120 kV フォトカソード電子銃を用いた高輝度パルス透過電子顕微鏡の開発

Development of High Brightness Pulse-TEM Using 120-kV Photocathode Elctron Gun

名大院工 [1]，名大未来研 [2]，日立ハイテク [3]　◦横井 里奈 [1]，永田 渉 [1]
石田 高史 [2]，長沖 功 [3]，揚村 寿英 [3]，桑原 真人 [2]，齋藤 晃 [2]
Dept. Eng., Nagoya Univ. [1], IMaSS, Nagoya Univ. [2], Hitachi High-Tech. Corp. [3], ◦Rina Yokoi[1],
Takafumi Ishida[2], Isao Nagaoki[3], Toshihide Agemura[3], Makoto Kuwahara[2], Koh Saitoh[2]
E-mail: yokoi.rina@d.mbox.nagoya-u.ac.jp

透過電子顕微鏡はナノメートルオーダーの局所構造解析が可能な高い空間分解能を有する分析手法である。また、検出速度の律速を越える高速現象の観察では、電子波のパルス化により、高時間分解能の獲得も可能となる。高空間分解能と高時間分解能を併せもつ電子顕微鏡を実現するために、高電圧 DC フォトカソード電子銃を搭載した透過電子顕微鏡の開発を進めている。この装置は連続動作からサブピコ秒パルスの電子線生成が可能となるため、高速な局所構造変化等の観察が期待される。さらに、1 パルス電子波のみで観察するシングルショットイメージを実現することにより、生体試料等の壊れやすい試料の観察も可能となる。

Fig.1 に、空間電荷効果を考慮したビームシミュレーションから得られた電子線の輝度およびパルス幅のパルス電荷量依存の計算結果を示す。これより、加速電圧 120 kV、レーザーパルス幅 1 ps において、パルスピーク輝度 4×10^{10} A/cm^2･sr、パルス幅 1.1 ps、電荷密度 300 aC/pulse の実現が可能であることを見い出した。このパルスピーク輝度は冷陰極電界放出電子源の輝度(～10^9 A/cm^2･sr)より一桁大きな値となる。さらにパルス幅 10 ns において、2 pC/pulse という高い電荷量を実現できる加速構造を見出すことに成功し、ナノ秒シングルショットイメージが可能であることを検証した。新型電子銃の開発を進め、高加速電場構造を実現した電子銃より、レーザーに同期した電子線発生および電顕中で輝度測定が可能な状態にすることに成功した。Fig.2 は新型電子銃から放出されたビームを透過電子顕微鏡内に設置される電子線イメージング用カメラで捉えたものである。

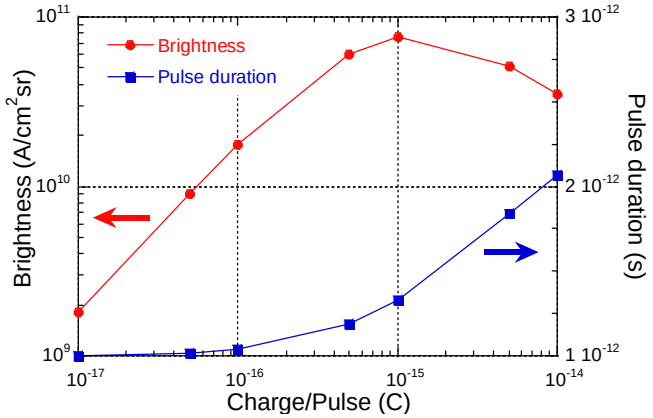

Fig. 1 Charge dependence of the brightness and the pulse duration driven by 1-ps pulse laser

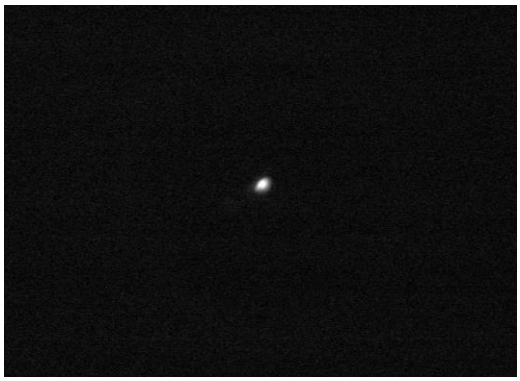

Fig. 2 First beam on an imaging sensor of transmission electron microscope

© 2019年 応用物理学会