



Title	Tield Emission MicroscopeによるTh-W陰極の研究
Author(s)	金, 鉉佑
Citation	大阪大学, 1962, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/28433">https://hdl.handle.net/11094/28433</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"&gt;https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> >大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">&lt;/a&gt;</a> をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

【 5 】

氏 名・(本籍)	金 鉉 佑 きん げん ゆう
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	第 307 号
学位授与の日付	昭 和 37 年 3 月 26 日
学位授与の要件	工学研究科 通信工学専攻 学位規則第5条第1項該当
学 位 論 文 題 目	Field Emission Microscope による Th-W 陰極の研究
論 文 審 査 委 員	(主 査)
	教 授 菅 田 栄 治
	(副 査)
	教 授 熊 谷 三 郎 教 授 板 倉 清 保 教 授 喜 多 村 善 一
	教 授 青 柳 健 次 教 授 加 藤 金 正 教 授 牧 本 利 夫
	教 授 笠 原 芳 郎 教 授 宮 脇 一 男 教 授 松 尾 幸 人

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は著者が大阪大学大学院工学研究科（通信工学専攻）に在学中菅田研究室において行った。Field Emission Microscope による Th-W 陰極の研究の結果をまとめたもので全7章からなっている。

第一章 緒 論

本研究の必要性，Th-W 陰極に関して従来なされた研究（殆どが熱電子的方法）について記述し，本研究の位置と目的を明らかにした。

第二章 超高真空と Field Emission Microscope 管

この章においては，本研究の基本である超高真空の作成とField Emission Microscope管について述べる。清浄な金属表面をつくり，ガスの影響を受けずにその性質を調べるためには系の真空度を $10^{-10}$ mmHg 以上の高真空にする必要がある。この目的のための排気系について考察を加え，且つ超高真空を長時間維持する問題について検討してある。なお emitter を細くする問題も検討を加えてある。

第三章 Field Emission Microscope とタングステン tip の像

Th-W emitter 固有の現象を明確にするためにタングステン emitter の基本的緒性質を明らかにした。タングステンemitterは熱処理の条件によって結晶面によっては変形する。これは電界を印加すると促進され，T-F(Temperature Field)emission の際の安定度に関係する。結晶面の変形はガス吸着によって影響を受ける。結晶面の変形と真空度の関係，emitter 温度，field emission 電流と真空度との関係を明らかにした。

第四章 タングステン表面上でのトリウム原子の挙動

タングステン表面上でのトリウム原子の拡散，吸着，脱離と仕事函数の関係を明らかにした。従来はほとんどが多結晶体について熱電子的方法によって実験を行ったためにトリウム原子の吸着問題に関して不明な点が多かったが，この方法によってトリウム原子の吸着は結晶面によって異なり，吸着力の強い面もありまた全然吸着しない面もあることが明らかになった。以上の様にガスの影響を受けることなくタン

グステン表面のトリウムの吸着の様子を微視的に観察することが出来、かつ定量的な検討を加えた。

#### 第五章 タングステン表面に蒸着されたトリウム原子の挙動

トリウム金属をタングステン表面に蒸着させて吸着、表面拡散等について調べた。Th-W 線による場合には  $1800^{\circ}\text{K}$  以下での挙動は調べることができなかったが、この方法では比較的低温におけるトリウムの挙動を明らかにした。タングステン表面でのトリウム原子の拡散は (211)  $\rightarrow$  (110) 面方向に早く、(211)  $\rightarrow$  (111) 面方向におそい。これは原子のパッキングの密な面に通過しにくいことを示している。脱離の機構も明確にすることができた。

#### 第六章 Th-W の荷電粒子衝撃とガスによる害作用

この章においては、Th-W の荷電粒子衝撃によるトリウム原子の脱離現象とガス吸着による影響を取扱い Th-W 陰極における劣化機構を検討した。トリウム表面にガスが吸着すると仕事函数が増大する。もしガス吸着の状態で加熱すると Th の脱離が容易になる。Th-W 陰極の劣化はガス吸着によりトリウムの脱離エネルギーが低下して容易に脱離することが大きな因子で、イオン衝撃によるトリウムの脱離は長時間にわたって除々に行われることを明らかにした。

#### 第七章 結論

この章は本研究によって得られた成果を総括したものである。

### 論文の審査結果の要旨

本論文は Field Emission Microscope を用いて Th-W (トリエーテッドタングステン) 陰極の表面の原子的構造を観察しながら研究を行なった成果および、この研究を推進するための基礎としての超高真空作成のための関連技術およびタングステン陰極の強電界放出現象に関する諸問題をまとめたもので 7 章からなっている。

第 1 章では従来から送信管用陰極として用いられていた Th-W 陰極の熱電子放出現象から見た研究の梗概をまとめ、あわせて本研究で利用している Field Emission Microscope によってなされた研究のうちタングステン表面における吸着現象の研究成果を整理し、本研究の位置づけならびに問題の所在を明らかにしている。

第 2 章では本研究を推進するにあたって、欠くことのできなかった  $10^{-10}\text{mmHg}$  程度の超高真空の作成と Field Emission Microscope の試作に関して著者が行なった新しい方法、実験技術および装置の改良に関しての成果についてまとめている。

