فیزیک پرتوشناسی تشخیصی

قابل‌استفاده برای داوطلبان آزمون

کارشناسی‌ارشد فناوری تصویربرداری پزشکی

تالیف و گردآوری:

دکتر فرزانه قربانی استادیار فیزیک‌پزشکی دانشگاه علوم‌پزشکی گناباد

یاسمن باستانی‌پور کارشناسی‌ارشد تصویربرداری پزشکی

پگاه لطفی دانشجوی کارشناسی‌ارشد تصویربرداری پزشکی

فیزیک پرتوشناسی تشخیصی

قابل‌استفاده برای داوطلبان آزمون کارشناسی‌ارشد فناوری‌تصویربرداری‌پزشکی

گروه آموزشی ساینس آزمون

شرکت نوآفرینان علم آزمون

t.me/scienceazmoon1

https://www.scienceazmoon.com

تالیف و گردآوری:

دکتر فرزانه قربانی استادیار فیزیک‌پزشکی دانشگاه علوم‌پزشکی گناباد

یاسمن باستانی‌پور کارشناسی‌ارشد تصویربرداری‌پزشکی

پگاه لطفی دانشجوی کارشناسی‌ارشد تصویربرداری‌پزشکی

حقوق مالکیت مادی و معنوی

کلیه حقوق مادی‌ومعنوی اثر متعلق به شـــرکت نوآفرینان علم آزمون می‌باشد و هرگونه تکثیر، بازنویسی و یا برداشت به هر نحوی (الکترونیکی، فتوکپی، عکس و فیلم و موارد مشـابه) چه از متن کامل و یا جزئی از آن، مجاز نبوده و منجر به پیگرد قانونی می‌باشد.

کلیه حقوق اثر متعلق به شـرکت نوآفرینان علم آزمون می‌باشـد و هرگونه تکثیر، بازنویسـی و یا برداشـت به هر نحوی (الکترونیکی، فتوکپی، عکس و فیلم و موارد مشابه) چه از متن کامل و یا جزئی از آن، مجاز نبوده و منجر به پیگرد قانونی می‌باشد

فهرست مطالب

فصل اول: اشعه ایکس **۱۰**

اجزای تشکیل دهنده لامپ اشعه ایکس **۱۰**

کاتد ۱۰

فضای بار ۱۱

اثر فضای بار ۱۲

شدت جریان اشباع ۱۲

فیلامان ۱۲

سرپوش کانونی ۱۳

محفظه شیشه ای ۱۴

محفظه فلزی ۱۵

محفظه محافظ ۱۵

آند ۱۶

هدف ۱۷

ساقه آند ۱۸

روش های افزایش ظرفیت گرمایی لامپ ۱۸

زاویه آند و سطح نقطه کانونی ۱۸

اصل کانونی خطی ۱۸

اثر پاشنه ۱۹

گرمای آند ۲۰

فرآیندهای تولید اشعه ایکس **۲۱**

تشعشع عمومی(برمزاشترالانگ) ۲۱

تشعشع اختصاصی ۲۲

الکترون اوژه ۲۴

شدت پرتوهای اشعه ایکس ۲۴

فاکتورهای تاثیرگذار بر طیف اشعه ایکس **۲۵**

mA و mAs ۲۵

مقدار KVp ۲۶

فیلتراسیون ۲۶

جنس هدف ۲۷

شکل موج ولتاژ ۲۷

برهمکنش اشعه ایکس با مواد **۲۸**

پراکندگی همدوس ۲۸

پدیده فوتوالکتریک ۲۹

پراکندگی کامپتون ۳۱

تولید زوج و تجزیه توسط فوتون ۳۳

سایپنس آزمون

پدیده فنا ۳۴
تضعیف اشعه ایکس ۳۵
لایه نیم جذب یا HVL ۳۶
لایه یک دهم کننده یا TVL ۳۶
پرتوهای تک انرژی ۳۶
پرتوهای غیریکنواخت ۳۷
عوامل موثر بر تضعیف پرتو ۳۷
اثر دانسیته بر تضعیف پرتو ۳۹
تاثیر الکترون در هر گرم ۳۹
پرتوهای اسکتر ۳۹
فیلتراسیون ۴۰
فیلتراسیون ذاتی ۴۰
فیلتراسیون اضافی ۴۱
فیلتر مرکب ۴۱
ضخامت فیلتر ۴۱
فیلتر گوه ای شکل ۴۲
فیلترهای فلز سنگین(فیلترهای لبهٔ k) ۴۲
پرتوهای پراکنده ۴۳
محدود کننده اشعه ایکس ۴۴
کولیماتور ۴۶
اعمال محدود کنندهها ۴۷
گرید ۴۸
نسبت گرید ۴۹
فرکانس گرید ۴۹
انتقال اولیه(Tp) ۵۰
فاکتور بهبود کنتراست(K) ۵۰
فاکتور بوکی(B) ۵۱
انواع گرید ۵۱
تعداد تیغهها در هر اینچ ۵۴
قطع گرید ۵۴
ترکیب گرید خارج از مرکز و خارج از کانون ۵۷
تکنیک فضای خالی ۵۸
صفحات تشدیدکننده ۵۸
سرعت صفحه های تشدید کننده تنگستات کلسیم ۶۰
قدرت تفکیک ۶۱
افزایش سرعت صفحات تشدید کننده ۶۱
طیف تابشی ۶۴

کلیه حقوق اثر متعلق به شرکت نوآفرینان علم آزمون می‌باشد و هرگونه تکثیر، بازنویسی و یا برداشت به هر نحوی (الکترونیکی، فتوکپی، عکس و فیلم و موارد مشابه) چه از متن کامل و یا جزئی از آن، مجاز نبوده و منجر به پیگرد قانونی می‌باشد

پاسخ به کیلوولتاژ ۶۴
خصوصیات فیزیکی فیلم رادیوگرافی و ظهور و ثبوت آن ۶۴
تصویر مخفی ۶۵
تابش مستقیم با اشعه ایکس ۶۶
خصوصیات فتوگرافی فیلم رادیوگرافی ۶۷
منحنی مشخصه و دانسیته نوری ۶۸
عوامل هندسی ۷۰
بزرگنمایی ۷۰
بهم‌ریختگی ۷۱
محوی نقطه کانونی ۷۲
کنتراست جسم ۷۳
پرتوهای پراکنده ۷۴
ماموگرافی ۷۵
ساختار هدف ۷۵
اندازه نقطه کانونی ۷۷
فیلتراسیون ۷۸
اثر پاشنه آند ۸۰
تکنیک فشرده سازی ۸۱
گرید ۸۱
ماموگرافی فیلم صفحه ۸۲
ماموگرافی دیجیتال ۸۲
فلوروسکوپی ۸۲
لامپ تشدیدکننده تصویر ۸۳
بهره ی جریان ۸۵
سوالات پرتوشناسی اشعه ایکس کنکورهای گذشته ۸۶
سوالات کنکور کارشناسی ارشد فناوری تصویربرداری پزشکی سال ۱۳۹۵ ۸۶
سوالات کنکور کارشناسی ارشد فناوری تصویربرداری پزشکی سال ۱۳۹۶ ۹۰
سوالات کنکور کارشناسی ارشد فناوری تصویربرداری پزشکی سال ۱۳۹۷ ۹۴
سوالات کنکورکارشناسی ارشد فناوری تصویربرداری پزشکی سال ۱۳۹۸ ۹۸
سوالات کنکور کارشناسی ارشد فناوری تصویربرداری پزشکی سال ۱۳۹۹ ۱۰۱
سوالات کنکور کارشناسی ارشد فناوری تصویربرداری پزشکی سال ۱۴۰۰ ۱۰۵
سوالات کنکور کارشناسی ارشد فناوری تصویربرداری پزشکی سال۱۴۰۱ ۱۰۸
سوالات کنکور کارشناسی ارشد فناوری تصویربرداری پزشکی سال۱۴۰۲ ۱۱۱
تصویربرداری سی تی اسکن ۱۱۶
نسل‌های سیستم تصویربرداری CT ۱۱۶
اجزا و مفاهیم سی‌تی ۱۱۸
اعداد CT ۱۲۰

