الفصل الرابع

التصوير الشعاعي بفلورة الاشعة السينية(التنظير)

fluoroscopic imaging

obeikandl.com

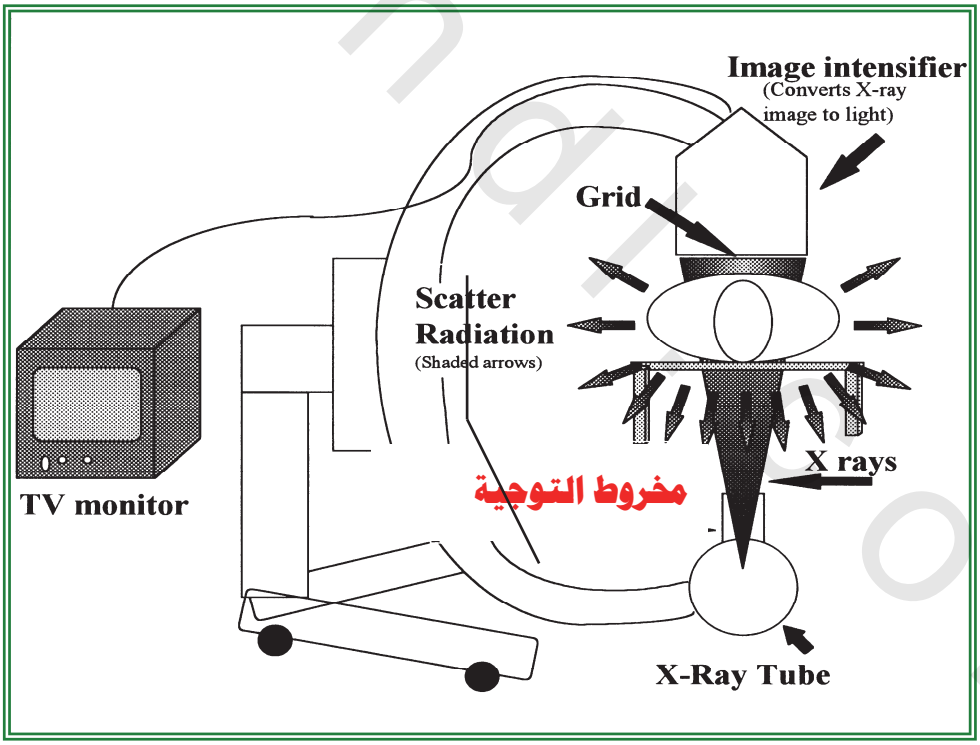
٤ – ١ اساس العمل :

اساس عمل التصوير الاشعاعي التنظيري هو المقدرة على الدراسة الحركية لاجزاء الجسم ، اي ان التنظير يستخدم لإظهار حركة الاعضاء الداخلية وسوائل الجسم.يقوم المصور الشعاعي خلال التنظير اضهار صورة مستمرة لحركة الاجزاء الداخلية للجسم اثناء عمل جهاز الاشعة السينية ، وحفظ بعض الصور لدراسات لاحقة، تسمى مثل هذه الصور بالافلام النقطية (spot film).

يستخدم الفحص الشعاعي(التنظيري) المتفلور بشكل روتيني لاظهار صور الاوعية الداخلية للجسم لكي يولد صورة حقيقية متحركة لتشخيص القصور في عمل انسجة الجسم اثناء التداخل الجراحي او لااخذ وزعة (Specimen)والذي يسمى بتصوير الاوعية(الاوعية العصبية والاوعية الدموية) شعاعياً (angiography).

وان مخطط منظومة التصوير الشعاعي التنظيري يوضح في الشكل (٤-١)

الشكل ٤-١ مخطط منظومة التصوير التنظيري



obeikandl.com

يوضع انبوب الاشعة السينية تحت منضدة فحص المريض . اما في اعلى المنضدة فتوضع انبوبة تقوية الصورة واجهزة الكشف الاخرى، وفي بعض المنظومات يكون يكون جهاز الاشعة السينية فوق منضدة الفحص ومستقبل الصورة في الاسفل. بعض المنظومات يمكن تشغيلها عن بعد من خارج غرفة الاشعة السينية، وتعرض الاشعة السينية بواسطة شاشة تلفازية .وتوجد لوحة السيطرة التي تحتوي مفاتيح ذروة الفولطية(kV_p) .تيار الانبوبة(mA) ،زمن التعرض(S)،ومفتاح التشغيل التي تشغل انبوبة الاشعة السينية بشكل مستمر او بشكل نبضي، الجرعة السطحية(Dose area prodact) ،و معلومات عن المريض.

