# 光制御のための透明基板を用いたフィールドエミッタアレイ

# **Development of Field Emitter Array on a Transparent Substrate**

# for Optical Control

# 農工大院工, <sup>O</sup>(M2)家老 統矢, 岩見 健太郎, 梅田 倫弘

#### Dept. of Mechanical Systems Engineering, Tokyo Univ. of Agriculture and Technology

## $^\circ$ Toya Kera, Kentaro Iwami, and Norihiro Umeda

#### E-mail: k\_iwami@cc.tuat.ac.jp (K. Iwami)

IC や MEMS の開発に広く用いられる電子線リソグラフィ(EBL)は、高解像度かつ低コストでの 描画が可能であるが、単一エミッタによる EBL は描画速度が遅く生産性が低いという欠点を持つ. そのためエミッタを並列化し生産性の向上を図る研究が進められているが、多数のエミッタを個 別に制御する手法が課題となっている。本研究ではその手法としてレーザ光を用いた光制御電界 放出を提案し、レーザ光を透過できる透明基板を用いたエミッタアレイ(FEA)の開発を目的とした.

製作した FEA の構造(a)および SEM 像(b)を Fig. 1 に示す. 20 mm 角,厚さ 0.5 mm の石英ガラス 基板上にエミッタとなる突起を形成し、エミッタ層として Au を 50 nm,絶縁層として SiO<sub>2</sub>を 1.5 µm,ゲート層として Cr を 500 nm 成膜した. 突起の形成には BHF によるサイドエッチングを利 用し、ゲートの開口にはセルフアライメント法を用いた<sup>[1]</sup>.また、エミッタは基板中心の直径 3 mm の円形範囲内に約 3 万個配列されるように設計した.

製作した FEA の電子放出特性を調査した. FEA とアルミニウム製のアノード電極を真空チャン バー内に設置し、 $5.0 \times 10^6$  Pa まで排気した. エミッタとアノード間の電圧を 1000 V, 間隔を 10 mm とし、エミッタとゲート間の電圧 Vg を 0.1 V ずつ変化させながらエミッタ電流 I<sub>e</sub>およびゲート電 流 I<sub>g</sub>を測定した. 測定結果を Fig. 2(a)に示す. 図中の赤線はエミッタとゲート間の絶縁抵抗 130 GQ を用いたオーム則である. 結果として、Vg < 9.1 V の範囲でオーム則に従い、その後はオーム則よ りも高い電流値が得られ、最大で Vg が 14.2 V のときに I<sub>e</sub>は 6.57 µA となった.

測定結果より得られた Fowler–Nordheim プロットを Fig. 2(b)に示す. プロットは 12.2<  $V_g < 14.2$  V の範囲で Fowler–Nordheim 則<sup>[2]</sup>による近似によく一致し, ゲート電極への電界放出が生じたこと が確認された.  $V_g < 12.2$  V の範囲のプロットは直線近似に一致しなかったが, 電界放出を引き起 こすにはエミッタ表面の電界を 5×10<sup>9</sup> V/m 以上にする必要があり<sup>[2]</sup>,  $V_g < 12.2$  V の範囲ではその 電界に到達していないためと考えられる.  $V_g$  が 14.2 V を超えると電流値は減少した. これは電流 によりジュール熱が生じ, エミッタが変形したためであると考えられる. また,  $I_g \ge I_e$  は一貫し て同じ値をとっており, アノードへの電界放出は確認されなかった. 電子の軌道はエミッタ周り の電界分布による影響を受けるため, アノードへ電子を放出するためにはゲートの開口径を改良 することが重要となる.



Fig. 1. Schematic drawing (a) and SEM images (b) of fabricated FEA.



Fig. 2. *I–V* characteristics (a) and Fowler–Nordheim Plot (b) of fabricated FEA.

- [1] Toya Kera, et al., IEEE-NEMS 2016, 7758188
- [2] 石川順三,荷電粒子ビーム工学,コロナ社,第4版,2001