

DESARROLLO DE UN LASER DE EXCIMERO XeCl CON PREIONIZACION TIPO CORONA

P. Mazzinghi, M. Vannini, R. Salimbeni, R. Pini, A. Guasti
IEQ - CNR, Firenze, Italia

y J. J. Niedbalski*

Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas
Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
Pinto 399, 7000 Tandil

Se presenta el desarrollo de un láser de excímero XeCl del tipo T. E, de alta presión (2-4 atm.), que emplea Ne como gas buffer. El circuito de excitación es del tipo "transferencia capacitiva" y el canal de descarga está conformado con un cátodo segmentado inductivamente estabilizado y un ánodo contorneado, con una sección efectiva de descarga de $10 \times 370 \text{ mm}^2$. Se estudiaron los efectos de la preionización UV lateral producida por arcos y por descargas acopladas capacitivamente, sobre la uniformidad de las descargas de bombeo. Por medio de estas últimas, descargas de bombeo volumétricamente homogéneas y muy estables fueron obtenidas empleando mezclas standar de HCl / Xe / Ne y altamente enriquecidas en HCl / Xe. Emisión láser en 308 nm con relativa alta eficiencia fue obtenida a bajo voltaje de operación.

CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS DEL LASER

La cámara de descarga fue construída a partir de un tubo de PVDF; tiene 60 cm de longitud, 10 cm de diámetro interno y 4mm de espesor. En ambos extremos fueron pegados retenes para las bridas que fijan las tapas para el cierre de vacío y presión. Sobre estas tapas son montados los sistemas para la fijación de las ventanas ópticas (cuarzo grado UV de 40mm de diámetro). El ánodo es una barra sólida de Aluminio contorneada con un área efectiva de descarga de $10 \times 370 \text{ mm}^2$. El cátodo es del tipo segmentado e inductivamente estabilizado, continuado por 133 segmentos de $3 \times 10 \text{ mm}^2$ de área, aislados y espaciados entre sí cerca de 1 mm con resina epoxy. Cada segmento es acoplado a un conector común a través de dos inductancias comerciales de 150 nH, dispuestas en paralelo. La inductancia equivalente en serie con la descarga es de solo 0.5 nH y no afecta por lo tanto la inductancia total del circuito de excitación.

El sistema de preionización consta de 36 capacitores de 260 pF y 30 KV de tensión máxima, dispuestos de a 18 en ambos lados del canal láser; la capacidad eléctrica equivalente es de 9,36 nF. La descarga de preionización (arcos), se realiza a través de tornillos puntiformes enfrentados entre sí a una distancia de 3 mm.

La estructura de electrodos de descarga y el sistema de preionización son parte de una pieza que

* Becario del International Centre for Theoretical Physics, Investigador CONICET.

puede ser introducida o retirada de la cámara con facilidad.

En la Figura 1 se muestra el diagrama esquemático del circuito de descarga que emplea un simple spark-gap con retardo automático entre la preionización y la descarga principal. El capacitor $C = 15 \text{ nF}$ es acoplado a los electrodos por medio de una adecuada línea en orden a asegurar una mínima inductancia.

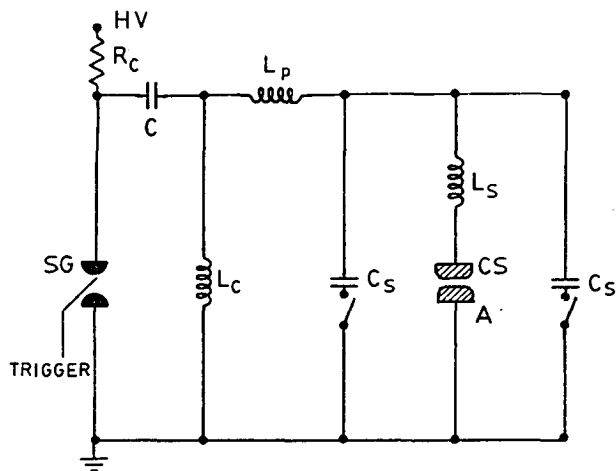


Figura 1: Circuito de descarga con preionización lateral.