يجب أن تكون بنية قاعدة الطاولة قوية بحيث تتحمل وزنها ووزن المريض أيضا. وكذلك كيفية تجميع كل من الأنبوب والشبكة والذراع الآلي الذي يتحكم بحركة الطاولة بمختلف الاتجاهات وتأثيره على توازن لحركة. يتم التحكم بحركة الطاولة بواسطة محرك خطي (DC motor) والذي يمكننا من الحصول على حركات متناهية الدقة وذلك من أجل الحصول على الوضع السليم للمريض لاإجراء عملية التنظير. تتمثل أهمية الذراع الآلي في بقاء كل من مقوي الصورة والأنبوب على نفس المحور أثناء عملية تحريك الطاولة بأي اتجاه.

عند تصميم غرفة الأشعة السينية يجب أن نأخذ بعين الاعتبار وقاية العاملين داخل الغرفة وخارجها بالإضافة إلى وقاية العاملين غير المصنفين إشعاعيا(الممرضين، السكرتارية، المستخدمين) وعموم الناس خارج الغرفة بحيث لا يزيد معدل التعرض عن الحد المسموح وذلك حسب توصيات اللجنة الدولية للوقاية من الاشعاع ICRP

شكل (٤-٢) غرفة الاشعة السينية التنظيرية

فعند وضع التصميم لغرفة الأشعة يجب اتخاذ بعض التدابير والإجراءات الخاصة بالوقاية الإشعاعية و الأخذ بعين الاعتبار الغرف المجاورة وطبيعة اشغالها (مكاتب، غرف عمليات، مطبخ،..) وذلك لأن الأشعة تنفذ عبر جدران الغرفة إلى الغرف المجاورة، يشتمل مخطط الغرفة ومخطط الأجهزة على النقاط التالية:

١- بنية الحواجز المستخدمة لتوهين الحزمة الرئيسية (المباشرة) والثانوية (غير المباشرة) الناتجة عن الأشعة المتشتتة

٢- توجيه الحزمة الإشعاعية الرئيسية باستخدام المسدد.

٣- الأخذ بعين الاعتبار بقانون التربيع العكسي خلال تركيب الأجهزة

٤- وضع إشارات التحذير من خطر التعرض للإشعاع والإشارات الضوئية الدالة على عمل الجهاز.

٥- بالنسبة لمساحة غرفة الأشعة، يجب أن تكون المساحة كافية بحيث تؤمن سهولة الحركة للمتواجدين داخلها وأن تسمح هذه المساحة وكذلك المدخل بسهولة إدخال سرير متحرك.

٦- يجب أن يكون اتجاه الحزمة الرئيسية بعيدا عن الباب، والجدران التي تسقط عليها الحزمة الرئيسية مباشرة تكون مدرعة بشكل جيد تبعا لحمل العمل (Work load) وطبيعة إشغال الغرفة المجاورة كما يبطن باب الغرفة بطبقة من الرصاص.

٧- يصل تيارالاشعة السينية التقليدية الى مئات الملي امبير اما في حالة التصوير الشعاعي المتفلور فان تيار الانبوب الاعتيادي يتراوح بين ٢-٤ ملي مب ، وبالرغم من صغر التيار لكن الجرعة التي يستلمها المريض تكون كبيرة مقارنة التصوير الشعاعي التقليدي . ان مقدار kV_p يعتمد على الشريحة المراد قياسها وبشكل عام يفضل استخدام فولتية عالية وتيار قليل للحصول على صور ذات نوعية جيدة . يمكن الحصول على صورة للاشعة السينية المخترقة لانسجة الجسم المختلفة على شاشة مباشرة تسمى بالصورة المتفلورة او الملصاف .

