

# 拡大する高出力半導体レーザーのアプリケーション

「加工用高出力半導体レーザーのスペシャリスト」である独レーザーライン社 (Laserline) は、2023年11月にフランクフルトで開催された Formnext 2023で、「赤外ダイオードレーザーによるブレーキディスクのクラッディングとすべり軸受コーティング、ブルーレーザーによる銅部品の積層造形に焦点を当てた展示」を行った。同社は同年6月の Laser World of Photonics 2023では、最大出力4kWのブルーレーザーも紹介した。

以下では、同社の最近発表のニュースリリースを参考にしながら、レーザーライン日本支社の武田晋代表取締役社長に注目のアプリケーションおよびブルーレーザーの高出力化とそのメリットについて聞いた。

## 赤外ダイオードレーザーによる乾燥プロセス

**LFWJ:** レーザーライン社のニュースリリースには、レーザーを使った乾燥が何度か取り上げられているが、レーザー乾燥とは具体的にどのようにしているのか。

武田社長: これまで、バッテリーの電極乾燥は、100メートル級の熱風やヒーターによる乾燥炉を利用している。しかし、最近開発された赤外ダイオードレーザーベースのアプローチは、対流乾燥プロセスよりも著しく優れており、ロールツーロール (R2R) プロセスでレーザー乾燥されたアノードとカソードを製造することが初めて可能になった(図1)。

レーザーをバッテリーの電極乾燥に利用するようになったのは2021年プロジェクト IDEEL からだ。レーザーライン社の技術的特徴は、ダイオードレーザーの均一なビーム整形技術を利用している点にある。電極の乾燥でも、電極の幅が大きいと、それに合わせてビームを整形する。大面積の均一ビームや独自のプロファイルを作ることができる。

—これはレーザーライン社の新技術か、それともベースになる技術の転用か。

レーザーを照射して乾燥する取組みは、新しいアプリケーションではなく、技術的には、10年前からオフセット印刷の乾燥に使っていた。2010年当時、オフセット印刷の乾燥に1日以上かかっていたのが大面積のラインビームレーザーを導入することで10分程度で、均一でムラなく乾燥できるようになった。その後、レーザー乾燥では、新たなアプリケーションが生まれている。バッテリーの電極乾燥は従来の技術の発想の転換により開発されたものである。

IDEEL プロジェクト開始からすでに2年が経過しているが、レーザーライン社の高出力ダイオードレーザーを利用して、R2Rでのアノードとカソードの生産現場への導入が初めて可能になり、これによって運用コストを30%削減や、必要な生産面積を半分にすることで、カーボンニュートラル、競争力のあるバッテリーセル生産へのマイルストーンとなると考えられる。

現在、複数の大手バッテリーメーカーや自動車メーカー等がパイロット生産のプロセス開発を進めており、数年の内に幅広い分野での産業実装が期待されている。



レーザーライン代表取締役社長、武田 晋氏

—このレーザー乾燥技術、さらなるアプリケーション拡大の見込みについてはどうか。

世の中には乾燥のプロセスは多いので、半導体関連、ディスプレイ関連、塗装の乾燥など、電極以外にも拡大する可能性がある。

## ブレーキディスクのクラッディング

—レーザーライン社が開発に関与した高速レーザークラッディングによるコーティングプロセスがブレーキディスクに使われるということだが、新しい自動車排出物基準 Euro 7 にブレーキシステムからの粉塵が含まれる理由、背景はどういうことか。

2023年発表のニュースリリースを踏まえて説明すると、こういうことだ。

都市部における最大の健康被害の1つは、道路交通からの粒子状物質の排出である。微粒子は、アレルギーだけでなく、呼吸器疾患、癌疾患、心血管



図1 赤外レーザーによる乾燥プロセス

疾患を引き起こすことが疑われている。内燃機関の排出ガスは微粒子の発生源だけでなく、車両ブレーキシステムのディスクとパッドの摩耗自体が全体の約1/4を占めている。欧州委員会は、2025年に施行される予定のEuro 7自動車排出ガス基準の草案で、この事実を考慮し、ブレーキシステムからの粒子状物質の排出に初めて具体的な制限値を設定した。これらの制限は例外なく電気自動車(EV)にも適用される。EVは自動車からの汚染物質排出に関するEU規制によって初めて影響を受ける。自動車メーカーは、ブレーキシステムからの粒子状物質の排出を大幅に削減するという普遍的な課題に直面している。

