可撓中空導光路の80W級CO₂レーザー出力伝送

Flexible Hollow Light Guide for High Power CO₂ Laser

久保 宇市・橋 新裕一

○Uichi Kubo Yuichi Hashishin

近畿大学理工学部電気工学科

Kinki University

ABSTRACT

In a medical CO₂ laser system for clinical use, it is necessary to develop the new type laser beam guide. As this one technique, a light guide by metal-polymer compound structure hollow tube was developed with aluminum foil and teflon. The length of one unit tube is ca. 1m. Its emission beam was converged to spot size ca. 0.5mm with cylindrical and convex lens. The guide tube has flexibility, it is bent easily to a round shape at radius above ca. 10cm, the twist is also possible. The emitted power was obtained ca. 80w(cw) for incident power 95w(cw) by 1m length tube. The transmittance was ca. 85% per 1 meter.

1. はじめに

パワー伝送を目的とするCO₂レーザー導光路として、我々は金属薄板を用いた可撓中空導光路の開発、試作を進めている。これは既に報告されているように^{1,2)}、アルミニウム薄板2枚と高分子スペーサー2枚を組み合わせた矩形の中空断面をもつ導光路である。

試作した導光路の特長を以下に挙げる。

(1) レーザー光の伝送媒質が空間であり、コア

あるいはクラッドの加熱、燃焼による損傷、ガスの発生などが起こらない安全な方式である。

(2) 製作技術上からは構成が簡単であり、特殊な加工処理技術も必要なく、容易に製作できる。

(3) 材料費の面からは市販の鏡面仕上げアルミニウム薄板とテフロンスペーサーを用い、整形材にはポリエチレンの熱収縮チューブを用いるので極めて安価である。

従来、最高放射出力は25Wであったが、今回は更に、放射出力の向上を目標に実験を行った。

以下に我々の試作した導光路の開発の現状を報告する。

2. 中空導光路の構造

試作した中空導光路は既に報告されている形式と同様のものである²⁾。導光路は可撓性が必要であり、材料、整形法が問題になる。レーザー光反射板にはCO₂レーザー光(波長10.6μm)に対し高い反射率(99%以上)をもち、かつ十分な可撓性をもつアルミニウム薄板を用いた。その長さは1m、幅1cm、厚さ0.5mmである。スペーサー材料には耐熱性に優れ(約250℃まで使用可能)、可撓性の良いポリ4フッ化エチレン(テフロン)を用いた。その長さは1m、幅1mm、厚さ0.5mmである。

これらの材料で矩形断面の中空導光路を整形する方法として、従来、ビニールテープなどで巻く方法を採用していた。しかし、この方法は均等な圧力でテープを巻くことが難しく、2枚の反射板の間隔が一定にならず、曲げに対して局部的に破損することが判った。この改善法として、ポリエチレンの熱収縮チューブ(長さ1m、厚さ0.5mm)で被覆する方法を用いた。この方法を用いると、均一な被覆ができ、曲げ応力が均等にかかるので破損しにくい。従って、可撓性も改善された。中空路断面の大きさは短辺0.5mm、長辺8mmであり、長さは1mである。外形は短辺2.5mm、長辺11mmである。

レーザー光と導光路との結合方式はレーザー発振器からのビームを円柱状レンズで一次的に集光する方式である²⁾。この場合、レーザー光の電界方向は集束した線の方と一致させ、導光路の長辺方向とも一致させている。

3. 直線状態での伝送特性

直線状導光路のCO₂レーザー光伝送特性を調べた。入射パワー(連続発振、直線偏光)を0から95Wまで変えて放射パワーを調べ、第1図に示す

結果を得た。図のごとく、放射パワーは入射パワーが増すとともに直線的に増し、伝送率は約85%が得られ、最大放射パワーは81Wに達した(入射パワー95W)。

放射パワー81Wの場合の放射時間特性を調べた

第1図 パワー伝送特性

第2図 放射時間特性

第3図 曲げ半径による伝送特性

第4図 曲げ角度による伝送特性

結果、第2図のごとく、15分間以上の連続伝送に対しても導光路に異常は見られず、安定に伝送させることができた。

4. 曲げ状態での伝送特性

曲げ角度 90° 一定として、曲げ半径を変えて伝送特性を調べた結果、第3図に示す結果を得た。図のごとく、最小曲げ半径 10 cm で放射パワーは 70 W に減少し、これは直線状態の 81 W に較べて 14 % の減少であった。

次に、曲げ半径 10 cm 一定として、曲げ角度を変えて伝送特性を調べた。第4図のごとく、曲げ角度が 360° の場合、放射パワーは 62 W に減少し、これは直線状態に較べて 24 % の減少であるが、従来のテープで巻く整形法では約 40 % の減少であり、²⁾

熱収縮チューブによる整形法が曲げに対して有効であることが判った。

5. 捻り状態での伝送特性

捻り角を変えた場合の伝送特性を調べ、第5図に示す結果を得た。図のごとく、放射パワーは最大捻り角 180° で 70 W に減少した。これは直線状態に較べて 14 % の減少であるが、従来のテープ被覆の場合には 25 % の減少であり²⁾、熱収縮チューブ被覆は捻りに対しても有効であった。

6. 放射ビームの集光特性

導光路から放射されるビームの拡がりや放射開

第5図 捻りによる伝送特性

口の長辺方向にはほとんど拡がらず、ほぼ平行であるが、短辺方向には全角 4° で拡がる。この放射ビームを微小点に集光するには、円柱状レンズで短辺方向の拡がりを抑えて平行ビームにした上で凸レンズ ($f: 5 \text{ cm}$) で集光する²⁾。集光したビームをアクリルブロックに照射し、得られたパターンを第6図に示した。放射パワー81W、3秒間の照射で約2.4 cm穿孔された。平均穿孔速度は 0.8 mm/s である。この場合、集光ビーム径は 0.5 mm 、パワー密度は 40 kW/cm^2 であった。

7. 結 論

(1) 伝送率は長さ1 mあたり85%であり、現在最大放射パワーは95W入射時に81W (CW) が得られた。この出力パワーは直線偏光されており、15分

Laser power ; 81 W Irradiated time ; 3 sec
Beam diam ; 0.5 mm Depth ; 2.4 cm
Power density ; 40 kW/cm^2 Sample ; Acrylic resin

第6図 放射ビーム集光パターン

以上の連続伝送に対して異常は認められなかった。

(2) 放射ビームの最小集束ビーム径は 0.5 mm であり、放射パワー81Wでパワー密度は約 40 kW/cm^2 (400 W/mm^2) に達し、可撓性も一般の医療用として十分要求を満たすと考えられるので、放射出力、可撓性共に実用の域に達したと判断される。

文 献

- 1) U. Kubo et al. : Trans. of 4th Cong. Inter. Soc. Laser Surgery, 19-16 (1981)
- 2) 久保 他 : 日本レーザー医学会誌, 5, 3, 273 (1985)