کلیه حقوق اثر متعلق به شرکت نوآفرینان علم آزمون می‌باشد و هرگونه تکثیر، بازنویسی و یا برداشت به هر نحوی (الکترونیکی، فتوکپی، عکس و فیلم و موارد مشابه) چه از متن کامل و یا جزئی از آن، مجاز نبوده و منجر به پیگرد قانونی می‌باشد

نحوه گرفتن تصاویر **۱۲۲**
تصویر Scout view ۱۲۲
تصویربرداری آگزیال (Axial imaging) ۱۲۲
تصویربرداری Helical imaging ۱۲۳
فاکتور پیچ **۱۲۳**
تصویربرداری مولتی اسلایس **۱۲۳**
فیلتر پاپیونی **۱۲۵**
کیفیت تصویر **۱۲۵**
قدرت‌تفکیک کنتراست ۱۲۶
قدرت‌تفکیک فضایی ۱۲۶
دوز در سی‌تی **۱۲۹**
آرتیفکت ها **۱۳۰**
سخت شدن پرتو (Beam Hardening) ۱۳۰
آرتیفکت های ناشی از حرکت ۱۳۱
میانگین گیری حجم جزئی ۱۳۱
آرتیفکت حلقه‌ای ۱۳۱
آرتیفکتStreak ۱۳۲
آرتیفکت پرتو مخروطی (come beam) ۱۳۲
آرتیفکت الایزینگ ۱۳۲
نویز کوانتومی ۱۳۳
سوالات کنکورهای گذشته فیزیک سی‌تی اسکن **۱۳۴**
کنکورکارشناسی ارشد فناوری تصویربرداری پزشکی سال ۱۳۹۵ ۱۳۴
کنکورکارشناسی ارشد فناوری تصویربرداری پزشکی سال ۱۳۹۶ ۱۳۵
کنکورکارشناسی ارشد فناوری تصویربرداری پزشکی سال ۱۳۹۷ ۱۳۶
کنکورکارشناسی ارشد فناوری تصویربرداری پزشکی سال ۱۳۹۸ ۱۳۸
کنکورکارشناسی ارشد فناوری تصویربرداری پزشکی سال ۱۳۹۹ ۱۳۹
کنکورکارشناسی ارشد فناوری تصویربرداری پزشکی سال ۱۴۰۰ ۱۳۹
کنکورکارشناسی ارشد فناوری تصویربرداری پزشکی سال ۱۴۰۱ ۱۴۱
کنکور کارشناسی ارشد فناوری تصویربرداری پزشکی سال1402 ۱۴۳
مقدمه ای بر تصویربرداری MRI **۱۴۴**
مغناطش (Magnetic) **۱۴۴**
تشدید (Resonance) **۱۴۶**
پالس RF90° چیست ۱۴۶
اثر اعمال RF90° چیست؟ ۱۴۶
تصویربرداری (*Imaging*) **۱۴۷**
قطع پالس RF 90° ۱۴۷

کلیه حقوق اثر متعلق به شرکت نوآفرینان علم آزمون می‌باشد و هرگونه تکثیر، بازنویسی و یا برداشت به هر نحوی (الکترونیکی، فتوکپی، عکس و فیلم و موارد مشابه) چه از متن کامل و یا جزئی از آن، مجاز نبوده و منجر به پیگرد قانونی می‌باشد

زمان آسایش طولی یا اسپین- شبکه یا گرمایی (T_1) ۱۴۸
زمان آسایش عرضی یا اسپین- اسپین (T_2) ۱۴۸
فروپاشی القایی آزاد (FID) ۱۵۰
کنتراست و وزن تصاویر ۱۵۱
کدگذاری و تشکیل تصویر ۱۵۴
مدت زمان اسکن ۱۵۸
توالی پالس‌ها ۱۵۹
آنژیوگرافی تشدید مغناطیسی (MRA) ۱۶۷
آنژیوگرافی زمان پرواز (TOF) ۱۶۷
آنژیوگرافی کنتراست فاز (PCA) ۱۶۹
مزایای MRA ۱۶۹
مشخصات تصویر ۱۷۰
نسبت سیگنال به نویز (SNR) ۱۷۰
رزولوشن مکانی ۱۷۵
زمان اسکن ۱۷۶
مواد کنتراست‌زا ۱۷۷
آرتیفکت‌ها ۱۸۰
آرتیفکت‌های پردازش تصویر ۱۸۰
آرتیفکت‌های مربوط به بیمار ۱۸۵
آرتیفکت‌های مربوط به پذیرفتاری مغناطیسی ۱۸۵
آرتیفکت‌های مربوط به گرادیان ۱۸۶
سوالات MRI کنکورهای گذشته ۱۸۶
کنکورکارشناسی ارشد فناوری تصویربرداری پزشکی سال ۱۳۹۵ ۱۸۶
کنکورکارشناسی ارشد فناوری تصویربرداری پزشکی سال ۱۳۹۶ ۱۸۷
کنکورکارشناسی ارشد فناوری تصویربرداری پزشکی سال ۱۳۹۷ ۱۸۸
کنکورکارشناسی ارشد فناوری تصویربرداری پزشکی سال ۱۳۹۸ ۱۹۰
کنکورکارشناسی ارشد فناوری تصویربرداری پزشکی سال ۱۳۹۹ ۱۹۰
کنکورکارشناسی ارشد فناوری تصویربرداری پزشکی سال ۱۴۰۰ ۱۹۱
کنکورکارشناسی ارشد فناوری تصویربرداری پزشکی سال ۱۴۰۱ ۱۹۲
کنکور کارشناسی ارشد فناوری تصویربرداری پزشکی سال1402 ۱۹۲

