NEA 半導体光陰極から放出される電子のもつエミッタンスと高い空間コヒーレンス

High spatial coherence due to low beam emittance of NEA semiconductor photocathode in SP-TEM

名大未来研[1]，名大院工[2] ○桑原 真人[1,2]，浅野 秀文[2]，宇治原 徹[1,2]，田中信夫[1]，齋藤 晃[1,2]

Dept. Eng., Nagoya Univ.[1], IMaSS, Nagoya Univ.[2], ○Makoto Kuwahara[1,2], Hidehumi Asano[2], Toru Ujihara[1,2], Nobuo Tanaka[1], Koh Saitoh[1,2]

E-mail: kuwahara@imass.nagoya-u.ac.jp

我々は半導体光陰極を電子源に採用することで、電子線のスピンと時間を制御した透過電子顕微鏡（SP-TEM）の開発に成功した[1]。しかしながら、高速電子スピンとの相互作用はクーロン相互作用に比べて小さいため、強度変化のみならず位相情報の抽出が必須である。そこで我々は、SP-TEM において干渉実験が可能であることを検証するため、スピン偏極電子線の空間干渉性の実験を実施した。

SP-TEM は電子線源として NEA 表面を持った半導体を採用している。これに光照射することで平坦な半導体表面からスピン偏極電子発生を実現している。このような電子源は TEM で採用された例がなく、その空間的な干渉性は未知である。そのため、まず電子線の輝度を TEM において直接測定を行った。その結果、ソース電流 2.5 μ A において 1×10^{7} A/cm^{2}・sr @30keV 以上であることが確認された。次にバイプリズムによる直接的な干渉性の検証（図1）を行い、一次相関関数の見積りに成功した（図2）。これにより干渉性の高い電子源として動作することを実証した。さらにエミッタンス計測の結果、試料面上においてエミッタンスは 4.5×10^{-10} m・rad（励起波長 780nm）という非常に小さな量であることが分かった。初期エミッタンスの見積りを行うと、カソード放出面上で横方向運動量広がりが 2mrad 程度と小さいことが明らかとなった[2]。この運動量広がりの小ささが仮想光源サイズの縮小化を引き起こし、平面な電子放出面であっても干渉性の高さが維持されることがわかった。

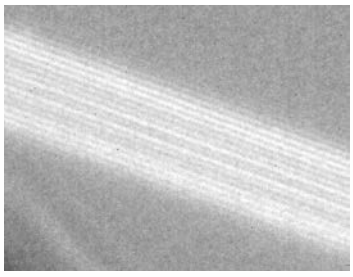

図１ SPTEM にて観測される干渉縞。

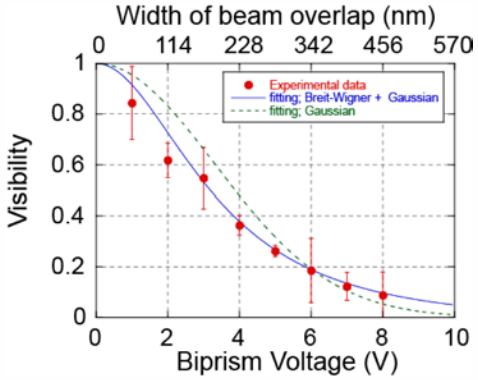

図２ 干渉縞の明瞭度と試料面上における電子波の重ね合わせ長さ

初期の放出過程における横方向の運動量広がりは、光陰極中の電子の運動量緩和過程が密接に関わっており、励起光エネルギーと NEA の小ささが重要となる。本性能はワイドバンドギャップ半導体では不可能であり、我々は 1.6eV 程度のバンドギャップを有する半導体を用いることで実現することに成功している。この干渉性の起源は、半導体光陰極における光励起過程および放出過程が密接に関係している。

[1] M. Kuwahara, et al., Appl. Phys. Lett. **101**, 033102 (2012)
[2] M. Kuwahara, et al., Appl. Phys. Lett. **105**, 193101 (2014)

© 2018年 応用物理学会