



PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

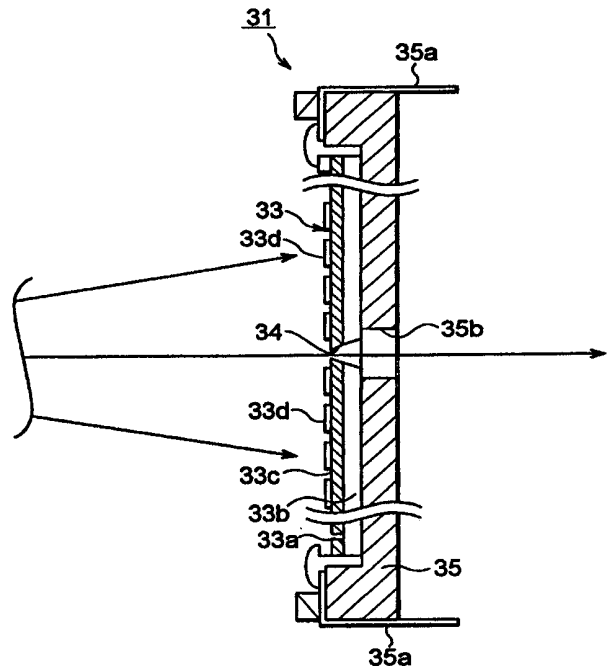
<p>(51) 国際特許分類6 H04N 5/33</p>	<p>A1</p>	<p>(11) 国際公開番号 WO99/29103</p> <p>(43) 国際公開日 1999年6月10日(10.06.99)</p>
<p>(21) 国際出願番号 PCT/JP97/04365</p> <p>(22) 国際出願日 1997年11月28日(28.11.97)</p> <p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 浜松ホトニクス株式会社 (HAMAMATSU PHOTONICS K.K.)[JP/JP] 〒435 静岡県浜松市市野町1126番地の1 Shizuoka, (JP)</p> <p>(72) 発明者; および</p> <p>(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 木下勝之(KINOSHITA, Katsuyuki)[JP/JP] 〒435 静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka, (JP)</p> <p>(74) 代理人 弁理士 長谷川芳樹, 外(HASEGAWA, Yoshiki et al.) 〒104 東京都中央区京橋二丁目13番10号 京橋ナショナルビル6F 創英国際特許事務所 Tokyo, (JP)</p>	<p>(81) 指定国 AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GH, HU, ID, IL, IS, JP, KE, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW, ARIPO特許 (GH, KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 欧州特許 (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG).</p> <p>添付公開書類 国際調査報告書</p>	

(54) Title: SOLID STATE IMAGE PICKUP DEVICE AND ANALYZER USING IT

(54) 発明の名称 固体撮像素子及びそれを用いた分析装置

(57) Abstract

A solid state image pickup device (31) in which a plurality of picture elements are arranged in two dimensions to pick up the image of the distribution in two-dimensional space of radiative ray, light beams, electrons, ions, etc., and which is characterized by an opening (34) piercing a substrate (33b) being provided at the roughly center of an image pickup part (33) where the picture elements are arranged, and a charge transfer path to connect charge transfer electrodes (33d) to read out the image of each picture element with one another being wired, avoiding the opening (34). Furthermore, the image pickup part (33) is divided into at least two regions with the boundary between them lying partially in the opening (34), and each region has an exclusive register for charge readout. Hereby, this image pickup device doubles as an image pickup device to pick up the two-dimensional distribution of radiative ray, etc. and an aperture to this radiation.



