

High sensitive laser absorption spectroscopy with Cr:LiSAF laser

- Cr:LiSAF レーザーを用いた高感度吸収分光法 -

学生証番号 66205 氏名 落水 秀晃
(指導教員 小紫 公也 准教授)

Key Words : Intracavity absorption spectroscopy, Cr:LiSAF, Plasma diagnostics, High sensitive LAS

1. はじめに

本研究はこれまで高エンタルピー風洞の気流診断法としてレーザー吸収分光法を適用してきた。しかしこの方法は測定感度が低いため適用範囲が限定されるという短所があり、レーザー吸収分光法の高感度化を目指して研究が進められてきた。本研究においては連続的な吸収プロファイルが得られる、高い時間分解能を有する、安価に測定系を開発できるなどの利点を有するイントラキャビティ吸収分光法に着目した。イントラキャビティ法の概念図を図1に示す。イントラキャビティ法はレーザー共振器内に測定対象を配置することで光が何度も測定対象中を往復し、吸光度が増加する方法である。本研究ではこのイントラキャビティ法による固体レーザーを用いた測定系の開発を行った。

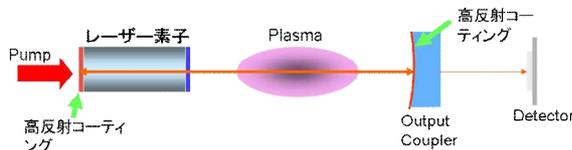


図1 イントラキャビティ法概念図

2. 研究目的

本研究ではCr:LiSAFレーザーを用いた高感度吸収分光法を開発することを研究目的として、以下の3つのステップに分け、測定系の開発を行った。

- 1) Cr:LiSAFレーザーの基礎実験
- 2) 長共振器長Cr:LiSAFレーザー発振実験
- 3) Cr:LiSAFレーザーにおけるイントラキャビティ法

3. Cr:LiSAFレーザーの基礎実験

本節ではCr:LiSAFのレーザー結晶としての特性とその基礎実験について述べる。

3-1 Cr:LiSAF

この結晶はLiSrAlF₆にCr³⁺がドープされた結晶である。この結晶は700-1050nmという広い発光スペクトルを有し、波長670nmに強い吸収があるので近年高出力化に成功した赤色半導体レーザーによって

励起することが可能である。このためレーザー全体の構成をコンパクトにすることができ、携帯性の高い測定系を構築することができる。

3-2 Cr:LiSAFレーザー基礎実験

Cr:LiSAFレーザーの基礎実験として、共振器長25mmの短共振器長でのレーザー発振実験を行った。これはアライメントの容易さからレーザー発振のためのノウハウを得ることを目的としている。本レーザー系を図2に示す。まず励起系として発振波長670nm、最大出力1Wの半導体レーザー(HPD1310)を使用した。ここで半導体レーザーのビーム整形と集光のためにシリンドリカルレンズ2枚と平凸レンズ1枚を使用している。レーザー媒質はCr1%ドープのCr:LiSAF結晶を使用し、結晶の片端面にコーティングされた高反射コーティングと出力鏡で共振器が構成されている。

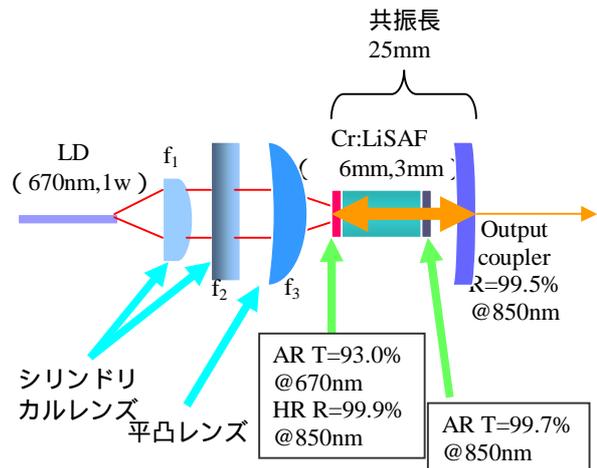


図2 短共振器長Cr:LiSAFレーザーシステム

これにより750-950nmの広い発振スペクトルと最大出力129μW、発振閾値38.6mWの入出力特性が得られた。この結果を踏まえて長共振器長Cr:LiSAFレーザーの発振実験に移った。

4. 長共振器長Cr:LiSAFレーザーの発振実験

イントラキャビティ吸収分光法を行うためには共振器内に測定試料を配置しなければならない。そのため共振器内に測定試料配置するスペースが必要になるので、共振器長150mmの長共振器長Cr:LiSAFレーザーの発振実験を行った。レーザーシステムの構成は前節と同様である。その結果図3に示すように短共振器の時と同様に750-950nmの広い発振スペクトルと最大出力12.8 μW、発振閾値42.4mWの入出力特性を得た。

