

## 고전압 펄스형 전원을 사용한 질소레이저의 자체 선전리 효과

이 치 원  
공주전문대학

안 근 옥  
대전기계창

추한태 · 양준묵  
충남대학교 물리학과

(1990년 6월 27일 받음)

레이저관내에 별도의 전극을 설치하지 않고 레이저전극 자체만으로 선전리 효과를 얻을 수 있는 질소레이저를 연구하였다. 이를 위하여 고전압 펄스형 전원과 고속고전압 방전간극을 사용하는 레이저를 제작하였으며, 레이저관 양단에는 저항 또는 인덕터를 연결하여 이들이 레이저 동작특성에 미치는 영향과 자체 선전리 효과를 함께 연구하였다.

### I. 서 론

질소레이저의 출력을 증대시키고 반복률이 높으면서도 안정성있는 레이저를 얻기 위한 연구가 여러 가지 방법으로 이루어져 왔는데 이들은 대부분 전기적인 회로의 개선,<sup>(1-4)</sup> 여기방법의 개선,<sup>(5-8)</sup> TEA 동작,<sup>(9-11)</sup> 반사경을 이용한 출력의 증대,<sup>(12,13)</sup> 방전간극의 동작조건 개선<sup>(14-17)</sup> 등에 관한 연구들이었다. 이와는 다른 방법으로 선전리(preionization)에 의한 질소레이저의 출력증대 방법이 1974년 J.I. Levatter<sup>(7)</sup>에 의하여 연구되었는데, 이는 D. Basting<sup>(18)</sup>과 유사한 방법으로 레이저관내에 제 3의 전극을 설치하는 방법이었다. 이들은 제 3의 전극에 의하여 발생시킨 아크로 질소가스를 선전리시켰으며 질소압력 180 torr에서 3MW의 출력을 얻었다. I. Sánta<sup>(19)</sup> 역시 고성능 thyratron과 선전리 방법을 이용하여 3%의 안정성을 가진 TEA 질소레이저를 얻었고 최근에 T. Sakurai<sup>(20)</sup>는 C-C형 전송회로를 이용하는 펄스형 방법과 선전리 방법을 이용하여 출력향상을 시킨

보고들이 있다.<sup>(21)</sup> 이밖에도 선전리 방법이 여러 가지로 연구 보고되었을 뿐 아니라<sup>(22-25)</sup> 방전간극 및 레이저관내의 회로구성이 출력에 미치는 영향도 연구되어<sup>(16,17,26,27)</sup> 이 분야에 활발한 연구가 이루어지고 있음을 볼 수 있다. 이처럼 질소레이저는 회로구성을 비롯하여 방전간극, 선전리 등 그의 출력특성에 미치는 요인들이 수없이 많아 아직도 고출력과 높은 반복률 그리고 높은 안정성의 질소레이저 개발에는 어려움이 많이 남아있다.

본 연구에서는 이러한 난점을 개선하는 하나의 방법으로 제 3의 전극을 별도로 설치하지 않고도 레이저전극 자체에 의하여 선전리를 일으킬 수 있는 새로운 방법을 고안하여 연구하였으며 이를 자체 선전리(自體 先電離: self-preionization)라 부르기로 한다. 이 자체 선전리는 고전압 펄스형 전원과 고속고전압 방전간극(rapid high voltage spark gap) 그리고 전송회로로 구성되는 회로에 의하여 레이저전극에 스스로 그 효과가 나타나고 있음을 확인하였으며 레이저전극에 연결된 저항과 인덕터 역시 자체 선전리 효과에 어떤 영향을 주고 있음을 실험으로 확인하였다. 특히, 레이저 동작 최적조건에서 인덕터의 값이 1mH 일 때가 낮은 인덕터의 값(0.2mH 이

\*이 연구는 1989년도 한국과학재단 연구비 지원과 레이저장려연구센터의 일부 지원에 의한 결과임.

\*\*과제번호 : 891-0204-017-2.

하)에 비하여 그의 출력특성이 13.5% 정도 높았고 낮은 저항값(0.5 kΩ)에 비하면 질소기체 압력, 반복률 등에 대해서 그 동작특성이 크게 향상되었음을 확인하였다.

II. 실험장치

1. 레이저관

레이저전극 자체에 의한 선전리 효과를 얻기 위해서는 레이저전극 양단에 걸리는 비교적 긴(레이저를 발생시키는 펄스형 전압의 폭, 수 ns~10 ns에 비하여 약 10<sup>9</sup>배 정도) 펄스형의 고전압에 대하여 레이저관을 구성하는 절연체가 내압은 물론 그의 표면누전까지도 막을 수 있도록 그림 1에 보인 바와 같이 절연체의 내부와 외부에 요철을 만들었으며 이를 지지 결합하여 주는 절연체에도 요철을 주었다.

레이저관의 절연체로는 베이클라이트를, 도체로는 황동을 사용하였고, 레이저관의 도체길이는 660 mm, 양단의 절연체를 포함한 전체 길이는 760 mm 가 되도록 하였으며, 레이저를 발생시키고 자체 선전리 작용을 하는 레이저전극은 650 mm로 하였다. 이 레이저전극은 두께 12 mm, 폭 36 mm, 길이 650 mm의 황동막대에 지름 12.5 mm의 구리관을 납으로 용접하여 제작하였으며 이들 두 전극과 전극 사이의 간격을 외부에서 마이크로미터로 미세조정할 수 있도록 하였는데, 본 실험에서는 두 전극 사이의 간격을 3 mm에서 모두 실시하였다. 반사경과 출력창은 각각 지름 20 mm 가 되도록 하였고 길이 760 mm의 레이저관 양단에 다시 두께 50 mm의 절연 베이클라이트를 부착하고 그 위에 반사경과 출력창을 부착한 미세조정 장치를 부착하여 레이저의 광축을 맞출 수 있도록 하였다. 이처럼 제작 조립된 레이저관은 그림 1과 같이 클램프로 지지하였으며 그림의 레이저관 단면 중 오른쪽 전극쪽은 접지로서 전송회로의 E 단자에, 왼