(57)要約

放射線、光線、電子、イオンなどの2次元空間分布を撮像するために複数の画素が2次元に配列されている固体撮像素子31であって、画素が配列された撮像部33の略中央に基板33bを貫く開口34が設けられており、各画素の画像を読み出す電荷転送電極33dを接続する電荷転送路は開口34を回避して配線されていることを特徴とする。さらに、撮像部33は開口34を境界の一部とする少なくとも2つの領域に区分され、それぞれに専用の電荷読み出し用レジスタを有している。これにより、この撮像素子は放射線等の2次元分布を撮像する撮像素子とこれらの放射線に対するアパーチャを兼ねる。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE	アラブ首長国連邦	ES	スペイン	LI	リヒテンシュタイン	SG	シンガポール
AL	アルバニア	FI	フィンランド	LK	スリ・ランカ	SI	スロヴェニア
AM	アルメニア	FR	フランス	LR	リベリア	SK	スロヴァキア
AT	オーストラリア	GA	ガボン	LS	レソト	SL	シエラ・レオネ
AU	オーストラリア	GB	英国	LT	リトアニア	SN	セネガル
AZ	アゼルバイジャン	GD	グレナダ	LU	ルクセンブルグ	SZ	スワジランド
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GE	グルジア	LV	ラトヴィア	TD	チャード
BB	バルバドス	GH	ガーナ	MC	モナコ	TG	トーゴ
BE	ベルギー	GM	ガンビア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BF	ブルキナ・ファソ	GN	ギニア	MG	マダガスカル	TM	トルクメニスタン
BG	ブルガリア	GW	ギニア・ビサオ	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア共和国	TR	トルコ
BJ	ベナン	GR	ギリシャ	ML	マリ	TT	トリニダード・トバゴ
BR	ブラジル	HR	クロアチア	MN	モンゴル	UA	ウクライナ
BY	ベラルーシ	HU	ハンガリー	MR	モーリタニア	UG	ウガンダ
CA	カナダ	ID	インドネシア	MW	マラウイ	US	米国
CF	中央アフリカ	IE	アイルランド	MX	メキシコ	UZ	ウズベキスタン
CG	コンゴ	IL	イスラエル	NE	ニジェール	VN	ヴェトナム
CH	スイス	IN	インド	NL	オランダ	YU	ユーゴスラビア
CI	コートジボアール	IS	アイスランド	NO	ノールウェー	ZA	南アフリカ共和国
CM	カメルーン	IT	イタリア	NZ	ニュージーランド	ZW	ジンバブエ
CN	中国	JP	日本	PL	ポーランド		
CU	キューバ	KE	ケニア	PT	ポルトガル		
CY	キプロス	KG	キルギスタン	RO	ルーマニア		
CZ	チェッコ	KP	北朝鮮	RU	ロシア		
DE	ドイツ	KR	韓国	SD	スーダン		
DK	デンマーク	KZ	カザフスタン	SE	スウェーデン		
EE	エストニア	LC	セントルシア				

## 明 細 書

## 固体撮像素子及びそれを用いた分析装置

## 5 技術分野

本発明は、固体撮像素子に関し、特に被測定物の像の観察とその被測定物の特定箇所における分析計測を同時に行う場合に被測定物の像観察に用いられる固体撮像素子及びそれを用いた分析装置に関する。

## 10 背景技術

物体の分析測定において、その像を単に観察するだけでなく、その像の部位における分光エネルギー特性等の計測が要求される場合がある。このような計測(被測定物の像とその部位における分光特性を同時に計測)を行うものとしては、特開平1-320441号公報に記載されたものが知られている。すなわち、この測定装置(色彩輝度計)は、図13に示されるように、対物レンズ102を介して被測定物101の像が結像されるアパーチャ103'付きの板体103と、その板体103と被測定物101との間に配置され被測定物101の像の一部を反射させる分岐手段であるハーフミラー111と、このハーフミラー111で反射される被測定物101の像を撮像する撮像装置であるTVカメラ117と、アパーチャ103'を通じて板体103を通過する被測定物101の像の一部を受けて分光を行う分光手段106と、この分光手段106で分光されたスペクトルを検出する検出器108と、そのスペクトルデータの処理を行うデータ処理回路109と、そのデータ処理回路109からの分析データ信号とTVカメラ117から出力される画像信号を重畳する信号重畳回路118と、この信号重畳回路118から出力される信号に基づいて表示を行うモニタ110とを備えて構成されている。そして、この測定装置は、被測定物101からの光線をハーフミラー11

1により分岐させて、その光線の一方を二次元像の形成のために用い、他方を分光特性の検出のために用いることにより、モニタ110に被測定物の二次元像bとその一部の分光特性データaを同時に表示しようとするものである。

しかしながら、従来の測定装置にあっては、次のような問題点がある。

5       まず第一に、モニタ110には被測定物の二次元像bと分光特性データaのほか、分光特性をサンプリング検出している箇所にはマーカーcが表示されるが、そのマーカーcの表示位置と実際に分光特性を検出している被測定物101の位置、すなわち測定スポット104にズレを生じる場合がある。すなわち、マーカーcの表示はアパーチャ103'を通じて透過する光線の位置に合わせて設定されるが、  
10       ハーフミラー111、テレビカメラ117の受光面などの位置ズレに伴い、分光特性のサンプリング位置104とマーカー表示位置cにズレを生ずることとなる。

      第二に、光線を分岐するためにハーフミラー111を用いているが、透過率の波長特性が均一なハーフミラー111を製作することは困難であり、被測定物1  
15       01から発せられた光線がハーフミラー111を通過するときその分光特性が変化する。このため、被測定物101についての正確な分光データが得られず測定精度の低下を招いている。

