



Masao Horiba Awards
堀場雅夫賞

2023

堀場雅夫賞について *About the Masao Horiba Awards*



堀場雅夫賞 アワードディレクター
株式会社 堀場製作所
代表取締役会長兼グループCEO

Atsushi Horiba

Award Director of the Masao Horiba Awards
Chairman & Group CEO
HORIBA, Ltd.

堀場厚

堀場雅夫賞は、「分析・計測」技術を対象として、2003年に設立されました。物質の組成や性質を解明すること、さまざまな現象の意味や影響を把握すること — それはまさに科学の第一歩であり、科学技術や産業発展のための基本的アプローチです。それらのさらなる探究や革新のため、分析・計測技術は必要不可欠なものです。堀場製作所創業者・堀場雅夫の名前を冠した本賞が、分析・計測分野で活躍されている研究者の方々の功績を、分析・計測の重要性とともに広く世に知らしめてくれることを願っています。

The Masao Horiba Awards were established in 2003 to highlight innovative work in analytical and measurement technologies. Elucidating the composition and properties of a substance leads to a deeper understanding about the influences of various phenomena. Knowledge of the properties of a substance forms a basis for scientific discovery that enables scientific understanding, technological advancement, and industrial development. Analytical and measurement technologies are fundamental tools of scientific and technological exploration and innovation. I hope that the Masao Horiba Awards, named after the founder of HORIBA, Ltd., will contribute to illuminating the achievements of researchers who are working hard in the field of analytical and measurement technologies, as well as the importance of these technologies.

ご挨拶 *Greeting*



2023堀場雅夫賞実行委員長
株式会社 堀場製作所
代表取締役社長

Masayuki Adachi

Chief of the Organizing Committee
President & COO
HORIBA, Ltd.
Dr.Eng.

足立 昌之

2023堀場雅夫賞受賞記念セミナーならびに授賞式にご出席いただきありがとうございます。本年は、「次世代半導体デバイスの開発に貢献する分析・計測技術」をテーマとしました。近年、デジタル化の拡大に伴い、半導体デバイスの高性能化が求められており、その開発には様々な課題があります。今回、その課題に対して分析・計測の視点から独創的な研究開発に意欲的に取り組んでおられる国内外の研究者、技術者から応募をいただきました。本日、ご参加いただいた皆様のお立場から、受賞者の研究に対する理解を深めていただくことが、受賞者の大きな励みとなり、研究発展の支援につながると確信しております。本賞にご協力をいただきました 皆様に感謝を申し上げますとともに、一層のご活躍とご発展を祈念申し上げます。

Thank you for joining us at the 2023 Masao Hori Prize Award Ceremony. This year, our focus was "Analytical & Measurement Techniques for Advancing Next-Gen Semiconductor Devices." We received numerous innovative applications from domestic and international researchers, demonstrating their enthusiasm for overcoming semiconductor development challenges. Your presence today enhances the understanding and motivation for our awardees, contributing to ongoing research progress. We appreciate the support from all involved in making this event a success and wish everyone continued growth and success.

式次第

開催日 2023年10月17日 火曜日 会場 京都大学 吉田キャンパス 国際科学イノベーション棟 5F シンポジウムホール

■ 受賞記念セミナー (14:30~16:30)

1. 開会挨拶

堀場雅夫賞実行委員長 株式会社堀場製作所 代表取締役社長 足立 正之

2. 受賞者講演

【堀場雅夫賞】

国立大学法人京都大学 大学院工学研究科 電子工学専攻 助教

石井 良太 (イシイリョウタ) 氏

研究題目「超ワイドギャップ半導体の基礎光物性解明と新機能性発現に向けた深紫外時空間分解分光法の開拓」

チューリッヒ工科大学 化学・応用バイオサイエンス学部 上級研究員

Naresh Kumar (ナレシュ・クマール) 氏

研究題目「チップ増強分光法を用いた新規半導体材料のナノスケール化学特性評価」

マサチューセッツ工科大学 電気工学・コンピューターサイエンス学科 博士課程

Ang-Yu Lu (アン・ユー・ルー) 氏

研究題目「機械学習モデルによる単層MoS₂のラマンとフォトルミネッセンスの相関の解明」

【特別賞】

国立大学法人東京大学 大学院工学系研究科 電気系工学専攻 教授

竹中 充 (タケナカ ミツル) 氏

研究題目「シリコン光回路を用いた光電融合深層学習プロセッサの開発」

東海国立大学機構名古屋大学 大学院工学研究科 電子工学専攻 講師

久志本 真希 (クシモト マキ) 氏

研究題目「微細構造計測に向けた小型深紫外レーザー光源の開発」

<休憩>

3. 特別講演

経済産業省 商務情報政策局 情報産業課長

金指 壽 (カナザン ヒサシ) 氏

4. ポスターセッション：受賞者の研究内容についてのポスタープレゼンテーション

■ 授賞式 (16:30~17:30)