ويتوفر جهاز متنقل يستخدم في صالة العمليات بشكل حرف C(C-arms) شكل (٤-٣)

٤- ٢ انبوبة تقوية الصورة:

ان الجزء الاساس لهذا النوع من التصوير هو انبوبة تقوية الصورة (image -intensifier tube) وهي منظومة الكترونية معقدة تقوم باستلام الاشعة السينية المخترقة للجسم وتحويلها الى ضوء مرئي ذات شدة عالية. تتكون الانبوبة عادة من غلاف زجاجي مفرغ من الهواء والتي

تحافظ على الاجزاء الداخلية للمنظومة ويوضع الغلاف الزجاجي داخل وعاء معدني للحفاض على الانبوبة من الكسر ، وتتكون الانبوبة من اربع اجزاء رئيسية شكل (٤ – ٤ ا و ب)هي:

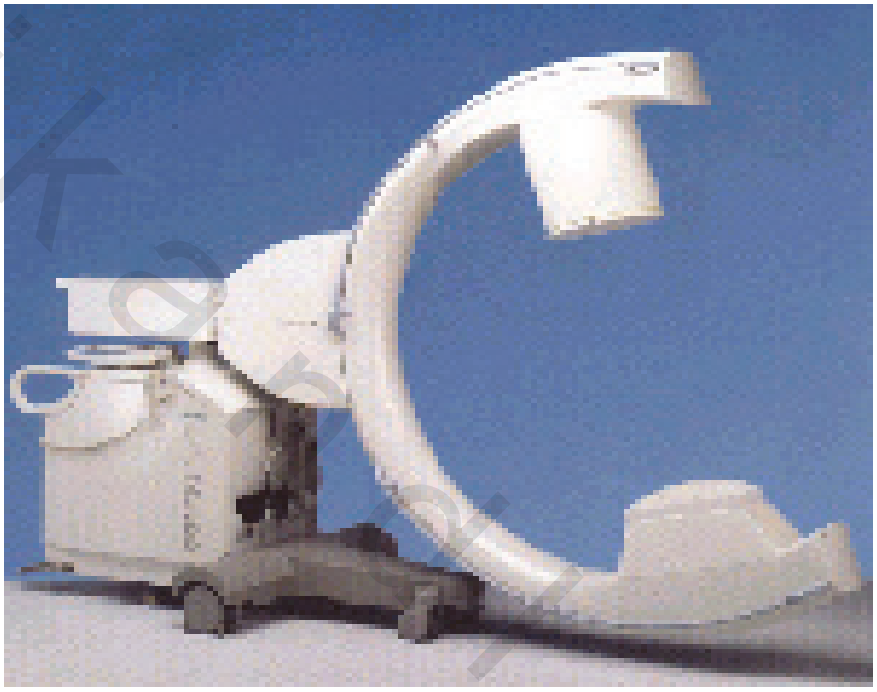
١– مادة الدخول المتفسفرة input phosphor

٢– العدسات الالكترونية الجامعة والحارفة .

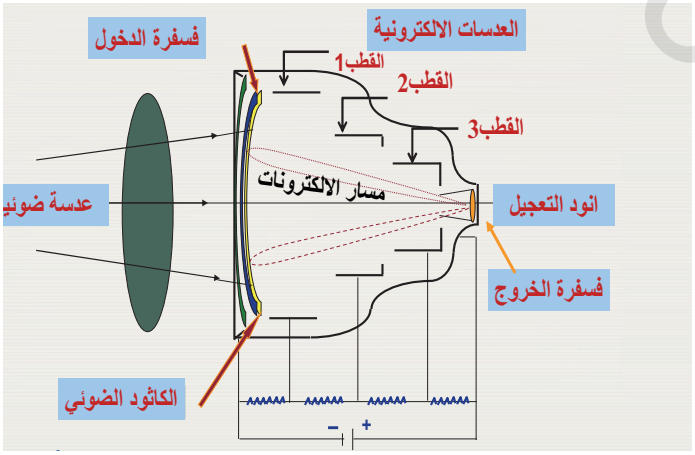
٣– انود التعجيل

٤– مادة الفسفرة الخارجية

شكل (٤ -٣) جهاز متنقل يستخدم في صالة العمليات



٣ شكل ٤- ٤أ انبوبة تقوية الصورة الشعاعية



١-مادة الدخول المتفسفر :

