

螢光增感紙의 基礎와 應用

高麗大學校 保健專門大學 放射線科

許 俊

Basic Principles and Clinical Applications of Intensifying Screens

Joon Huh

Dept. of Radiologic Technology, Junior College of Public Health and Medical Technology, Korea University

X線이 1895년 독일의 렌트겐에 의해서 발견된 것은 잘 알려져 있으나 螢光增感紙의 역사는 의외로 알려지지 못하고 있다. 1896년 美國의 토마스·에디슨은 X선을 흡수한 형광체가 발광하는 것을 발견하여 형광증감지가 실용화되는 계기를 만들었다. 그리고 X선이 발견된지 2년 후인 1897년 $CaWO_4$ 을 사용한 형광증감지가 실용화되어 그후 $CaWO_4$ 은 형광증감지용 형광체로서 근 90년간 사용되어 왔다.

현재 螢光增感紙는 감도, 화질, 촬영법 등 사용목적에 따라 다양화되고 그 기술은 발전하였다.

최근 X선사진촬영기술의 동향은 X선발생장치의 성능향상으로 고관전압촬영, 고속촬영, 미소초점의 X선판사용 등 촬영기기의 개선을 포함한 診斷能의 向上에 형광증감지와 X-ray film system의 화상평가 연구는 일반화되고 있는 것이 현실이다.

형광증감지는 稀土類螢光體 등의 응용으로 형광체의 종류도 많고 각종 필름과 연결시킨 시스템등 다양화되었다. 이와같이 형광증감지와 X선필름은 시스템으로서 중요한 관계를 가지고 있다.

본 講座에서는 螢光增感紙의 기초지식을 理解하는데 도움이 될 수 있도록 기술하는 바이다.

I. 螢光體

1. 螢光體와 發光

1) 發光現象

형광체는 빛, X선 등의 방사선, 전자선 등의 자극에너지를 흡수하거나 열, 마찰, 화학물질의 접촉이 誘因이 되어 물질내에서 電子遷移로 발광되었다.

電子遷移라 함은 안정상태의 전자가 자극에너지에 의해 불안정한 상태로 되는 것으로 이때 안정된 상태로 되돌아가는 작용이 있으며 이때문에 에너지가 방출되고 이 방출에너지가 發光現象으로 된다. 이와같은 발광현상을 자극에너지에 따라 빛발광, X선발광, 전자선발광 등이라 한다.

2) 殘光

형광체는 같은 자극에너지를 받아도 發光되는 시

Table. 1 형광체의 발광시간의 분류

감쇄형	대체적인 잔광시간	감쇄법칙	온도의존성	광전도성
형광	단, $10^{-1} \sim 10^{-8}$ sec	지수곡선	없다	없다
준안전형광	약간길다, 1~수초	지수곡선	약간 있다	없다
인광	길다, 수초~수십일	쌍곡선	심하다	있다

Table.2 대표적인 각종 형광체

분류	물 질 명	조 성	자극의 종류에 의한 발광 ※					발광색	발광극대파장 (Å)	용 도
			음극선	짧은선	자외선	X선	자외선			
순수형	1 텅스텐산 칼슘	CaWO ₄	◎	◎	×	◎	청	4250	증감지, 형광등, 오실로판	
	2 텅스텐산 마그네슘	MgWO ₄	◎	◎	×	◎	청백	4930	형광등	
부활형	3 염화칼륨·탈륨	KCl : Tl	○	○	×	○	청록	2990, 3850, 4570 5400, 6100	연구용	
	4 옥화세슘·나트륨	CsI : Na	◎	○	○	◎	청	4100	I.I 용	
	5 불화염화바륨·유로퓸	BaFCl : Eu	◎	○	○	◎	청자	3900	X선용	
	6 칼슘·비스무트	CaS : Bi	○	○	◎	○	자	4580	야광도로, 야광플라스틱	
	7 황화스트론튬·사마륨·세륨	SrS : Sm : Ce	○	○	◎	○	청록	4850	적외선검지기	
	8 황화아연·은	ZnS : Ag	◎	○	◎	◎	청	4350, 4500	칼라TV관, 백흑TV관, 증감지	
	9 황화아연카드뮴·은	ZnCdS : Ag	◎	○	◎	◎	황록	(63/37) 5250	투시용형광판	
	10 "	"	◎	○	◎	◎	황록	(56/44) 5400	간활용형광판	
	11 황화아연·금·알루미늄	ZnS : Au : Al	◎	◎	◎	○	황록	5550	백흑TV관	
	12 황화아연·동	ZnS : Cu	◎	○	◎	◎	황록	5160	야광도로, 레이더관, EL용	
	13 황화아연·동·알루미늄	ZnS : Cu : Al	○	○	◎	◎	황록	5300	칼라TV관	
	14 황화아연·동·코발트	ZnS : Cu : Co	◎	○	◎	○	황록	5160	화상반전장치	
	15 황화아연·망간	ZnS : Mn	◎	○	◎	○	등	5850	투명브라운관	
	산화물계	16 산화아연·아연	ZnO : Zn	◎	○	◎	○	담록	3850, 5050	flying spot 관
		17 규산바륨·연	BaSi ₂ O ₅ : Pb	○	◎	×	○	자외	3500	복사기용
18 규산아연·망간		Zn ₂ SiO ₄ : Mn	◎	◎	×	○	녹	5250	형광등, 오실로판, 전자현미경	
19 규산마그네슘·테르븀		Mg ₂ SiO ₄ : Tb	—	—	—	—	청록	4900	열형광선량계	
20 황산바륨·유로퓸		BaSO ₄ : Eu	○	○	×	◎	자외	3750	X선용	
21 붕산마그네슘·테르븀		MgB ₄ O ₇ : Tb	—	—	—	—	청록	4900	열형광선량계	
22 인산칼슘·세륨		Ca ₃ (PO ₄) ₂ : Ce	○	◎	×	○	자외	3600	자외선형광등	
23 인산칼슘·세륨·망간		Ca ₃ (PO ₄) ₂ : Ce : Mn	○	◎	×	○	적	3600, 6500	형광등	
24 팔구인산칼슘·안티몬·망간		3Ca ₃ (PO ₄) ₂ : Ca : (FCl) ₂ : Sb : Mn	○	◎	×	○	백	4850, 5800	형광등	
25 인산바륨·유로퓸		Ba ₃ (PO ₄) ₂ : Eu	○	○	○	◎	청	4200	X선용	
26 황산바륨·연		BaSO ₄ : Pb	○	×	×	◎	자외	3800	증감지	
27 바나듐산이트륨·유로퓸		YVO ₄ : Eu	○	○	◎	○	적	6180	고압수은등	
28 산화이트륨·유로퓸		Y ₂ O ₃ : Eu	◎	◎	○	○	적	6113	칼라TV관	
29 산황화이트륨·유로퓸		Y ₂ O ₂ S : Eu	◎	◎	○	○	적	6263, 6167	칼라TV관	
30 산황화이트륨·테르븀		Y ₂ O ₂ S : Tb	◎	◎	○	○	청백	4180, 4400, 5450	X선용	
31 산황화가돌리튬·테르븀		Gd ₂ O ₂ S : Tb	◎	◎	○	◎	녹	4180, 4900, 5450	X선용	
32 산황화란탄·테르븀		La ₂ O ₂ S : Tb	◎	◎	○	◎	녹	5450, 4900	X선용	
33 산취화란탄·테르븀		LaOBr : Tb	◎	◎	◎	○	청백	3800, 4150, 4400, 5450	X선용	

※ ○ 발광하는 것 ◎ 강하게 발광하는 것 × 거의 발광하지 않는 것

간은 각기 다른 경우가 있다. 이것은 減衰時間의 差에 따르며 잔광시간이라 한다. 잔광시간에 따라 螢光, 準安定螢光, 燐光으로 분류되고 있으며, 이것을 Lu-minescence 라 한다.