1. 受賞者研究紹介

2. 贈呈式 ・審査講評：2023堀場雅夫賞審査委員長

東京大学大学院工学系研究科 電気系工学専攻 教授 染谷 隆夫 氏

・贈呈式 プレゼンター：堀場雅夫賞アワードディレクター

株式会社堀場製作所 代表取締役会長兼グループCEO 堀場 厚

3. 来賓紹介

4. 閉会挨拶：堀場雅夫賞アワードディレクター 株式会社堀場製作所 代表取締役会長兼グループCEO 堀場 厚

2023 Masao Horiba Awards Ceremony Program

Date: Tuesday, October 18, 2023

Venue: Symposium Hall, International Science Innovation Building, Kyoto University (Yoshida Campus)

■ Commemorative Seminar (14:30-16:30)

1. Opening remarks: **Masayuki Adachi**, Chief of the Organizing Committee for the 2023 Masao Horiba Awards

2. Winner presentations

[Masao Horiba Awards]

Dr. Ryota Ishii

Assistant Professor, Department of Electronic Science and Engineering, Kyoto University

Research theme: "Exploring spatially and temporally resolved deep-ultraviolet spectroscopy toward understanding and controlling optoelectronic properties of ultrawide bandgap semiconductors"

Dr. Naresh Kumar

Senior Scientist, Department of Chemistry and Applied Biosciences, ETH Zurich

Research theme: "Nanoscale Chemical Characterization of Novel Semiconductor Materials using Tip-Enhanced Optical Spectroscopy"

Dr. Ang-Yu Lu

PhD Student, Department of Electrical Engineering and Computer Science, Massachusetts Institute of Technology

Research theme: "Unraveling the Correlation between Raman and Photoluminescence in Monolayer MoS₂ through Machine Learning Models"

[Honorable Mention]

Dr. Mitsuru Takenaka

Professor, School of Engineering, Department of Electrical Engineering and Information Systems The University of Tokyo

Research theme: "Electro-photonic Integrated Deep Learning Processor using Si Photonic Integrated Circuits"

Dr. Maki Kushimoto

Associate Professor/ Lecturer, Graduate School of Engineering, Nagoya University

Research theme: "Development of a compact deep-ultraviolet laser source for precision microstructure measurement"

< Break >

3. Special presentation: **Hisashi Kanazashi**, Ministry of Economy, Trade and Industry, Bureau of Commerce and Information Policy, Director of Information Industry Division

< Coffee Break >

4. Poster session: Poster presentation on award-winning research

■ Award Ceremony (16:30-17:30)

1. Introduction of award-winning research

2. Presentation ceremony

Screening Committee's comments: **Prof. Takao Someya**, Chairperson, Screening Committee for the 2023 Masao Horiba Awards; The University of Tokyo

Presenter: **Atsushi Horiba**, Award Director of the Masao Horiba Awards

3. Introduction of guests

4. Closing remarks: **Atsushi Horiba**, Award Director of the Masao Horiba Awards

「次世代半導体デバイスの開発に貢献する分析・計測技術」

Analysis and measurement technologies that contribute to the realization of cutting-edge semiconductor devices.



堀場雅夫賞 受賞者 Winner

石井 良太 氏 Dr. Ryota Ishii

国立大学法人京都大学大学院工学研究科 電子工学専攻 助教
Assistant Professor, Department of Electronic Science and Engineering,
Kyoto University

研究題目

Research theme

超ワイドギャップ半導体の基礎光物性解明と新機能性発現に向けた 深紫外時空間分解分光法の開拓

Exploring spatially and temporally resolved deep-ultraviolet spectroscopy toward understanding and controlling optoelectronic properties of ultrawide bandgap semiconductors