الاشعة السينية التي تخرج من جسم المريض تسقط على انبوبة تقوية الصورة وتخترق الغلاف الخارجي حيث تسقط على مادة الدخول المتفسفر والتي تتكون من مادة ايوديد السيزيوم بدلاً من كبريتات زنك الكادميوم التي كانت تستخدم في بداية تصوير الفسفرة . وهذه المادة ترسب على شريحة رقيقة من الالمنيوم بطريقة الطلاء بالتبخير وتترسب مادة السيزيوم بشكل بلورات ابرية عمودية على قاعدة الالمنيوم ، وعندما تمتص البلورات الابرية الاشعة السينية تقوم بتحويلها الى ضوء مرئي كما يحصل مع شاشة التقوية في التصوير الشعاعي التقليدي . تكون كمية الاستطارة للضوء قليلة جداً ونوعية الصورة جيدة كذلك وقدرتها التحليلية عالية وتبلغ في المعدل ٣- ٥ زوج من الخطوط لكل ملم (زوج من الخطوط يعني خط – فارغ) ، فعندما نقول ٣ زوج من الخطوط يعني ذلك وجود ٣ خطوط وثلاث فراغات ، عرض كل من الخط أوالفراغ ١/٦ ملم ، اي ان عرض الزوج الواحد ١/ ٣ ملم . تكون الصور الناتجة عن الشاشة ذات نوعية جيدة عند استخدام بلورات CsI لثلاث اسباب رئيسية :

شكل ٤- ٤ب انبوبة تقوية الصورة الشعاعية

أ - الكثافة ا

ب- الاتجا

عدد

الذري المؤثر .

ت- هذه البلورات يكن ترسيبها بعملية التفريغ لذلك لاتتطلب مادة لاصقة و يمكن ترسيب كمية كبيرة في الحيز المحدد.

سمك طبقة ايوديد السيزيوم قليل(0.1) ملم مقارنة بسمك طبقة كبريتات كادميوم الزنك والتي تصل الى (0.3) ملم وذلك بسبب الكثافة الكبيرة لبلورات CsI. يؤدي السمك القليل لبلورات السيزيوم الى تحسين قدرة التفريق (resolution) للصورة. يحصل الامتصاص الكلي للظاهرة الكهروضوئية عند طاقة امتصاص حافات K ويكون قريباً من طاقة حزمة الاشعة السينية حيث ان معدل هذه الطاقة يساوي تقريباً 3/1 طاقة ذروة الفولتية kV_p . يستخدم التصوير

الشعاعي المتفلور للمرضى البالغين فولتية عظمى تتراوح بين (80–120) kV_p اي ان الطاقة تتراوح بين 26 و 2.33 كيلو الكترون فولط للسيزيوم واليود على التوالي وتكون مناسبة جداً في التصوير المتفلور.

تلامس مادة ايوديد السيزيوم الكاثود الضوئي (photo cathode) وهو طبقة رقيقة شفافة تتكون من مزيج من مركبات الانتيمون والسيزيوم. عند سقوط الضوء عليها يؤدي الى انبعاث الالكترونات منها حسب الظاهرة الكهروضوئية يتم توجيهها بواسطة عدسات الكترونية حيث المعدل الزمني لعدد الالكترونات المنبعثة يتناسب طردياً مع شدة الضوء الساقط اي انه يتناسب مع شدة الاشعة السينية الساقطة على طبقة الدخول المتفسفرة .

العملية الاولى لتكوين الصورة المتفلورة هو سقوط حزمة الاشعة السينية على المريض ثم نفوذها من جسمه بعد ان يتم توهينها بدرجات مختلفة تسقط هذه الاشعة الموهنة على الزجاج الامامي لانبوبة تقوية الصورة ثم على القاعدة الرقيقة للالمنيوم لطبقة فسفرة الدخول المكونة من (CsI) ، تتفاعل فوتونات الاشعة السينية مع الكاثود الضوئي فتبعث الكترونات ضوئية من الكاثود عدد الالكترونات الضوئية المتولدة يتناسب مع شدة الاشعة السينية الساقطة.

٢/ العدسات الإلكترونية:

تتكون هذه العدسات من مجموعة من الاقطاب ذات الشحنة الموجبة والموضوعة داخل انبوبة تقوية الصورة والغرض من هذه الاقطاب هو جمع الالكترونات عند انتقالها من الكاثود الى لوح فسفرة الدخول تتجمع على النقطة المعاكسة على لوح فسفرة الخروج ولغرض ان يكون التجمع غير مشوهاً فأن الالكترونات المنبعثة من الكاثود الضوئي يجب ان تقطع نفس المسافة بين لوح فسفرة الدخول والخروج وهذا يتطلب ان يكون لوح فسفرة الدخول بشكل منحني بحيث ان الالكترونات المنبعثة من المركز والحافات تقطع نفس المسافة.

