

LPM2010 ショート速報

岡本康寛 (岡山大学)

会議名 : 11th International Symposium on Laser Precision Microfabrication (LPM2010)

開催期間 : 2010年6月7日-6月10日

開催場所 : International Congress Center (Stuttgart, Germany)

*****要 約*****
 今回のLPM2010はシュトゥットガルトレーザ会議 (SLT)、およびレーザ材料加工システムソリューションの国際専門見本市 (LASYS) と同時開催されており、基礎から産業応用まで幅広い分野の講演や展示が行われていた。超短パルスレーザを用いたプロセス開発と製造ラインへの適応事例、ナノ構造の創成とそのアプリケーション、太陽電池製造工程におけるレーザプロセスの展開とその方向性等に関する報告等があった。また、本年はレーザが誕生してから50年にあたることから、「レーザの50年」と題した特別セッションが開かれ、レーザの誕生からレーザ発振器およびアプリケーション開発の歴史に関する特別講演もあり、興味深い内容であった。

1. はじめに

レーザ精密微細加工国際シンポジウム (LPM) はレーザ加工学会 (JLPS) 主催の国際会議であり、基本的に日本国内と諸外国の間で毎年交互に開催されている。今回は主催者として Landesmesse Stuttgart GmbH が加わり、第11回目として2010年6月7日から6月10日にかけて、ドイツ連邦共和国シュトゥットガルトの国際展示場にて開催された。初日のプレナリーセッションの講演3件と3日目の特別セッション「レーザの50年」の3件を除き、基本的に3パラレルセッションで開催されるとともに、最終日4日の午前中にはポスターセッションも行われた。152件の口頭発表 (招待講演19件、一般講演133件)、54件のポスター発表の合計206件の発表が予定されていたが、口頭発表の5件程度、ポスター発表の数件がキャンセルになったようである。また、本会議LPM2010開催期間中の6月8日から6月10日には、シュトゥットガルト大学のレーザセンターIFSW主催のシュトゥットガルトレーザ会議SLT '10、およびレーザ材料加工システムソリューションの国際専門見本市LASYSが同時開催された。LASYSは2年ごとに開催が計画されているレーザ加工システムを中心とした展示会であり、今回が2回目の開催である。レーザメーカー、システムメーカー、ユーザ、研究機関などから200程度のブース出展があり、レーザによる材料加工を主とするユーザにとっては密度の高いものであると言える。

口頭発表の件数内訳はプレナリーセッション3件、特別セッション「レーザの50年」3件、超短パルスプロセスセッション20件、ナノ構造セッション16件、パターンニングセッション15件、マイクロ加工セッション12件、極紫外線レーザ・直接描画セッション11件、溶接・接合セッション10件、3次元プロセスセッション8件、マイクロデバイスセッション6件、太陽光発電応用セッション6件、プロセスモニタリングセッション6件、生物医療応用5件、付着・合成セッション5件、コンポーネント・システムセッション3件、基礎セッション3件、そしてシュトゥットガルトレーザ会議 (STL) とのジョイントセッション「産業応

用」11件、同「マクロ加工」9件であった。LPM2010への参加者は200名程度と予想され、半数程度がヨーロッパ諸国からの申し込みであり、アジアからは日本勢が多かったように感じた。

2. 会議の内容

先にも述べたように本会議LPM2010は3つのパラレルセッション、また筆者はシュトゥットガルトレーザー会議(SLT)にも一部参加したことから全ての内容を紹介できるものではないが、主に筆者が聴講したLPMおよびSLTの各セッションにおける講演内容を中心に報告する。

2. 1 プレナリーセッション

プレナリーセッションでは3件の講演が行われた。1件目は、大阪大学の宮本勇名誉教授による50年間における日本のレーザーアプリケーションであり、炭酸ガスレーザーの開発と活用から固体レーザーへの展開などの歴史的な流れ、技術シーズから産業アプリケーションへの展開とその位置づけなどに関する内容であった。日本における産業アプリケーションの一例として、炭酸ガスレーザーとガルバノスキャナを組み合わせたプリント基板の高速ビアホール加工、ガラスの切断、シリコンやサファイアウェハをカーフロス無しで切り分けるステルスダンシング、波長重畳レーザーを用いたリチウムイオン電池の封止溶接、次世代の溶接技術として超短パルスレーザーを用いたガラスの熔融接合などに関して紹介があった。

2件目はドイツBosch社のGodehard Schmitz氏による大量生産におけるレーザーを用いた製造工程の紹介であった。Bosch社では30年以上にわたって製造工程でレーザーを活用しており、切断加工ではマイクロ秒オーダーのパルスレーザーを用いている。穴あけ加工では板厚0.3mm~1.0mmに対して直径30 μ m~100 μ m程度の貫通穴加工を主にミリ秒オーダーのパルスレーザーを用いて行ってきたが、ディーゼルエンジン用インジェクションの穴あけ加工では2007年~2008年頃よりピコ秒レーザーを用いて生産しているとのことであった。また、セラミックス製センサーのトリミングにもピコ秒レーザーが適応されているとのことである。さらには、銅材の溶接には近年40W程度のグリーンレーザーを用いているとも述べていた。