研究概要 Research summary

次世代半導体デバイス材料として超ワイドギャップ(または超ワイドバンドギャップ^{※1})半導体材料に注目が集まっている。超ワイドギャップ半導体とはダイヤモンド、Ga₂O₃(酸化ガリウム)、およびAlN(窒化アルミニウム)に代表される極めて大きなバンドギャップ(禁制帯幅)を有する材料群のことであり、これらを用いた深紫外発光デバイス^{※2}や超低損失・高耐圧パワーデバイスの実現が期待されている。しかしながら、例えば発光デバイスに着目すると、超ワイドギャップ半導体を用いた深紫外発光デバイスの発光効率^{※3}は極めて低いのが現状である。石井氏は、超ワイドギャップ半導体の物性理解が未だ不完全であることがその一因と捉え、さらには超ワイドギャップ半導体の分析・計測技術の1つである深紫外分光技術^{※4}が未成熟であることに着目した。そして、摂動^{※5}(応力・電場)下深紫外分光法の開拓や世界最短波長で動作する深紫外近接場光学顕微鏡^{※6}を開発することで、AlNの励起子構造^{※7}を世界に先駆けて提案し、AlGaIn(窒化アルミニウムガリウム)結晶に内在する発光性欠陥中心の発見などを行った。これらの超ワイドギャップ半導体基礎光物性と深紫外時空間分解分光法^{※8}の開拓に関する研究は、今後の超ワイドギャップ半導体光電子デバイス開発を大きく加速することが期待される。

※1 バンドギャップ: 電子に占有された最も高いエネルギーバンド(価電子帯)の頂上と、電子に占有されていない最も低いエネルギーバンド(伝導帯)の底間のエネルギー差。半導体の電気や光の性質を決める重要な要素。

※2 深紫外発光デバイス: 深紫外領域の光を放出するデバイス。深紫外領域は、波長が非常に短く、一般的な可視光よりもエネルギーが高い領域。

※3 発光効率: デバイスが入力された電力に対して、どれだけ多くの光を出力できるかを示す指標。

※4 深紫外分光技術: 深紫外領域の光を使用して材料の性質を分析するための技術。材料が深紫外光にどのように反応するかを測定することで、材料の特性や構造を理解できる。

※5 摂動: 外部から与えられる力や電場の変化のこと。摂動下では、材料の特性や挙動が変化することがある。

※6 近接場光学顕微鏡: 高分解能な顕微鏡で、光の回折による空間分解能の限界を超えて微小な構造を観察が可能。

※7 励起子構造: 半導体材料中で電子と正孔が結合した状態のこと。励起子は、光や電場などのエネルギーを吸収して生成され、特定のエネルギー状態を持つ。

※8 深紫外時空間分解分光法: 材料からの深紫外領域の光応答を時間軸・空間軸・エネルギー軸に分解して試料の物性を分析する手法。

Ultrawide bandgap (UWBG) semiconductors have attracted much attention as next-generation semiconducting materials because of their extremely large bandgap. Diamond, gallium oxide (Ga₂O₃), and aluminum nitride (AlN) are typical examples of UWBG semiconductors, and it is expected that efficient deep-ultraviolet light-emitting devices and ultra-low-loss/high-voltage power devices will be realized using UWBG semiconductors.

However, the luminous efficiency of deep-ultraviolet light-emitting diodes based on UWBG semiconductors is currently very low. Dr. Ishii attributed it to the incomplete understanding of UWBG semiconductor physics, and further focused on the immaturity of deep-ultraviolet spectroscopy which is one of the analysis and measurement techniques for UWBG semiconductors. Dr. Ishii has been investigating the optoelectronic properties of UWBG semiconductors by exploring spatially and temporally resolved deep-ultraviolet spectroscopy. These include the development of a deep-ultraviolet spectroscopic system under perturbation (uniaxial stress/electric) field and a deep-ultraviolet scanning near-field optical microscope operating at the world's shortest wavelength, the elucidation of the exciton fine structure of AlN, and the observation of a radiative recombination defect in aluminum-gallium-nitride (AlGaIn) quantum well structures. These studies should accelerate the development of UWBG semiconductor devices and technologies.

「次世代半導体デバイスの開発に貢献する分析・計測技術」

Analysis and measurement technologies that contribute to the realization of cutting-edge semiconductor devices.



堀場雅夫賞 受賞者 Winner

ナレシュ・クマール氏 Dr. Naresh Kumar

チューリッヒ工科大学 化学・応用バイオサイエンス学部 上級研究員
Senior Scientist, Department of Chemistry and Applied Biosciences, ETH Zurich

※ 所属・役職等は応募時点の内容です

研究題目

チップ増強光分光法を用いた新規半導体材料のナノスケール化学特性評価

Research theme

Nanoscale Chemical Characterization of Novel Semiconductor Materials using Tip-Enhanced Optical Spectroscopy

