

レーザーアブレーションによるマグネシウムの赤外および質量分光

(岡山大院自然^a, 岡山大理^b) ○宮本祐樹^a・正木千聖^b・池田直美^a・唐健^a・

川口建太郎^a

Infrared and Mass Spectroscopy of Laser-Ablated Magnesium

(Okayama Univ.^a) Yuki Miyamoto, Chisato Masaki, Naomi Ikeda, Jian Tang

Kentarou Kawaguchi

miyamo-y@cc.okayama-u.ac.jp

Laser-ablated Magnesium (Mg) was subjected to time-resolved Fourier transform emission spectroscopy combined with quadrupole mass spectroscopy. Emission of Mg atoms was observed in 2000~4000 cm^{-1} region with resolution of 0.03 cm^{-1} . It was found that emission lines consist of two components with different Doppler width. One with wider linewidth appeared just after ablation, while the other appeared after about 10 μs . Doppler width of the narrow one corresponds to estimated velocity of atoms sputtered directly from bulk Mg. On the other hand, mass spectra suggested major products of the ablation under our experimental conditions are Mg^+ and Mg_2^+ . MgO^+ was also observed under thin oxygen condition ($\sim 10^{-4}$ Torr). Considering the linewidth and energy levels of these species, the wide component is attributed to Mg atoms produced by dissociative recombination of MgO^+ or Mg_2^+ and electrons.

マグネシウム(Mg)は宇宙空間に最も多く存在する金属であり、また地球大気中では Mg^+ がMgの30倍以上多く存在する。このようにMgおよび Mg^+ は大気化学および星間・惑星化学において非常に重要な金属であると言える。我々はこれまで、レーザーアブレーションによりMg原子を真空中に生成し、その蛍光を時間分解高分解能フーリエ変換型分光(F T I R)で測定することで、アブレーションの機構について考察してきた[1]。Fig. 1に、観測されたMg原子の時間分解発光スペクトルの一例を示す。2586.1 cm^{-1} 付近の発光は $5g-4f$ ($^3G-^3F$)、2586.3 cm^{-1} 付近の発光は $5g-4f$ ($^1G-^1F$)と帰属することが出来る[2]。発光スペクトルはレーザー照射から数マイクロ秒後に立ち上がり、まずスペクトル線幅がおよそ0.1 cm^{-1} の広い成分(成分A)が観測された。成分Aは10 μs 付近でピークに達した後、減衰を始めた。また10 μs から線幅が0.01 cm^{-1} 程度の幅の狭い成分(成分B)が立ち上がり、50 μs 以上にわたり観測されることがわかった。このような振る舞いは観測された蛍光線全てにおいて観測された。スペクトル線幅をドップラー幅とし、Mg原子が等方的な速度成分をもつとすると、金属表面と観測点の距離と並進速度の関係から、成分Bはアブレーションによって金属表面から原子として遊離した原子による発光によるも

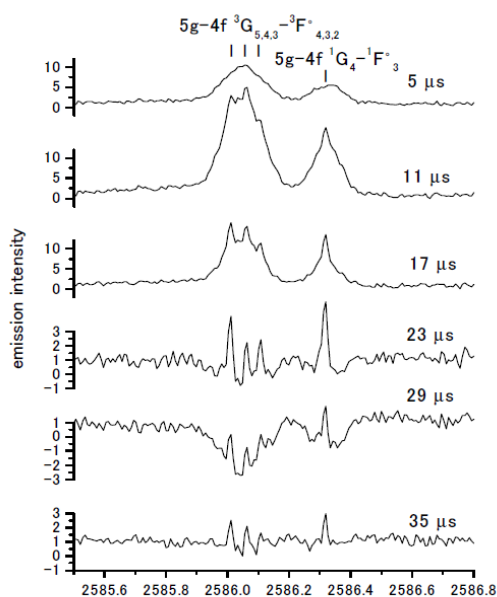


Fig.1

のであると考えることができる。しかし成分Aは遊離単原子由来とすることは出来ないため、アブレーションにより生成する分子イオンと電子との解離性再結合反応から生成する原子による発光ではないかという仮説が立てられた。しかしFTIRではMg原子およびMg⁺以外の発光は観測されなかった。本研究では四重極質量分析計を赤外分光と組み合わせることで、より詳細な議論を目指した。

