Photonics West2026

大阪大学　接合科学研究所　レーザプロセス学分野
特任研究員　東野　律子
（2025 年度 国際会議等参加助成 AF-2025251-X1）

キーワード：青色半導体レーザ，純銅，アルミニウム，マルチビームレーザメタルデポジッション，
アディティブマニュファクチャリング

１．開催日時

2026 年 1 月 17 日～1 月 22 日

２．開催場所

米国カリフォルニア州サンフランシスコ
Moscone Center

３．はじめに

2026 年 1 月 17 日～1 月 22 日に米国･サンフランシスコ Moscone Center にて SPIE 主催の国際会議 Photonics West 2026 が開催され、貴財団からの助成により Photonics West 2026 に現地参加することができた。

AR｜VR｜MR、BiOS、LASE、OPTO、 Quantum West、Vision Tech の 6 個の専門分野に分かれて会議が行われた他、展示会も併催される大きな学会である。主に LASE の会議及び展示会に参加し、研究内容である「Development of bonding between copper and aluminum by blue diode laser induced multi-beam laser metal deposition」について講演し多くの研究者と議論することができた。併せて近年の青色半導体レーザ世界最新技術動向を収集することができた。以下に会議参加報告を記す。

４．研究発表報告

LASE 3D プリンティングセッションにおいて青色半導体レーザのアプリケーションの一つとしてマルチビーム LMD 方式を用いてアルミ基板と純銅の接合を行い、その特性評価を行った。

4.1 発表概要

近年、リチウムイオン電池は、スマートフォン、タブレット、ノートパソコンなどの電子機器の小型化・薄型化、さらには電気自動車の車載用バッテリーなどへの需要が拡大し、重要な産業分野となっている。リチウムイオン電池に用いられる重要な金属の一つが、負極に用いられる銅である[1)]。

銅は電気伝導率が高いという利点がある一方で、比重が大きいという欠点がある。一方、アルミニウムは銅よりも電気伝導率が低いものの、比重が軽いという利点がある。そのため、アルミニウムを用いることで軽量化を図ることができる。アルミニウムを用いることで配線を太くし、電気抵抗を低減することが可能となる。これを実現するためにはアルミニウムと銅の接合は重要なものとなる。また希釈層を低減し、薄く緻密な層を形成する必要がある[2)]。

これまでにマルチビーム方式 LMD(M-LMD)を開発し、ステンレス皮膜状に薄い緻密な銅皮膜を形成できることを実証してきた[3-5)]。そこでこの M-LMD 法を用いることでアルミと銅の薄い緻密な接合が可能になると考える。しかしアルミニウム･銅ともに難加工材料と呼ばれており加工が難しい[6)]。

本研究では銅加工に優れた効果を発揮する青色半導体レーザに従来加工用に使用される近赤外半導体レーザを併用したマルチカラーを用いたマルチビーム式 LMD 装置を開発し、アルミと銅の接合について検討した。

アルミニウム基板 A5052P に対する波長 450nm の青色領域光の光吸収率は 56%であるのに対し、波長 915 nm の近赤外領域光に対する光吸収率は 23%と 450 nm の光と比べ 5%程度上昇する。同様に純銅 C1020P への波長 450 nm の青色領域光の光吸収率は 64%であるのに対し波長 915 nm の近赤外領域光への光吸収率は 10%と 450 nm の光と比べ 1/6 未満である[7)]。青色半導体レーザに近赤外半導体レーザを併用して 2 波長重畳型の LMD 装置を開発し、基材に対して重畳・照射できるようにすることで、アルミニウム基材を選択的かつ効率的に加熱･溶融させることが可能となると考える。

青色ダイオードレーザーを用いて銅粉末を溶融し、200W 近赤外ダイオードレーザーで A5052P_アルミニウム基板を加熱し、A5052P_アルミニウム上に銅層を接合した。3.0～5.0mm/s のスキャン速度で、A5052P_アルミニウム上に希釈の少ないきれいな銅層が形成された。純銅と A5052P_アルミニウムの接合部に対して、EDX マッピング分析と EDX 分析を実施したところ希釈層の厚さは3.0mm/s で97μm、5.0mm/s で 87μm であることが確認された。さらに、定量分析により、純銅皮膜層は純度の高い高濃度の銅層形成が確認された。

一般的に接合層を形成するには、入力エネルギーが基板の溶融閾値を超える必要があるが、この要件は基板表面の吸収率と熱伝導率に大きく影響されることになる[8)]。アルミニウム基板と Au コーティングされたアルミニウム基板との比較実験を行うと、表面吸収率の増加が基板の溶融を促進し、Au コーティングされたアルミニウム基板を使用した場合、接合を強化することが実証された。一方、アルミニウムの熱伝導率(237 W/m･K)は、先行研究で使用された SUS304 ステンレス鋼の約 14 倍と非常に高いため、放熱