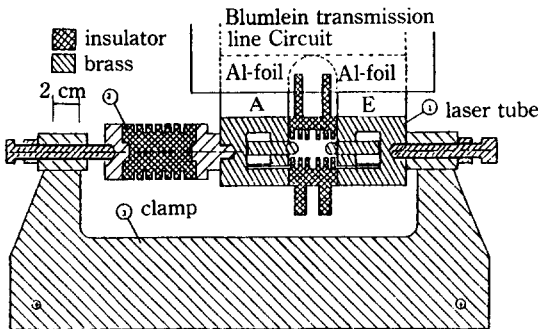


Fig. 1. Cross sectional view of laser tube.

편은 anode로서 전송회로의 A 단자에 접속토록 하였다.

2. 고속고전압 방전간극

자체 선전리 효과에 대하여 고속고전압 방전간극 역시 매우 중요한 역할을 하고 있다. 이러한 고속고전압 방전간극에는 폭 50~200 μs 정도의 펄스형 고전압(약 60 kV)이 걸리므로 레이저관에서 보다 더 특별한 누전방지의 대책이 필요하다. 이를 위하여 그림 2와 사진 1에 보인 바와 같이 절연체, 베이클라이트에 깊은 요철을 만들었으며 두께는 20 mm, 외경은 210 mm가 되도록 하였다. 이러한 절연체 두 개의 사이에 직경 160 mm, 두께 2 mm의 황동판을 삽입하여 trigger plate로 사용하고, 두 절연체의 밖에는 직경 50 mm의 방전전극을 각각 부착한 직경 160 mm, 두께 10 mm의 황동판을 덮어 이를 다시 3개의 클램프로 조여 조립함으로써 고속고전압 방전간극을 구성하였다. 직경 50 mm의 방전전극은 피치

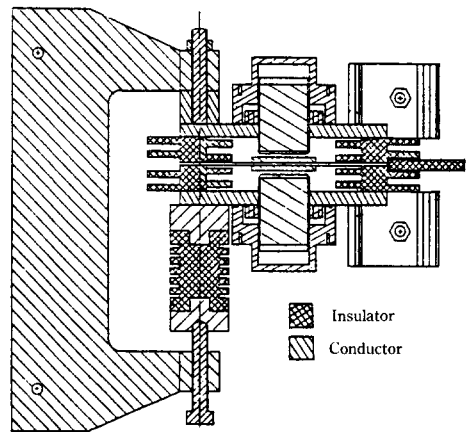


Fig. 2. Schematic diagram of the rapid high voltage spark gap system in this work.

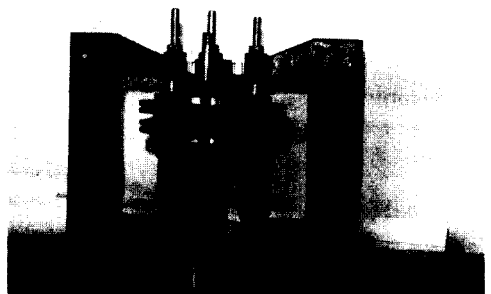


Photo. 1. Photograph of the spark gap and its clamp.

1.5 mm의 나사를 내어 방전간극 사이의 간격을 미세조정할 수 있도록 하였다. 그림에서 방전전극의 상부 전극 부분은 접지로서 전송회로의 E 단자에, 아랫부분은 고압이 걸리는 부분으로 전송회로의 D 단자에 접속된다.

본 실험에서 고속고전압 방전간극은 대기압의 공기를 넣어 작동시켰으며 방전시 발생하는 열을 식히기 위하여 펌프를 사용하였다. 방전전극면은 항상 서로 평행이 되도록 하였고 이들 두 전극 사이에 삽입되어 있는 트리거 판은 외부의 synchronizer에 의하여 작동이 되고 이 작동에 의하여 고속고전압 방전간극이 작동되도록 하였다.

3. 전송회로

본 연구에서는 부피는 작아도 그의 축전용량이 큰 다중평행판 축전기형 Blumlein 전송회로를 사용하였다. (27,28) 전극판과 유전체는 두께 0.1 mm의 알루미늄박과 두께 0.25 mm의 mylar film은 6매를 겹쳐 총 두께 1.5 mm가 되도록 하였고 양면테이프를 사용하여 이들을 단단하면서도 간단하게 접착하였다. 이 전송회로 1개의 외형 크기는 가로, 세로 각각 40 cm와 15 cm이며 그의 축전용량은 1.3 nF 이었고 이러한 것 11개로 구성된 전송회로는 그 한쪽이 고속고전압 방전간극에 다른 한쪽이 레이저관에 부착되어야 하므로 고속고전압 방전간극을 중심으로 부채꼴 모양으로 배열하였다.

4. 펄스형 고전압 전원

본 연구목적을 수행하기 위해서는 직류전원 대신 펄스형의 고전압 전원이 필요하며 그 전기회로를 그림 3에 보인다. 이 전원장치를 작동시키기 위해 대용량의 직류전원이 필요하므로 그림 3의 왼편에 보인 바와 같이 삼상교류 정류회로와 대용량의 π형 필터를 사용하였으며 펄스형의 고전압을 얻기 위하여 대용량의 SCR<sub>1</sub> (SANREX SC300C-120)과 고전압 변압기 T<sub>1</sub>을 사용하였다.