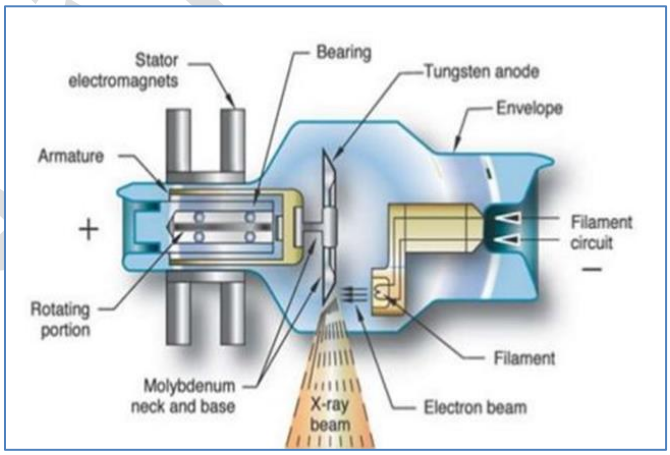
کلیه حقوق اثر متعلق به شرکت نوآفرینان علم آزمون می‌باشد و هرگونه تکثیر، بازنویسی و یا برداشت به هر نحوی (الکترونیکی، فتوکپی، عکس و فیلم و موارد مشابه) چه از متن کامل و یا جزئی از آن، مجاز نبوده و منجر به پیگرد قانونی می‌باشد

فصل اول: اشعه ایکس

لامپ اشـعه ایکس را می‌توان قلب دسـتگاه‌های تصـویربرداری رادیولوژی نام برد. لامپ اشـعه ایکس شـامل یک منبع الکترونی، مسـیر خلاء برای شـتاب دادن الکترون‌ها، آند و یک منبع خارجی برای شـتاب دادن الکترون‌ها می باشـد. برای تولید اشـعه ایکس با اسـتفاده از این لامپ، الکترون‌ها با گرم کردن فیلامان، آزاد شـده و تحت اختلاف پتانسـیل بالا کاتد و آند شـتاب گرفته و با انرژی بالایی به آند برخورد می‌کنند. در اثر برخورد آنها به آند طبق پدیده فیزیکی تابش ترمزی و اختصـاصـی، کمتر از یک درصد از انرژی الکترون‌ها به اشعه ایکس و بقیه به گرما تبدیل می‌شود.

اجزای تشکیل دهنده لامپ اشعه ایکس

لامپ اشعه ایکس از بخش‌های مختلفی تشکیل شده است. **شکل۱** تصویر شماتیک از یک لامپ اشعه ایکس با آند دوار را نشان می‌دهد. مهمترین قسمت‌های لامپ شامل کاتد، فیلامان، آند، منبع ولتاژ- بالا و محفظه لامپ می‌باشد.



شکل ۱ قسمت‌های اصلی یک لامپ اشعه X با آند-دوار.

کاتد

کاتد قطب منفی و منبع تولید الکترون در لامپ می‌باشد و دارای دو قسمت اصلی است:

۱. فیلامان

۲. فنجان کانونی کننده

در اثر **عبور** جریان(۴ تا ۶ آمپر) از درون فیلامان، رشته سیم فیلامان گرم می‌شود، این گرما به الکترون‌های لایه آخر منتقل می‌شود انرژی الکترون های لایه آخر افزایش می یابد و الکترون‌ها از اتم به بیرون پرتاب می‌شوند. به این پدیده(تابش الکترون‌ها به سبب جذب انرژی حرارتی) **تابش ترمویونیک** گفته می‌شود.

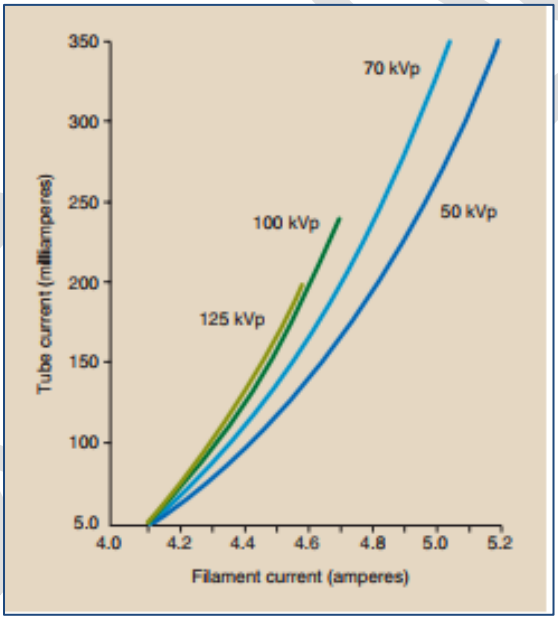
در نتیجه فرایند ترمویونیک الکترون‌ها اطراف سطح فیلامان را احاطه کرده که با اعمال یک انرژی خارجی مثل اختلاف پتانسیل، این الکترون‌ها به سمت آند شتاب می‌گیرند. اگر پتانسیل آند نسبت به کاتد مثبت باشد شاری از الکترون‌ها به سمت آند حرکت خواهند کرد که به آن جریان لامپ گفته می‌شود.

در تیوب اشعه ایکس، دو جریان وجود دارد :

۱) **جریان فیلامان**: جریانی که از فیلامان عبور می‌کند تا فیلامان را گرم کند. این جریان برحسب آمپر است.

۲) **جریان تیوب**: تعداد الکترون‌هایی است که در هر ثانیه از سمت فیلامان به سمت آند حرکت می‌کند. این جریان برحسب میلی آمپر است.

وقتی جریان فیلامان بطور جزئی افزایش پیدا می‌کند، جریان تیوب به مقدار قابل توجهی افزایش می‌یابد.



شکل۲- جریان درون لامپ پرتو ایکس عملا با تغییر جریان موجود در فیلامان کنترل می‌شود

ارتباط بین جریان موجود در فیلامان و جریان لامپ، به ولتاژ بستگی دارد.

با تنظیم جریان فیلامان (میزان دمای فیلامان با تغییر جریان فیلامان تغییر خواهد کرد) می‌توان جریان لامپ را کنترل کرد.

فضای بار

در اثر عبور یک جریان از درون فیلامان، رشته سیم فیلامان گرم می‌شود. گرما به الکترون‌های لایه آخر منتقل می‌شود و انرژی الکترون‌های لایه آخر افزایش پیدا می‌کند و از فیلامان به بیرون پرتاب می‌شوند. الکترون‌های پرتاب شده از فیلامان قبل از اینکه از سمت کاتد به سمت آند شتاب بگیرند، اطراف فیلامان تجمع می‌کنند. از آنجائیکه همه الکترون‌ها دارای بار

کلیه حقوق اثر متعلق به شرکت نوآفرینان علم آزمون می‌باشد و هرگونه تکثیر، بازنویسی و یا برداشت به هر نحوی (الکترونیکی، فتوکپی، عکس و فیلم و موارد مشابه) چه از متن کامل و یا جزئی از آن، مجاز نبوده و منجر به پیگرد قانونی می‌باشد

منفی هستند، همدیگر را دفع می‌کنند و یک فضای ابر مانند در اطراف فیلامان ایجاد می‌کنند. به این فضای ابر مانند، فضای بار گفته می‌شود.

اثر فضای بار

الکترون‌های موجود در فضای بار با الکترون‌های درون فیلامان دافعه الکتروستاتیک برقرار می‌کنند. درنتیجه مانع از خروج الکترون از فیلامان می‌شوند.

