

三極型反応性 HPPMS を用いた HfN スピント型エミッタの試作と構造制御

○小沢 真¹, モハメッド シュルズ ミヤ¹, 中野 武雄^{1*}
村田 博雅², 村上 勝久², 長尾 昌善²

¹成蹊大学大学院理工学研究科, ²産業技術総合研究所

Fabrication and structural control of HfN Spindt-type emitters using triode reactive HPPMS

○Makoto Ozawa¹, Md. Suruz Mian¹, Takeo Nakano^{1*},

Hiromasa Murata², Katsuhisa Murakami², Masayoshi Nagao²

¹ Graduate School of Science and Technology, Seikei University

² National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

1. 緒言

Spindt 型エミッタは微小真空電子放出源の一種であり、高感度撮像素子などへの応用が期待されている。我々は三極型大電力パルススパッタ (t-HPPMS) による先鋭な Spindt 型エミッタの作製を試みている^{1,2)}。最近、Mo よりも HPPMS でイオン化しやすい材料と言われる Hf を用いることで、エミッタの半値高さ÷半値幅で定義したアスペクト比 (AR) が最大 2.3 の鋭い Hf および HfN 製エミッタを作製できた³⁾。ただし、得られたエミッタはゲート電極のホール穴から突出しており、電子放出にはエミッタの形状最適化が必要であった。本研究では、融点が 3305°C と高く、エミッタとしての耐久性にも優れると言われる⁴⁾ HfN 製エミッタに注力し、反応性 t-HPPMS によってこれらの作製と最適化を試みた。キャビティの深さやホール径がエミッタの大きさに強く影響する事がわかっていた²⁾ため、キャビティの形状を変えて先端の突出を抑えた HfN 製エミッタの作製を試みた。

2. 実験方法

Al/Mo/SiO₂ 製のキャビティを形成した Si 基板の上に反応性 t-HPPMS によって HfN の薄膜を堆積させた。キャビティはホール径 850 nm / 深さ 300 nm の大口径のもの、ホール径 500 nm / 深さ 300 nm の小口径のものを用いた。大口径キャビティでは印加電力 100 W、プラズマ電位制御用のキャップ電極電位 V_c を 10 V、堆積時間 300 min とし、小口径キャビティでは 200 W、10, 20 V、90 min とした。その他の条件は共通で、Ar 圧力・流量 0.6 Pa / 20 sccm、N₂ 流量 2.5 sccm、放電のパルス周波数 200 Hz、duty 比 5%、ターゲット-基板間

距離を 72.5 mm とした。作製後の基板断面を走査型電子顕微鏡により観察し、画像から AR を評価した。

3. 結果および考察

Fig. 1 に作製した HfN エミッタの断面画像を示す。Fig. 1(a) に示したホール径 850 nm のキャビティでの AR は 2.30 で、同じキャビティを用いた Mo エミッタでの値 (1.3) に比べて非常に大きくなった。これは Hf の HPPMS でのイオン化率が Mo よりも高いことから説明できる。Fig. 1(b) はゲート電極との位置合わせを目指して、キャビティのホール径を 500 nm とした HfN 製エミッタの断面画像である。ホール径を小さくすることでホール閉塞までの時間が早まり、エミッタ先端の突出を抑えられた。このときは $V_c = 20$ V で AR がより大きくなった。これは、膜厚が薄くなったことにより圧縮応力の影響を受けにくくなり、プラズマ電位の上昇によるイオンの入射直進性向上の効果が優先したためと考えられる。今後はエミッタ形状をさらに最適化し、実際に電子放出ができるかを確認する。

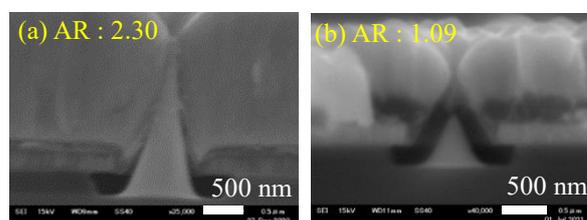


Fig.1 HfN 製エミッタの断面 SEM 画像

(a) ホール径: 850 nm, (b) ホール径: 500 nm.

文 献

- 1) Nakano, et al., JVSTB, 35, 022204 (2017).
- 2) 谷口 他, 信学技報, 118(263), pp.5-8 (2018).
- 3) 小沢 他, 応物学会 2021 秋季学術講演会, 22a-P07-2.
- 4) 後藤 他, JVSJ, 51(3), pp.162-164 (2008).

*E-mail: nakano@st.seikei.ac.jp