이 변압기의 철심은 Z-core(차속밀도 15,000 gauss)로서 그의 단면적은 21.6 cm<sup>2</sup>이고 평균 철심길이는 44

cm이었는데, 이것을 6개 병렬로 조합하여 하나의 변압기 철심을 구성하고 여기에 1차 12회, 2차 2000회의 권선을 감았다. 이 펄스형 고전압회로의 작동은 SCR<sub>1</sub>의 gate G<sub>1</sub>에 synchronizer의 출력측으로부터 트리거 펄스가 가해지면 SCR<sub>1</sub>이 도통상태가 되면서 용량 500 μF의 축전기 C<sub>e</sub>에 축전된 전기에너지가 변압기의 1차 코일을 순간적으로 지나 SCR<sub>1</sub>에 의하여 방전하게 된다. 이때 변압기 2차 코일 양단에서 얻은 펄스형 전압의 최고치는 개방회로에서 약 60 kV 이었고 펄스당 출력에너지는 적당한 값의 저항을 걸어 측정한 결과 약 3.3 joule 이었다. 한편, 레이저 작동시 전압상승률은 300 volts/μs 정도이었다.

III. 실험

본 실험에 사용된 레이저 회로도들을 그림 4에 보인다.

레이저의 작동은 synchronizer로부터 나오는 펄스에 의하여 SCR<sub>1</sub>과 SCR<sub>2</sub>가 각각 trigger되며 SCR<sub>1</sub>과 T<sub>1</sub>에 의하여 전송회로 C<sub>1</sub>과 C<sub>2</sub>가 충전되어지고 SCR<sub>2</sub>와 T<sub>2</sub>에 의하여 고속고전압 방전간극이 trigger 된다.

T<sub>1</sub>에 의하여 C<sub>1</sub>에 충전되는 정전기는 전압상승에 따라 인덕터 L(또는 저항 R)을 통하여 C<sub>2</sub>에 정전기를 공급할 것이며 이 과정에서 L(또는 R)에 의하여 레이저관의 두 전극 사이에는 전압차가 나타날 것이다. 본 실험에서는 이처럼 레이저관의 두 전극 사이에 나타나는 전압차가 레이저 동작특성과 자체 선전리 효과에 미치는 영향을 조사하였으며, 이들의 동작상태를 조사하기 위한 방법으로 그림 4에 보인 바와 같이 저항분압기를 이용한 모니터 M을 4곳에 설치하였고, 그들의 전압변화 모습을 storage oscilloscope (TEKTRONIX, 5441)를 이용하여 측정, 기록하는 한편 레이저의 출력과 안정성을 조사하기 위하여 silicon detector와 증폭기 (ORTEC, 485), M.C.A (NUCLEAR ENTERPRISES Ltd., NE 4700, SCOTLAND), 카메라 등을 이용하여 기억, 기록하므로써 면밀한 분석을 하였다. (29)

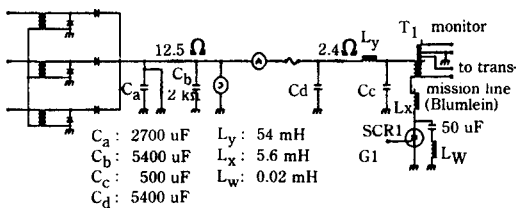


Fig. 3. Electric circuit of high voltage pulse type power source.

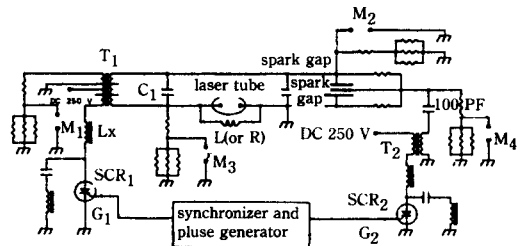


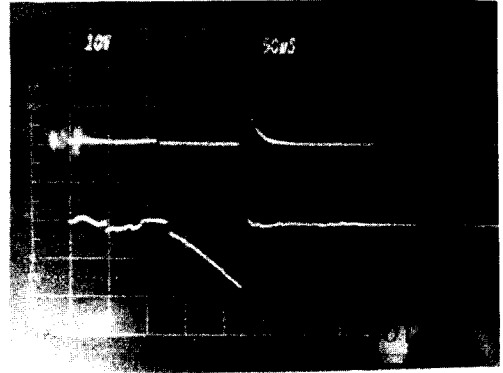
Fig. 4. Schematic diagram of the laser system with rapid high voltage spark gap and monitors.

구체적인 실험방법은, 레이저관 양단에 저항 R을 0.5 kΩ, 1 kΩ, 20 kΩ, 30 kΩ, 50 kΩ 등으로 변경하였고 인덕터 L은 0.2 mH, 1 mH, 8 mH, 16 mH, 26 mH, 36 mH 등으로 변경하여 각 경우마다 레이저 동작특성을 측정하는 한편 이들과 고전압 펄스형 전원장치 및 고속고전압 방전간극이 자체 선전리 효과에 미치는 영향을 조사하기 위하여 레이저 각 부분의 전기적 동작특성을 모니터 M을 이용하여 측정하였다. 저항분압기로 구성된 모니터의 배율은 각각 M<sub>1</sub>이 1/50, M<sub>2</sub>가 1/6000, M<sub>3</sub>가 1/2000, M<sub>4</sub>가 1/5000이었다.