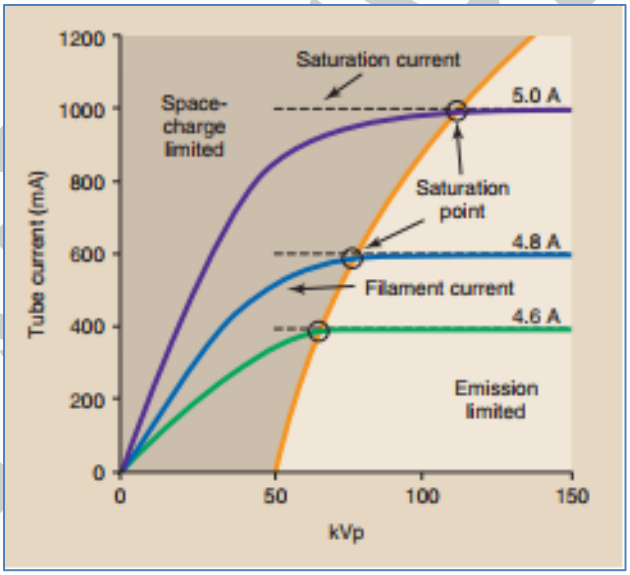
راه‌های کاهش اثر فضای بار:

۱) کاهش جریان فیلامان

۲) افزایش kVP

شدت جریان اشباع

با افزایش ولتاژ، جریان تیوب افزایش پیدا می‌کند تا اینکه به یک نقطه خاصی می‌رسد. بعد از آن، با افزایش ولتاژ جریان ثابت باقی می‌ماند زیرا همه‌ی الکترون‌های در دسترس استفاده شده اند.این شدت جریان، همان شدت جریان اشباع است.



شکل۳-شدت جریان اشباع

فیلامان

نقش فیلامان در لامپ، تولید الکترون می‌باشد. فیلامان رشته سیم باریکی است که ۱ تا ۲ سانتی‌متر طول و ۱تا ۲ میلی‌متر قطر دارد. فیلامان را معمولا از تنگستن توریوم دار می‌سازند.

افزودن ۲-۱ درصد توریوم به تنگستن، قدرت تابش ترمویونیک آن و همچنین عمر لامپ را افزایش می‌دهد.

علت استفاده از تنگستن در فیلامان:

۱) تنگستن نسبت به سایر فلزات دارای توانایی ترمویونیک بالایی می‌باشد.

کلیه حقوق اثر متعلق به شرکت نوآفرینان علم آزمون می‌باشد و هرگونه تکثیر، بازنویسی و یا برداشت به هر نحوی (الکترونیکی، فتوکپی، عکس و فیلم و موارد مشابه) چه از متن کامل و یا جزئی از آن، مجاز نبوده و منجر به پیگرد قانونی می‌باشد

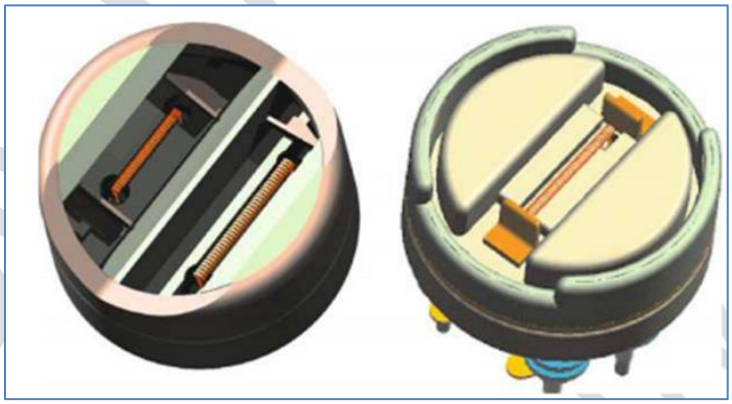
۲) نقطه ذوب آن ۳۳۷۰ز درجه سانتی‌گراد است بنابراین احتمال سوختگی ندارد.

۳) همچنین تنگستن به راحتی بخار نمی‌شود.در اثر قرار گرفتن بخار تنگستن بر روی دیواره داخلی لامپ، خصوصیات الکتریکی لامپ تغییر می‌کند و درنهایت در اثر جرقه الکتریکی، لامپ از بین می‌رود.

۴) مقاومت و سختی زیاد و شکل پذیری راحت.

ویژگی‌های مذکور تنگستن را فلزی ایده آل برای استفاده به عنوان فیلامان می‌کند. فیلامان از آسیب پذیرترین بخش‌های لامپ می‌باشد که با گذشت زمان تبخیر شده و مواد ناشی از تبخیر بر روی شیشه محفظه لامپ ته‌نشین می‌شود. با زیاد شدن این مواد لایه‌ی برنزی رنگ بر روی لامپ شکل می‌گیرد. ته‌نشین شدن فلز بر روی شیشه یک الکترودی را ایجاد می‌کند که ممکن است بخاطر اختلاف پتانسیل بالایی که با کاتد دارد باعث تخلیه الکتریکی شده و در نهایت منجر به شکستن لامپ می‌شود. همچنین خود فیلامان بر اثر تبخیر نازک شده و ممکن است بشکند. در صورت شکستن فیلامان یا شیشه، لامپ قابل استفاده نخواهد بود.

- اغلب لامپ‌های پرتو ایکس، دو فیلامان و در نتیجه دو لکه کانونی دارند. لکه کانونی بزرگ مربوط به فیلامان بزرگ و لکه کانونی کوچک مربوط به فیلامان کوچک است.
- در شرایط عادی، اگر جریان کمتر از ۳۰۰ میلی آمپر باشد از هریک از ۲ فیلامان می‌توان استفاده کرد.اما برای تولید جریان‌های بالا در لامپ، از فیلامان بزرگ استفاده می‌شود.
- در تصویربرداری از قسمت‌های بزرگ و تکنیک‌هایی که گرمای زیادی تولید می‌کنند از فیلامان بزرگ(لکه کانونی بزرگ) استفاده می‌شود. اما وقتی که قدرت تفکیک بالا نیاز باشد از فیلامان کوچک (لکه کانونی کوچک) استفاده می‌شود.
- کانون کوچک از ۰/۳ میلی‌متر تا ۱ میلی‌متر و کانون بزرگ از ۱ تا ۲/۵ میلی‌متر تغییر می‌کنند.



شکل۴-کاتد حاوی یک و دو فیلامان. سرپوش کانونی در هر دو شکل فیلامان را احاطه کرده است.

سرپوش کانونی

فیلامان در داخل یک بخش فلزی بنام سرپوش کانونی قرار دارد. از آنجائیکه همه‌ی الکترون‌هایی که از سمت کاتد به سمت آند حرکت می‌کنند دارای بار الکتریکی منفی هستند، یک دافعه الکتروستاتیک بین آنها ایجاد می‌شود و از هم فاصله می‌گیرند بنابراین بعضی از الکترون‌ها ممکن است هدف را گم کنند و روی یک سطح وسیعی پخش شوند.برای حل این مشکل از فنجان کانونی کننده استفاده می‌شود. فنجان کانونی کننده بار الکتریکی و پتانسیل منفی‌تری نسبت به فیلامان دارد، بنابراین

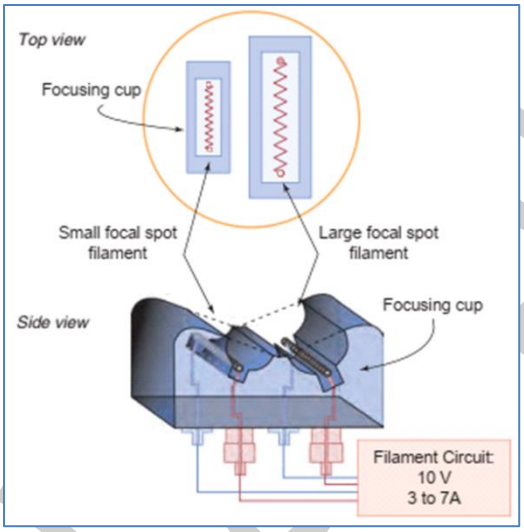
کلیه حقوق اثر متعلق به شرکت نوآفرینان علم آزمون می‌باشد و هرگونه تکثیر، بازنویسی و یا برداشت به هر نحوی (الکترونیکی، فتوکپی، عکس و فیلم و موارد مشابه) چه از متن کامل و یا جزئی از آن، مجاز نبوده و منجر به پیگرد قانونی می‌باشد

باعث متمرکز شدن الکترون‌ها روی یک قسمت کوچکی از آند می‌شود. سرپوش کانونی دارای بار منفی است و باعث می‌شود که الکترون‌ها روی یک قسمت کوچک از آند متمرکز شوند.