が速く、基板温度の上昇が抑制される。そのためアルミニウム基板のみでは溶融しなかったが、銅粉末を供給することで基板の溶融がみられた。これは、溶融銅が基板加熱に寄与し、粘度を低下させ、アルミニウムの溶融を誘発し、混合を促進して希釈層を形成する一方で、高密度の銅が重力によって沈降することで特徴的な接合断面積を形成することを示している。これらの結果は、アルミニウム-銅接合には、基板の吸収率と熱伝導率だけでなく、基板材料の挙動と粉末温度の影響も考慮する必要があることが示唆された。

4.2 まとめ

青色半導体レーザは、各種材料に対して加工に適したレーザである。しかし青色半導体レーザ光源に関する発表や展示はあるものの、アプリケーションとしての報告は数少ないのが現状である。当研究室では、これまでの接合技術の研究をベースに、世界に先駆けて一足早く青色半導体レーザのアプリケーション技術に着手することができた。本会議でアプリケーションの一つとして新方式 DED を用いた純銅皮膜形成について紹介し、基板材料の影響を報告し、研究成果を講演することで多くの研究者とディスカッションすることができた。

様々な分野の研究者が青色半導体レーザを用いた DED 技術について興味を持って下さり、非常に有意義な機会となった。

５．青色半導体レーザ関連技術動向調査報告

Photonics West 2026 展示会では約 1600 社各国の企業があり 23000 人を超える参加者があったと公開された [9]。イメージング技術などを取り扱う Vision Tech Expo や仮想現実なども扱う AR ｜ VR ｜ MR Expo なども新たなエリアとして注目されていた。本展示会では主に金属加工用としてのレーザをはじめ青色半導体レーザに関する出展をリサーチした。展示会の中で特に気になった展示内容について報告する。

【日亜化学工業株式会社【日本】】は青色半導体レーザを含む各チップの展示パネル紹介があった。特に波長 465 nm、550W の Fiber- coupled Laser Diode をはじめ、WBC 方式で出力 6kW、コア径 150μm を達成したとの紹介などがされた。アプリケーションの一つとして切断実験の結果を示しその効果を示していた。当該社は会議 LASE においても High power Laser のセッションにて 2 件口頭発表し当結果を紹介していた [10,11]。これまで Laserline 社（※WBC Photonics 社を Laserline 社が買収。WBC Photonics 社はパナソニックと子会社のテラダイオード社から分離独立して設立されたレーザーメーカ）、が WBC 方式の高輝度青色半導体レーザを出してきたが、新たに日亜化学工業からの発表に、今後の動向が気になる。

コロナ禍以降中国の進出が多くみられる。2022 年以降毎年出展している BWT Beijing Ltd.[Chaina]は出力 2kW、ファイバーコア径 600μm のモジュールの紹介をし、溶接やクラッディング、表面処理をはじめ、リチウムイオンバッテリーの製造に利用できるとアピールされていた。また中国から YESWEHAVE.[Chaina]の出展があった。波長 450nm、出力 4kW コア径の 600μm のモジュールの出展があり、突合せ溶接や 3D 造形が可能とのことである。併せて中国 EVERBRIGHT [Chaina] からハイパワーダイオードレーザーチップの紹介があった。展示会は 900nm～を中心に出展されていたが、会議では当社の高出力青色半導体システムを使っている企業から、波長 443nm～453nm 出力 1.1kW の開発に成功し、コア径 150μm に絞り、アプリケーションとして穴あけ実験を行った結果を紹介していた [12]。

また 2023 年 PhotonicsWest で第 3 世代 BL シリーズ（Fiber delivered125W/250W Core 100μm と Free space 125W/250W）を大々的に発表して以来 PhotonicsWest での出展がなかったアメリカ NUBURU 社から、イタリアの LYOCON 社を買収し共同社名で出展ブースを構えて青色半導体レーザ加工を出展していた。本システムは波長 450nm の青色半導体レーザの出力 200W コア径 200μm を用いてマーキングを行っているとのことである。高出力なものは現時点では取り扱っていないが当社は今後コア径を絞り高輝度化を目指すとのことである。

昨年まで毎年出展していた、半導体レーザチップを取り扱う BLUGLASS [Australia/USA]からは本年の出展は見られなかったが今後の動向は引き続き調査していきたい。

高輝度高出力を必要とする金属材料加工用としての青色半導体レーザはまだまだ少ない。しかし昨年見られなかった中国企業の参入や企業の買収統合等少しずつ変化が感じられる。また高輝度化も進んできており、青色半導体レーザ分野に新たな動きが見えてきており、今後も継続して動向を調査していく必要があると感じた。

６．まとめ

Photonics West は会議に加えて展示会、懇親会等イベントごともたくさんあり、参加者同士親睦を深める場も多く設けられ、多くの人と言葉を交わすことができた(Fig.1)。展示会出展と学会での講演の両方を行っている研究者も多数おり、学会で講演した結果を実際に展示ブー



