装置と技術

簡易型塩化銅蒸気レーザー装置の工法

齋藤 弘*・尾鷲 健一**・坂本 司*

* 岩手大学工学部電子工学科 盛岡市上田 4-3-5 (〒020)

** 岩手大学工学部電気工学科 同上

(1982年11月29日受理)

Simple CuCl Vapor Laser

Hiroshi SAITO, Kenichi OWASHI, and Tukasa SAKAMOTO

Department of Electronic Engineering, Faculty of Engineering, Iwate University,
Ueda 4-3-5, Morioka, 020

(Received November 29, 1982)

1. 緒 言

銅蒸気レーザーは比較的効率もよく、鋭い連続パルス発振を得ることかき出力も大きいので色素レーザーの励起光源などとして適している特性を持っている

金属銅を直接蒸気にして使用する場合はレーザー管の温度を 1500°C 前後の温度に保つ必要があり取扱いが仲々面倒である^{1~3)} ハロゲン化銅 (CuCl, CuBr, CuI など) を使用するとそれらを蒸気化するための温度は 400°C 前後に低くてきるか、ハロゲン化銅分子を分解して銅原子を作り出すための方法が必要である 一般によく行われている方法は、第1の方法はタフルパルス法である^{4~6)} これは放電パルスを時間間隔 100~400 μs (この時間間隔を時間遅延と呼ぶ) おいて2個の放電パルスで励起する方法である 第1のパルスでハロゲン化銅を分解させ、第2のパルスで銅原子を $3d^{10}(^1S)4s\ ^2S_{1/2} \rightarrow 3d^{10}(^1S)4p\ ^2P_{1/2, 3/2}$ に励起するものである 第2の方法はタフルパルス法を連続的に行うものと同じであるか、セラミック水素サイラトロノ (EG & G 社の1802型が一般的に多く使用されている) や SF₆ カスなどを使用する特別なキャノプスイノチを使用し 2 KHz~10 KHz 程度の繰り返しパルス (時間遅延 100 μs~500 μs) で励起する

ものである^{7~12)} 第1の方法では連続的にレーザーパルス光を発生できない欠点がある 第2の方法ではサイラトロノ等の変高価な部品が必要である 筆者らは第2の方法で簡単に安価な装置を工作する方法を開発したので以下にその工作方法の詳細について述べる

2. 装置の工作

2.1 電源回路

レーザー装置を駆動するための電源回路は W. T. Walter^{1~3)} らか銅金属蒸気レーザーの駆動回路として使用したものと基本的には同じである Fig. 1 に我々の塩

Fig. 1 Schematic diagram of the electrical circuit

化銅レーザー用電源回路の説明図を示す W.T. Walter らと我々の回路との大きな違いは、キャップスイッチ (G. S.) の部分である W.T. Walter らは繰り返し周波数 600 Hz でキャップスイッチを開閉させている。しかし、この繰り返し周波数では塩化銅などのハロゲン化銅蒸気レーザーの遅延時間としては長すぎてレーザー発振は生じない。我々はキャップスイッチの繰り返し周波数の上限を知る目的で、簡単な自爆型キャップスイッチの動作について予備実験を行ってみた。予備実験では繰り返し周波数が 1 KHz を越えるとキャップスイッチの動作が一定しなく不安定であった。また、そのような高速で動作させると電極部分の周辺部まで黒く汚れることが認められた。

キャップスイッチが高速度繰り返し動作できない理由として考えられることは放電により生じた電離気体が電極間に残留するため放電開始電圧が低下して行くためではないかと思われる。

2.2 空気吹付型ギャップスイッチ

キャップスイッチの動作をより高い繰り返し周波数まで確実にこなせるために Fig. 2 に示すような構造を持つ

Air blowing gap switch

Fig. 2 Design of a blowing gap switch.

