

### ICALEO 2010 ショート速報 [レーザ加工]

鷲尾 邦彦 (パラダイムレーザーリサーチ)

会議名 : 29th International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics

- Laser Materials Processing Conference (LMP 会議)
- Laser Microprocessing Conference (LMF 会議)
- Nanomanufacturing Conference (Nano 会議)

開催期間 : 2010 年 9 月 26 日 - 9 月 30 日

開催場所 : Anaheim Marriott (Anaheim, CA, 米国)

\*\*\*\*\*要 約\*\*\*\*\*

ICALEO は、LIA (米国レーザ協会) の主催により年 1 回開催されるレーザ加工分野で世界最大級の国際会議である。今年のプレナリーセッションのメインテーマは環境保護およびクリーンエネルギーであり、LMF 会議でも太陽電池などクリーンエネルギー関連の材料・デバイスへのレーザ加工に関して多くの講演があった。LMP 会議では数 kW 級の高出力ファイバレーザやディスクレーザなどを用いた溶接分野の講演件数が多いのに対して、LMF 会議では、超短パルスレーザ (ピコ秒およびフェムト秒) 並びにナノ秒レーザなどを用いたアブレーション関連の講演件数が多かった。なお、Arthur L. Schawlow Award 記念昼食会では、レーザ生誕 50 周年を記念して、レーザ関連のノーベル受賞者 2 名による講演がなされた。

\*\*\*\*\*

#### 1. 会議の概要

会議初日のプレナリーセッションのメインテーマは、環境保護およびクリーンエネルギーであり、基調講演 1 件および招待講演 3 件の講演があった。会議初日の午後から最終日の午前中までは、昨年同様に分野別に分かれて、5 つの平行セッションが開催された。

テクニカルセッションは、これまでと同様 LMP 会議、LMF 会議および 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 18、LMF 会議が 13、Nano 会議が 3 であった。昨年フロリダ州 Orlando で開催された ICALEO2009 と比較すると、昨年のセッション数は LMP 会議 19、LMF 会議 12、Nano 会議 3 であったので、今年は、昨年に比べて LMF 会議分野が微増 (1 セッション増加) したことが分かる。ICALEO 2010 でのオーラル講演件数は、プレナリー講演 8 件、LMP 会議 120 件、LMF 会議 85 件、Nano 会議 19 件の計 232 件であった。

今回の ICALEO 会議への事前参加登録者は 392 名であり、昨年に比べて 2.5% 程度減少した。日本からの参加は 27 名で、昨年に比べて 17% 程度増加した。ドイツからの事前参加者登録数は 73 名で昨年に比べて約 20% 程度増加し、開催国である米国に次いで、圧倒的な強みを示した。米国、ドイツ、日本に次いで事前参加登録者数の多かった国は、英国 22 名、カナダ 21 名などである。昨年中国からは 18 名と多くの参加者があったが、今年はなぜか 3 名しか事前参加登録がなかった。このため、昨年に比べて ICALEO2010 の参加登録者数が減少した最大の要因は中国からの参加者数の激減であったように思われる。

## 2. 会議の内容

### 2. 1 会議初日のプレナリーセッション

会議初日のプレナリーセッションでは、ナノテクノロジー分野の環境・健康・安全に関する基調講演 1 件、並びに内燃エンジンのレーザによる点火、カリフォルニア州における太陽エネルギー関連の動向および CFRP（炭素繊維強化樹脂）のレーザ加工に関する招待講演 3 件、計 4 件のプレナリー講演があった。

#### 1) ナノテクノロジー分野の環境・健康・安全の研究に関する戦略的思考 (Jeff Morris: 米・環境保護省ナノテクノロジー研究開発オフィス)

ナノテクノロジー分野で使用される CNT（カーボンナノチューブ）など多様なナノ材料の、特性の評価、測定法の標準化、毒性評価、リスク軽減策、汚染防止策、ライフサイクル評価など、広範な技術課題に関して国内外の多数の関連部局などと緊密な連携をとり、膨大な知見の体系化を進めていることが紹介された。

