第Ⅲ部 研究委員会・研究会の動向

Ⅱ 特別研究会・アドホック研究会・ミニ研究会の動向

アドホック研究会
「ファイバーレーザ SMART 加工研究会」

塚本 雅 裕*

SMART Materials Processing with Fiber Laser

by TSUKAMOTO Masahiro*

キーワード：ファイバーレーザ，SMART 加工，C 半
導体レーザ，フェムト秒レーザ，ナノ秒レーザ

1 はじめに

当研究会では，平成20年2月26日（火），東京，東京ミッドタウンにてシンポジウム「ファイバーレーザと最新固体レーザによる次世代加工への展開」を開催した。ファイバーレーザ及び最新固体レーザの基礎，開発，システム化及び応用に関する11件の講演が行われた。総参加者数110名のうち大半は産業界からの出席であった。ファイバーレーザをはじめとする次世代固体レーザの開発状況や応用展開には，特に関心が高く，熱心な議論が続いた。本稿では，当シンポジウムで報告された内容を中心に，ものづくり技術分野におけるレーザ開発，フェムト秒レーザ及びナノ秒レーザプロセス，青色・紫外線半導体レーザ開発，及びファイバーレーザ開発・応用について紹介する。

2 ものづくり技術分野におけるレーザ開発

ここ数年の間に，ものづくり技術分野で，ファイバーレーザが急速に普及した。これは，ファイバーレーザが他の固体レーザに比べ，高い商品力を有していることを示す。ファイバーレーザの商品力が高い要因は，大出力化と高集光性を同時に満たした点にある。しかしこれだけではない。産業用レーザに必要な要素（項目）を有していることも大きく寄与している。産業用レーザに求められる3項目は，フレンドリー（Friendly），エコロジーコンシャス（Ecology-conscious），アフォダブル（Affordable）である。3要素を満たすレーザを FEA（フェア）レーザと呼ぶ。図1に示す。日本の学术界ではあまり議論されない評価項目である。フレンドリーは，ユーザーフレンドリーのことで，高操作性，高安定性，コンパクト，そしてメンテナンスフリーである。エコロジーコンシャスは，省エネルギーつまり電気から光への

図1 ものづくり技術分野におけるレーザ開発に要求される3要素

原稿受付 平成20年5月7日

*正 員 大阪大学 接合科学研究所 Member, JWRI, Osaka Univ.

変換が高効率であること、さらに高集光性であること、必要なところに必要なエネルギーを投入できる。余分なエネルギーが不要となるとともに飛散物や熱影響部を最小化することができる。コストの低減とともに環境にもやさしい。アフォードブルは、手ごろな価格という意味である。チープ (cheep) なレーザという意味ではない。産業界において、レーザの価格は「高額」である。レーザによって、新たな加工領域を開拓できる可能性が高いのはわかるが、高額なので挑戦ができないという声をよく聞く。つまりアフォードブルでないためにチャンスを逃しているのである。図1に示したようにファイバーレーザは、フレンドリーとエコロジーコンシャスにおいて高い位置にある。

3 フェムト秒レーザ及びナノ秒レーザプロセス

エンシュウ (株) は、経済産業省地域新生コンソーシアム研究開発事業「フェムト秒レーザを使った省エネルギー・長寿命部品加工機の開発」(H. 17-18) にてフェムト秒レーザ微細周期構造加工システムを開発した。本研究開発事業では、本システムの心臓部である波長 780 nm、繰り返し周波数 2 kHz、パルス幅 150 fs、2 W のフェムト秒レーザを開発している。本システムによりエンジンシリンダ内部へのナノ周期構造形成及びベアリングボール表面への周期構造形成に成功している。

サイバーレーザ (株) は、パルス幅 100~200 fs の産業用フェムト秒ファイバーレーザを製品化している。対環境耐性では、温度 20~30 度、湿度 0~60% の変化に対しレーザの特性が影響を受けない筐体設計をしている。ウォームアップ時間についても従来 2~3 時間のところを 30 分にすることに成功している。連続動作時間については、30000 時間を目指し、出力安定化機構 (APMS: Auto Power Management System) を開発した。光学素子性能の劣化を機械的、電気的、光学的に補正することでレーザ出力、ビームポインティング及びビーム位置を高精度で制御する。さらにフォトダイオードを用いたパルスの切り出しタイミングの最適化を自動的に行うことができる。

(株) アルバックでは、TFT の高精細化、高速駆動、低消費電力化を進めるためにナノ秒レーザ (YAG レーザ) の 2 倍高調波を用いたアモルファスシリコン膜をポリシリコン膜に改質するためのプロセス開発を行っている。ラインフォーカスによりスキャンピッチムラ低減に成功している。

