

## 金属イオンビームの引出

曾根和穂・白石健介・松田耕自\*

原研・日新ハイボルテージ\*

Mo, Nb, V, ステンレス鋼などの比較的融点の高い金属は, 将来の核融合炉やそれを目ざした大型トカマクなどの臨界プラズマ試験装置の真空壁の候補材料として最近特に注目されつつある。これらの材料表面層のイオン照射損傷(自己スパッタリングなど)や中性子照射損傷(ボイドによるスラエリングなど)の研究にとっては, 真空壁を構成する材料と同種類のイオン(self-ion)のビームを引出し加速できなければならない。必要なエネルギーは0.1~500 keVの広い範囲にわたる。またビーム電流は $10 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 程度以上が望ましい。本報告では電子衝撃型イオン源を用いてMo, Nb, Fe, Ni等の金属イオン・ビーム引出実験の結果について述べる。

使用したイオン源の主要部の概略をFig. に示す。本イオン源の原理および動作は, (i) フィラメントを加熱し熱電子を作る, (ii) オープンを用いてイオン源物質の蒸気を作る, (iii) アノードとカソード間にバイアスを印加して放電させ蒸気をイオン化する, (iv) イオン化効率を上げるために外部より軸方向の磁場を加える(この時の外部磁場の向きはフィラメントに流れる直流電流により作られる磁場の向きと反対で, その強度は同程度にする), (v) 外部電極にイオン引出電圧を加えカソードに於ける小孔からイオンを引出す。

イオン生成効率を高め, またイオン源および機器の寿命を長く保つにはイオン源物質の選択が重要である。前者の目的のために化合物よりも単体を用いた方がよい。またハロゲン化物を用いると真空系等の汚染が問題となる。Mo ( $T_m = 2610^\circ\text{C}$ ), Nb ( $T_m = 2468^\circ\text{C}$ ) などの高融点金属のイオンビームを引出すには,  $\text{MoO}_3$  や  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  などの酸化物やMo-Ni, Nb-Ni などの合金の方がよいと思われる。Table に本実験の結果をまとめてある。今回使用したオープン の最高温度はMo-Ni合金の場合を除いて $1400^\circ\text{C}$ であった。Mo-Ni合金の場合が $1700^\circ\text{C}$ である。これらからわかることは, (i)  $\text{Ni}^+$  ビームの引出の例から明らかのようにイオン源物質の寸法や形状によってビーム強度が大きく変化する, (ii) 一般的に粒度が小さくなるほどビーム強度が増大する, (iii) しかし $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ,  $\text{MoO}_3$  は粉末であるが $\text{Nb}^+$ ,  $\text{Mo}^+$  ビームは非常に少ない, (iv) 特に $\text{MoO}_3$  は $1150^\circ\text{C}$ で1気圧の蒸気圧を有するはずだが,  $\text{Mo}^+$  ビームは得られない(原因不明)。ビーム強度は引出電圧の2乗に比例するから10, 7kVから30kVにすればそれぞれ約5倍, 9倍程度のビーム量が得られることになる。Mo-Ni, Nb-Ni合金についてはこれを30kVにして次回に報告したい。

source feed material	melting point, °C	size or shape	extraction, kV	ion beam	current, $\mu$ A	comments
metallic-Ni	1453	~3mm x 3mm ~0.3mm thick	10	$^{58}\text{Ni}^+$	2.0	
				$^{60}\text{Ni}^+$	0.8	
		~1.5mm x 1.5mm ~0.3mm thick	10	$^{58}\text{Ni}^+$	5.5	$^{58}\text{Ni}^{2+}$ beam : 0.13 $\mu$ A
				$^{60}\text{Ni}^+$	2.3	
		~1.5mm x 1.5mm ~0.3mm thick + Ni filings	10	$^{58}\text{Ni}^+$	7.5	
				$^{60}\text{Ni}^+$	2.5	
metallic-Fe	1535	Fe filings	10	$^{54}\text{Fe}^+$	15.0	oven current : 0 A
$\text{Nb}_2\text{O}_5$	1520	powder	7	$^{93}\text{Nb}^+$	0.9	
$\text{MoO}_3$	795	powder	7	$^{98}\text{Mo}^+$	—	no beam extracted
Mo-Ni alloy (Mo: 45w/o)	1315	~3mm $\phi$ , lump	30	$^{98}\text{Mo}^+$	$\frac{1}{4} \times ^{58}\text{Ni}^+$	estimated

Table Summary of the experiment.

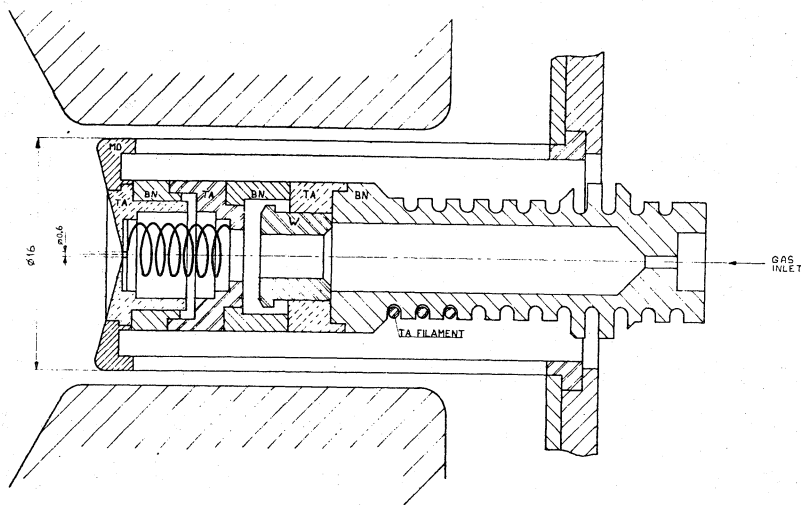


Fig. Vertical section of the high-temperature oven, filament, anode and cathode assembly of the ion source.