第 3 章では、Th-W 陰極の固有の現象を明確に分離するため、タングステン表面の基本的な特性についての実験的研究の成果ならびに、タングステンが強電界放出型陰極として実用化されるときに必要な基礎的資料をまとめている。

清浄なタングステン針を加熱した場合 (110), (210) 面の面積の変化、結晶面の成長について述べ、次いで比較的高温で強電界放出電子をとり出すいわゆる T-F emission において常に観察される結晶面周縁部の Build-up 現象におよぼす電界、陰極温度、ガス圧等の影響について実験的研究をすすめる基本的な特徴を明らかにしている。

研究の結果、T-F emission をとり出すとき、タングステン表面の原子は  $1800^{\circ}\text{K}$  以下でも、表面拡散によって移動し、(211)、(110) 面の面積はひろがること、陰極からとり出す強電界放出電子流の安定度は、ガス圧によって変化し、安定に動作するためには  $1 \times 10^{-8} \text{mmHg}$  以上の高真空が必要であることを結論している。

第4章では本論文の中心課題である Th-W 陰極表面におけるトリウム原子の拡散、吸着、脱離と高温熱処理における活性化および過熱による劣化過程における各結晶面の仕事関数の変化について観察した結果ならびに考察についてまとめている。

タングステン表面におけるトリウム原子の吸着機構に関しては従来確定的な理論がなかったが著者の研究によって理論的考察のための資料が提供された。すなわち、タングステン表面の各結晶面におけるトリウムの吸着力は異なり、一般には仕事関数の低い、比較的疎な結晶面（例えば (111) 面）に強く吸着し、次いで (013)、(211) 面の順に吸着力は弱くなり、従来のタングステン—セシウム系の吸着現象とは異なる結果が得られている。またタングステンを高温に保持すると (110)、(100) 面ではトリウムはほとんど吸着されることがないことを明らかにした。光電子増倍管を用いて蛍光面上に得られた試料の拡大像の各結晶面の明るさならびに熱処理中の明るさの変化を測定し、その温度依存性をしらべた結果 (111) 面は充分活性化された状態で仕事関数は  $2.7\text{ev}$ 、各面の平均値は  $2.9\text{ev}$ 、一原子層以上吸着するとき (111) 面で仕事関数は  $3.1\text{ev}$  になることを測定して示している。また吸着しているトリウムの表面拡散および脱離エネルギーがそれぞれ  $2.8 \pm 0.2\text{ev}$ 、 $7.4 \pm 0.2\text{ev}$  となることも測定している。

第5章では、タングステン表面に超高真空中で直接トリウム原子を蒸着し、その原子の表面拡散および脱離現象をしらべ、第4章の結果と比較している。通常の Th-W 陰極では  $2800^{\circ}\text{K}$  の高温でフラッシュすることによって、タングステン中に含有するトリウムを分解し、得られたトリウムを表面まで拡散させるため  $1800^{\circ}\text{K}$  以上に加熱せねばならない。このため低温領域のトリウムの振舞いを研究することが困難である。この欠点をタングステン表面とトリウム原子を蒸着して実験することによって克服している。

タングステン表面に吸着されたトリウムの表面拡散は吸着されたガスの表面拡散と同様に (211) 面から (110) 面への拡散は速く、拡散しはじめる温度は  $900^{\circ}\text{K}$  程度であるが (211) 面から (111) 面への拡散はおそい、よって従来の (111) 面で拡散が速いという推論は著者の研究では否定されている。

$1800^{\circ}\text{K}$  以上ではタングステンにトリウムを蒸着した表面も活性化された Th-W 表面も同じ状態になることが明らかにされている。

第6章では Th-W 陰極がガスによって劣化される問題をまとめている。すなわち、Th-W 陰極は  $\text{O}_2$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2$  の順に害作用を強く受け仕事関数が大きくなることを示している。また、Th-W 表面に、これらのガスが吸着するとトリウムの脱離エネルギーが変化し、劣化作用の大きいガス程トリウムの脱離エネルギーを低下させることを示している。タングステン表面の吸着ガスは電子衝撃によって容易に脱離させることができるがトリウム原子は脱離し難い。また、アルゴン、イオンの衝撃によって吸着力の弱い (211) 面のトリウムが選択的に脱離し、他の結晶面ではほとんど脱離しないことを明らかにし、従来確定しなかった Th-W 陰極劣化の機構を明らかにしている。

第7章では著者の研究成果が総括されている。

以上述べたように、最近各界から注目されている超高真空技術を確立し歴史的には比較的古くから実用化されているが、多くの不明の点を含んでいる Th-W陰極の活性度を支配するタンゲステン表面に吸着されたトリウム原子の拡散、脱離現象に関する研究を行ない陰極を劣化するガスを吸着したとき、トリウム原子の脱離エネルギーが減少すること、トリウムの吸着、拡散における各結晶面での選択性を明確にしたことは著者の研究成果であって、内外のこの方面の研究者の間で高く評価されているとともにTh-W陰極を用いる送信管の製作の上に貴重な資料を提供し、電子工学の発展に貢献するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。