

二枚絞り形状阻止電位型アナライザーの エネルギー分解能の入射位置依存性

Dependence of electron beam shift in double aperture lens analyzer

筑波大数理¹ ○(B)林田 侑樹¹, 鶴田 諒平¹, 山田 洋一¹

Univ. Tsukuba¹ ○Yuki Hayashida¹, Ryohei Tsuruta¹, Yoichi Yamada¹

E-mail: s2111024@u.tsukuba.ac.jp

[はじめに] 高分解能な像観察に適した高性能電子顕微鏡には、単色性に優れた電界放出電子源が用いられている。現在電子源の単色性の評価に用いられる電子エネルギーアナライザーの一つに阻止電位型がある[1]。阻止電位型の特徴として小型で測定が簡便である反面、電子線の入射位置がアナライザー中心軸からずれると阻止する電子のエネルギーが変化するため、エネルギー分解能が低下するという問題点があった。そこで我々は入射条件の緩和のため、2枚絞り構造を持つ阻止電位型アナライザーを提案している[2]。これにより入射電子を阻止するポテンシャルの位置を2枚の絞りの中央に配置することで、1枚絞り構造よりも電子線の入射位置のズレ(ΔR)に対して、阻止する電子のエネルギーの変化量を低減し、入射条件に対するエネルギー分解能のロバスト性が向上することが期待できる。

[計算手法] 阻止電位型アナライザー内部での電子軌道計算においては、電子の速度が遅くなる領域が存在するため、電場の高精度な計算が必要とされる。そのため、電極表面に代用電荷を配置して電場を解析的に解く表面電荷法を用いたソフトウェア ELFIN/BEAM [3] を使用した。その後、 ΔR に対して入射電子のエネルギーを変化させることで、入射電子の軌道の ΔR 依存性を1枚絞り構造と2枚絞り構造のアナライザーに対して計算した。

[結果考察] Fig. 1 (a)に1枚絞り構造、(b)に2枚絞り構造における ΔR に対するアナライザーを通過する電子のエネルギーを示す。縦軸は基準エネルギー ($\Delta R=0 \mu\text{m}$ におけるアナライザー中心の電位の値) と電子のエネルギーとの差を示す。図中で青色がアナライザーを通過する電子、赤色が通過しない電子のエネルギー領域を示す。Fig. 1 から、 ΔR が小さい領域では、2枚絞り構造の方が赤色と青色の領域の境界線の立ち上がりが緩やかであり、入射位置ズレが起こっても阻止する電子のエネルギーに変化が少なく、エネルギー選別のロバスト性に優れていることを確認できる。しかし、2枚絞り構造では $3 \mu\text{m}$ 以上入射位置がずれると Fig. 1(c)のオレンジ線で示すように、電子が2枚目絞り衝突し、アナライザーを通過しないエネルギー (Fig.1(b)のオレンジ領域) が存在することが判明した。これは実効的なエネルギー分解能の低下につながる。

[1] Simpson, J. A., & Marton, L. Rev. Sci. Instrum. 32, 1283–1293 (1961)

[2] Honda, K et al., J. Vac. Sci. Techno. B 41, 044006 (2023)

[3] ELF Corporation (<http://www.elf.co.jp>)

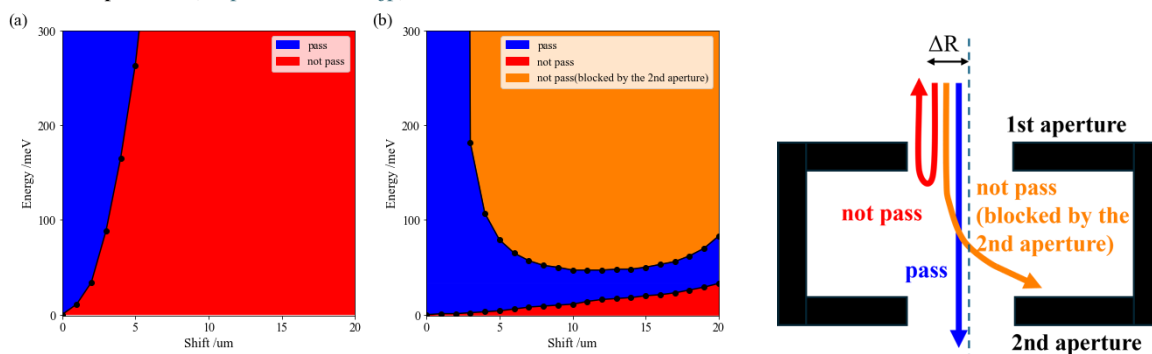


Fig 1 dependence of electronic beam shift (a) single aperture (b) double aperture (c) trajectories in double aperture analyzer