

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-163396

(P2012-163396A)

(43) 公開日 平成24年8月30日(2012.8.30)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>G 2 1 K</b> 4/00 (2006.01)	G 2 1 K 4/00 A	2 G 0 8 3
<b>G 0 1 T</b> 1/20 (2006.01)	G 0 1 T 1/20 L	2 G 0 8 8
	G 0 1 T 1/20 B	
	G 0 1 T 1/20 G	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2011-22533 (P2011-22533)	(71) 出願人	000003078
(22) 出願日	平成23年2月4日(2011.2.4)		株式会社東芝
			東京都港区芝浦一丁目1番1号
		(71) 出願人	503382542
			東芝電子管デバイス株式会社
			栃木県大田原市下石上1385番地
		(74) 代理人	100081732
			弁理士 大胡 典夫
		(72) 発明者	吉田 篤也
			栃木県大田原市下石上1385番地 東芝
			電子管デバイス株式会社内
		Fターム(参考)	2G083 AA04 BB01 CC01 CC03 DD02
			DD11 EE02 EE08
			2G088 GG16 GG19 JJ05 JJ10 JJ37

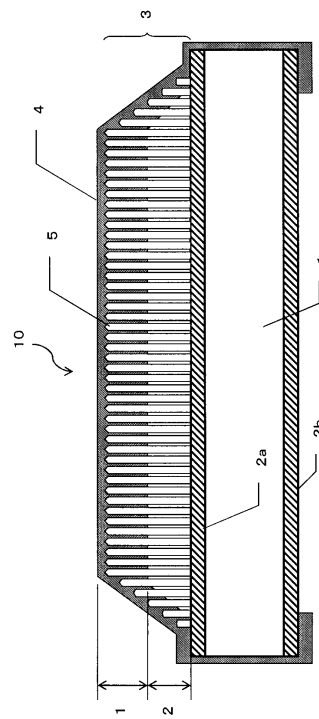
(54) 【発明の名称】 シンチレータパネル及び放射線検出器

## (57) 【要約】

【課題】解像度が低下しにくいシンチレータパネルを提供する。

【解決手段】シンチレータパネル10は、表裏両面にそれぞれPETシートが貼付けられて反射膜2a、2bが形成されたCFRP製基板1の表側表面に蛍光体層3が設けられ、さらにこの蛍光体層3の表面及び基板1の側面を覆うように有機防湿膜4が形成されている。蛍光体層3は複数のピラー結晶5からなり、有機防湿膜4は、蛍光体層3内でピラー結晶5の隙間を充填し、基板1まで到達している。

【選択図】図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

複数のピラー結晶からなり、放射線を可視光に変換する蛍光体層と、前記蛍光体層を支持する基板と、前記蛍光体層と前記基板の少なくとも一部を被覆する有機防湿膜と、を備えるシンチレータパネルにおいて、

前記有機防湿膜が、互いに隣接する前記ピラー結晶同士の隙間を充填し、前記基板まで到達していることを特徴とするシンチレータパネル。

## 【請求項 2】

前記蛍光体層の膜厚を  $T(\mu m)$ 、前記蛍光体層中のピラー結晶の割合を充填率  $D(\%)$  としたとき、

$$T = 0.5556 \times D^2 - 109.44 \times D + 5528.9$$

の関係を満たすように前記蛍光体層が形成されていることを特徴とする請求項 1 記載のシンチレータパネル。

## 【請求項 3】

前記蛍光体層の膜厚が  $500 \mu m$  未満であることを特徴とする請求項 1 記載のシンチレータパネル。

## 【請求項 4】

基板上に複数の受光素子が配列されたイメージセンサに、請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項記載のシンチレータパネルを貼り合わせたことを特徴とする放射線検出器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明の実施形態は、放射線を可視光に変換する蛍光体層を備えるシンチレータパネル、及びこのシンチレータパネルを用いた放射線検出器に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来、医療用もしくは工業用非破壊検査などのデジタル放射線検出器は、コンピュータ・ラジオロジー（以下「CR」と記す）や平面検出器（以下「FPD」と記す）のような、入射線 X 線を蛍光体層で可視光に変換する方式が主流である。

