

高輝度コロナ予備電離パルスレーザ

High-Brightness-Corona Preionized Pulse Gas Lasers

杉井 正克、古味 孝夫、原 熙

(Masakatsu Sugii, Takao Komi, and Hiroshi Hara)

防衛庁技術研究本部 第2研究所

(Second Research Center, Technical Research & Development Institute
Japan Defense Agency, Tokyo)

SYNOPSIS: This paper describes on an operating characteristics of a charge-transfer-type corona-preionized pulse gas lasers with a new type of high-brightness corona preionizer using a segmented columnar SrTiO_3 dielectric.

パルスガスレーザは、高速繰り返し動作が可能であるため目標の画像化、識別、及び精密追尾等のレーザレーダに適している。これらの応用には、レーザ装置の素子及びガスの長寿命化が不可欠となっている。筆者らは、パルスガスレーザの長寿命化を目的としてUVコロナ予備電離方式を用いたパルスレーザの基礎的な研究を行っている。

今回我々は、 SrTiO_3 強誘電体を用いた新型の高輝度コロナ予備電離装置を初めて開発し、放電励起パルスガスレーザにこの方式を採用した。その結果、XeClレーザにおいて総合効率 2.3% (レーザ出力: 420 mJ) の高效率動作が達成され、同じレーザ管で得られたUVスパーク自動予備電離型XeClレーザのレーザ効率とほとんど同じであることが確認された。

Fig.1 は、高輝度コロナ予備電離XeClレーザの励起回路図である。励起回路は容量移行型で、コロナ予備電離装置は上部スクリーン電極の裏側に設置されている。レーザ管は厚さ20mmのAl製で最大6気圧までの実験が可能である。1次側の充電回路のコンデンサー C_1 、2次側のコンデンサー C_2 、及び予備電離装置のカップリングコンデンサー C_p は、いずれもドアノブ型の SrTiO_3 ドアノブ型のコンデンサー(TDK Inc.)を用いた。各コンデンサーの合成静電容量は $C_1 = 82.7\text{ nF}$ 、 $C_2 = 80.2\text{ nF}$ 、 $C_p = 6.4\text{ nF}$ であった。主放電電極は厚さ0.7mmのステンレス製打抜金網を用いたスクリーン電極と疑似Chang型ソリッド電極で構成されている。

スクリーン電極は、穴径0.8mm、開口率30%の打抜金網を用いた。電極間隔は2.2cm、有効放

電長60cmである。放電の幅は、充電電圧や充電極性によって変化するが、1.5~2.0cmである。コロナ予備電離装置に用いた SrTiO_3 は、現状では長い板状のものが出来ないため、今回は市販のドアノブ型の SrTiO_3 セラミックコンデンサー(TDK Inc., 公称容量: 1.7 nF)の片方の平板電極をダイヤモンドカッターで切断したのを用い、これをスクリーン電極の裏側に13個直列に並べた。そして、変位電流 I_c を制御するため、カップリングコンデンサー C_p を介してソリッド電極側に

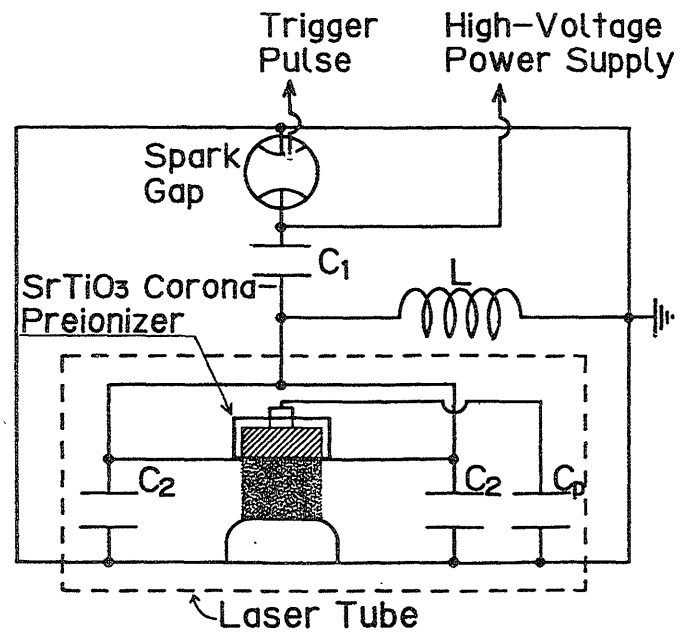


Fig.1 Schematic diagram of the excitation circuit.

