

اصول سیستم های رادیولوژی و تصویرگر پزشکی

فصل اول: تولید اشعه X
مدرس: حسین پورقاسم

مقدمه‌ای بر تشعشع:

- اطراف یک بار الکتریکی (+) میدان الکتریکی E قرار خواهد گرفت و اگر این بار با سرعت ثابت v حرکت کند. علاوه بر میدان الکتریکی، یک میدان مغناطیسی H نیز در اطراف مسیر حرکت آن ایجاد می‌شود.
- نیروی حاصل از دو بار الکتریکی در یک فاصله مشخص

$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$$

- امواج الکترومغناطیس

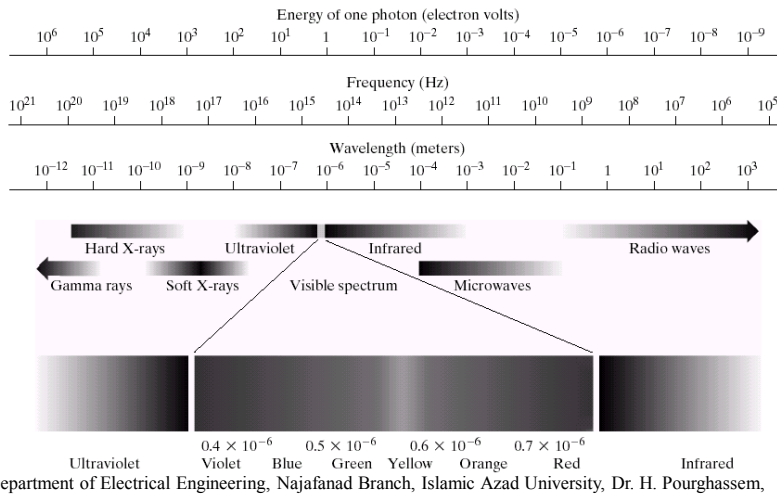
$$V = C = \lambda(\text{wave length}(m)) \times \nu(\text{frequency}(1/\text{sec}))$$

- سرعت این امواج در خلا ثابت است و برابر 3×10^8 متر بر ثانیه است.

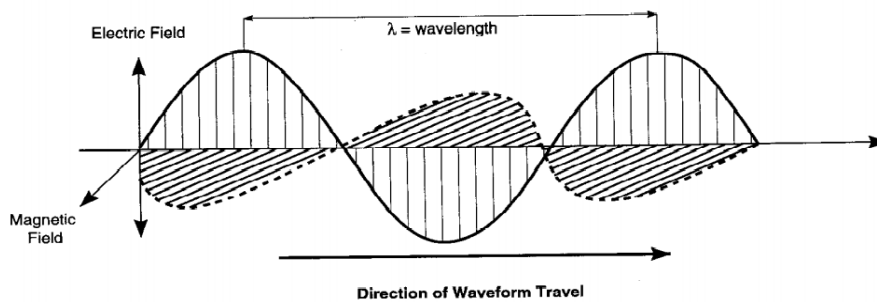


جایگاه اشعه X در مقابل بقیه اشعه ها

طول موج اشعه X در محدوده چند آنگستروم است. طول موج اشعه X تشخیصی برابر ۱ تا ۱۰ آنگستروم است.



نظریه انتشار موجی تشعشعات الکترومغناطیسی



میدان های عمود بر هم مغناطیسی و الکتریکی در نظریه موجی انتشار امواج الکترومغناطیسی.



نظریه انتشار ذره‌ای بودن تشعشعات الکترومغناطیسی

علاوه بر نظریه موجی بودن امواج الکترومغناطیسی، می‌توان تصور کرد که امواج الکترومغناطیس بصورت مجموعه‌ای از ذرات که فوتون یا کوانتوم نامیده می‌شوند، حرکت می‌کنند.