2. 螢光體의 應用

형광체는 자외선, X선, 감마선 등의 전자파 및 알파선, 베타선, 전자선 등의 粒子線의 에너지를 받으면 基底狀態의 전자가 勵起狀態로 된다. 여기상태가 되면 에너지를 방출하고 熱平衡의 상태로 돌아오는 성질이 있기 때문에 그 방출되는 에너지는 螢光이 된다.

우리 주변에는 형광등, 수은등, TV 등이 있으며, X선화상관계에서는 형광증배관(I.I.), 형광증감지 등이 있다.

각기 형광체는 사용목적에 따라 적합한 성질과 특징을 가지고 있다(Table 2 참조).

3. 螢光增感紙用 螢光體의 性質

형광체는 勵起되는 에너지에 따라 吸收效率이 틀리고 發光效率도 차이가 있다. 형광증감지의 형광체를 여기시키는 에너지로는 물질의 투과력이 강한 X선이 사용되고 있다. 또한 형광증감지는 몇 년씩 오래 반복 사용되기 때문에 다음 성질을 구비해야 한다.

1) 螢光增感紙用 螢光體의 X線吸收效率

X선여기가 광(光)여기나 전자선여기와 틀린점은

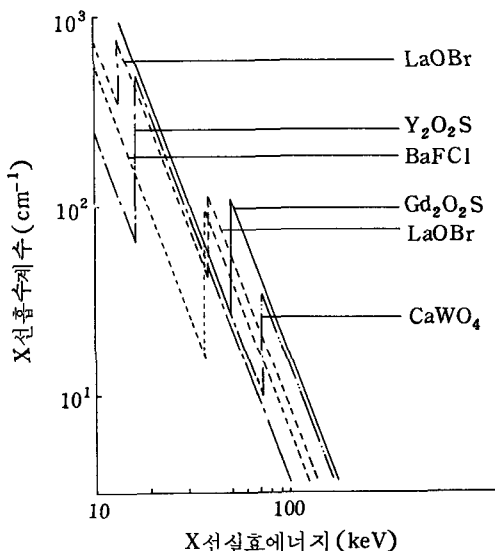


Fig. 1 증감지용 형광체의 X선흡수효율

X선여기는 형광체의 에너지흡수가 작고 效率이 좋지 못한 것이다. 따라서 X선흡수율이 큰 형광체 즉 원자번호가 큰 물질이 사용되고 있다. 그중에서도 고감도시스템에 쓰여지는 회트류 형광체는 X선에너지의 특정영역에서 특히 흡수효율이 크다(Fig. 1 참조).

2) 環境에 對한 化學的인 安定性

형광증감지의 형광체는 CRT나 I.I.tube 등과 같이 밀폐된 용기내에서 사용하는 것이 아니며 大氣中에서 사용된다. 따라서 고온, 고습 등 환경에 따라 화학적 변화가 일어나기 때문에 안정된 물질을 선택해야 한다. I.I.tube에 사용되는 형광체 CsI:Na 등은 형광증감지에는 쓸 수 없다.

II. 螢光增感紙와 螢光板

1. 螢光增感紙와 螢光板의 使用方法

X선사진 촬영법에는 직접촬영과 간접촬영법이 있으며 형광증감지는 직접촬영법에, 형광판은 간접촬영법과 투시에 사용된다.

1) 直接攝影法

직접촬영법은 형광증감지를 필름에 밀착시키고 X선형광상을 필름에 직접 감광시키는 방법이다. X선사진이라 할 경우 거의 대부분이 직접 X선사진에 관한 것이다(Fig. 2 참조).

2) 間接攝影法

간접촬영법은 형광판의 형광상을 광학계를 사용하여 필름면에 結像시키고 촬영하는 방법이다(Fig. 3 참조).

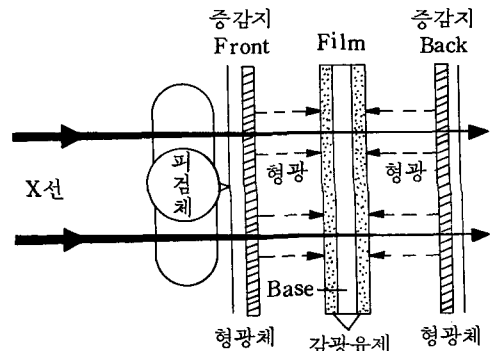


Fig. 2 직접촬영법

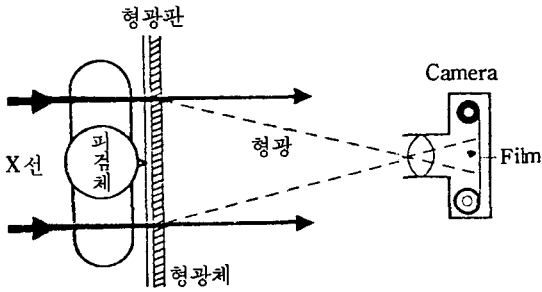


Fig. 3 간접촬영법

3) X線透視와 螢光板의 發光스펙트럼

형광판은 종래부터 X선투시에 이용되어 왔으나 X선TV장치가 보급되고 있는 현재, 단순한 투시법에 이용되는 형광판은 그 利用이 감소되고 있다.

형광판은 어둡게 보이므로 투시용형광판은 肉眼의 視感度曲線에 가까운 발광스펙트럼이 있게 만들어졌다(Fig. 4 참조).

4) I.I 間接攝影法

I.I. 관(Image Intensifier Tube)을 사용한 촬영법으로 I.I. 관은 입력형광면에서 X선을 받아 형광상을 光電子로 하여 集中電極으로 모아 출력형광면에서 像을 결합시키는 것이다.

형광판의 형광상을 촬영하는 간접촬영법에 비해서 X선량을 몇 십분의 1로 감소시킬 수 있기 때문에 촬영매수가 많은 胃의 집단검진 등에 이용되고 있다 (Fig. 5-1, 2 참조).

2. 螢光增感紙와 構造

1) 螢光增感紙

형광증감지는 형광체층을 지지하는 Base가 있고 Base와 螢光體層 사이에는 중간층이 있다.

중간층은 형광을 흡수 또는 반사시키는 역할을 하고 있다. 보통 흡수층이 있는 것은 高鮮銳度型으로 형광의 반사와 확산을 방지하는 것이 목적이다.

최근 고선에도형의 형광증감지에 Black base를 사용하여 흡수층을 결한 것이 많이 있다. 보통 反射層이 있는 것은 고감도형의 형광증감지로 형광의 반사를 이용하여 감도를 증대시키는 것이다.

