

冷陰極X線管のシリーズ化開発

中野良彦 Yoshihiko Nakano
高橋大造 Daizo Takahashi
林 拓実 Takumi Hayashi

キーワード 非破壊検査, インフラ, セキュリティ, 可搬式, 冷陰極

概要



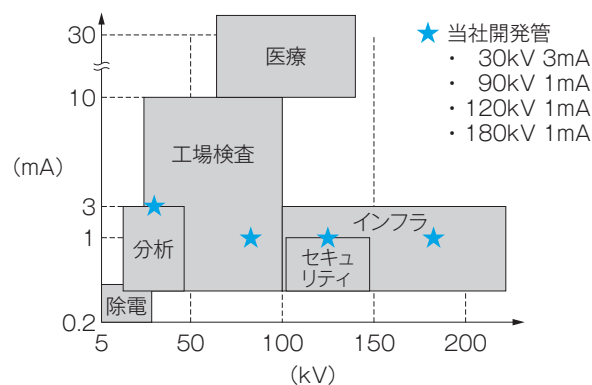
冷陰極X線管シリーズ及びベリリウム窓付き冷陰極X線管

セキュリティ・インフラ・医療向けに開発・製品化した120kV/1mA冷陰極X線管のシリーズ機種として、90kV/1mA・180kV/1mAのX線管を開発・製品化した。各分野や用途によって要求される仕様が異なるため、シリーズ化することで、お客様の要求に沿ったX線管を提供できる体制を構築した。

また、分析分野でも冷陰極ベリリウム窓付きX線管の要望があり、分析装置向けに低電圧・ベリリウム窓付きのX線管を開発した。

1 まえがき

当社では、インフラ検査向けで小形可搬式に適した120kV/1mAの冷陰極X線管を製品化しているが、各分野や用途によって要求されるX線管の仕様が異なり、ラインアップ拡充を望む声が多かった。第1図に各分野で必要なX線管の仕様分布を示す。インフラでは橋りょうや分厚い金属配管の腐食を検査するために、高電圧で小形可搬式に適したX線管の要望がある。また、工場検査分野では小さな異物を検出するため、鮮鋭な画像を取得できるように焦点サイズを小さくしたX線管の要望がある。本稿では、当社が開発した冷陰極X線管シリーズを紹介する。



第1図 各分野で必要なX線管の仕様分布

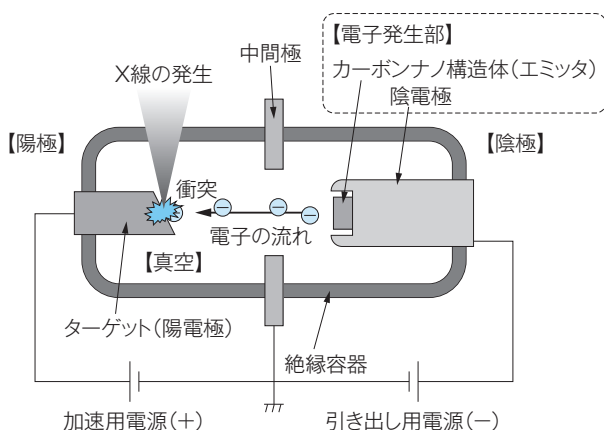
★は分布に対する当社開発品の仕様を示す。各分野や用途によって要求されるX線管の仕様が異なるため、お客様の要求に合わせたラインアップ拡充を進めている。

