

1P086

時間分解 FT で探るレーザーアブレーション生成物のダイナミクス

(岡山大理) 川口 建太郎, 池田 直美, 藤森 隆彰

【序】レーザーアブレーション法は様々な物質を常温で蒸発させ表面コーティングなどの目的で広く用いられている。レーザー励起分光法やフーリエ変換型マイクロ波分光などでは蒸気圧の低い分子種の分光測定に適用されている。我々は、高分解能フーリエ変換型分光器を用いた時間分解分光法を、繰り返しの速いレーザーにより生じるプラズマからの赤外発光の観測に適用した。それにより、Fe Iの発光スペクトルでこれまでの放電法では見つかっていなかった発光線も検出できた¹⁾。本研究では、装置の改良を行い、試料を回転する円盤上に取り付けられるようにして、ロッドを用いた実験より安定に発光を観測できるようにした。それにより、Mg、真鍮などからの発光の時間変化によるスペクトル線の変化、およびバッファガスを導入したときの時間変化を調べた。

【実験】Nd:YLF レーザーの2倍波を用いたアブレーション実験配置を図1に示す。レーザーは527 nm, 1 kHz で最大 14 W (1パルスあたり 14 mJ) の出力が得られるが、本実験では繰り返し周波数 2.5 kHz, 出力 1-2 mJ を用いた。Nd:YLF レーザー光は焦点距離 15 cm のレンズで、アクチュエータに取り付けたモーターからベルトで伝達して回転する金属円盤上に照射し、生じる発光をフーリエ分光器の絞りに集光した。発光のモニター点は小さなランプを用いることにより調整し、金属板表面から 3-5 mm 離れた点を観るようにしている。FT のスキャナーを 5 kHz の He-Ne レーザー干渉波形に相当するスピードで掃引して、1/2 サンプルングを行った。

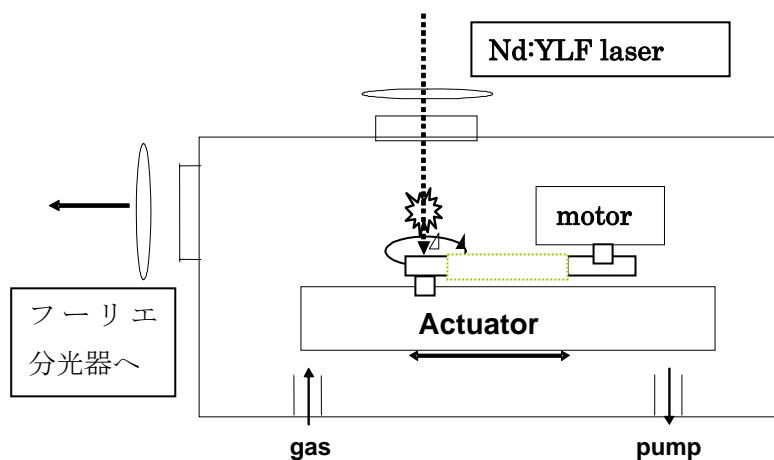


図1. レーザーアブレーションからの赤外発光観測装置

時間分解能は 1-2 μs で 60 または 30 点の時間分解データを波数分解能 0.1 cm^{-1} または 0.017 cm^{-1} で得た。Mg、真鍮に照射し、InSb 検出器で 1850 - 4000 cm^{-1} の波数領域を観測した。

【結果と考察】図2はMg金属板にレーザーを照射後 15 μs 後のスペクトルである。以前のMgロッドを用いた実験では発光は観測されなかった。ここで観測されたすべての発光線は太陽周辺では吸収スペクトルとして検出されている²⁾。もっとも強い 2586 cm^{-1} の 5g - 4f のスペクトル線の時間変化を図3に示す (波数分解能 0.017 cm^{-1})。アブレーションの直後は非常に広い線幅を示しているが、時間が経つと急激に狭くなっている。5g-4f遷移のA係数は 4.41 $\times 10^6$

と報告されている。発光はレーザー照射後 $5 \mu\text{s}$ から見え始めているので、アブレーションの後、原子が直ぐに飛び出すとすると原子の速度は $600 - 1000 \text{ m/s}$ と見積もられる。ところが図3の $7 \mu\text{s}$ 後のスペクトル線幅 0.092 cm^{-1} はその並進運動速度では説明できない。アブレーションにより蒸発した原子は入射レーザービームから 45° の角度まで広がっていると仮定すると、図3の $23 \mu\text{s}$ 後、狭くなったスペクトル線幅から並進運動温度は 4056 K と見積もられ、もっとも確からしい速度は約 2000 m/s となる。