**—レーザークラディングによるブレーキダスト排出低減効果について貴社は、どのように説明しているか。**

ブレーキダストの排出を低減するための最も効果的な対策の1つは、ダイオードレーザーベースの高速クラディングプロセスを使用してハードコーティングを施すことであり、クラディングは摩耗や腐食に対する長期的な保護を提供する。これにより、車両のブレーキによって発生する健康を危険に

さらす粒子状物質の成分は、最大90%削減できる。これはPM10で、つまり10 $\mu$ m以下でテストされている。新しい排出ガス基準Euro 7では、PM10粒子状物質の全体平均が7mg/kmと規定されており、これを確実に満たすことができる(図2)。

当社は、技術パートナーとともに、この手順のプロセスセットアップを連続成熟度に合わせて開発し、さらにIndustry 4.0の生産環境における統合の適合性を確保した。OPC UAインタフェースと最大数十kWの出力パワーを備えたダイオードレーザーを使用して、粉末ベースの高速クラッドプロセスを利用し、場合によってはブレーキディスクあたり1分未満のプロセス時間となる。非常に効果的であると同時に費用対効果の高いクラディングを生み出すための材料の適切な使用と相まって、ブレーキディスククラディングの大量生産は、中型および下位セグメントの車両であっても、すべての自動車市場セグメントで手頃な価格になる。最後に、さらなるコストを考慮すると、より高いスループットを達成するために高効率な高出力レーザーを指定することが示されており、スペース要件が削減されて生産スペースの節約となり、最終的にはディスクあたりの相対的な投資が大幅に削減される。

## ブルーレーザーの高出力化

**—2023年のレーザーライン社でハイライトの1つは、出力4kWのブルーレーザーの製品化と言えと思うが、ブルーレーザー高出力化のインパクトについて、どのように見ているか。**

出力向上により、今まで加工できなかった銅の厚板、太い銅線などの溶接ができるようになる。これにより客層が多彩になってきている。ブルーレーザー開発の当初のモチベーションとして



図2 ブレーキディスクのクラディング

は、EVで銅材料の増加に対応できることであった。また、従来の波長では溶接が難しいこともあり、ブルーが脚光を浴びる機会が増えるとの予測があった。波長が短くなると、つまり青色レーザーの波長450nmは、従来の赤外1 $\mu$ mよりも高反射材料(Cu、Au、Al、SUS)への吸収が非常に高いため、加工性がよく、そのプロセス開発が重要である。ブルーの一番のメリットは、スパッタが出ないこと。特に電気部品では、スパッタは許されない。

**—さらなる高出力化も予定されていると思うが、ロードマップ的にはどうか。**

ロードマップでは、2年以内には6~8kWに高出力化が可能だ。例えば出力8kWになると、溶接スピードがさらに向上し、溶け込みも深くなる。また、銅とアルミ、銅と鉄など、異種金属の溶接でもメリットがある。今までになかったような溶接が可能になる。

**—4kWのブルーレーザーの日本市場での展開は、もうすでに始まっているか。**

日本には2024年にデモ機を導入、紹介することになる。現状、日本の顧客は、ドイツ本社にてサンプル加工を行い、実際の4kWの実力を確認している。

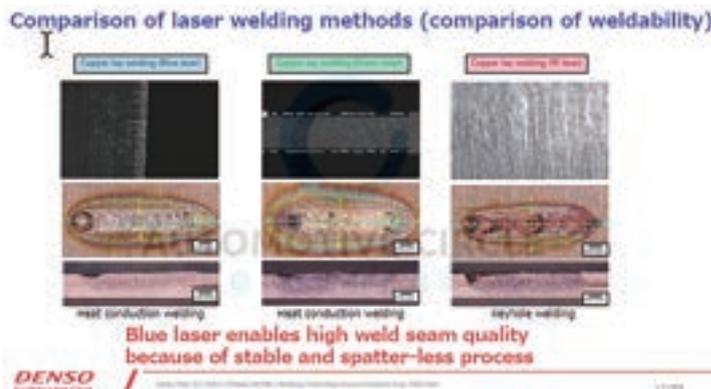


図3 グリーンレーザとブルーレーザの溶接結果(出展元:資料: EALA 2023“Laser Processing in the visible range for e-mobility parts” Dr.Hideaki Shirai DENSO Corporation)

