

高繰返しX線予備電離XeClレーザーの開発

Development of the High Repetition Rate X-ray Preionized XeCl Laser

山下一郎, 瀬々新二, 桂敏明, 文屋栄, 加藤光雄, 水井順一, 高原茂,
望月忠男, 宮崎健創*, 佐藤卓蔵**(Ichiro Yamashita, Sinzi ZeZe, Toshiaki Katsura, Sakae Bunya, Mitsuo kato,
Junichi Mizui, Shigeru takahara, Tadao Mochizuki, Kenzo Miyazaki*,
Takuzo Sato**)

三菱重工業㈱, 電総研*, (財)光産業技術振興協会**

(Mitsubishi Heavy Industries Co LTD, Hiroshima. Electro Technical
Laboratories, Ibaragi*. Optoelectronic Industry and Technology
development Association, Tokyo**)

SYNOPSIS: The construction and performance of a high repetitive X-ray preionized XeCl discharge laser is described. X-ray dose is more than 20 mR/pulse in the discharge area of the laser cavity. Laser output energy of 240mJ/pulse (electrical efficiency is 1.8%) and power of 44.5 W (repetition rate is 400pps) has been obtained.

1. はじめに 現在, 高繰返し型エキシマレーザーの多くはUV予備電離により発振しているが, UV発生時に生ずる不純物がガス寿命を低下させる要因の一つであると言われている。X線予備電離では発振器外部からX線を入射させるため, 予備電離時における不純物の発生はなく, ガス寿命の向上に有利であると考えられる。そこで, 高繰返し動作可能なパルスX線管を試作し, XeClレーザーと組合せ発振テストを行った。この結果, 単発出力240mJ, 高繰返し動作では400ppsにおいて44.5Wが得られた。以下, 発振器の構成, 動作特性について報告する。

2. 装置 Fig.1 に試作したX線予備電離XeClレーザーの構成を示す。レーザー管とX線管とはAl製の隔壁で分離されているが, この隔壁がレーザー管, X線管両者の陽極を兼ねている。ただし, X線管側には金あるいはタングステンがコートされており, これがX線を発生する。

レーザー管の陰極は長さ250mm, 幅50mmのChang型で, 有効放電長は, 約200mm 電極間隔は30mmである。X線管の陰極はタングステンワイヤを用いた熱陰極と, コロナプラズマ陰極の2種類を試作した。X線管は真空度 $10^{-5} \sim 10^{-6}$ Torr, レーザー管は6atmで運転可能である。

レーザー管, X線管の駆動は共にサイラトロンによって行う。レーザー管は通常の容量移行型回路で, C_1 に蓄えたエネルギーをサイラトロン T_1 を通じて C_2 に移行させた後, 放電部に注入する。X線管はトランス T_r によって昇圧した高電圧を陰極に印加し, C_3 に蓄えたエネルギーを注入する。レーザー管とX線管の駆動タイミングは, 各サイラトロンドライバーのトリガ信号のタイミングをパルスディレイジェネレータによって調整することにより行う。

レーザー出力の測定はGentec社製ジュールメータ (ED-500), Scientec社製カロリメータ (38-0405) を用い, X線量の測定はアロカ社製X線サーベメータ (ID-ICS30) によって行った。

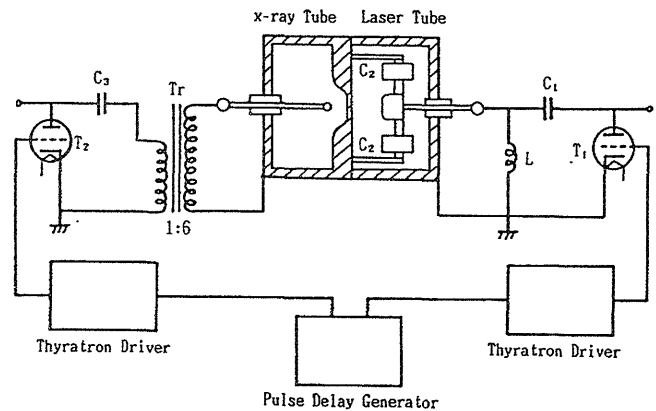
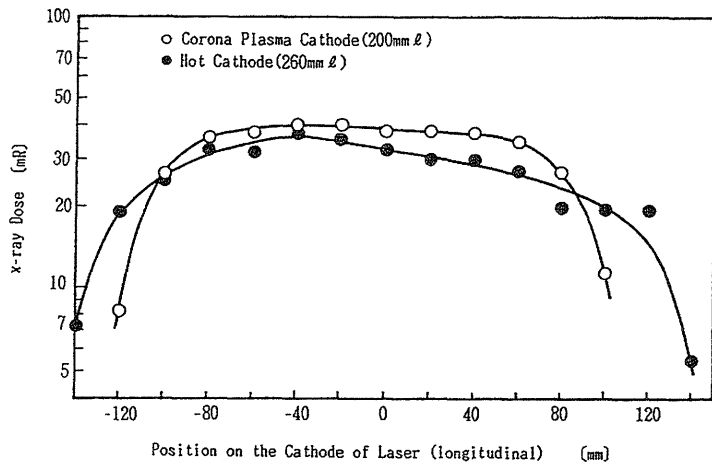
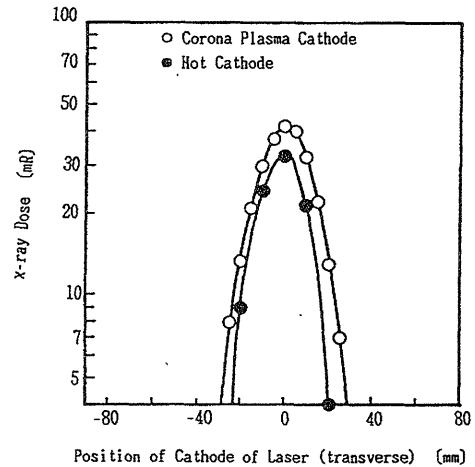