انرژی هر فوتون E بصورت زیر است:

$$E(eV) = h(\text{Plank Constant}) \times \nu(\text{frequency})$$

واحد انرژی هر فوتون الکترون ولت است. برابر با میزان انرژی یک الکترون هنگام شتاب‌گیری بوسیله یک ولتاژ یک ولت است.

$$C = \lambda \nu \Rightarrow \nu = \frac{C}{\lambda} \quad E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

$$E = \frac{12.4}{\lambda}$$

طول موج بر حسب آنگستروم

انرژی بر حسب KeV

انرژی نور قرمز بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$E(keV) = \frac{1.24}{700(nm)} = 0.0017(keV) = 1.77(eV)$$

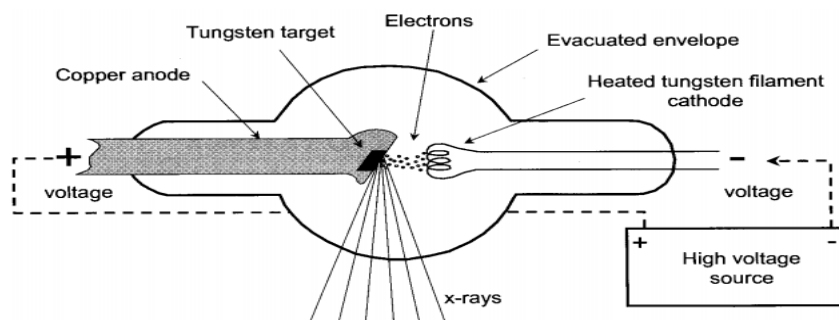


Department of Electrical Engineering, Najafanad Branch, Islamic Azad University, Dr. H. Pourghassem,

5

نحوه تولید اشعه X

الکترونهايي که در کاتد در اثر ولتاژ منفی تولید شده‌اند، تحت تأثیر ولتاژ زیاد به طرف آند (قطب مثبت) حرکت کرده و در اثر برخورد به آند انرژی آنها تبدیل به اشعه X می‌شود.



Department of Electrical Engineering, Najafanad Branch, Islamic Azad University, Dr. H. Pourghassem,

6

اجزای یک لامپ مولد اشعه X

- محفظه شیشه‌ای : برای آنکه الکترونها تولید شده توسط کاتد در مسیر رسیدن به آند به مولکولهای دیگر برخورد نکند و انرژی خود را از دست ندهد، محفظه داخل لامپ باید خالی از گاز باشد.
- کاتد: قطب منفی اشعه X، کاتد نامیده می‌شود. عبارت کاتد و فیلامان یکسان است .
- جریان لامپ اشعه X برحسب میلی آمپر به تعداد الکترونهايي اطلاق می‌شوند که در هر ثانیه از فیلامان به سمت هدف جریان دارند. فیلامان سیمی است از جنس تنگستن به قطر ۲/۰ میلی متر که بصورت مارپیچ عمودی قرار گرفته است. فیلامان وقتی جریان از داخل آن عبور می‌کند گرم می‌شود و باعث انرژی گرفتن الکترونها جهت حرکت به طرف آند می‌شود.
- میزان الکترونی که باید از طرف کاتد به آند عبور کند تا ۱۰۰ میلی آمپر در لامپ جریان داشته باشد برابر است با 6.25×10^7 الکترون است.

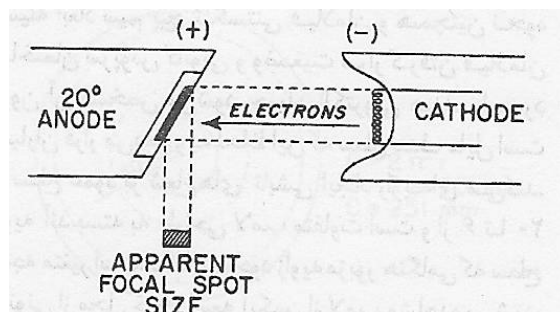


Department of Electrical Engineering, Najafanad Branch, Islamic Azad University, Dr. H. Pourghassem,

7

اجزای یک لامپ مولد اشعه X

- اصول کانونی خطی: سطح کانونی به منطقه‌ای از هدف تنگستن آند اطلاق می‌شود که بوسیله الکترونهاي تولیدی از کاتد بمباران می‌شود.
- سطح کانونی برابر است با: $\sin(\theta) \times A$

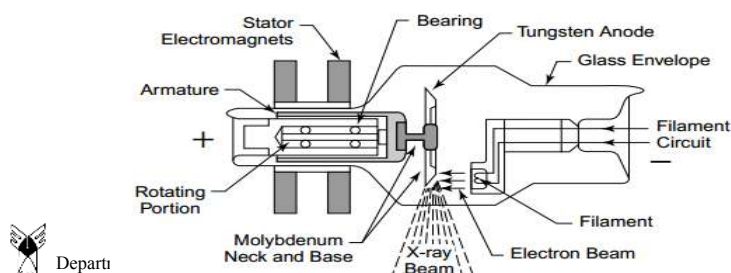


Department of Electrical Engineering, Najafanad Branch, Islamic Azad University, Dr. H. Pourghassem,