研究概要 Research summary

クマール氏の研究は、二次元遷移金属ダイカルコゲナイド^{※1}と有機光起電力(OPV)^{※2}デバイスという2つの半導体材料に対するナノスケールの解析に注目した点に特徴がある。二次元遷移金属ダイカルコゲナイドの研究では、単層MoS₂^{※3}とWSe₂^{※4}における励起子過程を調べるために、チップ増強光分光法(TEOS)^{※5}を利用した。また、ハイパースペクトルチップ増強フォトルミネッセンスイメージングを用いて、単層のMoS₂における励起子およびトリオン^{※6}のマッピングにおいて、20nmという前例のない空間分解能を実証した。単層のWSe₂については、TEOSとケルビンプローブフォース顕微鏡^{※7}を組み合わせ、粒界の光電子挙動を50nmの分解能で明らかにした。OPVデバイスについては、TEOSと光伝導性AFM^{※8}を組み合わせることで、STEOM^{※9}と呼ばれる新しい手法を導入した。この革新的な手法により、20nm以下の分解能で、動作可能なOPVデバイスのトポグラフィ、化学組成、光電気特性を同時に評価することに成功した。クマール氏の研究の意義は、新規半導体材料のナノスケールでの特性評価と理解の発展にある。同氏は二次元遷移金属ダイカルコゲナイドとOPVデバイスにTEOSを適用することで、従来技術の限界を超えるTEOSの能力を実現した。その発見は、励起子プロセス、励起子およびトリオン集団の不均一性、粒界での光電子挙動、OPVデバイスの構造物性相関に関する貴重な洞察を提供し、次世代オプトエレクトロニクスデバイスと有機光起電力技術の開発と最適化に大きく貢献するものと期待される。

※1 二次元遷移金属ダイカルコゲナイド:遷移金属元素(モリブデン、タングステンなど)と硫黄・セレン・テルルなどのカルコゲン元素からなる、二次元的な層状構造を持つ化合物。

※2 有機光起電力(OPV / Organic Photovoltaic):有機半導体材料を用いて太陽光や光エネルギーを電気エネルギーに変換する技術。

※3 MoS₂:モリブデン(Mo)と硫黄(S)から構成される化合物。半導体の性質を持ち、光や電子の効率的な制御に用いられる。

※4 WSe₂:タングステン(W)とセレン(Se)から構成される化合物。半導体の性質を持ち、光や電子の効率的な制御に用いられる。

※5 チップ先端増強光分光法(TEOS / Tip-enhanced Optical Spectroscopy):微小なサンプル領域において光の相互作用を増強することで高い空間分解能や感度を実現する。

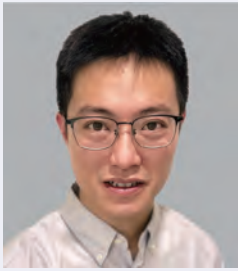
※6 トリオン:励起子が「電子とホール」の2粒子の束縛状態であるのに対し、トリオンは、励起子にさらにもう1つの電子またはホールが結びついた「3粒子の束縛状態」。

※7 ケルビンプローブフォース顕微鏡:表面の電位差や電荷分布を非接触で観察するための顕微鏡。

※8 光伝導性AFM:光伝導性を持つ材料の表面の電気的な特性を非接触で測定するための技術。

※9 STEOM(Simultaneous Topographical, Electrical, and Optical Microscopy):トポグラフィ(表面形状)、電気特性、光学特性を同時に評価するための新しい手法。

Dr. Naresh Kumar's research focuses on the nanoscale investigation of two classes of semiconductor materials: two-dimensional (2D) transition metal dichalcogenides (TMDs) and organic photovoltaic (OPV) devices. In the study of 2D TMDs, Dr. Kumar utilized tip-enhanced optical spectroscopy (TEOS) to investigate excitonic processes in single-layer (1L) MoS₂ and WSe₂. Through hyperspectral tip enhanced photoluminescence imaging, he demonstrated an unprecedented spatial resolution of 20 nm in mapping exciton and trion populations in 1L MoS₂. In the case of 1L WSe₂, Dr. Kumar combined TEOS with Kelvin probe force microscopy to reveal the optoelectronic behavior of grain boundaries (GBs) at a resolution of 50 nm. For OPV devices, Dr. Kumar introduced a novel methodology called simultaneous topographical, electrical, and optical microscopy (STEOM) by combining TEOS with photoconductive-AFM (PC-AFM). This innovative approach enabled the simultaneous characterization of topography, chemical composition, and photoelectrical properties of an operational OPV device with sub-20 nm resolution. The significance of Dr. Kumar's research lies in the advancements made in nanoscale characterization and understanding of novel semiconductor materials. He has expanded the capabilities of TEOS by applying it to 2D TMDs and OPV devices, surpassing the limitations of conventional techniques. His findings provide valuable insights into excitonic processes, heterogeneity of exciton and trion populations, optoelectronic behavior of GBs, and the structure property relationships in OPV devices. Dr. Kumar's research on the development of novel nanoanalytical technologies is expected to contribute significantly to the development and optimization of next-generation optoelectronic devices and organic photovoltaic technologies.



