

まえがき 中性金属蒸気を活性媒体とする金属蒸気レーザーは可視光波長域で動作するものが多く¹⁻³⁾、効率も良く、高速繰り返しパルス発振し、高出力化の可能性を持っており将来広い応用分野が開かれるものと思われる。現在あまり普及していないのは次の理由によると考えられる。

(1)レーザー作用に必要な金属蒸気圧を得るために、一般に高温加熱を要す。(2)装置が高価でランニングコストも高い。(3)装置が大きく重量もあり、取り扱い上不便である。

我々は金属蒸気レーザーについて次のような観点に立って研究を進めている。⁴⁻⁶⁾ (a)実用上取り扱いやすい温度範囲でレーザー動作に必要な金属蒸気圧を得られるようなレーザー材料を得ること。(b)レーザー効率の改善。(c)、(a)と(b)により実験装置を簡易化し、ランニングコストを下げる。

ここでは銅蒸気レーザーについて我々が行ってきた研究結果について報告する。

実験装置 実験に使った装置の電気回路をFig. 1に示す。図中、 T_1 はスライドトランス、 T_2 は配電用柱上トランス(6600V:100V, 3KVA), Rはホーロー抵抗器(10K Ω , 500W), GSは空気吹き込み型ギャップスイッチ、LTはFig. 2に示すようなパイレックス製のレーザー管である。レーザー管は有効放電長180mm、内径約12mm、全長約400mmである。光共振器は平行平板型で全反射型と透過率43%の誘電体多層鏡で構成している。GSは我々が開発したスイッチ素子でサイラトロン⁷⁾の代わりに使用している。

Fig. 3にその構造を示す。レーザー出力光はパイプナ光電管(浜松ホトニクス、R1193U-02)及びシリコン太陽電池(Photodyne, 66XLAパワメータで校正)等で受光し、ストレージオシロスコープ(HP-1744A, 100MHz)で観測した。

低温度動作化 我々は銅蒸気レーザーの低温度動作化を行うために、低温度(室温以上)で昇華性を示す銅化合物を取り上げてみた。有機金属塩ではガスクロ等に使用されている銅ベータジケトンキレートについて実験を行った。試料はレーザー管の枝管の部分に挿入した。実験結果を表1に示す。これらのベータジケトンキレートは十分低温度でレーザー動作をするものの、配位子の有機分子が放電励起により分解され、多数の分解物を生じる為それらの残留物が有効な放電励起を妨げ、レーザー発振は単発的となり高速繰り返しパルス発振は得られなかった。また、効率も悪く実用性は無いと判断された。

無機金属塩、例えば塩化銅等のハロゲン化銅は気相状態で安定な分子構造を取りうるため、前述した有機物による残留物のような物は生じない。銅ハロゲン化物についての実験結果を表2に示す。我々は更に蒸気圧を制御しやすいようにするため低温度化を計った。金属原子(固体)に塩化アルミニウム(気体)蒸気を作用させると金属原子とアルミニウムとの複合塩化物蒸気が生じる⁷⁻⁸⁾、この方法を利用して銅蒸気を発生させた。その結果試料加熱温度が低くなり、常温付近から動作するものが得られ高速繰り返しパルス発振も可能となった。これらを表3にまとめてしめす。

複合蒸気の発生は、例えば $\text{Cu(銅粉末)} + \text{AlCl}_3(\text{気相}) \rightarrow \text{CuAl}_2\text{Cl}_7(\text{気相})$

のような反応で生じる。 AlCl_3 は強い揮発性を持っており低温度から蒸気を生じるため複合蒸気反応は十分低温度より生じ、又レーザー管内に残留物はほとんど生じない。

効率の改善 銅蒸気レーザーはレーザー準位の上準位($4p^2P_{3/2}^0$)の寿命時間($\sim 600\text{ ns}$)より下準位($4s^2D_{5/2}$)の寿命時間($\sim 270\ \mu\text{s}$)が長い⁹⁾ため自己終端型動作となる。したがって反転分布を保持出来る時間は短く、発振出力パルス幅は励起放電電流パルス幅にあまり関係なく10~30 nsとなる。

我々は $\text{Cu I } 4s^2D_{5/2} \rightarrow$ 基底準位間のエネルギー値 (1.39 eV) と $\text{Cs I } 6p^2P_{1/2} (\tau = 38 \text{ ns}) \rightarrow$ 基底準位間のエネルギー (1.39 eV) が良く一致していることに注目し、Cs蒸気をレーザ管中に導入することによりレーザ下位準位のクエンチングを試みた所、出力パルス幅は $10 \sim 30 \rightarrow 70 \sim 120 \text{ ns}$ と大幅に増大することが分かった。実験はレーザ効率を算定出来る所まで進んでいないが、効率の改善が行なわれていると思われる。