8

اجزای یک لامپ مولد اشعه X

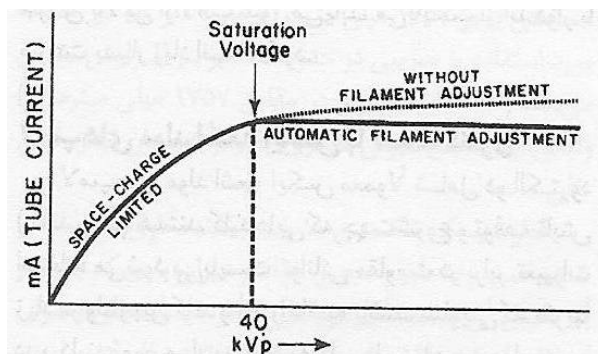
- آند: به قطب مثبت لامپ اشعه X آند می‌گویند که دو نوع ثابت و دوار دارد.
- آند ثابت از جنس تنگستن است که روی یک پایه مسی قرار گرفته است.
- آند دوار: در یک لامپ مولد اشعه X با آند دوار، یک دیسک بزرگ از جنس تنگستن با سرعتی برابر ۳۶۰۰ دور در دقیقه می‌چرخد. هدف استفاده از آند دوار، پخش گرمای ایجاد شده در خلال یک تابش، در سطح بزرگی از آند است. برای رعایت اصول کانونی خطی آند، سطح آند دوار زاویه دارد.



ghassem, 9

اجزای یک لامپ مولد اشعه X

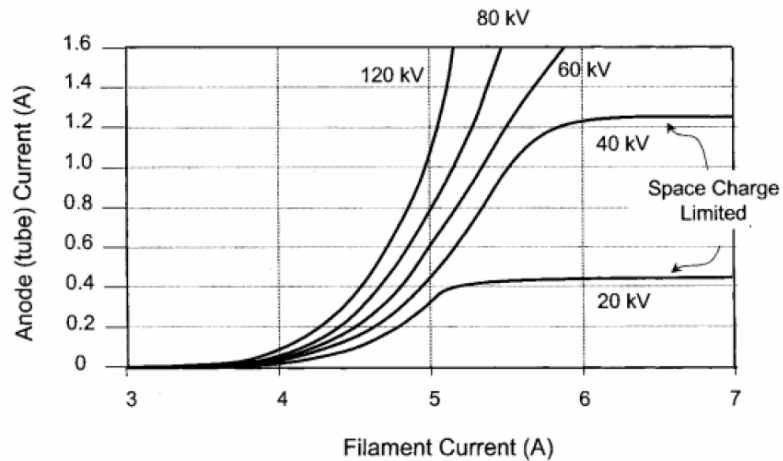
- ولتاژ اشباع: با توجه به شکل زیر، تا حدود 40kV با افزایش ولتاژ فیلامان، میزان جریان لامپ مولد زیاد می‌شود ولی از 40kV به بالا این افزایش جریان خیلی کم خواهد شد.



Department of Electrical Engineering, Najafanad Branch, Islamic Azad University, Dr. H. Pourghassem,

10

رابطه بین جریان لامپ و جریان فیلامان به ازای ولتاژ لامپ

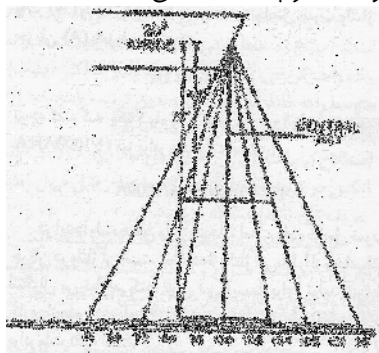


Department of Electrical Engineering, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Dr. H. Pourghassem,

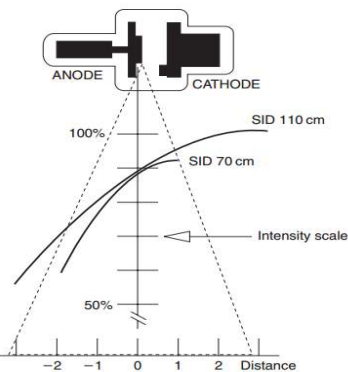
11

اجزای یک لامپ مولد اشعه X

- **اثر پاشنه آند:** شدت پرتوهای اشعه X خروجی از لامپ، در تمام قسمتهای دسته اشعه X یکسان نیست. شدت پرتوها به زاویه آنها در هنگام تابش به سطح کانونی بستگی دارد. این تغییر در شدت پرتوها را اثر پاشنه آند می‌نامند.