2 冷陰極X線管の構造・動作原理

従来の冷陰極X線管と当社が開発した冷陰極X線管の構造と動作原理を説明する。

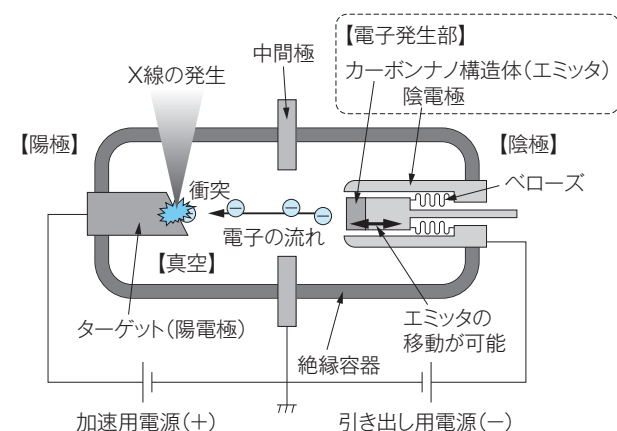
第2図に冷陰極X線管の概要を示す。真空容器内に設置したカーボンナノ構造体(エミッタ)^(注1)に高電圧を印加し、外部電界によってカーボンナノ構造体から放出した電子が高速でターゲット金属に衝突することでX線を発生させる。従来の冷陰極X線管はエミッタが固定されているため、真空容器の耐電圧試験実施時にエミッタに電界が掛かり、容器内部で放電が発生した場合にエミッタが損傷するリスクがあった。

それに対し、当社が開発した冷陰極可動式X線管はエミッタを可動構造とし、真空容器の耐電圧試験時にエミッタを電界の掛からない位置まで移動させ



第2図 冷陰極X線管概要

カーボンナノ構造体(エミッタ)に高電圧を印加し、外部電界によってカーボンナノ構造体から放出した電子が高速でターゲットに衝突することでX線を発生させる。熱陰極のフィラメントのように加熱する必要がなく、瞬時に照射できる。



第3図 冷陰極可動式X線管概要

当社が開発した冷陰極可動式X線管は、エミッタを可動構造とすることで、真空容器の耐電圧の確認時にエミッタを電界の掛からない位置まで移動させ、エミッタの損傷を回避しながら生産できる。

ることで、エミッタが損傷するリスクを回避できる。これにより、真空容器製造の生産性を高めることができる⁽¹⁾。**第3図**に冷陰極可動式X線管の概要を示す。

3 冷陰極X線管のシリーズ化開発

120kV/1mA X線管のリリース後、インフラ及び工場検査向けに90kV/1mAと180kV/1mAのX線管を開発・シリーズ化した。**第4図**に外観を、**第1表**に仕様を示す。120kV/1mAの構造を基に



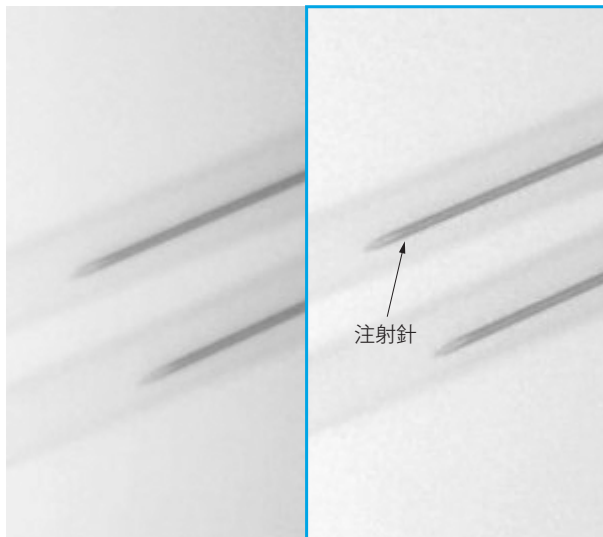
第4図 冷陰極X線管シリーズ

冷陰極X線管シリーズの外観を示す。左から120kV/1mA、90kV/1mA、180kV/1mAである。

第1表 冷陰極X線管シリーズ仕様一覧

本稿で紹介するシリーズ製品を太枠で示す。120kV/1mAをベースに開発し、小形化に成功した。これにより小形可搬式に適したX線管が提供できる。

項目	仕様及び定格値		
	120kV/1mA	90kV/1mA	180kV/1mA
最高使用管電圧 (kVdc)	120	90	180
最大使用管電流 (mA)	1	1	1
質量 (g)	240	340	580
全長 (mm)	100	95	135
外径 (mm)	φ 32.5	φ 41	φ 56
焦点サイズ (mm)	0.8	0.4	1
ターゲット	タングステン (角度20°)	タングステン (角度20°)	タングステン (角度23°)
固有ろ過 (mm)	アルミナ 3.3	アルミナ 3	アルミナ 4
エミッタ (電子源)	カーボンナノ構造体	カーボンナノ構造体	カーボンナノ構造体



