

光励起の短波長遠赤外レーザー出力鏡の開発

Development of an Output Coupler for Optical Pumped Short-wavelength

Far-infrared Lasers

中部大工¹, 核融合研² ○中山 和也¹, 安原 亮², 田中謙治²

Chubu Univ.¹, NIFS², °Kazuya Nakayama¹, Ryo Yasuhara², Kenji Tanaka²

E-mail: nakayama@isc.chubu.ac.jp

背景・目的 遠赤外分子レーザーは、波長の可変性はないが、多くの発振線を持ち、狭帯域性、周波数安定性に優れた各種計測用光源として重要な役割を果たしている。核融合プラズマ計測の分野では、波長 100 μm 以下の短波長遠赤外レーザーが、プラズマ中の電子密度分布や磁場分布を計測するための干渉計や偏光計の光源として期待されている。そこで我々は、 CO_2 レーザー励起の CH_3OD レーザー(波長 $\lambda=48, 57 \mu\text{m}$)の開発を進めている。その他にも CO_2 レーザー励起の NH_3 レーザー($\lambda=67 \mu\text{m}$)や CH_3OH レーザー($\lambda=71, 97 \mu\text{m}$)なども比較的高出力で発振することが知られている。しかしながら、これらに最適化したレーザー出力鏡がなく、遠赤外レーザー光の取り出し効率が低いため出力が抑えられている状況にある。光励起の遠赤外レーザー出力鏡を設計・製作するには、励起レーザー光を反射し、遠赤外レーザー光を透過する誘電体多層膜の材料選択が重要になる。従来用いられてきた CaF_2 , BaF_2 , ZnSe , ThF_4 は、目的の波長帯域では吸収による損失が大きい。また、出力鏡の基板として用いられてきた結晶水晶も吸収が大きくなり使いづらい。

そこで本研究では、短波長遠赤外レーザー用の出力鏡の基板と薄膜材料を選定し、励起 CO_2 レーザー光に対する高反射多層膜ミラーを設計・製作した。製作したミラーに対する透過率と反射率を測定した後、遠赤外レーザー装置に取付け、短波長遠赤外レーザーの発振試験を行った。

実験結果 基板には直径 20 mm, 厚さ 1 mm の Si を、薄膜には Ge, ZnS, CsI を選択し、励起 CO_2 レーザーに対して 99 %以上の反射率が得られるように高屈折率膜と低屈折率膜の $\lambda/4$ 型交互層多層膜を設計・製作した。中心波長は 9.34 μm , Ge の屈折率 n と膜厚 d は $n=4.00$, $d=0.583 \mu\text{m}$, ZnS は $n=2.21$, $d=1.06 \mu\text{m}$, CsI は $n=1.74$, $d=1.34 \mu\text{m}$ とした。今回は、CsI と Ge で 6 層, ZnS と Ge で 8 層の 2 種類のミラーを真空蒸着法により製作した。実測した CsI-Ge 多層膜 Si ミラーの透過率 T と反射率 R は、励起 CO_2 レーザー光($\lambda=9.34 \mu\text{m}$)に対しては、 $T_{\text{CO}_2}=1 \%$, $R_{\text{CO}_2}=96 \%$ であった。遠赤外レーザー光($\lambda=57 \mu\text{m}$)に対しては、 $T_{\text{FIR}}=68 \%$, $R_{\text{FIR}}=17 \%$ であった。これは従来用いていた出力鏡($T_{\text{FIR}}=27 \%$, $R_{\text{FIR}}=52 \%$)と比較し、透過率は高く、吸収による損失は小さい。遠赤外レーザー装置に取り付け、波長 57 μm の CH_3OD レーザーの発振を試みた。その結果、出力 100 mW のレーザー発振を確認した(図 1)。本講演では、他のレーザー出力鏡の特性についても報告する。

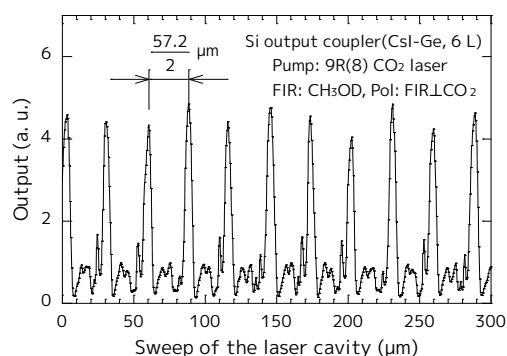


図 1. 57- μm CH_3OD レーザーの同調曲線