형광체층의 상층부에는 보호층이 있다. 보호층은 형광체층의 손상 또는 가스, 약품 등에 의한 侵蝕이나 오염을 방지하고 있다(Fig. 6-1, 2 참조).

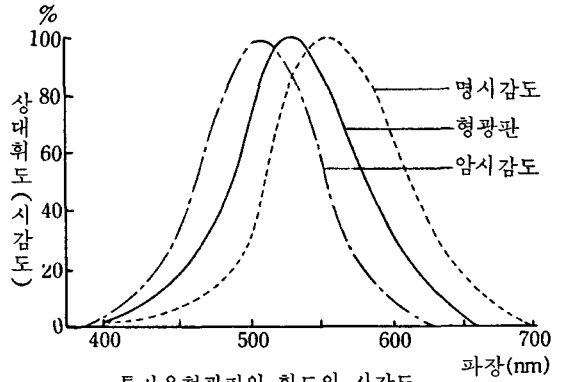


Fig. 4 투시용형광판의 발광스펙트럼

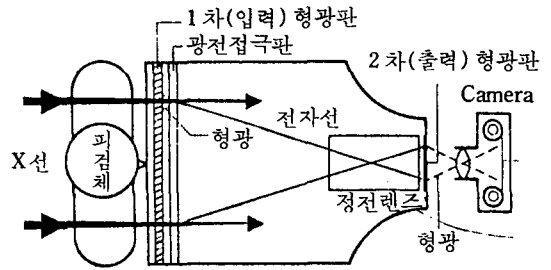


Fig. 5-1 I.I 간접촬영법

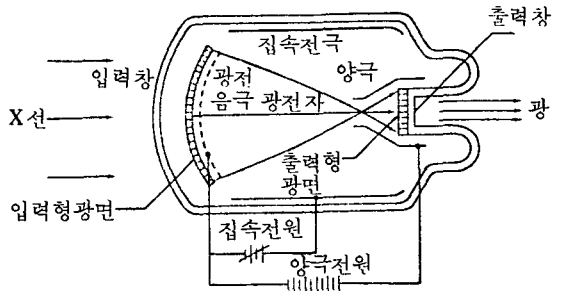


Fig. 5-2 I.I의 구조도

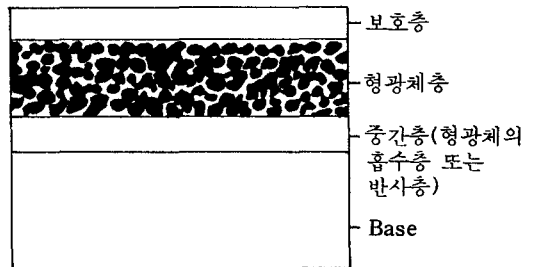


Fig. 6-1. 형광증감지의 구조

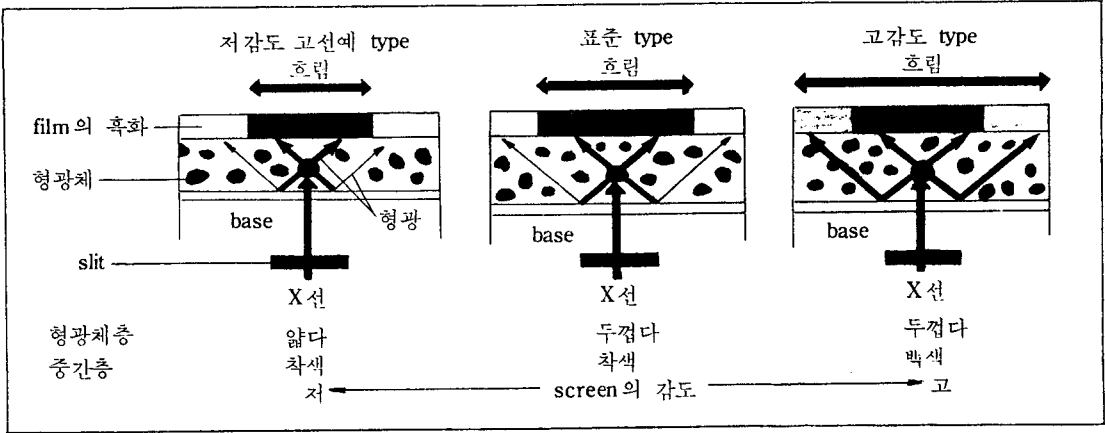


Fig. 6-2. 증감지의 감도와 선예도

2) 金屬螢光增感紙

특수증감지인 금속형광증감지가 보통 형광증감지와 구조적으로 차이가 있는 것은 Base와 형광체층 사이에 鉛箔層이 있는 것이다. 연박층의 역할은 고관전압 촬영의 경우 고에너지 X선을 2차선으로 변화시켜 2~4배정도 형광체층에 흡수를 잘 시키게 하며 또한 저에너지 산란선을 제거시키는 작용이 있다.

따라서 100 kV 이상의 고관전압촬영에서 금속형광증감지를 사용하는 이유는 인체의 두꺼운 부위에서 피사체대조도를 좋게 할 수 있어 일반 형광증감지에 비해 대조도 및 선예도가 좋은 X선사진이 될 수 있는 까닭이다(Fig. 7 참조).

3) 螢光體層의 構造

형광체층의 구조는 다음 3종류로 되어 있다(Fig. 8 참조).

① 均一層構造

均一層構造는 粒子的 크기가 동일한 것이 형광체 전체에 균일하게 분산되어 있으며 표준화질형은 이 구

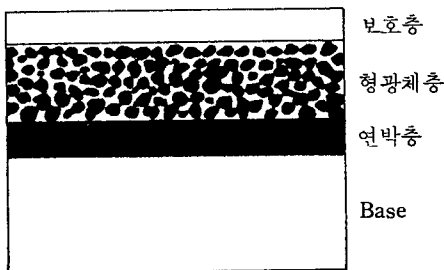


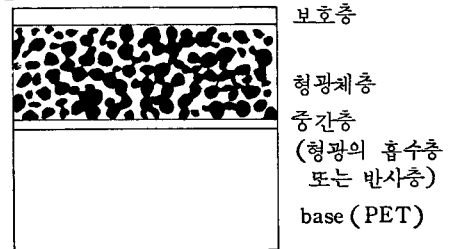
Fig. 7. 금속형광증감지의 구조

조로 되어 있다.

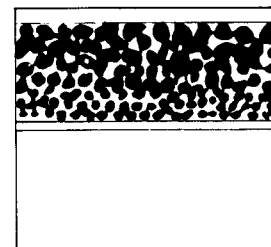
② 傾斜粒經構造

경사입경구조는 형광증감지의 표면 가까운 곳에 비

(a) 均일층구조



(b) 경사입경구조



(c) 2층구조

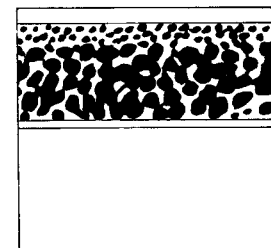


Fig. 8. 형광체층의 구조

교적 큰 입자가 있고, Base에 가까운 곳 즉 필름의 감광면에서 떨어진 곳은 小粒子로 되어 빛의 확산을 작게 하면서 높은 감도를 낼 수 있다. 고선예도형은 이 구조로 되어 있다.

