レーザーノート 1

炭酸ガスレーザーの作り方(第3回)

豊 田 浩 一*

Making CO₂ Laser (Ⅲ)

Koichi TOYODA *

3. 励起電源

炭酸ガスレーザーを動作させるための励起用電源に話を進めよう。炭酸ガスレーザーは直流放電、交流放電あるいはパルス放電のいずれでもレーザー発振するからレーザー光源の用途に応じて選ぶことができる。交流放電の場合はピークパワーはかなり増加するが、発振は間欠的に起る。パルス放電の場合はピークパワーは大きい、ガス圧力が低いと大したメリットもないのであまり使用されない。ただし、高電圧のパルストランスを用いて昇圧しガス圧力を100 Torr 程度に高めることが出来ればピークパワーは飛躍的に増加する。

3.1 直流高圧電源

さて、直流放電によるレーザー発振が最もしばしば使用されるので、この設計の要点について述べることにする。目安としては、1) 高圧出力電圧が15~20kVであること、2) 電流容量が20~100mAであることである。3) リップル電圧は通常1%以下にしておくことが望ましい。とくに、4) 高電圧部分の部品の配置は保安上十分な配慮をしなければならない。高電圧部分を絶縁板で被って外から触れられないようにするのは勿論であるが、そのほか過電流継電器やヒューズで保護するとか、放電の安定化抵抗を電源のケース内におさめて高電圧の出力端子の電圧が十分な垂下特性をもつような工夫も必要である。

3.2 電源部品の選定

Fig. 7.にわれわれの試作した高圧電源のブロック図を示す。個々の部品について説明しよう。まず変圧器であるが、6KVの柱上変圧器を2個直列にして使っている。最近24kV位までは乾式で安定した製品が市販されているのでその方が良いと思う。電圧の調整は低電圧側でスライダックを用いて行なうが、これは200V、30A程度の容量の大きめのものを使う。整流器としてはシリコンダイオードが最良であろう。逆耐圧10kV位のシリコンスタックが市販されている。逆耐圧1kVのダイオードを多数直列に接続するときは、それぞれに並列抵抗をつけて分担電圧が一樣になるように注意しなければならない。われわれの経験では半導体整流器は制限電流値以下で使用していてもかなり温度上昇があるので、すべて絶縁油に浸して使用している。

放電の安定化抵抗は100k Ω 程度必要である。1個の電源で2本のレーザー放電管を並列に放電させたいときにはさらに抵抗値を大きくしておく方がよい。(勿論安定化抵抗は2回路必要である。)

3.3 配線

Fig. 7. Block diagram of CO₂ laser power supply.

* 理化学研究所

* Institute of Physical and Chemical Research

入手し易い高圧用電線としてはネオン電線(15kV)がある。接続部分は圧着端子で確実に固定する。ネオン電線でも直接金属部分に接しているとコロナを発生するので、そのようなとき収縮チューブを1~2重にかぶせるとおさまることが多い。

3.4 放電特性

炭酸ガスレーザーで使用される CO_2 , N_2 , He の混合ガスの放電特性について述べる。Fig. 8は2, 3の混合ガスについて陽光柱の E/p と pR との関係を示したものである。ただし E は電界強度(V/cm), p は全ガス圧(Torr), R はレーザー管の半径(cm)を表わす。点線は $R=1.25\text{cm}$ の場合、実線は $R=3.75\text{cm}$ の場合である。

Fig. 8を使って陽光柱の電界強度を求めることができる。いま混合比 $\text{CO}_2:\text{N}_2:\text{He}=1:2:18$ で $p=8\text{ Torr}$, $R=1.25\text{cm}$ とする。 $pR=10$

Fig. 8. E/p vs. pR in the positive column of CO_2 laser discharge.

であるから図8より $E/p=6.5\text{ (V/cm} \cdot \text{Torr)}$, つまり $E=52\text{ V/cm}$ を得る。炭酸ガスの陽光柱の電界強度はこのような稀ガスにくらべて非常に大きいことは記憶されてよい。さらに放電長

が150cmであるとするとき電極間電圧は約8 kVとなる。

3.5 レーザー管のクリーニング

水冷管であるからベーキングを行うことがむずかしいので放電によって管内のクリーニングを行う。

まず数Torrのガスを封入して放電させるとすぐに放電の色が変わる。これは管壁からのアウトガスによるものである。また、このとき放電開始電圧が高いのでガス圧を若干低くしておく。4~5回新しいガスを入れかえて放電させると管壁は清浄になるが、それでも放電の色が変わるようであれば真空もれを疑ってみる。放電によるレーザー管のクリーニングは低ガス圧で放電させるほど効果はあるが、あまり低圧で放電させるとミラーのコーティングやブルースタ窓に焼付きを起すことがある。これはカソード側で顕著である。この意味で内部鏡はアノード側に付けることをすすめたい。