سیستم های رادیولوژی

اشعه ایکس یا رنتگن در طبیعت وجود ندارد و برای کاربرد پزشکی ، این پرتوها باید به وسیله لامپهایی که برای این منظورساخته شده‌اند تولید شود. در لامپ مولد اشعه ایکس که ظاهری شبیه لامپهای کاتد یک دارد، با بمباران الکترونی قطعه فلز مقاوم و کوچکی که از جنس تنگستن در قطبی از لامپ به نام کانون قرار گرفته ، ترازهای انرژی الکتریکی در این فلز بهم می‌خورد و انرژی ناشی از جابجایی الکترونها به صورت اشعه ایکس پدیدار می گردد. الکترونهایی که استفاده می‌شوند از سیم پیچ کوچکی در قطب منفی لامپ تولید می‌شوند و با استفاده از خلاء درون لامپ و تحت تأثیر اختلاف پتانسیل که از یک ژنراتور تولید می شود، به کانون لامپ برخورد می‌کنند. بطور کلی در یک دستگاه رادیولوژی عمومی لامپ تولید کننده اشعه ایکس با بازویی به پایه‌ای که می‌تواند در مسیرهای مختلف حرکت کند وصل شده تا بتوان اشعه ایکس را بطور دلخواه در جهات متفاوت متمرکز نمود.

مکانیسم تولید اشعه ایکس :

هنگامی که یک جریان الکترونی با سرعت زیاد به هدف برخورد کند، شتاب خود را از دست داده و با تبدیل انرژی، ایجاد اشعه ایکس می کند.
به طور کلی اشعه در اثر دو فرایند تولید میشوند:

1- پدیده ترمزی :در این پدیده الکترونها به دلیل انرژی جنبشی که دارند به داخل اتمهای آند وارد میشوند و تحت تاثیر میدان اتمهای سنگین هدف از مسیر اولیه منحرف شده و دارای تغییر سرعت و کاهش انرژی میشوند. این انرژی به صورت پرتو تابیده میشود. در این فرایند راندمان تولید اشعه بسیار کم می باشد. در این طیف ماکزیمم انرژی مربوط به الکترونی است که بیشترین انحراف را توسط هسته داشته و هیچگونه اتلافی در انرژی آن صورت نپذیرفته است.

2- پدیده تابش اختصاصی: در این پدیده الکترون های تابیده شده از فیلامان به الکترون های مدارهای داخلی اتم های هدف نظیر***k*** برخورد می کنند و باعث کنده شدن این الکترون ها از مدار مربوطه می شوند و لذا در این لایه یک حفره به وجود می آید. با پُرشدن این حفره توسط الکترون های لایه های بالاتر، اختلاف انرژی دو لایه به صورت فوتون از ماده هدف خارج می شود.

اثر متقابل اشعه ایکس و ماده:

فوتون های اشعه ایکس ممکن است با الکترون های مداری یا هسته اتم ها برخورد نمایند که البته در محدوده انرژی اشعه ایکس تشخیص برخوردها غالباً با الکترون های مداری می باشد. 5 راه اصلی برای برخورد یک فوتون اشعه ایکس با ماده وجود دارد:

1- پراکندگی همدوس ***Coherent Scattering***
2- اثر فتو الکتریک ***Photoelectric effect***
3- پراکندگی کمپتون ***Compton Scattering***
4- تولید جفت ***Pair Production***
5- تجزیه توسط فوتون : ***Photodisintegration***

پراکندگی همدوس : برخوردی است که بدون ایجاد هرگونه تغییری در طول موج پرتو، فقط جهت آن را تغییر می دهد. این برخورد به دو صورت پراکندگی تامسون و ریلی وجود دارد.در پراکندگی تامسون یک الکترون منفرد در برخورد شرکت می نماید و لیکن پراکندگی ریلی از برخورد مشترک با تمام الکترون های یک اتم نتیجه می گردد .در محدوده انرژی ایکس تشخیص تعداد کمی پراکندگی همدوس رخ می دهد که گرچه موجب مه آلودگی فیلم می شود ولیکن اهمیت چندانی ندارد.

اثر فتو الکتریک :در این برخورد یک فوتون تابشی با انرژی کمی بیشتر از انرژی همبستگی یک الکترون لایه ***k***به یکی از الکترون های این مدار برخورد کرده و آن را از مدارش خارج می کند. تمام انرژی فوتون به الکترون انتقال می یابد. این الکترون به صورت فوتوالکترون در فضا رها می شود. جای خالی الکترون در لایه ***k***توسط الکترون از لایه مجاور پر می گردد. این الکترون مداری انرژی به شکل اشعه ایکس از دست می دهد که اشعه ایکس اختصاصی گفته می شود و جزء خصوصیات هرعنصرمی باشد. برخورد فتوالکتریک به دو عامل انرژی اشعه و عدد اتمی ماده جاذب بستگی دارد و از نقطه نظر کیفیت تصویر مطلوب می باشد؛ چرا که عالی ترین کنتراست را بدون تولید میزان قابل توجهی از تشعشعات اسکتر تولید می نماید ولی متاسفانه اکسپوژر بیمار در مقایسه با سایر برخوردها بیشتر است.

پراکندگی کمپتون : در این برخورد یک فوتون تابشی با انرژی نسبتاً بالا با یک الکترون آزاد از لایه خارجی اتم برخورد کرده و آن را از مدارش خارج می نماید. فوتون مذبور منحرف شده و در جهت جدیدی به عنوان اشعه اسکتر حرکت می نماید. تقریباً تمام اسکترها از این برخورد ناشی می شوند. احتمال وقوع یک برخورد کمپتون به میزان کل الکترون هایی که در یک جسم جاذب وجود دارد متکی می باشد. این برخورد به عدد اتمی ماده جاذب بستگی ندارد؛ ولی به هرحال تحت تأثیر انرژی پرتو و دانسیته ماده جاذب می باشد.

تولید جفت : در تولید جفت یک فوتون با انرژی زیاد تحت تأثیر نیروی هسته اتم، انرژی اش به دو ذره یکی الکترون و دیگری پوزیترون تبدیل شده و خود ناپدید می شود که در رادیولوژی تشخیصی اهمیت چندانی ندارد.

تجزیه توسط فوتون : در تجزیه توسط فوتون، هسته یک اتم توسط یک فوتون پرا نرژی تجزیه می شود. قسمت خارج شده از هسته اتم ممکن است یک نوترون یا پروتون، ذره آلفا و یا یک دسته از ذرات باشد. فوتون می بایست انرژی کافی برای غلبه بر انرژی همبستگی هسته به میزان 7- 15 ***mev*** راداشته باشد.این نوع برخورد نیز در

رادیولوژی تشخیصی اهمیت چندانی ندارد و رخ نمی دهد. به طور کلی در انرژی های پائین برخورد فتوالکتریک متداول تر می باشد؛ در حالی که در انرژی های بالا برخورد کمپتون غالب است.

لامپ (تیوب) اشعه ایکس شامل اجزای زیر می باشد:

تیوب شیشه ای یا محفظه شیشه ای :

حباب خلاء شیشه ای است از جنس پیرکس و شامل:

1- فیلامنت سیمی (از جنس تنگستن)

2- متمرکزکننده از جنس مولیبدنیوم یا فولاد

3- آند مسی که روی آن هدفی از جنس تنگستن است

این محفظه که دارای دو الکترود آند و کاتد است. به صورتی که الکترونهای تولید شده در کاتد (فیلمان) با سرعت زیاد به سمت آند حرکت می کنند که با ایجاد یک اختلاف پتانسیل بالا اتفاق می افتد .چون در هوا تعداد زیادی الکترون وجود دارد، سرعت بخشیدن به یک الکترون دراین فضا عملی نیست و به همین خاطر داخل محفظه را از هوا و هر گاز دیگر خارج می کنند تا الکترونها به راحتی با سرعت بالا حرکت کنند. این مقدار خلاء در حدود 0/01 میلی متر جیوه می باشد. دلیل دیگر ایجاد خلاء در فضای داخل محفظه عایق کردن محیط بین آند و کاتد است. هدف از ایجاد خلاء در لامپهای مدرن اشعه ایکس، کنترل مستقل تعداد و سرعت الکترونها شتاب گرفته شده است.مزیت استفاده از شیشه در بدنه محفظه جذب کم اشعه ایکس، عایق الکتریکی بسیار خوب شیشه و انتشار حرارتی مناسب آن است. اما به دلیل رسوب بخارات تنگستن در سطح شیشه از سیمهای فلزی در درون دیواره لامپ استفاده می شود تا از رسوب جلوگیری کند. اما به دلیل اختلاف ضریب انبساط داخلی شیشه و فلز و ایجاد شکستگی در بدنه لامپ، عموماً از آلیاژهای خاصی مثل شیشه بروسیلیکات که ضریب انبساط خطی تقریباً مشابه فلز دارد در ساخت محفظه لامپها استفاده می شود.

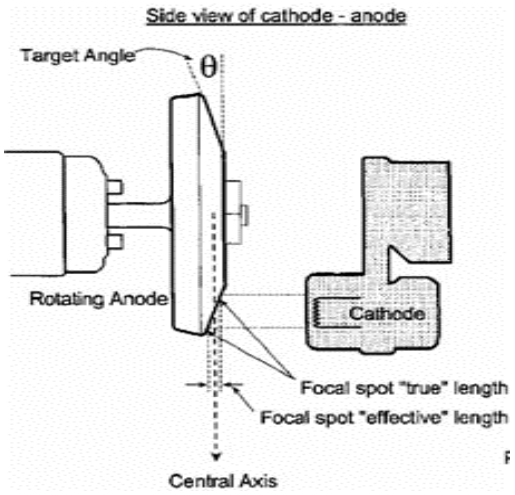
محفظه تیوب :

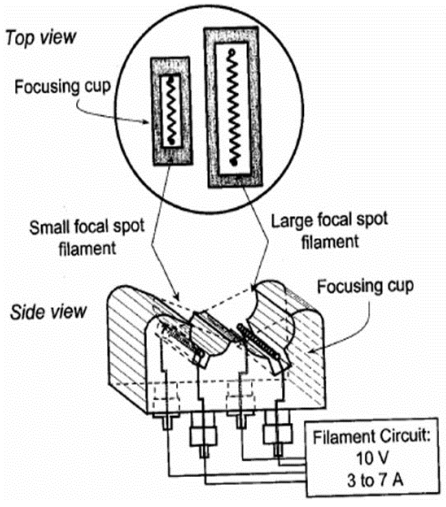
از جنس فولاد بوده که مملو از روغن است و حباب شیشه ای را دربرمی گیرد. این محفظه محلی برای اتصال کابلهای فشار قوی داشته و دارای پایه ای است که تیوپ را نگه می دارد.تمام پرتوهایی که از هدف منتشر می شوند به جز پرتوی که از طریق پنجره رادیولوسنت خارج می شود، توسط لایه سربی که به صورت آستری محفظه تیوپ را پوشانیده، به شدت جذب می شوند. روغن داخل محفظه گرم و منبسط می شود. داخل محفظه وسیله ای بادکنکی است که فضای اضافی بوجود می آورد تا در زمان انبساط فضای لازم را ایجاد کند. وظیفه روغن ایجاد عایق الکتریکی و نیز انتقال گرما از آند به محفظه است.

کاتد:

قطب منفی لامپ اشعه ***X*** است که حاوی فیلامان یا منبع تولید الکترون و سرپوش کانونی است. فیلامان خود دارای ولتاژ (متوسط10 ولت) و جریان (متوسط 3 تا 5 آمپر) است و بوسیله آنها گرم می شود.تعداد فوتونهای اشعه ***X***تولیدی به تعداد الکترون هایی که از کاتد به سمت آند حرکت می کنند بستگی دارد. فیلامان سیمی است از جنس تنگستن که در اثر عبور جریان از آن گرم می شود و در اثر این دما تعدادی از الکترون های آن تا مسا فت کمی از سطح فلز جدا می شوند. این فرایند تابش ترمویونیک نام دارد.

برای وقوع تابش ترمویونیک و ایجاد تعداد مفیدی الکترون فیلامان باید تا 2200 درجه گرم شود. به همین دلیل فیلامان را از جنس تنگستن می سازند چون این ماده به راحتی به شکل سیم نازک و محکم در آمده و نقطه ذوب بالایی(3370)دارد و همچنین مقدار کمی تبخیر می شود. الکترون های تابش شده در اطراف فیلامان ابر کوچکی به نام فضای بار ***(Space Charge)*** ایجاد می کنند. این ابر که دارای بار منفی است از تابش الکترون های دیگر جلوگیری می کند که به این اثر، اثر فضای بار ***(Space Charge Effect)*** می گویند. می توان با یک اختلاف پتانسیل مناسب این الکترون ها را به سمت آند شتاب داد. به دلیل اینکه الکترون ها همگی دارای بار منفی هستند در طول مسیر به سمت آند از هم دور و پراکنده می گردند و سطح بزرگی از آند را بمباران می کنند که دلخواه نیست . به همین دلیل از سرپوش کانونی ***(Focusing Cap)*** که فیلامان را احاطه کرده استفاده می شود . این وسیله دارای پتانسیل منفی است و باعث به هم فشرده شدن الکترون ها می شود .این وسیله که از جنس مولیبدیم است با نیروی الکتریکی موجب کانونی شدن سیم الکترونی می شود. لامپ های امروزی دارای دو فیلامان کوچک و بزرگ می باشند .فیلامان بزرگ برای تابش های بیشتر و فیلامان کوچک برای تابش های کمتر کاربرد دارند.





