

ICALEO2009 ショート速報

鷲尾 邦彦 (パラダイムレーザーリサーチ)

会議名 : 28th International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics

開催期間 : 2009年11月2日-11月5日

開催場所 : Hilton in the Walt Disney World Resort (Orlando, FL, 米国)

*****要 約*****

ICALEO は、LIA (米国レーザー協会) の主催により年1回開催されるレーザー加工分野で世界最大級の国際会議である。第28回目となる今回は、太陽電池の加工などではドイツを中心にして欧米諸国から多数の意欲的な講演があった。また、ファイバレーザ及びディスクなどの高輝度レーザや、ピコ秒及びフェムト秒レーザなどの短パルスレーザの着実な進展とともに、パルス波形制御やプロファイル制御の重要性など周辺技術の重要性もクローズアップされた。

1. 会議の概要

ICALEO は、LIA (米国レーザー協会) の主催により年1回開催されるレーザー加工分野で世界最大級の国際会議である。今回は第28回目として、本年11月2日から11月5日にかけて、米国フロリダ州の Orlando にて開催された。全員が参加するプレナリーセッションは、これまでは会議初日の午前中のみであったが、今回初の試みとして、会議最終日の午後、Laser Materials Processing Conference (LMP 会議)、Laser Microprocessing Conference (LMF 会議)とのジョイントにより、クロージングセッションが設けられ、自動車産業及び航空機産業等へのレーザー微細加工応用に関する講演がなされた。

テクニカルセッションは、大きくは前述した LMP 会議、LMF 会議及び Nanomanufacturing Conference (Nano 会議)に分かれている。テクニカルセッションにおけるオーラル講演のセッション数は、LMP 会議が 19、LMF 会議が 11、Nano 会議が 3 であった。クロージングセッションも加えると、テクニカルセッションの総数は 34 件であり、ICALEO2008 と比べるとセッション数は 2 件 (5.6%) 減った。上記のジョイントセッションでは 6 件の講演がなされたが、これらは微細加工に関する内容なので LMF 会議に含めて集計すると、オーラル講演件数は、LMP 会議が 130 件、LMF 会議が 71 件、Nano 会議が 18 件となり、会議初日のプレナリー講演 4 件を含めた総計は 229 件である。昨年と比較すると LMP 会議は 5 件 (約 3.7%) の減少、LMF 会議は 4 件 (約 5.3%) の減少、Nano 会議は 1 件 (約 5.6%) の増加となった。

本会議への事前参加登録者は 402 名であり、昨年に比べて 7.4%程度減少した。日本からの参加は 23 名であり、昨年に比べて 15%程度も減少した。ドイツからは 61 名で(日本の約 2.7 倍)であり、開催国である米国に次いで、圧倒的な強みを示した。次いで参加者数の多かった国は、英国 20 名、カナダ 18 名、中国 18 名などである。中国からは表面改質及び付加加工並びに溶接分野などを中心として、LMP 会議で 25 件 (日本は 8 件)、LMF 会議で 5 件 (日本は 7 件) の講演があり、中国の急速な台頭ぶりが印象的であった。なお主催者の LIA によれば、Tabletop 展示会のみへの参加者なども含めた最終的な参加者数は、483 名であった。

2. 会議の内容

2. 1 会議初日のプレナリーセッション

Frontiers and Challenges for the Green Economy というタイトルが設けられ、グリーン経済関係で3件、レーザ支援ダイヤモンド形成等に関する講演1件、計4件のプレナリー講演があった。

1) 水素経済に向けての開発の最前線、機会及び挑戦 (John Turner: 米・National Renewable Energy Laboratory)

石炭、石油、天然ガスなどの埋蔵エネルギー源はいずれ枯渇するので、風力発電や太陽発電などから得られる持続可能エネルギー用のキャリアとして水素を用いる水素経済社会に関して各国の関心が強まっている。ここでは、エネルギー・キャリアとしての水素ガスの各種の発生法、並びにそれらの輸送法及び貯蔵法などに関する開発の現状並びに将来の課題などについて、広範なレビューがなされた。

2) 太陽電池の革新における、不可能を可能にする技術—レーザ (David Clark: 米・Newport Corporation)

結晶系シリコン太陽電池や各種薄膜太陽電池の高効率化及び低コスト化のための、レーザによるエッジ・アイソレーションやスクライビング及びコンタクト形成用の孔あけ加工など各種の工法についてレビューと、比較的新しい工法として、CWレーザの走査による局所選択的ドーピングに関する紹介がなされた。

3) グリーンエネルギー分野における General Electric の技術及び事業 (Magdi Azer: 米・General Electric)

同社の風力タービン事業は、2004年から2008年にかけての4年間で5倍(年率約50%)の急成長を遂げており、この分野は今後とも高い成長を維持できるものと考えている。

4) レーザ支援による良質カーボンの堆積—ダイヤモンド薄膜からナノチューブまで (Yongfeng Lu: 米・Univ. of Nebraska-Lincoln)