      第三に、前述の測定装置では被測定物から放出されるのが光線の場合は分析可能であるが、それ以外のX線、電子またはイオンの測定には適用できない。これ  
20       は、光線であればハーフミラーで分岐することが可能であるが、X線、電子線やイオンビームなどは、ハーフミラーでそれ自体を分岐することはできないため、この種の装置では、X線像などについての分析計測は行えなかった。

#### 発明の開示

25       本発明は、以上のような問題点を解決するためになされたものであって、放射線などについても分析計測が可能であって、分析位置を確認しながら正確な分析

特性が得られる分析装置およびそのための分析画像撮像用の固体撮像素子を提供することを目的とする。

5 本発明の固体撮像素子は、基板上に2次元方向に配列した画素により、受像面に入射した可視光、赤外線、紫外線等の光や $\alpha$ 線、 $\gamma$ 線、X線等の放射線、電子ビーム、イオン粒子などの空間分布を表す像を画像信号に変換する固体撮像素子であって、画素配列の略中央に基板を貫く開口が設けられており、各画素の画像を読み出す電荷転送路が開口を回避して形成されていることを特徴とする。

10 これによれば、開口の周囲に画素が配列された穴開き固体撮像素子が提供される。受像面に達したこれらの光、放射線、電子、イオン等のエネルギー線のうちこの開口部分に達したエネルギー線はそのまま開口を透過する。

この撮像素子の撮像部は、開口を境界の一部とする少なくとも2つの領域に区分されており、各画素の画像信号を転送蓄積して順次読み出す転送レジスタがこの少なくとも2つの領域についてそれぞれ専用で設けられていることが好ましい。

15 これによれば、撮像部は開口を境界の一部とする少なくとも2つの領域に区分され、それぞれ専用の電荷読み出し用レジスタ（通常は水平転送レジスタ）を有している。つまり、開口をはさんで少なくとも2つの独立の撮像部が存在するのと類似した状態になる。撮像部全体が一つの領域からなる従来型の固体撮像素子で画素形成位置の中央に開口を形成すると開口部分を超える電荷の垂直転送は困難になる。この結果、垂直転送を行えない部分の画素、通常は開口より上部の所定の幅の画素は画像信号を読み出すことのできない無効画素となる。本発明では、  
20 開口部分を境界として複数の領域に区分しているので、開口部分を超える電荷の垂直転送を行う必要がない。つまり余計な無効画素が発生するのを防止できる。

さらに、この撮像素子は、基板上的受像面と反対の側に画素の画像信号を転送する電極が形成されているいわゆる裏面照射型であることが好ましい。裏面入射型の固体撮像素子は、いわゆる表面入射型の固体撮像素子に比べると、受像面が電極で覆われていないため、有効入射面が広くなり、入射エネルギーの変換効率  
25

が表面入射型に比べて高く、高感度であるという特徴を有している。

一方、本発明の分析装置は、これらの固体撮像素子のいずれかと、この撮像素子と被測定物との間に配置され、被測定物の像を撮像素子の受像面に結像させる結像手段と、開口を通過してくるエネルギー線を利用して被測定物の特性を分析  
5 すると共に、その分析データを分析データ信号に変換する分析手段と、撮像素子から出力される画像信号および分析手段から出力される分析データ信号に基づいて、被測定物の画像および分析データを表示する表示手段と、を備えることを特徴とする。

これによれば、穴開きの固体撮像素子の開口部を透過したエネルギー線を利用  
10 して被測定物の特性が分析手段により分析される。したがって、固体撮像素子の出力画像のうちの開口位置が分析位置と確実に一致する。

さらに、撮像手段から出力される画像信号と同期し、このうち開口に対応する信号部分に重畳するマーカー表示信号を発生させるマーカー信号発生手段をさらに備え、この手段はさらに、マーカー発生手段から出力されるマーカー表示信号  
15 に基づいて、表示画像上に分析手段による分析位置を示すマーカーを同時に表示することが好ましい。これにより、分析位置の確認がさらに容易になる。

被測定物は、固体撮像素子の受像面に対し移動自在に配置されてもよい。あるいは、受像面が、被測定物に対し移動自在であってもよい。これにより、被測定物の分析位置を走査することが容易になる。

分析手段には、分光器、エネルギー分析器、質量分析器を用いることができ、電子やイオンを測定対象とする場合は、固体撮像素子の開口を通過した電子またはイオンを減速する電子光学系をさらに備えていることが好ましい。また、分析手段にストリークカメラを備えていてもよい。