آند:

قطب مثبت لامپ اشعه X می باشد که به دو صورت ثابت و دوار میباشد. آندهای ثابت یک صفحه کوچک تنگستن به ضخامت 2تا 3 میلی متر میباشند که در یک بلوک بزرگ مس قرار داده شده اند. به چند دلیل جنس آند از تنگستن انتخاب شده است. این ماده عدد اتمی بالایی دارد و لذا بازده تولید اشعه بالاتری دارد. نقطه ذوب بالای تنگستن تحمل حرارتی خوبی به آن می دهد و در ضمن این ماده در جذب، انتقال و پراکنده سازی گرما نیزعملکرد خوبی دارد.آند را در بلوک مسی قرار میدهند تا انتقال و دفع گرما به خوبی صورت بگیرد. به دلیل اینکه در سیستمهای قدرتمند امروزی گرمای زیادی در سطح هدف ایجاد میگردد نیاز به روشی بود که تحمل گرما را برای هدف آسان سازد، لذا آندهای ثابت جای خود را به آندهای دوار دادند. این آندها مقاومت لامپ را در برابر گرمای زیاد ناشی از اکسپوژرهای طولانی افزایش می دهند.این آندها با سرعت می گردند. هدف استفاده از آند دوار پخش گرمای ایجاد شده در خلال یک اکسپوژر، در سطح بزرگی از آند است. به دلیل تابش الکترونها به سطح آند پس از مدتی در سطح آن ناهمواری و فرورفتگی هایی مشاهده میشود که این تغییرات فیزیکی ناشی از فشارهای حرارتی بوده و باعث کاهش خروجی لامپ اشعه می شوند به همین دلیل در ساخت آند مقداری رنیوم به تنگستن اضافه می کنند تا مقاومت سطحی آن افزایش یابد.

تیوپ اشعه ایکس با آند ساکن: در بعضی دستگاه های متحرک، اغلب رادیوگرافی های دندان و دستگاه های پرتابل استفاده می شود. این تیوپ از حباب شیشه ای که محتوی کاتد و آند است و محفظه ای فلزی مملو از روغن که تیوپ در آن است قرار گرفته است.

حفاظ لامپ و کابلهای فشار قوی:

به دلیل ساطع شدن اشعه ایکس در تمام جهات از لامپ مولد با شدت تقریباً یکسان و اینکه بسیاری از این تشعشعات اکسپوژرغیرضروری برای بیماران وپرسنل ایجاد می کند، و کیفیت فیلم را نیز کاهش می دهد، حفاظ فلزی لامپ این قسمت از اشعه اضافی و اشعه های پراکنده شده را جذب می کند.

وظیفه دیگر این حفاظ، ایجاد امنیت برای ولتاژ بالایی است که بین آند و کاتد در تیوب اعمال می شود . در فاصله بین تیوب و محفظه فلزی روغنی ریخته میشود که درمقابل ولتاژ الکتریکی عایق بسیار خوبی است و از هر جرقه الکتریکی میان کابلهای ولتاژ بالا جلوگیری می کند. علاوه بر این روغن مورد استفاده خاصیت خنک کنندگی و جلوگیری از شکستن جداره شیشه ای را دارا می باشد.

لامپ های اشعه ایکس فلزی/ سرامیک:

این نوع لامپ به جای محفظه شیشه ای معمولی یک محفظه فلزی و سه قسمت عایق سرامیکی دارد. که دو عایق برای کابلهای ولتاژ بالای منفی و مثبت که آنها را از محفظه فلزی لامپ جدا می کند و یکی برای تکیه گاه محور

آند به کار می رود. جنس این سرامیک معمولاً اکسید آلومینیوم است .از مزایای استفاده از این نوع لامپ می توان به موارد ی مثل عمر بیشتر تیوب ، تحمل بار بیشترتیوب واندازه کوچکتر تیوب اشاره کرد.

ژنراتور و ساختمان آن :

وظیفه تولید ولتاژ بالای لازم برای ایجاد اشعه ایکس را درتیوب ژنراتورهای ولتاژ بالا بر عهده دارند. تغذیه این ژنراتورها از برق 220 ***v*** شهر به گونه تکفاز و یا سه فاز می باشد که خروجی ای تاحد 150 ***kv*** در مدت زمان کوتاهی تولید می کند. این بخش از سیستم رادیولوژی از یک جعبه فلزی متصل به زمین و پر از روغن و ترانسفورماتور ولتاژ پائین برای تغذیه فیلمان ها، همچنین یک ترانسفورماتور ولتاژ بالا و مجموعه ای از دیودهای یکسوکننده ولتاژ بالا و تعدادی کنتاکتور تشکیل شده است. وجود روغن درون جعبه ژنراتور به دلیل عدم بروز جرقه الکتریکی ناشی از ولتاژ بسیار بالا می باشد.

ژنراتورهای اشعه ایکس:*(X – ray Generator)*:

انرژی فوتون های اشعه ایکس تولید شده تابع انرژی جنبشی الکترون ها و اختلاف پتانسیل دو سر تیوپ است. ابتدا ولتاژی حدود 40 – 150 ***kv*** به دو قطب تیوپ اشعه ایکس اعمال می شود. الکترون هایی که توسط فیلامان تولید شده اند دراین اختلاف پتانسیل به سمت قطب آند شتاب می گیرند و پس از برخورد به هدف به فوتون های ***x – ray*** تبدیل می شوند. اختلاف پتانسیل دو سر تیوپ، موجب افزایش انرژی جنبشی الکترون ها و تولید فوتون های پر انرژی تر می گردد. هر چه ضخامت عضو بیشتر باشد، فوتون های پر انرژی تری لازم است. برای به راه اندازی تیوپ در تولید اشعه ایکس، از ژنراتور استفاده می شود.

وظایف ژنراتور:

1- تامین اختلاف پتانسیل دو سر تیوب

2- ملتهب کردن فیلامان برای تولید الکترون

3- کنترل اختلاف پتانسیل دو سر تیوب

ترانسفورماتورها :

وسیله افزایش یا کاهش ولتاژ نسبت به مقدار مبنا هستند و بر دو نوعند:

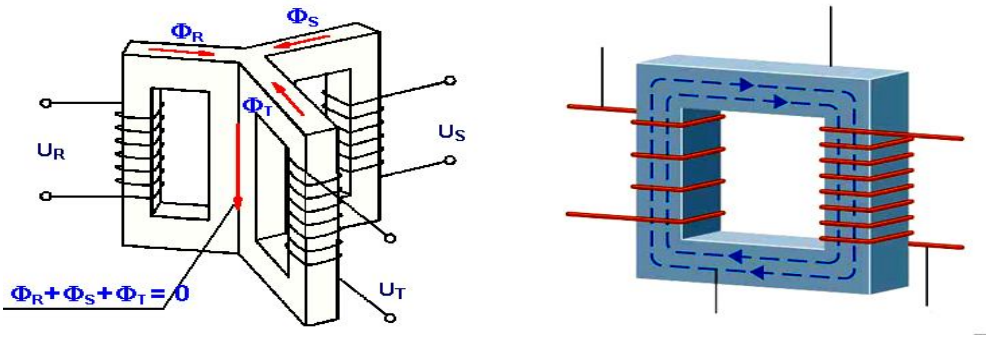
- ترانسفورماتور افزاینده ***(step up Transformer)***
- ترانسفورماتور کاهنده.***(step down Transformer)***

اجزای ترانسفورماتور:

1- هسته فلزی 2- دو سری سیم پیچ که بر روی هسته فلزی پیچیده می شوند.

سیم پیچ متصل به ولتاژ ورودی سیم پیچ اولیه و سیم پیچی که ولتاژ تغییریافته از آن خارج شده سیم پیچ ثانویه نام دارد. سیم پیچ ها نسبت به هم عایق بندی شده است. تشکیل میدان مغناطیسی موجب القای مجدد جریان در سیم پیچ های ثانویه و هسته فلزی می شود. برای آنکه در سیم پیچ ثانویه جریانی القا شود، بایستی ولتاژ ورودی متناوب ***(AC)***باشد. ولتاژ متناوب، میدان مغناطیسی متناوبی را در هسته ایجادکرده و شار در واحد زمان تغییرمی کند. بر مبنای قانون القای فارادی، تغییر در شار مغناطیسی موجب القاء جریان جدید در سیم پیچ ثانویه می گردد.

دیاگرام یک ترانسفورماتور تک فاز (سمت راست) و یک ترانسفورماتور سه فاز (سمت چپ).



مدار ژنراتور اشعه ایکس بر حسب مقدار ولتاژ عبوری دارای دو قسمت است :

1- مدار اولیه ***(Control console):*** ولتاژ عبوری از مداراولیه در محدوده ولتاژهای معمولی یا فشار ضعیف است. پا نل کنترل به عنوان قسمتی از مدار اولیه است.

2-مدار ثانویه فشار قوی ***(High – Voltage):*** ولتاژ در محدوده ولتاژهای فشار قوی می باشد.

مدار ساده ژنراتور اشعه ایکس:

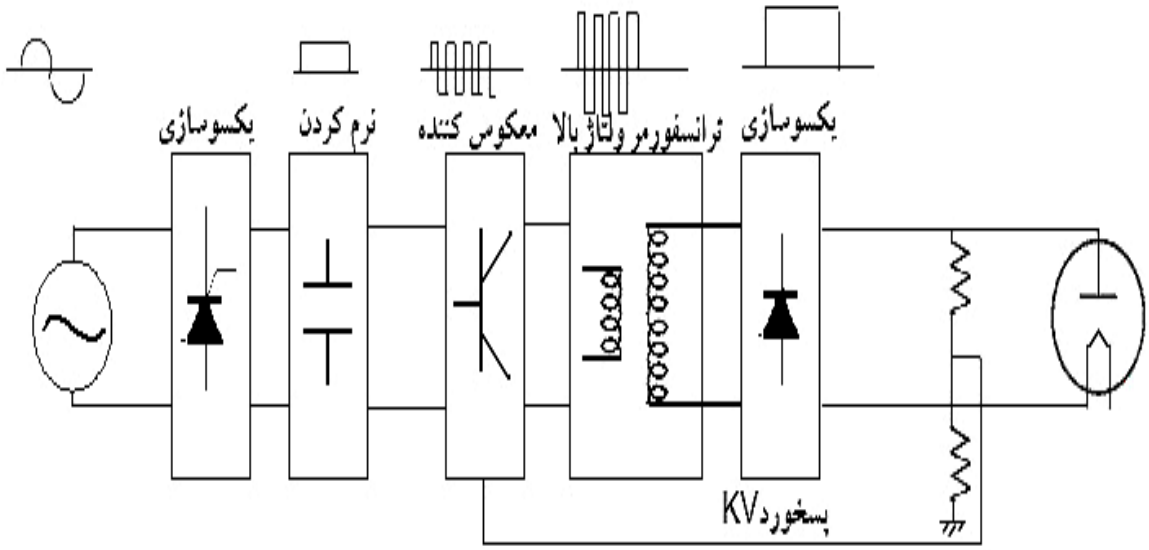
- مدار اولیه: فشار ضعیف است و دارای ولتاژ حدود 240 تا 415 ولت می باشد.

اجزای مدار اولیه**:** فیوزها، کلید اصلی، قطع کننده های مدار، اتوترانسفورماتور، جبران کننده ولتاژ اصلی، کنترل ***kv***، کلید کنتاکتور اولیه، اندازه گیر***kv*** ، سیم پیچ اولیه ترانسفورماتور فشارقوی، مدار زمان سنج، مدار گرم کننده فیلامنت، مدارات جبران کننده.

- مدار ثانویه: فشار قوی است و ولتاژ بیشتر از 75 ***kvp*** دارد.

اجزای مدار ثانویه:سیم پیچ ثانویه ترانسفورماتور فشار قوی، یکسوکننده های فشارقوی، تیوپ اشعه ایکس، سیم پیچ ثانویه، ترانسفورماتور گرم کننده فیلامنت

طرح شماتیک ژنراتورهای فرکانس بالا



ژنراتور اشعه ایکس، به منظور تولید انرژی 4 وظیفه زیر را به عهده دارد:

- ولتاژ بالا (***kV***) برای لامپ اشعه‌ایکس
- ولتاژ پایین برای فیلامان
- ولتاژ متغییر برای هردو فیلامان و لامپ
- ولتاژ یکسو شده برای لامپ

اتو ترانسفورماتور:

از سیم ضخیمی که به صورت یک سیم پیچ به دور هسته آهنی پیچیده شده تشکیل شده است. تغییرات جریان متناوب در سیم پیچ 100 بار در ثانیه است و میدان مغناطیسی نیز به صورت انبساط و تراکم 100 بار در ثانیه تغییر می کند. در نتیجه ولتاژی به حلقه سیم پیچ و هسته آهنی القا می شود. با لایه لایه کردن هسته می توان از ایجاد جریان های گردابی جلوگیری کرد. با تراکم میدان، ولتاژی به هر حلقه سیم پیچ و در جهت عکس القا می شود.

جبران کننده ولتاژ:با ثابت نگه داشتن ولتاژ القایی به هر حلقه سیم پیچ اتوترانسفورماتور اثر تغییرات ولتاژ ورودی را جبران می کند. این عمل با تغییر تعداد حلقه هایی که به آنها ولتاژ اصلی القا شده، صورت می پذیرد. در جبران سازی اتوماتیک تغییرات ولتاژ باعث گردش چرخ دنده ای توسط یک میله محوری می شود تا حلقه های بیشتر یا کمتری از سیم پیچ به منبع برق وصل شود.

ترانسفورماتور فشار قوی:

ازیک سیم پیچ اولیه و یک سیم پیچ ثانویه تشکیل شده است و وظیفه آن تأمین ولتاژهای بالاتا ***(kvp*** 150)برای تولید اشعه ایکس در تیوپ است. در اینجا میدان مغناطیسی از برقراری جریان در سیم پیچ اولیه به وجودآمده و توسط هسته فلزی متمرکز می شود.

