

境界電荷法および境界磁荷法を用いた磁界重畳型対物レンズの解析

Analysis of a magnetic-field-superposed-objective cathode lens using boundary charge method and boundary magnetic charge method

名城大理工 °市來 康平, 石神 宙愛, 稲垣 亮祐, 村田 英一, 下山 宏

Meijo Univ. °K. Ichiki, M. Ishigami, R. Inagaki, H. Murata, H. Shimoyama

E-mail: hkmurata@meijo-u.ac.jp

1. はじめに

マルチエミッタ評価用に本研究室で開発した SEEM/PEEM 装置では、対物レンズとして電場・磁場を試料表面に同時に重畳させた磁界重畳型のカソードレンズが採用されている。これまでカソードレンズの解析は種々の報告がある[1]が、本装置のような磁界重畳型の報告はほとんどない。本研究では、境界電荷法・境界磁荷法の両方を使い、まず像側の収差係数を求め、その後、物側へ換算する方法により、分解能の解析を行っている。特に、今回は、試料・対物レンズ間の距離を変えた場合の分解能の変化についても計算をしたので報告する。

2. 方法および結果

図 1 は、今回解析した対物レンズの構造を示す。電子の加速電圧は 10 kV とした。まず、空間の任意の点での電位・電界は境界電荷法を、磁界は境界磁荷法を使用して計算する。得られた電界・磁界より、試料面から放出した電子を運動方程式より逐次計算して電子軌道を求める。試料より放出した電子の像面を決定し、各種収差係数および分解能を求めた。

図 2 は、試料・対物レンズ間距離 $L = 2 \text{ mm}$ として、励磁電流の値を変えながら対物レンズの球面収差を計算した結果である。電子ビームがほぼ平行となる励磁電流 940 AT 付近で、像側の球面収差係数の値は無限大に発散するが、物側の球面収差係数および色収差係数は有限値となる。励磁電流 940 AT として、分解能を計算した結果、開き角 $\alpha = 0.144 \text{ rad}$ のときに最高理論分解能 5.11 nm が得られた。

さらに、 L を 3.0 mm に変化させた場合のシミュレーション結果を表 1 に示す。これより、電子ビームが平行となる励起電流の値が L に大きく依存していることが分かる。

[1] L. Veneklasen, et al.: Optik **83**,155-160 (1989).

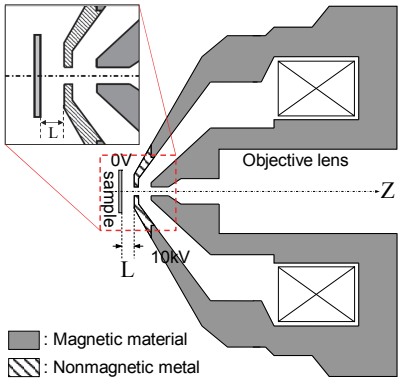


図 1 : 磁界重畳型カソードレンズ

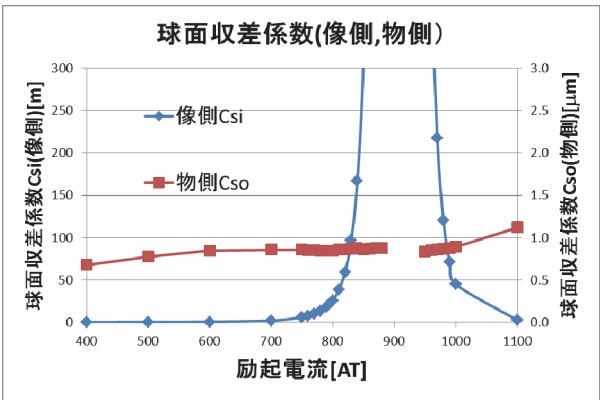


図 2 : $L = 2 \text{ mm}$ のときの球面収差係数

表 1 : 距離 L と分解能の関係

L [mm]	2.0	3.0
励起電流 [AT]	940	830
分解能 [nm]	5.11	5.37