

## 学位申請論文公開講演会

日 時：9月29日(水) 13:30～

申請者：古田史生

場 所：理学館 506 講義室

題 目：モリブデンカソードとチタンアノード電極による  
電界放出暗電流の削減に関する基礎研究

### (主論文の要旨)

GaAs 系半導体より生成するスピン偏極電子ビームは、スピン依存性を用いて見つけた素粒子反応を選択できること、また超低エミッタンスビームを生成できる可能性があることから、現在計画中の 500GeV～1TeV 電子・陽電子衝突型線形加速器や ERL 加速器を用いた実験研究での実用化が期待されている。

この GaAs 型偏極電子源実用化における最重要課題が、電子を真空へ取り出す機構として用いる NEA(Negative Electron Affinity)表面の安定的維持であり、表面近傍を  $10^{-10}$ Pa 以下の超高真空環境に保つことが求められる。このためには GaAs 表面に高電界を印加する電極から放出される全暗電流を 10nA 以下という極微少のレベルまで抑制してやる必要がある。

そこで私の所属研究室では金属表面からの電界放出暗電流を削減するための基礎研究を系統的に行ってきた。まず超清浄ステンレス鋼に関する研究成果を現在作製中の 200keV 偏極電子銃の電極材料に応用し、最大表面電界 7.8MV/m に対し暗電流を 1nA 以下に抑えることに成功した。しかしながら最近の電子銃開発においては、空間電荷制限と空間電荷効果を克服し、エミッタンスが  $1.0 \text{ mm} \cdot \text{mrad}$  を切るような高輝度電子ビームを実現するにはカソード電界強度をより高くできる 500keV 級の電子銃の実用化が求められており、その実現のためにも電界放出暗電流の削減研究がますます重要となっている。

これらを背景として、本研究においては、カソードからの電界放出とアノード等で二次的に生じる暗電流の増幅効果の両方を抑制することに着目し、これらの点でステンレス鋼に優ると期待できるチタンとモリブデンを電極材料に選んで、その暗電流を印加表面電界と電極間距離の関数として詳細に調べた。実際に最大電界面積が約  $7\text{mm}^2$  となる形状をした電極を特別に工夫した加工・表面処理技術を用いて試作し、 $10^{-10}$ Pa 台の超高真空中に置いて暗電流を測定した。その結果、電極間距離 0.5mm において、チタン、モリブデン共に 100MV/m 以上の表面電界まで暗電流は 1nA 以下に抑えられ、両者ともにステンレス鋼よりもはるかに優れた特性を有することを確認した。さらに、暗電流の電極間距離依存性データについて独自の解析を試み、「全暗電流」測定値から電子やイオンの電極衝撃による「増幅電流」成分を取り除いた「初期電界放出電流値」を抽出できた。この解析から今回作成したチタン、モリブデンからの初期電界放出電流は、それぞれ 124MV/m、170MV/m で 1nA レベルに達するという結果が得られた。これから、モリブデンはチタンよりも初期電界放出電流値が低いこと、チタンはモリブデンよりも増幅電流抑制効果が高いこと、が判明した。

そこで、カソードにモリブデン、アノードにチタンを用いた新電極を試験した結果、モリブデン同士の電極では電極間距離 0.5mm、電界強度 115MV/m で 1nA あった暗電流を、新電極では 80pA と 10分の1以下に削減することができた。これは、今回提案した解析手法の正当性を実証するとともに、他の金属表面からの暗電流分析における有効性を示すものである。