

周波数可変導波形CO₂レーザ Tunable Waveguide CO₂ Laser

松島朋史 中島則夫 前田直樹 小林哲郎 末田 正
T.Matsushima N.Nakajima N.Maeda T.Kobayashi T.Sueta
大阪大学 基礎工学部

Faculty of Engineering Science, Osaka University

[1] まえがき

CO₂レーザは高効率、高出力であるため、広範囲な応用が考えられるが、用途によっては、レーザ光の周波数(波長)を精度良く、且つ広範囲にわたって可変できる周波数可変レーザがしばしば要求される。一般にCO₂レーザの周波数可変範囲は、主に、利得幅とレーザ共振器の縦モード周波数間隔によって制限される。後者の制限はレーザ共振器内にモード撰択素子を挿入することによって解決することができる。利得幅以上の周波数可変範囲を得る方法の一つとして、レーザ光を電気光学効果を用いた変調器で変調を行い、サイドバンドを発生させ、その成分の一つをファブリペローエタロン等によって取り出すことにより、周波数変換された出力を得るものがある。この場合、広い周波数可変範囲と大きな出力を得るためには、広帯域でかつ高効率な変調器が要求される。しかし、CO₂レーザ光のような長波長光では、電気光学効果は波長に逆比例するため、広帯域、高効率変調器を作製することは容易でない。そこで我々は通常のCO₂レーザに比べて周波数可変範囲の広い導波形CO₂レーザを用い、上記の制限を取り除き、周波数可変範囲を拡大する方法を提案し、2、3の実験を行ったので報告する。

[2] 周波数可変範囲の拡大方法

1) F-P形光変調器を用いる方法

F-P形光変調器は光の多重反射を利用しているため、F-P共振器の縦モード周波数間隔 f の整数倍($=n C / 2 L$, n :整数, L :F-P共振器長, C :光速)付近の周波数で高効率な変調を行うことができる。そこで、この周期的な変調特性と導波形CO₂レーザを組み合わせることにより、2段階で周波数可変範囲の拡大を行う。第一段階は、通常の周波数可変レーザに用いられているレーザの共振器長を変える方法により、レーザの周波数を変化させる。(但し、ここでは単一周波数発振のレーザを用いる。) この場合の周波数可変範囲はほぼ利得幅に等しい。第二段階では、第一段階で得られた周波数可変レーザからの出力をF-P形光変調器を用いて、変調周波数 $n f$ で変調を行い、サイドバンドを発生させ、周波数変換された出力を得るために、その成分の一つをF-Pエタロン等によって取り出す。図1は拡大された周波数可変範囲を示し、実線は第一段階での周波数可変範囲 ΔB (中心周波数 ν_0)、点線は第二段階で得られた可変範囲を示す。図1から明らかなように、第一段階での周波数可変範囲 ΔB の中心周波数 ν_0 が $\nu_0 \pm n f$ にシフトしたことを示している。又 ΔB がF-P形光変調器の縦モード間隔 $C / 2 L$ より広い場合($\Delta B \geq C / 2 L$)は、周波数を連続的に変化させることができる。

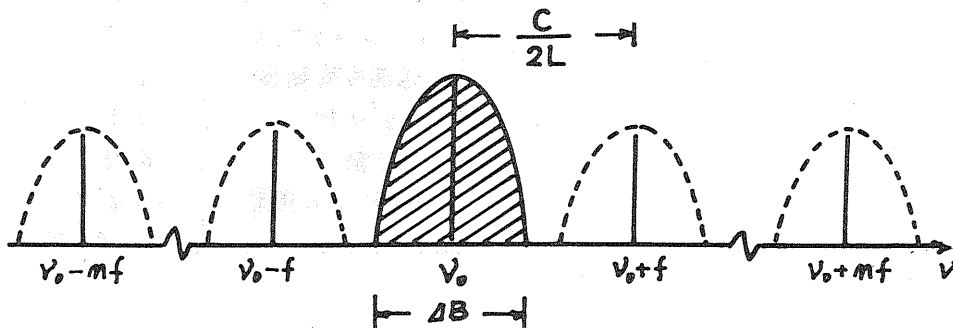


図1. 拡大された周波数可変範囲

図2は変調電力6.5W、変調周波数460MHz、周波数可変範囲350MHzの導波形CO₂レーザを用い、レーザの共振器長を変えた場合のスペクトルである。図2(a)、(c)から明らかなように、サイドバンド成分の一つはキャリアから460MHzシフトし、全体のスペクトルは350MHzシフトしていることがわかる。このことから、両サイドバンド成分を考慮すると周波数可変範囲は1050MHzとなる。