接続した。最適な C_p の容量は 6.4 nF であった。

本装置のレーザ特性を既に報
告されたコロナ予備電離方式及
び UV スパーク自動予備電離
XeCl レーザのレーザ特性と比較
してみる。Table I にこれらのレ
ーザ装置の概要とレーザ特性を
示す。筆者らの装置ではこれま
でに最大総合効率 2.3% を 4
20 mJ の出力で得た^{1,2)}。こ
のときのレーザのパルス幅は、
25 ns であった。Ernst らは、
1985 年に沿面 UV コロナ予
備電離 PFL 駆動型 XeCl レ
ーザで、520 mJ の出力を
2.5% の総合効率で得ている³⁾。
最近 UV コロナ予備電離フォ
トリガー方式の XeCl レーザ
において 4% の総合効率が報告
されているが⁴⁾、容量移行型の
XeCl レーザでは Ernst らの装置が

Table I Laser characteristics for our device and previously reported corona-preionized and UV-spark-preionized XeCl lasers.

	Present Work	Ernst et al (1985)	Butcher et al. (1985)	Miyazaki et al. (1985)
Preionizer	UV-Corona	UV-Corona	UV-Corona	UV-Sparks
Gas Mixture	HCl/Xe/Ne =2.5/22.5/3395 at 4.5 atm	HCl/Xe/Ne =4.5/10.5/7487 at 9.9 atm	————	HCl/Xe/Ne =2.0/40.0/3000 at 4.0 atm
Excitation Circuit	Capacitor Transfer	Water-PFL	Capacitor Transfer	Capacitor Transfer
Active Volume	1.6x2.2x60 (cm ³)	1.5x1.4x40 (cm ³)	3.3x2.5x75 (cm ³)	1.2x1.8x54 (cm ³)
Charged Energy	18.2J (21kV)	20.5J (17kV)	————	9.6J (18kV)
XeCl Laser Energy	0.42J	0.52J	0.5J (Max.)	0.28J
Overall Efficiency	2.3%	2.5%	2.0% (Max.)	2.9%
Pulsewidth (FWHM)	25ns	55ns	30ns	20ns
Remarks	Intense UV-corona preionization behind mesh electrode	Surface UV-corona preionization beside main electrodes	Corona preionization behind the mesh electrode	Automatic UV-spark-array preionization

これまでで最高の効率を出している。Butcher らは 1985 年に筆者らの装置と同様のメッシュ電極裏側からの自動コロナ予備電離方式の XeCl レーザを開発し、平均出力 300W を 500Hz の繰り返し数で得ている⁵⁾。このときの最大総合効率は 2.0% と報告されているが、今回得られた総合効率 2.3% は Butcher らの効率を上回っており、メッシュ電極の裏側から予備電離するタイプのレーザとしては最高の効率を得られた。

次に従来の UV スパーク自動予備電離容量移行型 XeCl レーザと筆者らの装置で得られたレーザ特性を比較してみる。Miyazaki らは、UV スパーク予備電離 XeCl レーザで 280 mJ の出力を総合効率 2.9% で得ており、自動予備電離容量移行型 XeCl レーザとしてはこれまでで最高の値を得ている⁶⁾。ところで筆者らの装置で得られた最大効率は、この UV スパーク方式にかなり近づいてきていることがわかる。コロナ予備電離方式はガスの寿命が UV スパーク方式に比べて長いという大きな利点があり、今回開発した高輝度 SrTiO₃ コロナ予備電離装置は、X 線予備電離方式とともに次世代のエキシマ及び CO₂ レーザの予備電離装置として有効であると考えられる。

現在、パルス CO₂ レーザについても同様の実験を進めている。

参考文献

- 1) M. Sugii and H. Hara, Technical Digest of CLEO'89, paper WF13.
- 2) M. Sugii and H. Hara, IEEE Photonics Technology Letters, 1, No.7 (1989).
- 3) G.J. Ernst, A.B.M. Nieuwenhuis, and K.M. Abramski, IEEE J. Quantum Electron., QE-21, 1127 (1985).
- 4) D. Beaupere, B. Lacour, C. Gagnol, and P. Pinson, Technical Digest of CLEO'88, paper TUH6.
- 5) R.R. Butcher and T.S. Fahlen, Technical Digest of CLEO'85, paper THP1.
- 6) K. Miyazaki, Y. Toda, T. Hasama, and T. Sato, Rev. Sci. Instrum., 56, 201(1985).