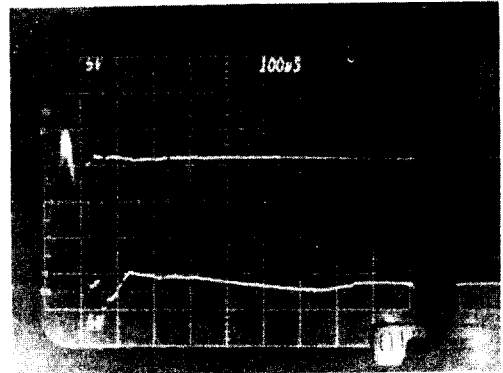
IV. 실험결과 및 분석

Blumlein 전송회로에 전기에너지를 공급하기 위한 방법이 종전의 것과는<sup>(14,24)</sup> 다른 펄스형의 고전압 전원을 사용하였고 고속고전압의 방전간극을 이용하므로써 레이저관내에 별도의 전극을 쓰지 않고 레이저를 발진시키는, 즉 전극 자체만으로 선전리의 효과를 얻을 수 있도록 하였으며 한편으로 전극의 양단에 저항 또는 인덕터를 연결하므로써 그 효과를 높일 수 있도록 하였다.

사진 2는 전송회로에 전기에너지가 공급되는 시간변화와 방전간극의 trigger 시간을 측정한 것인데 위의 궤적은 방전간극의 트리거 시간을 측정하기 위하여 모니터 M<sub>4</sub>를 100 pF 축전기의 T<sub>2</sub>쪽 단자에 연결하여 전압변동의 시간변동을 보인 것이고 아랫 궤적은 방전간극의 양단 전압을 측정하기 위한 모니터 M<sub>2</sub>로 전압변동의 시간변동을 촬영한 것이다. 그림의 윗 궤적에서 가장 좌측단에 약간의 희미한 진동궤적이 방전간극을 트리거시키는 시간이며, 아랫 궤적의 진폭변화가 심한 부분은 SCR<sub>1</sub>의 작동에 의하여 Blumlein 전송회로의 두 축전기에 충전이 이루어지면서 방전간극에 전압이 크게 상승하고 있음을 보이고 있다. 그런데 사진 (a)에서는 방전간극이 트리거된 후 약 220 μs 후에 방전간극의 전압이 최대가 되었고 이 최대의 순간에 갑작스런 방전으로 전압이 급강하 됨을 볼 수 있었으나 이 순간에 레이저를 발진시킨 (b)의 경우는 방전간극의 트리거 시간과 전압최대의 시간이 일치되어 있는 상태로써 (a)와 같은 경우의 동작상태는 얻을 수 없었고 레이저 발진도 일어나지 않았다. 간단한 몇번의 실험에 의하면 방전간극을 트리거하는 시간이 레이저가 발진하는 시간보다 약 100~220 μs 정도 빠른 범위내에서 레이저의 발진은 양호하고 거의 같은 동작상태를 보였으나 이 범위를 벗어나 늦어지거나 빨라지면 레이저 발진은 급격히 나빠지고 거의 발진이



(a)



(b)

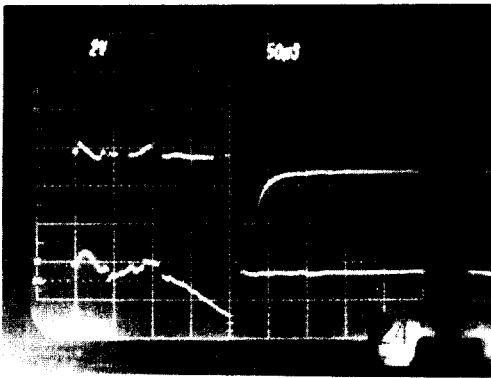
Photo. 2. The gap of time between power supply and triggering (a) laser can be generated but (b) can not.

일어나지 않았다. 이는 방전간극내의 기체분자를 이 시간의 범위내에서 트리거회로에 의하여 이온화시킨 후 다시 펄스형 전원에 의하여 전압을 상승시켜 주방전(main discharge)이 일어나도록 함으로써 안정되고 강한 레이저를 얻을 수 있음을 실험으로 보여준 것이다. 그러나 기체분자의 역할에 대한 이론적 연구는 계속 연구되어야 할 것으로 생각한다.

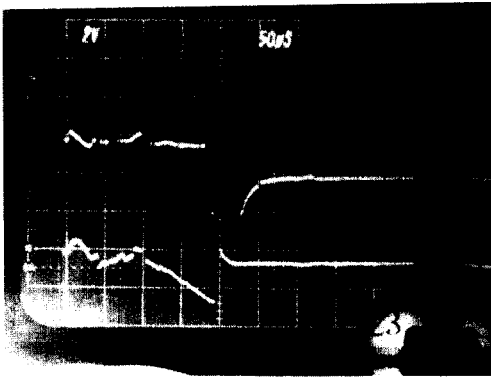
사진 (a)의 윗 궤적에서 레이저가 발진하는 순간에 생긴 전압은 방전간극이 방전됨으로써 축전기 100 pF 에 전류가 역으로 흘러 생긴 전압임을 참고적으로 밝힌다.

1. 저항의 영향

펄스형 전원과 레이저관 양단에 걸어준 저항 R을 통해 전송회로의 축전기 C<sub>1</sub>과 C<sub>2</sub>에 정전기가 충전되는 현상을 관찰하기 위하여 모니터 M<sub>2</sub>(배율 : 1/6000)와 M<sub>3</sub>



(a)



(b)

Photo. 3. Voltages on the laser tube (upper) and spark gap (lower). (a) for 1 kΩ, (b) for 50 kΩ.

(배율 : 1/2000)를 이용하여 고속고전압 방전간극의 전압과 레이저관 양단의 전압변화를 측정하였으며 이를 사진 3에 보인다.