堀場雅夫賞 受賞者 Winner

アン・ユー・ルー氏 Dr. Ang-Yu Lu

マサチューセッツ工科大学 電気工学・コンピューターサイエンス学科 博士
PhD Student, Department of Electrical Engineering and Computer Science,
Massachusetts Institute of Technology

※ 所属・役職等は応募時点の内容です

研究題目

Research theme

機械学習モデルによる単層MoS₂のラマンとフォトルミネッセンスの相関の解明

Unraveling the Correlation between Raman and Photoluminescence in Monolayer MoS₂ through Machine Learning Models

研究概要

Research summary

高輝度でチューナブルなフォトルミネッセンス(PL)^{※1}を有する二次元遷移金属ダイカルコゲナイドは、発光ダイオード、光検出器、単一光子エミッタなどのオプトエレクトロニクスおよびフォトニクス分野の新たなアプリケーションをもたらした。二次元材料の標準的な特性評価ツールの中でも、ラマン分光法^{※2}は、材料の結晶性やドーピング^{※3}、歪みなど物質の特性を高速かつ非破壊で解析できる優れた技術である。しかし、その非線形性の強さゆえに、単層MoS₂におけるPLスペクトルとラマンスペクトルとの相関を包括的に理解することは、依然として困難である。そこでルー氏は、PLの発光過程とラマン発光モードとの関連を系統的に調査探索し、PLとラマンの特性を関連付けることによって、物理的メカニズムについて包括的に考察した。また、機械学習モデルを複数のラマンスペクトルに適用し、歪みとドーピングがもたらす効果をより深く解明した。まず、空間ラマン・マップ^{※4}からPLマップを予測するためにDenseNet^{※5}を導入し、さらに、SHAP^{※6}を用いたXGBoost^{※7}を適用して、個々のラマン特性がPL特性に与える影響を評価することによって、単層MoS₂における歪みとドーピングの関連を解明した。さらに同氏は、PL特性をラマン周波数に投影するために、SVM^{※8}を導入した。本研究は、二次元材料の特性評価に機械学習を適用するために必要な手法を提供し、より高効率のPLを可能にする二次元半導体の作製と調整のための知見をもたらすことが期待されている。

※1 フォトルミネッセンス(PL):物質中の電子が光を吸収し、その物質特有の光を放出する現象。

※2 ラマン分光法:物質中の結晶格子が光を吸収し、その物質特有の光を散乱する現象。散乱される光を分光し、周波数変化を測定して物質の特性を解析することができる。

※3 ドーピング:微量の異なる原子を半導体素材に添加することで、その電気的性質を制御するプロセス。

※4 空間ラマン・マップ:ラマン分光法を使用して得られるデータのうち、物質表面の異なる位置で得られたラマンスペクトルをマッピングしたもの。

※5 DenseNet:畳み込みニューラルネットワーク。画像やパターンの特徴を学習するために使用される。畳み込みとは、画像内の局所的なパターンを検出する処理のこと。

※6 SHAP(Shapley additive explanation):機械学習モデルの予測に対する特徴の寄与度を評価する手法。

※7 XGBoost(gradient-boosted trees model):勾配ブースティングと呼ばれる機械学習アルゴリズム。

※8 SVM(Support Vector Machine):機械学習アルゴリズム。分類や回帰などのタスクに使用される。

Two-dimensional (2D) transition metal dichalcogenides (TMDCs) with intense and tunable photoluminescence (PL) have opened up new opportunities for optoelectronic and photonic applications such as light-emitting diodes, photodetectors, and single-photon emitters. Among the standard characterization tools for 2D materials, Raman spectroscopy stands out as a fast and non-destructive technique capable of probing material crystallinities and perturbations, such as doping and strain. However, due to its highly nonlinear nature, a comprehensive understanding of the correlation between PL and Raman spectra in monolayer MoS₂ remains elusive.

