

専攻	システム 情報工学	学籍番号	823423	指導教官氏名	大岩 元
申請者氏名	畑 浩一				

論 文 要 旨

論文題目	液体金属表面からの強電界電子放出特性とその電子銃への応用に関する研究
------	------------------------------------

(要旨 1,200 字以内)

タングステン等で作製した針状電極（ティップ）に液体金属を付着させ、その表面に正の強電界を印加すると、液体表面における表面張力と電界応力が釣り合いから、Taylor コーンと呼ばれる微小突起が形成されることが知られている。この突起先端部では、電界強度が数十 V/nm にも達するため、液体表面構成元素は電界蒸発によりイオン化され真空中に放出される。この動作原理に基づくイオン源は液体金属イオン源（LMIS）と呼ばれ、高輝度点光源であることから、半導体プロセスや分析の分野での応用が期待されている。

本研究では、LMISの構造が電界放出型電子銃に酷似していることに注目し、LMISに印加する電圧極性を反転して、液体表面から量子力学的トンネル効果による電子ビーム引出しを試みた。その結果、従来 Swanson と Schwind によって提唱されていた大電流パルスモードの Explosive Emission (EE) に加え、DCモードの Field Emission (FE) の存在が判明した。本論文は、液体陰極材料に Ga-In-Sn 共晶合金及び Li を用いて、DCモード FE の存在条件を明らかにすると共に、電子放出の基礎特性並びに液体金属電子銃（LMEG）への応用を検討したものである。以下に実験を通して得た知見を述べる。

DCモードの FE 電子ビームを得るためには、下地ティップの先端を $1 \mu m$ 以下の曲率半径に研磨し、強電界中の液体

の体積を小さくしなければならない。また電子放出に関する電流-電圧特性は液体の体積に非常に敏感である。Ga-In-Sn 共晶合金液体の場合において、いわゆる Fowler-Nordheim プロット法から求められるソースサイズには、液体体積に応じて $10^{-14} \sim 10^{-10} \text{ cm}^2$ の広い範囲でばらつきが見られる。フィルターレンズ型エネルギー分析器を用いて測定したエネルギー半値幅 ΔE は、全放出電流 I_t が $17 \mu\text{A}$ のときに約 0.3 eV であり、固体チップで得られる値と同程度であった。また今回の測定では、ソースサイズに依存する Boersch 効果の影響は観測されなかった。

電界蒸発法で清浄な液体 Li 表面を作成し、 $1 \times 10^{-9} \text{ Torr}$ の真空中で放出電流の安定度を測定した。その結果従来の固体チップで見られるフリッカー雑音に加え、液体チップ特有の高い周波数成分を持つ階段状の電流変動が見られた。また、Li から放出される電子ビームの放射角電流密度 ($dI/d\Omega$) は、 I_t にほぼ比例し、 $I_t = 10 \mu\text{A}$ のときに約 $40 \mu\text{A/sr}$ という固体チップと同様の値が得られた。

LMEG への応用を検討するために、静電型光学系を用いた走査型電子-イオン顕微鏡を試作し、SEM 及び SIM 像の in-situ 検出を試みた。検出された二次電子像には、FE に伴うフリッカー雑音、交流漏れ磁界によるビームの変動、光学系のミスアライメントに起因するコマ及び非点収差等の影響が残存したが、解像度としては SEM 及び SIM 像共に約 $1 \mu\text{m}$ の値が得られた。