

電子ビーム技術におけるブレークスルーと新しい応用分野

Recent breakthrough and novel applications for electron beam technology

静岡大学 電子工学研究所 ◦三村 秀典

Shizuoka Univ., ◦Hidenori Mimura

E-mail: Mimura.hidenori@shizuoka.ac.jp.jp

Field emission display の撤退以降、暫く研究者人口が落ち込んでいた電子ビーム技術であるが、地道な研究の結果、近年いくつかのブレークスルーを起こすことができ、再び注目を集めている。本講演は、シンポジウムの Introduction 的な役割で、電子ビーム技術の最近のブレークスルーと新しい応用分野について概説する。詳細は、本シンポジウムの各講演を参照されたい。

針状構造（ティップ）を基本とする電界放出微小電子源は、その周囲に電子引出し電極を配置するため、電子ビームが広がり放出される。電子ビームの発散を防ぐために、電子引出し電極に加えてその上部に集束電極を配置したダブルゲート微小電子源が考案されていたが、電子ビームを集束すると、ティップ先端の電界強度が低下し、電子放出による電流が数桁で著しく減少するという問題があった。この問題は、集束電極が電子引出し電極の周りに配置され、またその高さが電子引出し電極より低い火山型ダブルゲート電界放出微小電子源の開発により解決された。電子放出電流が減少することなく放出電子ビームの集束が可能となったため、ディスプレイより小さな画素サイズを用いるイメージセンサに電界放出微小電子源アレイが応用可能となった。これにより、撮像管の欠点を克服し、撮像管の長所を生かした超高感度イメージセンサや耐放射線イメージセンサが実現可能となった。

MOS 構造を用いた平面型電子放出素子は、低電圧で動作可能、電子ビームの発散が小さい、低真空でも動作可能など様々な特長を有している。しかし、電子の取り出し効率が 0.01% 以下であるという問題があった。近年、MOS 平面型電子放出素子のゲート電極をグラフェン膜にすることにより、効率が 100 倍以上向上することが可能となった。

従来、高周波数・高出力においては電子ビームデバイスが主要デバイスであるが、小型のテラヘルツ (300GHz 以上) デバイスの実現は難しかった。近年、放射光を用いた MEMS 技術である LIGA プロセスにより、300GHz に対応した Folded Waveguide を用いた遅波回路を製作できるようになり 300GHz 程度で 1W 以上の出力が期待できる進行波管 (TWT) の製作が可能となった。この TWT では、数十 m のビル間の point-to-point 通信や KIOSK 端末における映画等の高速ダウンロードなど、数 10~100Gbps の高速・大容量通信が期待されている。

LaB₆ ナノワイヤーで W(310)ティップの性能を遥かに凌ぐ高輝度と高安定の電子源を実現され、SEM 等への応用が期待されている。また、高速光応答を示すシリコン電子源が実現され、テラヘルツへの応用が期待されている。電子源の製作技術を用い宇宙用のイオンエンジンが開発されている。このように極めて興味深い進展もあった。