

事後評価報告書

開発実施企業：三星ダイヤモンド工業株式会社

代表研究者：国立大学法人大阪大学 レーザー科学研究所 講師 時田 茂樹

研究開発課題名：(AS2716004) 中赤外波長 Er ファイバーレーザー

1. 研究開発の目的

平面ディスプレイや半導体分野で使われる薄板ガラスの切断面（端面）は強度向上の目的で、丸く角を取っている。この研磨工程は、研磨粉処理や水洗浄工程が必要な上に、破損による不良の発生など改善余地があった。本新技術は、現状、レーザー光の出力と品質が両立できず、有機材料の分光分析や歯科治療用途に限定されていた中赤外レーザーを、高ビーム品質のフッ化物ガラスファイバーレーザーの高出力化、高安定化により、精密なガラス加工用レーザー光源とし、新しいガラス端面処理技術として確立するものである。

2. 研究開発の概要

(1) 成果

本開発は、ガラス素材の新しい加工法に使えるレーザー光源として、分子結合の励起波長が存在する中赤外帯域の発振波長 $2.8\mu\text{m}$ を選択した。この波長は、エネルギーをガラス表面から内部にかけて光吸収させることができ、溶融制御が容易な特徴がある。発振にはエルビウム含有フッ化物ガラス (Er:ZBLAN) をコアとするファイバーレーザーを利用するが、高出力化が課題となっていた。

開発企業は中赤外波長での MOPA システム（高安定の小出力発振器と高出力の光増幅器の 2 段構成で、良好なビーム特性を維持したまま高出力が得られる）の実現に成功。下表に示すように、ガラス加工での使用に必要な以下 5 項目において、実用的な光源性能を示した。

	評価項目	実績	実用化条件
1	レーザー装置の平均出力向上	34W（一時間平均）	市場要求加工速度に必要な出力：20W 以上
2	“ 出力変動の抑制	$\pm 0.75\%$	安定した加工のための出力変動： $\pm 5\%$ 以下
3	“ 発振波長変動の抑制	$\pm 1\text{nm}$ 以下（計測器限界）	大気の光吸収波長を避けた波長維持： $\pm 1\text{nm}$
4	“ 寿命の延伸	2100h (5W)	半年間の装置連続稼働：5000h
5	加工検証装置でのガラス溶融	3mm/s (発振器出力 4W) 6mm/s (CO ₂ レーザー援用時)	ガラス端面溶融による角取り・応力緩和の確認 CO ₂ レーザー援用技術確立・効率向上確認
	加工速度の向上	10mm/s (増幅器出力 10W)	市場要求加工速度：20mm/s 以上 (加工検証時に故障した 30W 光源の代替品)

レーザー性能を示す項目 1 から 3 では十分な性能を得たが、光源寿命やこれを用いての加工試験では、一部目標が満たせない結果となった。原因は増幅器の製造プロセスにあることが判明したが、解決手法が明確であること、安定して出力可能な 10W 出力の加工試験でもガラス端面溶融が確認出来たこと、シミュレーションでは加工性能も検証出来たこと、などから、今後の開発で加工機としての実用化は可能と考える。

本開発では、ZBLAN ファイバーを利用したが、その加工には、特殊な物理的特性にあわせたシステムの確立が不可欠だった。潮解性があり低融点で、機械的強度が低いファイバーを扱うためには、端面にフッ化カルシウムを融着させ保護する手法や、発熱を抑えるために増幅器で励起光導入を削いだファイバーのサイドから注入する技術の開発、接続部品を固定するための治具を開発し、生産技術として確立した。

(2) 今後の展開

技術の完成を目指すと同時に、検証目的の販売を行い、平面ディスプレイや半導体分野のガラス加工への展開を目指す計画である。また、学会での発表に対し、透明樹脂の溶着、封止加工や、他波長での光増幅器の共同開発、ブラッグ回折格子の加工依頼等、複数の問合せを受けており、幅広い技術展開の可能性がある。

3. 総合所見

大学との緊密な連携の元で、世界に類のない高性能な中赤外レーザー光源、及び加工技術において優れた成果が出た。現時点では光源寿命が実用化条件を満たしているか未確認であるが、目標の中赤外レーザー装置実現の見込みはあると考える。これから、独自の新カテゴリー商品の確立に向けてなお努力すると共に、市場参入の手順は良く検討して、成功への道を進んでほしい。

以上