つ空気吹付型ギャップスイッチを考案した。これは自爆型ギャップスイッチの対向電極の一方から加圧空気 ($1.5 \text{ Kg/cm}^2 \sim 2.0 \text{ Kg/cm}^2$) を電極中央部に設けた直径 2.0 mm の孔を通して対向する電極面へ吹きつける方式のものである。このギャップスイッチの動作特性の詳細についてはまだ調べていないが 10 KHz 程度までは十分に動作するようである。パルスの繰り返し周波数はキャップ間隔と印加電圧および充電用抵抗器の値を変えて選択するようにした。ギャップスイッチの材料は工作が容易である黄銅とテフロンを使用した。この方式のギャップスイッチは長時間の動作でも加熱することはなくまた、電極周辺の汚れも非常に少ない。更に長時間の使用で正常にスイッチング動作を行えなくなることがある

が、その時は電極表面にうす茶色の膜が出来ていた。この膜を取り去れば正常な動作に復した。これは多分加圧空気に混入したエアコンプレッサーの油によるものではないかと思われる。

2.3 レーザー管

レーザー管は外径15mmのパイレックスガラス管を用い Fig. 3 に示すような形状とした。全体の長さは約400mmで両端はフルスター角度の窓とした。この窓には写真乾板用ガラスを使用した。電極は黄銅製で間隔170mmとし、放電部分の中央部の約80mmと塩化銅を封入したリザーバは加熱している。電極構造を Fig. 4 に示す。電極、フルスター窓などの気密封着にはトルシール (接着剤) を使用している。接着する際金属とパイレックス管とのすき間にトルシールを埋め込むと使用中パイレックス管に亀裂が入る、これは石英管を使っても同じであった。したがって金属部とガラス部の間のすき間にはトルシールが入り込まないように接着しなければならない。フルスター窓の内面を清掃出来るようにアクリル (PMMA) 製のカップラーを設け、ゴムのOリングをはさんでビス・ナットで締め付けている。レーザー管には微量の He ガスを流すため枝管を設けている。この He ガスを流入させる側の電極の近くに塩化銅を入れるリザーバーの枝管を設けている。この枝管は長さ100mm程度とし、その底の方にカップラーを設けて塩化銅を補給出来るように現在改良中である。リザーバー

Fig. 3 Schematic diagram of the laser tube.

Brassy electrode

Fig. 4 Design of an electrode of the laser.

管の両端部分には石英クラスウールを詰め込み塩化銅の突沸を防いでいる。この石英クラスウールが無いと塩化銅の結晶が飛び出し、フルスター窓などに付着することもある。

2.4 加熱方法

塩化銅リザーバー及び放電管の中央部約80mmを加熱している。ヒーターには $0.3\text{ mm}\phi$ のニクロム線を使用している。加熱部分にはまず、温度測定用銅-コニスタン-熱電対を雲母板で挟み込んでパイレンクス管の部分に密着させその上からセラミックス管（東芝セラミックス）厚さ1mmで覆い、その上面に $0.3\text{ mm}\phi$ のニクロム線を巻いている。ニクロム線はリザーバー側に比し放電管側の方を巻き方のピッチを少し増し、リザーバーより放電管側かわすかに高温に保たれるよう配慮した。セラミックス管は 200°C 程度に加熱すると最初煙を出して茶色に変色するかこれは一時的であり断熱効果は保たれる。

2.5 光学共振器

光学共振器はオフチカルフラット又は写真乾板等の比較的平面度の良いものを基板とし、アル、ニウム又は銀を蒸着した全反射鏡と数10%透過する出力鏡で構成する。我々の装置では一方はアルミニウム蒸着の全反射鏡他方は自作の誘電体多層膜蒸着鏡で透過率は 510.6 nm で45%, 578.2 nm で0%を使用している。この出力鏡の透過率を小さくすると出力も減少した。全反射鏡にはオフチカルフラット（ニコノ製 $30\text{ mm}\phi$ 4枚1組など）を使用すると平行度を調整するときは便利である。