ترانسفورماتور کاهنده فیلامنت :

شامل دو سیم پیچ اولیه و دو سیم پیچ ثانویه که یکی برای فوکوس بزرگ و یکی برای فوکوس کوچک می باشد. ولتاژ تغذیه کننده فیلامنت را می توان به هر دو سیم پیچ اولیه اعمال کرد. تنظیم سوئیچینگ مدار به نحوی است که در یک زمان فقط می توان به یک سیم پیچ اولیه انرژی داد.

کابل های ولتاژ بالا:

وظیفه این کابل ها رساندن ولتاژ بالای ایجاد شده در ترانسفورماتور به دو سر تیوب است. هر تیوب به یک جفت کابل نیاز دارد. کابلی که به آند تیوب وصل می شود فقط به یک رشته سیم برای انتقال ولتاژ بالا نیاز داردما کابل متصل شده به کاتد باید علاوه بر رشته سیم حامل ولتاژ بالا، دو رشته سیم برای تغذیه دو فیلمان فوکوس بزرگ و کوچک داشته باشد.

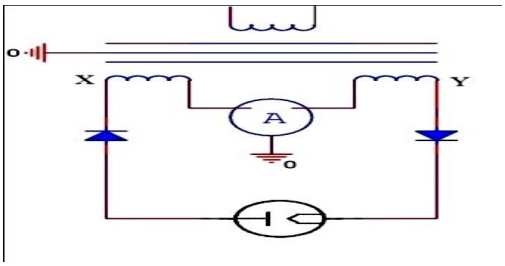
مدارات فشار قوی تشخیصی:

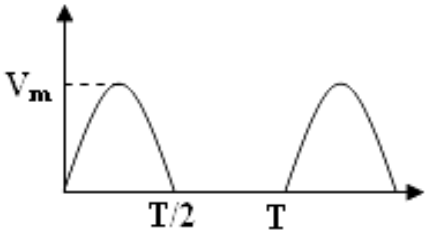
- مدار خود یکسوکننده (یک پالسی):

یکی از اجزاء مدار ثانویه است. چنین مداری اغلب با تیوب اشعه ایکس با آند ثابت استفاده می شود که این تیوپ به عنوان یکسوکننده نیز عمل می کند(خودیکسوکننده)

یک سو سازی:

ولتاژ خروجی ترانسفورماتور ولتاژ بالا دارای یک سیکل مثبت و یک سیکل منفی است است و باید یکسو شود. این کار بوسیله یکسوکننده های دیودی ولتاژ بالا که درون مجموعه ژنراتور تعبیه شده صورت می گیرد .





یکی از مهمترین مدارات الکترونیکی مدارات یکسوساز هستند که جریان متناوب ***(AC)***را به جریان مستقیم ***(DC)*** که تقریبا تمامی دستگاه های الکترونیکی به این مدارات نیاز دارند.

یکسوساز ها به سه نوع تقسیم می شوند:

- **یکسوساز نیم موج** : که از یک دیود که در یک سمت منبع متناوب قرار دارد و سر دیگر منبع به عنوان زمین انتخاب شده و خروجی ان به صورت یک سیکل در میان است که یا می تواند سیکل های منفی را جدا کند یا سیکل های مثبت

- **یکسوساز تمام موج:** که از دو دیود که در دو خروجی هر دو در یک سو قرار دارند استفاده برای ترانس های با سر وسط این یکسو ساز یا می تواند سیکل های منفی را جدا کند یا سیکل های مثبت (بسته به جهت دیود ها)

- **یکسوساز تمام موج پل :** این یکسو کننده از چهار دیود تشکیل شده که دو دیود برای یکسو سازی منفی و دو دیود دیگر برای مثبت این نوع یکسو ساز کاملترین یکسو کننده محسوب می شود و در بیشتر مدارات کاربرد دارد

یکسوکننده تمام موج(دو پالس):با استفاده مناسب از یکسوکننده ها در مدار ثانویه، جریان طی نیم سیکل در همان جهت نیم سیکل مثبت، از تیوپ اشعه ایکس می گذرد. بدین خاطر می توان گفت همیشه هدف تیوپ اشعه ایکس مثبت و فیلامنت همیشه منفی خواهد بود. در هر لحظه فقط دو یکسوکننده در مدار قرار می گیرد و در هر نیم سیکل جریان نقطه دریک جهت از تیوپ اشعه ایکس عبور می کند.

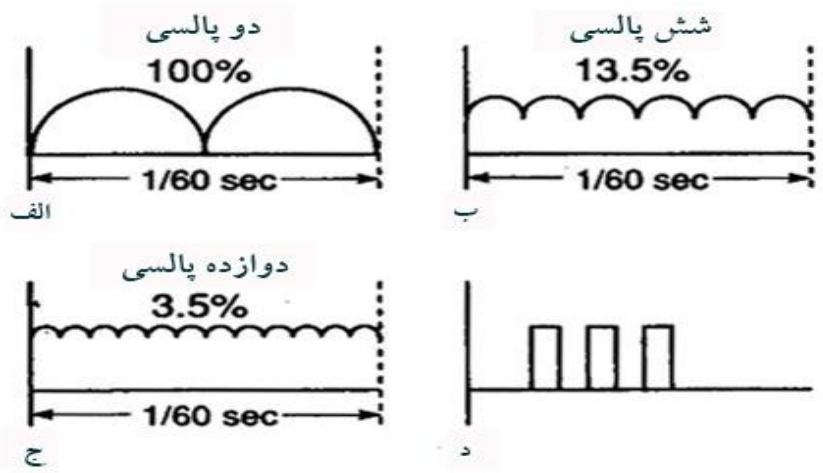
مدار سه فاز شش پالس (با شش یکسوکننده):ژنراتورهای تک فاز به سیم فاز خنثی کننده یا دو سیم فاز برق شهر وصل می شوند ولی ژنراتور سه فاز به سه سیم فاز وصل می شود. مدار اولیه شامل سه اتوترانسفورماتور، سه سر متصل کننده (کنتاکتور) اولیه، سه سیم پیچ اولیه ترانسفورماتور فشار قوی و... می باشد.

طرز کار مدار به صورت زیر است :
جریان فقط در یک جهت از تیوپ اشعه ایکس عبور می کند. جریان از یک یکسوکننده عبورکرده و از یک یکسوکننده دیگر باز می گردد و همیشه جهت جریان در تیوپ از فیلامنت به آند است. از تیوپ اشعه ایکس مجهز

به کنترل گرید هم به عنوان مولد اشعه ایکس و هم به عنوان سوئیچ ثانویه مدار استفاده می شود که این نوع تیوپ تکرار اکسپوژرهای سریع را که برای سینه فلورگرافی ضروری است تأمین می کند.

شکل موجهای حاصل از خروجی یکسوکننده‌های تمام موج

الف : دو پالس ب : شش پالس ج : دوازده پالس د. فرکانس بالا



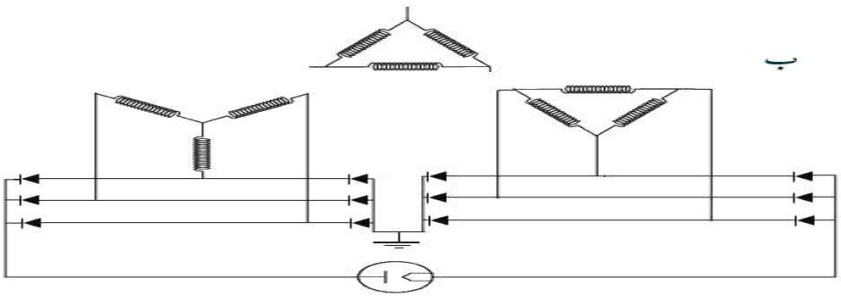
مزایای مدار سه فاز نسبت به مدار تک فاز در زمان اکسپوژر معین:

- اشعه ایکس بیشتر
- اشعه ایکس با متوسط طول موج کوتاه تر

مزایای رادیوگرافیکِ ژنراتورهای اشعه ایکس سه فاز نسبت به تک فاز:

- تولید پرتو نرم کمتر و کاهش دز پوست بیمار
- تولید اشعه ایکس بیشتردر ***mA*** و ***kvp*** مشابه
- کاهش زمان اکسپوژر
- بدست آمدن ظرفیت تیوب ***(tube rating)*** در زمان اکسپوژر کوتاه
- ا فزایش عمر تیوپ اشعه ایکس به دلیل تحمل حرارتی آن

مدار 12 پا لس (با 12 یکسوکننده):با وجود آنکه ولتاژ موجی شکل حاصل از مدار سه فاز در مقایسه با تک فاز نوسان کمتری دارد، در مدار 12 پا لس نوسان کمتر است و ولتاژ همواره مقدار ثابتی دارد.



سه فاز یکسو شده تمام موج دوازده پالسی

مدار گرم کننده فیلامنت تیوب اشعه ایکس:ولتاژ این مدار با انتخاب تعداد مناسب حلقه های اتوترانسفورماتور به دست می آید ، نوسان های طولانی مدت توسط جبران کننده، جبران می شود.

مدارات کنترلی دستگاه:

سه پارامتر اصلی که در دستگاه های عکسبرداری اشعه ***X*** باید قابل انتخاب،اندازه گیری و کنترل باشند عبارتند از: ولتاژ تیوب(***KV***)، جریان تیوب (***MA***)و زمان تابش یا اکسپوز(***S***). این سه پارامتر روی کیفیت تصویر اثر مستقیم دارند**.**

میز فرمان اپراتور:بخشی از سیستم رادیولوژی است که در اتاق کنترل قرار گرفته و با اپراتور در ارتباط می باشد و ابزار کنترلی و نمایشی و انتخاب هایی را در اختیار اپراتور قرار می دهد ، پارامترهای کنترل عبارتند از:

کنترل *kv* :

با اعمال ولتاژ مناسب به سیم پیچ اولیه، از سیم پیچ ثانویه ترانسفورماتور فشار قوی، می توان هر ***kv*** دلخواهی را به دست آورد. این کار برای انتخاب ولتاژ مناسبِ حرکت کنترل چرخان که تعداد مناسبی از حلقه های اتوترانسفورماتور را درسیم پیچ اولیه انتخاب می کند، لازم است. مقدار ***kv*** مورد نظر بوسیله عقربه روی صفحه مدرج ***(scale)*** یا صفحه دیجیتالی نشان داده می شود**.**کنترل ***kv*** توسط یک ولتمترکه بین ترمینالهای خروجی اتوترانسفورماتورقرارداده شده است انجام می شود.

کنترل میلی آمپر:

از تعدادی مقاومت تشکیل شده که به دلخواه می توان به هر کدام ولتاژ فیلامنت تیوپ را اعمال و ***mA*** مورد نظر را تولید کرد**.** جریان لامپ اشعه ایکس توسط یک میلی آمپرسنج که در مدارنصب می شود مشخص می شود.

کنترل زمان تابش:(زما ن سنج یا تایمر)

کنترل زمان تابش توسط کلید زمان (s)که درروی کنسول اپراتور دستگاه اشعه ایکس قراردارد انجام می شود. مدارتایمرازمدارهای اصلی دستگاه اشعه ایکس جدا می باشد. کلید کنترل زمان تابش باتوجه به نوع تایمر، شامل وسایل مکانیکی یا الکتریکی می باشد که عمل آنها قطع و وصل ولتاژ دوسر تیوب اشعه ایکس است.

زمان سنج ها(تایمرها)انواع مختلفی دارند که :

- **تایمرهای مکانیکی:** تایمرهای مکانیکی اسباب های ساده ای هستند که فقط دردستگاههای پرتابل و پری اپیکال مورد استفاده قرارمیگیرند.تایمرهای مکانیکی بوسیله ساعت کارمی کنند . باچرخاندن کلید تایمر، فنرآن جمع شده و زمان اکسپوژرموردنظررامی توان تنظیم کرد وقتی دکمه اکسپوژرفشارداده می شود فنرآزاد شده وبازمی شود ، زمان لازم برای بازشدن فنرمتناسب با زمان اکسپوژر می باشد.تایمرهای مکانیکی ارزان هستند ولی دقیق نیستند.ازاین گونه تایمرها دراکسپوژرهایی که زمان آنها تقریبا بیشتر از 250 میلی ثانیه است استفاده می شود.
- **تایمرهای الکترونیکی** :اینگونه تایمرها پیچیده ترین ، مشکل ترین و دقیقترین تایمرهای دستگاهای رادیولوژی می باشند.تایمرهای الکترونیکی دارای مدارنسبتا پیچیده ای هستند که براساس زمان لازم برای شارژکردن خازن ازطریق یک مقاومت متغیر کارمی کنند.اینگونه تایمرها اجازه می دهند بتوان دامنه وسیعی از فواصل زمانی را انتخاب کرد ودقت آن کمتر از یک میلی ثانیه است .اغلب دستگاههای رادیولوژی امروزه مجهز به تایمرهای الکترونیکی هستند.
- **فتوتایمرها:**برخلاف تایمرهای قبلی فتوتایمرهانیاز به دخالت اوپراتور ندارد. فتوتایمر وسیله ای است که مقدار پرتو رسیده به فیلم را اندازه گیری می کند و هنگامی که مقدار کافی پرتو برای تهیه دانسیته لازم به فیلم رسید به طور خودکار اکسپوزر راقطع می کند.