図4は発光スペクトル線強度の時間変化を示す。Ar=0 の場合の $30 \mu\text{s}$ 以下の時間は蒸発した原子の持つ速度分布による飛行時間を反映し、時間に対して対称な変化を示している。また第二のピークが $40 \mu\text{s}$ に現れるが、その理由は不明である。Ar をバッファーガスとした雰囲気下では図4のようにピークが遅れて現れ、しかも時間に対して非対称になっていく。これはAr原子との衝突、その後の拡散現象によると考え³⁾、現在、数値シミュレーションを行っている。

真鍮のアブレーションではCuからの発光の時間変化、バッファーガス依存性を調べた。Mgの場合とことなり、幅の狭いスペクトル線は観測されなかった。

【文献】

- 1) 川口、実近、西村、藤森、岡、平原
Jaman, Civis, 分子分光研究会、2008
- 2) C. B. Farmer, R. H. Norton, NASA Ref.
Publ. 1224, 1989.
- 3) 今城、樋口、山北, 分光研究, 55 (2006) 394.

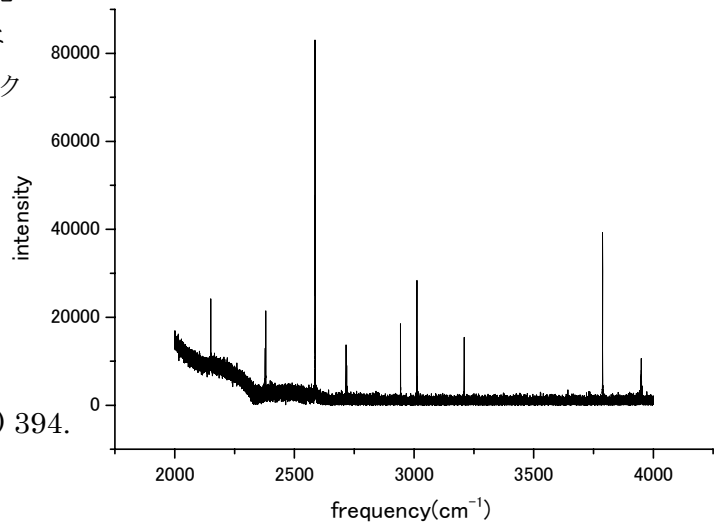


図2. Mg 金属のアブレーションによる赤外発光スペク

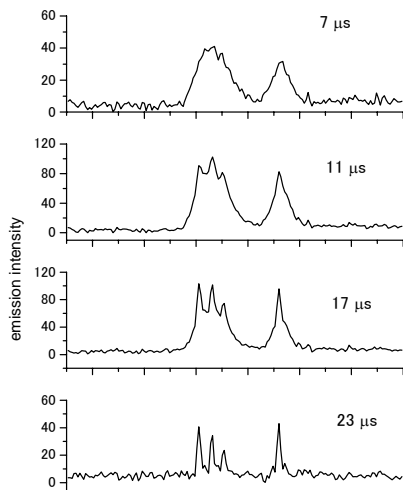


図3. 発光スペクトル線形の時間変化 (バッファーガス無し)

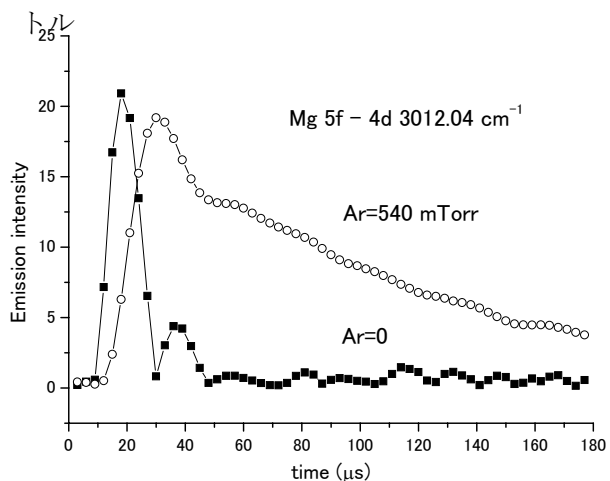


図4. Mg 発光スペクトル線のピーク強度変化