## 【0003】

蛍光体層としては、タリウム添加のヨウ化セシウム（CsI：Tl）が大半の FPD で使用され、また、ユーロピウム添加の臭化セシウム（CsBr：Eu）が一部の CR 装置で使用されている。これらの材料は、いずれも真空蒸着法で柱状結晶になりやすいという理由で使用される。

## 【0004】

例えば、CsI：Tl を用いたシンチレータパネルは、放射線透過性があるガラスなどの支持基板上に、反射膜を塗布し、その上に蛍光体層の CsI：Tl を成膜した構成が基本である。

## 【0005】

X 線源から被写体を通して入射してきた X 線は、このような構成のシンチレータパネルにおいて可視光に変換される。X 線フォトンを使って説明すると、フォトンは蛍光体層内の発光点で可視光に変換される。光は、発光点から入射フォトンのベクトルとは無関係に八方に発散する。ここで、蛍光体層は太さ  $3 \sim 10 \mu m$  のピラー構造をしているので、ピラー間の隙間と CsI（CsI の屈折率  $= 1.8$ ）との屈折率の差により、ある割合の発光フォトンは、ピラー内を通過して、シンチレータパネルの表面に出てくる。隣のピラー以遠に発散した光についても、多くのピラー間の光学的界面を横切って蛍光体層の面方向に発散する確率は低く、ある界面に差し掛かるとやはりそのピラー内に閉じ込められ、シンチレータパネルの表面に出てくる。以上のような作用により、ピラー構造とした蛍光体層は、それほど発光を滲ませることがなく、発光を次のデバイス（例えば、FPD ならホトダイオードからなる複数の受光面を有した TFT 基板）に伝達するため、比較的解像度特

10

20

30

40

50

性が高いシンチレータ層が得られる。

【 0 0 0 6 】

このピラー間の隙間部分の比率は、蛍光体層の成膜条件で変化させることが出来る。成膜条件には、基板温度・圧力・蒸着速度などがあり、これらのパラメータを変化させることにより、充填率（蛍光体層全体に対するピラーの部分の割合）を約 7 0 % から 1 0 0 % まで作り分けることができる。

【 0 0 0 7 】

また、反射膜は、一旦、支持基板の方向に向かった発光光を蛍光体層の表面に戻して、シンチレータパネルの感度を向上させる機能を有する。

【 0 0 0 8 】

蛍光体層の成膜が終了した後、支持基板にさらに防湿膜がコーティングされるが、この防湿膜は上述のピラー構造をした蛍光体層の隙間部分にある程度侵入する。防湿膜の材料としては、ポリパラキシリレン樹脂などの有機 C V D 膜が使われる。有機 C V D 膜はピラー構造に伴う凹凸構造に沿ってほぼ均一な膜厚で塗布できる利点がある。

【 0 0 0 9 】

蛍光体層を使った F P D の一例として、複数の受光素子が 1 次元あるいは 2 次元状に配列されたイメージセンサにシンチレータパネルを貼り合わせた形態がある。このような構造をした F P D の解像度・感度特性は、シンチレータパネルの特性の影響を受ける。つまり、上述の C s I のピラー構造と反射膜の機能とが F P D の特性を左右している（例えば、特許文献 1 参照）。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 1 0 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 6 - 5 8 0 9 9 号公報（第 4 , 5 頁、図 3 ）

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 1 】

従来のシンチレータパネルは、上述したように真空蒸着法と C V D 法の比較的簡便な方法で、解像度特性と防湿特性を両立した特性とすることができる。

【 0 0 1 2 】

しかし、製造条件の異なるシンチレータパネルを製作して、加湿試験を行うと防湿特性に差異が見られることがある。例えば、充填率が 7 9 %、膜厚が 3 5 0  $\mu\text{m}$  の蛍光体層を有するシンチレータパネルと、充填率が 8 8 %、膜厚が 5 0 0  $\mu\text{m}$  の蛍光体層を有するシンチレータパネルを比較した場合、6 0 - 8 0 % - 1 0 0 0 時間放置したときの 3 L p / m m での画像分解能（C T F : Contrast Transfer Function）の値が、それぞれ加湿前の 1 0 3 %、3 1 % と大きな相違が生じることがある。