تنوع شدت اشعه در راستای محور آند به کاند برای دو فاصله ۷۰ و ۱۱۰ سانتی متری از تیوب



Department of Electrical Engineering, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Dr. H. Pourghassem,

12

اجزای یک لامپ مولد اشعه X

- الف- اثر پاشنه آند باعث می شود که اشعه در طرف کاتد بیشتر از آند تولید گردد. به همین دلیل در کاربردهای کلینیکی، اعضای بدن با ضخامت بیشتر در طرف کاتد قرار می گیرد و عضو با ضخامت کمتر در طرف آند قرار می گیرد.
- ب- در فواصل مشابه بین آند و فیلم، اثر پاشنه آند برای فیلم های کوچک کمتر خواهد بود. به دلیل همگن تر بودن شدت پرتوهای مرکزی نسبت به شعاع های محیطی است.



فیزیک هسته و الکترون: مقدمه‌ای بر فرآیند تولید اشعه X

- هسته شامل نوترون و پروتون است. نوترون بی بار است و پروتون دارای بار مثبت.
- جرم هر دو یکسان است و ۱۸۳۶ برابر بزرگتر از الکترون است.
- تعداد پروتونهای هسته به تعداد عدد اتمی آن است.
- مجموع تعداد پروتونها ونوترونها در هسته عدد جرمی نامیده می‌شود.
- تفاوت ایزوتوپهای یک عنصر در تعداد نوترونهای آنها می‌باشد.
- الکترون با بار منفی به دور هسته می‌چرخند. در حالت عادی اتم دارای بار خنثی است.
- الکترونها در مدارهای الکترونی بدور هسته می‌چرخند.



اجزای یک لامپ مولد اشعه X

- K- L- M- N- O
- مدار اول ۲ الکترون، مدار دوم ۸ الکترون و مدار سوم ۱۸ الکترون و مدار چهارم ۳۲ الکترون و بالاخره مدار پنجم ۵۰ الکترون جای می‌گیرد.
- هر یک از این مدارها دارای یک سطح انرژی هستند.
- اگر بخواهیم یک الکترون از یکی از مدارها جدا کنیم باید به میزان آن مدار انرژی مصرف کنیم.
- هر چه لایه ها بیرونی تر می شوند، سطح انرژی آنها بیشتر است. در ازای جابجایی الکترونها از یک لایه بیرونی به یک لایه درونی تر، انرژی تولید می شود و در حالت برعکس انرژی جذب می‌شود.



فرآیند تولید اشعه X

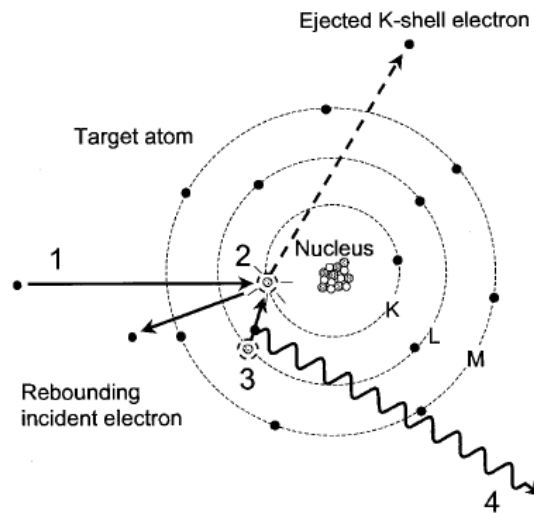
- وقتی که الکترونها تابش شده از فیلامان لامپ مولد اشعه X با شتاب به آند برخورد می‌کند. بر اثر تبدیل انرژی، اشعه X تولید می‌کند.
- انرژی جنبشی (E) یک الکترون هنگام عبور در طول یک ولتاژ V بصورت زیر افزایش می‌یابد:

$$E = eV$$

- وقتی الکترونها سریع، انرژی خود را پس از برخورد به هدف (آند) از دست می‌دهند، اشعه X به دو طریق تولید می‌شود.
- فرآیند تولید اشعه X در اثر واکنش الکترونها با هسته اتمهای سنگین تشعشع عمومی یا برمزاشرانگ نامیده می‌شود.
- فرآیند دوم تولید اشعه X، شامل تصادم بین الکترونها سریع و الکترونها لایه‌ای اتمهای تنگستن در هدف است که تشعشع اختصاصی نامیده می‌شود.