In this work, Dr. Lu has systematically explored the connections between PL signatures and Raman modes, providing comprehensive insights into the physical mechanisms correlating PL and Raman features. This analysis further disentangles the strain and doping contributions from the Raman spectra through machine-learning models. First, he deployed a DenseNet to predict PL maps using spatial Raman maps. Moreover, he applied a gradient-boosted trees model (XGBoost) with Shapley additive explanation (SHAP) to evaluate the impact of individual Raman features on PL features, allowing him to link the strain and doping of monolayer MoS₂. Lastly, Dr. Lu adopted a support vector machine (SVM) to project PL features onto Raman frequencies. This work may serve as a methodology for applying machine learning in 2D material characterizations and providing the knowledge for tuning and synthesizing 2D semiconductors for high-yield PL.

「次世代半導体デバイスの開発に貢献する分析・計測技術」

Analysis and measurement technologies that contribute to the realization of cutting-edge semiconductor devices.



特別賞 受賞者 Honorable Mention

竹中 充氏 Dr. Mitsuru Takenaka

国立大学法人東京大学 大学院工学系研究科 電気系工学専攻 教授
Professor, School of Engineering, Department of Electrical Engineering
and Information Systems, The University of Tokyo

※ 所属・役職等は応募時点の内容です

研究題目

シリコン光回路を用いた光電融合深層学習プロセッサの開発

Research theme

Electro-photonic Integrated Deep Learning Processor using Si Photonic Integrated Circuits

研究概要

Research summary

竹中氏は、化合物半導体^{※1}や相変化材料^{※2}、二次元材料^{※3}などの異種材料をシリコン光回路に集積したデバイスを実現し、光電融合深層学習プロセッサ^{※4}に応用することを目指している。再構成可能なシリコン光回路(プログラマブル光回路)^{※5}を用いた深層学習プロセッサは高速、低消費電力、低遅延で積和演算を実行できると期待されており、半導体微細化に依らず人工知能(AI)の性能を向上可能な次世代コンピューティング技術として世界中で研究が進められている。しかし、実用規模のプログラマブル光回路においては、回路中の光位相^{※6}の精密な計測・制御および、光演算結果を低消費電力かつ高速に光電変換して読み出す計測技術が極めて重要となる。竹中氏は、化合物半導体や相変化材料をシリコン光回路に集積することで、光回路中の光位相や光強度を精密に計測・制御することに挑戦してきた。また、光回路上での誤差逆伝播^{※7}による学習加速も可能な新たなプログラマブル光回路の実現に向けた研究にも取り組んでいる。これらの成果は、シリコン光回路を用いた深層学習プロセッサの早期実現に大きく資すると期待される。

※1 化合物半導体:複数の元素で構成される半導体材料。異なる元素の組み合わせで高性能デバイスに使用される。

※2 相変化材料:温度や圧力の変化によって物質の相(状態)を変える特性を持つ材料。

※3 二次元材料:厚さが非常に薄く、表面が二次元的に構造化された材料。その厚さが原子や分子の単層や数層で構成される。

※4 光電融合深層学習プロセッサ:光回路と電子回路を組み合わせた特殊な情報処理を行うために設計された集積回路。

※5 再構成可能なシリコン光回路(プログラマブル光回路):プログラムによって光の流れを制御できるシリコン製の回路。

※6 光位相:光の波の位置や進行方向の情報。

※7 誤差逆伝播:ニューラルネットワークの学習手法で、誤差を逆方向に伝播させて重みとバイアスを調整することで、正確な出力を実現する方法。

Prof. Takenaka has conducted pioneering research on the application of devices that integrate heterogeneous materials such as compound semiconductors, phase-change materials, and two-dimensional materials into silicon photonic devices for deep learning processors.

Deep learning processors utilizing reconfigurable silicon photonic circuits (programmable photonic circuits) are expected to be capable of performing high-speed, low-power, and low-latency summation and multiplication operations, thereby improving the performance of artificial intelligence (AI) regardless of semiconductor miniaturization. Research on this next-generation computing technology is being conducted worldwide. However, in practical-scale programmable photonic circuits, precise measurement and control of optical phase within the circuit and measurement techniques that can convert optical operation results into low-power and high-speed photodetection are of utmost importance.

Prof. Takenaka has been challenging the precise measurement and control of optical phase and intensity within photonic circuits by integrating compound semiconductors and phase-change materials into silicon photonic circuits. He is also engaged in research to achieve a new programmable photonic circuit that allows learning acceleration through error backpropagation on the optical circuit. These achievements are expected to greatly contribute to the early realization of deep learning processors using silicon photonic circuits.