3件目はスイスOerlikon Solar社のHeather J Booth氏によるソーラモジュール製造産業におけるレーザープロセスであり、透明導電膜やシリコン膜のスクライプ、穴あけ、エッジ処理などに関して薄膜系、結晶系、CI(G)S系等に分類して適応事例が紹介された。P1、P2、P3プロセスのスクライプ間隔によって生ずるデッドゾーンが問題となっており、その間隔を500 μ mから半分程度にすることで約4%程度の発電効率向上が期待できると指摘していた。今後はコスト削減と発電効率を両立する生産工程の開発が求められているようである。

2. 2 LPMセッション

次世代リソグラフィ光源として期待される極紫外線源に関する講演があり、ドイツLaser-Laboratorium Göttingen e.V.のKlaus Mann氏は波長13.5nm、パルス幅6nsのEUVを用いてPMMA、PTE、PCなどへ加工した事例を示した。フランスCEAのOlivier Sublemontier氏らはフィラメント状のキセノンジェットをターゲットとして6本のNd:YAGレーザー(パルス繰り返し数6kHz)により変換効率0.44%で13.5nmのEUVが7.7W得られたと報告した。デブリーの問題を回避できる手法として今後の展開が期待されている。

ドイツIFSW (Institut fuer Strahlwerkzeuge) のM. Kraus氏らはパルス幅6psのピコ秒レーザーを用い

た CrNi 鋼のヘリカル穴あけ加工において、アシストガスが加工穴性状に及ぼす影響をプラズマの発光強度とあわせて検討していた。大気中の加工よりも窒素雰囲気、アルゴン雰囲気の順にプラズマの発光強度が大きくなり、加工穴入り口に膨らみが生じていた。一方、ヘリウム雰囲気にすることでプラズマの発光強度を低く抑え、良好な加工穴形状が得られる。したがって、超短パルスレーザにおいてもレーザ光照射に起因するプラズマが加工特性に及ぼす影響は大きく、配慮すべきであると述べていた。

ロシア General Physics Institute の K. I. Konov 氏らは、超短パルスレーザ加工において、雰囲気ガスのブレイクダウンによって生ずるプラズマに関して述べており、プラズマ中をレーザ光が通過すると約 70%程度が散逸する。プラズマは約 250~300 μ s 程度で消沈、200mbar 程度の圧力で抑制、さらにレーザパルスと同期させて電気パルスを印加するとブレイクダウンを避けることができるとしている。

ドイツ IPG Laser の M. Stark 氏らはノーマルパルスタイプのファイバーレーザとその加工事例に関して報告した。中心波長 1070nm、最大平均出力 150W、最大ピーク出力 1.5kW、最大パルスエネルギー 15J、パルス幅 0.2~10ms のパルスレーザを最大消費電力 600W で得られるとしている。また、連続発振も可能で、出力 250W を消費電力 900W で得ることができ、重量 30kg、空冷で 19 インチラックサイズである。良好なビーム品質による長焦点レンズとガルバノスキャナの組み合わせで、パーカッション穴あけ加工を高速、高品位に実現できるとしている。また、ビーム品質は低下するが、最大平均 600W、最大ピーク出力 6kW のファイバータイプのパルスレーザもリリースされ始めている。昨年にノーマルパルスタイプのファイバーレーザが同社から発表されスケールアップが進んでいること、ロッドタイプと比べて高繰り返し発振が可能であることから、ロッドタイプのパルスレーザの一角を切り崩していくものと感じた。

オランダ Twente 大学の D. Arnaldo de Cerro 氏ら、フランス Laboratoire de Tribologie et Dynamique des systèmes の S. Valette 氏ら、およびシンガポール大学の M. Tang 氏らはフェムト秒レーザを用いて各種材料の表面に規則性のある構造体を作製することで撥水性を向上できると報告していた。また、ドイツ Fraunhofer ILT の S. Beckemper 氏らはレーザ光の偏光を制御して干渉させることで 500nm~2 μ m 程度の円形マイクロバンプやキャビティ、さらには四角柱等の周期構造体をサンプル表面に作製できると報告していた。

岡山大学の三浦氏らはアルミニウム合金の微細溶接において、ノーマルパルスタイプの YAG レーザ（基本波）に連続発振の半導体レーザを重畳した手法を検討していた。メインパルスに比べて 1/3 程度のピーク出力の予熱パルスを照射することで、試料表面を高温に維持でき、レーザ光照射開始点から表面性状を保ちながら深い溶け込み深さを得られると報告した。

スイス LASAG 社の R. Witte 氏らは、ノーマルパルスタイプのレーザを用いたチタン合金の溶接において、パルスモジュレーションを用いることで、接合部の結晶サイズを制御できると報告している。医療用アプリケーションにおいて必要となる手法と感じた。