فرآیند تولید اشعه X

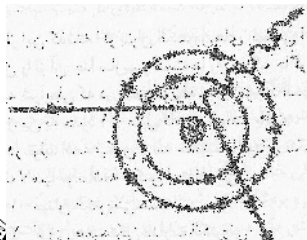


Department of Electrical Engineering, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Dr. H. Pourghassem,

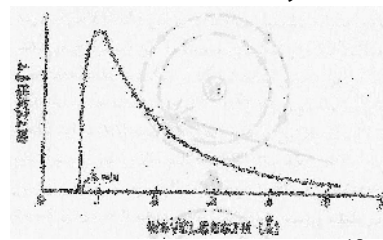
17

تشعشع عمومی (ترمزی)

- الکترونهاي سريع با بار منفي جذب هسته با بار مثبت مي شوند و از مسير اصلي خود منحرف مي شوند. الکترون در اثر تغيير جهت انرژي خود را از دست مي دهد و سرعتش کم مي شود.
- انرژي جنبشي از دست رفته توسط الکترون به صورت فوتونهاي تشعشعي تابش مي شود که به آن تشعشع عمومي يا ترمزي مي گويند.
- حداقل طول موج اشعه X توليد شده با اين فرآيند بصورت زير محاسبه مي شود:
- طيف پيوسته طول موجهاي تشعشعات X توليد شده در تشعشع عمومي بصورت گراف زير است:



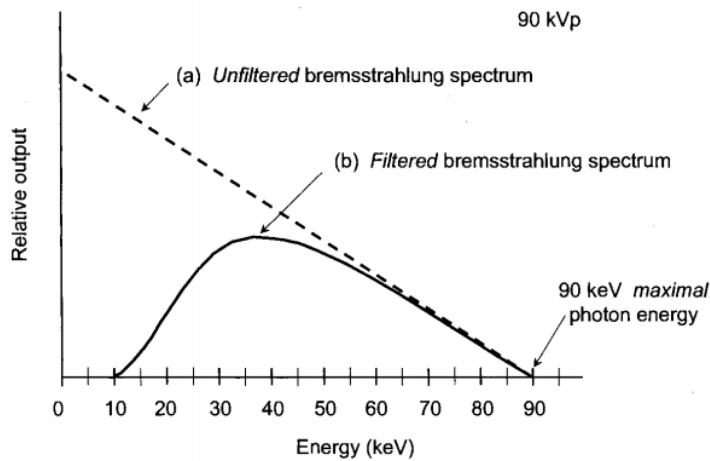
$$\lambda_{\min} = \frac{12.4}{Kvp}$$



Department of Electrical Engineering, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Dr. H. Pourghassem,

18

توزیع انرژی اشعه ایکس تولیدی با فرآیند ترمزی

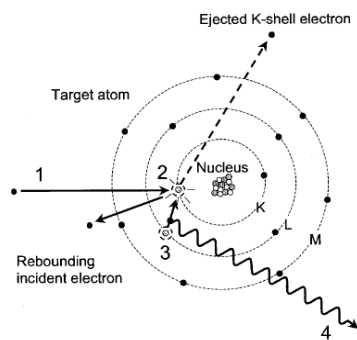
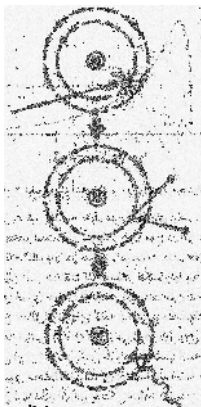


Department of Electrical Engineering, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Dr. H. Pourghassem,

19

تشعشع خصوصی

- هنگامی که بمباران الکترونی باعث خروج الکترونها از مدارهای داخل اتم شود، تشعشع اختصاصی رخ می‌دهد.
- خروج یک الکترون از مدارهای اتم باعث تولید اتم یونیزه مثبت می‌شود. انرژی اتم یونیزه شده مثبت بصورت اشعه X آزاد می‌شود. به این روش تولید اشعه X تشعشع خصوصی می‌گویند.



