

高繰り返し高効率放電励起エキシマレーザ
High repetition rate and high efficiency discharge pumped
excimer laser

深津 透*, 宮崎 健創, 挟間 寿文, 山田 家和勝, 佐藤 卓蔵
T. Fukatsu, K. Miyazaki, T. Hasama, K. Yamada, T. Sato
電子技術総合研究所 荏原製作所*
Electrotechnical Laboratory Ebara Corporation

1. はじめに

放電励起エキシマレーザは、小型で高出力の短波長光源として、リモートセンシング、半導体プロセス、光化学、さらには、極短波長レーザ励起など、様々な分野でその有用性が注目されている。電総研では、繰り返し動作の可能な自動予備電離型放電励起エキシマレーザの開発を進めており、高効率、高繰り返し発振が得られた。装置と発振特性の概要を報告する。

2. 装置

装置の断面図及び、電気回路図をFig. 1、Fig. 2に示す。放電管は幅37cm、全長80cmのアルミニウム製である。電極は、幅4cm長さ60cm(有効放電長54cm)で、アルミニウムにNiメッキしたものであり、両電極の間隔は1.8cmである。C₁、C₂はディスク状のセラミックコンデンサーを並列に並べたもので、全容量は、C₁ = 59.4nF、C₂ = 5.4nFである。C₂はレーザチャンバーの中に二列に配置されている。C₁を充電し、スイッチSを閉

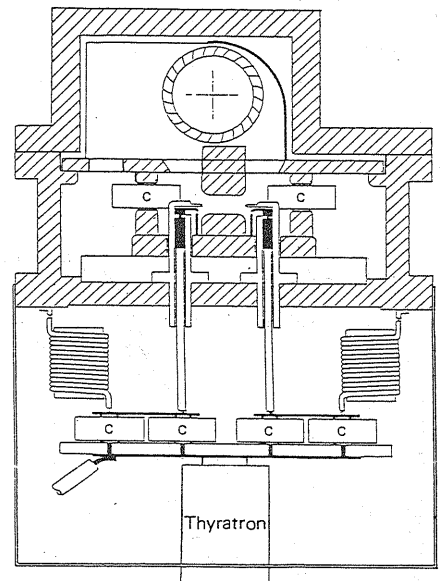


Fig.1 装置断面図

Table.1 最大出力、最高効率、及び放電条件

			ArF	KrF	XeCl
WAVELENGTH		nm	193	249	308
OUTPUT ENERGY	GAS MIXTURE	Torr	F ₂ : 3.0 Ar : 150	F ₂ : 4.0 Kr : 60	HCl : 4.0 Xe : 60
		atm	He : 1.5 Ne : 4.5	Ne : 6.0	Ne : 6.0
	CHARGING VOLTAGE	kV	36	36	36
		mJ	420	600	680
OVERALL EFFICIENCY	GAS MIXTURE	Torr	F ₂ : 3.0 Ar : 150	F ₂ : 3.0 Kr : 50	HCl : 2.0 Xe : 40
		atm	He : 1.5 Ne : 2.5	Ne : 4.0	Ne : 4.0
	CHARGING VOLTAGE	kV	28	20	18
	%		1.3	2.8	2.9

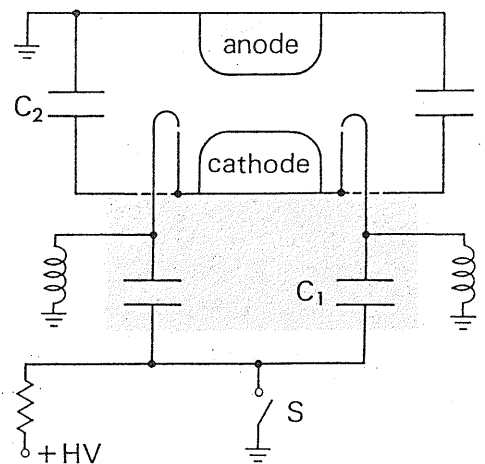


Fig.2 放電回路

じることにより、 C_1 の電荷は C_2 に移行する。そのとき、カソードの横のピンギャップでアーク放電が生じ、そのUV光でレーザガスは予備電離される。スイッチSは、高繰り返し発振のためにサイラトロンを使用している。レーザガスの循環は、放電管上部のクロスファンによって行う。ファンは、磁気回転導入機を通して、外部のモータで回している。Fig. 3は、高速充電用に採用した共振充電回路で、 C_1 充電電圧18 kVで50 Hzまで繰り返し動作ができる。