تختهای رادیوگرافی:

تختهای رادیوگرافی درطرح های مختلف ساخته می شوند که می توانند بدون بوکی یا با بوکی باشند . تمام تختهای با بوکی رادیولوژی در زیر سطح رویی یک قسمت برای تعبیه شدن بوکی دارند . هر بوکی شامل یک محل برای قرارگرفتن کاست و یک محل درروی کاست برای قرار گرفتن گرید هستند . هر بوکی شامل گرید و سینی کاست است . این بوکی می تواند به بالا و پائین تخت حرکت نماید **.** طرح دیگری که در تختهای رادیوگرافی وجود دارد ، تختهایی با رویه شناور است. بعضی از تختها می توانند از وضعیت افقی تغییر حالت داده بیمار به وضعیت ایستاده قرار می گیرد و یا سر بیمار پائین تر قرار بگیرد تا تکنیک خاصی (ترندلنبورگ) اجرا شود . چنین تختهایی در اطاق فلورسکوپی نیز به کار می روند**.**

بعضی از تختها ، تحت نام تختهای بالا و پائین نامیده می شوند که ضمن بالا یا پائین رفتن به بیمار کمک می کنند که بیمار روی تخت قرار گرفته و به بالا و پائین حرکت داده شود. تختهای شناور می توانند چهارپایه باشند ویا اینکه ستون یک پایه داشته باشند . سطح روی تخت ، مهمترین قسمت تخت است ، به علت اینکه کاست در زیر آن قرار می گیرد . تخت باید از جنس رادیولوسنت و نازک بوده تا اشعه براحتی از آن عبور کند ، همچنین باید سخت و مقاوم باشد و بعد از گذشت زمان بر اثر فشار وزن بیمار ، فرورفتگی در سطح آن پیش نیاید . سطح تخت باید صاف بوده تا مایعات بدن و یا مایع کنتراست در قسمتی از آن تجمع نیابد . هم چنین می تواند در حرکت ، قابلیت های مختلفی از خود نشان دهد . ضخامت تخت در تمام مساحت آن باید یکنواخت و هموژن باشد . تختهایی با رویه ثابت نمی توانند به همه طرف حرکت کنند و برای سا نتر کردن مناسب اشعه در روی منطقه تشریحی مورد نظر ، بیمار باید در طول تخت به بالا و پائین حرکت کند . بعضی از تختهای شناور در طول تخت به بالا و پائین حرکت می کنند و بعضی به طور عرضی قابلیت حرکت دارند . تختهایی با رویه شناور می توانند در تمام جهات حرکت کنند و چرخش 360° داشته باشند و در نتیجه برای وضعیت دادن به بیمار ، راحت تر هستند و نیازی به حرکت بیمار برای سانتر کردن اشعه نمی باشد .
در ضمن حا شیه رویه تخت از جنس ***AL*** می باشد تا اشعه را جذب نکند . این حاشیه باید ریلی باشد تا برای نصب پایه سوم و کمپرس مشکلی پیش نیاید . تختهای بوکی شناور بعلت توانایی حرکت باید ترمز داشته باشند

تخت رادیولوژی دو دسته هستند:

1- **تخت ساده با رویه شناور** :در واقع یک میز ساده است رویه آن قابل حرکت است در حالت عادی رویه تخت توسط قفلهای الکترومکانیکی ثابت است با فشار دادن یک کلید قفلها رها شده و اپراتور می تواند رویه تخت را در جهات مختلف حرکت دهد وبا رها کردن کلید قفلها دوباره فعال می شوند و رویه تخت در حالت مورد نظر ثابت می شود و مجهز به بوکی نیز می باشند.

2- **تخت:*R/F*:** هم امکان انجام رادیوگرافی و هم فلوروسکوپی را فراهم میکند .عمل فلوروسکوپی توسط تیوپی که در زیر تخت است انجام می شود. هم محور باتیوب سریوگراف در روی تخت قرار دارد . برای رادیوگرافی تیوب دیگری که بر روی ستون نگهدارنده است از بالا تخت را پوشش می دهد. در برخی از انواع آنها رادیوگرافی و فلوروسکوپی توسط یک تیوب انجام پذیر است.

تخت های کنترل از راه دور:

تختهایی طراحی ساخته شده اند می تواند کلیه امور مربوط به انجام فلوروسکوپی واسپات فیلم را از اتاق کنترل انجام می دهند حرکات مورد نیاز رادیولوژیست توسط میز فرمان مخصوص معمولا در اتاق کنترل کنار میز فرمان است قابل اجرای می باشد.

فیلم رادیو گرافی:

تصویر اشعه x در واقع تصویر سایه های مختلف بدن است که روی فیلم می افتد و به آن اسیلوگراف نیز می گویند. تصاویر اشعه x روی فیلم های رادیوگرافی که فیلم های ویژه ای هستند گرفته می شود.

اگر فیلم به تنهایی در مسیر اشعه قرار داده شود، تصویری که روی آن ایجاد می شود، بسیار کمرنگ است و برای بهتر شدن آن باید به مقدار زیادی اشعه اولیه را افزایش داد که این برای بیمار مضر است به همین دلیل در سیستم های متداول فیلم را بین دو صفحه تشدید کننده قرار می دهند. این صفحات تشدیدکننده با مواد فلورسانس پوشیده شده اند به صورتی که پرتوهای x ای که به آنها برخورد می کنند را به نور مرئی تبدیل می نمایند. هر دو طرف فیلم نیز با امولسیون حساس به نور پوشانده شده است .

صفحه ها را در یک کاست که دارای پوشش نمدی به هم فشرده ای است قرار می دهند تا فیلم و صفحه ها را کنار هم نگه دارد. البته قرار دادن این صفحات تشدید کننده هم به نحوی باعث مات شدن تصویر می شود. برای کاهش این اثر معمولاً ضخامت این صفحات تشدید کننده را تا حد امکان کم می کنند.

نگهداری و انبار کردن فیلمها:

طرز صحیح نگهدار و انبار کردن فیلمهای رادیولوژی بسیار مهم است . تهیه فیلمهای رادیوگرافی هزینه زیادی را در بر می گیرد و گران است و در نتیجه بودجه زیادی برای این کار در نظر گرفته می شود که نباید هدر رود . چون فیلم یک دتکتور است هر گونه عاملی مثل نور ، اشعه و غیره روی آن تاثیر گذاشته و باعث ایجاد مه آلودگی ، آرتی فکت و در نتیجه اشکال در تصویر و تفسیر آن می شود.

مواردی که بایستی مورد انبار کردن و نگهداری فیلم ها در نظر گرفت عبارتند از:

1- تاریخ مصرف : تمام فیلمهای رادیوگرافی دارای تاریخ مصرف روی جعبه خود هستند که بایستی به آن توجه کرد . زیرا مواد حساس به نور ، فوتونهای گرمایی ***(IR)*** و اشعه زمینه را جذب می کنند ، که این باعث ایجاد ***fog*** و کاهش کنتراست فیلم می شود .پس بایستی قبل از رسیدن به تاریخ مصرف فیلم ها آنها را استفاده کرد .

2- گرما : فیلمها بایستی در دمای کمتر از $20^{\circ}C$ و یا $68^{\circ}F$ نگهداری می شوند . هر چه دمای نگهداری فیلمها کمتر باشد ، مدت بیشتری و با میزان مه آلودگی کمتری می توان فیلمها را نگهداری کرد و مورد استفاده قرار داد . حتی ایده آل است که فیلم ها را فریز کرد و به دمای حدود صفر درجه سانتیگراد رساند . ولی قبل از استفاده بایستی دمای آنها را به دمای اطاق رساند . چون در غیر اینصورت رطوبت هوا به صورت قطراتی روی سطح سرد فیلم می نشیند و باعث ایجاد آرتی فکت " قطره آب " یا ***water spot*** می شود.

3- رطوبت نسبی : رطوبت نسبی هوا برای نگهداری فیلم بایستی بین 40 تا 60 درصد باشد . رطوبت کمتر باعث ایجاد آرتی فکت تخلیه بار یا جرقه می شود و رطوبت بیشتر باعث میعان بخار آب و ایجاد قطرات آب روی فیلم می شود .

4- نور : تمامی مواد حساس به نور از جمله فیلم رادیوگرافی بایستی نسبت به نور حفظ شوند . فیلمها بایستی در تاریکی مطلق نگهداری شوند . به همین دلیل کارخانه های سازنده فیلم ، فیلمها را درون بسته های ضد نور و ضد

رطوبت بسته بندی می کنند . بازکردن جعبه فیلمها بایستی در تاریکی تاریکخانه انجام شود و فقط از نور ***safe light*** برای دیدن در تاریکخانه استفاده شود .

5- اشعه: مهمترین خاصیت فیلمها ، حساس بودن به اشعه است . پس بایستی نسبت به اشعه از آن محافظت کرد که با پوشش های سربی و محافظ می توان اینکار را کرد. به عنوان مثال اگر اتاق انبار فیلمها کنار اتاق رادیوگرافی است ، دیوارهایش سرب کوبی و حفاظت شده باشند .

6-حمل و نقل و انبار کردن : یکی از مواردی است که بایستی به آن دقت کرد . جعبه ای فیلم را نبایستی با ضربه جابجا کرد و زمین گذاشت .فیلمها بایستی بصورت عموی انبار شوند و نه بصورت افقی و خوابیده زیرا در این صورت فشار به فیلمها نمی آید . فیلمهای بزرگتر در طبقات پائینتر قرار گیرند تا خطر افتادنشان کمتر باشد .

7- گردش در انبار : نحوه انبار کردن و استفاده از فیلمها و یا گردش انبار بایستی به صورتی باشد که فیلمهای قدیمی تر ، زودتر استفاده شوند

8- **دودها و گازهای مضر :** دودها و گازهای مضر اگر با فیلم تماس پیدا کنند ، فیلمها را دچار مه آلودگی می کنند سپس فیلمها بایستی به دور از مواد شیمیایی قوی مثل : فرمالدهید ، سولفید هیدروژن ، آمونیاک و بخارهای ناشی از رنگها ، حلالها و پاک کننده ها قرار گیرند.

در پایان بایستی موارد زیر را رعایت کرد تا کلیشه های سالم و خوب و قابل تفسیر داشته باشیم:

1- فیلمها را نبایستی خم و تا کرد.
2- نبایستی به فیلمها و جعبه حاوی فیلم ضربه وارد کرد .
3- با دست چرب یا مرطوب نبایستی فیلم را برداشت و لمس کرد.
4- بایستی مراقب اثر ناخن و انگشت روی فیلمها بود، چون فیلمها به فشار حساسند.
5- بایستی از آلودگی های کاست ، صفحات تقویت کننده و حتی دستها جلوگیری کرد تا روی فیلمها ایجاد آرتی فکت نکنند.

کاست رادیولوژی:

سیستم های رادیوگرافی سنتی (رادیوگرافی به کمک فیلم) جهت جابجایی و قرار دادن فیلم در محل مناسب (در داخل بوکی) از کاست های رادیولوژی –***x ray film cassette*** - استفاده می شود.

این کاست ها در انواع و سایز های مختلف متناسب با سایز فیلم رادیوگرافی طراحی می شوند.

کاست رادیولوژی از یک فریم فولادی (فولاد ضد زنگ) و یا آلومینیوم ساخته می شود که بسته به نوع و کاربرد رویه آن از جنس آلومینیوم یا فیبر کربنی و ... خواهد بود .در این میان کاست با رویه فیبر کربنی کمترین میزان جذب اشعه را داشته و در نتیجه شدت پرتو منتشر شده از تیوب را می توان بدون کاهش کیفیت و میزان تاثیر اشعه بر روی فیلم کاهش داد .

وظایف کاست رادیولوژی :

- جلوگیری از تماس فیلم با نور و ایجاد ***fog*** بر روی آن
- جلوگیری از ورود گرد و غبار به داخل کاست و صفحات تشدید کننده
- حفظ صفحات تشدید کننده و افزایش عمر مفید آنها
- ایجاد محیطی مناسب جهت تماس صفحات تشدید کننده و فیلم رادیولوژی

مراقبت از کاست ها : *Care of X-ray Cassette*

در صورتی که از کاستها به خوبی مراقبت شود می توان از آنها تا مدت زیادی استفاده کرد. بی توجهی در انتقال و جابجایی کاست دیر یا زود می تواند منجر به آسیب رسیدن به کاست وایجاد مشکلات دیگر از قبیل تماس ضعیف فیلم و صفحه و یا نشت نور شود. برای جلوگیری از این آسیب ها بهتر است که به موارد زیر توجه شود**:**

1- در هنگام استفاده کاست ها را به آرامی انتقال دهید**.**

2- تعداد کاستهایی را که در یک لحظه انتقال می دهید باید به حدی باشند که بتوان به راحتی آنها را بین بازو و بدن نگه داشت و انگشتان بتوانند زیر آنها را نگه دارند**.**

3-اگر کاستها را بر روی لبه های آنها نگهداری می کنید بهتر است که اطمینان پیدا کنید که کاستها کاملاً عمودی قرار گرفته اند. زیرا اگر کاستها به صورت مایل باشند و به کاستهای دیگر تکیه داده شده باشد امکان آسیب دیدگی وجود دارد ،زیرا وزن کاستهای دیگر هم بر روی آن فشار می آورد**.**

4- در مواردی که کاست می بایست به طور مستقیم زیر بدن مریض گذاشته شود(بدون استفاده از بوکی)، می بایست از تونل کاست ***(cassette tunnel)*** استفاده شود تا بدین وسیله از فشار بدن مریض به کاست جلوگیری شود**.**

5- باید از تماس کاست با مایعات جلوگیری شود

6-کاست ها باید حداقل هفته ای یکبار تمیز شوند.از ان جاییکه صفحات تقویت کننده به دلیل دارا بودن لایه ای ژلاتینی حساس به هرمایعی می باشندفقط باید با پارچه مرطوب وصابون بدون عطرپاک گردد. باید به کاست فرصت دهیم تا کاملا خشک گرددوسپس اقدام به پرکردن فیلم نماییم.