【 0 0 1 3 】

元々、有機防湿膜の水分透過率は、一般的に（1 日あたり数  $\text{g} / \text{m}^2$  程度）と、完全に水蒸気を遮断しているわけではない。加湿状態でシンチレータパネルを放置すると、防湿膜を透過した水蒸気が蛍光体層に浸入し、蛍光体層が水分で膨潤した状態になる。このとき蛍光体層の隣接するピラーが合体・粗大化が起こり解像度特性の低下が発生してしまう場合がある。

【 0 0 1 4 】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、解像度が低下しにくいシンチレータパネル及びこのシンチレータパネルを用いた放射線検出器を提供することを目的とする。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 5 】

上述の目的を達成するため、本シンチレータパネルは、複数のピラー結晶からなり、放射線を可視光に変換する蛍光体層と、前記蛍光体層を支持する基板と、前記蛍光体層と前記基板の少なくとも一部を被覆する有機防湿膜と、を備えるシンチレータパネルにおいて

10

20

30

40

50

、前記有機防湿膜が、互いに隣接する前記ピラー結晶同士の隙間を充填し、前記基板まで到達していることを特徴とする。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の一実施形態に係るシンチレータパネルの構造を示す断面図である。

【図2】蛍光体層の膜厚と充填率を変えた場合において、60 - 80% - 1000時間まで加湿を続けたときの解像度（CTF）特性の変化を示すグラフである。

【図3】蛍光体層の膜厚と充填率を変えた場合の1000時間加湿後の解像度（CTF）の残存率を示す表である。

【図4】蛍光体層の充填率と有機防湿膜の侵入深さの関係を示すグラフである。

10

【図5】コート残存深さと1000時間加湿によるCTF残存率を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

【0018】

（シンチレータパネルの構造）

図1に、本発明の一実施形態に係るシンチレータパネルの全体構造を示す。

【0019】

シンチレータパネル10は、表裏両面にそれぞれPET（ポリエチレンテレフタレート）シートが貼付けられて反射膜2a、2bが形成されたCFRP（カーボン繊維強化プラスチック）製基板1の表側表面に蛍光体層3が設けられ、さらにこの蛍光体層3の表面及び基板1の側面を覆うように有機防湿膜4が形成されている。

20

【0020】

また、蛍光体層3は、複数のピラー結晶5からなっており、隣接するピラー結晶5の隙間に有機防湿膜4が侵入している。この侵入度合いは、有機防湿膜侵入深さ11及びコート残存深さ12で評価することができる。

【0021】

（シンチレータパネルの製造方法）

次に、このシンチレータパネル10の製造方法について説明する。

【0022】

まず、表裏両面にPETシートを貼って反射膜2a、2bを形成したCFRP製基板1を洗浄する。

30

【0023】

次に、基板1と蛍光体材料を収納したるつぼとを互に対向した状態で真空蒸着装置内に収納し、装置内の圧力、基板1の温度、るつぼ温度などを適正な値に調節して、基板1に付着する蛍光体層3が所望の状態になるまで真空蒸着を行う。

【0024】

さらに、蛍光体層3を形成した基板1を真空蒸着装置から取り出してCVD装置に移し、ジパラシクロファン原料を650に加熱することにより発生するラジカル乖離気体をCVD装置に送り込み、基板1と蛍光体層3の必要な面に有機防湿膜4を形成してシンチレータパネル10とする。

40

【0025】

（放射線検出器）

上述したシンチレータパネル10を用いて、複数のホトダイオード受光素子が1次元あるいは2次元状にガラス基板上に配列されたイメージセンサに貼り合わせることで放射線検出器とすることができる。

【0026】

（解像度特性）

シンチレータパネル10の解像度特性について検討するため、図1に示す蛍光体層3をCsI：Tlとし、その蛍光体層3の充填率と膜厚を変化させたサンプルを複数作成した

50

。

#### 【0027】

すなわち、充填率に対しては、充填率：86～90%の蛍光体層3を作製する工程（プロセスA）、充填率：77～81%の蛍光体層3を作製する工程（プロセスB）、充填率71～75%の蛍光体層3を作製する工程（プロセスC）の3種類の工程により充填率の異なるサンプルを準備した。

