

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)	氏名	郭 磊
学位授与の要件	学位規則第4条第①・2項該当		
論 文 題 目 Photo-cathode Studies for High Performance Linear Accelerators (高性能線形加速器のためのフォトカソード研究)			
論文審査担当者			
主 査	教 授	栗 木 雅 夫	
審査委員	教 授	岡 本 宏 己	
審査委員	教 授	高 畠 敏 郎	
〔論文審査の要旨〕			
<p>本論文は、線形電子加速器において従来よりも格段に高いビーム品質を実現するレーザーによる光電効果を利用したレーザーフォトカソードの開発研究である。加速器は20世紀において物理学の大発展を実験物理の面から支えた重要な装置であり、21世紀においても大きな役割が期待されている。一方で、いくつかの点から従来用いられてきた円形加速器の限界が指摘され、線形加速器による高性能ビームの実現が期待されている。</p> <p>本論文の第一の研究対象である CsK₂Sb は、緑色レーザーによる励起が可能な、高耐久カソードとして注目されている物質であるが、研究グループや使用する基板によって性能に大きなばらつきがあるのが課題であった。著者は複数の基板を用いて条件を精密に制御した上で、カソードの蒸着実験を繰り返し、カソード性能が、蒸着時の基板温度、基板の材料に大きく依存することを系統的に明らかにした。特に、結晶基板の面方位によってカソード性能が有意に異なることは、世界で初めて確認された事実であり、特筆に価する。またその理由も生成される CsK₂Sb 結晶の面方位と分散構造から無理なく説明できることを示した。この物質は米国の次期放射光計画である LCLS-II においてフォトカソードとして使用されることとなっており、本研究により安定して高い量子効率が実現できるカソード生成方式が確立したことは、計画の実現と安定ビーム供給に大きく寄与するものである。また、現在用いられている他の蒸着薄膜カソード(Cs₂Te 等)においても、基板の材料や結晶状態、面方位などを再検討することによって性能の大幅な向上が可能であることを示しており、電子加速器とその応用研究にたいして一定のインパクトが予想される。</p> <p>二つ目の課題として NEA(Negative Electron Affinity、導帯の底よりも真空準位が低い状態)-GaAs カソード表面の理解のため、通常は Cs と酸素あるいは NF₃ ガスにより行われる NEA 活性化を CO、CO₂、N₂ ガスにより試みた。NEA-GaAs カソードは、実用上、唯一高いスピン偏極電子ビームを実現できるデバイスとして、素粒子原子核実験、磁気媒介</p>			

した現象の理解、さらにはスピントロニクスへの応用など、広い領域で期待されているデバイスであるが、実用上は電子放出特性の劣化が早いことが問題となっており、表面の理解と特性の改善が課題となっている。本実験から、CO、N₂がNEA活性化に寄与しないこと、CO₂による活性化が可能なこと、CO₂による活性化が乖離により生じた原子状酸素によること、などを明らかにした。また、CO₂による活性化の最終的な量子効率の値は、通常の酸素による活性化の1/4程度と低かったが、この現象はNEA活性化と同時にCOによるNEA表面の劣化が生じていることにより理解できることを定量的に示した。また、副産物として、酸素原子と酸素分子のNEA活性化能を分離測定することに成功した。この結果は、すぐさまNEA-GaAsの表面の理解に結びつくものではないが、NEA表面の理解の上で、課題となっているのはNEA活性化における酸素およびNF₃ガスの役割である。本研究の成果は、表面に供給される酸素原子がNEA活性化に本質的に重要な役割をはたしていることを示すもので、NEA表面の研究を進める上で貴重な情報となる。

以上のように、本論文において実施された二つのフォトカソード研究の成果は、加速器用のカソード開発において、重要かつユニークなもので、カソード研究としての意義はもちろん、高性能カソードの実現による加速器性能の向上を通じて、広い実験物理の領域における実益にもつながるものであり、学術上および実用上大きな意義を有している。相応のインパクトが期待される内容を有しているので、本論文は博士論文として相応しいものと判断する。よって本論文の著者は、博士（理学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認める。