of spin-coated sol-gel method for thin films in advanced solar cells
Himanshu Ranawat, Akihiko Fujiwara
Graduate School of Science and Technology, Kwansei Gakuin University
This study investigates the development and analysis of thin film solar cells employing the sol-gel method to create heterostructure with zinc oxide/copper oxide (ZnO/CuO) thin films through spin coating. The research seeks to fabricate high-performance solar cells by refining the characteristics of the thin films. Analysis, such as optical microscopy and X-ray diffraction (XRD), were utilized to examine the structural and morphological properties of the fabricated thin films. The results indicate that a method used to prepare sol-gel exhibits favorable crystallinity and morphology conducive to photovoltaic applications. This research significantly contributes to the development of affordable and efficient solar energy technologies, highlighting the promise of ZnO/CuO thin films within the renewable energy sector.

P-25

超小型多波長光源構築のための薄膜狭帯域再帰反射フィルタ
小澤桂介 ¹ 、阪谷圭亮 ¹ 、金高健二 ² 、井上純一 ¹ 、裏升吾 ¹
¹ 京都工芸繊維大学、 ² 産業技術総合研究所
半導体光増幅器の端面からの発散光を、特定波長で再帰反射する波長フィルタを提案している。提案素子は反射基板上の導波路共振器の内部に集光グレーティングカプラを集積しており、グレーティングベクトルと直交する方向にも屈折率変調を設けて結合係数を最適化している。Si-N 導波路、動作波長 1550 nm、開口長 20 μm の素子の数値シミュレーションにより、約 60% の再帰反射率を予測している。

P-26

第一原理計算による鉄系合金界面の原子構造予測
松本尚弥 ¹ 、遠藤竜佑 ¹ 、植本光治 ¹ 、ヴェルガラ サミュエル ^{2, 3} 、新屋ひかり ⁴ 、永沼博 ^{3, 5} 、小野倫也 ¹
¹ 神戸大、 ² パリ高等師範、 ³ 東北大、 ⁴ 東大、 ⁵ 名古屋大
磁気抵抗トンネル接合素子のトンネル障壁層材料として二次元物質が注目されている。先行研究においては、強磁性合金 FePd とグラフェンの界面作製や同じく強磁性合金である FeNi 上への h-BN の CVD 成長が報告されている。我々の研究室では第一原理計算を用いて、これらの原子構造を調査した。界面においては金属表面や二次元物質吸着サイトによる構造安定性の違いが確認された。この結果は二次元物質・強磁性金属による磁気トンネル接合素子の設計に応用が期待できる。

P-27

Co 添加 NiO _x 結晶の電子構造と電気伝導度への影響
横山智晴、鈴木厚志、奥健夫
滋賀県立大学
酸化ニッケル (NiO _x) は低コストで安定性が高いという特徴があり、ペロブスカイト太陽電池の無機正孔輸送層として注目されている。一方で、固有伝導度が低いためキャリア再結合が起こりやすいという課題がある。本研究では NiO _x 結晶のホール輸送特性を向上することを目的とし、Co を導入した NiO _x 結晶の電子構造や電気伝導度を第一原理計算から予測し、導入効果を検討した。有効質量、バンドギャップ、電気伝導度、熱伝導度の温度挙動などから正孔輸送特性を予測した。

P-28

ペロブスカイト太陽電池の光起電力特性と結晶格子に及ぼす光照射の影響
島田 遼人 ¹ 、奥 健夫 ¹ 、鈴木 厚志 ¹ 、岩国 秀治 ² 、山本 知樹 ² 、原田 浩一郎 ²
滋賀県立大学、 ² マツダ株式会社
太陽光発電は電力供給源の一つとして期待され、軽量・フレキシブル化可能なペロブスカイト太陽電池は、現在次世代型太陽電池として、光電変換効率の向上を目指した研究開発が進められている。しかしペロブスカイト結晶は大気中での不安定性が大きな課題であり、その実用化には、光照射下での耐久性も求められる。本研究では、様々な組成や積層構造のデバイスを作製し、光照射試験を行い、デバイス特性や結晶の微細構造に及ぼす影響を調べたので報告する。

P-29

液中レーザー粉砕法により作製した有機ナノ粒子のタンパク質による分散安定化機構
砂田明子 ¹ 、熱田雄也 ¹ 、藤井秀司 ^{2, 3} 、崎山亮一 ² 、神村共住 ^{2, 4} 、安國良平 ²
¹ 大阪工業大学大学院、 ² 大阪工業大学、 ³ 大阪工業大学ナノ材料マイクロデバイス研究センター、 ⁴ 大阪大学レーザー科学研究所
医薬品には難水溶性のものが多く、製剤時に使用する溶解補助剤がアレルギーの原因となる。代替手法として薬剤のナノ化が提案されるが、粒径を維持するための分散安定剤の有害性が懸念されている。これまでに、液中レーザー粉砕法により作製した、有機ナノ粒子にタンパク質を添加すると生体環境下で安定に分散可能であることを報告している。本発表ではナノ粒子のゼータ電位に関する pH 依存性の測定結果から、タンパク質の吸着メカニズムを考察した。