#### 【0028】

蛍光体層3の充填率は、基板上にCsI蛍光体層を真空蒸着法で成膜する際の基板温度（100～250）、圧力（ $10^{-5}$ ～1Pa）、成膜速度（1～50 $\mu\text{m}/\text{分}$ ）、基板回転速度（1～20rpm）、その他装置内の構造物の形状・寸法などから適正なパラメータを選択することにより所望の値にすることができる。

10

#### 【0029】

具体的には、プロセスAでは基板温度200、圧力0.4Pa、成膜速度1 $\mu\text{m}/\text{分}$ 、プロセスBでは基板温度160、圧力 $10^{-3}$ Pa、成膜速度1 $\mu\text{m}/\text{分}$ 、プロセスCでは基板温度140、圧力 $10^{-3}$ Pa、成膜速度2 $\mu\text{m}/\text{分}$ とした。基板回転速度は全て10rpmとした。また、プロセスB、Cでは、るつぼの位置をプロセスAよりも遠ざけた。

#### 【0030】

また、蛍光体層3の膜厚に対しては、200、350、500 $\mu\text{m}$ の3種類を用意した。

20

#### 【0031】

図2は、蛍光体層3の膜厚、充填率が異なる7種類のサンプルに対して、60～80%・1000時間まで加湿を続けたときの解像度（CTF）特性の変化を示したものである。ここで、解像度特性としては、3Lp/mmでのCTF値を示している。

#### 【0032】

図2の結果より、プロセスA・膜厚500 $\mu\text{m}$ のサンプルは解像度の低下が著しく、次いでプロセスB・膜厚500 $\mu\text{m}$ のものにも解像度の低下が見られる。

#### 【0033】

図3に、1000時間後の解像度（CTF）の残存率について示す。

#### 【0034】

図3の結果より、同じ膜厚500 $\mu\text{m}$ に注目すると、充填率が低いほど残存率が大きいたことが分かる。また、同じプロセス内（BとC）で注目すると、膜厚が500 $\mu\text{m}$ のサンプルに解像度低下が見られ、他方350 $\mu\text{m}$ のサンプルは解像度低下が殆ど無いことが分かった。

30

#### 【0035】

これらの現象を包括的に説明するための法則を見出すために、完成した蛍光体層の破断面を観察した。

#### 【0036】

その結果、図1に示すように、蛍光体層3のピラー結晶5の隙間に有機防湿膜4が侵入している侵入深さ11がサンプルにより差異があることが見出された。すなわち、プロセスA（充填率88%）のサンプルの侵入深さ11は約200 $\mu\text{m}$ 、プロセスB（充填率79%）は約350 $\mu\text{m}$ 、プロセスC（充填率73%）は約500 $\mu\text{m}$ であることが判った。これらのデータを図4に示すようにグラフにプロットして作成した曲線を2次式で近似すると、

40

$$(\text{侵入深さ}(\mu\text{m})) = 0.5556 \times (\text{充填率}(\%))^2 - 109.44 \times (\text{充填率}) + 5528.9 \dots \dots \dots (\text{式1})$$

となる。

#### 【0037】

なお、侵入深さ11は、蛍光体層3の破断面をSEM（2次電子式電子顕微鏡）で観察するとき、蛍光体層3の膜を膜厚方向に壁開した際に、双方に架橋していた有機防湿膜4

50

が同双方に引っ張られることにより発生する、弦状の残存物の有無により判定した。そして、蛍光体層 3 の表面側から基板 1 側に深さ方向に順々に観察して行き、弦状の残存物がなくなるところの深さを侵入深さ 1 1 と決定した。

【 0 0 3 8 】

侵入深さ 1 1 よりも蛍光体層 3 の膜厚が大きいと、コート残存深さ 1 2 が生じる。コート残存深さ 1 2 は、( 蛍光体層 3 の膜厚 (  $\mu\text{m}$  ) ) - ( 侵入深さ 1 1 (  $\mu\text{m}$  ) ) となる。