- C : Capacitador primario
- L_p : Inductancia del circuito
- L_c : Inductancia de carga
- C_s : Capacitores secundarios
- L_s : Inductancia de estabilización
- CS : Cátodo segmentado
- A : Anodo

EFEECTO DE LA PREIONIZACION LATERAL

Operando con tensiones de carga entre 12 KV y 30 KV en un amplio rango de relaciones de mezcla HCl/Xe, se obtuvo una insuficiente e inhomogénea preionización; se usó Ne como buffer a presiones absolutas entre 2 atm. y 4 atm.

En la Figura 2 se muestra el típico comportamiento temporal de la tensión desarrollada a través del conjunto de inductancia e impedancia del gas.

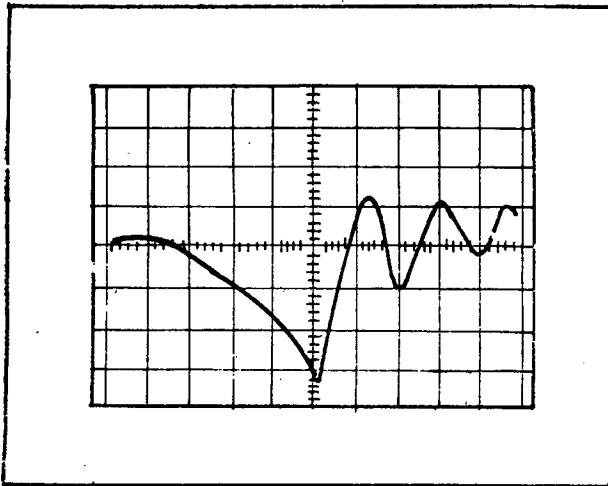


Figura 2: Comportamiento temporal del voltaje; 20 nseg/div; 5KV/div.

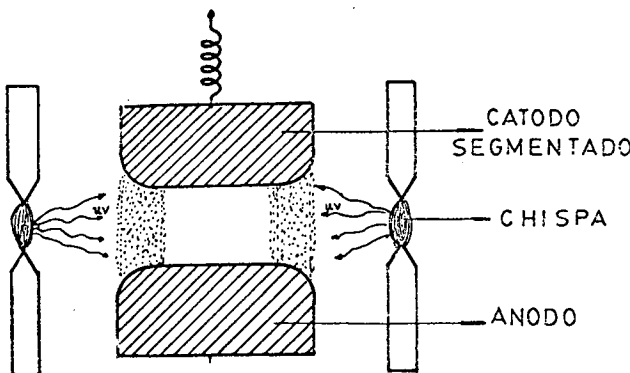


Figura 3: Esquema del efecto de la preionización lateral sobre la homogeneidad de la descarga.

Las observaciones sobre las descargas de excitación pueden resumirse de la siguiente forma:

- fueron restringidas a dos angostas regiones localizadas en los bordes de los electrodos como se esquematiza en la Fig. 3.
- reemplazando el electrodo de Aluminio perfilado por una simple barra cilíndrica (20 mm de

diámetro), fueron constreñidas a la región media del canal, llenando sólo un ancho de 3 mm. c) para ambas configuraciones, el desarrollo de arcos se verificaba a una tasa más alta que la descarga estable que genera la inversión de población.

MEJORAMIENTO DE LA DESCARGA DE EXCITACION

Como alternativa, se sustituyó el sistema de preionización lateral, por otro, basado en descargas capacitivamente acopladas como fuente de UV.

El electrodo de Aluminio fue reemplazado por una malla de acero inoxidable (70% de transparencia). Como preionizador se empleó un tubo de cuarzo de 7 mm de diámetro interno, 1 mm de espesor y 50 cm de longitud, dentro del cual una lámina metálica fue ajustada sobre su pared y soldada a un cable de alta tensión que sirve como conector al circuito externo.

Por otra parte, los capacitores del precedente sistema de preionización, fueron conectados como capacitores "peaking", en orden a asegurar una rápida crecida de la tensión sobre los electrodos.

El circuito modificado se muestra esquemáticamente en la Fig. 4. Se usó una relación $C/C_p = 1,6$, con lo cual la ganancia en tensión (cuando el spark-gap es cerrado), puede ser estimada en un valor $V_p = [2C/(C_p + C)] V_o = 1,23 V_o$ en un tiempo $T_p = (L_p C_e)^{1/2} = 15 \text{ ns}$, donde $C_e = [C \cdot C_p / (C_p + C)] = 5,7 \text{ nF}$; $L_p = 4 \text{ nH}$ es la inductancia del circuito y V_o es la tensión de carga.

