

氏名	なが お まさ よし 長 尾 昌 善
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	工博第1790号
学位授与の日付	平成11年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	工学研究科電子物性工学専攻
学位論文題目	極微小フィールドエミッタの仕事関数制御による安定性向上に関する研究 (主査)
論文調査委員	教授 石川 順三 教授 松重 和美 教授 酒井 明

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、真空マイクロエレクトロニクスデバイスのための極微小フィールドエミッタの安定性向上のための研究成果をまとめたものであり、7章からなっている。

第1章は序論であり、極微小フィールドエミッタの様々な応用と極微小フィールドエミッタの抱える不安定性の問題点について述べている。そして、安定性を向上する手段として現在どのようなことが取り組まれているかということについて述べ、その中で本研究の位置づけについて説明している。さらに、本研究の目的である極微小フィールドエミッタの表面物性を制御することによる安定性向上について述べている。

第2章では、極微小フィールドエミッタの安定性向上に先立って、その動作原理である電界電子放出について述べ、電子放出の不安定性の原因はエミッタ表面と真空中の残留ガスとの相互作用によって生じることを述べている。また、第3章以降での電子放出特性の評価の基本となる切片-傾き(S-K)チャートを用いた評価方法について説明している。

第3章では、Ni蒸着エミッタの超高真空中、およびガス雰囲気中における電子放出特性を測定し、残留ガスがエミッタ表面におよぼす影響を詳細に調べた結果について述べている。また、フィールドエミッタの電流電圧特性と安定性とを関連づけて解析することで、電子放出の安定性には仕事関数が大きく寄与していることを実験により見いだしている。さらにそれをFowler-Nordheimの理論にGomerの示した吸着粒子の効果を導入することで理論的に裏付けている。

第4章では、実際に真空マイクロエレクトロニクスデバイスへの応用として最も広く使われているスピント型エミッタを4種類の金属材料を用いて作製している。そして、電子放出の安定性の材料依存性を調べている。さらに、スピント型とニードル型エミッタの安定性を比較することで、安定性を決定する要因をより詳細に調べている。その結果、エミッタ材料の融点の重要性を明らかにしている。すなわち、融点の低い材料は安定性の面で不利であることを明らかにしている。さらに、スピント型エミッタにおいても実効的な仕事関数が安定性を大きく左右していることを再確認し、安定性におけるエミッタ表面の仕事関数の重要性を明確にしている。第3章と第4章の結果から、“仕事関数制御による安定性の向上”を提案している。

第5章では、エミッタ材料として、化学的に不活性で高融点であるダイヤモンド薄膜を取り上げ、その表面を酸やプラズマで処理することで最表面の終端原子を変化させ、電子放出の際の実効的な仕事関数の制御を試みている。その結果、酸素で終端した場合より水素で終端した場合の方が実効的な仕事関数が小さくなり、電子放出の安定性も向上することを明らかにしている。また、ここではダイヤモンド薄膜からの電子放出機構についても、その電子放出特性から詳細に検討している。その結果、ダイヤモンド特有の負の電子親和力の効果は見いだせず、不純物に起因するサブバンドもしくは価電子帯からの電子放出と考えられることも述べている。

第6章では、高融点で化学的に安定な遷移金属の窒化物(窒化ニオブ、窒化ジルコニウム)をエミッタ材料として用い、その窒素組成を制御することで仕事関数の制御を試みている。窒素組成の制御にはイオンビームアシスト蒸着法を用いてい

る。この方法により、薄膜の窒素組成を制御でき、その結果表面の仕事関数を制御できることをケルビン法により確認している。また、エミッタ材料に窒化ニオブ、窒化ジルコニウムのいずれを用いた場合でも仕事関数を低下させることで電子放出の安定性が向上することを明らかにしている。以上の結果から仕事関数制御による安定性の向上は非常に効果的であることを実証している。

第7章は結論であり、本研究で得られた成果について要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、真空マイクロエレクトロニクスに用いられる極微小フィールドエミッタの電子放出の安定性向上のための研究成果をまとめたものであり、得られた主な成果は以下のように要約される。

1. 極微小フィールドエミッタの電子放出特性からその仕事関数や形状を評価できる、切片-傾き (S-K) チャートを提案した。
2. 極微小フィールドエミッタの安定性が仕事関数に依存することを、切片-傾き (S-K) チャートを用いることで実験により明らかにした。
3. 極微小フィールドエミッタの安定性の仕事関数依存性を、Fowler-Nordheimの理論にGomerの示した吸着粒子の効果を導入することで説明できることを示した。このことから、仕事関数が極微小フィールドエミッタの電子放出の安定性を大きく左右する要因であることを明らかにし、仕事関数制御による安定性向上という方法を提案した。
4. ダイヤモンド薄膜表面の終端原子を制御することで電子放出の際の実効的な仕事関数が制御できることを示し、それにより電子放出の安定性を向上させることを実験により実証した。
5. イオンビームアシスト蒸着法を用いて遷移金属窒化物を形成することで、窒化物の窒素組成が制御できることを示し、さらにそれにより仕事関数を制御できることを示した。また、このようにして仕事関数を制御することで、窒化物薄膜エミッタの安定性を向上させることが可能であることを実証した。

以上、要するに本論文は、極微小フィールドエミッタのもつ電流変動の問題に対して、仕事関数制御という新たな手法でこの期題を解決する方法を提案しかつ実証したものであり、その成果は学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成11年1月6日、論文内容とそれに関連した試問を行った結果、合格と認めた。