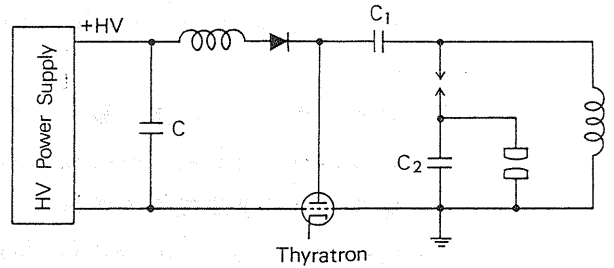


Fig. 3 共振充電回路

3. 結果と考察

ガスの最適な混合比と全圧を調べるため、ガス分圧をいろいろ変えて、レーザ出力及び、効率の測定を行った。Table. 1はArF、KrF、XeClの3種類のレーザについて得られた最大出力、最高効率、及び放電条件を示したものである。繰り返し動作の可能な実用装置としては、すべてのレーザについて従来の値を上まわる発振効率が得られている。また、小型のレーザにもかかわらず、かなり大きな出力が得られており、パルス幅(20 ns)を考慮すると、XeClレーザでは、最高尖頭出力3.4 MWに達している。放電体積は、ビーム断面(1.8cm×1.2cm)と放電長より見積ることができ、116 cm³である。したがって、XeClレーザでは、最高5.8 J/lのエネルギーが取り出されたことになる。

次にXeClレーザの繰り返し発振特性を調べた。Fig. 4は、V=18 kV、繰り返し周波数50 Hzでのファンの回転数と平均出力の関係調べた結果である。600 rpm以上のファンの回転数ではレーザの出力は低下しないが、それ以下では急激に下って、ついには発振しなくなる。このことは、50 Hz程度の繰り返し発振では、600 rpm以上の回転数で十分なガスの循環速度が得られていることを示している。Fig. 5は繰り返し周波数を変化させたときの平均出力である。繰り返し周波数50 Hzまで、平均出力は直線的に増加し、最高10 Wが得られている。このときの電気入力480 Wであり、平均発振効率は2.1%となる。

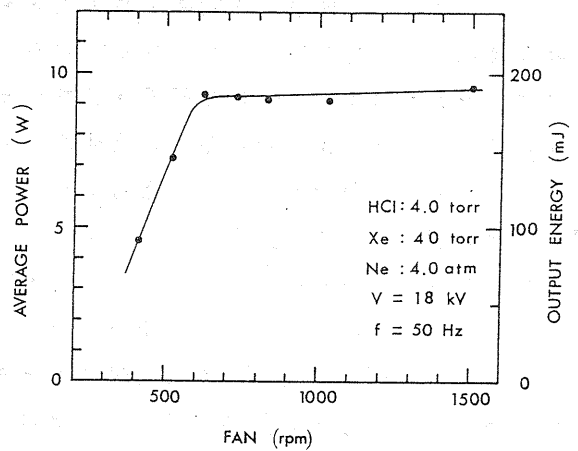


Fig. 4 ファンの回転数に対する平均出力

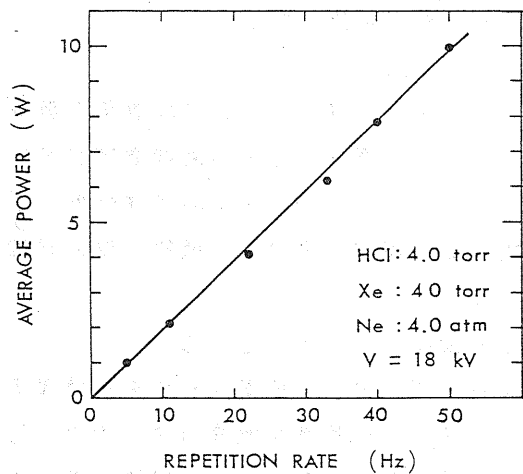


Fig. 5 繰り返し周波数に対する平均出力

参考文献

- 1) 戸田、宮崎、挟間、山田、酒井、佐藤：レーザ研究 8 (1984) 24
- 2) K. Miyazaki, Y. Toda, T. Hasama, T. Sato : Rev. Sci. Instrum. 56, 201 (1985)
- 3) 宮崎、深津、挟間、山田、佐藤：1985年春 応用物理学会予稿集 P 174