③ 二層構造

2층구조는 上層과 下層이 자기 틀리는 형광체 즉 상층은 CaWO_4 , 하층은 회토류형광체 등을 사용한 것이 있으나 회토류증감지를 쓸 경우에는 粒狀性을 개선할 수 있지만 선예도는 저하된다. 이 구조는 초고감도형으로 입상성을 주로 한 형광증감지이다.

3. 螢光增感紙의 役割과 効果

인체를 투과한 X선은 인체조직 즉 뼈, 근육, 지방, 공기 등에 따라 X선흡수가 틀리기 때문에 X선 強弱의 분포로 X선상이 형성된다.

X선필름이 X선상을 받아 X선사진이 형성된다. 그러나 X선은 투과력이 강하므로 필름에 흡수되는 것은 몇 %에 불과하고 대부분은 투과된다.

형광증감지는 투과되는 X선을 빛으로 변환하여 필름에 흡수가 잘 되도록 감광효과를 증가시키는데 있다.

1) 螢光體層의 X線吸收效率 (n_a 로 나타낸다)

형광증감지의 형광체층은 ^{74}W , ^{56}Ba , ^{82}Pb , ^{20}Ca 및 ^{57}La , ^{63}Eu , ^{64}Gd , ^{65}Tb , ^{39}Y 과 같

이 원자번호가 큰 원소를 포함하고 있으며 100~300 μm 의 두께가 있어 조사된 X선의 몇 십%가 흡수된다.

2) X선에서 빛으로 變換시키는 效率

(n_c 로 나타낸다)

형광체는 흡수된 X선을 빛으로 변환시키고 있으나 X선량의 몇 %~몇 십%만이 빛으로 변환된다.

3) 螢光體層을 빛이 透過하는 效率(n_t 로 나타낸다)

변환된 빛은 형광체층에서 몇 십%가 흡수되고 나머지가 필름에 작용된다.

이상과 같이 3개의 효율을 곱한 숫자가 입사 X선량의 에너지傳達系가 된다. 증감지가 조사 받은 X선량의 몇 % 정도가 필름에 감광으로 기여하는가를 예를 들어 계산한다.

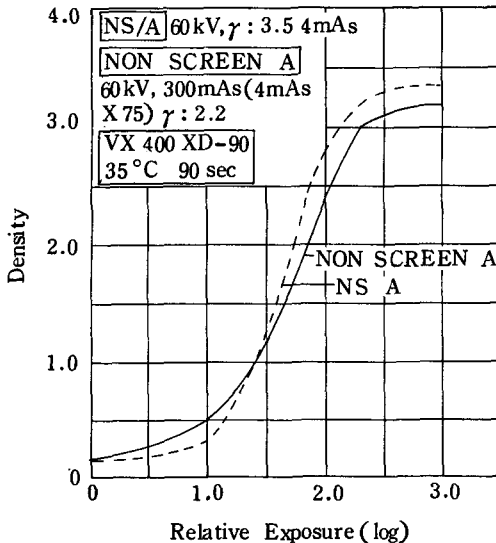
(例)

① 형광체층의 X선흡수효율은 입사 X선량의 30%로 하고,

② 빛으로 변환되는 효율은 흡수된 X선량의 8%로 하고,

③ 형광체층을 투과하고 필름에 도달된 빛을 50%로 하면

[X선흡수효율] × [빛의 변환효율] × [빛의 투과



• 감도

NS Screen을 사용할 경우와 비교해서 non screen으로 동일농도를 내기 위해서는 60 kV에서 75배의 X선량이 필요하다.

• Contrast

Screen 있을 때와 없을 때의 콘트라스트는 틀리며 Screen 사용시와 비교하면 콘트라스트는 저하된다.

Fig. 9 형광증감지의 유무에 따른 특성곡선의 형태

을]

이므로 $0.3 \times 0.08 \times 0.5 = 0.012$ 가 되어, 입사 X 선량의 1.2%가 필름의 감광에 기여되어 형광증감지의 에너지전달체가 된다.

이 결과로서는 형광증감지를 사용해도 별 기여도가 없다고 생각되나 형광증감지가 유효하게 사용되는 이유는 다음과 같다.

형광증감지는 X선양자를 많은 光子로 변환, 필름에 잘 흡수되게 한다. 다음은 그 계산에 이다.

(例)

① 인체를 투과한 0.02 nm의 X선量子 1 개가 430 nm의 光子로 변환되므로 이 경우 $430 \div 0.02 = 21,500$ 즉 21,500 개의 光子로 되는 것이다.

② 이 형광증감지의 에너지傳達率 0.012에 곱하면 $21,500 \times 0.012 = 258$ 이 되고 1 개의 X선量子가 형광증감지에 조사되면 258 개의 光子로 변환되어 필름의 감광작용에 효과있게 기여하게 된다.

따라서 형광증감지를 사용하는데 따라 다음과 같은 효과가 있다.

- 촬영시간을 대폭 단축시킬 수 있다.
- 인체의 피폭선량을 대폭 경감시킬 수 있다.
- X선사진의 Contrast 가 좋아진다.

이와 같은 장점이 있으나 빛으로 변환시키기 때문에 빛의 반사나 확산에 따라 선예도가 저하되는 결

점이 있다. 그러나 인체장기의 호흡 또는 심장박동에 의한 움직임 등을 단시간촬영으로 방지할 수 있다.

형광증감지를 사용하지 않는 촬영은 유방촬영이나 치과촬영의 일부로 한정되어 있다.

4. 螢光增感紙의 種類

형광증감지의 종류를 분류할 경우에 보통 형광체의 종류에 따라 하고 있으나 최근에는 필름과 시스템의 적합성이 중심으로 되어 있다(Table 3 참조).

1) Regular (靑色感性) 필름用 螢光增感紙

형광체로서는 CaWO_4 이 일반적이고 가장 많이 사용되고 있다. 기타 $\text{BaSO}_4 - \text{Pb}$ 및 희토류계의 $\text{BaSO}_4 : \text{Eu}$, $\text{BaFCl} : \text{Eu}$, $\text{LaOBr} : \text{Tb}$ 등이 있다. 이들 형광증감지의 발광색은 청색 또는 자색의 Regular 필름의 감색성과 적합하다(Fig. 10-1 참조).

