レーザー学会学術講演会第18回年次大会

23p II 5 (シンポジウム)

電子部品等へのレーザー加工適用技術

山田 明孝 (YAMADA TOSHITAKA)

(株) 東芝 生産技術研究所 レーザー技術研究センター

Optical Research Center, Manufacturing Engineering Research Center, Toshiba Corporation

1. はじめに

レーザー加工は、高パワー密度をもつエネルギー源として、各種材料加工に利用されている。その特徴として、プラズマ、抵抗加熱などの他のエネルギー源に比較してエネルギーの制御性が良いこと、非接触、低入熱で非接触加工が大気、真空、水中で可能であることなどがあげられる。これを生かして、材料除去、接合、薄膜形成、改質などに用いられている。現在では、自動車、鉄鋼、電気電子などが主な応用産業分野である。これら産業分野の加工プロセスで使用されるレーザーの種類としては、炭酸ガスレーザー、YAGレーザーがほとんどを占める。最近、微細な穴あけなどで、エキシマレーザーが登場している。レーザー光は、連続波、パルス波など、多様な動作が可能であり、対象とする加工プロセスにあわせて利用されている。

レーザー加工は、小物パーツから大型部材加工まで広い範囲をカバーできるが、以下、電気電子産業における応用を中心に述べる。電気電子産業においては、対象が比較的小形で微細加工を行うことが多い。そのため、レーザーの種類は固体レーザーがほとんどであり、世界の売上げの90%がこのような目的であるという報告もある。

2. レーザー加工の状況

レーザー加工の利用は1960年代にルビーレーザーでダイヤモンドに穴あけを行ったときから始まり、まず、時計の軸受けやダイヤモンドダイスの微小穴あけなどの精密機械業界で取り入れられた。その後1964年に開発されたNd:YAGレーザーは、連続発振、パルス発振、Qスイッチ発振のいずれも可能という優れた性能を持ち、レーザー結晶の品質向上やサイズの大形化の進展とあいまって、実用上、電子部品等のレーザー加工の主役となって現在に至っている。レーザー加工の実用化の観点からは、その年代ごとに出現する新製品にあわせて、その生産技術として適用され、新しいレーザー加工システムが開発されてきた。図1には、年代ごとの主な変遷を示す。

80年代においては、カラーブラウン管の電子銃の組立にNd:YAGレーザーによる溶接が利用された。光ファイバを用いてパワー伝送を行い、レーザービームを複数に分岐することで、時分割、同時多点照射を行いスポット溶接に利用された。対象部品が小さく、スブラッシュ、変形のない溶接が狭い隙間で可能であり、レーザーパワーが少なくすむので、当時の固体レーザーにうってつけな応用であった。特に、光ファイバ導入により、比較的容易に発振器と加工点とを離すことができるようになり、生産ラインでの利用がフレキシブルできることも大きい。(図2)

他の電子部品では、電子回路の高集積化、高性能化、低コスト化の要求から、チップ抵抗、モジュール抵抗、ハイブリッドICにおいて、抵抗体や回路部品的高速高精度調整用にレーザートリミングが実用化された。レーザー光を数十ミクロンに集光し、抵抗膜を除去する事で調整するものである。

電気電子産業を見ると、80年代から90年代は、半導体関連、液晶関連、パーソナルコンピュータ、携帯機器などが牽引分野となっている。このような対象で主にNd:YAGレーザーが溶接切断のみならず、マーキング、リペアなど多方面での応用が広がった。

レーザー学会学術講演会第18回年次大会

図1. レーザー加工応用の変遷

図2. 電子銃の組立への応用例

図3. ICパッケージマーキング例

加工方法を分類すると、熱加工と非熱加工に分けられる。熱加工では、照射パワー密度の大小により、ワーク表面が蒸発除去、溶融、加熱などである。非熱加工では、材料を構成する原資分子の結合がレーザー光で切り離され、除去される。

赤外線や可視光線での加工は、熱加工である。紫外線になると、熱だけでなく、後者の非熱加工の要素が加わる。従来より熱加工は実施され、新しい電気電子製品に対応して、微細加工の要求が増し、それに対応して紫外線加工である、エキシマレーザーや固体レーザーの高調波による加工が加わってきている。表1には、レーザー加工の事例を示す。この事例には、YAG レーザー、炭酸ガスレーザー、エキシマレーザーを利用した例を、レーザー光のパルス幅で区切って示した。これらの分野では、出力レベルとして数w～数100wクラスの比較的小中出力タイプが一般的に使用されている。

現在、レーザー加工で大きな比率を占めるのは、YAG レーザーの熱加工である。電子部品の組立におけ

レーザー学会学術講演会第18回年次大会

る、小形リレー、光モジュール、2次電池、ばね材などのスポット溶接、シーム溶接などが大きい。最近、アルミ材などの難加工材料の溶接などに、パルスは径を自在に設定できる波形制御パルス YAG レーザーが市場に出ている。他方に、金属、プラスチック材の各種部品用の汎用マーキング、半導体パッケージのマーキング（図3）、ウエハのマーキングなどのマーキングも大きな用途となっている。半導体、液晶における、マスキリペア、メモリーリペア、液晶セルのリペアなどの修正用もレーザー加工が効力を発揮する分野である。

エキシマレーザーの応用分野ではみると、半導体素子の微細化につれ、リソグラフィ用の光源として加速的に使われはじめた。また、情報機器の一つとして、インクジェットプリンタのノズル穴あけがある。