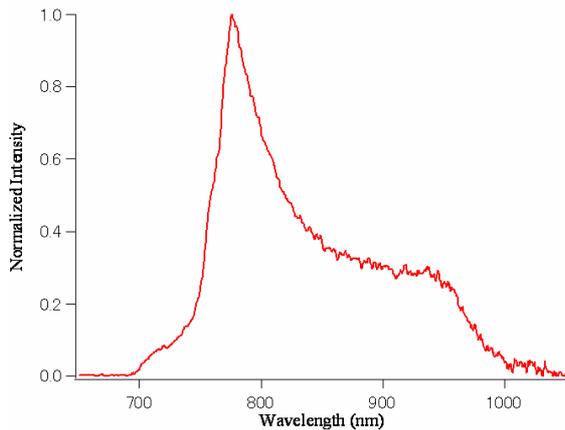


図3 長共振器長Cr:LiSAFレーザーの発振スペクトル(上)と入出力特性(下)

5. Cr:LiSAFレーザーにおけるイントラキャビティ法

長共振器長Cr:LiSAFレーザーの発振に成功したことからステップ3に移る。まず本レーザーシステムでの吸光度増倍率を見積り、実際に実験を行い増倍率の検証を行う。図4に増倍率を見積もった結果を示す。レーザー吸収分光法の測定限界が吸光度1%程度であるが、イントラキャビティ法にすることで入力パワー0.3Wにおいて最大約250倍まで増幅されることがわかった。その結果を踏まえて、プラズマトーチを用いてアルゴンガス(流量0.5slm、投入電力450W)による共振器内吸収測定を行った。実験配置図を図5に示す。

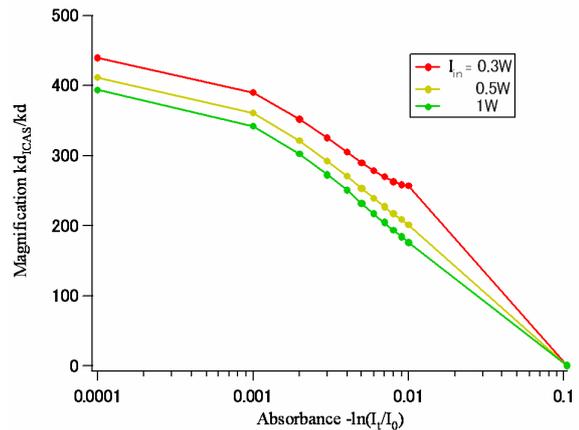


図4 Cr:LiSAFレーザーにおける吸光度増倍率の推算結果

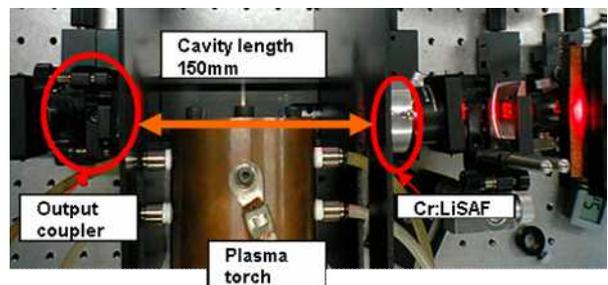


図5 イントラキャビティ法実験配置図
測定の結果、以下の表のように吸光度の増倍率が得られた。どの吸収線においても2桁程度の吸収感度の向上が見られ、Cr:LiSAFレーザーを用いたイントラキャビティ法の実用性が示された。

表1 Arの三つの吸収線での吸光度増倍率

吸収波長(nm)	763.51	772.42	811.53
共振器内での吸光度 kd_{CAS}	7.02×10^{-1}	4.62×10^{-1}	3.47×10^{-1}
共振器外での吸光度 kd	4.33×10^{-3}	1.82×10^{-3}	1.16×10^{-3}
増倍率 kd_{CAS}/kd	161.7	253.7	297.8

6. まとめ

- 1) 短共振器長でのCr:LiSAFレーザーの基礎実験を行い、レーザーの発振が確認された。
- 2) 1)の結果を受けて、長共振器長Cr:LiSAFレーザー発振実験を行い、発振スペクトル750-950nm、最大出力12.8 μWの発振が確認された。
- 3) 本レーザーシステムにおけるイントラキャビティ法による吸光度増倍率の推算と実験による検証が行われ、2桁程度の感度の向上が見込まれた。