また、結像手段は光学レンズ、プリズムあるいはミラーからなる光学系で構成  
25 され、この光学系を構成する光学素子の少なくともひとつが被測定物または撮像手段に対して移動自在であってもよい。あるいは、結像手段は被測定物と前記撮

像手段の間に任意の磁界又は電界を形成する偏向器を有しているものでもよい。

#### 図面の簡単な説明

- 図 1 は、本発明に基づく固体撮像素子の一実施形態の断面図である。
- 5 図 2 は、図 1 の正面図である。
- 図 3 は、その開口部分近傍の拡大図である。
- 図 4 は、固体撮像素子の電荷読み出しの別の形態を示すものである。
- 図 5 は、図 1 の固体撮像素子とは別の実施形態の正面図である。
- 図 6 は、本発明に基づく分析装置の説明図である。
- 10 図 7 は、図 6 の分析装置の出力画像を表す説明図である。
- 図 8 は、本発明に基づく分析装置の第 2 の実施形態である分光分析装置の説明図である。
- 図 9 は、第 2 の実施形態の変形例を表す説明図である。
- 図 10 は、本発明の第 3 の実施形態であるアトムプローブ電界イオン顕微鏡の
- 15 説明図である。
- 図 11 は、被測定物から放出されるイオンの説明図である。
- 図 12 は、本発明の第 4 の実施形態であるストリークカメラを用いた蛍光寿命測定装置の説明図である。
- 図 13 は、被測定物の画像検出と分光測定を同時に行う従来の装置の説明図で
- 20 ある。
- 図 14 は、本発明の固体撮像素子の他の利用形態を示す図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

- 以下、添付図面に基づき、本発明に係る固体撮像素子およびこれを用いた各種
- 25 分析装置の種々の実施形態について説明する。尚、各図において同一要素には同一符号を付して重複する説明を省略する。また、各図において寸法比率は実際の

ものと必ずしも一致していない。

[固体撮像素子]

最初に本発明に係る固体撮像素子の実施形態について図1～図4を参照して説明する。

5 図1に示されるように、本発明の固体撮像素子31は、たとえば、三相駆動式の表面チャンネル型のCCD (Charge Coupled Device) を利用したタイプのものが用いられ、セラミック等の絶縁材からなるパッケージ35にSi基板などからなる板上の撮像部33が取り付けられた構造となっている。以下、単にこの撮像素子をCCD31と称する。パッケージ35にはCCD31の外部部品等と  
10 電氣的に接続するための端子35aが複数設けられており、CCD31を駆動するための電圧供給電極や撮像部33に配設される信号出力電極33aなどとワイヤボンディングにより接続されている。

撮像部33は、厚さ100 $\mu$ m程度のp型Si基板33bの表面に約0.1 $\mu$ mの厚さのSiO<sub>2</sub>膜33cが形成され、そのSiO<sub>2</sub>膜33c上には電荷転送電極33dが2次元状に複数個配列された構造となっている。そして、撮像部33  
15 のほぼ中央には厚み方向に貫通する開口34が開設されている。この開口34はエッチングなどにより形成すればよい。開口34の口径は、撮像部33のSi基板33bの厚さが約100 $\mu$ mの場合、たとえば、96 $\mu$ m $\phi$ 程度とされる。通常のエッチングではSi基板33bの厚さ方向だけでなくSi基板33bの平面  
20 方向へも行われるので、開口34の口径はSi基板33bの厚さ寸法とほぼ同径のものとなる。そのため、開口34の口径をSi基板33bの厚さ寸法より小さいものとする必要があるときには、異方性エッチングを行えばよい。撮像部33への光線などの入射面の反対側からエッチングを行うことにより、テーパ状となるが開口34の口径を小さく形成することが可能となる。更に、撮像部33の開  
25 口34と共に、パッケージ35にも開口35bが設けられ、CCD31を光線または放射線の一部が通過できるようになっている。



次に、図2～図4に基づいてCCD31の撮像部33について詳細に説明する。図2は、撮像部33の入射側正面の概略図であり、図3は、図2の撮像部33の開口34近傍の拡大図である。そして、図4は図2に示される実施形態との比較形態の入射側正面の概略図である。ここで、図3では、簡略化のため、電荷転送電極33dおよびこれに対応する各画素33eの記載は一部を除いて省略してある。図3に示されるように、撮像部33の表面には光電変換を行うフォトダイオードである画素33eが多数配列されている。たとえば、撮像部33の有効面積12.3mm×12.3mm中に、それぞれの大きさが12μm×12μmの画素33eが1024×1024個配列されている。この各画素33eが並べられた領域は、開口34の中心を通る水平区分線33lにより区分される上下2つの領域33h、33iに分割されている。そしてそれぞれの領域33h、33i用の二つの水平転送レジスタ33gがこの二つの領域33h、33iを上下から挟み込むような形で配置されている。