به منظورداشتن کاستهای سالم و یادگیری روشهای نگهداری کاست می بایست ازموارد زیر پیروی کرد:

- تاریخ شروع استفاده از کاست در بخش رادیولوژی، ثبت شود**.**

- برای شناسایی بهتر کاست باید یک شماره یا کلمه را برروی یکی از صفحات تشدید کننده و قسمت خارجی کاست نوشت، در این حالت به راحتی می توان از روی تصویر یا تصویرهای تهیه شده به کاست مورد نظر دسترسی پیدا کرد.
- بهتر است تاریخ و نوع هر گونه مواظبت از کاستها را از قبیل: بررسی کاستها، تمیز کردن کاستها و آزمون نشت نور و غیره را روی بدنه آن ثبت کرد.
- کاست و صفحات تشدید کننده را باید به طور منظم مورد بررسی قرار داد تا در صورتی که هر گونه آسیب دیدگی یا سرویس نیاز باشد به سرعت رسیدگی شود.

بررسی نفوذ نور به داخل کاست:

کاست رادرون اتاق کاملا تاریک قرار داده وبالای کاست یک پروژکتور قوی روشن می کنیم.بعداز گذشت یک ساعت فیلم را ظاهر می کنیم اگر نوری به درون کاست نفوذ کرده باشد مشخص می شود.

بررسی تماس کامل فیلم و صفحات تشدید کننده:

یک سری صفحات توری فلزی استاندارد وجود دارد که آن هارا داخل کاست قرارمی دهیم و باشرایط معمولی اکسپوز می کنیم. اگر نقصی در تماس باشدبعد ازظهورفیلم این موضوع به خوبی نمایان می شود.

دستگاه ظهور و ثبوت (پروسسور رادیولوژی):

فیلم بعد از وارد شدن به دستگاه ابتدا وارد داروی ظهور قلیایی شده و سپس به مخزن محلول ثبوت اسیدی رفته و پس از شتشو وارد غلطک خشک کن می شود.

در آماده سازی داروی ظهور و ثبوت سه نکته بسیار مهم است: دمای آب،ترتیب مخلوط کردن داروها،حجمی که باید به دست آید.اگر ترتیب افزودن ظروف حاوی محلول ها رعایت نگردد، کیفیت دارو پایین می آید.حجم داروی آماده شده در نهایت 20لیتر باید باشدواز آب ولرم در تهیه دارو استفاده گردد.

داروی ثبوت آماده شده رامی توان مدت ها نگهداری کرد،اما داروی ظهور را به مدت طولانی با همان کیفیت آماده شده ی اولیه نمی توان نگه داشت.

درست در محل ورود فیلم به دستگاه پروسسور یک فنر یا یک میکرو سوییچ قراردارد‌که ورود فیلم واندازه ی آن را شناسایی می کند.هر گاه پروسسور فیلم را به درون خود نکشد،بروز مشکل در میکروسوییچ علت آن است.

در درون مخزن ظهور سیستم گردش محلول وجود دارد.این سیستم سبب می گرددتا محلول ظهور به طور مداوم در گردش باشد وتمام قسمت های فیلم به خوبی ظاهر گردند.در پروسسور مخزن ظهورسیستم گرم کننده دارد ،اما درمخزن ثبوت نیازی به این سیستم نیست. دمای داروی ظهور بسیار مهم است.(معمولا بین 35-33)اگر درجه حرارت ظهور پایین باشد ترموستات روشن می شود و وقتی دارو گرم شد،دوباره ترموستات خاموش می گردد.

سیستم تقویت ظهور به ازای هر فیلمی که از ظهور می گذرد و مقداری داروی ظهور را با خود خارج می کند، دوباره داروی کسر شده را جایگزین می کند.

در پایان کارروزانه با دستگاه پروسسور و زمان خاموش کردن دستگاه باید چند نکته را مد نظر داشت:کنترل اینکه فیلمی درون دستگاه نمانده باشد،خاموش کردن دستگاه،قطع کردن آب دستگاه،باز کردن در دستگاه به جهت خروج بخارات . در هنگام ریختن دارو به درون پروسسور همیشه اول داروی ثبوت را در مخزن بریزید وسپس داروی ظهور و آب ریخته شود.

دفعات شستشوی دستگاه ظهور و ثبوت بستگی به بار کاری هربخش دارد.

انجام کنترل کیفی تاریکخانه (روزانه–هفتگی)

1- ارزیابی چراغ ***safe light***تاریکخانه (روزانه)
2-ا رزیابی عدم نشت نوربه داخل تاریکخانه
3-اطمینان از عدم نشت نور به داخل میزنگهداری فیلم
4- تعویض روزانه آب
5- شستشوی کلیه غلطکها وتانکهای داروی ظهوروثبوت وآب به صورت هفتگی
6-چک نمودن سطح داروی داخل تانکها به صورت روزانه
7- بررسی وضعیت چهارچوب دستگاه
8- بررسی سینی جلوی دستگاه(به لحاظ نشت نوربعدازبسته شدن رویه سینی)
9- بررسی وچک کردن کلیه غلطکها و ***rack***ها و سالم بودن چرخدنده ها
10- بررسی وضعیت سطح داروی های داخل ظروف تقویت دارو
11- بررسی مسیرسیرکوله دارو،سرریزآب واطمینان ازبازبودن تمامی مسیرها
12- سالم بودن پمپهای مکش دارو
13-سالم بودن تروموستات وچک نمودن دمای دارو
14-بررسی دمای خشک کن
15-درصورت عدم استفاده ازپروسسوربیش از 4روزمی بایست داروها تخلیه وسرویس هفتگی انجام شود.
16-درصورتی که ازپروسسوربین 1تا 3روزاستفاده نشود باید حداقل 6 ساعت یک باردستگاه به مدت 10دقیقه روشن وازآن فیلم عبورداده شود.
17- کنترل نهایی درخصوص عدم ***fog*** بودن فیلمها

عوامل خرابی لامپ اشعه ایکس:

چندین عامل درخرابی لامپ اشعه ایکس دخالت دارند که تمام آنها مربوط به خصوصیات حرارتی لامپ اشعه ایکس می باشد.اگردرحین اکسپوژر دمای سطح آند خیلی بالا باشد ، سطح کانونی ذوب شده وباعث خرابی وناصافی آند می شود که این اشکال باعث متغیر شدن وکاهش اشعه خروجی می شود.

اگرسطح آند بشدت ذوب شود، تنگستن بخارشده و سطح داخلی محفظه شیشه ای را مفروش می کند ، این لایه تنگستن می تواند دسته اشعه ایکس را فیلتره کند .اگر دمای آند بشدت بالا برود، ممکن است آند ترک خورده وهنگام چرخش ناپایدارگردیده و باعث ازکارافتادگی لامپ اشعه ایکس گردد.

علت دوم ازکارافتادگی وخرابی لامپ اشعه ایکس بعلت نگه داشتن آند در دماهای بالا در زمانهای بلند می باشد(اکسپوژرهای 1-3 ثانیه) بالا رفتن دمای آند وگرمای زیا د وانتقال این گرما به مجموعه روتور باعث خرابی سیستم روتورمی شود.افزایش گرما باعث خرابی بلبرینگها شده وباعث بهم خوردن بالانس مجموعه روتور- آند می شود.

خراب بودن بلبرینگ یکی دیگر از عوامل خرابی لامپ اشعه ایکس است.

آخرین عامل خرابی لامپ اشعه ایکس فیلامان می باشد. بعلت گرمای زیاد فیلامان ،اتمهای تنگستن آن حتی دراستفاده معمولی نیزبه آهستگی بخارشده و سطح داخلی لامپ رامی پوشاند.این تنگستن، همراه باتنگستن تبخیرشده از آند تعادل الکتریکی لامپ اشعه ایکس رابهم می زنند وباعث تغیرات متناوب ناگهانی درجریان لامپ می شود که معمولاً منجربه ایجاد قوس الکتریکی شده وتیوب رااز کارمی اندازند. احتمالا" این معمولترین عامل خرابی لامپ اشعه ایکس است.

بااعمال کردن ***MA*** بالا و زمان طولانی اکسپوژرباعث افزایش گرمای فیلامان شده وتنگستن بیشتری تبخیرمی شود ، رشته فیلامان نازکتر می شود وبشدت آسیب می بیند که نتیجه آن قطع شدن فیلامان و خرابی لامپ اشعه ایکس می باشد.

لذا باتوجه به توضیحات ذکرشده جهت استفاده صحیح ومراقبت از لامپ اشعه ایکس ومحافظت از آن برخی توصیه ها ونکات زیر یادآوری می گردد:

محافظت از لامپ اشعه‌ایکس

محافظت در مقابل آسیبهای حرارتی:

- نگهداشتن تولید گرما در حداقل مقدار ممکن
- کار کردن در حدود منحنی مشخصه لامپ (مطابق با منحنی حرارتی)
- اطمینان از اینکه تابش اضافی، در اکسپوژرهای پشت سر هم، انجام پذیر است.
- رعایت فاصله زمانی بین دو تابش متوالی

- کار نکردن در ولتاژهای بسیار پایین
- قرار ندادن تیوب در حالت "آماده" برای مدت زیاد ***Exposure Ready***
- آماده سازی اولیه لامپ (گرم کردن تیوب)

محافظت در مقابل آسیبهای الکتریکی:

- بـــازبـیـنـــی وضـعـیـت کابل های فشار قوی و اطمینان از سلامت آنها
- شستشوی کامل سر کابل ها با الکل
- تمیزکاری دقیق و اطمینان از سلامت پینها و عایق سر کابل
- برای جلوگیری از ایجاد جرقه هنگام جازدن سر کابل های ولتاژ بالا، هم در طرف تیوب و هم در طرف ژنراتور، می‌بایست آنها را با ماده عایق خاصی مثل گریس سیلیکون پوشاند تا فضای خالی بین اتصالات را پر کند و سپس آنها را در جای خود محکم نمود.

حفاظت از فیلامان:

- به منظور سرعت بخشیدن (کوتاه کردن زمان) در افزایش دمای فیلامان برای هر تابشی، از یک مدار بوستر استفاده می‌شود تا فیلامان را همواره در دمای پایینی نگاه دارد (جهت جلوگیری از تبخیر زیاد تنگستن).
- با کاربرد متداول لامپ، تبخیر تنگستن موجب می‌شود که لایه نازک تنگستن روی سطح محفظه شیشه‌ای رسوب نماید(آینه ای شدن).

بمنظور جلوگیری از رسوب تنگستن، شدت پرتو باید حتی الامکان پایین باشد و مدت زمانی که فیلامان در دمای بالا نگه داشته می‌شود باید کاهش یابد

حفاظت از آند:

- ذوب شدن آند ممکن است بدلیل اعمال گرمای بیش از حد مجاز روی دهد. اعمال ولتاژ، جریان و زمان همیشه باید در محدوده منحنی های حرارتی و تحمل حرارتی تیوب صورت پذیرد.
- ترک خوردن آند بدلیل اعمال شرایط تولید اشعه بالا در زمان سرد بودن آن ممکن است اتفاق بیفتد. در ابتدای روز و قبل از کار کردن در شرایط تولید اشعه بالا، باید اکسپوژرهای کم توان صورت پذیرد.

- خوردگی وناصافی در سطح آند، بدلیل تابشهای متوالی با فاصله زمانی کم و لذا افزایش بیش از حد دمای آند نیز ممکن است صورت پذیرد. بنابراین فواصل زمانی کافی بین اکسپوژرها باید رعایت گردد.
- لرزش افتادن و یا لنگی روتور و تولید صدا هنگام چرخش و حتی قفل شدن آن بدلیل گرم شدن بیش از حد یاطاقان یا بلبرینگها، دور از انتظار نیست.
- جهت حفاظت از آند:
  - گرم کردن آند قبل از شروع به کار.
  - اطمینان از چرخش آند با تمام سرعت آن، پیش از تابش.
  - خودداری از انجام تابش، هنگامی که آند نمی‌تواند بچرخد.

سیستم های پروسسینگ

پس از تابش اشعه و انجام پرتونگاری،فیلم قابلیت رویت ندارد و درطی فرآیند پروسسینگ به تصویر مرئی و قابل رویت تبدیل میشود.

اجزاء سیستمهای اصلی دستگاه پروسسور اتوماتیک:

1- سیستم انتقال

سیستم غلتک ها

سیستم رک ها(RACK SYSTEM)

سیستم انتقال نیرو وحرکت(DRIVE SYSTEM)

2- سیستم کنترل دما

کنترل دما با کمک جریان آب

کنترل دما با کمک ترموستات

3- سیستم گردش محلولها

4- سیستم تقویت داروها

تقویت حجمی

تقویت حجم زیاد(یا به یکباره)

5- سیستم خشک کن

6- سیستم الکترونیکی

1-سیستم انتقال فیلم:

عمل انتقال فیلم را در مراحل مختلف پروسسینگ انجام میدهد و همچنین کنترل زمان کلی پروسسینگ و زمان ظهور را بر عهده دارد.این سیستم نقش کوچکی نیز در به هم زدن داروها ایفا میکند.این قسمت بزرگترین و پیچیده ترین قسمت دستگاه پروسسور به شمار میرود. زیرا این قسمت از اجزاء متحرک بسیاری تشکیل شده است.به همین دلیل بیشترین میزان خرابی و نقص در عملکرد پروسسورهای اتوماتیک در این قسمت اتفاق می افتد.سیستم انتقال از سه قسمت کوچکتر تشکیل شده است:

- غلتک ها:

وظیفه گرفتن و انتقال فیلم را در مراحل مختلف پروسسینگ بر عهده دارند، همچنین با اعمال فشار بر روی فیلم از انتقال بیش از حد دارو از یک تانک به تانک بعدی جلوگیری می کنند. توسط چرخ دنده حرکت میکنند که توسط یک محور اصلی به موتور متصل می شوند.