特別賞 受賞者 Honorable Mention

久志本 真希 氏 Dr. Maki Kushimoto

東海国立大学機構名古屋大学 大学院工学研究科 電子工学専攻 講師
Associate Professor/ Lecturer, Graduate School of Engineering,
Nagoya University

※ 所属・役職等は応募時点の内容です

研究題目

微細構造計測に向けた小型深紫外レーザー光源の開発

Research theme

Development of a compact deep-ultraviolet laser source for precision microstructure measurement

研究概要 Research summary

久志本氏は、微細化が進む半導体業界の技術革新を支える高分解能・高精細な測定システムに搭載が期待できる小型の深紫外半導体レーザー^{※1}の実証と、室温での連続波発振の実現に成功した。レーザー光は、非接触・非破壊な光学的分析・計測手法で使用されている。特に、波長が短いほど微細な構造を捉えるため、短波長のレーザー光源はますます重要性を増している。その中でも、半導体レーザーは小型で高効率かつ低コストな光源として、検査システムなどに広く利用されているが、長年にわたり、深紫外光を発する半導体レーザーの実現には多くの課題が存在していた。そこで、単結晶AlN(窒化アルミニウム)基板^{※2}を用いたAlGaIn(窒化アルミニウムガリウム)結晶^{※3}の欠陥低減と、従来手法とは異なる伝導性制御技術を用いて、パルス電流注入^{※4}による深紫外半導体レーザーの実証を行った。さらに、多角的な評価のための測定システム構築を行い、デバイス性能の低下は欠陥形成が主な原因であることを明らかにした。そこで、レーザー結晶の形状制御による剪断応力^{※5}の集中抑制手法を提案し、結晶欠陥抑制によって当初の1/10の電力で動作し、室温で連続波発振するレーザーを実現した。この成果は、深紫外半導体レーザー光源の実用化に大いに貢献するものである。

※1 深紫外半導体レーザー: 波長が紫外線よりもさらに短い光を発する半導体レーザー。紫外線により微細な構造の観察や特定の光応用技術に使用される。

※2 単結晶AlN基板: 窒化アルミニウムを単結晶として成長させた基板。高品質な半導体デバイスの作製に使用される。

※3 AlGaIn結晶: アルミニウム(Al)と窒素(N)とガリウム(Ga)から構成される化合物。

※4 パルス電流注入: 電流を短いパルス(パルスは一時的な電流の変化)で注入すること。デバイス内部で特定の効果や反応を引き起こすことができる。

※5 剪断応力: 物体や材料に力がかかったときに、その物体内部の層同士が相対的にずれる力。

In this study, Dr. Kushimoto has demonstrated a compact deep ultraviolet semiconductor laser that can be integrated into high-resolution and high-precision measurement systems, supporting technological innovations in the semiconductor industry where miniaturization is advancing. Furthermore, she has successfully achieved room temperature continuous wave lasing. Laser light is used in non-contact and non-destructive optical analysis and measurement techniques. Laser light with shorter wavelengths can detect finer structures, making short-wavelength laser light sources increasingly important. Semiconductor lasers have been widely used as compact, high-efficiency, and low-cost light sources in inspection systems. However, there have been many challenges in realizing semiconductor lasers that emit deep ultraviolet light.

Therefore, Dr. Kushimoto succeeded in realizing a deep ultraviolet semiconductor laser through the reduction of defect density in AlGaIn using single-crystal AlN substrates and the use of a conductivity control technique different from conventional methods, involving pulse current injection. Furthermore, she constructed a measurement system for comprehensive evaluation and revealed that the deterioration of device performance is primarily caused by defect formation. Dr. Kushimoto proposed a method to suppress the concentration of shear stress through shape control of the laser crystal. As a result, she achieved a room temperature continuous wave lasing that operates at one-tenth of the initial power. This achievement greatly contributes to the practical application of deep ultraviolet semiconductor laser light sources.

特別講演 半導体・デジタル産業戦略に関する最近の政策動向について

Special Lecture Recent Policy Trends Regarding Semiconductor and Digital Industry Strategy



経済産業省 商務情報政策局 情報産業課長

Commerce and Information Policy Bureau, METI
Director, IT Industry Division

カナザシ ヒサシ

金指 壽氏

Hisashi Kanazashi

我が国では、半導体・デジタル産業戦略の必要性が高まっている。世界情勢を見ると、ロシアによるウクライナ侵略により安全保障環境の変化、エネルギー価格の高騰、サプライチェーンの混乱などが発生。経済安全保障上のリスクは目前に迫る危機であり、デジタル技術はビジネスや国民生活のみならず、国家存亡に直結していることも示す事例になった。気候変動への対応では、脱炭素目標を掲げる国が排出削減と経済成長を両立するGXを標榜して投資競争が激化。また、我が国をはじめ、少子高齢化により人材不足も深刻化。これらの解決にも、デジタル技術の活用等が不可欠である。このような背景もあり、今後もデジタル技術の活用が競争力の源泉となる時代は続くと考えられる。それを支える半導体や情報処理技術などの進化も圧倒的に拡大している。我が国産業全体として真のDXを実現する機会であり、ものづくり産業の競争力にとっても絶好機である。当省は、2年前に取りまとめた「半導体・デジタル産業戦略」を、本年6月に改定。国内投資の拡大、イノベーションの加速、所得向上を目指し、世界の潮流変化を捉え、適切なタイミングで適切な施策を講じるべく、我が国の目指す方向性について、考えてみたい。

