アーク放電による金属フラグメント・イオンの発生*

岸本 陸義**・高橋 三幸**・鈴木 進**・田畑 収***

(昭和59年11月30日 受理)

Production of Metal Fragment Ions by Arc Discharge
Mokuyoshi KISHIMOTO**, Mitsuyuki TAKAHASHI**,
Shin SUZUKI** and Osamu TABATA***

(**The Research Institute for Iron, Steel and Other Metals,
Tohoku University, Sendai, Miyagi)

(***Government Industrial Research Institute, Osaka,
Midorigaoka, Ikeda, Osaka)

(Received November 30, 1984)

1. はじめに

質量分離機能を備えたイオン・ビーム装置を用いると、同位体分離をはじめ、注入、エッチング、表面改質¹⁾、薄膜合成²⁾等各種の材料開発を行うことが出来る。また、原料ガスに関しては、低圧放電からアーク放電まで、広範な放電気体でのプラズマ反応の分析³⁾も可能である。例えば、イオン注入の場合には、多量の金属イオンを必要とすることが多い。このため、イオン・ビーム中の金属イオンの組成を増大させることの出来るイオン源の動作条件を確定する必要がある。

本報は、セクター型電磁方式の同位体分離器⁴⁾を使用し、そのイオン源に附属する低電圧放電型アーク室中で、気体金属塩化物を分解するに当り、その分解特性と、高い金属イオン組成を得る条件について検討を行ったものである。

2. フラグメント発生・分析系

Fig. 1 に同位体分離器によるフラグメント・イオン測定系を示す。イオン源から、コレクターまでの距離は約

3.6m。分析電磁石の諸元は、ビーム偏向角 60° 、軌道半径80 cm、極間隙8 cm、磁場は最大6 kGaussである。また、**Fig. 2** はイオン源に内蔵するアーク・ボックスを示す。アーク・ボックスには電子コリメート用のイオン源電磁石が取り付けられている。

アーク室の容積は 24 cm^3 で、この中で発生したフラグメント・イオンは、幅約1 mmのスリットから引き出され、分析電磁石を経てコレクターに捕集される。本実験に使用したイオン引き出しエネルギーは20 kVである。

Fig. 1 System of the sector type electromagnetic isotope separator.

* 昭和59年10月31日 第25回真空に関する連合講演会で講演 (31 Ba-1)

** 東北大学金属材料研究所 (仙台市片平2-1-1)

*** 大阪工業技術試験所 (池田市緑ヶ丘1-8-31)

Fig. 2 Geometrical illustration of the arc-box of the isotope separator.

Fig. 3 Fragmentation characteristics of LiCl with arc power in the arc box of the electro-magnetic isotope separator.

3. 実験および結果

Fig. 2 のアーク・ボックスにおけるフラグメント・イオンの組成は金属塩化物の蒸気圧、アーク電圧、フィラメント電流、イオン源電磁石およびアーク室温度によって変化する。予備実験の結果によりこれらのパラメータのフラグメント・イオン生成に対する寄与は、アーク電力（アーク電圧×アーク電流）の変化との関係でうまく表現できることが分った。従って以下の実験では、アーク電圧に対するフラグメント・イオンの組成との関係について検討を行った。

試料には、塩素の結合数の異なる LiCl, FeCl₂, InCl₃,

Fig. 4 Fragmentation characteristics of FeCl₂ with arc power in the arc box.

Fig. 5 Fragmentation characteristics of InCl₃ with arc power in the arc box.

Fig. 6 Fragmentation characteristics of SiCl₄ with arc power in the arc box.

および SiCl₄ を用いた。

LiCl の場合 (Fig. 3), 1 W/cm² 程度の弱いアーク中には、約50%以上の LiCl⁺ イオンが含まれる。この二量体は LiCl の蒸発特性に起因する⁶⁾。アーク電力の増大と共に、二量体イオンの解離が進行し、Li⁺ イオンの割合が増大する。高いアーク電力側で Li₂Cl⁺ イオンがやや増

大する傾向が見られるが、これは多量体の塩化リチウム蒸気の生成が原因するためと考えられる。また、 FeCl_2 (Fig. 4) の場合には、主として親分子イオン(FeCl_2^+) の分解によって Fe^+ イオンが供給されるものと考えられる。さらに、 InCl_3 (Fig. 5) の場合には、 InCl_2^+ イオンが In^+ イオン増大のオリジナル・イオンになっていると考えられる。なお、 SiCl_4 (Fig. 6) では、 SiCl_3^+ イオンあるいは SiCl^+ イオンが Si^+ イオンの供給源であると判断される。以上 Fig. 3 ~ Fig. 6 の結果を通じて、アーク中の金属イオンは、解離した中間体の安定なフラグメント・イオンによって供給されるものと考えられる。また、親イオンから最初 Cl 原子 1 個が容易に脱離する反応が顕著に見られる。一方、 FeCl^+ 、 InCl_2^+ 、 SiCl_2^+ の様なフラグメント・イオンの組成は低く、これらは不安定なイオンであることが分る。さらに親イオンからの Cl 原子の逐次解離も考えられるが、それ以外に Cl_2 分子の直接脱離による反応もありうることを示唆するものである。

4. ま と め

1. 塩化物の放電中におけるフラグメント・イオンの

組成は、アーク電力をパラメーターにして制御できる。

2. 塩化物の解離は、アーク電力が低い所では、分子イオンの生成が多いが、アーク電力が増大するに従って金属イオンが主成分となる。

3. 放電中における塩化物の解離は、Cl 原子の逐次解離の過程も考えられるが、それ以外に Cl_2 分子の直接脱離による反応もありうることを示唆する。

〔文 献〕

- 1) 岩木正哉：応用物理, **51** (1982) 1058.
- 2) S. Misawa, S. Yoshida, T. Miyazawa and S. Gonda: *Proc. 6th ISLAT* (1982) 351.
- 3) Y. Murano, G. Izawa, K. Yoshihara, M. Takahashi, M. Kishimoto and S. Suzuki: *Int. J. Mass Spectrom. Ion Phys.* **41** (1982) 179.
- 4) 後藤秀弘, 鈴木 進, 岸本睦義：質量分析 **16** (1968) 1.
- 5) J. Berkowitz, W. A. Chupka: *J. Chem. Phys.* **29** (1958) 653.