そのほかに、実用されつつある技術に光造形があげられ、製品の型成形に試作段階で使われる例がある。

表1 発振形態と加工対象例

発振形態	加工種類	事例（赤外、可視：熱加工）	事例（紫外：比熱加工）
パルス発振（短） <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="text-align: center; margin-right: 10px;"> <100ns 数 100ns 数 ms </div> <div style="border-left: 1px solid black; height: 100px; margin: 0 5px;"></div> </div>	露光 蒸発除去	<ul style="list-style-type: none"> ・半導体表面処理、ダルロール処理、薄膜パタニング ・抵抗体、振動子、ストレインゲージのトリミング ・シリコン、セラミックのスクライビング ・IC、メモリー、マスキリペア ・薄肉パイプ、ダイヤモンドの切断 ・銘板、金属、Si ウエハ、IC パッケージマーキング ・リードフレーム、ダムバー、ステンシルマスクの切断・穴あけ 	<ul style="list-style-type: none"> ・リソグラフィ、アニール ・ノズル穴あけ、マーキング ワイヤストリッピング
パルス発振（長） <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="text-align: center; margin-right: 10px;"> ～数 ms <20ms </div> <div style="border-left: 1px solid black; height: 100px; margin: 0 5px;"></div> </div>	蒸発除去 溶接 加熱	<ul style="list-style-type: none"> ・ダイヤモンドダイス、ルビー軸受け、電子銃グリッドの穴あけ ・タービンプレード、鋼板切断、回転体バランシング ・リレー、CRT電子銃、ばね材、接点、電池、ペロー ・針、刃物の部分焼き入れ 	
連続発振	加熱溶融	耐熱小部品の溶接、PC板、ICのはんだ付け	

3. レーザー加工の展開

電気電子産業でのレーザー加工機の現状の適用例は、表1に示すように既にかんりの範囲に及んでおり、これらの業界においては不可欠な加工法となっている。電子部品・半導体分野でいうと、CCRTブラウン管電子銃、リチウム電池、光コネクタ、磁気ヘッド、センサ類等におけるのスポット溶接やシーム溶接、パッケージやウエハマーキング、また、ハイブリッドICの抵抗体のトリミング、LCD-LSIのパターン修正などの利用分野があり、それぞれに適した性能のレーザーが存在して、レーザー加工法が可能な分野から利用されたという図式がある。新たに開発されることもあるが、その用途がはっきりと特定できている場合である。

電気電子産業は拡大基調にあり、そこでの加工装置の市場は成長を続けると見られる。そのトレンドからは、半導体関連、液晶関連、パーソナルコンピュータ、携帯機器などで、デジタル化とともに、小形・軽量化などが引き続き進むと考えられる。このような製品の傾向から、レーザー加工技術も、より

レーザー学会学術講演会第18回年次大会

微細加工の方向へ進んでいくと考えられる。しかもこれらの産業界において、レーザー加工機のニーズは益々強くなっていくと予測される。

例として、半導体関連では、リソグラフィはもとより、ウエハ基板の精密切断、半導体 LSI の内部配線の接続・切断、マーキング、ウエハクリーニングなどがあげられる。液晶関連では、液晶基板のシリコンアニーリング、クリーニングがあり、さらに除去加工とレーザーCVD 技術を利用した LCD 基板のパターン修正、欠陥修正なども必要技術となる。機器関係では、ガラスエポキシ基板への数十 μm サイズ以下のコンタクトホールやビアホールの微細穴あけ加工、熱変形による微小部品の微調整、テクスチャ加工、インクジェットプリンタノズルの穴あけなどがあげられる。

最近の傾向として、従来のランプ励起固体レーザーに代わり、小形、高効率、長寿命（長メンテナンス）である半導体レーザー励起（LD 励起）固体レーザーが市場に出始めている。すでに 10 W レベル程度までは、ランプ励起と同等以上の性能・コストが得られている。LD 励起固体レーザーは、小形、高効率、メンテナンス性が良いので、応用によっては置き換わりが進んでいる。LD 出力も単体で数十 W クラスにパワーアップが図られつつあり、このような半導体レーザーの光を直接加工に応用するも実現味が出てくる。加工機として生産に使うものであるから、性能、コスト、生産性も重要であり、さらに LD のパワーアップとともに低コスト化が進み、kW クラスまで供給できると、電気電子産業でさらなる広まりが期待できる。

レーザー加工の進展には、レーザー装置そのものの高機能化も重要である。短パルス化、高ピーク化、高輝度化が実現されると、新たな加工応用が試みられ、コスト、生産性を見比べながら実用されるか否か判断される。一例をあげると、微細加工では短波長が必要になる。これまで、紫外光 W クラス以上はエキシマレーザーが主流であったが、固体レーザーの高調波で数 W クラスの市販品が登場し、新用途をめざした開発が活発化すると見られる。

また、新レーザー加工用に半導体レーザーで励起した光ファイバーレーザーがあり、直径 10 μm 程度のコアからビーム品質と効率が良い CW パワーが得られるもので、製版・印刷用の光源に期待される。

4. まとめ

これまで、レーザー加工技術は、世に送り出される電気電子機器の新製品にあわせて、その加工能力を発現させてきた。これによって生産ラインのツールとしての立場を保ち、不可能を現実してきた。新たなレーザー加工が展開するには、レーザープロセス開発、レーザー装置の性能向上と、それらのシステム化とともに、コスト、生産性、信頼性や使い勝手の良さなども必要である。

参考文献

- (1) 超精密生産技術大系、フジテクノシステム、1995 年
- (2) 東芝レビュー、第 38 巻、10 号、1983 年
- (3) 市場動向調査報告 日本オプトロニクス協会 平成 8 年 2 月
- (4) レーザー協会誌 第 22 巻、第 2 号、1997 年
- (5) レーザー協会誌 第 22 巻、第 3 号、1997 年
- (6) レーザー研究 25, 9, 1997
- (7) レーザー熱加工研究会論文集 第 42 回、平成 9 年 11 月 26 日
- (8) 日経メカニカル 1995. 5. 2