In our country, the need for a semiconductor and digital industry strategy is growing. When we look at the global situation, changes in the security environment due to Russia's invasion of Ukraine, soaring energy prices, supply chain disruptions, and more are occurring. Economic security risks are looming on the horizon, and digital technology has become a case in point, demonstrating its direct relevance not only to business and people's daily lives but also to national survival. In response to climate change, countries that set decarbonization goals are fiercely competing for investment while balancing emission reduction and economic growth, a strategy known as GX. Furthermore, our country, along with others, is facing a serious shortage of manpower due to an aging population. Digital technology is indispensable for addressing these challenges as well. With this backdrop, it is believed that the era in which the utilization of digital technology remains a source of competitiveness will continue. The evolution of technologies like semiconductors and information processing is also significantly expanding. This presents an opportunity for our country's entire industry to achieve true digital transformation (DX) and is an excellent opportunity for enhancing the competitiveness of manufacturing industries. Our ministry revised the "Semiconductor and Digital Industry Strategy" compiled two years ago in June of this year. We aim to expand domestic investments, accelerate innovation, and improve income levels. We want to capture changes in global trends and implement appropriate policies at the right time in line with the direction our country aspires to.

1998年通商産業省入省。スタンフォード大学客員研究員、仏EDHEC ビジネススクールでMBAを取得。2009年より経済産業政策局産業再生課、大臣官房総務課政策企画委員等を歴任。2014年より内閣官房日本経済再生総合事務局企画官、ジェトロ・ロサンゼルス事務所次長、経済産業政策局産業創造課長、大臣官房参事官(情報産業・デジタル経済安全保障担当)等を経て、2022年7月より現職。

Joined the Ministry of International Trade and Industry in 1998. Served as a visiting researcher at Stanford University and obtained an MBA from EDHEC Business School in France. From 2009, held various positions, including the Industrial Revitalization Division in the Economic and Industrial Policy Bureau and Policy Planning Committee in the Minister's Secretariat. From 2014, held positions as a planning officer at the Cabinet Secretariat's Comprehensive Office for the Revitalization of Japan's Economy, Deputy Director of JETRO Los Angeles Office, Chief of the Industrial Creation Division in the Economic and Industrial Policy Bureau, and Counselor in the Minister's Secretariat (responsible for information industry and digital economic security). In July 2022, assumed the current position.

審査委員 *Screening Committee*

(敬称略、順不同)

審査委員長
Chairperson

染谷 隆夫
Takao Someya

東京大学大学院工学系研究科 電気系工学専攻 教授
Professor, Department of Electrical and Electronic Engineering
School of Engineering The University of Tokyo

審査委員
Judges

小林 正宏
Masahiro Kobayashi

住友電気工業株式会社 シニアフェロー 研究開発本部 技師長
Senior Fellow, Chief Engineer
R&D Unit, Sumitomo Electric Industries, Ltd.

藤村 紀文
Norifumi Fujimura

大阪公立大学 大学院工学研究科 電子物理系専攻 教授
Professor, Physics and Electronics
Physics of novel device group Graduate School of Engineering
Osaka Metropolitan University

昌原 明植
Meishoku Masahara

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
デバイス技術研究部門 研究部門長
Deputy Director, Device Technology Research Institute
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

陳 永富
(チェン・ヨン・フー)
Yung-Fu Chen

国立陽明交通大学(台湾) 電子物理系 教授
Professor, Department of Electrophysics
National Yang Ming Chiao Tung University (NYCU), Taiwan

社内審査委員
Internal Reviewer

田中 悟
Satoru Tanaka

株式会社堀場テクノサービス 分析技術本部
Analytical & Testing Technology Department マネジャー
Manager, Analytical Technology Division
HORIBA Techno Service Co., Ltd.

フラン・アダー
Fran Adar

ホリバ・インストルメンツ社/米国
Principal Raman Applications Scientist
Semi / Scientific Applications
HORIBA Instruments Incorporated

HORIBA
Explore the future