医療用色素パルス・レーザー装置の開発

The Development of the Dye Laser Coagulator

○ 高 橋 克 郎・石 津 正

Katsuro Takahashi, Tadashi Ishizu

株式会社 日本レーザー・システム

Japan Laser Systems Co., Ltd.

The flashlamp-excited dye laser has been developed as the most advanced laser coagulator. In this system, dye molecules are directly excited by a xenon flashlamp. This laser generates the short-pulse laser beam which is of very high power. The wavelength is tunable in the range of 450 to 800 nm, and the maximum output energy is 1J per pulse at 1 pulse per second. The laser beam is guided to the treatment spot by the quartz fiber. The spot size can be adjusted from 1 to 4 mm diameter to obtain the energy density from 0 to 60J/cm². This system has two dye reservoir tanks to permit a quick change of the dye. With regard to exchanging of the dye that is owing to its degradation, it should be done every 20,000-30,000 shots in case of using RHODAMINE. It means that the dye should be exchanged every 1 to 2 months.

One of the typical applications of this coagulator is the treatment of nevi. In one way, the wavelength is tuned to 577 nm that is one of the absorption peak of hemoglobin. This enables the excellent treatment of hemangioma. To the contrary, the other wavelength(e.g. 640 nm) is well fitted to the absorption of the melanin avoiding the absorption of the blood. With these methods, the best results can be expected for the treatment of the nevi depending on its chromatic characteristics.

1. はじめに

レーザー・コアグレータとして、より選択性の高い治療を行うためには、対象となる生体組織の分光特性上、最適の波長のものを使用することが望ましい。このために現在、考えられる唯一の実用的手段は色素レーザーの使用であるが、この中でも、加熱効率の良い高出力パルス・レーザーの色素レーザー装置が開発されたのでこれを報告する。

2. 装置の仕様

本装置の仕様を以下に示す。

1. 出力 (MAX)	10 Joule/Pulse
(Rhodamine 590)
2. 波 長	450~700 nm
3. パルス巾	0.7 μ s
4. 繰り返し	1 pps
5. 導 光 路	石英ファイバ (4 m)
6. 照射ビーム径	1 mm ϕ ~ 4 mm ϕ
7. エネルギー密度	2~70 Joule/cm ²

8. ガ イ ド 光 | ヘリウム・ネオン・レーザー

9. 冷 却 装 置 | 内蔵

10. 電 源 | AC100V, 20A, 50/60 Hz

11. 寸 法 | 1300W×750 D×1300 H

3. 構造およびその特徴

本装置のシステム構成を図2に示す。以下に構造面および性能面での特徴を示す。

1) レーザー発振管

フラッシュ・ランプ励起の色素レーザーでは、効率の良い発振を行わせるためには、励起時間が短い事が必要で、このためキセノン・フラッシュ・ランプは同軸型のものを使用し、回路系が低インダクタンスとなっている。ランプによる直接励起であるため、他のレーザー励起による色素レーザーに比較し、構造が簡単であり、電気入力に対する効率が良く、高出力が得られる等の特徴がある。ランプの寿命は10万~20万 shots であり、使用頻度にもよるが、実用上充分といえる。

図1 色素レーザー・コアグレータ

BLOCK DIAGRAM OF THE SYSTEM

図 2 システム構成図

LASER WAVELENGTH CHART

図 3 各種色素と発振波長

2) 出力

今回、開発されたものはパルス当り、1 Joule である。これは主に導光路のファイバからの許容条件から決ったものであり、ファイバ・システムの改良を行えば、2～3倍に増すことは可能である。

3) 波長

図3に示すとおり、各種の色素を変えることにより可視光域がほぼカバーできる。波長選択を1 nm程度の精度で行う場合は、プリズム、回折格子を使用するが、生体の分光特性上、5 nm～10 nm 程度の中が許される場合は広帯域の発振を行わせ、より高いエネルギーを得るようにしている。

4) 導光路

石英のシングル・ファイバーを加工し、コア径800 μ m以上のものを各種使用している。特にレーザー絞り込み部は非常に高出力密度となるため、絞り込み方法、端面の研磨、ファイバーの加工等に多くの工夫が必要である。

5) 色素の劣化

色素レーザーの最大の欠点は色素の劣化による出力の低下である。これは、主として、ポンピング光の中の紫外線と色素溶液中の溶存酸素が原因と考えられている。このため、本装置では色素セルへの十分な紫外線遮断対策を行うとともに、脱酸素を行い、劣化速度を非常に緩やかにしている。更に長期間の劣化による出力の低下を補償するためにランプへの電気入力に余裕を持たせ、実用上十分な期間、色素の交換を必要としない。

6) 冷却装置

本装置では色素溶液と冷却水の温度制御が行われている。ランプへ入る色素溶液と冷却水の温度差が出力の安定性に大きく影響するため、非常に精度の良い温度制御が行われ、安定した出力を得ている。これらの冷却装置は本体内に内蔵されて

いる。

7) 補助機能

本装置では2つの波長を容易に切り換えて出せるように2つの色素タンクと切換えシステムを備え、約10秒程で別の色素への切り換えが可能となっている。この他にファイバ末端からのエネルギーを直接測定するエネルギーメータが内蔵されており、始業時、色素切換時のエネルギーのチェックに使用される。

4. 結 論

フラッシュ・ランプ励起の色素レーザーは構造が簡単で安価であり、高出力のパルス・レーザー光を得る特長がある。

しかし、従来より色素レーザーの欠点である色素の劣化、扱い難さが言われているが、アルゴン・レーザーやYAG レーザーの安定性と扱い易さを目指し、本装置は開発された。本装置はすでに形成外科におけるアザ治療に多くの臨床例を得ており、また眼科においても、眼底の光凝固の動物実験が行われ、良い結果を得ている。今後は各専門分野に合わせた出力、装置の大きさ、導光システムを開発し、幅広い分野での応用が期待される。