

ERL 放射光源のための高輝度大電流電子源開発の現状

日本原子力研究開発機構 飯島北斗、西谷智博、永井良治、西森信行、羽島良一

1. はじめに

次世代放射光源としてのエネルギー回収型の加速器 (ERL) は、大強度、コヒーレント、極短パルスの X 線を供給するために、その開発研究が進められている。この ERL では大電流電子ビーム (100mA) および低エミッタンスビーム (0.1mm・mrad) を必要としているが、そのための重要な開発要素の 1 つに電子銃がある。我々はフォトカソード DC 電子銃を採用することでその目標を達成すべく、250kV-50mA の電子銃の開発を開始した。

2. NEA-AlGaAs フォトカソード

電子銃において大電流と低エミッタンスを実現するためには、カソードの量子効率が高く、熱エミッタンスの低いものを用いる必要がある。こうした条件を満たすものとしては負電子親和力 (NEA) 表面の GaAs が知られている^[1]。これまで GaAs カソードの電子銃はいくつか報告^[2]がなされているが、電流値 100mA を達成するにはカソードの改良が必要であった。そこで我々は、よりバンドギャップの大きい Al 混晶のものを使うことを提案してきた^[3]。

NEA-GaAs と Al 混晶型の比較は、カソード研究用の試験装置を開発し、これを用いて行なった。カソードの寿命は、引出し電流による残留ガスのイオン化に依存し^[2]、残留ガスのイオン化断面積は電子ビームのエネルギーに依存することが知られている。この試験装置の引出し電圧は 200V (勾配は 50V/cm) と低いため、イオン化断面積が大きい。また、この装置ではカソード駆動に CW レーザーを使用している。こうしたことから量子効率、寿命の測定は nA 程度の低い電流量で行なった。最近の計測実験の一例として、通常の GaAs より Al 混晶型のほうが、量子効率が高い (~2 倍) ことを確認した。またこの量子効率(8%)が、50 時間程度はほぼ一定を保つことを観測している。

一方この装置では、レーザーのパワーを上げ、取出し電流量を上げると空間電荷制限で電流値が飽和する。これに関しては実際の電子銃に組み込むことで目標値を達成できると考えている。

3. 250keV-50mA 電子銃

NEA-GaAs カソードは寿命の観点からも真真空が重要であるので、開発中の電子銃は、特にカソード電極周りを高真空 ($\sim 10^{-12}$ Torr) に保つように設計した。この電子銃はこれまで我々が開発してきた JAEA-ERL の電子銃を基に、カソード表面活性化チェンバーと一体型で、ロードロック方式を採用したものとした。高電圧発生部は対称型 6 段のコッククロフトを用いており、その絶縁には、SF₆ ガス (ガス圧 ~ 2.0 kgf/cm²) を充填したタンク内に高電圧発生部を収納する形式を取っている。また、高真空を実現するために主要なチェンバー類は全て Ti 製とした。

これまでにコッククロフト単体の試験を SF₆ ガスタンク内で行い、250kV 印加の確認を行なった。一方、放電によるコッククロフトの破損 (主にダイオード部) の問題があり、現在、保護回路による破損防止の改良を行なっている。また、カソード電極や表面活性化のためのチェンバー等の部品がほぼ全てそろい、組み立て試験に入る。

参考文献

[1] S.M.Gruner, et al., Rev. Sci. Instrum., 73(2002)1402.

[2] T.Siggins, et al., Nucl. Instrum. & Meth. Phys. Res. A, 475(2001)549

[3] T.Nishitani, et al., Proc of FEL2006, Berlin.