۱) سطحی از آند که توسط الکترون‌ها بمباران می‌شود سطح و یا نقطه کانونی نامیده می‌شود.

۲) به کمک سرپوش کانونی می‌توان سطح کانونی الکترون‌ها را کنترل کرد. با افزایش بار سرپوش کانونی میزان سطح کانونی کوچکتر می‌شود. البته افزایش غیر نرمال این بار، نتیجه معکوسی داشته و میزان تمرکز را کاهش خواهد داد.

۳) هرچه نقطه کانونی کوچکتر باشد رزولوشن تصویربرداری افزایش خواهد یافت. در مقابل با کوچکترکردن نقطه کانونی میزان گرمای تجمع یافته در محل برخورد الکترون‌ها افزایش خواهد یافت.



شکل۵- سرپوش کانونی کننده

محفظه شیشه ای

الکترون‌های کنده شده از فیلامان باید در مسیری خالی از هرگونه ذره به سمت آند حرکت کنند. اگر احیانا یک مولکول گازی درون محفظه شیشه ای لامپ اشعه ایکس وجود داشته باشد، این مولکول در اثر برخورد با الکترون‌هایی که از سمت کاتد به سمت آند حرکت می‌کنند، دچار یونیزاسیون می‌شود که این یونیزاسیون باعث می‌شود که الکترون‌ها نتوانند مسیر کامل را تا رسیدن به آند طی کنند. همچنین این مولکول، باعث ایجاد یون‌های ثانویه می‌شود. الکترون‌های ثانویه ممکن است به قسمت‌های مختلف لامپ اشعه ایکس برخورد کنند و اشعه ایکس کم انرژی تولید کنند. این اشعه ایکس کم انرژی ممکن است بوسیله قسمت‌های مختلف لامپ اشعه ایکس جذب شود و یا ممکن است از لامپ خارج شود و دز پرسنل را افزایش دهد. همچنین، یون‌های ثانویه با بار مثبت، فیلامان را بمباران می‌کنند و باعث تخریب فیلامان می‌شوند. چنین یونیزاسونی باعث می‌شود مقدار mAs افزایش یابد زیرا الکترون ثانویه ایجاد شده است.

بطور کلی ایجاد یونیزاسیون در حین تابش باعث:

۱) افزایش mAs

۲) تولید اشعه ایکس کم انرژی

۳) بمباران شدن فیلامان بوسیله یون‌های مثبت

کلیه حقوق اثر متعلق به شرکت نوآفرینان علم آزمون می‌باشد و هرگونه تکثیر، بازنویسی و یا برداشت به هر نحوی (الکترونیکی، فتوکپی، عکس و فیلم و موارد مشابه) چه از متن کامل و یا جزئی از آن، مجاز نبوده و منجر به پیگرد قانونی می‌باشد

۴) کاهش مسافتی که الکترون‌ها طی می‌کنند.(کاهش بازده)

اگر الکترون‌ها در طول این مسیر با ذرات اتمی برخورد کنند، درصد قابل توجهی از انرژی خود را قبل از رسیدن به آند از دست خواهند داد. برای رفع این مشکل، محفظه‌ای از جنس شیشه لامپ را احاطه کرده‌اند که داخل آن خلاء می‌باشد. تمام عناصر لامپ در داخل محفظه شیشه‌ای قرار دارند.

معمولاً محفظه شیشه‌ای از جنس پیرکس ساخته می‌شود تا در برابر گرمای زیاد تولید شده مقاومت کرده و همچنین خلاء داخل شیشه را حفظ کند. خلاء باعث تولید موثر اشعه ایکس می‌شود و عمر لامپ را افزایش می‌دهد.

علت استفاده از پیرکس در تیوب اشعه ایکس :

۱) پیرکس مقاومت حرارتی بالایی دارد.

۲) چون تیوب اشعه ایکس با کابل‌های ولتاژ بالا (کابل‌های های ولتاژ) در تماس است، بنابراین ضریب انبساط شیشه باید نزدیک به ضریب انبساط فلزات باشد.ضریب انبساط خطی پیرکس معادل ضریب انبساط خطی فلزات است.

محفظه فلزی

در بعضی از لامپ‌های اشعه ایکس، به جای محفظه شیشه ای از محفظه فلزی استفاده می‌شود. یکی از مزایای استفاده از محفظه فلزی به جای محفظه شیشه ای، افزایش طول عمر لامپ است زیرا در لامپ‌های شیشه ای، به علت رسوب تنگستن در سطح داخلی، خصوصیات الکتریکی لامپ تغییر می‌کند و ممکن است باعث جرقه الکتریکی و از کار افتادن لامپ گردد.

محفظه محافظ

لامپ اشعه ایکس جهت جلوگیری از دو خطر جدی تشعشع اضافی و شوک الکتریکی یا برق گرفتگی، داخل یک محفظه ای از جنس سرب قرار گرفته است.

وظایف محفظه حفاظتی :

۱) عایق الکتریکی: جایگاه محافظ، محفظه‌هایی را که برای کابل‌های ولتاژ بالا (های ولتاژ) طراحی شده اند را در بر می-گیرد تا از برق گرفتگی تصادفی جلوگیری کند.

۲) جلوگیری از نشت تابش‌های اضافی

۳) جایگاه نگهدارنده تیوب(نگهداری مکانیکی لامپ)

۴) انتشار دهنده حرارت: جایگاه محافظ اطراف برخی از لامپ‌های پرتو ایکس، حاوی روغن است. روغن هم عایق الکتریکی و هم عایق حرارتی است.

یک محفظه محافظ خوب بایستی مقدار پرتو نشتی را تا کمتر از $100\frac{mR}{hr}$ در فاصله یک متری، وقتی که دستگاه با حداکثر ظرفیت کار می‌کند، کاهش دهد.

محفظه محافظ اطراف بعضی ازلامپ‌ها داری روغن(به عنوان عایق الکتریکی و خنک کننده) و همچنین دارای پنکه خنک کننده می‌باشد.