사진에서 위의 궤적은 레이저관의 두 전극 사이 즉 저항 R의 양단 전압을 측정한 것이며 아래 궤적은 방전간극의 전압(방전전압 : 14 kV)을 나타내는데 (a)는 저항 1 kΩ, (b)는 50 kΩ에 대한 것이다. 위의 궤적에서 전압이 상승하다가 끊어지고 심하면 떨어지는 현상을 볼 수 있는데, 이는 레이저관의 두 전극 사이에서 순간적인 방전, 즉, 자체 선전리가 이루어지고 있음을 보이는 것이다. 사진에서 알 수 있는 바와 같이 1 kΩ 때보다 50 kΩ에서 불연속점이 많음을 발견할 수 있으며, 이는 더 많은 자체 선전리에 의하여 레이저의 특성이 향상될 수 있음을 보여주는 것으로 그에 대한 결과를 그림 5에 보인다.

그림 5는 고속고전압 방전간극의 거리에 대한 레이저

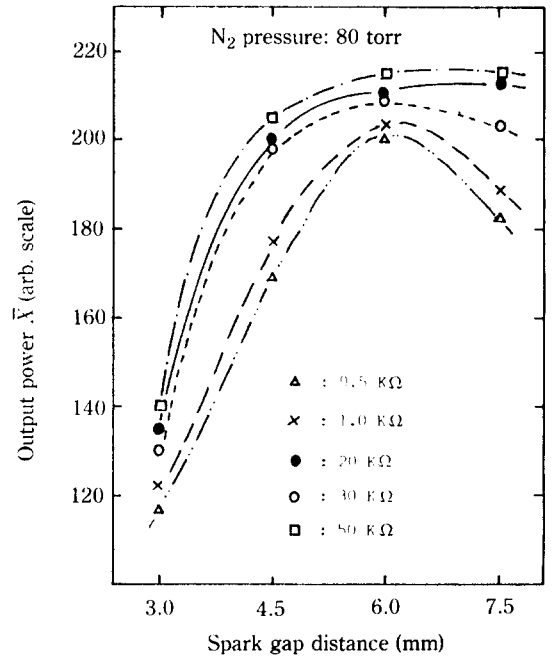


Fig. 5. Laser output power vs. spark gap distance for different resistance R.

광출력특성을 그린 것인데 이 그림에서도 50 kΩ일 때가 우수함을 보여주고 있으며 방전간극의 거리는 6.0 mm일 때가 최적이었다.

방전간극 거리가 6.0 mm에서 질소압력에 대한 레이저 출력을 그림 6에 보인다. 여기서도 50 kΩ의 경우가 우수한 동작특성을 가지고 있으며 질소기체압력 80 torr에서 최적조건을 유지하고 있음을 보여주고 있다. 그림 7은 저항 50 kΩ, 질소기체 압력 80 torr에서 반복률에 대한 레이저 출력과 안정성( $\sigma_x/\bar{x} \times 100\%$ )을 그린 것인데 반복률 30~90 Hz 사이에서 출력의 변화는 3%, 안정성은 3~5% 이내로 우수한 동작특성을 보여주고 있다.

## 2. 인덕터의 영향

레이저관 양단에 인덕터를 연결하여 실험한 결과를 사진 4에 보인다. 저항의 경우와 같이 위의 궤적은 레이저관에, 아래 궤적은 고속고전압 방전간극에 걸리는 전압 [방전전압 : (a) 22 kV, (b) 15 kV]의 변동을 보인 것이며 (a)는 1 mH의 경우이고 (b)는 36 mH의 경우이다. 1 mH의 경우가 36 mH의 경우보다 그 진동주기가 약간 긴 것으로 나타났으며 레이저 발진 전에 작은 방전으로 궤적이 여러번 끊겼고, 레이저 발진 전 약 50 μs에서부터는 본 실험에 사용된 오실로스코프(TE-

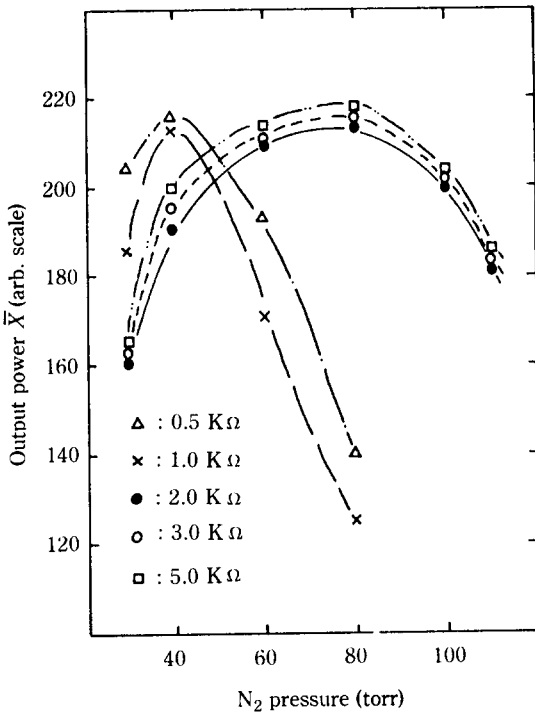


Fig. 6. Laser output power vs. nitrogen pressure for different resistance R across the laser tube. (spark gap distance: 6.0 mm, repetition rate 50 Hz).

