

# He ガスを用いた大電力パルススパッタによる スピント型エミッタの作製と Mo 薄膜の内部応力評価

薄膜・表面物性研究室 宮崎 昂流  
S151139 Takahiro MIYAZAKI

## 背景と目的

スピント型エミッタは電子を放出する真空電子源として用いられ、ディスプレイや高感度撮像デバイスへの応用が期待されている。エミッタの陰極は先端が尖っているほど電界がより集中し、効率よく電子を放出することができる。スピント型エミッタの陰極は、キャビティ構造をもつ基板に陰極材料となる金属を堆積させて作製する。先行研究では鋭いエミッタを作製する条件が示されたが、応力によって膜が剥がれてしまう問題があった。また、放電ガスに Kr を用いることによって内部応力を緩和させることに成功したが、良好なエミッタを作製することができなかった。そこで、本研究では新たな試みとして Ar や Kr に He を混合して製膜を行い、ペニング電離により低い電圧で放電させることで Mo に働く応力を緩和できるか試みた。一般に、希ガスである He は軽元素であるためスパッタ率が低く、スパッタ製膜にはほとんど用いられない。しかし、He の準安定励起状態は約 20 eV の高いエネルギーをもち、ペニング電離によりプラズマ中の粒子をイオン化することが知られている。本研究では最適な陰極形状を与える製膜条件を探索すると共に膜に働く内部応力を測定し、膜が剥がれない範囲で鋭いエミッタを作製することを目的とした。

## 実験方法

3 極型大電力パルススパッタにより、100%Ar、80%Ar+20%He、100%Kr、80%Kr+20%He の 4 つの場合について微小ホールをもつキャビティ構造基板と Si 基板に Mo を製膜した。その他の条件は、ターゲットに Mo、ターゲット印加電力 100 W、パルス周波数 200 Hz、duty 比 5%、T-S 距離 72.5 mm、製膜圧力 0.3 Pa、製膜時間 45 min とした。また、プラズマ電位を上昇させるためのキャップ電位を 20 V に設定した。製膜した試料の結晶面間隔を X 線回折を用いて測定し、面間隔の変化から応力を求めた。また、試料断面を走査型電子顕微鏡を用いて観察し、エミッタの形状評価はアスペクト比（ここでは三角形の半値高さ÷半値幅）の算出によって行った。

## 結果と考察

それぞれの条件における応力の結果を表 1 に示す。He を混合すると放電電圧を低下させて応力を緩和できると考えていたが、Ar、Kr いずれの場合でも応力は逆に大きくなった。前述の通り、先行研究では放電ガスの種類によって応力が変わることがわかっている。Mo の原子量は Ar や Kr よりも大きいため、ターゲットへ入射する Ar<sup>+</sup> や Kr<sup>+</sup> は表面で後方散乱を受けるとともに中性化する場合がある。この原子が高いエネルギーを持って基板へ向かうと、薄膜内部へ打ち込まれる可能性が高くなり、薄膜の格子面間隔を広げて圧縮応力の原因になる。He は Ar や Kr に比べて原子量が非常に小さいのでターゲット表面で反射されやすく、かつ高いエネルギーを持つ。よって He を混合した製膜では応力が大きくなったと考えられる。エミッタの形状も He を混合すると良好な形状が得られなかったため、スピント型エミッタ作製においては、現時点では一番形状が良かった 100%Ar が最適であると考えた。

表 1. He 混合前後での応力

放電ガス	応力 (GPa)
100%Ar	-2.58
80%Ar + 20%He	-3.95
100%Kr	-1.71
80%Kr + 20%He	-1.96