—ところで、可視光レーザでは、ブルーと並んでグリーンも同じアプリケーションを狙えると主張するメーカーもあるが、実際のところ、加工性、効率などで差が見られるか。

可視光高出力レーザではグリーンとブルーが一括りになっているが、実際には波長が全く違う。加工結果の違いは、実験的に検証されている(図3)。2023年1月のLSE 2023レーザシンポジウムで発表されたドイツのアーヘン工科大学とフラウンホーファー研究機構がハンブルクの加速器(シンクロトロン)を使用して溶接の内部を調べた結果を見ると、条件を揃えたビームで実験しグリーンは

不安定な溶接でポロシティが出ている。それに対してブルーでは安定した溶接結果となっていた(図4)。この違いは、日本国内のブルーレーザのユーザーも実験的に確認しており、その結果を踏まえて当社のブルーレーザが採用されている。

電気部品では品質が重視されるので、選択はブルーレーザが有力な光源だと言える。

### タンカーの船底の有機物除去

—今後、期待されるブルーレーザのアプリケーションでは、どのようなものがあるか。

EV関連以外ではユニークなものとして水中のアプリケーションがある。

例えばブルーは水に吸収されないので、タンカーなどの大型船舶の船底の有機物除去に使える。有機物が船底に付着すると燃費が悪化する。それを単純に削り落とすと、塗料の有害物質まで削るので環境汚染になる。また、付着物を除去せずにそのままで他国に入ると、その国の生態系に影響を与える可能性がある。このアプリケーションでは、ブルーレーザを照射し、有機物を死滅させる。削り落とすのではなく、レーザ照射をすることで有機物を除去する。この方法だと船をドックに入れる必要はない。これは、フラウンホーファーと共同で実証実験を行っており、学界発表の段階である。ここでは、レーザーライン社のビームを拡大する技術が有効になる。

—最後に、将来の高出力半導体レーザの果たす役割についてどのように考えているか。

当社の代名詞的アプリケーションである溶接、焼入れ、クラディング、アディティブマニファクチャリング、ろう付けに加え、今回紹介した新しいレーザ乾燥やコーティングなど、レーザ光を自在に整形する事で、従来の工法の代替や更に多種多様な用途が出てくると考える。企業のSDGsの取り組みとカーボンニュートラルの実現に向けてレーザ発振器の消費電力、初期導入コストだけでないコストオペオーナーシップでの評価などが着目されて来ており、低コスト、低消費出力、長寿命のダイオードレーザは果たす役割は大きい。そして今までに無かったブルーレーザの登場で効率の良いものづくりにも貢献すると考える。高出力ダイオードレーザ発振器の専門メーカーとして今後も社会と顧客のニーズに応じて行く所存である。

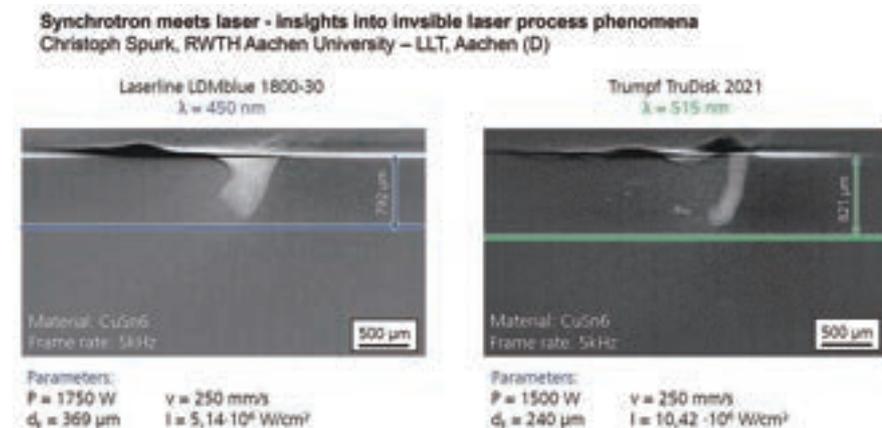


図4 シンクロトロン“DESY”によるブルーレーザ溶接現象解析(出展元: Laser Symposium Electromobility, LSE'23, Aachen, Fraunhofer)