٣/ انود التعجيل :

يكون الانود قرب نهاية انبوبة تقوية الصورة والغرض منة تعجيل الالكترونات المنبعثة من الكاثود الضوئي نحو لوح فسفرة الخروج وتكون قطبية الانود موجبة وذات جهد يتراوح بين ٢٥–٣٥ كيلو فولت نسبة الى الكاثود الضوئي .

٤/ لوح فسفرة الخروج:

يقوم هذا اللوح بتحويل الالكتونات الساقطة علية الى فوتونات ضوئية .ويتراوح قطر هذا اللوح بين ٢,٥–٥ سم وبسمك ٢–٤ ملم .ان كل الكترون ضوئي يسقط على لوح فسفرة الخروج يؤدي

الى انبعاث ٥٠-٧٠ فوتون ضوئي . ان قدرة انبوبة تقوية الصورة لزيادة شدة ضوء الصورة يسمى ربح الشدة والذي يساوي حاصل ضرب ربح التخفيف (minficationgain)وربح الفيض(flux gain).

ربح الشدة= ربح التخفيف x ربح الفيض

ربح التخفيف هو النسبة بين مربع قطر لوحة فسفرة الدخول الى مربع قطر لوحة فسفرة الخروج ان قطر لوحة فسفرة الدخول يتراوح بين ١٠-٣٥ سم.

ربح الشدة لمعظم انابيب تقوية الصورة يتراوح بين ٥٠٠٠-٢٠٠٠٠ ويناقص مع عمر الانبوب واستخدامه. تجمع الفوتونات بأستخدام مجموعة عدسات ومرايا واسقاطها على شاشة تلفازية

٤ - ٣ المستقبل الضوئي optical monitoring

تتكون هذه المنظومة من مجموعة من العدسات والمرايا والتي تكبر الصور المستلمة من لوح فسفرة الخروج وتسقطهاعلى زجاجة رؤية وهذه تسمى منظومة المرايا الضوئية ، ومن مساويء هذا النوع من الاستقبال اقتصار رؤية الصورة على فرد واحد في وقت واحد والصورة غير واضحة وذلك لفقدان كمية من الضوء نتيجة للامتصاص في هذه المنظومة الضوئية.

٤- ٤ المستقبل التلفازي:

تكون كلفة المستقبل التلفازي اكثر من كلفة المستقبل الضوئي ولكن هذا المستقبل يستخدم في الوقت الحاضر بشكل واسع حيث تقوية الصورة مباشرة الى كاميرا الانبوبة التلفازية المستخدمة بشكل شائع لاستقبال الصورة الشعاعية تسمى vidicon وتقوم هذه الانبوبة بتحويل الصور الضوئية الى اشارة كهربائية ترسل الى الشاشة التلفازية . ومن ميزات هذا الاستقبال :

١- امكانية السيطرة على مستوى الاضاءة والتباين الكترونياً.

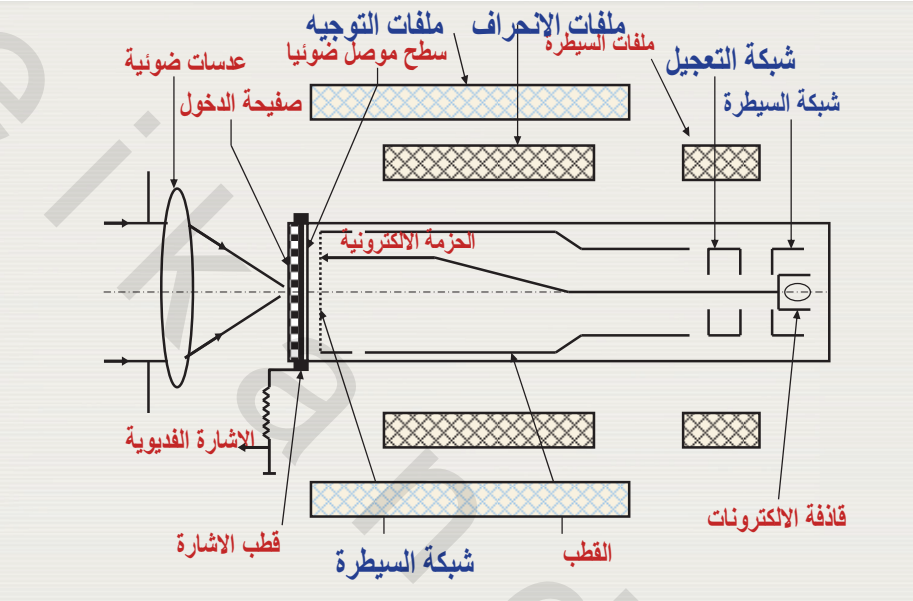
٢- رؤية الصورة من عدة مشاهدين في ان واحد وامكانية نقل الصورة الى مشاهدين خارج غرفة التصوير.