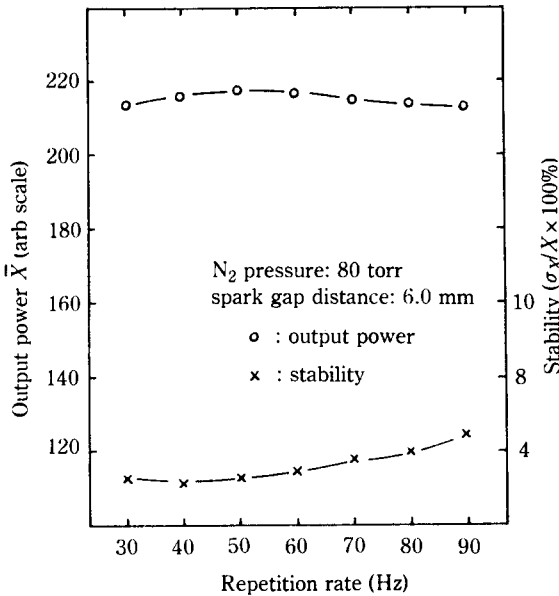
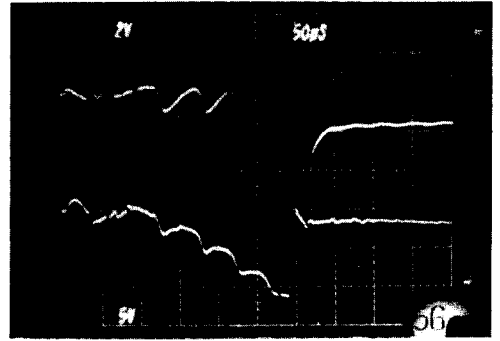
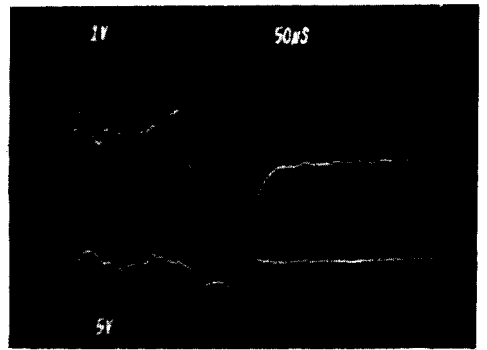


Fig. 7. Laser output power and stability vs. the repetition rate. (for resistance R = 50 kΩ).



(a)



(b)

Photo. 4. Voltage profiles on the laser tube (upper) and spark gap (lower). (a) for 1 mH, (b) for 36 mH.

KTRONIX, 5441, 50 MHz)로서는 잡을 수 없을 만큼 진동이 심하였음을 보여주고 있다.

또한 36mH 보다는 1mH의 경우가 자체 선전리의 시간이 약간 길게 나타나고 있어 이는 후자의 경우가 레이저 출력특성이 보다 좋을 것임을 예상할 수 있고 이에 대한 결과를 그림 8에 보인다. 그림 8은 방전간극 거리에 따른 레이저 출력특성을 50 torr에서 그린 것이며 인덕터 L의 값이 1mH 그리고 방전간극 거리가 6.0mm 일 때 가장 좋은 레이저 동작특성을 나타내고 있다.

그림 9는 방전간극 거리 6.0mm에서 레이저관내의 질소기체 압력에 대한 레이저 출력을 그린 것인데 이 때 역시 1mH 때가 가장 좋은 레이저 동작특성을 나타내고 있으며 특히 질소기체 압력의 넓은 변화범위(50~120 torr)에 대해 거의 비슷한 출력특성을 가지고 있음을 주목할 만하다. 그림 10은 방전간극 6.0mm, 인덕턴스 1mH일 때 질소기체 압력 50 torr에서 반복률에 대한 레이저 출력과 그의 안정성에 대한 그림이다. 여기서 레이저 최적동작특성이 반복률 70 Hz 때임을 알 수 있고 안정성은 2.0%이었으며 E/P는 867 V/cm·torr이다.

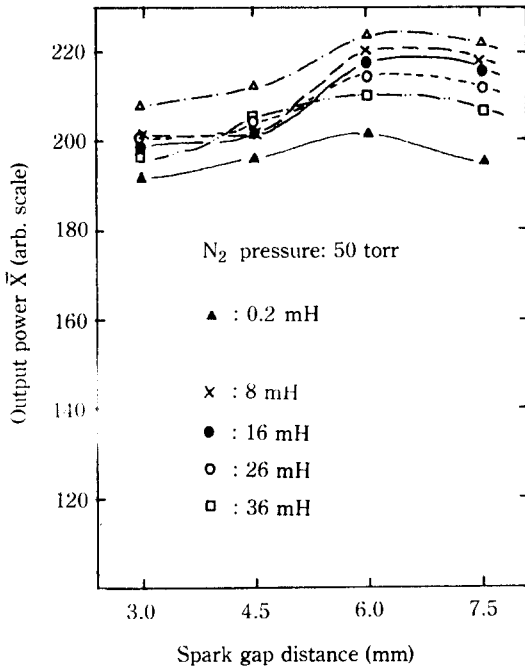


Fig. 8. Laser output power vs. spark gap distance for different inductance L.

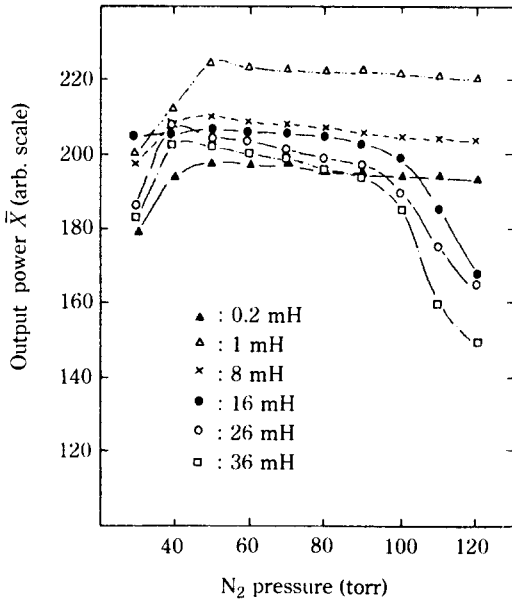


Fig. 9. Laser output power vs. nitrogen pressure for different inductance L across the laser tube. (spark gap distance: 6.0 mm, repetition rate: 50 Hz).