ここで、撮像部33の開口34およびその周辺には画素を形成することができない。図3に示されるように、この画素33eが形成されない領域33fの寸法は、約8画素分の開口34の直径に対し、10画素分とするのが望ましい。このように、開口34の縁部分から1画素分を空けて画素33eを設けることにより、開口34の形成時の開口34の周辺部分のダレ等の乱れによるSiO<sub>2</sub>膜33cの剥がれ、転送電極33dの短絡などの発生が回避でき、それらによるCCD31の動作不良が未然に防止できる。

このCCD31では、前述のように撮像部33を分割し、それぞれの領域に専用の水平転送レジスタ33gを設けている。したがって、各撮像領域33h、33iから水平転送レジスタ33gに向かって図2に矢印で示すように一列ずつ電荷を垂直転送し、水平転送レジスタ33gから1画素ずつの電荷を取り出すことにより画像信号の読み出しを行っている。この結果、開口部近傍の10×10画素分の無効領域を除いた全画素の画像信号を読み取ることが可能である。

この領域の分割数は2分割に限られるものではなく、3以上の分割数とすることも可能であり、特定の分割領域で水平転送レジスタを共有する構成とすることも可能である。

比較例として撮像領域を分割していない開口を有する撮像部33の例を図4に示す。この実施形態では、開口34を飛び越えて電荷の垂直転送が行えないため、図1の実施形態より広い斜線で示される領域33fについて画像信号を読み出すことができず、無効画素となっている。

こうした無効画素が開口部の近傍以外に発生するのを防止する技術としては、図2に示した実施形態のように撮像領域を区分してそれぞれに専用の電荷転送レジスタを設ける技術のほか、撮像部と別に撮像部で蓄積した電荷を一時保管する専用の蓄積部を備えており、撮像部の開口に対応する蓄積部にもダミーの蓄積部を設ける技術、開口を回避して電荷転送路を配線する技術などが適用できる。

図5は、本発明の固体撮像素子の第2の実施形態を示したものである。

このCCD31aは前述のCCD31と同様に中央に貫通する開口34が設けられている。そして、このCCD31aはいわゆる裏面照射型のCCDである。すなわち、CCD31aは、セラミック等の絶縁材からなるパッケージ35にSi基板などからなる板上の撮像部33が取り付けられた構造となっており、詳述すると、パッケージ35の表面に配線用Si基板33kが配置され、撮像部33のSi基板33bの内側（パッケージ35側）にSiO<sub>2</sub>膜33cが形成され、そのSiO<sub>2</sub>膜33c上に多数の電荷転送用電極33dが配列されている。そして、Si基板33bの外側（光電子の入射側）にはp<sup>+</sup>-Si層33jが形成されている。

そして、CCD31aに電子ビームや軟X線が入射すると、撮像部33のごく表面で吸収し信号電荷を発生させるので、これを蓄積かつ転送する転送用電極33dの下まで有効に到達できるようにするためSi基板33bは20μm程度まで薄くされ、周縁部だけが支持のために厚く残された構造とされている。また、

電子の打ち込まれる側の表面は発生した電荷が転送電極側に効率良く送り込まれるように $p^+ - Si$ 層33jがイオン注入により設けられている。このような裏面照射型のCCD31aによれば、Si基板33bの厚みが $20\mu m$ 程度と薄くされているため、それに応じてエッチング等により開口34の口径を $24\mu m$ 程度とすることができる。また、裏面照射型であるため、電極33dが入射面を遮ることがなく、入射面の有効面積が実質的に増大し、被写体の像を効率良く撮像することが可能となる。

なお、上記のCCDは三相駆動式のもの、二相駆動式または四相駆動式のものであってよく、また、フレーム転送方式のものに限られずインターライン転送方式やフレームインターライン転送方式のものであってもよい。更に、固体撮像素子としては、CCDに限られるものでなく、MOS型のものなどであってもよい。

#### [分析装置]

以下、上述の構成の固体撮像素子を利用した各種分析装置について实例を挙げて詳細に説明する。なお、以下の説明では、CCDを用いた例について説明しているが、本発明はこれに限られるものではなく、前述のように各種の開口を有する固体撮像素子を応用することが可能である。