(a) 120kV管
(焦点サイズ:0.8mm)

(b) 90kV管
(焦点サイズ:0.4mm)

第 5 図 90kV/1mA X線管撮影の透過像

焦点サイズを小さくすることで、針などの細かな物体をはっきりと認識できる。

開発を進め、市場品と比較して90kV/1mAは体積比80%、180kV/1mAは体積比75%の小形化に成功し、これによって小形可搬式に適したX線管の提供が実現した。

第 5 図に90kV/1mAのX線管で撮影した透過像を示す。針などの細かな物体や流体をはっきりと撮影でき、工場検査分野でも検査装置の省スペース化や可搬式の検査装置導入に貢献できる。今後、各分野で高電圧・大電流化の需要は更に増える見込みであり、特にインフラ検査向けでは狭所での検査や電源確保の問題から、小形可搬式で即時に運転できる検査装置が必要となっている。当社では単一なシリーズ化にとどまらず、各分野の用途・仕様に合わせてラインアップの拡充を進めていく。

4 ベリリウム窓付きX線管の開発

インフラ・セキュリティ分野だけではなく、分析分野で蛍光X線を用いたX線分析^(注2)用に冷陰極ベリリウム窓付きX線管の要望がある。そこで当社では、分析装置向けに30kV/3mAのベリリウム窓付き冷陰極X線管を開発した。第 6 図に外観を、



第 6 図 ベリリウム窓付き冷陰極X線管

X線管側面下部に配置している丸形の板がベリリウム窓である。二極構造で、冷却効率を上げるために外周を金属部品で構成し、陽極接地としている。

第 2 表 ベリリウム窓付き冷陰極X線管仕様

二極構造（陽極接地構造）で冷却効率が良く、また、装置側も電源1台で照射できる構成とした。サイズは小形化に成功した。

項目	仕様及び定格値
管電圧	30kVdc (二極)
管電流	3mA
質量	170g
全長	85mm
外径	φ 25mm
焦点サイズ	0.7mm
ターゲット	クロム (角度5°)
固有透過	ベリリウム窓 (t0.2)
エミッタ (電子源)	カーボンナノ構造体

第 2 表に仕様を示す。シリーズ化した三機種とは異なり、二極構造（陽極接地構造）で外周を金属部品で構成することによって冷却効率を上げ、また、分析装置側仕様として電源1台で運用できる仕様とした。サイズは、市場品に比べ体積比40%削減した。

ベリリウム窓付きX線管の製法を確立することで、今後は幅広い分野への参入が見込まれる。より小形・大電流に着目して開発を進め、量産化を目指していく。

5 むすび

冷陰極X線管のシリーズ化によって、各分野の用途に合ったX線管を提供できる体制を構築した。

今後はより高電圧・大電流製品の開発に着目し、ラインアップ拡充と市場確保を進めていく。

最後に、冷陰極X線管のシリーズ化・ベリリウム窓付きX線管の開発にあたり、ご協力いただいた(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. カーボンナノ構造体(エミッタ):炭素原子が幾何学的に結合した微細構造で、真空中で電界を掛けることによって電子を放出する。この現象を利用した部品がエミッタである。

注2. 蛍光X線を用いたX線分析:X線を材料に照射し、材料から反射する蛍光X線を利用して、元素分析や構造解析、応力歪測定などを行う。

《参考文献》

(1) 高橋・深井・錦織・高橋:「冷陰極可動式エックス線管の開発」, 明電時報360号, No.3/2018, pp.36-38

《執筆者紹介》



中野良彦
Yoshihiko Nakano
電子機器工場
冷陰極可動式X線管の開発に従事



高橋大造
Daizo Takahashi
電子機器工場
冷陰極可動式X線管の開発に従事



林拓実
Takumi Hayashi
電子機器工場
冷陰極可動式X線管・X線源の開発に従事