٣- يمكن خزن الصورة على شريط مغناطيسي او قرص مكتنز . ومن اهم اجزاء منظومة المستقبل التلفازي .

الكاميرا التلفازية :

تتكون الكاميرا التلفازية من قاذفة الكترونية لبعث الالكترونات بطريقة الانبعاث الايوني الحراري تتجمع الالكترونات بشكل حزمة الكترونية وتعمل بواسطة شبكة السيطرة control grid شكل (٤-٥). بأتجاه الانود كذلك يمكن نقل الحزمة وتجميعها في البؤرة بواسطة شبكات الكتروستاتيكية.

شكل ٤-٥ الكاميرا التلفازية

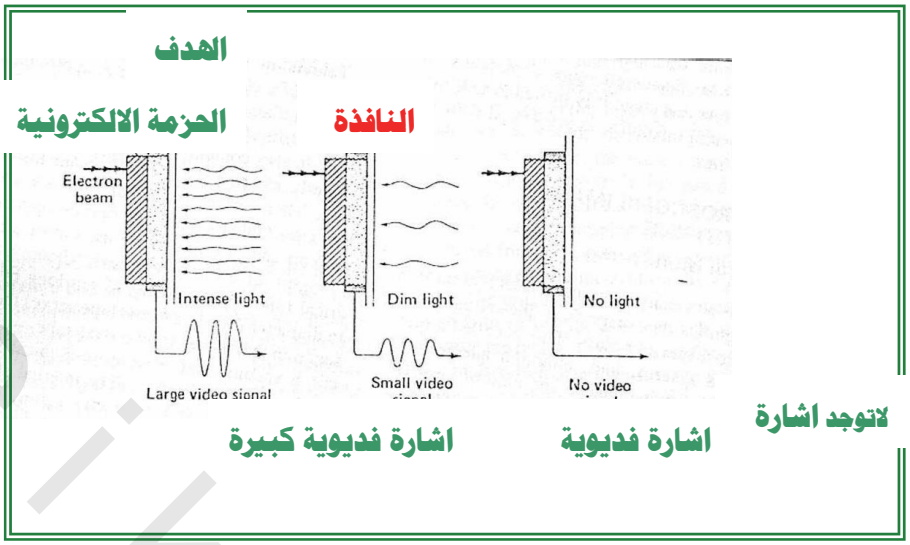


ان حجم الحزمة الالكترونية وموقعها يمكن السيطرة عليه بواسطة مجموعة من ملفات الكترومغناطيسية تسمى بملفات الانحراف وملفات التوجية وباستخدام تيار متناوب فأن حزمة الالكترون تتحرك نحو الاعلى والاسفل واليمين واليسار مكوناً الصورة، نتيجة لمرورالتيار خلال ملفات الانحراف وملفات الاستقامة.

اما الانود فانة يتكون من مجموعة الهدف والتي تتكون من ثلاث طبقات متصلة مع بعضها ، الطبقة الخارجية تسمى طبقة النفاذة وهي جزء زجاجي رقيق يطلى من الداخل بطبقة معدنية او كاربونية تسمى بقطب الاشارة (signal plat) او النافذة هذه الطبقة تكون رقيقة لكي تجعل الضوء ينفذ منها وتكون موصلة للكهرباء وتقوم هذه الطبقة بنقل الاشارة الفيديوية من الكاميرا الى الدائرة الكهربائية الخارجة اما الطبقة الثانية فتتكون من سطح موصل ضوئياً photo (conductive) يتكون من مادة كبريتات الانتيمون الثلاثية حتى ان سقوط الضوء على هذه المادة يجعلها موصلة كهربائية وعازلة في الظلام (شكل ٤-٦)

اما الطبقة الثالثة فهي صفيحة الدخول.

