レーザー技術ノート

サブナノ秒高圧窒素レーザーの試作

仁道正明*・浅香修治*・中塚宏樹*・松岡正浩**

(1981年3月9日 受理)

Test of a Subnanosecond High Pressure N₂ LaserMasaaki NIDO*, Shuji ASAKA*, Hiroki NAKATSUKA*
and Masahiro MATSUOKA**

(Received March 9, 1981)

1. まえがき

窒素レーザーは製作や使用の容易さ、コストの低廉さなど、多くの点で簡便なレーザーである。通常、窒素ガスの圧力は数10 Torrで用いられ、平均パワーが大きくなるようにしている。そのときのパルス幅は3~10 nsec程度である。回路定数を一定にしたレーザー装置においては、窒素ガス圧をあげるとパルス幅が短くなることが知られているが、特にガス圧を1気圧以上にするるとパルス幅はサブナノ秒になることがStrohwaldとSalzmannによって報告されている¹⁾。このようなサブナノ秒パルス発生が容易にできるならば、モードロックパルスのようにパルス抽出をしなくても単一ショートパルスが得られ、この点から窒素レーザーの簡便さがもう一つ増えることになる。我々はこのような目的で高圧窒素レーザーを製作した。

2. 設 計

StrohwaldとSalzmannによると¹⁾ N₂レー

ザーの出力パルスの幅はN₂圧力1気圧で約300 psec, 3気圧で約100 psec, 6気圧で約50 psecと単調に減少している。また、そのときのパルス当りの出力は各々20 μJ, 70 μJ, 20 μJであり、4気圧附近で最大(300 μJ)となっている。ただし、これらの値は、放電電圧とN₂圧力の比E/Pを一定に保つように電圧を5.5~33 kVまで変えた場合のものである。しかし、彼らの場合、出力や装置全体の安定性など実用上の性能は不明である。

さて、高圧窒素レーザー製作にあたっての問題点は

- (1) 高圧力で安定な放電をさせること
- (2) 高圧ガスを閉じ込める機械的強度と早い放電の立上りを得るための電気的特性を両立させること

である。

まず、主放電回路はプリント基板を用いたブルムライン方式とし、これに予備電離装置を併用することにした。(Fig. 1) スパークギャップSG1と、C1によって作られた高圧パルスを

* 京都大学理学部物理学第一教室 (〒606 京都市左京区北白川追分町)
Department of Physics, Faculty of Science Kyoto University (Kyoto 606)

+ 分子科学研究所 (〒444 岡崎市明大寺町字西郷)
The Institute for Molecular Science (Myodaiji, Okazaki 444)

Fig. 1. Circuit diagram of the high-pressure N_2 laser.

SG2のトリガとpre-ionizerの放電電源として用いる。SG2内を窒素ガスで加圧（1～5気圧）して、SG2のスイッチとpre-ionizerの放電のタイミングを調節する。C2は両面プリント板（厚さ0.8mm、ガラスエポキシ樹脂製）によって作られたコンデンサで、主電極とともにブルムライン放電回路を形成する。C2の容量は計4nFである。C1, HV1, HV2はそれぞれ最大値27nF, 20kV, 21kVまで変化させた。

Pre-ionizerはFig. 2のように主電極の上下に、主放電の放電路に平行になるように置かれている。Pre-ionizerの放電の際に作られる紫外線が主放電路にある窒素ガスをイオン化して主放電のアーク化を防ぐ。Pre-ionizerはステンレス棒（4φ）にテフロンまたは石英のチューブ（6φ）をかぶせ、その外側にくさび形のステンレス管（9φ）を先端間隔1mmで約30個ならべた構造になっている。

Fig. 3にレーザーヘッド部分の平面図と断面図を示す。電極（厚さ10mm）とプリント基板の上下をアクリル板ではさんでレーザー管を形成する。その上下から鉄アングルを用いて3ヶ所

Fig. 2. Structure and arrangement of the main electrode (a) and pre-ionizer. (b)

Fig. 3. Plan and a cross-section of the high-pressure N_2 laser.

で押さえ、窒素の圧力に対抗させる。Pre-ionizerは主放電路より約10mm上方に、アクリル板の溝の中に設け、主電極との間の放電を避けた。2本の主電極間の間隔は、矢印方向へのレーザー出力が最大となるように、出力前方端で1mm、後端で0.5mmに固定した。

3. 実験結果および性能

Fig. 4は出力レーザーパルスのエネルギーをC1容量に対してプロットしたものである。HV1は一定にしているのでC1容量はpre-ionizerに流れる電荷量に比例する。この実験はpre-ionizerの有効性を検証するためのものである。HV1=18kV, HV2=21kVとして、窒素圧力は1, 2.5, 3 barと変化させた。この図のC1=2×2700pFあたりまで見るとC1容量をふやすと

Fig. 4. Dependence of the output-pulse energy on the capacity for the pre-ionizer C1.

出力が増加する傾向にあり、とくにガス圧が高いときにはC1容量が小さいと発振しなかったのが、C1を増やすと発振するようになっている。これはpre-ionizerの有効性を証明するものであると思われる。図ではさらにC1を増やすと、出力が減少する傾向になっている。

Fig. 5はストリークカメラによるレーザー出力のパルス波形である。窒素ガス圧を1 barから3 barまで増大するにしたがってパルス幅が350 psecから140 psecまで減少している。これらの結果はStrohwaldらの結果に近い。窒素ガス圧が大気圧附近ではパルス波形は一定しているが、圧力が增大するとゆらぎが大きくなり、3 barではパルス幅は70~200 psecの範囲で2倍程度のゆらぎがあった。

Fig. 6は、HV2に対して出力パルスのエネルギーをプロットしたものである。このときC1の容量は 2×2700 pFにしてある。これを見ると、この電圧の範囲では、パルスエネルギーは飽和のきざしをみせず増大しており、さらに高い

Fig. 5. Streak camera traces of the output-pulse shape for various N_2 gas pressures.

Fig. 6. Dependence of the output-pulse energy on the charging voltage HV2.

電圧をかければ、出力が増大することが期待される。

レーザー装置の安定性に関しては、pre-ionizerの寿命に問題がある以外は特に問題箇所はなかった。Pre-ionizerについては、絶縁パイプとして石英管を用いた場合、長時間の使用でヒビ破れがはいった。この問題はくさび形の電極の形を変えて、放電が石英から離れるような工夫をすれば解決するかもしれない。テフ

ロン管を用いた場合は寿命に問題はなかったが絶縁の面で少し問題があった。

4. あとがき

高圧の窒素を用いて100~200psec程度のサブナノ秒パルスの発生が容易に得られることが確かめられた。その際、予備電離が必要であることも明らかになった。

最近、マルクスバンクを用いて過渡的な高電圧をかけた高出力窒素レーザーが本誌上に発表されたが²⁾ 高圧窒素レーザーにさらに高電圧をかけるためにこの方式を用いれば、出力の増加も期待できよう。

サブナノ秒窒素レーザーの利用法として、色素レーザーの励起が最も期待されるところであろうが、その場合発振波長の選択のために、薄い色素セルを用いて、それ自体をエタロンにする必要がある。そのとき出力の増幅が必要になるが、色素による1~2段の増幅は容易であり、本稿で述べた我々のレーザー出力でもその励起には十分であろう。

参 考 文 献

- 1) H. Strohwalde and H. Salzmann, Appl. Phys. Lett. **28** (1976) 272.
- 2) 実野・中谷：レーザー研究 **9** (1981) 78.