سه نوع غلتک اصلی:

1-غلتکهای اصلی یا خورشیدی

2-غلتکهای انتقال یا اقماری

3-غلتکهای ورودی

- قاب یا رک:

این قسمت قاب و ساختمانی است که در آن چند غلتک، صفحات راهنما و سخت افزارهای مرتبط با سیستم وجود دارد. چهار نوع قاب یا رک انتقال وجود دارد:

قاب یا رک ورودی:

این قسمت از غلتک های ورودی ، صفحات راهنما و میکروسوئیچ جهت فعال کردن سیستم تقویت دارو(در سیستم هایی با تقویت یکباره) تشکیل شده است.

قاب یا رک های عمقی یا عمودی:

این رک ها از غلتک های انتقالی تشکیل شده است که فیلم را به داخل یا خارج تانک هدایت می کنند. غلتک ها توسط صفحات جانبی و میله های اتصال در سر جای خود قرار می گیرند. صفحات جانبی و میله های اتصال با گذشت زمان می توانند دچار انقباض و انبساط شوند ، که با گذشت زمان رک عمودی، دچار اعوجاج شده و تاب بردارد.

قاب یا رک چرخش و برگردان فیلم:

این نوع رک در ته هر تانک قرار گرفته است و از غلتک های اصلی ، غلتک های انتقال و 2 یا 3 عدد صفحه راهنما تشکیل شده است.

قاب یا رک انتقال به تانک بعدی:

این رک ها فیلم را از داروی ظهور به داروی ثبوت و از داروی ثبوت به تانک شستشو و ازتانک شستشو به قسمت خشک کن انتقال می دهند. رک معمولا" از یک غلتک اصلی ، غلتک های انتقال و دو صفحه راهنما تشکیل شده است.

انتقال نیرو و حرکت:

این قسمت انرژی مکانیکی لازم برای حرکت فیلم را تامین می کند که از اجزای زیر تشکیل شده است:

موتور حرکتی: یک موتور برقی که دارای سرعت 1725 تا 1750 دور در دقیقه میباشد.

زنجیر انتقال نیروی موتور: یک زنجیر شماره 25 میباشد که موتور را به چرخ دنده ها متصل میکند که در اطراف رک ها و قاب های عمقی واقع شده است.

مکانیسم چرخ دنده ی کاهش سرعت: از چرخ دنده های متوالی با اندازه های متفاوت تشکیل شده است که باعث کاهش سرعت تا 10 تا 20 دور در دقیقه میشود.

چرخ دنده ها: انرژی مکانیکی موتور را به غلتک ها منتقل می کنند. که به دوصورت وجود دارند:

چرخ دنده ی حرکتی: که به انتهای غلتک ها وصل می شوند.

چرخ دنده کرم مانند: که به شفت اصلی درایو متصل می شوند تا قدرت موتور را به چرخ دنده حرکتی منتقل کنند.

چرخ دنده ها از فلز یا پلاستیک ساخته می شوند.

شفت اصلی درایو: این شفت به کمک چرخ دنده های کرم مانند سیستم چرخ دنده کاهش سرعت را به چرخ دنده های حرکتی متصل می کنند.

2- سیستم کنترل دما:

تنظیم دمای محلولها را بر عهده دارد. که امروزه از دو نوع سیستم کنترل دما استفاده می شود:

سیتم کنترل دما به کمک آب

سیستم کنترل دما به کمک ترموستات

3-سیستم گردش دارو:

این سیستم را میتوان به عنوان سیتم گردش داروی مجدد و فیلتراسیون نیز در نظر گرفت.در این سیستم از پمپ های مختلفی برای گردش مداوم دارو در هر تانک استفاده می شود.این سیستم سبب می شود مخلوط شدگی و ترکیب شیمیایی داروها به صورت کامل صورت گیرد و همچنین غلظت دارو در همه قسمتها یکنواخت گردد.استفاده از سیستم گردش دارو سبب یکنواخت شدن دمای محلول ها می شود.

از آنجائی که قطعات واجزای سیستم تبادل کننده ی گرمایی ،معمولا" در کف تانک قرار می گیرند، در صورتی که گردش داروها به صورت مداوم و پیوسته انجام نشود، مناطقی در داروها خواهیم داشت که از نظر دمایی غیر یکنواخت خواهند بود. سیستم گردش دارو عملی معادل تکان دادن فیلم در سیستم های دستی است. در زمانی که سیستم پروسسور خاموش است، مواد شیمیایی داخل هر تانک شروع به تجزیه شدن می کنند . در همین هنگام سطح آب داخل تانک شستشو بالا می رود و مواد شیمیایی در کف تانک ها ته نشن می شوند. این شرایط را به اصطلاح لایه بندی و تشکیل رسوب گویند.در مسیر حرکت داروی ظهور یک فیلتر 25 میکرومتری نصب می شود تا ژلاتین و دیگر ناخالصی هایی را که در طی پروسسینگ در داروی ظهور نامحلول مانده اند را حذف نماید.بیشتر سازندگان توصیه می کنند که فیلتر بایستی یا به صورت ماهیانه و با پس از ظهور 5000 فیلم تعویض گردد.در قسمت ثبوت سیستم گردش دارو نیازی به فیلتر نیست.میزان گردش دارو برای تانک ظهور در حدود 5-3 گالن و برای تانک ثبوت 1-3 گالن در هر دقیقه می باشد.

4-سیستم تقویت دارو:

سیستم تولید مجدد نیز گفته می شود که کار تقویت داروهای پروسسور را بر عهده دارد. در واقع سطح داروهای ظهور و ثبوت را حین فعالیت دستگاه کنترل می کند.این سیستم از یک سری پمپ ، لوله های پلاستیکی و تانک های پلاستیکی ذخیره تشکیل شده است. لوله های پلاستیکی ،تانک ذخیره ی دارو را به پروسسور وصل می کنند و باید به صورت دوره ای آنها را بازرسی کرد. زیرا ممکن است این لوله ها دچار پیچ خوردگی و یا تنگی ناشی از فشار شده باشند که این عوامل جلوی عبور جریان تازه ی دارو را می گیرند و در نتیجه سبب تقویت ناکافی دارو می

شوند.در ابتدای قاب و رک ورودی یک میکروسوئیچ قرار دارد که ورود فیلم را حس کرده وسیستم تقویت دارو را فعال می کند و بر اساس ابعاد فیلم، مقدار تقویت دارو را تعیین و کنترل می نماید.

کنترل و نظارت بر عملکرد سیستم تقویت:

در بیشتر پروسسورهای اتوماتیک، وسیله ای وجود دارد که میزان تقویت دارو را نشان می دهد. که بدین ترتیب کنترل و نظارت برعملکرد سیستم تقویت را آسان می کند.در دیگر انواع پروسسورها،از یک نوع کاغذ مخصوص آزمایش برای ارزیابی غلظت معین داروهای ظهور و ثبوت استفاده می شود.

این کاغذ مخصوص در داروی ظهور، میزان یون های برمید حل شده در دارو را اندازه گیری می کند. مقدار برمید در داروی ظهور پایدار باید حدود 6 گرم در لیتر باشد. مقادیر بیشتر از 8 گرم در لیتر نشان دهنده ی تقویت کمتر از حد لزوم است و باعث کم شدن دانسیته نوری و کنتراست در تصویرنهایی می شود. علت این موضوع معمولا" تنگی یا انسداد در لوله های تقویت و یا خرابی پمپ و میکروسوئیچ ویا اشکال در مدار زمان سنج سیستم تقویت می باشد.

5-سیستم خشک کن:

در سیستم خشک کن از 2 یا 3 عدد خشک کن با قدرت و توان 1500 تا 2500 وات برای خشک کردن فیلم استفاده می شود. این گرم کن ها حداقل به 10 آمپر جریان الکتریکی نیاز دارند و در نتیجه این قسمت از پروسسور 60 تا 80 درصد انرژی الکتریکی و برق وروردی به دستگاه را مصرف می کنند.

یک دمنده هوای داغ، هوا را با سرعت 100 تا 300 فوت مربع در دقیقه بر روی فیلم جابجا می کند. برای هدایت هوا به سمت فیلم از یک سری لوله و پره استفاده می شود. بیشتر دستگاه های پروسسور دارای یک لوله وخروجی هوا برای تخلیه هوای گرم پروسسور به خارج می باشد. دمای این هوا ممکن است به 37 درجه نیز برسد و میزان رطوبت نسبی آن به 25 تا 100 برسد. هوایی با این شرایط برای نگهداری مطلوب فیلم مناسب نمی باشد.

در خشک کردن فیلم دو فاکتور مهم وجود دارد:

- میزان رطوبت امولسیون
- شرایط خشک شدن

خشک نمودن دارای انواع مختلفی می باشد:

خشک نمودن با هوای گرم:

در این سیستم هوای گرم عاری از گرد و غبار بر روی فیلم دمیده می شود. این امر توسط یک سری از تیوپهای استوانه ای شکل که در پشت و مابین غلتک های حمل کننده فیلم درهر دو سطح آن جای داده شده، انجام میشود و به هنگام عبور فیلم هوا بر روی آن دمیده می شود. دمای این هوای گرم توسط ترموستات منترل می شود.

خشک نمودن با تشعشعات مادون قرمز:

در این روش قسمت قسمت خشک کن شامل تعدادی المنتهای حرارتی الکتریکی است که به نوعی مرتب شده اند که گرما را به هر دو سطح فیلم منتقل می نمایند. بخارات آب تولید شده در قسمت خشک کن به وسیله پنکه به بیرون فرستاده می شود. بی صدا بودن علی رغم روشن بودن کولر و انتقال گرمای کمتربه محیط اطراف از امتیازات این روش گرمادهی است.موفقیت در فرآیند خشک نمودن، نه تنها به درجه حرارت خشک کن، بلکه تا حد زیادی به میزان زیادی به میزان سخت کننده ها در امولسیون و داروی ظهورو ثبوت بستگی دارد. در صورتی که میزان سخت کننده ها ناکافی باشد، میزان جذب آب توسط امولسیون افزایش یافته و موجب ناکافی بودن عملکرد خشک کن می گردد.

6- سیستم الکتریکی دستگاه:

در سیستم الکتریکی از برد مدارات حالت جامد و یا میکروپروسسورها استفاده می شود که انرژی الکتریکی را بین دیگر قسمت ها توزیع میکنند. در بعضی از انواع جدید پروسسورها، با استفاده از میکروپروسسور میتوان به اطلاعات کنترل کیفی نظیر دمای دارو ومیزان تقویت محلولها دست یافت.

با ورود فیلم به دستگاه فرآیندهای زیر اتفاق می افتد:

- شروع حرکت غلتک ها
- شروع به کار پمپ تقویت داروی ظهور و ثبوت
- تشدید جریان آب
- فعال شدن خشک کن
- شروع به کار زمان سنج دستگاه

در دستگاههای اتوماتیک حالتی به نام (stand by) وجود دارد که 30-20 ثانیه پس از خروج فیلم از دستگاه فعال می شود. بین 10-8 دقیقه به طول می انجامد و دوباره برای درجه حرارت خشک کن و به هم خوردن داروها روشن می شود. در این حالت سیستم گرم کننده داروها روشن است و قسمت آب و خشک کن خاموش می باشد و عملکرد غلتک ها متوقف می شود.

در سیستمهایی که هم اکنون کاربرد دارد فیلم طی مراحل زیر پروسس می شود:

1- مرحله ظهور:

هدف اصلی این مرحله تبدیل تصویر پنهان به تصویر قابل رویت می باشد. برای این منظور دانه های هالید نقره موجود در فیلم که تحت تابش قرار گرفته اند تبدیل به نقره های فلزی می شوند و دانه های اکسپوز نشده بدون تغییر باقی می مانند.داروی ظهور میل ترکیبی شدیدی با اکسیژن هوا دارد که این فرآیند اکسیداسیون هوایی نام دارد که باعث کاهش PH داروی ظهور می شود.همچنین در اثر استفاده از دارو، اسید هیدروبرمیک (Hbr)تولید می شود که موجب اکسیداسیون دارو و کاهش PH آن می شود. در یک سیستم 90 ثانیه، فرآیند ظهور 26 ثانیه به طول می انجامد. داروی ظهور مورد استفاده در دستگاههای ظهور و ثبوت اتوماتیک نسبت به سیستم دستی متفاوت هستند ،ولی به طور کلی شامل موارد زیر است:

❖ **حلال:**

آب به عنوان حلال در پردازش رادیوگرافی استفاده می شود. آب بایستی قابل آشامیدن بوده و دارای ویژگیهای زیر باشد:

- فیلتراسیون: ذرات تا ابعاد 40mm را حذف کند.
- مقدار مواد نامحلول در آب باید کمتر از 250 ppm باشد.
- PH آن بین 6.5 تا 8.5 باشد.
- سختی آب برابر 150 ppm- 40 باشد.
- مقدار فلزات سنگین آن کمتر از 0.1 ppm
- مقدار کلر آن کمتر از 25ppm
- مقدار سولفات آن کمتر از 200ppm باشد

آب مورد استفاده باید عاری از رسوبات غیر قابل حل باشد(رسوبات باعث خراشیدگی امولسیون و آسیب به اجزای دستگاه می شوند)

وظایف حلال:

- ✓ اجزای اصلی دارو در آن حل می شود
- ✓ با رقیق کردن دارو اثر کنترلی بر فعالیت دارو دارد
- ✓ باعث نرم شدن دارو و نفوذ دارو به امولسیون می شود

❖ **عوامل ظهور(DEVELOPING AGENT):**

فنیدون (Phenidone)

فنیدون سریع عمل می کند و تصاویر با دانسیته نوری تا 1.2 را بوجود می آورد. این ترکیب عامل اصلی بروز دانسیته حداقل (D_{min}) و شاخص سرعت در تستهای حساسیت سنجی می باشد .