Fig1. Schematic of the x-ray preionized XeCl laser



(a) longitudinal



(b) transverse

Fig.2 Distribution of X-ray dose on the cathode of the laser

3. 結果 Fig.2 は、レーザ管陰極表面に相当する位置における光軸方向および光軸に垂直な方向の X 線量分布を示している。熱陰極長 260mm に対し、コロナプラズマ陰極長は 200mm であるので、長手方向の分布 (Fig.2(a)) に両者の違いが見られるが、中央部では共に 30~40mR/pulse の X 線量が得られている。Fig.2 (b) は、レーザ管陰極中央部における光軸に垂直な方向の X 線量分布を示しており、陰極表面上では、ほぼ 20mR/pulse 以上の X 線量が得られている。

Fig.3 はコロナプラズマ陰極 X 線管を繰返し周波数 200pps で連続運転した時の、X 線量の経時変化を示している。X 線量率の計測は、X 線管と線量計の間に厚さ 30mm の Al 板を置き、さらに鉛製のアーチャー (10mm ϕ) を線量計に設置し、ディテクタ表面積を減少させて行っている。Fig.3 において、X 線量は運転開始後 5 分から 10 分にかけて増加し、その後安定している。これは運転開始直後は陰極表面のコンデショニングが行われて電流が若干減少し、陰極・陽極間に印加される電圧が増加するため、X 線の発生効率および隔壁透過率が向上し、X 線量が増加したものと考えられる。

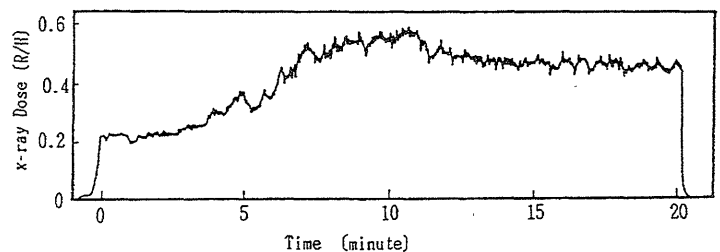


Fig3. High repetition rate operation of corona plasma cathode x-ray tube

Fig.4 はコロナプラズマで陰極 X 線管を用いて行った単発のレーザ発振出力特性である。最大出力は 240mJ (効率 1.8%), 最高効率は 1.93% (出力 225mJ) が得られている。なお、Fig.4 に示した発振効率は Fig.1 に示した C_1 に蓄えたエネルギーに対するレーザ出力の割合として算出している。X 線管への注入エネルギー (約 2J) を考慮すると、最高効率は 1.65% である。

Fig.5 は、レーザ管を高速ガス循環可能な構成に改造し、熱陰極 X 線管を用いて高繰返しレーザ発振テストを行った結果を示す。繰返し周波数 400pps において、平均出力 44.5W が得られている。

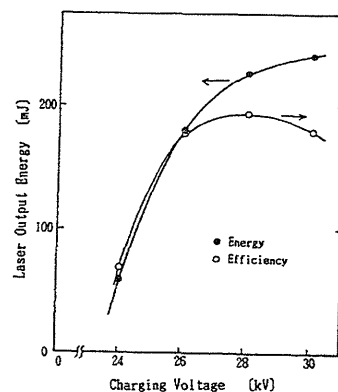


Fig5. Laser Output Energy

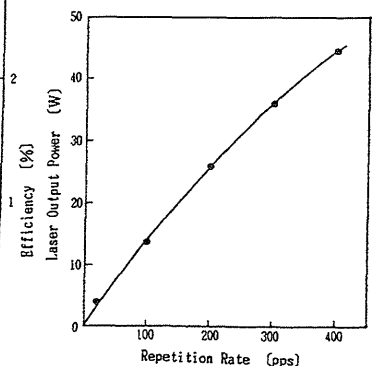


Fig6. Laser Output Power