Department of Electrical Engi

ty, Dr. H. Pourghassem, 20

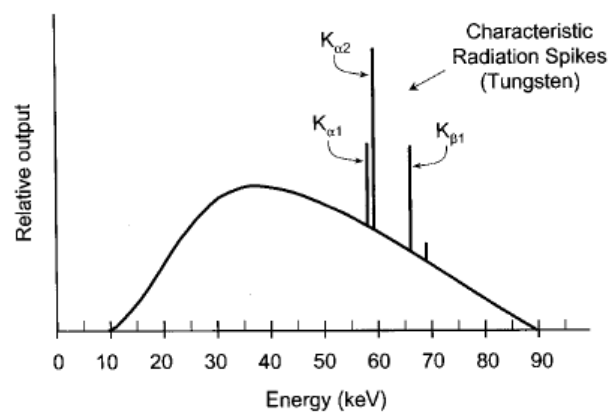
میزان انرژی وابستگی الکترونها در لایه های مختلف

جدول (۲-۲): انرژی وابستگی الکترون در لایه های K، L و M در مواد مختلف.

مدار الکترون	تنگستن	مولیبدیم	رادیوم
K	۶۹/۵	۲۰	۲۳/۲
L	۱۲/۱-۱۱/۵-۱۰/۲	۲/۸-۲/۶-۲/۵	۳/۴-۳/۱-۳/۰
M	۲/۸-۱/۹	۰/۵-۰/۴	۰/۶-۰/۲



میزان اشعه تولیدی به روش ترمزی و اختصاصی



میزان اشعه تولیدی به روش ترمزی و اختصاصی

- نمودار شبیه گوسی تولید انرژی به روش ترمزی است.
- اشعه ایکس اختصاصی به شکل چند قله سوار بر طیف پیوسته تابش ترمزی مشخص است.
- ضرایب آلفا و بتا نشان می‌دهد که انتقال از لایه مجاور (آلفا) یا غیرمجاور (بتا) صورت گرفته است.



تولید اشعه X

- شدت دسته پرتو اشعه X: حاصلضرب تعداد فوتونهای موجود در دسته پرتو و انرژی هر کدام از فوتونهاست. شدت پرتو براساس رونتگن در دقیقه (R/min) اندازه گیری و برحسب کیلو ولتاژ، جریان لامپ، نوع ماده و فیلتراسیون تغییر می‌کند.
- الف- جنس ماده هدف: هر چه مقدار عدد اتمی هدف بیشتر باشد، بازده تولید اشعه X بالاتر است.
- در آندهایی که از تنگستن ساخته شده است، تمام دسته اشعه X شامل تشعشع عمومی می‌شود و مقدار ناچیزی توسط تشعشع اختصاصی تولید می‌شود که وابسته به ولتاژ لامپ است.
- بطور خلاصه: عدد اتمی ماده هدف، کمیت تولید تشعشع عمومی و کیفیت تشعشع اختصاصی را تعیین می‌کند.



تولید اشعه X

- ب- ولتاژ kvp اعمال شده: میزان kvp ، حداکثر انرژی اشعه X تولیدی را مشخص می‌کند و همچنین kvp بالاتر، کمیت اشعه های X تولیدی را افزایش می‌دهد. نهایتاً شدت اشعه تولید شده متناسب با $(Kvp)^2$ است.
- ج- جریان لامپ اشعه X: هر چه mA لامپ بیشتر باشد، الکترونهاى بیشتری تولید می‌شود و اشعه X بیشتری نیز تولید می‌گردد.
- د- فیلترهایی که در مسیر حرکت اشعه ایکس از لامپ به سمت بیمار اعمال می‌شود بر روی میزان شدت دسته پرتوی اشعه ایکس تأثیر زیادی دارد. اشعه ایکس خروجی از سطح آند در لامپ، پس از عبور از فضای خلاء به محفظه شیشه‌ای لامپ برخورد می‌کند که باعث کاهش شدت پرتو عبوری می‌گردد. بعد از این مرحله، در اکثر سیستم‌ها، بوسیله ورق‌های نازکی از جنس آلومینیوم، سرب و روی مقداری از شدت اشعه ایکس تولیدی کاسته می‌گردد. به عبارت دیگر، با اعمال این فیلتراسیون‌های اضافی، میزان شدت اشعه ایکس مورد نظر برای هر نوع تصویربرداری را فراهم می‌کنند.