P-30

紫外域における SrB ₄ O ₇ 結晶の表面損傷耐性評価
佐々木大 ¹ 、黒崎元哉 ¹ 、日高直寛 ¹ 、森下沙夢 ¹ 、安國良平 ¹ 、神村供住 ¹ 、田中康教 ² 、村井良多 ³ 、高橋義典 ³ 、今西正幸 ² 、森勇介 ^{2, 3} 、吉村政志 ^{3, 4}
¹ 大阪工業大学、 ² 大阪大学大学院、 ³ 大阪大学、 ⁴ 株式会社創晶
SB0 結晶は深紫外域での窓材応用に期待されているが、レーザー損傷耐性については詳細に分かっていない。カイロポーラス法で 20 日間育成した SB0 結晶について、波長 266 nm での繰り返し照射での劣化特性を評価した。また、さまざまな研磨方法で表面加工した SB0 結晶の表面レーザー損傷耐性を計測し、CARE 法で加工した表面が、従来研磨加工の石英ガラス表面に比べ 6 倍高いレーザー損傷耐性が得られることが分かった。

P-31

キラルナノ物質の微視的構造に基づく光圧の理論
蓬萊 貴大、石原 一
大阪大学
キラル物質は左右円偏光で応答が異なるため、光圧によるキラル分離が注目されている。しかし、先行研究での理論でキラルナノ物質に働く光圧を評価する際には、微視的な分子構造を取り扱わず、現象論的なパラメータによってキラリティによる効果を取り入れてきた。本発表では、電磁場によって誘起される分極と磁化を自己無撞着に決定し、現象論的なパラメータを用いることなく正確に光圧を評価できる理論の枠組みを示す。本結果は、実験によるキラルナノ物質分離の可能性について知見を与えるものである。

P-32

微視的理論によるプラズモニックナノ共振器—共役ポリフィリン多量体強結合系における増強発光の解析
友重良嗣 ¹ 、田村守 ^{1,2} 、石原一 ¹
¹ 阪大院基礎工、 ² 大阪公大 LAC SYS 研
ナノギャップに局在する増強電場を持つプラズモニックナノ共振器は、光の回折限界を超えたナノスケールで光と分子の相互作用を増大することが可能である。本研究では、非局所応答理論に基づき、分子とプラズモニックナノ共振器の強結合系における増強発光を計算可能な理論を構築した。本発表では、共役ポリフィリン多量体のユニット数を変調させ、弱結合および強結合領域における吸収、励起、および発光スペクトルを比較した結果を報告する。

P-33

磁場変調 THz エリプソメトリと伝導薄膜モデルを用いた半導体薄膜の特性評価
岡本章宏、永井正也、芦田昌明
大阪大学大学院基礎工学研究科物質創成専攻
テラヘルツ磁気光学エリプソメトリは、半導体バルクおよび薄膜材料のキャリアのタイプやキャリアの有効質量と密度とを独立に評価することができる。本研究では、この手法に対して、薄膜の誘電応答を基板上の表面電流とする伝導薄膜モデル、さらには、磁場変調技術を適用することで、半導体薄膜の伝導パラメータを高精度で決定する実証実験を行った。

P-34

Control of Nanoparticle Rotation Direction Using Recoil Force Generated by Stimulated Emission

梅川佳己、蓬萊貴大、芦田昌明、石原一

大阪大学基礎工学研究科

誘導放出により物質に生じる力学的反跳力は、光の進行方向と逆向きに生じる。この反跳力は、2012 年に我々のグループが理論提案して以来、2023 年に初めて実験的な実証がなされた。本研究では、光渦を用い、NV 含有ナノダイヤモンドの回転方向を反転させることで誘導反跳力が観測できることを理論的に示す。計算結果により、熱ゆらぎのある室温の水中でも誘導反跳力による回転の反転が有意に観測できることを明らかにした。

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。

(株) 大阪真空機器製作所

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

住友電気工業 (株)

ナノフォトン (株)

日新イオン機器 (株)

日本製鉄 (株) 技術開発本部 尼崎研究開発センター

三菱電機 (株) 先端技術総合研究所

(株) 村田製作所

ローム (株)

(2025 年 1 月現在、50 音順)