#### (第1の実施形態)

図6は分析装置1の全体概要図である。図6に示されるように、分析装置1は、被測定物2の形状を観察しながら、その被測定物2の特定位置における色彩を細かく分析可能な装置であって、撮像手段であるCCD31、CCD駆動回路32、結像手段である光学レンズ系41、分析手段である分光器51、検出器52、データ処理回路53、表示手段である信号重畳回路61、モニタ62を備えると共に、被測定物2を配置するためのX-Yステージ71、マーカー信号発生手段であるマーカー信号発生器81を具備している。

ここで、CCD31は、上述した本発明の固体撮像素子のひとつであり、たとえば、図1～図3に示した実施形態の素子が適用可能である。

分析装置 1 の各部について詳述すると、まず、測定対象となる被測定物 2 を配置するための X-Y ステージ 7 1 が光軸に直交する平面方向に移動自在に設けられている。すなわち、X-Y ステージ 7 1 は、被測定物 2 の配置面が CCD 3 1 の受像面である撮像部 3 3 とほぼ平行に配され、少なくともその配置面と平行移動自在に設けられている。このため、X-Y ステージ 7 1 に配置した被測定物 2 が CCD 3 1 に対し相対移動可能となり、その移動により CCD 3 1 で被測定物 2 の各部が撮像可能となる。なお、被測定物 2 の各部を撮像するためには X-Y ステージ 7 1 と CCD 3 1 が相対的に移動する構造となっていればよく、X-Y ステージ 7 1 を固定とし CCD 3 1 を X-Y ステージ 7 1 に対して移動自在としてもよい。また、X-Y ステージ 7 1 および CCD 3 1 の双方を移動自在としても勿論よい。更に、その X-Y ステージ 7 1 または CCD 3 1 は、互いに平行移動するだけでなく、接近または隔離する方向へ移動するように構成されていてもよい。

そして、CCD 3 1 には CCD 駆動回路 3 2 が接続されている。この CCD 駆動回路 3 2 は、CCD 3 1 を駆動制御すると共に、CCD 3 1 が出力する映像信号を受けて増幅を行うものである。また、X-Y ステージ 7 1 と CCD 3 1 との間には光学レンズ系 4 1 が配設され、被測定物 2 からの光線または放射線を CCD 3 1 に結像している。この光学レンズ系 4 1 を被測定物 2 または CCD 3 1 に対し移動自在に設けておけば、X-Y ステージ 7 1 または CCD 3 1 を移動させることなく、光線等の結像位置を変えることが可能となる。なお、前述の被測定物 2 から放出される光線または放射線は、被測定物 2 自体から発せられる光線または放射線のほか、被測定物 2 へ照射され被測定物 2 で反射してくる光線または放射線を含むものである。

また、CCD 3 1 の背後には、分析手段の一部をなす分光器 5 1 が配設されている。この分光器 5 1 は、CCD 3 1 の開口 3 4 を通過してくる光線を分光するものであって、プリズム、回折格子、色フィルタなどが用いられる。また、分光

器 5 1 の出力側には検出器 5 2 が接続されている。この検出器 5 2 は、分光器 5 1 で分光された光線のスペクトルを読み取る機器であって、光線の入力により光線の波長スペクトルに応じた電気信号を出力するものである。この検出器 5 2 としては、多チャンネル検出器などが用いられる。また、検出器 5 2 の出力側には

5 データ処理回路 5 3 が接続されている。データ処理回路 5 3 は、検出器 5 2 から出力される波長スペクトルのデータを処理し、分析データ信号を出力する回路である。

さらに、データ処理回路 5 3 の出力側には、表示手段の一部をなす信号重畳回路 6 1 が接続されている。この信号重畳回路 6 1 は、データ処理回路 5 3 のほか、

10 CCD 駆動回路 3 2 およびマーカー信号発生器 8 1 とも接続されており、CCD 駆動回路 3 2 からの映像信号、データ処理回路 5 3 からの分析データ信号およびマーカー信号発生器 8 1 からのマーカー表示信号を入力して重畳する機能を有している。また、モニタ 6 2 は、信号重畳回路 6 1 から出力される信号を受けて、

15 被測定物 2 の二次元像 6 2 a、分析データ 6 2 b および分析位置（サンプリング位置）を示すマーカー 6 2 c を同時に表示する機器である。このモニタ 6 2 としては、公知のものが用いられる。

このマーカー信号発生器 8 1 が発生するマーカー表示信号は、CCD 駆動回路 3 2 から出力される映像信号と同期した信号であって、その映像信号の開口 3 4 に対応する信号部分に重畳されるものである。CCD 駆動回路 3 2 から出力される映像信号における開口 3 4 に対応する信号部分は撮影部 3 3 における開口 3 4 の位置から特定できるため、映像信号と同期をとることにより、その開口 3 4 に対応する信号部分にマーカー表示信号を重畳することが容易、かつ、確実に実行