2) Orthochromatic (綠色感性) 필름用 螢光增感紙

형광체로서는 희토류계의 $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S} : \text{Tb}$ 가 주체로 사용되고 있으나 제조회사에 따라서는 $\text{La}_2\text{O}_2\text{S} : \text{Tb}$, $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S} : \text{Tb}$ 등이 混用되고 있는 것도 있다. 모두 발광색은 녹색이나 실제로는 약한 청색발광도 포함되고 있으며 orthochromatic 필름의 감색성에 적합하다

Table.3 증감지와 형광체

maker	system	screen	형 광 체	발광색	
				청	녹
Sakura	high ortho	KS, KN, KH, KU	$\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S} : \text{Tb}$	-	○
		KG	$(\text{Y}, \text{Gd})_2\text{O}_2\text{S} : \text{Tb}$	○	○
		KF, KM	$\text{BaFCl} : \text{Eu} + \text{Gd}_2\text{O}_2\text{S} : \text{Tb}$	-	○
	N series	ND, NL, NS, NM, NH, NU	CaWO_4	○	-
	S series	SD, SM, SH	"	○	-
Toshiba	L series	LD, LM, LU	$(\text{Y}, \text{Gd})_2\text{O}_2\text{S} : \text{Tb}$	○	○
	E series	ED, EM, ES, EU	CaWO_4	○	-
	D series	DD, DMS, DS, DU	"	○	-
Fuji	Grenex	G-3, G-4, G-8, G-12	$\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S} : \text{Tb}$	-	○
	High screen	Standard, H-3	CaWO_4	○	-
Kyokko	Rare earth	RE-Special	$\text{BaFCl} : \text{Eu} + \text{CaWO}_4$	○	-
	B series	BF-Ⅲ, BM-Ⅲ, BH-Ⅲ, BX-Ⅲ	CaWO_4	○	-
	L series	LF-Ⅱ, LT-Ⅱ, LH-Ⅱ, LX-Ⅱ	CaWO_4	○	-
	S series	FS, MS, HS, New-SS	"	○	-

maker	system	screen	형광체	발광색	
				청	녹
Kyokko	CL series	CL-100, 160, 250, R 500	CaWO ₄	○	—
	AS series	AS-250, 330, R 500	"	○	—
Kodak	Lanex	Fine, Medeium, Regular, Fast	Gd ₂ O ₂ S:Tb(La ₂ O ₂ S:Tb)	—	○
	X-Omatic	Fine, Regular, Rapid, Super Rapid	BaSrSO ₄	○	—
Dupont	Cronex	Quanta-Detail		○	—
	"	Quanta-II	BaFCl :Eu	○	—
	"	Quanta-III	LaOBr :Tb	○	—
	"	Quanta-V	Gd ₂ O ₂ S:Tb + La ₂ O ₂ S: Tb	—	○
Agfa	Curix Ortho MR	Fine, Medium, Regular	Gd ₂ O ₂ S:Tb	—	○
		MR-50, 200, 400, 600, 800	LaOBr :Tb	○	—
		Fine, Universal, Special	CaWO ₄	○	—
3 M	Traimax	2, 4, 6, 8, 12, 16	Gd ₂ O ₂ S:Tb	—	○
Siemens	Titan-2	HS, U, D	(Rare Earth)	○	○
		Special, Saphir, Rubir, Rubir Super	CaWO ₄	○	—
Philips	Azuray	Micro, Universal, Ultra-S	CaWO ₄	○	—
		N3, S2		○	—

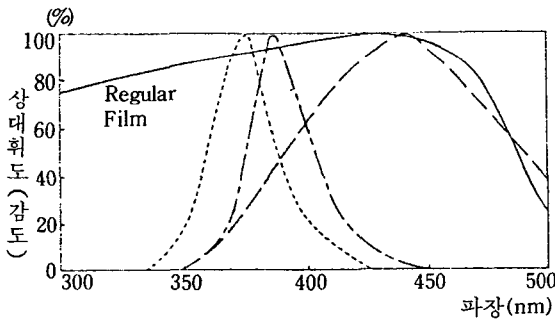


Fig.10-1 형광증감지의 발광분포와 필름의 분광감도분포

(Fig. 10-2 참조).

3) Regular, Orthochromatic 兼用の 螢光増感紙
일본에서는 Toshiba, 미국에서는 MCI (GAF)에서 제조하고 있다. 다같이 형광체는 (Y,Gd)₂O₂S : Tb 또는 Gd₂O₂S : Tb + Y₂O₂S : Tb 을 사용하고 있다. 이 형광증감지는 Y가 강한 청색발광과 Gd의 강한 녹색발광이 있으며 실제 발광색은 청록색이다 (Fig. 10-3 참조).

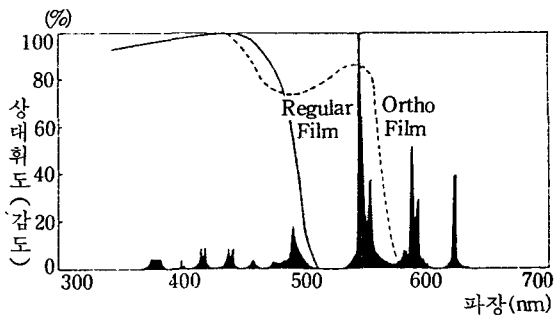


Fig.10-2 Gd₂O₂S:Tb

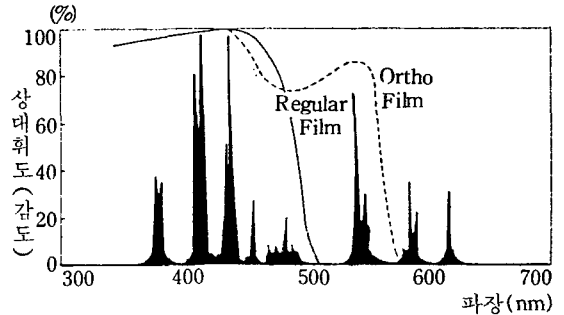


Fig.10-3 Y₂O₂S:Tb

Ⅲ. 螢光增感紙와 X선필름시스템

1. 螢光增感紙의 發光스펙트럼과 필름의 感色性

1) 螢光體와 發光스펙트럼

형광증감지와 필름의 시스템감도는 다음 4 단계로 된 효율의 곱으로 되어 있다.

- n_a : 형광체가 X선에너지를 흡수하는 효율
- n_c : 흡수한 X선에너지를 빛으로 변환하는 효율
- n_t : 형광체의 발광이 형광체층을 투과하는 효율
- n_f : 형광체의 발광스펙트럼과 필름의 감색성이 적합되는 효율

따라서 시스템감도(S)는 다음식으로 나타낸다.

$$S = n_a \times n_c \times n_t \times n_f$$

n_a , n_c , n_t 는 이미 설명한 바와 같으나 n_f 에 대해서는 다시 설명하면 형광증감지가 어떤 파장범위에 발광되는 빛에 효율적으로 필름을 감광시키기 위해서는 필름이 형광증감지의 발광스펙트럼과 동일한 파장 영역의 감색성 또는 포함할 수 있는 파장영역의 감색성이 있어야 한다.

2) X線필름의 感色性

직접촬영용 X선필름을 감색성에 따라 분류하면 Regular type 와 Orthochromatic type 로 된다.

① Regular type (靑色感色性 또는 非整色性)

Regular type는 할로겐화는 입자의 고유한 감색성이다.

일반적으로 沃臭化銀유제가 쓰여지고 있어 가시광선에서는 530nm보다 짧은 파장의 빛(靑~靑色)에 감광이 되나, 530 nm보다 긴 파장(綠~黃~赤色)에

는 거의 감광되지 않는다. 따라서 $CaWO_4$ 등과 같은 청색발광의 형광체를 사용한 형광증감지와 시스템화가 가능하다.

530nm보다 긴 파장 즉 녹색을 주로 발광하는 형광체를 사용한 형광증감지와외의 시스템에서는 그 효율이 저하된다.