【 0 0 3 9 】

図 5 に、コート残存深さ 1 2 に対して、解像度 ( C T F ) 残存率をプロットしたグラフを示す。

【 0 0 4 0 】

図 5 に示す結果より、コート残存深さ 1 2 が 0 を超えると C T F の低下が起こり、0 以下だと C T F の低下が起こらないことが判った。

【 0 0 4 1 】

これをピラー構造の変化で説明すると、ピラーが有機防湿膜 4 でコートされた部分は、加湿によりピラーが膨潤しても、ピラー形状に沿ってコートされている有機防湿膜 4 により加湿前の形状を保っていられるのに対して、ピラーが有機防湿膜 4 でコートされていない部分は、隣接するピラー間に障壁部分が無いので、順次、合体粗大化を繰り返し、蛍光体層の解像度低下を招くと考えられる。

【 0 0 4 2 】

以上の検討結果より、

( 蛍光体層 3 の膜厚 (  $\mu\text{m}$  ) ) ( 侵入深さ 1 1 (  $\mu\text{m}$  ) )  $\cdots$  ( 式 2 )

が所望の特性が得られる蛍光体層であるから、式 1 を式 2 に代入すると、

( 蛍光体層 3 の膜厚 ) 0 . 5 5 5 6  $\times$  ( 充填率 ( % ) )  $^2$  - 1 0 9 . 4 4  $\times$  ( 充填率 ) + 5 5 2 8 . 9  $\cdots$  ( 式 3 )

が防湿特性が優れた蛍光体層 3 であるということになる。

【 0 0 4 3 】

具体的には、蛍光体層 3 の膜厚が 2 0 0  $\mu\text{m}$  のシンチレータパネル 1 0 に対しては、蛍光体層 3 の充填率を 8 8 % 以下にすることが望ましく、膜厚が 3 5 0  $\mu\text{m}$  のシンチレータパネル 1 0 に対しては、蛍光体層 3 の充填率を 7 9 % 以下にすることが望ましい。また、膜厚が 5 0 0  $\mu\text{m}$  のシンチレータパネル 1 0 に対しては、充填率を 7 3 % 以下にすることが望ましい。

【 0 0 4 4 】

なお、蛍光体層 3 の膜厚を 5 0 0  $\mu\text{m}$  未満とすることにより、解像度特性が低下しないようにするための充填率の幅を広く取ることができる。

【 0 0 4 5 】

( 本実施形態の効果 )

以上のように、コート残存深さ 1 2 に注目することにより、加湿試験に対して解像度特性が低下しやすいシンチレータパネル 1 0 と、低下しにくいものとを 1 つのパラメータで区別することが見出され、一つの式 ( 式 3 ) で所望の蛍光体層が得られる条件を見出すことができた。

【 0 0 4 6 】

即ち、コート残存深さ 1 2 を 0 として、有機防湿膜 4 がピラー結晶 5 同士の隙間を充填して基板 1 まで到達させることによって、加湿によりピラー結晶 5 が膨潤しても、有機防湿膜 4 により加湿前の形状を保つことができる。

【 0 0 4 7 】

従って、6 0 - 8 0 % - 1 0 0 0 時間の加湿においても、解像度特性を低下させることがないシンチレータパネル及びこのシンチレータパネルを用いた放射線検出器を提供することが可能になる。

【 0 0 4 8 】

( 他の実施形態 )

10

20

30

40

50

基板1としては、上記実施形態で示したCFRP基板のみならず、アモルファスカーボン、グラファイト、ガラス、ベリリウム、チタン、アルミニウム、およびそれらの合金、セラミクス（アルミナ、ベリリア、ジルコニア、窒化珪素）、エンジニアリングプラスチックなども選択可能である。

【0049】

また、蛍光体層3としては、CsIのみならず、CsBrを用いたときも同様の効果が得られる。

【0050】

また、前記実施の形態の放射線検出器としては、イメージセンサとして、複数のホトダイオード受光素子が1次元あるいは2次元状にガラス基板上に配列されたものを用いたが、他に、CCD、CMOSなどを用いることもできる。