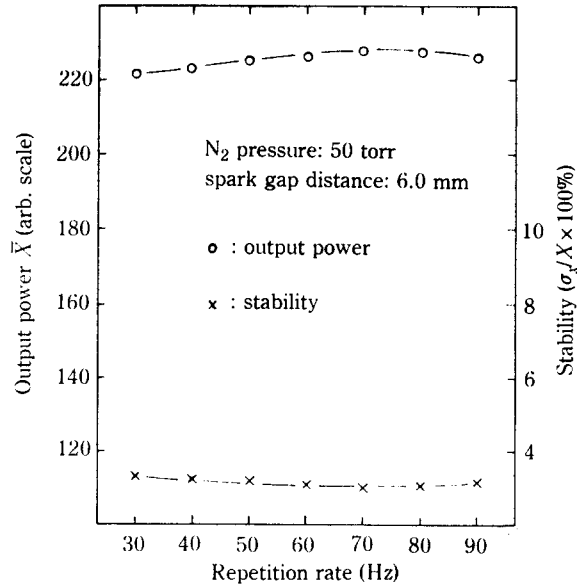


Fig. 10. Laser output power and stability vs. the repetition rate. (for inductance L = 1 mH).



Photo. 5. Voltage profile of the trigger plate (upper) and spark gap (lower).

### 3. 자체 선전리 효과

사진 5에서 위 그림은 고속고전압 방전간극내 트리거판의 전압을, 아랫 그림은 방전간극의 전압을 나타내는데 그림에서 그들의 궤적이 몇군데 끊어져 있음을 볼 수 있다. 이러한 현상은 사진 3, 4에도 나타난 바와 같이 레이저관에도 나타났으며 궤적의 기울기가 큰 곳에서 주로 나타났다. 앞에서 설명한 바와 같이 방전간극에서 주 방전이 일어나기 100~200 μs 이전에 트리거판을 트리거시켜 주어야만 레이저 발진이 가능하였다.

미세한 방전이 없는 경우의 실험을 하기 위하여 트리

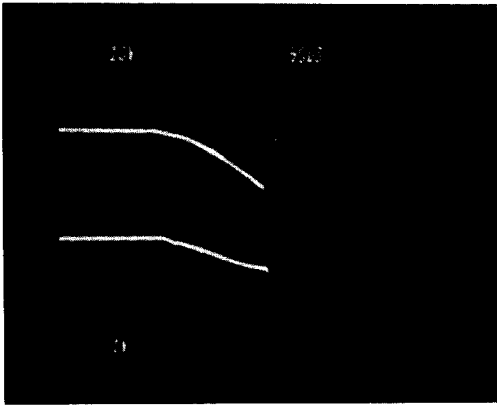


Photo. 6. Voltage profile on the spark gap(upper) and the laser tube(lower).

거관과 접지 사이에서 100 pF의 축전기를 연결하여 미세방전을 흡수시킨 결과 레이저 발진이 일어나지 않았다.

사진 6은 방전간극의 전압을 30 kV(전자의 약 1.5배)로 높여 실험한 것이며 레이저관과 방전간극 모두에서 제각의 끊어짐을 거의 관찰할 수 없음은 물론(주 방전이 있을 후 미세방전이 크게 일어나고 이로 인하여 제각이 없어졌음), 레이저 발진도 거의 일어나지 않는데 이는 미세한 방전들이 선전리에 큰 영향을 주고 있음을 반증하는 것이다. 그러나 이는 앞에서 실험한 것들보다 높은 전압에서 얻은 결과이므로 그 결과를 서로 비교한다는 것은 의미가 없을 뿐더러 전원에 무리한 부하를 주기 때문에 더 이상의 실험은 생략하였다.

상기와 같은 몇 가지의 실험결과를 검토하여 볼 때, 고속고전압 방전간극에서 일어난 미세한 방전들이 Blumlein 전송회로를 통하여 레이저 전극에 전달되고 선전리를 일으키도록 하였으며 이로써 레이저 특성을 개선하였다고 생각한다.

이 방면의 연구는 펄스형 전원의 용량보강과 아울러 계속되어야 하겠다.

### V. 결 론

펄스형 고전압전원, 고속고전압 방전간극, 다중평행판 축전기형 Blumlein 전송회로 등으로 구성된 질소레이저는 그의 출력을 크게 할 수 있음은 물론 반복률의 증가에 따른 출력의 감소를 최소화할 수 있고 높은 반복률에서도 안정된 레이저 동작을 이룰 수 있으며 비교적 넓은 폭의 질소압력 변화에도 거의 일정한 출력의 레이저를 얻

을 수 있었다. 이는 펄스형 고전압전원과 고속고전압 방전간극에 의한 자체 선전리 효과에 의한 것이며, 이 자체 선전리 효과는 레이저관 양단에 연결한 저항 또는 인덕터의 영향도 많이 받고 있었으며 그 결과는 다음과 같다.

1) 레이저 최적동작특성은 레이저관 양단에 연결한 인덕터의 값이 1 mH, 질소압력 50 torr, 반복률 70 Hz 일 때였으며 이 때의 안정성은 2.0%, E/P는 867 V/cm·torr 이었다.

2) 인덕터 1 mH 를 사용할 경우 질소기체 압력이 120 torr 까지 증가하더라도 레이저 출력은 거의 일정(~4% 이내)하였고 저항에 비하여 동작특성이 크게 향상되었다. 이는 120 torr 이상의 고압 질소에 대하여서도 레이저 동작특성을 개선할 수 있음을 보여준 것이다.