Fig.1 Photonics West　懇親会の様子

スで紹介していた。また展示ブースで関連する技術を紹介してもらい、展示ブースと学会会場を何往復もする等、とても有意義な時間を過ごすことができた。会議の合間にMoscone Center向かいの広々とした公園でのんびりくつろぐ姿や、コーヒーを飲みながら談笑する姿も見られた。世界各国から光学に関する研究者が一堂に集まり会場は活気に満ち溢れていた(Fig.2)。

世界の研究者が集まる会議で青色半導体レーザのアプリケーションの新たな成果を示し、青色半導体レーザの優位性を発信できたこと、また世界の最新の技術動向を情報収集する機会を与えられたことに深く感謝する。本経験を活かし今後さらに世界の科学技術の発展・青色半導体レーザの社会実装に貢献できるよう研究活動に精進していく所存である。



Fig. 2 ポスターセッションの様子

謝　辞

本研究を実施するにあたり高出力青色半導体レーザチップについては日亜化学工業の支援を頂きましたことに深く感謝申し上げます。

また、本国際会議参加にあたり、天田財団 2025 年度国際会議等参加助成を頂いたことに深く感謝申し上げます。

参考文献

1) https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/chikudenchi_sustainability/pdf/001_s01_00.pdf
2) C. Yao, B. Xu, X. Zhang, J. Huang, J. Fu, and Y. Wu, “Interface microstructure and mechanical properties of laser welding copper–steel dissimilar joint,” Opt. Lasers Eng. 47, 807–814 (2009).
3) Kento MORIMOTO, Yuji SATO, Keisuke TAKENAKA, Yoshihiko HAYASHI, Yoshihiro TATSUMI, Nobuyuki ABE and Masahiro TSUKAMOTO: “Study of Pure Copper Layer Formation with a Multi-Beam Laser Cladding System in Flight Powder Melting Conditions,” Regular Research Article pp135-pp144
4) Y.Sato, Y.Morimoto, K.Ono, K.Takenaka, T.kamata, M.Heya, M.Tsukamoto “Copper alloy layer formation with multibeam type laser coating with blue diode lasers” IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering vol 10 p. 1075-1080(2022)
5) T. Hara, Y. Sato, R. Higashino, Y. Funada, T. Ohkubo, K. Morimoto, and M. Tsukamoto, “Pure copper layer formation on pure copper substrate using multi-beam laser cladding system with blue diode lasers,” Appl. Phys. A: Mater. Sci. Process. 126, 418 (2020).
6) Keisuke Takenaka, Yuji Sato, Kazuhiro Ono , Masahiro Tsukamoto “Pure copper layer formation on stainless-steel and aluminum substrate with a multibeam laser metal deposition system with blue diode laser” Proceedings of the International Congress of Applications of Lasers & Electro-Optics (ICALEO 2021)
7) The Laser Society of Japan, “Laser Handbook” 2nd Edition Ohmsha pp.830.
8) Ritsuko Higashino, Yuji Sato, Keisuke Takenaka, Nobuyuki Abe,Masahiro Tsukamoto “Dependence of copper layer formation on substrate materials in the multi-beam method using blue diode lasers” Proc. of SPIE Vol. 13354 1335404-5(2025)
9) Highlights of SPIE Photonics West
10) Norihiro Dejima, Kazuya Hatakeyama, Yoshio Okamoto, Yasuo Tanahashi, Yuto Oki, Takuya Tsujimoto, Nao Senga, Yoshihiro Kimura, Ryohei Hirose, Yojiro Ichiraku, Tsutomu Yamada, Kaname Saito, and Masaki Omori "Exceeding 3kW high-power and high-brightness blue laser light source for laser processing using wavelength beam combining technology", Proc. SPIE 13876, High-Power Diode Laser Technology XXIV, 1387602 (4 March 2026); https://doi.org/10.1117/12.3079494
11) Takuya Ozaki, Tatsuya Kanazawa, Kazuma Kozuru, Tadayuki Kitajima, Ryuichi Sogabe, Tomoya Yanamoto, Shingo Masui, Takashi Miyoshi, Masanao Ochiai, Tetsuya Yagi, and Shin-ichi Nagahama "RGB QuaLas® (multichip package) for various applications", Proc. SPIE 13876, High-Power Diode Laser Technology XXIV, 1387605 (4 March 2026); https://doi.org/10.1117/12.3079597
12) Hao Yu, Fangyuan Sun, Huadong Pan, Liping Qiu, and Jun Wang "Kilowatt-class high-brightness blue diode laser using actively controlled dense wavelength beam combining technology for material processing", Proc. SPIE 13876, High-Power Diode Laser Technology XXIV, 1387603 (4 March 2026); https://doi.org/10.1117/12.3079231