شكل ٤-٦ هدف الكاميرا التلفازية



عندما يسقط الضوء المنبعث من انبوبة التقوية على نافذة مجموعة الهدف فأنها تنتقل خلال طبقة الاشارة الى الهدف، وعندما تسقط حزمة الالكترونات على نفس الجزء من الهدف في نفس الوقت فأن قسم من هذه الالكترونات سوف تنتقل خلال الهدف الى طبقة الاشارة حيث تنتقل الى الخارج بشكل اشارة فيديوية فاذا كانت هذه المساحة مظلمة فلا تتولد اشارة فيديوية حيث ان الاشارة الضوئية تتناسب مع شدة الضوء.ولغرض توصيل الكاميرا التلفازية مع انبوبة تقوية الصورة فان قطر نافذة الكاميرا التلفازية تكون مساوية الى قطر

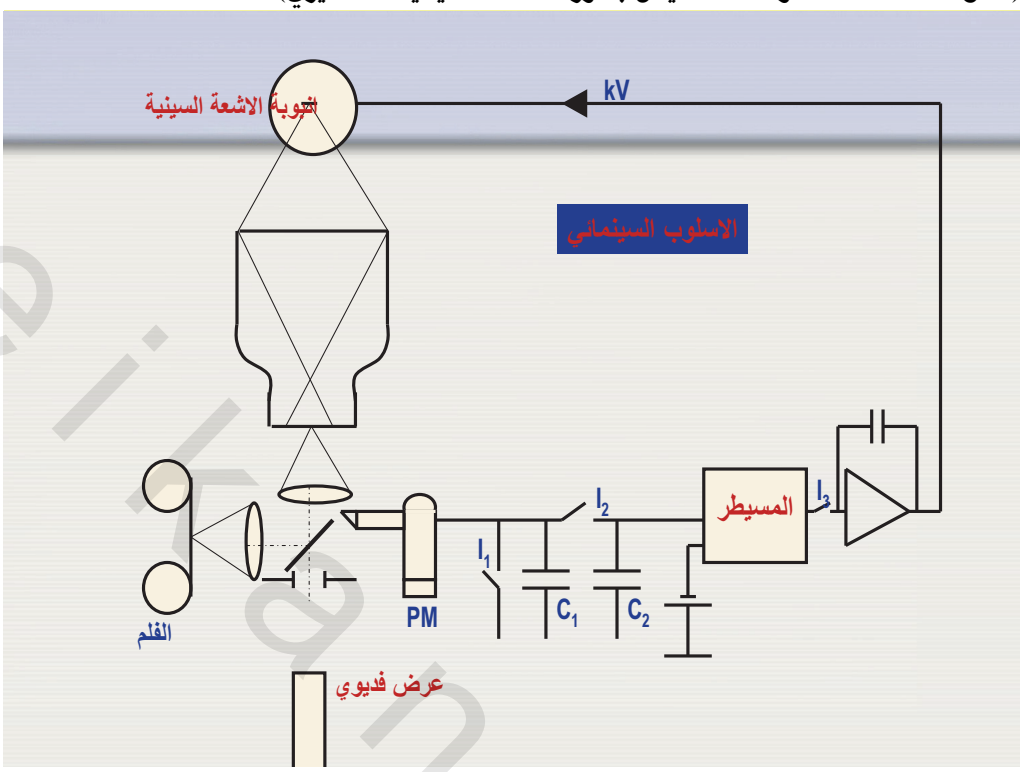
فسفرة الخروج في انبوبة تقوية الصورة والذي يتراوح بين ٢،٥ –٥ سم ويقسم هذا التوصيل الى قسمين الاول حزمة من الالياف الضوئية سمكها بضع مليمترات وتحتوي على الاف الالياف الزجاجية لكل مليمتر مربع ومن مزايا هذا النوع من الاتصال هو صغر الحجم ولذلك يسهل التعامل معه، وتكون المنظومة متماسكة ، اما اهم مساويء هذا الاتصال فهو عدم امكانية اضافة اجهزة تصوير اضافية مثل كاميرا الافلام النقطية او الافلام السينمائية. ولغرض اضافة اجهزة التصوير الاضافية يتطلب ذلك اضافة مجموعة من العدسات والمرايا لذلك يتطلب التعامل بحذر عند اضافة العدسات لتبقى مستقرة في موقعها لان انحراف العدسات والمرايا يؤدي الى ان تكون الصورة غير واضحة . يسقط الضوء المنبعث من فسفرة الخروج في انبوبة تقوية الصورة على العدسة الشيئية ويتحول الى حزمة ضوئية متوازية ينعكس جزء منها بواسطة المرآة المجزئة للحزمة الى كاميرا الافلام النقطية والجزء الاخر من الضوء يتراوح بين ١٠%–

