

放射温度計を用いたミラーの吸収率測定

電子物性工学科 植田研究室 内藤 朋子

1.目的

ミラーにレーザー光が入射すると反射、透過、散乱、吸収がおこる。吸収を除く3成分に関しては直接測定が可能である。しかし、吸収は他のパラメータの残差にとどまっていた。そのため、他の誤差が吸収に重ねられ、吸収の誤差は大きくなっていった。

吸収されたレーザー光のエネルギーはミラー内では熱に変わること注目し、本実験では吸収を熱として、ppmオーダーで吸収率を測定することを目的とした。

2.温度上昇の見積り

ミラーにレーザー光を照射したとき、ミラーでは反射、透過、散乱、吸収がおこる。ミラーに吸収されたエネルギーは熱となりミラーの温度を上昇させる。その上昇温度は熱流入と熱流出によって決まる。今回の実験では、熱流入はレーザー光のみを考えればよい。熱流出には、熱放射、熱伝導、対流の3過程が考えられる。

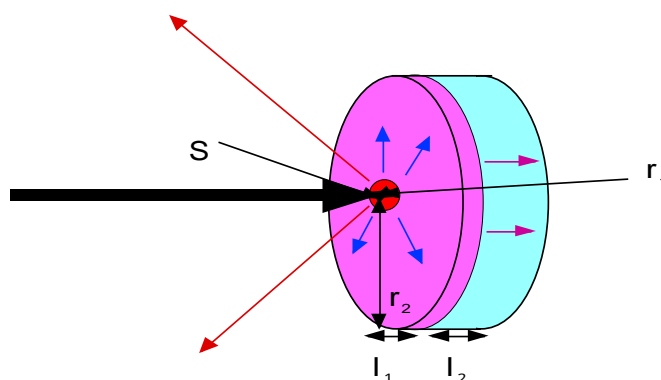


図1 熱流出の概念図

熱放射、熱伝導（表面方向、厚さ方向）への熱流出はそれぞれ、 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 とすると以下の様を書くことができる。

$$Q_1 = 4S T^3 T$$

$$Q_2 = \frac{2 l_1}{\ln(r_2/r_1)} T$$

$$Q_3 = \frac{S}{l_2} T$$

したがって、熱流入と熱流出が等しいとの方程式を立てると

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q = 4S T^3 T + \frac{2 l_1}{\ln(r_2/r_1)} T + \frac{S}{l_2} T$$