2) 複合共振器を用いて結合変調を行う方法

1)の場合は、レーザ共振器長を短くし、単一周波数で発振しているレーザを用いたが、大きな出力を得るため、レーザ媒質長を長くすると、レーザ共振器長も長くなり、利得幅内に縦モードがいくつか存在し、利得幅全域を有効に利用して周波数可変を行うことができない。そこで図3に示すように、複合共振器を用いて単一周波数発振を行い、さらに複合共振器内に位相変調素子を挿入し、結合変調を行うことによって周波数可変範囲を拡大する。複合共振器を用いた変調器はF-P形光変調器と同様に、複合共振器の縦モード周波数間隔の整数倍の周波数付近で高効率な変調を行うことができるため、1)の方法と同様に周波数可変範囲の拡大を行うことができ、さらに、内部パワーを変調するため大きな周波数変換出力が期待できる。

3) レーザ共振器の一方に周波数可変フィルターを用いて内部変調を行う方法

図4に示すように、レーザ共振器内に位相変調器を挿入し、内部パワーを変調することにより、サイドバンドを発生させ、その成分の一つをレーザ共振器の出力ミラーに周波数可変フィルター(ここではミラーM₂, M₃)を用いることにより取り出し、周波数変換出力を得る。この場合、2)と同様に内部パワーを変調するため、同じ変調度で外部変調を行った場合に比べて大きな周波数可変出力が得られる。図5は実験結果の一例を示す。レーザは内径3.3mm、放電長330mmの導波形CO₂レーザを用い、変調周波数150MHz、変調電力55Wの場合、周波数可変出力1.6Wを得た。

[3] むすび

導波形CO₂レーザを用いて2種類の方法によって、周波数可変範囲を拡大する実験を行った。1)の方法では、約1GHzの周波数可変範囲を得た。2)の方法では周波数変換出力1.6Wを得た。今後の課題としては、さらに高い周波数で変調を行い、周波数可変範囲を拡大することである。

参考文献

- 1) 中島 他, 第45回応物予稿13p-N-3(1984)
- 2) T.Matsushima.etal, Int.Conf. IR&MM Waves Th-2-2(1984)
- 3) 末田 他, 画像技術 3,5.p21(1972)
- 4) 松島 他, 第32回応物予稿31a-ZD-9(1985)
- 5) 松尾 他, 量エレ(電子通信1967.1)
- 6) 前田 他, 第45回応物予稿13p-N-4(1984)

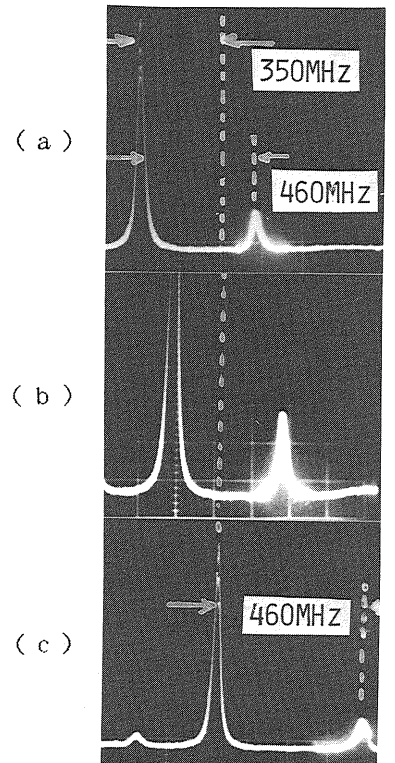


図2. 被変調光スペクトルの変化

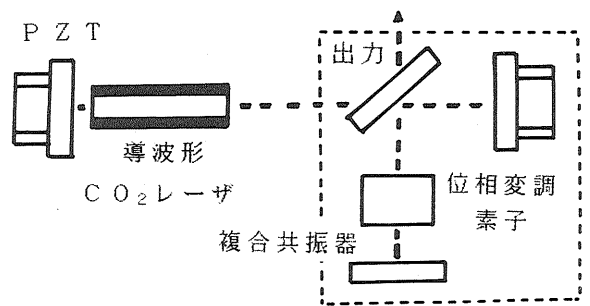


図3 複合共振器を用いて結合変調を行う方法

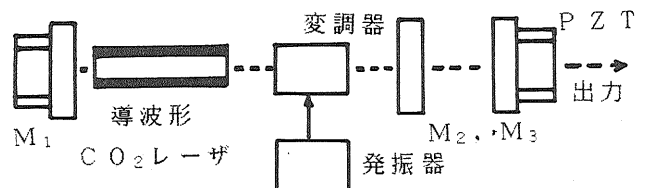


図4. レーザ共振器の一方に周波数可変フィルターを用いた方法

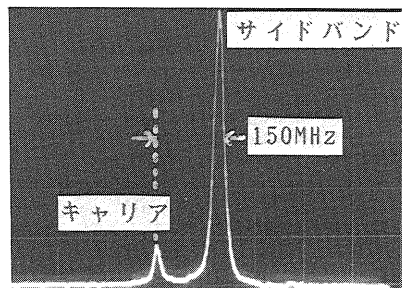


図5. 周波数変換出力スペクトル