19p-A14-15

差分法を用いた陰極付近の電界計算に関する検討

Calculation of Electric Field near Field Emission Cathode with Finite Difference Method

京大院工，　○後藤 康仁，辻 博司

Kyoto Univ.,　°Yasuhito Gotoh, Hiroshi Tsuji

E-mail: ygotoh@kuee.kyoto-u.ac.jp

【はじめに】フィールドエミッタアレイから放出される電子ビームを集束させるレンズの設計においては、陰極付近の電界分布、放出電流密度分布を正しく計算することが必要である。しかしながら、電位計算に差分法を利用する場合、格子点の電位情報のみで陰極形状をうまく表現できないことから、陰極近傍の電界を電位の数値解から求めることは難しい。このため、有限要素法や境界要素法、電荷重畳法、境界電荷法などが用いられる [1]。差分法では、大きな計算容量が必要であるが、その反面、格子点に電位情報を与えれば計算ができるので、計算を行う手順は簡単である。そこで、陰極付近の電界を差分法で求める方法を検討したので報告する。

【計算方法】まず、陰極表面が比較的単純な曲線、すなわち球や回転放物線、回転双曲線で表すことができることを前提に考える。この場合、陰極付近の電位分布も陰極表面を表す曲線に近いものと考えられる。差分法では空間の電位は比較的精度良く求めることができるので、電極近傍から少し離れた曲面の電位・電界の値から陰極の電位、表面の電界を内挿して得ることができる。今回は、差分法の電位計算プログラムで陰極から少し離れた点の電位・電界を計算し、そこから内挿して求めた電極表面の電界が解析的に得た値と合致するかどうかを検討した。円筒対称座標系の電位を差分法で計算するプログラムを使用して、同心球電極系の電位計算を行った。格子点間隔を 2.5 nm とし、内球の半径を 20 nm、外球の半径は 2 μm とした。半径 50 nm の球面に相当する位置の電位と電界を用いて内球表面から 1 格子点間隔分離れた面における電界を求めた。

【計算結果】計算の結果を図 1 に示す。●が 22.5 nm における電界の数値解、●が 50 nm における電界の数値解、○が 50 nm の位置の電位と電界から求めた 22.5 nm の位置における電界値である。また破線は解析解の値を示す。図からわかるように数値解はばらついているが、離れた点から内挿した値はばらつきも少なく、解析解に近い。今後この考え方を電子ビームの軌道計算に利用することを考えている。

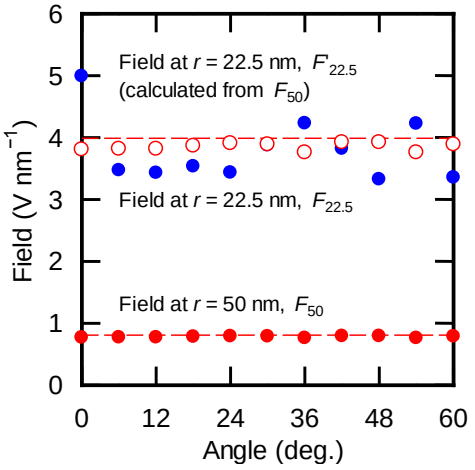


図 1. 円筒座標系における同心球電極の電位計算結果から求めた、陰極近傍の電界の値

【謝辞】本研究は、文部科学省原子力基礎基盤戦略研究イニシアティブ「微小冷陰極電子源アレイを用いた高い放射線耐性をもつ小型軽量撮像素子の開発」の成果である。

【参考文献】

[1] 宅間董、濱田昌司、「数値電界計算の基礎と応用」(東京電機大学出版会、2006).

© 2014 年　応用物理学会