٩٠% ينفذ الى الكاميرا التلفازية ، الشكل (٤-٧) . وبذلك يمكن في هذا النوع من المنضومات رؤية الصورة الشعاعية تلفازياً وتصويرها في ان واحد . تتضخم الاشارة الفديوية وتنقل الى شاشة تلفازية بواسطة الاسلاك لتكون صورة مرئية. تكون الشاشة التلفازية احد نهايات المنظومة التلفازية المقفلة. اما النهاية الاخرى فهي الكاميرا التلفازية . يوجد فرق بين المنظومة المغلقة التلفازية للاشعة السينية وتلفزيون البيت الاعتيادي حيث ان الاول لايحتوي على صوت او اختيار القناة المناسبة وكل مايحتويه هذا النظام هو اختيار التباين وشدة الاستضاءة.

٤- ٥ الصورة التلفازية

الصورة التلفازية المتكونة على الشاشة تتكون نتيجة لتحويل صورة الضوء المرئي الخارجة من فسفرة الخروج لانبوبة تقوية الصورة الى اشارات كهربائية فديوية تتولد من حزمة الالكترونات الثانية للكاميرا التلفازية والتي تكون الصورة المعنية التنظيرية . كل من حزمة الالكترونات الثابتة للكاميرا التلفازية وحزمة الالكترونات المضمنة للصورة تنقل الاشارات الكهربائية وتسقط على الشاشة بشكل خطوط افقية عددها يختلف من منظومة تلفازية الى اخرى ولكن التلفاز التجاري الشائع الاستخدام يستخدم عدد من الخطوط مقدارها ٥٢٥ تنتشر على الشاشة سواء كانت هذه الشاشة صغيرة او كبيرة . يمكن رؤية الصورة التلفازية بواسطة انبوبة الاشعة الكاثودية CRT والذي يتكون من غلاف زجاجي يحتوي احد اطرافه على نافذة الكترونية ومجموعة من الملفات الخارجية لحرف الحزمة او تجميع الحزمة في البؤرة . اما الانود فيتكون من شاشة كبيرة متفلورة مبطنة من الداخل بالكرافيت . يمكن رؤية الصورة التلفازية بواسطة انبوبة الاشعة الكاثودية CRT والذي يتكون من غلاف زجاجي يحتوي احد اطرافه على نافذة الكترونية ومجموعة من الملفات الخارجية

(شكل ٤-٧ مخطط لمنظومة التشخيص بفلورةالاشعة السينية التنظيري)

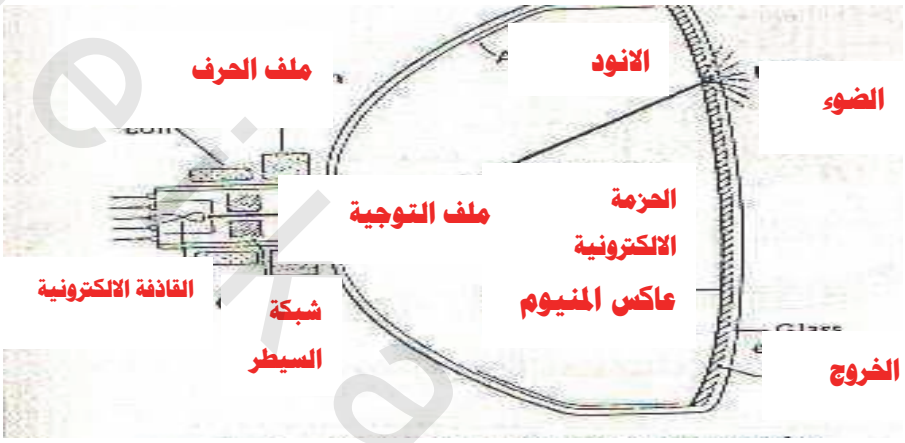


لحرف الحزمة او تجميع الحزمة في البؤرة . اما الانود فيتكون من شاشة كبيرة متفلورة مبطنة من الداخل بالكرافيت .

تضمن Modulate الاشارة الفديوية المستلمة والتي تتناسب مباشرة مع شدة الضوء الساقط المستلم بواسطة الكاميرا ، ان شدة الحزمة الالكترونية يمكن السيطرة عليها بواسطة شبكة السيطرة والتي تلامس القاذفةالالكترونية.

obeikandi.com

شكل ٤-٨ القاذفة الالكترونية



وتظهر الصورة بشكل خطوط تمسح شاشة القاذفة الالكترونية .

obeikandl.com