

## 電界放出電子源の光源径の計測

## Measurement of virtual source diameter of a field emission electron source

日立製作所<sup>1</sup>, 日立ハイテク<sup>2</sup>, ○川本絵里奈<sup>1</sup>, 松永宗一郎<sup>1,2</sup>Hitachi, Ltd., R&D Group.<sup>1</sup>, Hitachi High-Tech.<sup>2</sup>, Erina Kawamoto<sup>1</sup>, Soichiro Matsunaga<sup>1,2</sup>

E-mail: erina.kawamoto.rm@hitachi.com

走査電子顕微鏡(SEM)の重要な性能の一つに空間分解能がある。SEMの空間分解能を決める要因の一つは電子源の特性であり、特に重要な要素が電子源の輝度である。近年ではカーボンナノチューブ[1]やグラフェン[2]を用いた高輝度電子源が提案されている。これらの電子源輝度の算出には、電子線の光源の大きさ(光源径)を計測する必要がある。光源径は、通常のSEM観察時には収差と分離して計測できないため、一般的には光源を拡大投影した条件を作りだして計測する[3]。しかしながら、一段レンズの拡大投影系を使うと、光源径の違いと拡大率の誤差を区別できないため、光源径のみの計測が困難であり、精度よく輝度を算出できていなかった。

本研究では光源を二段レンズ( $M_1, M_2$ )で拡大する方法で、総合拡大率( $M = M_1 \times M_2$ )の誤差を評価し、誤差が5%以下の高い信頼性をもつ光源径計測装置を開発した。この方法では1段目のレンズがつくる中間像面の位置を調整することで、総合拡大率の変更が可能である(図1)。中間像面位置の設定精度と拡大投影された光源径(ビーム径)の誤差の関係を見積もるため、中間像面のずれがビーム径に与える影響を計算した(図2)。中間像面が理想的な位置にある場合、ビーム径は図2の黒線のように総合拡大率に比例するが、中間像面にずれが生じた場合は、総合拡大率 $M'$ には式1で表される誤差 $\Delta M$ が生じる。

$$M' = M + \Delta M = M + 200 \frac{\Delta h}{a_2 b_1} M \quad (\text{式 1})$$

このとき、図2の赤線および青線に示すように総合拡大率とビーム径は比例関係にならない。図2のグラフに式1をフィッティングすることで $\Delta M$ を計算でき、中間像面位置のずれ $\Delta h$ を求められるため正しい総合拡大率となる1段目のレンズ強度を設定できる。これにより、本手法を用いることで正しい総合拡大率 $M$ で光源径計測を行うことができる。本研究では拡大率誤差の評価手法と光源径計測装置の詳細について述べ、正しい光源径計測を提案する。

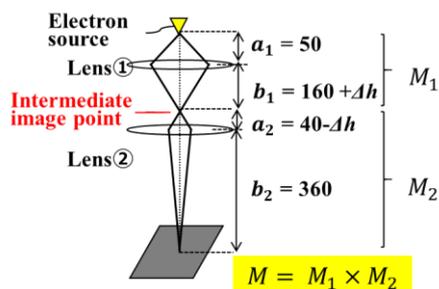


Fig.1 Schematic of electron optics and optical path diagram

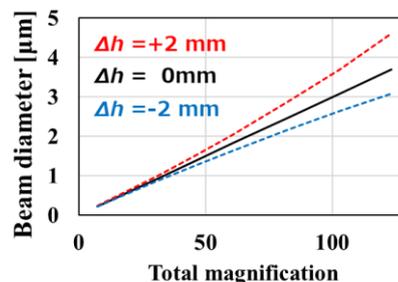


Fig.2 Total magnification dependence of beam spot diameter

- [1] F. Houdellier *et al.*, Ultramicroscopy **151** (2015) 107. [2] X. Shao *et al.*, nature communications **9** (2018) 1. [3] van.Veen *et al.*, J. Vac. Sci. Technol. B **19** (2001) 2038.