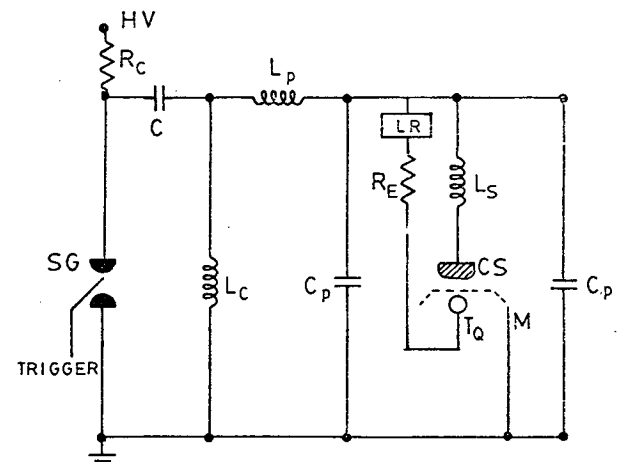


Figura 4: Circuito de descarga con preionización tipo corona.

- LR: Línea de retardo
 R_e : Resistencia electrolítica
 T_q : Tubo de cuarzo
 M : Malla de acero inoxidable
 C_p : Capacitores peaking

En el curso de los estudios, el tubo preionizador fue colocado a diferentes distancias de la malla a los efectos de determinar la influencia de este parámetro en el ensanchamiento y estabilidad de la descarga de excitación; se usó Ne puro como gas y fue finalmente fijado a 1 mm. Con esta distancia, se armonizó un buen acoplamiento capacitivo tubo-malla y una uniforme iluminación de la región activa, resultando un ancho de la descarga de 10 mm, aproximadamente. En la Fig. 5 se esquematiza este resultado. Con este sistema de preionización, descargas muy estables fueron obtenidas empleando mezclas standard de HCl : Xe : Ne = 0,1% ; 98,6%, y altamente enriquecidas en HCl y Xe tales como HCl : Xe = 0,2% : 2,8%, HCl : Xe = 0,3% : 4%, etc., a presiones entre 2 y 3 atm. El voltaje típico de operación fue de 15 KV, que corresponde a una energía nominal transferida de 1,7 Joules y valores de E / P entre 7,5 y 5,0 KV / cm. atm., respectivamente.

En la Fig. 6, se muestra el comportamiento temporal del voltaje para una presión de operación de 2 atm. con mezcla standard.

Con el fin de determinar la influencia que tiene sobre la estabilidad de las descargas de bombeo la aplicación retardada del voltaje al tubo preionizador, fueron insertados entre éste y el circuito "alimentador" (ver Fig. 4), distintas longitudes de cable coaxil RG-58A (tiempo de ret. = 5 ns/m). Se observó que la calidad de las descargas no varía con retardos hasta 10 ns; para más altos valores, comienzan a aparecer inestabilidades y sólo arcos para tiempos superiores a 20 ns.

CARACTERISTICAS DE LA EMISION LASER

La emisión láser en 308 nm. fue estudiada empleando algunas de las mezclas precedentes mencionadas a una presión de 2,5 atm. y un voltaje de carga de 15 KV. El resonador óptico fue conformado mediante espejos con recubrimiento dieléctrico, uno de los cuales es un reflector parcial plano (40% de reflectividad), y el otro, es un reflector total cóncavo de 5 metros de radio de curvatura. La energía de los pulsos láser fue medida con un joulímetro GENTEC ED-200, mientras que sus conformaciones temporales fueron determinadas con un fotodiodo de vacío (ITL-1850). En estas mediciones, el láser fue operado con mezcla en condición estática (sin flujo circulante). Empleando mezcla standard y trabajando a una frecuencia de 1 Hz, se observó una reducción gradual de la energía entre pulsos consecutivos del 3% y una conformación temporal de los mismos medianamente reproducible. Como referencia, la energía típica del primer pulso fue de 7 mJ (eficiencia = 0.44%) y su ancho temporal a mitad de altura de 15 ns.