3) 반복률에 있어서도 저항 50 kΩ에 비하여 1 mH의 경우가 보다 우수함을 보여 30~90 Hz의 범위에서 출력의 변동이 2.2% 이내이고 안정성에 있어서도 3% 이내의 좋은 동작특성을 보였고 출력에 있어서도 5% 정도 높았다.

4) 고속고전압 방전간극, 펄스형 고전압전원 그리고 전송회로의 작용에 의하여 레이저 전극에 미세방전에 의한 선전리가 일어났으며 이 결과로 레이저 발진과 더불어 상기의 레이저 특성을 얻었다. 반면, 미세방전을 억제한 상태에서는 레이저 발진이 일어나지 않았으며 이는 자체 선전리 효과의 존재를 반증하는 것이다.

이상의 연구결과는 질소레이저 뿐만 아니라 다른 종류의 기체레이저 개발에도 응용이 가능할 것으로 기대하는 바이다.

### 참 고 문 헌

- [1] M. Geller, D. E. Altman, T. A. Detemper, Appl. Opt., 7, 2232 (1968).
- [2] D. T. Phillips, J. West, Am. J. Phys., 38, 655 (1970).
- [3] K. E. Ericson, L. R. Lidholt, Appl. Opt., 7, 211 (1968).
- [4] 원종욱, 김종진, 박대운, 김성해, 새물리 (Korean Phys. Soc.), 16, 218 (1976).
- [5] R. W. Dreyfus, R. T. Hodgson, Appl. Phys. Lett., 20, 195 (1972).
- [6] E. L. Patterson, J. B. Gerado, A. W. Johnson, Appl. Phys. Lett., 21, 293 (1972).
- [7] J. I. Levatter, S. C. Lin, Appl. Phys. Lett. 25, 703 (1974).
- [8] V. A. Valin, V. A. Slinko, S. S. Sulakshin, Kvantovaya Elektron. MOSK (USSR) 15, 61 (1988).



- [9] H. E. B. Anderson, S. A. Borgstrom, *Opto-Electronics*, **6**, 225 (1974).
- [10] H. Herden, *Phys. Lett.* **54A**, 96 (1975).
- [11] 공홍진, 한국과학원 박사학위 청구논문 (1980).
- [12] C. L. Sam, *Appl. Phys. Lett.*, **29**, 505 (1976).
- [13] V. Masilamani, F., Docchio, V. Magni, *Jpa. J. Appl. Phys.*, **24**, 1320 (1985).
- [14] A. Bojara, W. Gawlik, R. Grabski, J. Zachorowski, *Rev.*, **55**, *Sci. Instrum.*, **55**, 166 (1984).
- [15] G. W. Scott, S. Gao-Zhi Shen, A. J. Cox, *Rev. Sci. Instrum.* **55**, 358 (1984).
- [16] K. Ishikawa, S. Muto, H. Matsuzawa, *Appl. Phys. Lett.* **50**, 889 (1987).
- [17] K. Ishikawa, S. Muto, H. Matsuzawa, S. Suganomata, *J. Appl. Phys.*, **62**, 1132 (1987).
- [18] D. Basting, F. P. Schafer, B. Steyer, *Opto-Electronics*, **4**, 43 (1972).
- [19] I. Santa, L. Kozma, B. Racz, M. R. Gorbali, *J. Phys. E: Sci. Instrum.* **17**, 368 (1984).
- [20] T. Sakurai, T. Watanabe, *J. Appl. Phys.* **59**, 4007 (1986).
- [21] K. R. Rickwood, A. A. Serafetinides, *Rev. Sci. Instrum.* **57**, 1299 (1986).
- [22] H. M. Von Bergmann, A. J. Penderis, *J. Phys. E: Scientific Instrum.*, **10**, 602 (1977).
- [23] E. E. Bergmann, *Rev. Sci. Instrum.* **48**, 545 (1977).
- [24] C. Iwasaki, T. Jitsuno, *IEEE J. Quantum Electron.* **QE-18**, 423 (1982).
- [25] H. J. Kong, D. Y. Park, *J. Appl. Phys.* **58**, 3667 (1985).
- [26] I. Santa, L. Kozma, B. Nemet, J. Hebling, M. R. Gorbali, *IEEE J. Quantum Electronics*, **QE-22**, 2174 (1986).
- [27] 양준목, 이치원, 안근옥, *새물리* **28**, 79(1988).
- [28] 이치원, 추한태, 양준목, *새물리* **29**, 291(1989).
- [29] T. Mitani, T. Nakaya, *J. Phys. D: Appl. Phys.*, **11**, 2071 (1978).

## Self-Preionization Effects of the Nitrogen Laser Using High Voltage Pulse Power Supply

Chi-Weon Lee

*Kongju National Junior College*

Keun-Ok Ahn

*Daejeon Machine Depot*

Han-Tae Choo and Joon-Mook Yang

*Department of Physics, Chungnam National University*

(Received: June 26, 1990)

We have constructed the laser system which was consisted of a high voltage pulse power supply, a rapid high voltage spark gap and the Blumlein transmission line circuit of the multiple parallel plate capacitor type, and have studied the self-preionization effect from this laser system without additional modifications. The value of inductive or resistive loading of the laser oscillator seems to have a significant effect on the preionization.

The optimal operational condition of this laser system was obtained at the inductive loading of  $L = 1 \text{ mH}$  across the laser tube with the spark gap distance of 6.0 mm, nitrogen pressure of 50 torr, when repetition rate was 70 Hz. Stability was found to be better than 2.0% and  $E/P$  was 867 V/cm-torr.