RF 電子銃を用いた電子顕微鏡におけるビームの高輝度化とイメージング実験

Generation and application of high-brightness electron beam in RF gun based electron microscopy

*楊 金峰，菅 晃一，近藤 孝文，神戸 正雄，吉田 陽一，谷村 克己
阪大産研

近年、フェムト秒レーザーによる短パルス電子ビームの発生、時間分解電子回折と電子顕微鏡技術が急速に発展されてきており、物質における超高速で進行する構造相転移や反応過程に関する詳細な知見が獲得されつつあります。本大会では、フォトカソード高周波（RF）電子銃を用いたフェムト秒超短パルス電子ビームの高輝度化と、我々が推進している相対論的フェムト秒電子線パルスによる超高速電子回折と電子顕微鏡の開発現状を報告します。

キーワード：電子顕微鏡，電子線回折，フェムト秒電子ビーム，フォトカソード RF 電子銃

時間的に 100 フェムト秒、空間的にナノメートルの分解能を有する高速測定は、世界中の物質構造科学研究者が待望してやまない「夢」である。我々は、フォトカソード高周波（RF）電子銃を用いた相対論的エネルギーのフェムト秒電子線パルスを発生し、超高速電子顕微鏡装置の開発を行い、物質における超高速で進行する構造相転移や反応過程に関する研究を推進している。今までの研究成果として、エネルギーが 3.1MeV のフェムト秒電子線パルスを用いて、電子回折ではシングルショットの測定に成功し、イメージ測定では 2000 倍の拡大倍率を達した。しかし、拡大倍率を向上させるには、RF 電子銃から発生する電子ビームの低エミッタンス化と高輝度化は不可欠かつ最優先で取り込まなければならない課題である。

超高速電子顕微鏡に使われる電子ビームは、パルス当たりの数 pC の低電荷量電子ビームである。この電子ビームのエミッタンスは、カソードから出る時の初期エミッタンス(熱エミッタンス)に支配されている。本実験では、まず、カソードに照射する UV レーザー径を 0.3mmφ以下に集光して熱エミッタンスを低減させ、さらに RF 電子銃の下流に設置されたコンデンサ絞りによりコリメートし、エミッタンスの低減を試みた。次に、コンデンサレンズを用いて試料にビームを集束し、高輝度化を行った。図 1 に、1000 メッシュの銅グリッド標準試料を用いて 100 パルス積算で観測した TEM 像（明視野）を示す。電子ビームのエネルギーは 3.1MeV であり、エミッタンスは上からそれぞれの 0.6、0.3 と 0.14mm-mrad である。パルス当たりの電荷量はそれぞれの 7、4 と 1pC であった。実験の詳細や考察については大会の当日に報告させて頂くが、図に示すように、TEM 像のコントラストを得るためには、エミッタンスの低減が非常に重要であることがわかる。また、RF 電子銃を用いた電子顕微鏡を実現するために、規格化エミッタンスが 0.1mm-mrad またはそれ以下の電子ビームを発生しなければならないことがわかる。更になる低エミッタンスの発生、ビーム輝度の向上の為に、我々はレーザーが背面から入射する透過型フォトカソードの開発を推進している。詳細については、当日に報告する。

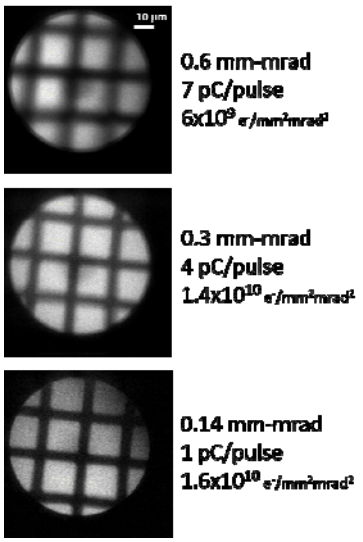

Fig.1　TEM 像のコントラストとエミッタンスの依存性

*Jinfeng Yang, Koich Kan, Takafumi Kondoh, Masao Gohdo, Yoichi Yoshida and Katsumi Tanimura
ISIR, Osaka Univ.