【符号の説明】

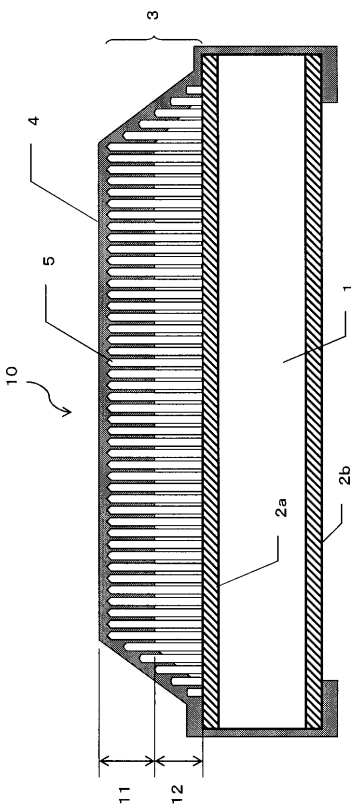
【0051】

- 1：基板
- 2a, 2b：反射膜
- 3：蛍光体層
- 4：有機防湿膜
- 5：ピラー結晶
- 10：シンチレータパネル
- 11：侵入深さ
- 12：コート残存深さ

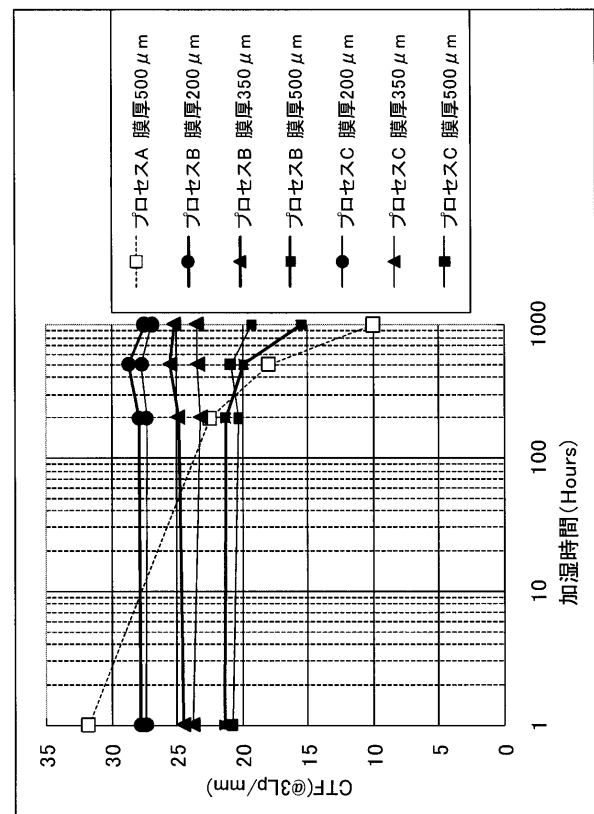
10

20

【図1】



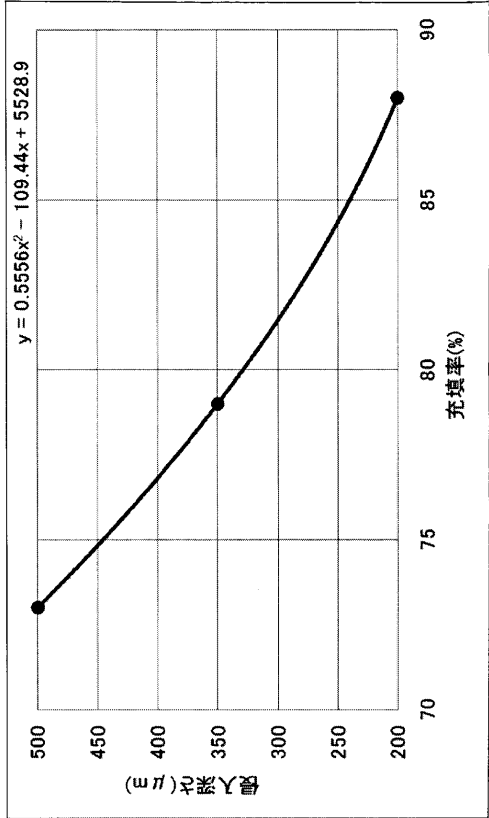
【図2】



【 図 3 】

成膜条件	充填率 (%)	CsI膜厚 (μm)	1000時間加湿によ るCTF残存率(%)
プロセスA	86-90	500	31
	77-81	200	99
プロセスB	77-81	350	103
	77-81	500	72
プロセスC	71-75	200	98
	71-75	350	99
	71-75	500	93

【 図 4 】



【 図 5 】

