

超高速電子顕微鏡用 1.4 セル高周波電子銃の製作

1.4-cell RF Gun for Ultrafast Electron Microscopy

*楊 金峰¹, 吉田 陽一¹, 高富 俊和², 福田 将文², 浦川 順治²

¹阪大産研, ²高エネ研

超高速電子顕微鏡を実現するために、低エネルギー分散、低エミッタンスの超短パルス電子線が必要不可欠である。我々は従来 1.6 セル高周波 (RF) 電子銃の製作及びビーム発生の実験を活用し、新たな高輝度電子源として 1.4 セル RF 電子銃を開発した。

キーワード：電子顕微鏡, RF 電子銃, フェムト秒電子線パルス

1. 緒言

ビームエネルギーが高く、規格化エミッタンスが低い特徴を持つ 1.6 セル RF 電子銃が、FEL とレーザーコンプトンの加速器研究分野や、パルスラジオリシスと電子線回折等の応用分野に幅広く利用されている。しかし、1.6 セル RF 電子銃では、低エミッタンスビームを得るために、 $\theta=30^\circ$ という低加速位相での運転をしなければならない。この条件の下では、カソードでの加速に使われている実効的な電場強度が $E_0 \sin \theta = 1/2 E_0$ となり、フェムト秒超短パルス発生の場合に空間電荷効果によるパルス幅、エネルギー幅とエミッタンスの増大がより顕著となる問題を生じる。そこで、我々は高い加速位相の条件下でも低エミッタンスかつ短パルスの電子ビーム発生を可能にする 1.4 セル RF 電子銃を新たに設計し、製作を試みた。

2. 新たな 1.4 セル RF 電子銃の設計と製作

図に、本研究で設計・製作した 1.4 セル S バンドフォトカソード RF 電子銃の断面図、完成写真と GPT シミュレーション結果を示す。ハーフセルの長さは 0.4λ となっている。また、楕円形状のアイリスと丸形の空洞を採用することにより、空洞内の表面電界強度を低減でき、超高速電子顕微鏡の 1kHz 高繰返しフェムト秒パルス電子源の実現に貢献する。アイリスの直径を 27 mm に大きく、厚さを 18 mm に薄くして Q 値が 11,200 まで向上できた。これにより π モードと 0 モードの共振周波数の差を 14.9 MHz に広げることができ、加速位相によるエミッタンスの変化が少なく、パルス内のエネルギー分散が低くなり、projected emittance の改善にも期待される。GPT シミュレーションでは、加速エネルギーが少し低いが、1.4 セル RF 電子銃では高い加速位相 ($\theta=75^\circ$) の下、同等性能 (エネルギー分散とエミッタンス) を有する電子線パルスの発生が可能であることを確認できた。

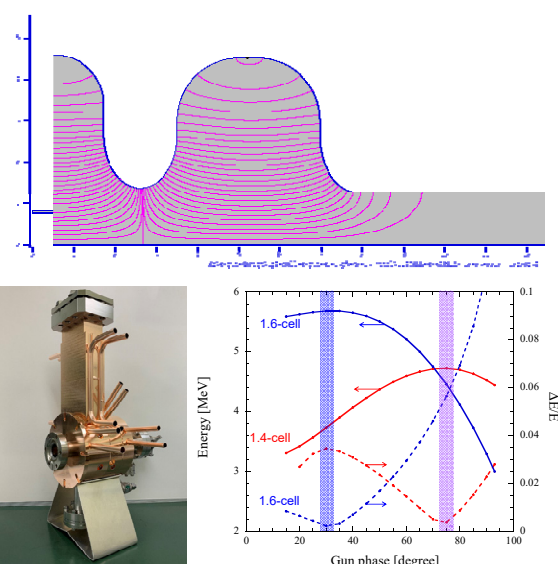


図: 1.4 セル RF 電子銃の断面図、完成写真とシミュレーション結果。

*Jinfeng Yang¹, Yoichi Yoshida¹, Toshikazu Takatomi², Masafumi Fukuda², and Jyunji Urakawa²

¹ISIR, ²KEK.