هیدروکینون (Hydroquinon)

هیدروکینون نسبت به فنیدون با سرعت کمتری وارد عمل شده و تصاویر با دانسیته نوری بیشتر از1.2 را بوجود می آورد. فرآیند ظهور زمانی کامل می شود که تصویراز دانسیته های کم تا زیاد قابل مشاهده باشد. هیدروکینون عامل اصلی دانسیته حداکثر (D_{max}) و شاخص کنتراست در تستهای حساسیت سنجی است. این دو، اولین شاخص های نشان دهنده ی خرابی و نقص در عملکرد داروی ظهور هستند، زیرا هیدروکنیون یک ترکیب شیمیایی است که نسبت به تغییرات در دما، غلظت، pH، تابش نور وقرارگرفتن درمعرض فلزات سنگین حساسیت زیادی از خود نشان می دهد. مقدار هیدروکینون باید در محدوده 20 تا 25 گرم در لیتر نگه داشته شود.

❖ **محافظت کننده:**

ترکیب محافظت کننده یا آنتی اکسیدان، هیدروکینون را در برابر اکسیداسیون هوایی oxidation aerial (واکنش ماده شیمیایی با هوا) و اکسیداسیون داخلی oxidation internal(واکنش شیمیایی با دیگر ترکیبات داروی ظهور) محافظت می کند. اگرهیدروکینون اکسید شود، در زمان تست حساسیت سنجی مقدار D_{max} و کنتراست کاهش می یابد و همچنین شانه ی منحنی در نمودار H&D از بین می رود. داروی ظهور اکسید شده سبب می شود که رنگ محصول از حالت قهوه ای و شفاف به حالت کدر و تیره درآید.

اگر هیدروکینون شدیدا اکسیدشود، بوی دارو به بوی آمونیاک تبدیل می گردد زیرا آمونیاک یکی از محصولات واکنش شیمیایی اکسیداسیون است. بیشتر تانکهای تقویت کننده ظهور، علاوه بر درپوش اصلی دارای یک درپوش شناور هستند تا میزان تماس دارو را با هواکاهش دهند. از مواد شیمیایی همچون سولفیت سدیم، سولفیت پتاسیم می توان به عنوان محافظت کننده ی داروی ظهور استفاده کرد.

❖ **بازدارنده:**

تنظیم کننده، ضد مه آلودگی و یا شروع کننده (or Starter Regulator, Antifogging,

جلوی پیشروی زیاد از حد عوامل ظهور را می گیرد. بطوری که فقط عوامل ظهور بر روی کریستالهای هالید نقره ی اکسپوز شده ،اثر کنند. برمید پتاسیم (K^+Br^-) ماده ی شیمیایی است که در بیشتر داروهای ظهور به عنوان ترکیب بازدارنده استفاده می شود، که از نظر شیمیایی بسیار مشابه Ag^+Br^- است. اگر عوامل احیا بسیار فعال باشند، آنها

به جای تهاجم به هالید نقره اکسپوز نشده به سمت برمید پتاسیم می روند. اگر میزان رقیق کردن داروی ظهور بیش از حد (overdiluting) و یا میزان حجم تقویت کننده کمتر از حد (underreplenishment) باشد، سطح بازدارنده کاهش یافته و در نتیجه شاخص سرعت در تست حساسیت سنجی افزایش می یابد.

❖ *عامل متوقف کننده* ***Sequestering Agent*** :

بیشتر داروی ظهور مورد استفاده در تاریکخانه های بیمارستانها، بصورت غلیظ خریداری می شوند، و باید آنها را درهمان بیمارستان، با آب مخلوط کرد. از آنجائیکه در آب شیر ناخالصی هایی (نظیر یون کلسیم و فلزاتی نظیر آهن و مس) وجود دارد، بیشترسازندگان داروی ظهور یک ترکیب متوقف کننده بنام EDTAبه داروی ظهور اضافه می کنند تا از تاثیر این ناخالصی ها بر روی ترکیبات شیمیایی داروی ظهور جلوگیری کنند.

EDTA یک ترکیب روغنی است که سبب چسبیدن کلسیم و دیگر مواد معدنی آلوده کننده به یکدیگر و در نتیجه رسوب آنها در ته تانک ظهور می شود.

❖ تشدید کننده:

به دلیل عملکرد بهتر داروی ظهور در محیط قلیا(PH=9.8-11.4)،(اگر PH از 9.8 کمتر شود فعالیت ظهور ضعیف می شود) این عوامل باعث افزایش PH داروی ظهور میشود که باعث کنترل فعالیت دارو و همچنین تاثیر بر کنتراست می شود. از این عوامل میتوان به کربنات پتاسیم و هیدروکسید پتاسیم اشاره کرد.

❖ بافر :

به منظور ثبات و پایداری PH داروی ظهور در یک محدوده خاص استفاده می شود. کربناتها و سولفیت ها به عنوان بافر استفاده می شوند.

❖ سخت کننده:

به منظور کاهش نرم شدگی امولسیون در اثر جذب آب، استفاده می شود و از کنده شدن و آسیب امولسیون توسط غلتک جلوگیری می کند. مثل گلوتار آلدهید

سیستم دستی فاقد سخت کننده می باشد. اگر سخت کننده زیاد از حد باشد ، نفوذ دارو به امولسیون کاهش می یابد و ظهور ناقص انجام می شود.

❖ مواد باکتری کش و قارچ کش :

مانع از رشد آنها می شود و از تشکیل لجن در دیواره ی داخلی تانک جلوگیری می کند.

دمای دارو:

هرچقدر دمای دارو بیشتر باشد، میزان فعالیت عوامل ظهور بویژه هیدروکنیون افزایش می یابد.افزایش دما سبب افزایش دانسیته ی نوری تصویر نهایی می شود. اگر دمای دارو به زیر ^{oC} 15.5 کاهش یابد، مقدار دانسیته نوری و کنتراست تصویر کاهش می یابد. در دمای بالای ^{oC}24میزان فعالیت عوامل ظهور، و میزان دانسیته ی نوری تصاویر بعدی افزایش می یابد. طیف دمای مناسب داروی ظهور در محدوده ی ^{oC} 20 تا ^{oC}22 قرار دارد. با این وجود دمای داروی دستگاه پروسسور اتوماتیک برای ظهور سریعتر فیلم ها ممکن است ^{oC}29.4 تا ^{oC}40.5 هم افزایش یابد.

غلظت داروی ظهور:

منظور از غلظت دارو، درصد مقدار آب به نسبت دیگر مواد شیمیایی موجود در دارو است که مقدار آن را می توان با چگالی ویژه (مقایسه ی دانسیته ی یک مایع با دانسیته ی آب) اندازه گیری کرد. با ابزاری بنام هیدرومتر می توان مقدار چگالی ویژه را اندازه گیری کرد. مقدار چگالی ویژه داروی ظهور معمولی در محدوده ی 1.07 تا 1.10 قرار دارد.

PH دارو

باید در محدوده ی 10 تا 11.5 قرار داشته باشد، و نباید بیش از ±0.1 با مقدار pH کارخانه ی سازنده اختلاف داشته باشد.

تانک ظهور در دستگاه پروسسور شامل قسمت های زیر است:

I. **قسمت گردش دارو**: باعث به هم خوردن دارو و عملکرد بهتر دارو می شود. که شامل لوله ورودی، لوله خروجی، پمپ الکتریکی و فیلتر است. دارو توسط پمپ از فیلترعبور و از طریق لوله ورودی وارد تانک می شود.
II. **دما سنج**: که شامل گرم کننده شناور در دارو، ترموستات و تغییر دهنده ی درجه حرارت می باشد. گرم کننده شروع به گرم کردن دارو می کند، وقتی درجه حرارت به حد مطلوب رسید، ترموستات به کار می افتد و گرم کننده به طور اتوماتیک خاموش می شود.
III. **تقویت کننده**
IV. **تخلیه کننده:** دارای دو خروجی می باشد، یکی در ته تانک جهت تخلیه کامل دارو و دیگری ،لوله ای که دارای چند سوراخ است و در سطح دارو جهت خروج داروی اضافی قرار گرفته است.

تانک های ظهور و ثبوت و آب بسته به نوع کارایی تا 18 لیتر آب را در خود جای می دهند.

2-مرحله ثبوت:

1- **پایان عمل ظهور:** داروی ثبوت اسیدی است (PH=4-4.5) و باعث توقف عمل قلیایی ظهور می شود.
2- **پاک نمودن کریستالهای هالید نقره اکسپوز نشده امولسیون:** اگر خوب پاک نشوند، از عبور نور ممانعت می کنند و در تابش نور ظاهر شیری ایجاد می کنند.
3- **کامل نمودن سخت شدگی امولسیون به منظور نگهداری دائمی فیلم:** باعث کاهش زمان خشک کن و محافظت امولسیون در مرحله شستشو می شود.
4- **ثابت نمودن تصویر به منظور عدم تغییر فیلم به مرور زمان**

ترکیبات داروی ثبوت:

عوامل ثبوت:

باعث تبدیل هالیدهای نقره غیرقابل حل به هالید نقره قابل حل می شوند. به طوری که می توانند پراکنده شده و از سطح فیلم شسته شوند مثل تیوسولفات آمونیوم که دارای حلالیت بالا و حساسیت بالا میباشد.

مواد نگهدارنده preservative :

سولفیت سدیم سبب خارج کردن نقره از فیلم به صورت ترکیب تیوسولفات نقره آمونیوم می شود و دوباره به تیوسولفات آمونیوم بازمی گردد تا بدین ترتیب سولفیت برای پاک کردن بیشتر فیلم از نقره های اکسپوز نشده مورد استفاده قرار گیرد، که مقدار آن ممکن است به خاطر عواملی نظیر وارد شدن زیادی داروی ظهور به ثبوت، تقویت ناکافی دارو و استفاده از سیستم گردش و احیای نقره الکترولیت که سبب کاهش سولفیت سدیم می شود کاهش یابد. مقدار این ترکیبات شیمیایی باید در حد 15 تا 50 گرم در لیتر نگه داشته شود.

عامل سخت کننده (محکم کننده) hardener :

به منظور نگهداری دائمی فیلم، امولسیون فیلم باید سخت و محکم شود تا از محو شدگی تصویر و خراشیدگی و خرابی فیلم جلوگیری شود که به این عمل سخت شدگی فیلم می گویند.از ترکیبات شیمیایی رایج که به عنوان سخت کننده ثبوت استفاده می شود می توان به ترکیبات شیمیایی نظیر آلوم پتاسیم، آلوم کروم و کلرید آلومینیوم اشاره کرد. این ترکیبات با پروتئین های ژلاتین ترکیب می شود تا با تشکیل یک مولکول پیچیده موجب سخت شدگی امولسیون شوند. این ترکیبات همچنین به کاهش جذب آب در هنگام شستشو و کاهش زمان خشک شدن فیلم کمک می کند.

ترکیبات فعال کننده ، اسیدی کننده یا بافر :

1-خنثی کردن هرگونه داروی ظهور باقیمانده در امولسیون فیلم

ادامه عمل ظهور در ثبوت به علت رسوب نامحلول سولفور، ایجاد لکه هایی می کند که به مه آلودگی دو رنگی معروف است. که در نور انعکاسی به رنگ سبز-آبی و در نور عبوری به رنگ صورتی کمرنگ دیده می شود.

2- فراهم نمودن یک محیط اسیدی برای عوامل ثبوت.

PH داروی ثبوت باید در محدوده 4.0 تا 4.5نگه داشته شود و نباید بیش از 0.1± با مقدار سازنده اختلاف داشته باشد. به مواد شیمیایی که به حفظ مقدار pH در حد معینی نگه می دارند، بافر می گویند. در صورتی که PH کمتر از 4 شود، به علت تجزیه تیوسولفات ، سولفوریزاسیون اتفاق می افتد و رسوبات سفیدرنگی در دارو ته نشین می شود. و اگر PH از 5 بیشتر باشد فرآیند سخت شدن خوب انجام نمی شود. از ترکیبات شیمیایی نظیر اسید سیتریک و اسید سولفوریک می توان به عنوان ترکیبات اسیدی کننده استفاده کرد.

ترکیبات متوقف کننده یا ضد رسوب:

این عوامل جلوی تشکیل ترکیبی بنام هیدروکسید آلومینیوم را می گیرند و از تبدیل نمک های آلومینیم به ترکیبات غیر قابل حل آلومینیم جلوگیری می کنند و باعث ته نشین شدن انها در ته محلول می شوند.

این ترکیب در زمانی که مقداری داروی ظهور به داروی ثبوت وارد می شود تشکیل می گردد. از آنجائیکه هیدروکسید آلومینیوم یک ترکیب قلیایی است، تشکیل این ترکیب سبب افزایش pH داروی ثبوت می شود.

از ترکیبات شیمیایی نظیر اسیدهای کربوکسیلیک، اسیدهای بوریک، و نمک های بورات می توان به عنوان ترکیبات متوقف کننده در داروی ثبوت استفاده کرد.

حلال

به منظور حل کردن مواد شیمیایی از آب به عنوان حلال استفاده می شود. آب مورد استفاده برای ثبوت باید دارای همان استانداردها و ویژگیهای آبی باشد که برای داروی ظهور استفاده می شود.

غلظت داروی ثبوت توسط چگالی ویژه اندازه گیری می شود و مقدار آن باید درحد 1.077 تا 1.11 باشد.

3-شستشو:

انجام شستشو برای کیفیت آرشیوی فیلم بسیار مهم و ضروری است زیرا شستشو قبل از خشک شدن فیلم سبب پاک شدن داروی ثبوت از سطح امولسیون فیلم می شود. در صورتی که پدیده ی Hyporetention اتفاق بیافتد، واکنش تیوسولفات با نقره ی موجود در امولسیون سبب تشکیل سولفید نقره (Ag_2S) می شودکه سبب ایجاد لکه زرد کم رنگ تا قهوه ای پر رنگ بر روی فیلم می گردد.