#### 2) よりクリーンな自動車を目指した内燃エンジンのレーザ点火 (Takunori Taira: 日・分子科学研究所)

高ピーク強度のレーザ出力が得られるマイクロチップ Q スイッチ固体レーザをベースとしたジャイアントマイクロフォトニクスの実用例として、よりクリーンな内燃エンジンの実現が紹介された。スパークプラグでは点火が困難な希薄な燃料でも、レーザによれば比較的容易かつ高効率に点火できるとのこと。排気ガスのクリーン化にきわめて有望であり、ぜひとも本技術の実用化とその普及が望まれる。

#### 3) カリフォルニア州における太陽エネルギー：政策および新技術によりエネルギーミックスが変わるか (Jurgen Daniel: 米・Palo Alto Research Center (PARC))

カリフォルニア州は、米州の中では最も熱心に化石燃料依存からの脱却に取り組んでいる。例えば太陽電池に関しては、2009 年には全米 (481MW) の約 46% (220MW) が新規に設置されている。本講演では、太陽エネルギーの利用拡大に関する州政府や企業における各種の取り組みが紹介された。カリフォルニア州では数多くのベンチャー企業も誕生しており、この分野が活況を呈していることが分かった。

#### 4) 炭素繊維強化樹脂 (CFRP) のレーザ加工 (Dietmar Kracht: 独・Laser Zentrum Hannover)

エアバス A350 ではパネルへの CFRP への採用が 50%程度になるなど、軽量化と燃費向上などを目的として、CFRP の適用領域は拡大しつつある。このため難加工材料である CFRP へのレーザ加工の適用への期待が高まっている。CFRP の切断およびトリミング、炭素繊維強化熱可塑性コンポジット (CFRTP) のレーザ溶接、レーザによる CFRP の補修などについての研究開発の現状が紹介された。最近の実験例では、CW 出力 6kW の高輝度ファイバレーザを用いて、厚さ 3.1mm の CFRP にて最大 9m/min の切断速度が得られている。

### 2. 2 LMF 会議 (マイクロ加工)

#### 1) LMF 会議の概要

LMP 会議では数 kW 級の高出力ファイバレーザやディスクレーザなどを用いた溶接分野の講演件数が多いのに対して、筆者がチェアを務める LMF 会議では、超短パルスレーザ（ピコ秒およびフェムト秒）並びにナノ秒レーザなどを用いたアブレーション関連の講演件数が多い。9 件の招待講演中 6 件が超短パルスレーザおよびその加工に関するものであった。フェムト秒レーザよりはピコ秒レーザのほうが高平均出力を得やすく、経済的であると思われるためか、ピコ秒レーザとその応用に関する講演への関心が高まっている。超短パルスレーザに関する講演は、4:3 程度でピコ秒レーザのほうがフェムト秒レーザよりも多かった。高出力の超短パルスレーザ関連の講演件数が多かったせいか、希土類イオンを用いた固体レーザが 50%以上を占め、ファイバレーザは 28%程度、Ti:サファイアレーザは 9%程度、その他のレーザ（ガスレーザ、LD な

ど)は13%未満(不明を含む)であった。

LMF 会議における加工対象となる材料およびデバイスは、サファイアやシリコン、ガラスなどの各種脆性材料、先端電池材料、ステンツなどのバイオメディカル部品、太陽電池など多岐にわたるが、なかでも太陽電池製造用に関しては、LMF11 および LMF13 の 2 セッションだけでも計 14 件の講演があり、注目される。これら 2 セッションにおける講演件数は、ドイツと米国が多く、積極的な取り組みが注目される。

## 2) LMF 会議におけるトピックス

### (1)超短光パルスレーザーのパワースケーリング

P. Russbueldt (独・Fraunhofer ILT)らは、スラブレザーの 1 種である Innoslab 型ダイオード励起 Yb:YAG レーザ増幅システムを開発し、繰り返し周波数 20MHz にて平均出力 620W、パルス幅 636fs を得た。さらに Innoslab 型レーザー増幅器をカスケード接続することにより、平均出力 1.1kW、ピーク出力 80MW を得た。本システムは繰り返し周波数が高すぎるため、レーザー加工に用いるにはスキヤナの高速化など新たな技術開発課題の解決が必要となるが、CPA (Chirped Pulse Amplification)などの複雑な技術を用いなくてもサブピコ秒の超短光パルスを比較的容易に平均出力 1kW レベルにまで増幅できることを実証したことは特筆される。

