

光産業の発展を支えるレーザー技術

すでに、レーザーという光技術が世の中を変えている。

名古屋大学 工学部 講師 沓名宗春

レーザーが1960年に誕生して、今年30年となるが、その応用はすでに多くの産業分野に浸透し、人間社会の発展に不可欠のものとなりつつある。光ファイバー、レーザーディスク、レーザーメス、レーザー計測器、レーザー加工機、レーザー照明など実に身近なものになっている。今後、レーザーを更に利用することによって、どんな可能性が生まれるだろうか。レーザー加工技術を中心に解説する。



Laser Technology Supports Optics-related Industries Revolutions triggered by lasers have changed society.

Muneharu Kutsuna, Dr. Assistant Professor of Nagoya University, Faculty of Engineering

Laser technology, invented in 1960, sees its 30th anniversary this year. Its applications have been found in diverse industrial fields and have become indispensable in the development of society: optical fibers, laser surgical knives, laser measuring instruments, laser machining, and laser illumination, to name a few. Future prospects of laser applications are discussed here, centering around laser materials processing

東京一名古屋一大阪など大都市間の電話回線や大学キャンパスのネットワークにレーザーを利用した光ファイバーが用いられる時代がやって来た。とにかく、導電線を用いる方法に比べ、通信回線数が著しく多い。また、電波や磁場の影響を受けない利点がある。フランスのマルセイユからコルシカ島までの海底光ファイバーが世界最初の施設であったが、4年後にはこの海底光ファイバーは地球を一周する。10年後には家庭への多量の情報提供(NTTのキャプテンシステムのような)がきつと光ファイバーによってなされているだろう。真の情報化社会の担い手としてレーザーの役割は一層重要となっている。

レーザーの種類

自動車、電話、タイプライターが開発され、女性が家から解放されて外で働くようになったのが約百年前、データや情報を電気信号で処理できるコンピュータが開発されたのが約50年前。レーザーは更に遅れること20年、1960年に米国ヒューズ社の研究者; T.H. Maiman(メイマン)が宝石のルビー結晶体をら旋状フラッシュランプの中に入れ、光励起することにより人類初のレーザーの発振に成功した。現在までに沢山の物質がレーザー媒体として有効であり、数百種類のレーザーが開発されている。肉眼で見えるルビーレーザー、He-Neレーザー、アルゴンイオンレーザーなど、紫外線域の波

長を持つエキシマ(Excited Dimer=Excimer、励起された二量体の意)レーザー、赤外線域に波長があるCO₂レーザーやYAGレーザーなどがある。各種加工用レーザーの種類と主な特性を第1表に示す。

第1表 各種加工用レーザーの特性

| レーザーの種類 | レーザー光の波長(μm) | パルス幅(s) | 発振様式 | 平均出力 | ピーク出力(W) | 効率(%) |
|---------|-----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|---|-------------------------------------|
| 固体レーザー | ルビー | 10 ⁻³ ~10 ⁻⁸ | パルス Q _{sw} CW | mW — 0.01W | 10 ⁶ 10 ¹⁰ 10 ⁻¹ | 0.1% |
| | アレキサンドライト | 0.7~0.815 (波長可変) | 10 ⁻¹ ~10 ⁻⁷ | パルス Q _{sw} | 150W | — |
| | Nd:YAG | 1.06 | 10 ² ~10 ⁻⁹ | パルス Q _{sw} CW | 400W 3kW | 10 ¹⁰ 10 ⁴ |
| ガスレーザー | エキシマ ArF KrF XeCl XeF | 0.193 0.249 0.308 0.350 | 10 ⁻⁵ ~5×10 ⁻¹ | パルス | 1000W | 10 ³ ~10 ⁸ |
| | よう素レーザー | 1.3 | — | CW | 1000W | — |
| | COレーザー | 4.2~8.2 | — | CW | 5000W | — |
| | CO ₂ レーザー | 10.6 | 10 ⁻⁴ ~1 | パルス CW | 1000W 25kW (77kW) | — |

Note * Q_{sw}=Qスイッチ CW=Continuous Wave連続発振

これらは通信、情報処理、医学、各種計測・検査、照明、芸術、材料加工、光化学、科学的応用などの分野で広く利用されている。

カラオケのレーザーディスクや手術でのレーザーメスもその応用である。

レーザーの特徴

さて、この「レーザー」とは一体何か。一言で言えば、

単波長の同位相をもつ強力な光線である。太陽や電灯の光と異なる点は

- ①プリズムで分光しても7色の虹にならず単色性が高い。(一部波長可変レーザー光もある)
- ②直進性が著しく高く、サーチライトで月を照らすと月全体をスッポリ照らしてしまうが、レーザーだと月表面上で直径約3kmの円となる。
- ③電磁波の位相がそろっているため大出力となりうる。太陽光は1平方ミリ当り約2ミリワットのエネルギーを私達に与えてくれるが、私の研究室の炭酸ガスレーザーは同じ面積にその百万倍の2キロワット以上の光エネルギーを出す。レーザーは虫眼鏡で太陽光を絞るようにレンズや鏡で集光できるので、非常に高いエネルギー密度： $10^6 \sim 10^{10} \text{W/cm}^2$ を実現できる。更にパルス発振により、レーザー照射時間を10億分の1秒という短時間に制御できる。要するに、空間的にも時間的にも微細に制御できる熱源である。