آب مورد استفاده برای شستشوی فیلم باید دارای خصوصیات زیر باشد:

- سختی آب در حدود 40 تا 150 p.p.m باشد.
- PHآب در حد 6.5 تا 8.5 باشد.
- مواد نامحلول در آن کمتر از 250 p.p.m باشند.
- چگالی ویژه آن برابر 1.0 باشد.
- زمان شستشو باید حداقل 50 تا 100 درصد مقدار زمان ظهور و دمای آن 3^{oC} کمتر از دمای داروی ظهور باشد تا بدین ترتیب ترموستات گرم کن پروسسور اتوماتیک روشن و فعال شود.
- میزان جریان آب باید در حدود 1 تا 3 گالن در هر دقیقه باشد تا با به هم خوردن آب(agitation)از بروز Hyporetention و تشکیل جلبک و لجن جلوگیری کند.
- در صورت بروز مشکل می توان از چند میلی لیتر مایع سفید کننده (دارای 5 درصد هیپوکلرید سدیم) در زمان خاموش کردن دستگاه برای شستن تانک استفاده کرد.

کارایی مرحله ی شستشو:

کارایی این مرحله هیچ گاه 100% نیست، یعنی هیچ روش شستشویی نمیتواند تمام نمکهای رسوب یافته را بشوید. اما کاهش سطح آلاینده ها تا حدی که فیلم بدون اسیب جدی تاحداکثر زمان مورد نیاز بایگانی شود کافی به نظر میرسد.دریک سیستم پردازش 90 ثانیه ای درحدود 15 ثانیه برای مرحله ی شستشو اختصاص داده می شود درحالی که در سیستم دستی 10دقیقه است.

چندین فاکتور برای مرحله ی شستشو:

1.امولسیون فیلم

2.شرایط محلول ثبوت

3.شرایط اب شستشو

4.تحریک یا تلاطم

5.درجه حرارت اب شستشو

6.زمان شستشو

انواع شستشو گر در سیستم پروسسور:

1.از طریق اسپری

2. غوطه ور شدن در تانک

شستشواز طریق اسپری:

در این سیستم ما بین غلطک های حمل کننده فیلم لوله هایی کار گذاشته شده که این لوله دارای منافذی هستند که به هنگام عبور فیلم از بین غلطک ها اب از طریق این منافذ با فشار بر روی سطح فیلم پاشیده میشود سرعت جریان اب دراین پردازش گر ها به10 لیتر در دقیقه می رسد.

غوطه ور شدن در تانک شستشو:

در این پردازش گر اب سرد از طریق یک سیستم تعدیل کننده درجه حرارت داروی ظهور به داخل تانک شستشو تغذیه می شود.گرمای منتقل شده از تانک ظهور موجب میشود تا اب شستشو به حد کافی گرم شود به طوری که بتواند به نحو احسن نقش خود را ایفا کند. در این روش جریان آب نسبت به اسپری کمتر است.

نکات ایمنی:

- تجهیزات ایمنی نظیر عینک محافظ، (ترجیحاً بهتر است این عینک ها تمام صورت را بپوشاند یا از نوع عینک های غیر منفذ دار باشد) باید در دسترس کارکنانی که در کار انتقال، ترکیب و استفاده مواد شیمیایی ظهور هستند قرار داشته باشد.
- هرگاه، هر مقداری از محلول های پروسسینگ با چشمها تماس پیدا کرد، چشمها ر ا کاملاً با آب شستشو دهید و فوراً به پزشک معالج مراجعه نمائید.
- برای حفاظت از سایر قسمتهای بدن، می توان از روپوشهای مقاوم به مواد شیمیایی و از جنس Neopren (مقاوم به مواد شیمیایی) و یا مواد مشابه استفاده کرد.
- برای حفاظت دستان کارکنانی که با محلول های پروسسینگ سروکار دارند می توان از دستکش های با جنس Neopren یا مواد مشابه استفاده کرد.
- بخاطر خاصیت قلیایی زیاد داروی ظهور، این دارو به عنوان خطرناک ترین ماده شیمیایی ظهور به شمار می رود که سبب می شود این دارو، برای چشم ها و پوست بسیار خطرناک باشد.
- یکی از قسمتهای اصلی امولسیون فیلم ژلاتین (یک نوع کلاژن) است که یک نوع پروتئین اُرگانیک و آلی به شمار می رود که در pH بالا توسط مواد شیمیایی تجزیه و تخریب می شود.
- از آنجائیکه در بافت های نرم بدن انسان نظیر چشم و پوست کلاژن وجود دارد، در صورت تماس با داروی ظهور این اعضا در معرض خطر قرار می گیرند.
- هیدروکنیون از طریق پوست قابل جذب است و بر روی چشمها و غشای بینی تأثیر می گذارد.

- ترکیب Glutaraldehyde، سبب خارش و سوزش پوست می شود. در زمان ریختن و ترکیب کردن داروی ظهور بهتر است از روشهای کاری استاندارد (نظیر پوشیدن دستکش لاستیکی، روپوش و استفاده از عینکهای محافظ) را در نظر بگیریم.
- داروی ثبوت یک اسید قوی به شمار می رود و می تواند سبب سوزش و سوختگی پوست و چشمها شود. همانند داروی ظهور، در هنگام ریختن ترکیب داروی ثبوت باید از پوشش های ایمن مورد نظر استفاده کرد. در زمان تماس پوست با هرگونه داروی ظهور، سریعاً پوست را با آب شستشو دهید.
- مقدار مایعات حاوی نقره دور ریختنی نباید بیش از 5 میلی گرم در لیتر یا 5 p.p.m باشد.

انواع روش ظهور و ثبوت براساس زمان صرف شده:

ظهور وثبوت سریع:

امروزه با تولید فیلم های جدید و سیستم کنترل میکروپروسسوری و داروهایی با فرمول شیمیایی خاص، زمان ظهور و ثبوت تا 30 ثانیه قابل دسترسی است.

ظهور و ثبوت طولانی مدت:

این روش موارد استفاده خاصی از جمله در ماموگرافی دارد.زمان ظهور و ثبوت در ان به حدود 3 دقیقه میرسد و زمان توقف فیلم در تانک ظهور تقریبا دو برابر شده و نیاز به تغییر در درجه حرارت داروی ظهور نمیباشد.این روش سبب کاهش دوز دریافتی بیمار می شود. این روش برای فیلم های تک امولسیونه مناسب بوده و برای فیلم های دو امولسیونه تاثیری از نظر کاهش دوز یا افزایش کنتراست نخواهد داشت.

دستگاه ظهور و ثبوت جدید:

این نوع دستگاه ها دارای دو تانک ثبوت بین تانکهای ظهور و آب می باشد که فیلم بعد از ظهور وارد تانک اول ثبوت شده، در آنجا تمامی نقره تابش نشده از روی فیلم پاک میگردد، سپس فیلم وارد تانک دوم ثبوت که حاوی داروی ثبوت تازه است میگردد که باقیمانده عمل ثبوت روی فیلم در این تانک انجام میشود،تا وقتی فیلم وارد تانک آب میشود ،مقدار نقره کمتری داشته و شستشو در آن راحت تر انجام شود و مقدار نقره کم تری نیز با آب شستشوو وارد فاضلاب گردد که از نظر اکولوژیکی مهم است.مزایای این روش این است که میزان آب شستشو و مایع ثبوت کاهش یافته و میزان باقی مانده نقره بر روی فیلم کاهش می یابد ،همچنین در این روش نقره بهتر بازیافت میشود.

سیستم اتوماتیک فیلم در نور معمولی یا سیستم دی لایت:

1-سیستم دی لایت نیازمند کاست:

این دستگاه ها شامل یک قسمت مخزن فیلم که قادر به ذخیره 1000 عدد فیلم با اندازه های متفاوت است، می باشد.زمانیکه تکنولوژیست فیلم را در جای مناسب قرار دهد، فیلم به شکل اتوماتیک از کاست خارج میگردد، سپس از مخزن نگه داری فیلم، فیلم مناسب آزاد گشته و درون کاست قرار میگیرد .این مرحله توسط سیستم کنترل میکروپروسسوری که بارکد کاست را هنگام ورود به دستگاه میخواند انجام میشود.سرعت انجام این مرحله 15 ثانیه است و کاست اماده به خارج دستگاه هدایت میگردد. فیلم خارج شده از کاست در قسمت دیگر قرار میگیرد که محل ثبت مشخصات بیمار است و اطلاعات توسط دوربین بر روی فیلم ثبت میشود.

مراحل بعدی بر دو نوع است:

الف)اگر سیستم مجتمع باشد:قسمت ظهور و ثبوت فیلم از قسمت پر و خالی کردن کاست مجزا نمیباشد و برحسب طراحی میتواند در زیر یا کنار محل پر و خالی کردن کاست قرار گیرد.کاست های این سیستم را کتابی نامیده و اصولا شبیه کاست های معمولی با تفاوت در قسمت قفل کاست میباشد.از مزایای نوع مجتمع میتوان سرعت کارو عدم نیاز به تاریکخانه را نام برد و اگر یک بخش از کار بیافتد با استفاده از دستگاه های ظهور و ثبوت معمولی میتوان فیلم را ظاهر کرد.

ب)اگر سیستم مجتمع نباشد:قسمت ظهورو ثبوت از قسمت پر و خالی کردن کاست مجزا می باشد. کاست های این نوع به کاست وی شکل معروف هستند و فقط توسط خود دستگاه باز میشود .در این سیستم ها بعد از خارج شدن فیلم های تابش شده از کاست، فیلم در مخزنی که میتواند تا 25 فیلم را در خود ذخیره کند قرار میگیرند. این مخزن بعدا" به دستگاه ظهور و ثبوت متصل میگردد یا اینکه به طور دستی توسط تکنولوژیست ها خالی شده و فیلم ها ظاهر میشود.

از معایب دستگاه دی لایت با کاست میتوان به موارد زیر اشاره کرد :

گرانقیمت بودن کاستها

عدم کارایی سیستم در تصویربرداری دیجیتال

نیاز به تاریکخانه در نوع غیر مجتمع ان

از کار افتادن کل سیستم در صورت وجود عیب در یک قسمت آن

2-سیستم دی لایت بدون کاست:

نواقص سیستم های با کاست از جمله عدم کارایی ای سیستم ها در تصویربرداری دیجیتال مانند MRI و CT.Scan و.... تولیدکنندگان را تشویق به ساخت دستگاههای دی لایت از نوع بدون کاست نموده است .

که بر دو نوع می باشد:

الف)مرطوب یا خیس:تشکیل تصویربرروی فیلم در این سیستم ها توسط دوربین لیزری یا اشعه مادون قرمز صورت میگیرد.این دستگاه بطور عمده شامل دو مخزن فیلم تابش شده و تابش نشده و همینطور دستگاه ظهور و ثبوت میباشند که به صورت مجتمع است.دستگاه ممکن است شامل دوربین لیزری هم باشد .در این سیستم تصاویر انتخابی از روی مانیتور با استفاده از لیزر هلیوم-نئون یا اشعه مادون قرمز بر روی فیلم منتقل میگردد.

ب)خشک:این دستگاه ها به عنوان نقطه عطفی در فرایند تصویربرداری دیجیتالی به شمار می آیند.این سیستم به نامهای پرینتر خشک یا پرینتر گرمایی نیز شناخته میشوند. تاریخچه استفاده از ان به سیستمهای دورنگار برمیگردند.دستگاه های خشک دارای انواع مختلفی میباشد و بر حسب نوع فیلم مورد استفاده سیستم عملکردی انها متفاوت میباشد.این نوع دستگاه ها اغلب برای چاپ تصاویر حاصل از دستگاه های CT.Scan، MRI ، اولتراسوند، رادیوگرافی دیجیتال ، فلورسکوپی، ماموگرافی دیجیتال و پزشکی هسته ای کاربرد دارد و دارای مزایایی چون کوچک بودن ،داشتن هزینه های کمتر، حذف هزینه های مربوط به خرید و همچنین دفع پسماند های مواد شیمیایی میباشد.اگر چه قیمت هر برگ فیلم ان در مقایسه با سیستم خیس بیشتر است ،اما برای بخش هایی که نیاز به تهیه ی تصویر رادیوگرافی روی فیلم از سیستم های دیجیتال داشته و در کل فیلم مصرفی انها کم میباشد مقرون به صرفه است.

دستگاه های ظهور و ثبوت حرارتی مستقیم:

پرینتر های این نوع سیستم خشک از فناوری تصویری_گرمایی برای چاپ تصویر استفاده میکنند.این نوع پرینتر ها دارای دو بخش کاربردی میباشند:

1)کنترل کننده ها 2)موتور چاپ

کنترل کننده ها:اطلاعات ورودی دیجیتالی را بصورت سیگنال هایی روی دیسکت ذخیره نموده و بعد انها را به صورت اطلاعات کنترلی به قسمت موتور چاپ منتقل مینماید.

موتور چاپ: با توجه به اطلاعات دریافتی آنها را بصورت مناطق با دانسیته سیاه و سفید به روی فیلم انتقال میدهد.علاوه بر دو قسمت ذکر شده این سیستم دارای قسمت های دیگر از جمله:

غلطک های حرکت دهنده ی فیلم ،قسمت نگهداری فیلم و سر حرارتی میباشد.در ضمن انتقال اطلاعات تصویر بوسیله ی سر حرارتی فیلم توسط غلطکها حرکت داده میشوند.

تاکید می گردد به هنگام کاربری ، سرویس و نظافت دستگاه های پرتو تشخیصی و پروسسور می بایست کلیه نکات ایمنی را رعایت نمود.