20 することとなる。

次に分析装置 1 の動作について説明する。

25 まず、図 1 に示されるように、X-Y ステージ 7 1 上に測定対象となる被測定物 2 をセットする。この状態において、被測定物 2 から放出される光線は、光学

5 レンズ系 4 1 を介して CCD 3 1 の撮像部 3 3 上に結像される。その際、被測定物 2 から放出される光線は、その被測定物 2 へ所定の光の照射による反射光線であつてもよい。また、X-Y ステージ 7 1 と CCD 3 1 との間にはハーフミラーのようなものが存在しないから、被測定物 2 から放出される光線の像の波長特性

次いで、CCD 3 1 では撮像部 3 3 上に結像された被測定物 2 の光線の像に応じて光電変換が行われ、その CCD 3 1 から光線の像に対応した電気的な映像信号が出力される。その映像信号は、CCD 3 1 から CCD 駆動回路 3 2 へ伝送されて増幅されたうえでこの CCD 駆動回路 3 2 から出力される。

10 一方、CCD 3 1 へ結像された被測定物 2 の像を形成する光線のうち一部は、開口 3 4 を通じて CCD 3 1 の背後へ抜けて行くこととなる。そして、CCD 3 1 を貫通した光線は、分析用のサンプリング光線として分光器 5 1 へ入射される。分光器 5 1 では光線は波長帯域ごとに分光され、検出器 5 2 により各波長ごとの強度に対応する信号として検出される。こうして検出器 5 2 から出力された信号

15 は、データ処理回路 5 3 へ入力され、分光した波長の強度データの分析データ信号としてデータ処理回路 5 3 から出力される。

そして、CCD 駆動回路 3 2 から出力される映像信号、データ処理回路 5 3 から出力される分析データ信号およびマーカ-信号発生器 8 1 から出力されるマーカ-表示信号はそれぞれ信号重畳回路 6 1 へ入力され、この信号重畳回路 6 1 に

20 て重畳されてモニタ 6 2 へ入力される。その際、映像信号における開口 3 4 の信号部分にマーカ-表示信号が重畳されることとなる。そして、信号重畳回路 6 1 からモニタ 6 2 へ各信号による重畳信号が出力され、モニタ 6 2 には、たとえば図 7 に示すように、映像信号成分に基づいて被測定物 2 の二次元映像 6 2 a が表示され、分析データ信号成分に基づいて波長帯域ごとのスペクトルを示す分析データ 6 2 b が表示され、分析データ 6 2 b の分析位置を示すマーカ- 6 2 c が二

25 次元映像 6 2 a 上に同時に表示される。このとき、マーカ- 6 2 c は、撮像部 3

3の開口位置に表示されるので、分析データの分析位置と必ず一致し正確な位置を示すこととなる。

また、モニタ62には、被測定物2の二次元像62a、分析データ62bおよび分析位置を示すマーカー62cが同時に表示されるので、被測定物2の表面形状の観察とその被測定物2上の所望位置における色彩データ（たとえば、波長帯域ごとのスペクトル強度）の計測が同時に行え、被測定物2の状態や性質などが容易に把握できる。また、被測定物2の観察および計測において、分析すべき位置を変更したいときには、被測定物2がセットされるX-Yステージ71をCCD31に対し相対移動させることにより分析位置の変更が容易に行える。その際、CCD31側をX-Yステージ71に対し相対移動させてもよい。それらの移動に伴い、モニタ62に表示される被測定物2の二次元像62aに対するマーカー62cの示す相対位置が変化することとなるが、その移動を任意な位置へランダムに行ったとしても、マーカー62cは常に開口34の位置を示すのでマーカー62cの示す位置と実際に分析されている位置（分析サンプリング位置）がズレてしまうことはない。また、被測定物2の二次元像62aを観察しながら、X-Yステージ71などを移動させることによりその所望の箇所を開口34の位置に合わせることが可能となる。このため、被測定物2の所望箇所の分析作業が効率良く行え、分析データの取り込み時間を大幅に短縮することができる。一方、被測定物2の二次元像62aに対し広い範囲にわたって分析データを得たいときには、この被測定物2の観察および計測において、X-Yステージ71等の移動を制御して、被測定物2上で分析位置を順次自動的に走査するようになれば、被測定物2の各部の計測作業が効率良く行える。

以上説明したように、この分析装置1によれば、被測定物2の二次元像62aの観察と所望の箇所の分析が同時に行え、その際、分析位置がマーカー62cにより確実に示される。また、被測定物2から放出される光線のサンプリングがその光線の特性を変化させる物、たとえばハーフミラーなどを介することなく行え