波長同調可能なCO₂レーザを用いて、エチレン分子の特定の分子振動を選択的に光励起による良質なダイヤモンド薄膜の高速成膜や、整列したカーボンナノチューブの形成が紹介された。

2. 2 LMF 会議 (マイクロ加工)

1) LMF 会議の概要

今回のLMF会議のセッション数は、LMP会議とのジョイントセッションを含めると12であり、前回と同数であった。筆者は、本年のLMP会議のチェア及び会議最終日のクロージング・ジョイントセッションのチェアを務めた。

講演を技術テーマ別に分析してみると、太陽電池の加工13件、脆性材料(シリコン、サファイア、ガラス等)の加工12件、表面改質9件、レーザ光源8件、波形制御7件、微細溶接6件、付加加工6件、機能デバイスの加工5件、バイオメディカル用部品加工4件であった。また、クロージング・ジョイントセッションの6件における主な技術テーマは孔あけ加工及び表面のテクスチャリングであった。LMP会議(マクロ加工)では接合加工や付加加工などに関する講演件数が多いが、LMF会議(マイクロ加工)では、アブレーション加工、穴あけ・切断加工など、除去加工に関するものがきわめて多い。

使用されているレーザ光源の種類別にカウントしたところ、概ね、ファイバレーザが41%、Ti:サファイアレーザを除いた希土類固体レーザが28%、Ti:サファイアレーザが14%、エキシマレーザ等紫外ガスレーザ10%、半導体レーザ5%、CO₂レーザ2%であり、ファイバレーザが溶接用のみならず微細除去加工用などとしても多用されていることが分かった。また、CW/パルスの動作形態別では、ピコ秒・フェムト秒レーザやナノ秒Qスイッチレーザなど、サブマイクロ秒以下の短パルスレーザを用いたものが全体の約71%程度を占め、CWレーザやノーマル発振パルスレーザなどを用いたものは約29%程度であった。レーザの波長域別では、赤外域(基本波)が約69%、紫外域が約21%、可視域が約10%であった。

2) LMF 会議におけるトピックス

(1) 太陽電池のレーザ加工

太陽電池の加工に関して LMF9 及び LMF11 の 2 セッションが設けられ、LMF9 で 4 件、LMF11 で 9 件の講演があり、活潑な議論がなされた。ピコ秒固体レーザや MOPA 方式のファイバレーザなど、従来のナノ秒 Q スイッチ固体レーザとは異なる新レーザ光源による微細加工の高品位化に関する講演が目立った。また、多層構造の薄膜層の選択的除去加工用として、照射ビームのプロファイルは如何なる形状がよいのかについて、多数の講演があった。多層構造の薄膜加工におけるプロセスマージンの拡大と加工速度及び加工品質の向上のためには、照射パルスの時間波形制御のみならず、ビームプロファイル整形技術もかなり重要な課題となっている。薄膜系太陽電池の加工に関する講演件数が 7 件と多いが、結晶系 Si 太陽電池の加工に関する講演も 6 件あり、それほど少なくはない。

オランダの ECN は、Depth selective laser scribing of thin films for roll-to-roll production of silicon solar cells と題して、スチール箔の上にロール・ツー・ロールで薄膜 Si 太陽電池を形成する製造法向けの加工深さ選択的なレーザ加工に関する興味深い講演を行った(M902)。P2 層(薄膜 Si 活性層)や P3 層(透明電極)の加工においては、下層の電極層 P1(ZnO/Ag)などに損傷を与えないように、層及び深さ選択的な溝加工を行う必要があるが、レーザ加工条件の詳しい実験的な検討とその最適化により、所望の加工を実現している。なお、本研究は EU FP6 の FLEXCELLECE プロジェクトの一環として開発されたものであり、今後デバイスモジュール化などが予定されている。独・LZH らは、Improved laser edge isolation of crystalline silicon solar cells using a high power picosecond laser と題して、パルス幅 7.3ps 程度、繰り返し周波数 400kHz、平均出力 19W のグリーン短パルス列(波長 515nm)を用いて行った多結晶 Si 太陽電池のエッジ・アイソレーション加工について講演した(M903)。ナノ秒レーザを用いた場合に比べて熱影響が少なく、優れた絶縁性能が得られ、かつデバイス高密度化が行え、太陽電池モジュールの高効率化が可能になる。

独・Fraunhofer Institute for Laser Technology (ILT) らは、Direct laser doping for high-efficiency solar cells と題して、次世代太陽電池用レーザ加工システム(SOLASYS)開発プロジェクトの一環として研究している選択的エミッター形成用レーザドーピング技術について講演した(M904)。基本波(1060nm 及び 1030nm)、可視(532nm)及び紫外(355nm)の各種レーザから得られるナノ秒及び CW の照射実験によれば、波長 1060nm のファイバレーザから得られる 40~200nm 程度のナノ秒パルス(繰り返し周波数 100~240kHz)を用いて、シート抵抗 10Ω/□以下の高品位なレーザドーピングを実現している。