② Orthochromatic type (綠色感色性 또는 整色性)

Orthochromatic type 이라 함은 할로겐화는 입자표면에 증감색소를 흡착시키며 할로겐화는 입자 고유의 감색영역보다 장파장측의 빛(綠~黃色)까지 감광되게 光學增感을 한 필름이다. 장파장측의 감색성은 감광색소의 종류에 따르나 560 nm~580 nm까지 감광되게 되어있다. 회토류 형광체의 $Gd_2O_2S : Tb$ 은 主發光이 540 nm 부근에 있으므로 이 형광체를 쓰고 있는 형광증감지는 orthochromatic 필름과의 시스템화가 일반적으로 잘 알려져 있다(Fig.11 참조).

2. 螢光增感紙의 分類와 特徵

형광증감지의 종류는 형광체의 종류, 감도, 화질, 촬영부위, 촬영방법 등에 따라 여러 가지로 분류되고 있다.

1) 低感度 超高畫質型

초고화질이라 함은 선예성, 입자성이 우수한 형이다. 종전까지는 Non-screen 촬영을 한 유방사진(mammography)과 같은 연부조직의 진단에 사용되고 있었다.

연부조직은 근육, 지방의 종양 등 X선흡수차가 작은 부위이다. 즉 유암의 조기발견에는 미소한 병소를 조기발견 할 목적에서 超高畫質의 type이 요구되

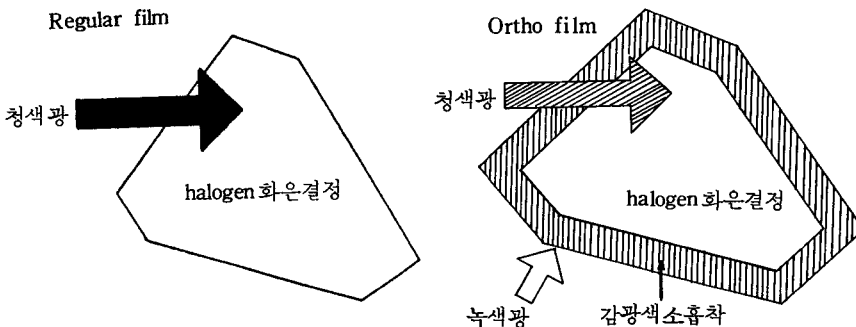


Fig.11

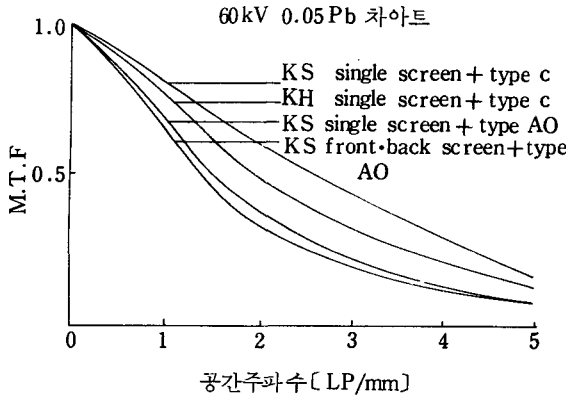


Fig. 12 양면필름과 편면의 MTF 특성

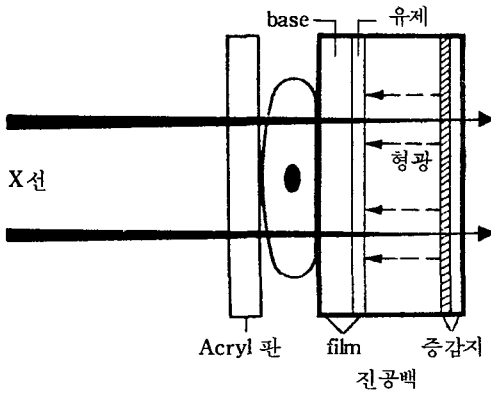


Fig. 13 유방촬영법

고 있다.

시스템으로서의 片面乳劑필름과 片面형광증감지를 연결시키고 더욱 兩者의 밀착성을 좋게 하기 위해서 진공 Back으로 하여 촬영하는 등 좋은 화질을 내기 위한 조건이 연구되고 있다(Fig. 13 참조).

2) 標準感度 高畫質型

가장 많이 쓰여지고 가장 많이 알려진 부위로는 흉부촬영이 있다. 흉부사진의 중요성은 폐결핵, 폐암, 등의 폐질환 이외에 기관지염, 종격종양, 심장질환 등의 진단에 이용되고 초기 암이나 혈관염 등의 미세한 진단을 하는 것으로 X선사진 중에서 높은 화질이 요구되고 있다. 한편, 장기의 운동에 따르는 흐림 방지나 피사체의 두께에 따르는 화질저하를 손상하지 않는 한도 내에서 감도가 필요하다. 기타 고화질이 요구되는 부위에는 四肢骨이 있다. 구미에서는 片面乳

劑필름과 片面형광증감지의 전용시스템이 있다. 뼈가 증폭되는 주변이나 미세한 骨梁의 묘사가 요구되어 특히 선예도가 좋은 시스템이 요구된다. 그밖에 흉부단층, 두부 등에 표준감도고화질형이 사용되고 있다.

3) 高感度 標準畫質型

고감도로 좋은 화질이 요구되는 부위로서 소화기가 있다. 소화기촬영에 고감도가 요구되는 것은 환자의 촬영매수가 많아서 피폭저감을 고려할 필요가 있는 것과 장기의 운동에 의한 화상의 흐림을 방지하는 목적과 촬영부위가 두꺼우며 있다.

기타 고감도표준화상이 요구되는 부위나 촬영법에는 흉추, 요추 등의 體幹部 및 각종 혈관조영 등이 있으나 이들 촬영에서는 고감도이면서 비교적 화질이 좋은 시스템이 사용되고 있다.

또한 portable 장치를 사용할 경우에는 X선발생용량이 부족한 것을 보충하기 위해서 사용되는 시스템이라 하겠다.

4) 超高感度型

초고감도시스템이 요구되는 부위에는 생식선 주위의 장기촬영이 있으며 이 경우에 피폭선량을 경감시키는 것이 목적이다. 이들 부위에서 小兒股關節, 임신부, 비뇨기 등 미세한 病變진단보다는 형태나 위치의 진단이 주가 되므로 감도 위주로 된다.

또 두부혈관 등 확대 혈관조영촬영에도 초고감도시스템이 사용되고 있다.

혈관조영촬영에 초고감도가 필요한 것은 혈류 즉 주입된 조영제가 빨리 움직이므로 1sec 간에 몇 매씩 고속연속촬영을 해야 하는데 있다.

화질에 대해서는 미세한 말초혈관의 묘사 등이 필요하고 특히 좋은 粒狀性이 요구된다. 그러나 초고감도시스템은 선예도와 입상성이 저하되므로 이것을 해결하는 시스템으로 최근에 초고감도 회트류형광증감지와 미립자 orthochromatic film을 연결 사용하게 되었다. 그 이유는 초고감도 형광증감지의 선예도가 저하되므로 量子斑點(quantum mottle), 형광체층의 구조반점(structure mottle)이 나타나 미립자필름과 연결시킴으로서 좋은 입상성을 낼 수 있다.

