

冷陰極可動式エックス線管の開発

高橋大造 Daizo Takahashi
 深井利眞 Toshimasa Fukai
 錦織祐市 Yuichi Nishikiori
 高橋怜那 Rena Takahashi

キーワード 非破壊検査, セキュリティ, 医療, 可搬式

概要



冷陰極可動式エックス線管
 (150kV-2mA, 全長95mm)

セキュリティや医療、インフラ老朽化検査用として小形可搬式エックス線装置の要求が高まっている。現在研究が進められている冷陰極型エックス線管は、従来の熱陰極型エックス線管より小形で、小形可搬式エックス線装置用に期待されている。しかし冷陰極型エックス線管の製造工程は、複雑で量産に適さない。

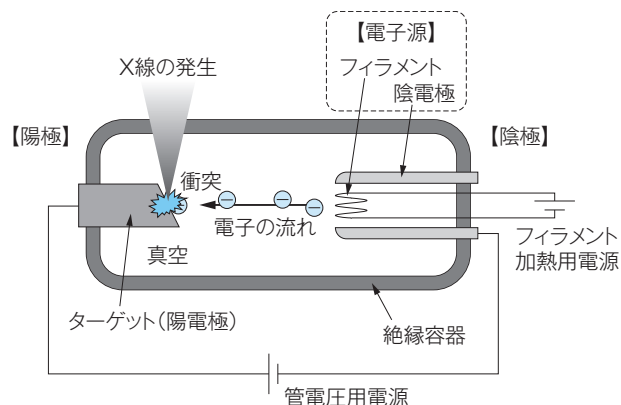
これに対し、当社が開発した冷陰極可動式エックス線管は、電圧コンディショニング中に電子は放出されず、せん絡によるエミッタ破損を回避できるため、製造工程を簡略化でき量産に適した構造である。

1 まえがき

エックス線管は、エックス線装置のエックス線発生部である。エックス線管の主流は、従来方式の熱陰極型である。一方、冷陰極型と呼ばれる方式は、熱陰極型に対して大幅な小形化が期待できる。しかし今現在、製品化されている冷陰極エックス線管は数えるほどしかない。本稿では、当社が開発した非常に量産に適した冷陰極可動式エックス線管を紹介する。

2 エックス線の発生原理

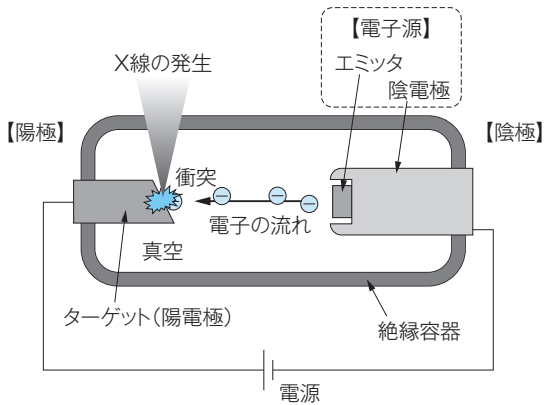
第1図に熱陰極型エックス線管の概要図を示す。内部が真空に保持されている絶縁容器の両端に、ターゲット金属（陽極）と電子源（陰極）を配置し、これらを電極として高電圧（管電圧）を印加する。電子



第1図 熱陰極型エックス線管概要図

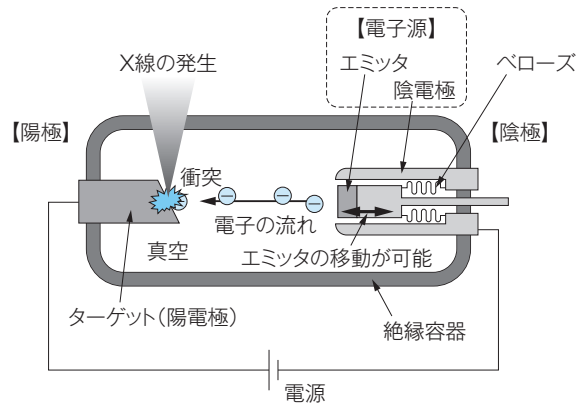
フィラメントを加熱して電子を放出させることから、熱陰極型エックス線管・熱電子放出型エックス線管と呼ばれる。

源から発生した電子は高電圧によってターゲット金属に向けて加速・衝突し、エックス線を発生させる。フィラメント^(注1)を加熱することで電子が発生するため、熱陰極型又は熱電子放出型などと呼ばれている。



第2図 冷陰極型エックス線管概要図

フィラメントの代わりにエミッタで電子を放出させる。フィラメントのように加熱する必要がないため、冷陰極型エックス線管と呼ばれる。フィラメント加熱用の電源が不要となる。