4 青色・紫外線半導体レーザ開発

日亜化学工業 (株) が開発した GaN 半導体は、原子間力が小さく原子結合が強いため結晶の安定性が高い。直接遷移型のバンド構造を持っているため発光効率が良好であり、混晶の組み合わせで従来の半導体より波長の短い可視から紫外の領域の光の出力が可能である。現在、製品化されている GaN 半導体レーザには、波長 405 nm の青紫色半導体レーザ、波長 445 nm の青色半導体レーザ、

波長 488 nm の青緑色半導体レーザがある。

5 ファイバーレーザ開発・応用

大阪大学接合科学研究所では、IPG 社製の最大出力 10 kW の CW ファイバーレーザ (波長 1070 nm, BPP 4.5 mm*mrاد) 加工システムを導入し加工実験を行っている。ファイバーレーザ溶接における溶接特性およびプラズマ・ブルーム挙動とその影響について調べている。例えば、板厚 20 mm のステンレス鋼板 (SUS304) に対し、出力 10 kW においてスポット径を 130 μ m から 560 μ m まで変化させ、それぞれのスポット径における溶接部の表面外観及び断面形状を明らかにしている。

SUNX (株) では、ファイバーレーザを光源としたレーザマーカを市販している。金属、高反射ワーク (金、銅など)、樹脂、紙・木材及びガラスへの印字が行える。加工事例としてフラットケーブルの皮むき、芯線カット、セラミック基盤の切断、表面除去加工、及びスクライビングがある。金属の溶接・切断、微細加工及び硬脆材料加工への応用には、更なる高出力化、短波長化及び短パルス化が必要である。

ミヤチテクノス (株) では、Yb ドープファイバーレーザを製品化している。波長は 1080 nm であり、CW 動作における出力は、100 W と 300 W である。パルス幅 1 ms での動作も可能である。現在可能な性能として BPP 3.3 mm*mrاد で 577 W, BPP 1.5 mm*mrاد では、300 W を達成している。

古河電気工業 (株) では、ファイバーレーザ開発に必要な励起用半導体レーザは、横シングルモードで波長 1480 nm, 980 nm, マルチモードで波長 9xx nm, 光学部品についてはファイバーカップラー、フィルター、ファイバブラッググレーティング (FBG)、ファイバーについては、クラッドポンプ、希土類元素ドープを製造している。レーザシステムとしてハイパワー増幅器、2 倍高調波レーザ、及び CW (連続発振) 出力 100 W クラスのファイバーレーザの製品化に成功している。

浜松ホトニクス株式会社は、ファイバーコアに対するドープを Nd から Yb に変更し、高効率発光、低発熱のファイバーレーザを開発した。現在の出力は 500 W であるが、2 台並列結合によって 1 kW にする技術は確立している。2 台連結結合による増力技術も確立しており、1.1 kW の出力を得ることに成功している。1 ユニットでの増力は、励起用半導体レーザの数を増やすことで、BPP は 4.66 mm*mrاد、出力 1 kW 以上を実現している。

IPG フォトニクス社では、高出力かつ高ビーム品質のファイバーレーザを開発している。例えば出力 16 kW の CO₂ レーザの BPP が 13 mm*mrاد 程度であるのに対し、ファイバーレーザは、5 mm*mrاد 程度である。IPG のファイバーレーザは、自動車ボディー及び車体のテラードブランク材への適用、自動車ボディーフへの適用、ハイブリッドプロセスへの適用、異材種溶接への適用、リモート溶接技術及び切断技術開発、造船・鋼構造部材への適用を行っている。出力 20 kW ファイバーレーザモバイルシステムも開発されている。IPG のファイバーレ

ーザは、基幹部品であるファイバー、半導体レーザー等は全て IPG 社内製である。

6 おわりに

ファイバーレーザーのような高ビーム品質レーザーが組み込まれたレーザー加工システムは、次世代市場をもたらす可能性を有する。しかしながら、最終的に産業界で重要なのは、「安心・安全」技術であり、次世代市場を獲得・維持・発展させるために必要な最重要基盤技術であることを忘れてはならない。「安全」は、レーザー加工システムの信頼性から来るものであり、「安心」は、レーザー加工システムのトラブル時にいかに早く対処（復旧）できるか

である。「安心・安全」技術は、レーザー、システムインテグレーション及びアプリケーション（ユーザー）の開発を連携して行う「三位一体型の研究開発」から生まれる。欧州では、三位一体型の研究開発プロジェクトを行っており、その成果が産業界に浸透しつつある。日本国内においては一刻も早く三位一体型の研究開発プロジェクトを立ち上げ、次世代市場への道を切り開くべきであると考ええる。

文 献

- 1) 第2回ファイバーレーザー SMART 加工研究会主催「ファイバーレーザーと最新固体レーザーによる次世代加工への展開」シンポジウム資料、(社)溶接学会、2008.