高出力パルスレーザーのファイバー伝送

High Power Pulse Laser Transmission Through Optical Fibers

和久田 敏光 , 平野 達 , 石塚 雅治 ,
鈴木 健司 , 本間 厚

Toshimitsu Wakuda , Toru Hirano , Masaharu Ishizuka ,
Kenji Suzuki , Atsushi Honma

浜松 ホトニクス ㈱

ABSTRACT

High-peak and high-average-power pulse lasers have the advantage of large tissue penetration and little thermal damage effect. The efficient transmission of these beams through light guides could have important implications for endoscopic applications. We have developed a high-peak-power Excimer Dye Laser (maximum energy 8mJ/shot, wavelength 630 nm, pulse duration 5 ns). It is difficult to transmit Excimer Dye Laser radiations down quartz optical fibers. The transmission is limited by surface damage to the fibers. The surface damage depends on the peak-power density of single laser pulses. We have obtained the approximate surface damage threshold value of 100 MW/mm².

I. はじめに

高出力パルスレーザーは組織透過性が高く、熱の発生が少ないことから、PDT、結石・血栓除去等に有効であるといわれている。これを内視鏡的应用等にするためにはレーザー光の導光が必要であり、我々が開発中のエキシマダイレーザー装置でも石英ファイバーによってレーザー光を導光しているが、ピーク出力が高いため、伝送が難しくファイバー破損の問題も生じている。そこで、エキシマダイレーザーの光ファイバー伝送特性について調べたので報告する。

II. 実験

光ファイバーは三菱電線(株)製のコア径が400及び600 μm の石英ステップインデックス型光ファイバー(開口数0.2)を用いた。測定系を図1に示す。ファイバーへの入射はレンズの焦点外で行われ、入射ビーム径可変のためレンズが移動でき、入射整合のためファイバー固定位置の上下、左右、傾きが調整でき、入力エネルギーはレンズの前で測定した。今回は入出力特性、パルス繰り返し特性、耐久性を調べ、伝送後のスペクトル、パルス波形も測定した。

図1. 実験系

III. 結果

図2に入出力特性の測定結果を示す。8mJ(パルス幅5ns、中心波長630nm)までの入力に対して出力は、ほぼ直線的に増加している。しかし、400 μm のBでは5.5mJの入力で破壊が起き、伝送率が半分ほどに低下した。

図2. 光ファイバー入出力特性

破壊された入射端面の顕微鏡写真を、図3に示す。C、Dよりファイバー入射端面の破壊は部分的に起きており、Bは過大入力がかかると考えられる。入射端面の破壊は集光された高エネルギー密度のレーザー光により発生した強電界による絶縁破壊と考えられる。入力5.5mJで破損したCより、入射ビーム径は約100 μm なので、破損しきい値は約100MW/ mm^2 となり、Taylorらの報告¹⁾に近い値である。

図3. 光ファイバー入射端面

入射ビーム径をコア径程度に調整し、入力を6mJ程度としたとき、100Hzまで繰り返しを上げたが破壊は見られなかった。また、60Hzで耐久性も試験したが、十万パルスの入射では問題は生じなかった。

ファイバー伝送後の色素レーザースペクトル及びパルス波形は、ファイバーの波長による伝送率の違い、モード間の伝送速度の差による影響はあるものの殆ど変化しなかった。

IV. まとめ

高出力パルスレーザーを石英光ファイバーに伝送する場合、今回実験した入力エネルギーレベルでは、ファイバーの破損は、平均入力パワー(繰り返し)、全入力エネルギー(長時間使用)ではなく、入射される1パルスのピークパワー密度に依存する事がわかった。今後は、入射結合効率の改善による伝送率の向上、紫外を含む他の波長の伝送について実験を行っていく予定である。

文献

- 1) R.S. Taylor, and et al.: Technical Digest, Conference on Lasers and Electro-Optics (1987), TUL3