### (2)ピコ秒レーザーによる誘電体材料および金属材料などのアブレーション加工

Antonio Ancona (イタリー・CNR-IFN)らは、スキヤナを用いないパーカッション方式のピコ秒レーザーによる穴あけについて、除去加工速度の波長依存性、照射レーザー光のパルス幅および繰り返し周波数依存性、材料依存性などについて検討結果を述べた。銅のピコ秒アブレーション加工においては、短波長(515nm)化するメリットがないなど、興味深い結果が得られている。R. Knappe (独・Lumera Laser 社)は、数パルス～10パルス程度の高速のピコ秒バーストパルス照射すると、多くの材料において、除去加工速度の向上が得られ、高精度かつ高速度な形状加工が可能になることなどを、豊富な加工例により示し、またドイツの PIKOFLAT プロジェクトなどによる先端的研究開発成果の一端などを紹介した。

### (3)光渦ビームによるレーザーアブレーション

Takashige Omatsu (日・千葉大学)は、光渦ビームによる金属 (Ti) のレーザーアブレーションについて、紹介し、加工しきい値の低減が計れ、加工面がよりきれいであること、また、高アスペクト比の針状のチップを容易に形成できることなど、興味深い実験および考察結果について述べた。また、ファイバレーザー増幅器を用いて、高出力の光渦ビームを発生させる方法も紹介した。わが国オリジナルの光渦ビームによるユニークな材料微細加工法の今後の展開が大いに注目される。

### (4)波形プログラマブルファイバレーザーによる高品質な薄膜加工

M. Rekow (米・Pyrophotonics Lasers 社)らは、矩形のダブルパルスや安楽椅子型パルスなど、複雑な形状をしたパルス波形をプログラマブルに発生可能な MOPA(Master Oscillator Power Amplifier)方式のファイバレーザー発振・増幅システムを開発し、これを用いた各種薄膜の加工結果などを紹介した。従来の Q スイッチレーザーなどによる単峰の山形波形では良好な加工結果が得られなかった各種の被加工対象材料およびデバイスに適用し、いずれも好ましい結果が得られている。Henrikki Pansar (米・Fraunhofer USA)らは、波形プログラマブルファイバレーザーを EWT (Emitter Wrap Through)型太陽電池形成用の微細穴あけ加工に適用し、厚さ 210 $\mu$ m のシリコンウェーハに対して、わずか 18.2W の平均出力にて、毎秒 6250 穴の高速度な穴あけ加工を実現している。

### (5)CIS 型および CIGS 型薄膜太陽電池製造へのピコ秒レーザーの適用

CIS 型および CIGS 型太陽電池における Mo、CIS および ZnO 薄膜などのスクライビング加工にピコ秒レ

ーザを適用した結果が米、独、およびリトアニアなど多数の研究機関から報告された。このタイプの薄膜太陽電池には、熱的影響層の少ないピコ秒レーザー加工が比較的適しているようだ。M. Dohmke (独・Munich University of Applied Sciences)らは、ガラス基板裏面からレーザービームを入射して Mo 薄膜を除去する P1 プロセスでは、2W のレーザー出力にて 4m/s、また CIS 上の ZnO を除去する P3 プロセスでは 8m/s の高速な加工が可能であり、これらは被加工部全体を蒸発させるより高効率に行えることを述べた。 .

### 3. おわりに

今回の ICALEO 2011 は、2011 年 10 月 23 日～27 日に、米国フロリダ州 Orlando にて開催される予定である。ショートコースは大変勉強になるので、ICALEO2011 への参加予定者は、従来よりも 1 日出張日程を早め、会議前日のショートコース（会議出席者には当面无料）もぜひ聴講されるよう、お勧めします。