$$= 2.19[K]$$

となる。

3.放射温度計の作製

今回の実験では熱流出の時に放出される赤外線を測定する。

全ての物質は温度に応じた赤外線を放出している。その赤外線の強度の変化を測定することが出来れば、吸収を測定したことになる。

焦電素子を用いて放射温度計を作製する。焦電素子は浜松ホトニクス製の製品を使用した。

焦電素子は微分型の素子なのでチョッパをつける必要がある。

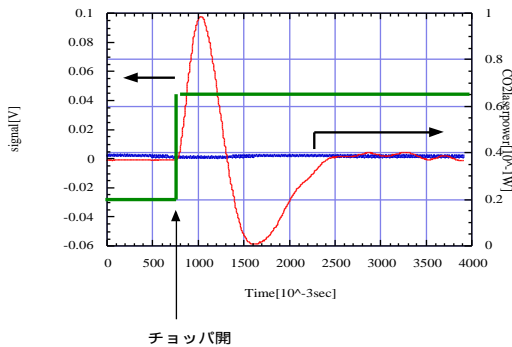


図2.チョッパなし

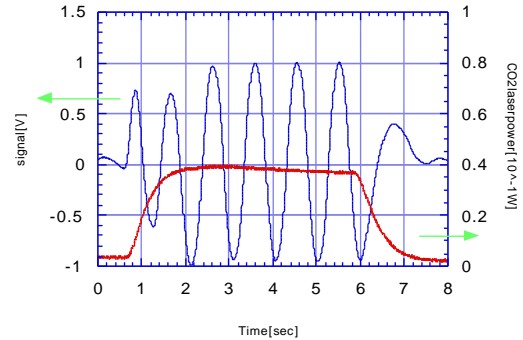


図3.チョッパあり

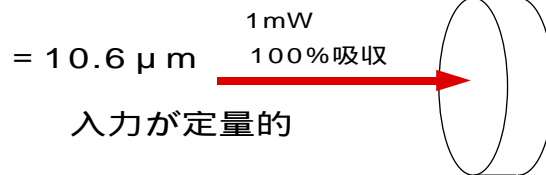
4.リファレンス

熱流出の各パラメータ（熱伝導率など）を精度よく求めることは難しい。また、不確定のパラメータ（放射率など）も多々ある。そのため、リファレンスを作る。

各パラメータの値がわからなければ、絶対的な温度はわからない。しかし、この吸収率を求める実験では温度上昇の絶対値を求める必要はない。相対な温度上昇がわかればよい。

リファレンスにはCO₂レーザーを使用する。これは入力定量的にわかるためである。

CO₂レーザー



Nd:YAGレーザー

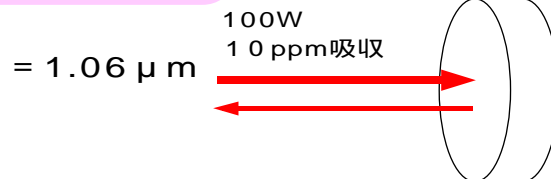


図4 リファレンス

リファレンスを作ることにより吸収率を求めるにはただ、CO₂レーザーとNd:YAGレーザーのパワー比をとれば良いことになる。

$$E = \frac{P_{CO_2}}{P_{YAG}} = \frac{1}{P_{YAG}} \cdot P_{CO_2}$$

E: 吸収エネルギー
 : 吸収率
 P: 入射パワー

5. 校正実験

実験系は以下である。

実験系

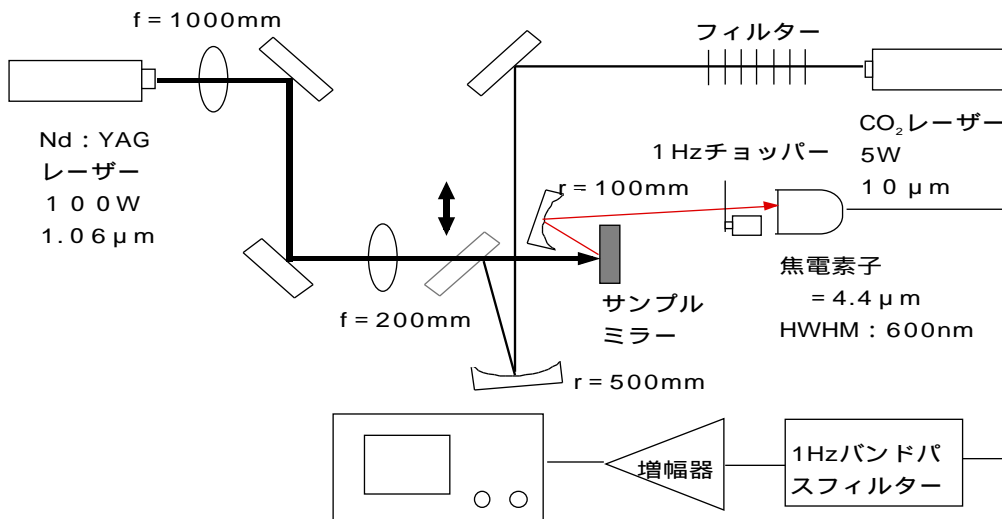


図5 実験系

フィルターの枚数を変える事によりサンプルミラーに当たるCO₂レーザーパワーを変える。

ミラーからの赤外線は凹面鏡で集光し、焦電素子に入れる。
 得られる信号は下図に示す。

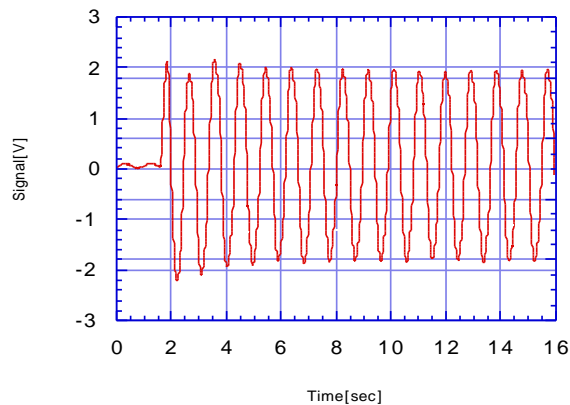


図6 焦電素子の出力
 CO₂レーザーパワー23.7mW

各レーザーパワーに対する振幅の大きさを取る。

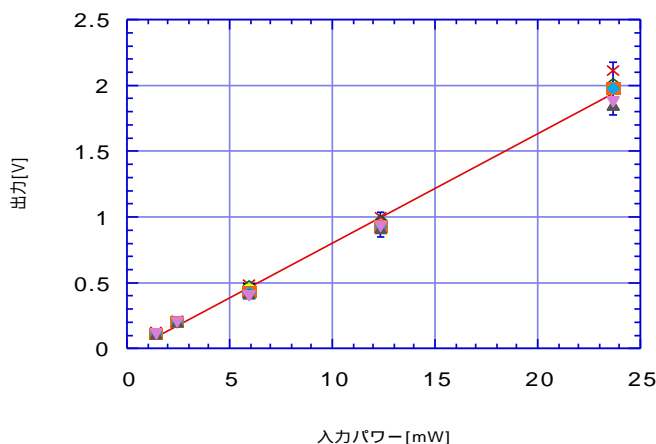


図7 強度依存性

原点を通らないのは環境ノイズのためである。

高出力Nd:YAGレーザーを使用したか、100Wを受けたビームダンプがサンプルミラーよりも多大な熱放射をおこしてしまい、信号は得られなかった。

6.結果

CO₂レーザーでの較正実験から得られた較正曲線からミラーの温度上昇を求めると、40Kであった。

不確定なパラメータが多々あるが、これほど影響を与えるとは思われない。

考えられる原因としては、実験中にヒトが出入りしヒトからの熱放射が焦電素子に入ってしまったのではないだろうか。

また、CO₂レーザーがNd:YAGレーザーとミラーで全く同じ振る舞いをするかという保証はない。吸収する深さは同じとは言えないだろう。したがって、CO₂レーザーでの波長10.6 μmにおける吸収率も測定対象にしないといけない。

Nd:YAGレーザーの100Wを受けるビームダンプは焦電素子からできる限りはなしたほうが良いが、実際問題そのような事は不可能である。サンプルミラー、焦電素子を恒温槽にいれ、外部の熱的な変化から隔離する事で解決できると考えられる。

7.今後の課題

実験環境の変化をおさえ、焦電素子の信頼できる信号を得る。

吸収率が求められたら、当研究室で別に行われてきた吸収率の間接測定と比較したい。