2.6 レーザー発振

前述の装置により蒸発源温度（リザーバー） 370°C ～ 380°C 、Heカスを流した状態で放電管内の気圧 $7\sim 8\text{ Torr}$ 、印加電圧 4.5 KV （実効値）の条件の下で中性銅原子による $3d^{10}(^1S)4p^2P^{\circ}_{3/2} \rightarrow 3d^94s^2D_{5/2}$ 遷移に伴う 510.6 nm のレーザー発振が得られた。レーザー光は白緑色の明るい円形スポット状となり肉眼でよく観測出来る。レーザー発振は交流 50 Hz の各々絶対値の大きい部分で繰り返し周波数数 KHz ～ 10 KHz 程度で発振した。

3. 結 言

前述の塩化銅蒸気レーザーは我々が研究室内で容易に入手出来また容易に工作できるように配慮したものである。部品について見れば Fig 1 における S.W. は二極双投のナイススイッチを使用し、 T_1 はスライタック、 T_2 は、一次対二次 6 KV 200 V の、柱上トランスを一次二次を逆に使用している。R は $10\text{ K}\Omega$ のホーロー抵抗で 500 W 型である。Heカスは一般に市販されている。

ものをそのまま使用した。排気用ホノノは単回転ホノノを用い、レーザー管とホノノの間にクラスウールを詰めたトラップを使用している。我々の装置ではギャップスイッチはギャップ長が固定されているが、可変出来る方が望ましい。

ハロゲン化銅として我々は塩化第二銅 ($\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ G.R.) を使用した。結晶水の存在はレーザー発振に悪影響はないようである。Fig 5 にレーザー出力光波形を示す。

Fig. 5 Oscillogram of laser pulses Scale 5 ms/div

す。我々の装置はサイクロンのような高価な素子を使用せずにそれを使用した場合に近い特性を得ることかできる点か最大の特徴である。また、この装置を使用して銅アセチルアセトノキレートを用いて中性銅原子の 510.6 nm のレーザー発振も得ることか出来た。M Cem Gokay¹⁾らによりタフルパルス法で得られたものと同様であった。

終りに筆者らに常に温かい御激励と御指導して下さいる東北大学通信研究所教授稲場文男先生、岩手大学工学部教授佐藤淳先生、一戸英敏先生に厚く感謝申し上げます。

文 献

- 1) W T Walter, N Solimen, M Piltch, and G Gould IEEE J Quantum Electron QE-2, 474 (1966)
- 2) T Kan, D Ball, E Schmitt, and J Hill Appl Phys Lett 35 (9), 676 (1979)
- 3) P A Bokhan and V A Geasimov Sov J Quantum Electron 9 (3), 273 (1979)
- 4) A A Vetter IEEE J Quantum Electron QE-13, 889 (1977)
- 5) M J Kushner and F E C Culick Appl Phys Lett 33 (8), 728 (1978)
- 6) M J Kushner and F E C Culick IEEE J Quantum Electron QE-15, 835 (1979)
- 7) I Liberman, R V Babcock, C S Liu, T V George, and L A Weaver Appl Phys Lett 25 (6), 334 (1974)
- 8) Che J Chen and Garv R Russell Appl Phys

- Lett. **26** (9), 504 (1975).
- 9) Noble M. Nerheim Alaudin M. Bhanji, and Gary R. Russell: IEEE J. Quantum Electron. QE-**14**, 686 (1978).
- 10) Che J. Chen, Alaudin M. Bhanji, and Gary R. Russell: Appl. Phys. Lett. **33** (2), 146 (1978).
- 11) James A. Piper: IEEE J. Quantum Electron. QE-**14**, 405 (1978).
- 12) M. J. Kushner: IEEE J. Quantum Electron. QE-**17**, 1555 (1981).
- 13) M. Cem Gokay and Lee A. Cross: IEEE J. Quantum Electron. QE-**15**, 65 (1979).