کلیه حقوق اثر متعلق به شرکت نوآفرینان علم آزمون می‌باشد و هرگونه تکثیر، بازنویسی و یا برداشت به هر نحوی (الکترونیکی، فتوکپی، عکس و فیلم و موارد مشابه) چه از متن کامل و یا جزئی از آن، مجاز نبوده و منجر به پیگرد قانونی می‌باشد

- **دسته پرتو مفید:** اشعه ایکس پس از تولید، به صورت ایزوتروپیک یا همسان و با شدت یکسان در تمام جهات ساطع می‌شود. ولی ما فقط از اشعه ایکس خروجی از پنجره لامپ استفاده می‌کنیم. به اشعه ایکس خروجی از پنجره، دسته پرتو مفید می‌گویند.

پنجره یک ساختار فلزی یا شیشه ای نازک است که اندازه آن ۵ سانتی متر مربع است.

- **تابش نشتی:** پرتوی ایکسی که از هرقسمتی غیر از پنجره خارج می‌شود، پرتو ایکس نشتی نامیده می‌شود و هیچگونه ارزش تشخیصی ندارد و باعث پرتوگیری غیرضروری بیمار و تکنولوژیست می‌شوند.

آند

آند قطب مثبت لامپ اشعه ایکس و در لامپ اشعه ایکس چندین عمل انجام می‌دهد. مهمترین وظیفه آند تولید اشعه ایکس است. وقتی الکترون‌های پر انرژی به سطح آند برخورد می‌کنند طی فرایند تابش ترمزی و یا اختصاصی کمتر از ۱ ٪از انرژی خود را به اشعه ایکس و بیش از ۹۹ ٪انرژی جنبشی الکترون‌ها به گرما تبدیل می‌شود. این گرما قبل از اینکه آند را ذوب کند باید فورا از آند دور شود. لذا بایستی در طراحی آند، فلزی انتخاب شود که دمای ذوب بالایی داشته باشد. همچنین فلز انتخاب شده بایستی دارای بازده بالایی در تولید اشعه ایکس بوده و از طرفی هدایت گرمایی بالایی داشته باشد و گرمای تولید شده را سریع به بیرون لامپ هدایت کند. فلزی که هر سه ویژگی فوق را توامان داشته باشد، وجود ندارد. تنگستن فلزی مناسب برای استفاده به عنوان سطح کانونی و مس کاندید خوبی برای هدایت گرمایی می‌باشد. لذا در لامپ‌های آند ثابت هر دو فلز در ساخت آند استفاده می‌شوند. البته در لامپ های آند دوار برای خارج کردن گرما نمی‌توان از مس استفاده کرد. در لامپ‌های آند دوار، گرمای تولید شده در آند نباید به مجموعه روتور و استاتور که مولد حرکت دورانی هستند انتقال داده شود.

در صورت رسیدن گرما به روتور باعث آسیب دیدن مدارات الکتریکی شده و لامپ از کار خواهد افتاد. برای این منظور مجموعه آند را با میله ای از جنس مولیبدنیوم می‌سازند. این ماده عایق حرارتی بوده و بخش آند را از بخش روتور- استاتور ایزوله می‌کند. برای انتقال حرارت ایجاد شده در آند دوار از خاصیت تشعشعی گرما بهره گرفته می‌شود. به بیان دیگر گرمای آند در اثر چرخش با سرعت بالا آند بصورت تشعشع مادون قرمز از سطح آند ساطع شده و سپس به محفظه و روغن لامپ و از آنجا به محیط بیرون هدایت خواهدشد.

- رایج ترین موادی که برای ساخت آند استفاده می‌شود عبارت است از : مس، مولیبدنیوم و کربن
- آند در دستگاه‌های اشعه ایکس نیاز به جریان بالا ندارند، همچنین در دستگاه رادیولوژی دندان و دستگاه‌های پرتابل از نوع ثابت می‌باشد.
- اغلب دستگاهای اشعه ایکس معمولی از نوع آند دوار هستند چون آنها باید در زمان کوتاه قادر به تولید اشعه ایکس با شدت زیاد باشند.
- در آند دوار ما یک نوار کانونی داریم اما در آند ثابت یک نقطه کانونی داریم. بنابراین در آند دوار اشعه ایکس زیادی در یک زمان کوتاه تولید می‌شود.
- در آند دوار گرما در یک سطح وسیعی پخش می‌شود، یعنی میزان دفع گرما و تحمل حرارتی بالا است بنابراین می‌توانیم در آند دوار نسبت به آند ثابت می‌توانیم جریان لامپ را افزایش دهیم و زمان را کوتاه تر کنیم.

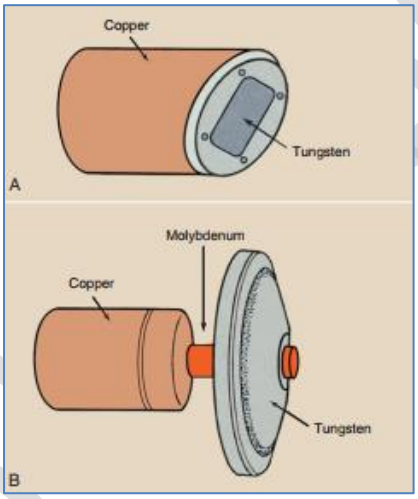
کلیه حقوق اثر متعلق به شرکت نوآفرینان علم آزمون می‌باشد و هرگونه تکثیر، بازنویسی و یا برداشت به هر نحوی (الکترونیکی، فتوکپی، عکس و فیلم و موارد مشابه) چه از متن کامل و یا جزئی از آن، مجاز نبوده و منجر به پیگرد قانونی می‌باشد

- با افزایش سرعت چرخش آند، تحمل حرارتی افزایش پیدا می‌کند.
- آند همچنین هادی الکتریکی است و الکترون‌های پرتاب شده از کاتد را جذب و از طریق کابل‌های متصل به لامپ اشعه ایکس به ژنراتور بر می‌گرداند.
- میزان گرمایی که در یک لامپ تولید می‌شود به عواملی مانند مدت زمان تابش، سطح کانونی، قطر و جرم آند، زاویه و سرعت آند، شکل موج و نوع یکسوساز و... بستگی دارد.

هدف

هدف قسمتی از آند می‌باشد که بوسیله الکترون‌های تابش شده از کاتد بمباران می‌شود.

درلامپ‌های اشعه ایکس آند ثابت, هدف از جنس آلیاژی از تنگستن(تنگستن+رنیوم) می‌باشد که در داخل آند مسی قرار دارد. در لامپ‌های اشعه ایکس آند دوار, سرتاسر دیسک چرخان هدف را تشکیل می‌دهد.



شکل۶-هدف. آند ثابت و آند دوار

- مس از نظر انتقال حرارت و انتقال بار الکتریکی هادی بسیار خوبی است به همین خاطر ضخامت یک بلوک مسی را خیلی بزرگتر و ضخیم تر می‌سازند که این کار سبب انتقال حرارت تولیدی در سطح تنگستن می‌شود. (اگر هدف تنگستنی تمام سطح بلوک مسی را بپوشاند، بلوک مسی ذوب می‌شود).