더욱 고속촬영으로 피사체의 운동에 의한 흐림을 방지할 수 있는 것과 소초점의 X선관을 사용할 수 있고 확대촬영에 따르는 기하학적 효과와 선예도가 저하되는 것을 방지할 수 있다.

5) 特殊撮影用型

특수부위나 특수촬영법을 목적으로 준비된 것으로 종류가 많이 있으나 그 중에서 대표적인 것으로 동시다층용과 감도보상형 형광증감지가 있다.

① 동시다층용 형광증감지

동시다층용 형광증감지를 사용함으로써 인체의 두께에 대한 깊이 즉 연속해서 몇 층의 단층촬영을 1 회노광으로 완성하는 것이다.

1 매씩 촬영하는 단층촬영에 비해서 환자의 X선피폭선량을 대폭 저감시킬 수 있으며 피사체의 호흡, 심장의 박동에 의한 움직임 등을 방지하면서 정확한 등간격의 단층촬영이 가능하게 되었다.

또한 동시다층용 형광증감지는 층수가 증가되는데 따라 X선에너지가 감소되므로 이것을 보충하고 각

층의 사진농도를 일정하게 할 목적으로 증가될 때마다 감도를 올리고 있다(Fig. 14-1, 2 참조).

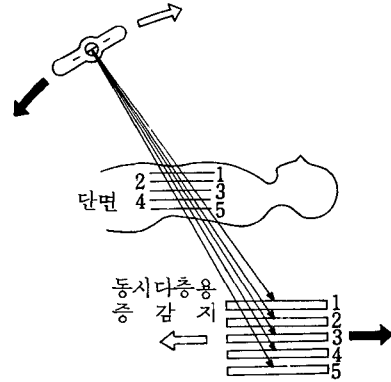


Fig. 14-1. 동시다층단층촬영법

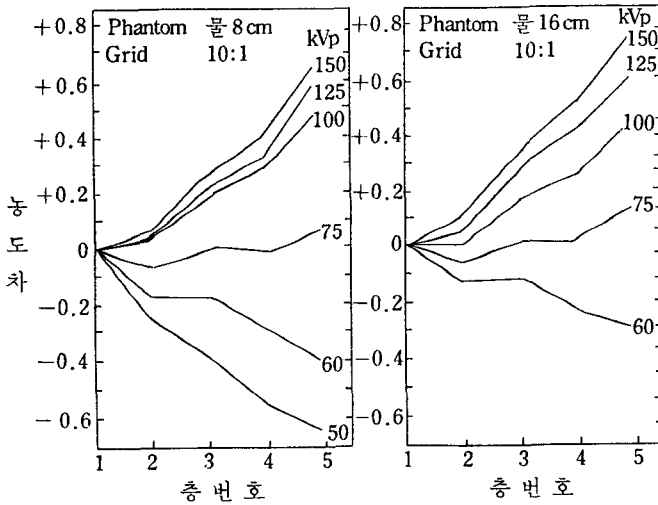


Fig. 14-2. 동시다층용형광증감지의 층번호와 관전압특성

· 感度補償型 螢光增感紙

감도보상형 형광증감지는 요추, 흉추, 하지 등의 전체를 1 회에 촬영하기 위해서 사용되는 형광증감지이다.

하지용을 예로 들면 대퇴부는 고감도, 족부는 저감도로 되고 있으며 대퇴부에서 족부까지의 사이에서 서서히 감도가 변화되어 1 회촬영으로 하지 전체의 사진농도가 일정하게 될 수 있도록 만들어져 있다 (Fig. 15).

IV. 螢光增感紙의 物性과 取扱法

1. 螢光增感紙의 物性에 대한 檢討

형광증감지는 물성면에서 어떤 사용조건으로 취급

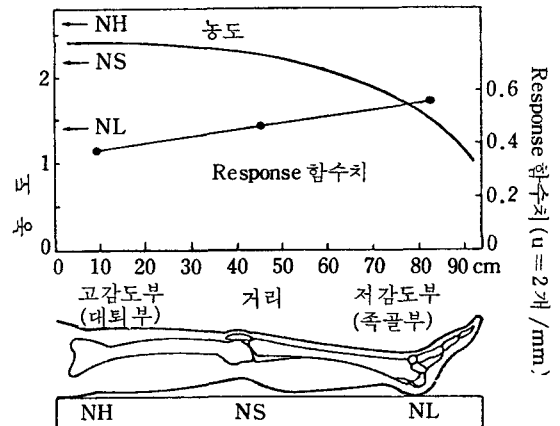


Fig. 15 감도보상형 형광증감지

되고 있는가를 잘 인식하는 것은 매우 중요하다.

또 올바른 취급법은 정확한 진단을 제공하기 위한 것과 좋은 X선사진을 제공한다는 목적에서도 촬영기술과 같이 중요하다.

1) 螢光增感紙의 使用條件

형광증감지는 Cassette에 부착된 기구로 많이 사용되고 있다. 그러나 X선사진촬영이 자동화되어 chest changer, X-선 TV, AOT, PUCK 등 Cassetteless 촬영이 증가되었으며 Cassette촬영분야에서도 Day light 기기등 자동화가 보급되고 있다.

Cassetteless 장치에서는 필름을 자동적으로 반송시키고 증감지의 밀착과 분리를 기계적으로 하고 있다. 또한 필름의 연속촬영이 가능하므로 단시간에 형광증감지가 촬영되는 빈도는 대폭 증가되고 있다. 더욱 장치에 따라서는 형광증감지를 등갈게 말거나 곡선형으로 하여 쓰는 경우도 있다. 이와같은 조건으로 사용이 가능하게 되는 형광증감지의 物化性適性이나 재질면에서도 고려하지 않으면 안된다(Fig.16 참조)

2) 螢光增感紙의 物化性이 診斷에 미치는 影響

X선촬영의 자동화시스템의 보급에 따라 사용 조

건은 엄격해지고 동시에 예방의학이 발전되어 X선 사진은 질병을 早期發見할 목적에서 미세한 病巢진단이 요구된다.

따라서 X선사진에서 병소와 오진이 생기지 않도록 구조의 검토나 재질을 선택할 필요가 있다.

형광증감지는 보호층 및 형광체층의 흠이나 손상등을 방지하기 위해서 新素材를 포함한 物化性의 검토가 중요하고, 그 결과 선택된 것이 실용화되고 있다.

2. 螢光增感紙의 物化性和 材質

1) 螢光增感紙의 柔軟性

형광증감지의 柔軟性은 지지체인 Base의 재질에 따라 결정된다. 종전에는 Base로 종이나 Polystyrene 등의 비교적 유연성이 없는 재질이 쓰여지고 있었다. 현재는 형광증감지와 필름이 기계적인 단시간 밀착으로 촬영할 수 있게 되어 있으며 견고하며, 유연성이 있고 吸濕性, 透濕性이 없는 재질이 요구되게 되었다.

이와같은 物化性을 만족시키는 것으로 PET가 있으며 형광증감지의 Base재질로서 가장 많이 사용되고 있다.