Nd:YLFレーザーの倍波(波長527nm、繰返周波数1kHz、~2mJ)を、モーターで回転・並進するMgターゲット表面に集光し、アブレーションした。生成物を赤外分光するとともに、四重極質量分析計で測定した。生成物が中性種かイオンかを判断するために質量分析計のイオン源であるフィラメントをOFFにしての測定もおこなった。さらに真空装置内に10⁻⁴Torr程度の窒素または酸素を導入し、生成物を観測した。

レーザー照射により質量スペクトルの質量数24に非常に強いピークが観測された。質量数24はMg原子に対応する。このピークはフィラメントをOFFにしても観測されたため、Mg⁺も同時に生成していることがわかった。また質量数40および48にもピークが観測された。これらのピークはフィラメントOFFでも観測され、さらに酸素を導入することで質量数40のピークは増大し、48のピークは消失した。よって、質量数40のピークはMgO⁺、質量数48のピークはMg₂⁺と帰属した。窒素による質量スペクトルの変化は確認されなかった。Mg⁺は酸素との反応によりMgO₂⁺を生成するが[3]、本研究では、Mg⁺が高励起状態にあるためMgO⁺が生成したか、Mg₂⁺と酸素との反応で生成したものと考えられる。以上より、観測された幅の広い成分(成分A)はMgO⁺またはMg₂⁺と電子の解離性再結合反応により生成したMg原子であると考えられる。

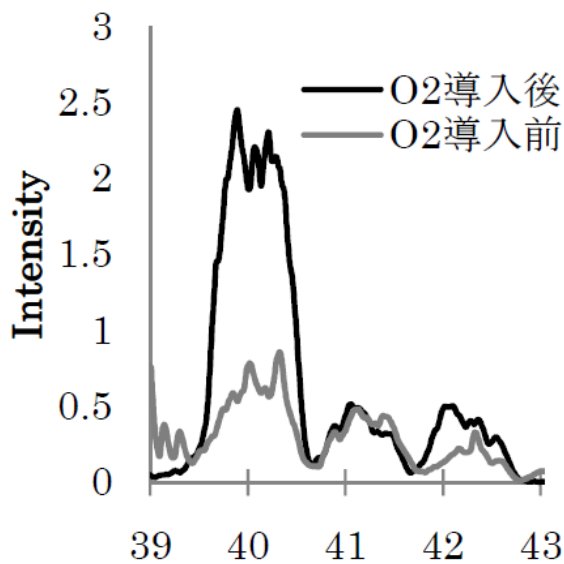


Fig.2

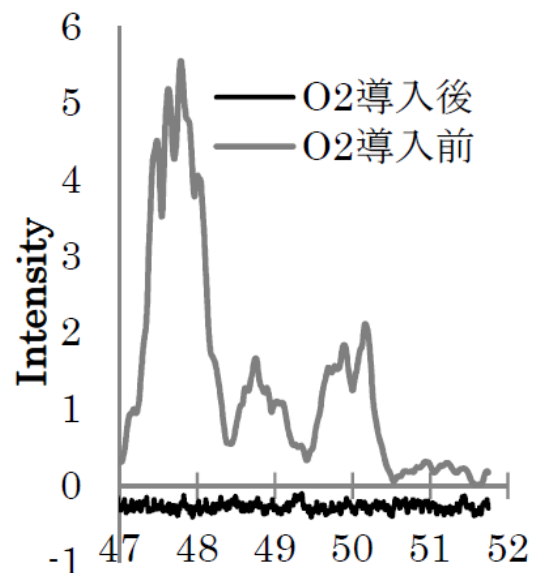


Fig.3

[1] N. Ikeda and K. Kawaguchi 第10回 分子分光研究会 (2010)

[2] E. Biemont and J. W. Brault, Phys. Scr. 34, 751 (1986)

[3] R. J. Plowright et al. J. Phys Chem. A 113, 9354 (2009)