大阪大学の小関氏らはフェムト秒レーザによるガラス基板の接合技術に関して、レーザ光の走査間隔を 1 μ m から 4 μ m に増大することで、残留応力が低下し、接合強度が増加すると報告していた。

レーザ技術総合研究所の藤田氏らは、CFRP の加工においてカーボンファイバーの方向性の影響を受けるものの、除去領域の両端を超短パルスレーザで加工し、中心部をナノ秒レーザの基本波で飛散させることで、高品位加工を高効率に行うことができると報告した。また、産業技術総合研究所の新納氏らはナノ秒の紫外線レーザを用いることで、CFRP に対して繊維方向への依存性が少なく、熱影響の少ない良好な除去加工が可能であると述べていた。

2. 3 特別セッション「レーザの50年」

特別セッション「レーザの50年」では3件の講演が行われ、1件目はスタンフォード大学の Anthony E. Siegman 名誉教授からのレーザの歴史に関するものであった。メイマンやゴートンといった方々の思い出話を含めてレーザの誕生とその成長に関する講演を聴講することができた。医療応用が既に1961年より始まっていたのは驚きであった。

2件目は Paul Seiler 氏による産業応用におけるレーザの軌跡であった。カールツァイス社では1960年代初頭よりレーザ加工装置の開発が行われ、顕微鏡と組み合わせた加工システムを構築していた。当初はダイヤモンドダイスの穴あけや熱電対の溶接にレーザ加工が使われはじめていたが、1975年頃からのテレビチューブ（カソード）に対してレーザ溶接が適応されると、レーザプロセスの適応が飛躍的に進んだ。1978年にフィリップス社でレーザ加工の自動機が導入され、1980年代からは切断やマーキングの普及が進んだ。時期を同じくしてドイツでは、各地にレーザセンターが開設された（1984年 ILT、1985年 BIAS、1986年 IFSW、1986年 LZH）。近年ではディスクレーザやファイバーレーザが注目されているが、どちらもキーとなるのは半導体レーザであり、半導体レーザの開発がドライビングフォースとなっている等の紹介があった。

3件目は Industrial Laser Solutions の David Belforte 氏によるレーザ産業技術の経済軌跡であった。1970年代中旬に産業プロセスのソリューションとしてレーザ加工機を提供する企業が現れた。1980年代初旬に国プロが日本で始まると炭酸ガスレーザの開発が進み、鉄鋼業界へ適応された。1980年代後半にドイツでレーザ装置企業をプッシュする政策が始まる。この4年間で太陽光発電関連のレーザプロセスが大きく動き出し、現在では年間42,000台のレーザ装置が販売されていると述べていた。

2. 4 SLT セッション

SLT セッションで多くの時間が割かれていたのが超短パルスレーザに関する講演であり、多くの講演者がパルス幅10ps程度で高いパフォーマンスが得られると述べていた。ドイツ Trumpf 社は波長355nm、平均出力10W、繰り返し数800kHzまで可能なディスクタイプのピコ秒レーザを、ドイツ Lumera 社は基本波で平均出力50W、繰り返し数2MHzのピコ秒レーザを紹介していた。また、Lumera 社はパルスピッカーを制御するバーストモードで、短い照射間隔で数発のパルスを連続照射することにより、材料の除去効率が飛躍的に向上すると報告していた。興味深いアプリケーションの報告としては歯科組織に対する穴あけをピコ秒レーザで試みており、後処理が必要ないことからドリルとブラシの従来工程よりも処置時間を短縮できる可能性があるとして述べていた。当然ながら痛みを感じないことから、ビームの伝送方法が確立できれば面白いアプリケーションになるかもしれない。SLT セッションでは、この他、太陽電池製造工程や自動車業界のマクロ加工に関する講演等が行われていた。

3. おわりに

LPM2010の期間中に開催されたレーザ材料加工システムソリューションの国際専門見本市（LASYS）ではヨーロッパ各国から多くの出展があり、ヨーロッパにおける光産業の活発さを感じた。大型の装置から小型のオプティクスに至るまで幅広い展示が行われており、マーキングやスクライビングに多用されているナノ秒のパルスファイバーレーザも各社が出展していた。このタイプのレーザ発振器は、出荷台数としては非常に大きなものであるが、価格が5年前と比較して1/3程度まで下がってきており、価格競争になっているよう

にも感じた。

筆者は聴講することが出来なかったが、LPM2010では超短パルスレーザーを用いた3次元加工やナノ構造体の創成に関する報告が多数有り、実用部プロセスへの展開が期待されるところである。本レーザー精密微細加工国際シンポジウム(LPM)は微細加工における基礎研究者、エンドユーザー、レーザーマニュファクチャラーが一同に会して議論できる有意義な国際会議である。来年度は香川県高松市でLPM2011がレーザー機器の展示会と併設で開催される予定であり、本年度と同様に活発な議論が行われるものと思われる。