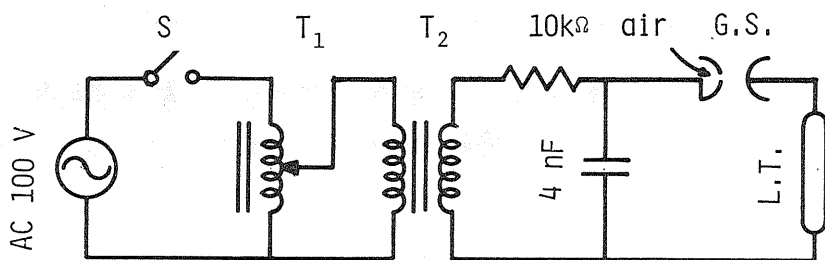


Fig.1

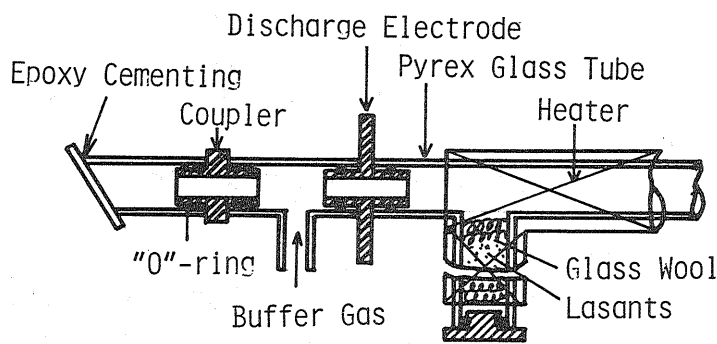


Fig.2

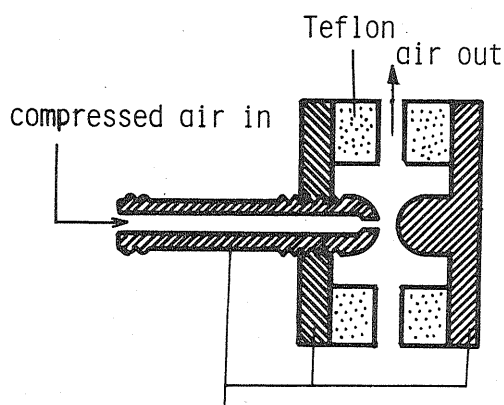


Fig.3 brass electrodes

表1 銅ベータジケトンキレート

| 試料 | 動作温度 °C | 出力 W |
|---|---------|-------|
| $\text{Cu(AA)}_2 \text{H}_2\text{O}$ (Cu-Acetylacetonate) | 130-150 | |
| Cu(TAA)_2 (Cu-Trifluoroacetylacetonate) | 94-150 | 100以下 |
| Cu(HFA)_2 (Cu-Hexafluoroacetylacetonate) | 35-80 | |

表2 銅ハロゲン化物

| 試料 | 試料過熱温度 °C | レーザ出力パルス幅 ns | パルスピークパワ W |
|------|-----------|--------------|------------|
| CuCl | 300-600 | 10-20 | 500 |
| CuBr | 350-600 | 20-30 | 580 |

表3 複合蒸気

| 試料 | 試料過熱温度 °C | レーザ出力パルス幅 ns | パルスピークパワ W |
|-------------------------------|-----------|--------------|------------|
| $\text{CuCl} + \text{AlCl}_3$ | 100-480 | 10-20 | --- |
| $\text{CuBr} + \text{AlBr}_3$ | 200-600 | 20-30 | 940 |
| $\text{Cu} + \text{BiCl}_3$ | 90-200 | 10-30 | 970 |
| $\text{Cu} + \text{AlCl}_3$ | 70-130 | --- | --- |
| $\text{Cu} + \text{AlBr}_3$ | 25-400 | 10-25 | -- |

本研究の一部は 放送文化基金の御援助に依ることを付記して感謝もおしあげます。

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. Gerasimov: Sov. J. Quantum Electron. 9(3), 273 (1979). 4) 斎藤 弘, 尾鷲健一, 坂本 司: 分光研究, 32, 25 (1983). 5) 斎藤 弘, 尾鷲健一, 坂本 司: 電気学会誌 103-C, 50 (1983). 6) 斎藤 弘, 谷口 宏, 桜田剛史, 石川利明: 分光研究 33, 391 (1984) 7) H. A. Φye, and D. M. Gruen: J. Amer. Chem. Soc., 91: 9, 2229 (1969). 8) E. W. Dewing: Nature, 214, 483 (1967).