進むレーザーの応用

自動車産業、電気産業、機械産業、素材産業、軽工業でのレーザー加工の応用は、この3～5年間に著しい発展をみせた。我が国のレーザー加工機台数は世界の約40%を占め、昨年は約2000台の生産がなされた。応用分野としては各種材料(金属、プラスチック、木材、複合材料、服地など)の切断が約70%と最も多い。第1図はCAD/CAMを用いたレーザー三次元切断により試作車のパネルを加工している状況を示す。コンピュータ制御によりレーザー加工機が一層精巧なものになっており、微細切断の分野はレーザーの新分野として注目されている。高融点の金属やセラミックスも容易に切

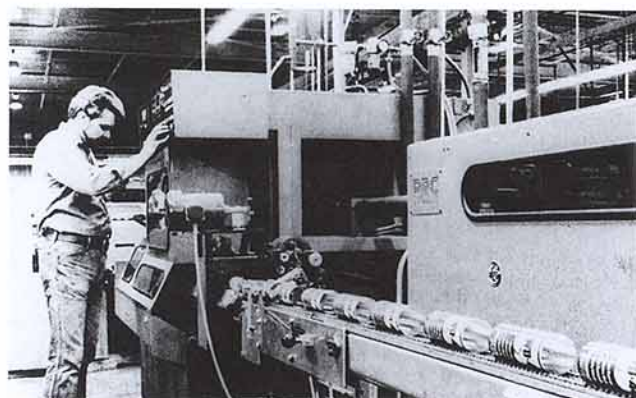
断、穴あけなどの除去加工ができる。レーザーの加工への応用は1965年ルビーレーザーでダイヤモンドの穴あけをした例が最初とされている。航空機のタービンエンジンのブレードの穴あけも、たばこの



第1図 レーザ三次元切断(西独Trumpf社カタログより)

巻紙の穴あけも、哺乳瓶の乳首の穴あけもレーザーで行うようになって来た。パルスYAGレーザーを用いて、70mm深さの穴をNi基超合金に施すことができる。

また、金属の接合にも適用される。



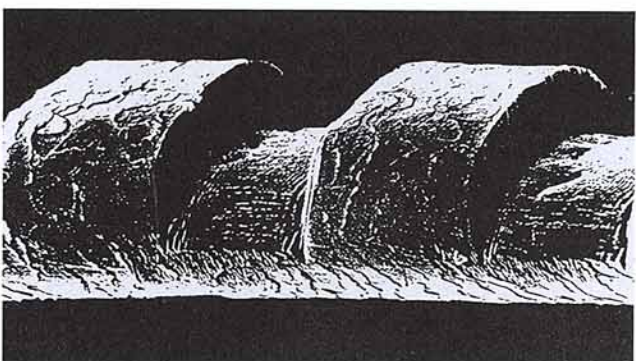
第2図 スチール缶(ブリキ)のレーザー溶接例

第2図はスチール缶を高速でレーザー溶接している状況を示す。最近の自動車産業でのレーザー加工の導入は目覚ましい。エンジンバルブへのコバルト合金のレーザー肉盛、モータコアの溶接、各種部品の切断、穴あけ、ミッションギア部品の溶接など、全てを紹介する紙面がない。

高級車「セルシオ」の車体パネル銅板もレーザー溶接する時代になった。熱源を小さく制御できるので、薄銅板の加工で歪の発生が少ないことが適用分野を一層拡大している。

私たちの身のまわりのものでは食品、飲料、化粧品、乾電池、樹脂、薬品へのレーザーマーキングがある。品質管理だけでなく、にせ物防止、販売後の製品フォローなどのため、製品に文字や記号がレーザーで記入されている。スーパーでの商品の価格読み取りもレーザー読取り器で迅速になされるようになった。

第3図はエキシマレーザーによる髪の毛の除去加工例を示す。タンパク質の毛(直径約70 μm)を変形、燃焼させることなくレーザー切断できる時代に私たちはすでに突入している。オプトメカトロニスクの時代を考えた21世紀のレーザー利用技術を一層これから研究開発する必要がある。



第3図 人間の髪の毛をエキシマレーザーで切断した例