Utilizando mezclas enriquecidas en HCl y Xe, la

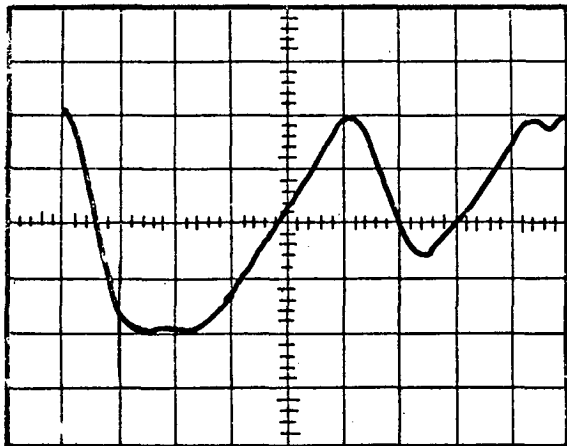


Figura 6: Comportamiento temporal del voltaje con mezcla HCl; Xe:Ne = 0,1%: 1,3%: 98,6%. Presión: 2atm.

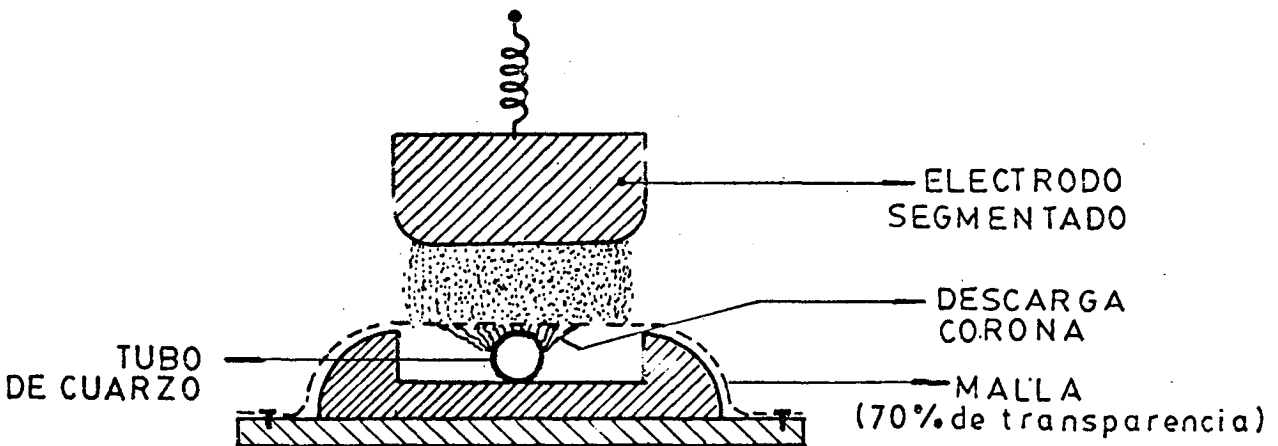


Figura 5: Esquema del efecto de la preionización por descarga capacitivamente acoplada sobre la homogeneidad de la descarga de bombeo.

reducción de la energía entre pulsos fue de aproximadamente 15% y el ancho temporal de los mismos entre 8 ns y 10 ns, con una energía correspondiente al primer pulso de 12 mJ (eficiencia = 0.75%). La degradación progresiva de la energía puede ser atribuida al incremento de temperatura del volumen de excitación, que no tiene tiempo de disiparse durante el período entre descargas. A su vez, la inhomogeneidad de la distribución de temperatura que afecta la calidad óptica del medio excitado, puede explicar las variaciones en la conformación temporal del pulso láser.

Una satisfactoria solución a este problema que deberá ser implementada en este láser consistirá en incorporar externamente un sistema de enfriamiento y de recirculación de la mezcla gaseosa, a través del canal de descarga, a una velocidad sufi-

ciente como para reemplazar el gas caliente por gas frío entre descargas.

REFERENCIAS

1. T. S. Fahlen, IEEE Journal of Quantum Electronics, Vol. QE-15, N°5, May 1979.
2. V. E. Peet and A. B. Treshchalov, Sov. J. Quantum Electron. 15 (12), Dec. 1985.
3. P. M. Johnson, N. Keller and R. E. Turner, Appl. Phys. Lett., 1 March 1978.
4. R. C. Sze, IEEE Journal of Quantum Electronics, Vol. QE-15, N°12, December 1979.
5. R. E. Taylor, A. J. Alcock and K. E. Leopold, Optics Letters, Vol. 5, N°6, June 1980.
6. W. H. Long, M. J. Plummer and E. A. Stappaerts, Appl. Phys. Lett. 43, 735 (1983).