علت استفاده از تنگستن در ماده هدف:

۱. نقطه ذوب بالایی دارد. یعنی تبخیر نمی‌شود و در سطح داخلی شیشه قرار نمی‌گیرد.
۲. مقاومت بالایی دارد که باعث می‌شود کندتر روی سطح دیسک ناهمواری ایجاد شود.
۳. عدد اتمی بالایی دارد بنابراین بازده تولید اشعه ایکس افزایش می‌یابد.
۴. اشعه ایکسی که توسط تنگستن تولید می‌شود در ناحیه اشعه اشعه ایکس مفید است.
۵. ظرفیت گرمایی بالایی دارد. همچنین، هدایت گرمایی خوبی دارد و گرما را به خوبی منتقل می‌کند.

کلیه حقوق اثر متعلق به شرکت نوآفرینان علم آزمون می‌باشد و هرگونه تکثیر، بازنویسی و یا برداشت به هر نحوی (الکترونیکی، فتوکپی، عکس و فیلم و موارد مشابه) چه از متن کامل و یا جزئی از آن، مجاز نبوده و منجر به پیگرد قانونی می‌باشد

ساقه آند

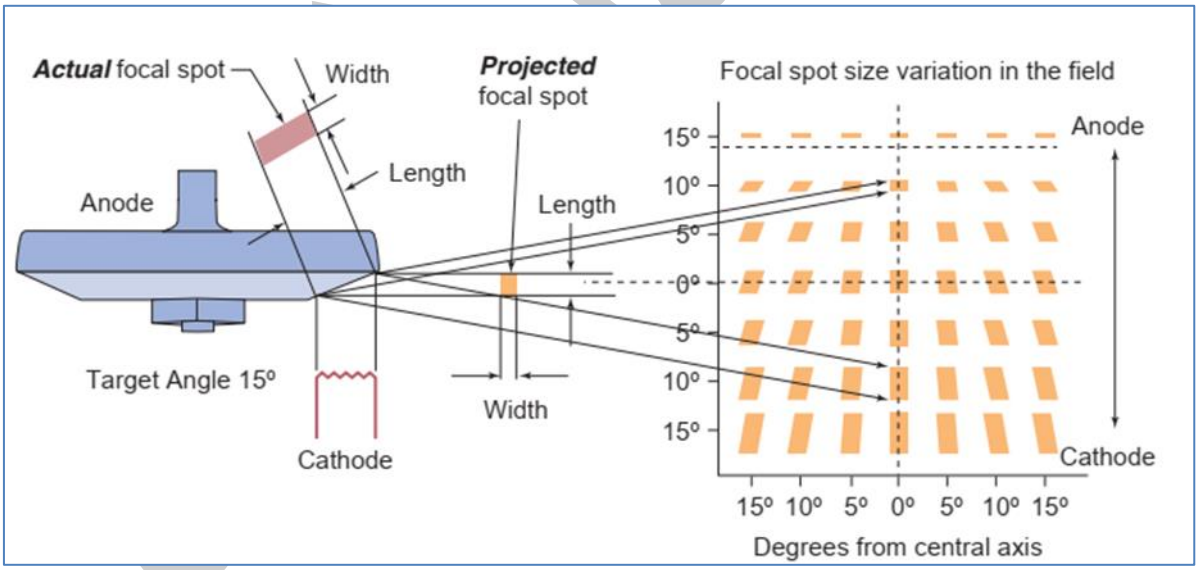
در آند دوار بین آند و رتور، ساقه آند قرار دارد. ساقه آند از جنس مولیبدنیوم است. مولیبدنیوم هدایت حرارتی پائینی دارد یعنی مقدار کمی از گرما را به رتور منتقل می‌کند. به منظور کاهش میزان انتقال گرما، ساقه آند را باریک می‌سازند.

روش های افزایش ظرفیت گرمایی لامپ

۱. افزایش قطر آند
۲. ساخت آند از جنس فلزاتی با ظرفیت گرمایی بالا
۳. آند زاویه دار

زاویه آند و سطح نقطه کانونی

زاویه آند بصورت زاویه سطح هدف با باریکه مرکز میدان پرتو ایکس تعریف می‌شود. سطحی از آند که توسط الکترون‌ها بمباران می‌شود، سطح کانونی نامیده می‌شود. اندازه سطح کانونی به مقدار و جریان الکترون‌ها بستگی دارد. بنابراین به ابعاد سیم‌پیچ تنگستنی، ساختمان سرپوش کانونی و وضعیت قرار گرفتن فیلامان درون آن بستگی دارد. پهنای شکاف سرپوش کانونی، پهنای نقطه کانونی را مشخص می‌کند و طول فیلامان تعیین کننده طول نقطه کانونی است.



شکل۷-زاویه آند و سطح نقطه کانونی

اصل کانونی خطی

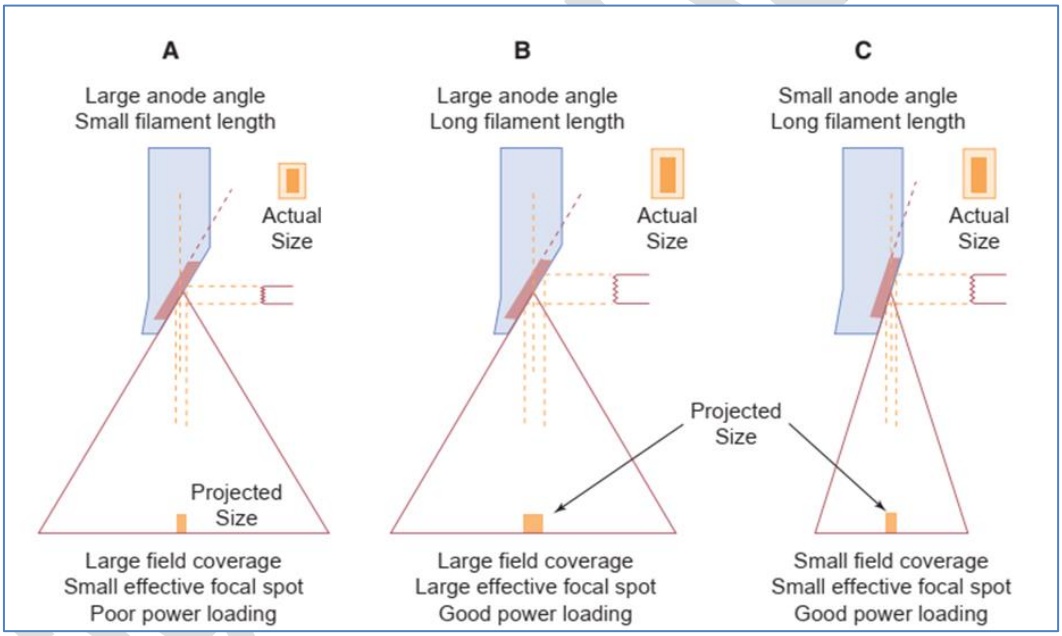
برای ایجاد تصویری با رزولوشن مناسب بایستی سطح کانونی را کوچکتر کرد. از طرفی سطح کانونی کوچکتر تحمل گرمایی پایینی دارد. با زاویه‌دار کردن سطح آند نقطه کانونی همچنان کوچک مانده ولی محدوده وسیعی از هدف برای گرم شدن فراهم می‌شود. این طرح بنام قانون خط- کانونی یا اصل کانونی خطی معروف است. با زاویه دادن به هدف ، کانون ظاهری هدف خیلی کوچکتر از کانون حقیقی آن می‌شود. اندازه کانون ظاهری آن بخشی است که به مریض یا فیلم تابیده می‌شود. مزیت قانون خط-کانون این است که همزمان با تهیه تصاویر واضح، گرما در منطقه وسیعی از نقطه کانونی هدف پخش می‌شود.