(2) レーザと物質との相互作用のためのパルス波形及びバーストパルス列制御

LMF2 として、Pulse-shape and burst-train control of laser interaction と題したスペシャルセッションが設けられ、3 件の招待講演及び 4 件の一般講演からなる計 7 件の講演があった。独・Fraunhofer Institute for Applied Optics and precision Engineering (IOF) の Andreas Tünnermann は、High power femtosecond lasers and novel dynamics during high repetition machining と題して、平均出力が 70W 程度まで得られる繰り返し速度 1MHz 程度までの高平均出力・高速繰り返しフェムト秒及びピコ秒ファイバレーザによる金属の孔あけ加工における特異な加工現象などについて招待講演した(M201)。高速繰り返しパルス照射時には、熱の蓄積により加工品質が劣化するものの、ピコ秒よりはフェムト秒レーザによる加工のほうが、より高い繰り返し周波数でも高品質な加工が行え、より少ないパルス数で孔あけ加工が行えることを報告した。仏・Hubert Curien 研究所の Razvan Stoian は、"Adaptive spatio-temporal techniques for smart ultrafast laser processing of optical glasses" と題して、ガラスなど透明体内部における光導波路形成や新規な 3 次元

光デバイス形成用として、超短光パルスの時間波形や空間分布の適応制御技術とそれらの応用などを招待講演した (M202)。米・IMRA America の Makoto Murakami は、Burst-mode femtosecond pulsed laser deposition for control of thin film morphology and material ablation と題して、バーストモード動作フェムト秒ファイバレーザを用いてパルスレーザ堆積 (PLD: Pulsed Laser Deposition) を行うと、単一パルス列を用いた場合よりも、ドロップレット(微粒子)などの欠陥の発生を大幅に抑制でき、きわめて高品質の成膜が行えることを招待講演した (M210)。

2. 3 クロージング・プレナリーセッション

自動車産業や航空機産業向けのレーザ微細加工をテーマとして、招待講演 1 件、一般講演 5 件の計 6 件の講演があった。従来、ジェットエンジンのタービブレードの孔あけ加工などは、ランプ励起のパルス発振 Nd:YAG レーザ (パルス幅数百 μ s 程度) が用いられることが多かったが、ダイオード励起の高輝度・高出力固体レーザやファイバレーザ等の新しいレーザ光源を用いた次世代の孔あけ加工用や金属表面のテキスチャリング加工用などの技術開発に関心が集まっている。本セッションでは、ピコ秒レーザによる加工に関しては、招待講演 1 件 (Powerful disk laser-Versatile tools for large scale microprocessing, Friedrich Dausinger : 独・Dausinger & Giesen) を含めて 3 件の講演 (C201, C202, C205) があった。オランダ・Twente 大学は、航空機の機体への氷付着防止のため、ピコ秒 UV レーザの照射により、金属表面を疎水化するテキスチャリング加工について講演した (C205)。ファイバレーザによる加工に関しては、2 件の講演があり、ナノ秒グリーンレーザ等によるマーキング (C207) やパルス波形による制御航空宇宙用超合金のアブレーション加工及び孔あけ (C203) などが報告された。また、高品質なテーパ孔加工用などとしてのヘリカルドリリング用ビーム走査光学系について 1 件の講演 (C204) があった。

3. LIA 年次大会及び 2009 Schawlow Award 授賞昼食会

LIA による Arthur L. Schawlow Award の創設は 1982 年であり、以来毎年 1 名が表彰されている。今年度は、米・IPG Photonics の CEO の Dr. Valentin P. Gapontsev がファイバレーザ産業の父としての貢献を記念して授賞された。同氏の授賞記念講演では、ロシアにおけるファイバレーザ材料に関する網羅的な実験データ蓄積による材料開発やロシアにおける創業時の苦労話などをされたあと、ファイバレーザ材料に関するノウハウの一端や最近のファイバレーザの開発成果や将来展望などを紹介された。希土類元素をリン酸ナノ粒子に担持させ、このナノ粒子をシリカに分散させることにより、フォトダークニング現象による光劣化などのない高濃度のファイバレーザ材料を実現したとのこと、早くからナノテクノロジーが効果的に材料開発に活用されていたことに興味を持たれた。なお、特許出願のみで工業化する努力を怠ってはいけないとか、膨大な量の信頼性加速度試験データに基づいて各種部品・材料などの品質改善や製品開発を着実にやる必要があることなど、長年にわたる着実かつ綿密な努力の必要性についても言及され、含蓄ある講演であった。

4. おわりに

ここでは、ショート速報ということで、筆者が直接聴講できなかった LMP 会議や Nano 会議についてはそれらの概要の報告を省略した。また、オーラル講演のほかに、ポスター講演が 30 件程度あったが、分野別の分析などが容易でないため、それらの報告も省略した。ご容赦頂きたい。なお、今回の ICALEO 2010 は、2010 年 9 月 27 日～30 日に、米国カリフォルニア州 Anaheim にて開催される予定である。