

大電流動作電子源の実現に向けた Si エミッタ上 TiN コーティングの検討

Investigation of TiN coating on Si emitter for realization of high current electron source

産業技術総合研究所, °村田 博雅, 村上 勝久, 長尾 昌善

AIST, °Hiromasa Murata, Katsuhisa Murakami, Masayoshi Nagao

E-mail: murata.hiromasa@aist.go.jp

【はじめに】 我々は、超高感度や高い耐放射線性という特徴をもつイメージセンサー応用に向け、マトリクス駆動と電子ビーム集束を両立させたボルケーノ構造フィールドエミッタアレイ (FEA) を開発してきた[1]。一方、エックス線応用や超高周波管応用に向けては、大電流動作が必要となる。過去に HfC 被覆による大電流動作を報告した[2]が、HfC 薄膜は成膜時にパーティクルが発生することが多く歩留まりが悪いという欠点もあった。今回、遷移金属の窒化物に注目して、Si エミッタ表面を Ti 被覆することで、大電流動作が可能であるかを検証した。TiN は以前から仕事関数が低いことでエミッタ材料として応用する報告はいくつかあるが、大電流動作をめざしてゲート付き FEA に適用した例は少ない。

【実験方法】 反応性イオンエッチングにより作製した Si コーン上に、Ti ターゲットを用いた Ar/N₂ ガスによる反応性スパッタリングにより TiN コーティングを施してエミッタを作製した。その後、TEOS ガスを用いたプラズマ CVD により SiO₂ を、DC スパッタによりゲート電極となる Nb を成膜した。ゲート電極の開口にはレジストのエッチバック法を用い、エミッタ先端の開口にはバッファードフッ酸を用いた。このようにして作製したボルケーノ構造 FEA の SEM 像を Fig.1 に示す。エミッタへ成膜したものと同一条件の TiN 薄膜を用意し、XRD および XPS を用いて評価した。

【実験結果】 反応性スパッタリングにより成膜した TiN について、XRD から、TiN(111)に由来したピークが得られた。また、XPS からは、Ti 2p スペクトルと N 1s スペクトルから組成比を計算するとおよそ 1:1 であることが確認できた。約 1000 tip を集積した TiN 被覆ボルケーノ構造 FEA の電子放出特性を、10⁻⁷ Pa 以下の超高真空中で測定した。電流電圧特性を Fig.2 に示す。ゲート電極への印加電圧が 25V を超えたところで電子放出がはじまり、その後急激に電流量が増大し、印加電圧 125 V の時にアノード電流が 2 mA に到達した。電流電圧特性から得られた FN プロットは良好な直線を示し、電界放出電流であることを示している。1 mA 放出させた状態で電圧を一定とした時の電流の経時変化を Fig.3 に示す。30 分の間、急激な電流減少の無い比較的安定な特性が得られた。TiN 被覆は mA 級の大電流動作が必要なアプリケーションに適用できる可能性があると言える。

[1] M. Nagao, Y. Gotoh, Y. Neo, H. Mimura, J. Vac. Sci. Technol. B 34, 02G108 (2016).

[2] T. Sato, S. Yamamoto, M. Nagao, T. Matsukawa, S. Kanemaru, J. Itoh, J. Vac. Sci. Technol. B 21 p.1589 (2003).

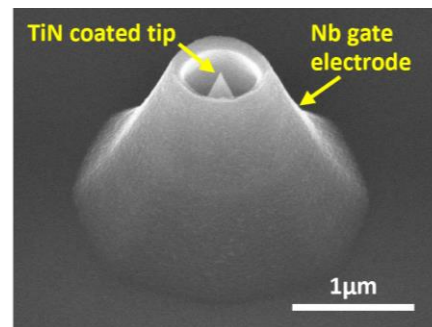


Fig. 1 Volcano-structured TiN coated field emitter array (FEA).

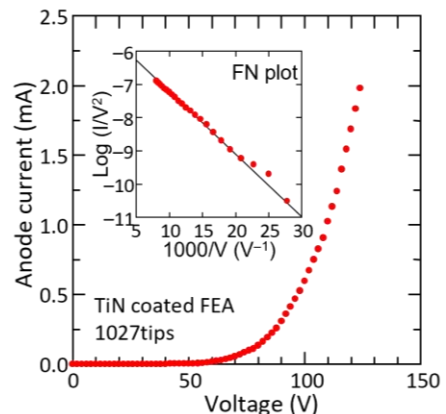


Fig. 2 I-V characteristics and FN plot of TiN coated FEA.

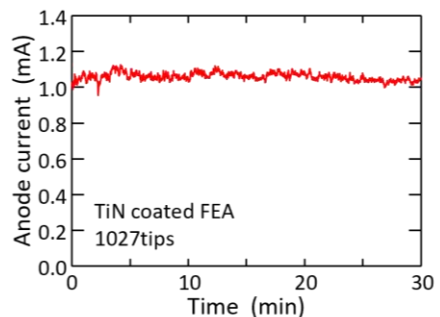


Fig. 3 Short term stability of TiN coated FEA at high current operation.