کلیه حقوق اثر متعلق به شرکت نوآفرینان علم آزمون می‌باشد و هرگونه تکثیر، بازنویسی و یا برداشت به هر نحوی (الکترونیکی، فتوکپی، عکس و فیلم و موارد مشابه) چه از متن کامل و یا جزئی از آن، مجاز نبوده و منجر به پیگرد قانونی می‌باشد

- در آندهای زاویه دار دو نوع سطح کانونی شامل سطح کانونی واقعی و ظاهری یا موثر تعریف می‌شود. سطح کانونی واقعی مساحتی است که الکترون‌ها به آن سطح برخورد می‌کنند. سطح کانونی ظاهری ، سطحی است که وقتی بطور عمود نسبت به سطح لامپ به آن نگاه شود به نظر خواهد رسید.
- معمولا یک شیب ۶ تا ۲۰ درجه به آند می‌دهند، **بنابراین سطح کانونی موثر** کمتر از طول کانونی واقعی است. میزان این کاهش، با سینوس زاویه آند متناسب است.

$$\text{طول کانونی موثریا ظاهری} = \text{طول کانونی واقعی} \times sin\theta$$

- زاویه آند روی تحمل حرارتی(اندازه لکه کانونی واقعی) تاثیری ندارد و تحمل حرارتی را ابعاد فیلامان تعیین می‌کند.
- میزان ظرفیت گرمایی لامپ به سطح کانونی واقعی وابسته است و میزان رزولوشن تصویر برداری با سطح کانونی ظاهری رابطه دارد.
- بدلیل اثر پاشنه آند که در ادامه توضیح داده می‌شود، نمی‌توان زاویه آند را خیلی کم کرد.



شکل۸-تغییر اندازه نقطه کانونی موثر و شکل آن در طول میدان تابش

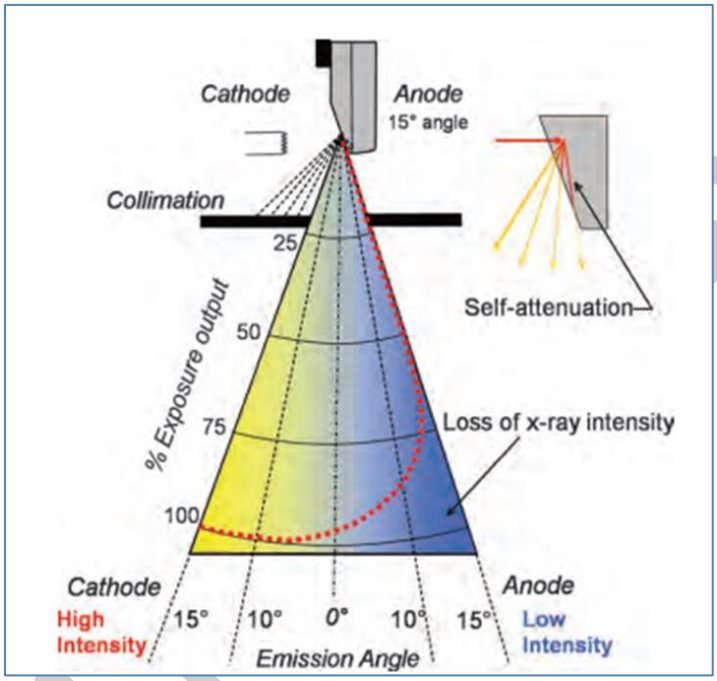
اثر پاشنه

یکی از معایب قانون خط-کانون (زاویه دار کردن هدف) این است که شدت پرتو در سمت کاتد بیشتر از سمت آند است. الکترون‌ها در عمق‌های مختلف در هدف برخورد می‌کنند. و از آن جاییکه اشعه‌های ایکس تولید شده ایزوتروپ می‌باشد یعنی در تمام جهات با یک شدت پخش می‌شود، پرتوهای ایکس تولید شده در سمت آند نسبت به پرتوهای ایکس تولید شده در سمت کاتد باید مسافت بیشتری طی کنندتا از بدنه‌ی آند خارج شوند. در نتیجه پرتوهای ایکس بیشتری در سمت آند جذب می‌شوند و شدت اشعه ایکس در سمت آند نسبت به کاتدکمتر است. که به این اثر، اثر پاشنه‌ی آند گفته می‌شود.

- بطور کلی هرچه کانون کوچکتر باشد اثر پاشنه آند بیشتر است.

کلیه حقوق اثر متعلق به شرکت نوآفرینان علم آزمون می‌باشد و هرگونه تکثیر، بازنویسی و یا برداشت به هر نحوی (الکترونیکی، فتوکپی، عکس و فیلم و موارد مشابه) چه از متن کامل و یا جزئی از آن، مجاز نبوده و منجر به پیگرد قانونی می‌باشد

- هنگام پرتونگاری از اندام‌هایی که اختلاف ضخامت یا دانسیته قابل توجه دارند باید اثر پاشنه آند را مدنظر داشت. بطورکلی، قرار دادن سمت کاتد لامپ اشعه ایکس بر روی قسمت ضخیم عضو باعث ایجاد دانسیته رادیوگرافی یکنواخت تری بر روی فیلم می‌شود.
- با افزایش فاصله تیوپ تا فیلم (FFD) این اثر کاهش می‌یابد.
- با کاهش ابعاد فیلم، در فواصل مشابه FFD، این اثر کاهش می‌یابد.



شکل۹-اثر پاشنه آند

گرمای آند

تقریبا 99 درصد از انرژی جنبشی الکترون‌ها به گرما تبدیل می‌شود که منجر به **گرمای آند** می‌شود. تنها یک درصد از انرژی جنبشی الکترون‌ها جهت تولید اشعه ایکس استفاده می‌شود. هرچه جریان لامپ بیشتر باشد، گرمای تولید شده در آند با همان نسبت افزایش می‌یابد. واحد گرمای (HU) انرژی آزاد شده و پراکنده شده در آند است که برای یک مولد تک‌فاز از رابطه زیر بدست می‌آید :

$$HU = mAs \times KVp$$

- مولد سه‌فاز، که شدت تابش پرتو ایکس در آن‌ها بیشتر است، واحد گرمایی ۱.۳۵ برابر واحد گرمایی مولد تک‌فاز است. برای جلوگیری از خرابی ناشی از گرما، آهنگ تولید پرتو ایکس باید محدود شود.
- گرمای تولید شده برابر است با حاصل ضرب ولتاژ، جریان، زمان تابش و نوع منبع تغذیه(تک فاز یا سه فاز).
- توان تابش لامپ از فرمول زیر بدست می آید:

$$P=kvp\times mA$$

کلیه حقوق اثر متعلق به شرکت نوآفرینان علم آزمون می‌باشد و هرگونه تکثیر، بازنویسی و یا برداشت به هر نحوی (الکترونیکی، فتوکپی، عکس و فیلم و موارد مشابه) چه از متن کامل و یا جزئی از آن، مجاز نبوده و منجر به پیگرد قانونی می‌باشد