第3図 冷陰極可動式エックス線管概要図

ベローズを用いることで真空を保ちながら、エミッタを移動できる。エミッタを陰電極内部に引き込んだ状態で、電圧コンディショニングを行う。

3 冷陰極型エックス線管

カーボンナノチューブに電界を加えることで、電子が放出される現象はよく知られており、これを用いたエックス線管の研究が進められている。この電子源はエミッタと呼ばれる。第2図に冷陰極型エックス線管の概要を示す。フィラメントを加熱する必要がないため、熱陰極型に対して冷陰極型と呼ばれている。

熱陰極型エックス線管に対して冷陰極型エックス線管には、消費電力が少ない・小形化できる・応答速度が速い・電子の密度が高いなどの優位性がある。

4 冷陰極可動式エックス線管

第3図に冷陰極可動式エックス線管の概要を示す。当社が開発した冷陰極可動式エックス線管の一番の特長は、量産に適している構造にある。通常、エックス線管は構造体（以下、真空耐電圧容器）をろう付けなどによって組み立て、内部を真空にして高電圧を印加する。しかし真空耐電圧容器は、ただ内部を真空にすれば予定の耐電圧性能を備える訳ではない。ある真空耐電圧容器で、組み立て直後の耐電圧値は、予定する耐電圧値の半分にも満たない。これは電極表面に存在する微細突起や電極表面に付

着する不純物などが電極間のせん絡を引き起こすためである。真空の絶縁回復特性によって、せん絡はすぐに収まる。その際、せん絡のアーキが突起や不純物などを取り除き、耐電圧が改善される。さらに少し電圧を上昇させると、別の微細突起や不純物などによるせん絡が発生する。これもアーキによってせん絡原因が除去され、耐電圧が改善される。このように電圧を昇圧しながら、発生するせん絡によって徐々に耐電圧性能を向上させ、最終的に所定の電圧まで改善していく作業が必要である。この作業を電圧コンディショニングと呼ぶ。真空耐電圧容器には、電圧コンディショニングが必要不可欠である。

冷陰極エックス線管の場合も同様である。冷陰極エックス線管を組み立てた後、電圧コンディショニングが必要であるが、ここでエミッタの存在が問題となる。先に述べたとおり、エミッタは電界を加えると電子を放出し、電圧コンディショニングを妨げる。また、エミッタ自体にせん絡が発生した場合、エミッタが破壊され使用不能となる。そのため従来は、まずエミッタのない真空容器を製造し、所定の電圧まで電圧コンディショニングを行う。その後、真空容器の分割可能部で容器を分割してエミッタを搭載し、再度分割部を結合させ、真空引きしてエックス線管を完成させるといった非常に手間のかかる工程となっている。

当社の冷陰極可動式エックス線管は、ベローズを

用いて内部の真空を保持しながらエミッタを陰電極内部へ引き込める可動機能を持たせた。エミッタを陰電極内部に隠すことで、電圧コンディショニング時のエミッタへの電界印加を抑制する。すなわちエミッタの電子放出を制限し、せん絡によるエミッタ破損も回避できる。電圧コンディショニング作業完了後、エミッタを電子放出位置に戻すことで、直ちにエックス線管としての機能を発揮できる状態になる。つまり従来の「電圧コンディショニング後に一度分解し、エミッタ搭載後に真空引きをする」といった工程を省き、非常に生産性を高めることができた。

また冷陰極可動式エックス線管は、電子放出位置付近でエミッタ移動ができるため、電子放出量の微調整ができる。

5 むすび

現在、製品化されている冷陰極型エックス線管は大量生産品とは程遠く、それらの性能は十分とは言えない。

今後は、冷陰極可動式エックス線管の品質を向上させ、早期リリースを目指す。またエックス線管だけではなく、電源も開発してエックス線源として製品化していく。当社は小形・可搬式を特長とし、他社との差別化を図り展開していく。

本製品の開発にあたり、ご協力をいただいた(国研)産業技術総合研究所、(株)ライフ技術研究所、並びに多くの関係者の皆様に深く感謝の意を表する次第である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

(注記)

注1. フィラメント：電球や電子管の中で、電流を流して光や熱電子を放出する細い金属線

《執筆者紹介》



高橋 大造
Daizo Takahashi
電子機器工場
真空コンデンサ・エックス線管の設計・開発に従事



深井 利眞
Toshimasa Fukai
電子機器工場
真空コンデンサ・エックス線管の設計・開発に従事



錦織 祐市
Yuichi Nishikiori
電子機器事業部営業部
真空コンデンサ・エックス線管の営業・販売に従事



高橋 怜那
Rena Takahashi
電子機器工場
エックス線管の開発に従事