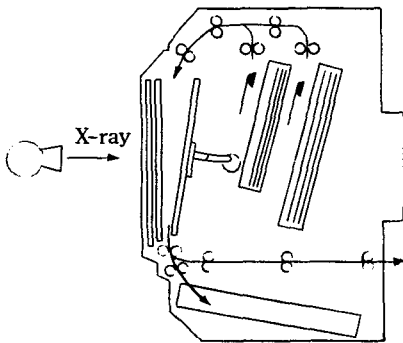


Fig.16-1 흉부 changer

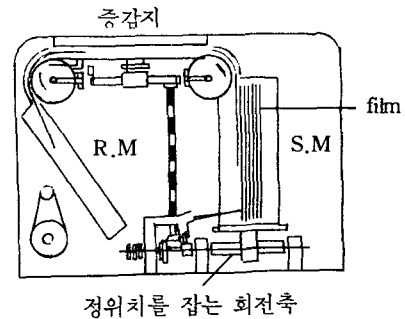


Fig.16-2 AOT-R

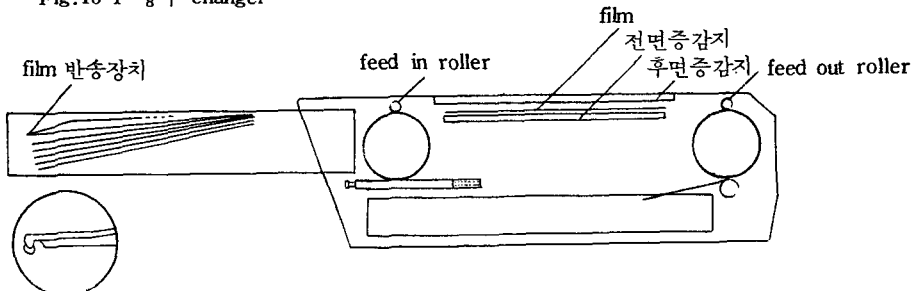


Fig.16-3 PUCK

Table. 4 증감지의 재질과 구성

제조회사	Series	보호막재질	형광체	결합체	base (두께)	형광층구조
Konishiroku	N	PET	CaWO ₄	PVB	NL, NS, NH : PET (흑) NU: PET (백) (250)	경사 입경층
	K	PET	Gd ₂ O ₂ S:Tb	PVB	KG, KS : PET (흑) KU, KH : PET(백) (250)	경사 입경층
	S	PET	CaWO ₄	PVB	SD, SM : PET (흑) SH: PET(백) (250)	균일층
Toshiba	E	PET	CaWO ₄	PVB	ED, EM, ES : PET(흑) EU: PET(백) (250)	경사 입경층
	D	PET	CaWO ₄	PVB	DD, DMS : PET(흑) DS: PET(백) (250)	균일층
Kyokko	L	PET	CaWO ₄	NC	LF, LT, LH : PET(흑) LX: PET(A1) (250)	경사 입경층
	S	TAC	CaWO ₄	NC	라미베트지 (400~500)	균일층
Fuji	Hi-- Screen Grenex	PET	CaWO ₄	NC	PET(흑) (250)	경사 입경층
		PET	CaWO ₄	NC	G·4:PET(흑) G·8:PET(백) (250)	경사 입경층
Kodak	Lanex	PVB	Gd ₂ O ₂ S:Tb	우레탄	L-F, Min-R : PET(청) L-M, L-R : PET(백) (188)	균일층
Dupont	-	CAB	CaWO ₄	PVB	PET(백) (188)	균일층
Agfa	SE	-	LaOBr:Tb	아크릴	PET(백) 250	균일층

PET : Polyethylene - telephthalate, CAB : Cellulose Acetate Butyrate, PVB : Polyvinyl butyral

2) 螢光增感紙의 保護層과 螢光體層의 耐久性

형광증감지의 형광체층은 지지체인 Base와 표면을 보호하는 보호막 사이에 있다. Base와 보호층은 PET가 사용되고 있으며 형광체층이 吸濕하거나, 유해가스가 형광체층을 변질시키는 것을 방지하고 있다.

PET는 吸濕性, 透濕性이 거의 없으며 伸縮되지 않고 강도와 유연성이 있어 형광체층을 보호하기 위해서 적합하다.

증전에 일부 형광증감지에 사용되고 있던 TAC 등의 Acetocellulose계는 수증기나 가스 등에 吸濕 또는 透濕性이 있는 재료로 형광체층을 劣化시키는 유해물질에 접촉되면 형광체층이 변질 오염된다. 또 형광체층의 변질 이외에 보호층 자신이 분해착색되는 수도 있다.

3) 螢光增感紙와 필름의 密着分離特性

형광증감지와 필름의 밀착을 생각해 보면 단시간 밀착 등으로 밀착불량이 되는 경우에는 형광증감지와 필름 사이에 공기가 부분적으로 있게 된다. 공기의 존재는 빛을 확산시키므로 화상은 흐림이 생기고 선예도를 저하시킨다. 이 공기를 단시간에 효율 좋게 進出시키기 위해서 형광증감지의 표면은 matte화(凹凸化)되고 있다. 표면의 matte화는 밀착촬영후의 필름과의 분리성이나 접촉면적을 작게 할 수 있어 帶電防止 효과 등도 있다(Table 4 참조).

3. 螢光增感紙의 取扱法

형광증감지의 올바른 취급은 좋은 X선사진을 촬영하기 위한 기본인 동시에 형광증감지의 劣化를 방지하고 그 상태를 오래 유지하는 Key point가 된다.

1) 螢光增感紙의 物性和 取扱法

① 형광증감지를 Cassette에 부착시킬 때에 Cassette는 왜곡되지 않고 밀착이 좋은 것을 사용해야 할 것이다. 밀착성의 check는 형광증감지를 Cassette에 부착하기 전에 Cassette에서 필름과 밀착 장진하고 밀착차아트를 촬영한다. 밀착성이 좋으면 부착한 다음 1시간 이상 방치한 후에 사용하면 좋은 X선사진을 낼 수 있다.

② Cassette에 습기가 있는 필름을 삽입하고 오래 방치하면 형광증감지의 표면과 필름이 접착되어 보호막 손상을 오게 하거나 촬영 후의 필름을 교환할 때에 정전기가 발생하는 수가 있어 진단에 지장을 준다. 따라서 고온도와 고습도에서 Cassette에 필름을 오래 장진한 채 방치하면 안된다.

2) 螢光增感紙의 정기적인 管理方法

① 형광증감지는 습기찬 곳에 오래 보존하면 오염이 되므로 가끔 Cassette를 열어놓고 직사광이나 강한 조명을 피한 장소에서 건조시킬 필요가 있다.

② 형광증감지의 청소는 1주에 1회정도 할 필요가 있다. 세척은 비누물, 알칼, 스크린크리너 등으로 한다.

③ 필름 교환에 따르는 기계적인 마찰이나 오염, 결합체의 화학변화 등에 따라 형광증감지는 상처가 생기고 오염이 되어 오진이 되는 원인이 된다. 오진을 미연에 방지하기 위해서 정기적으로 피사체 없이 촬영을 하고 그 필름을 check하면 효과적이다. 필름에 백색 반점 등이 발생할 경우에는 새로운 형광증감지로 교환하는 것이 바람직하다.