る。従って、被測定物 2 の観察と共に、被測定物 2 についての分析が正確に行える。

なお、前述した分析装置 1 は、被測定物 2 の二次元像 6 2 a と分析データ 6 2 b が別の表示手段により表示されるものであってもよい。すなわち、データ処理回路 5 3 から出力される分析データ信号は必ずしも信号重畳回路 6 1 で重畳される必要はなく、信号重畳回路 6 1 に接続されるモニタ 6 2 とは別にモニタまたは XY プロッタなどの表示手段をデータ処理回路 5 3 に接続することにより、被測定物 2 の二次元像 6 2 a と分析データ 6 2 b を別個の表示手段により表示させるものであってもよい。

#### 10 (第 2 の実施形態)

次に図 8、図 9 に基づいて分析装置の第 2 の実施形態について説明する。第 1 の実施形態に係る分析装置 1 は被測定物 2 から放出される光線の二次元像を観察可能とし、被測定物 2 の特定位置における色彩特性を計測可能としたものである。これに対して、第 2 の実施形態は、観察対象を被測定物 2 から放出される光電子の二次元像とし、計測対象をその光電子のエネルギー特性とした光電子分光機能を有する分析装置である。

図 8 に示されるように、分析装置 1 a は、撮像手段である CCD 3 1 a、CCD 駆動回路 3 2、結像手段である第一集束コイル 4 1 a、第二集束コイル 4 1 b、偏向コイル 4 1 c、分析手段である半球型エネルギー分析器 5 4、TV カメラ 5 5、表示手段である信号重畳回路 6 1、モニタ 6 2 を備えると共に、被測定物 2 を配置するための試料支持台 7 1 a、被測定物 2 から光電子を放出させるための X 線発生器 4 5 およびマーカ信号発生手段であるマーカ信号発生器 8 1 を具備した構成とされている。

分析装置 1 a の各部について詳述すると、まず、測定対象となる被測定物 2 を配置するための試料支持台 7 1 a が真空容器 4 2 の端部に配置されている。試料支持台 7 1 a は、非磁性体からなり、たとえば、非磁性金属からなる板状のもの



が用いられる。また、試料支持台7 1 aは、導電性を有する固定リング7 2に着脱自在とされており、この固定リング7 2に取り付けられた状態で真空容器4 2の開口部分に配置されている。固定リング7 2は、Oリング7 3を介して気密フタ7 4により押圧され、真空容器4 2の開口部に真空封着されている。このため、  
5 試料支持台7 1 aに被測定物2をセットすることにより、被測定物2は真空空間内に置かれることとなる。また、気密フタ7 4を外すことにより、試料支持台7 1 aにセットした被測定物2の交換が可能となっている。固定リング7 2には高圧電源が接続され、負電位、たとえば-10 kVの電圧が印加され、これと接続された試料支持台7 1 aにもこの電圧が印加される。また、真空容器4 2には真空ポンプ4 4が接続されており、その内部の真空度を任意に調整できるようになっている。この真空容器4 2は、通常使用時に $1 \times 10^{-6}$  Torr以下の真空状態とされる。

また、真空容器4 2に配置された試料支持台7 1 aから内側へ隔てて加速電極4 3が設置されている。加速電極4 3は、真空容器4 2の側壁と電氣的に接続されており、真空容器4 2が接地されていることに伴って±0 kVの電位とされている。この加速電極4 3は、光電子などが通過できるように開口が設けられている。この結果、燃料支持台7 1 aと加速電極4 3との間に形成された加速電界により被測定物から放出された放出エネルギー $V_0$  (eV)の光電子は $V_0 + 10^4$  (eV)のエネルギーに対応する速度まで加速される。

20 一方、加速電極4 3を挟んで試料支持台7 1 aの反対側には、CCD 3 1 aが配設されている。CCD 3 1 aは、被測定物2から放出される光電子の像を受け光電変換して電氣的な映像信号を出力する固体撮像素子である。このCCD 3 1 aには、前述の図4に示される第2の実施形態のCCD 3 1 aが用いられている。

このCCD 3 1 aには、第1の実施形態の分析装置1と同様に、CCD駆動回路3 2が接続されている。このCCD駆動回路3 2によりCCD 3 1 aが駆動制御されると共に、CCD 3 1 aから出力される映像信号が増幅できるようになっ

ている。

そして、真空容器 4 2 に隣接して X 線発生器 4 5 が配設されている。この X 線発生器 4 5 は、被測定物 2 へ軟 X 線を照射するための機器であって、真空室 4 5 a の内部にガスパフ X 線源 4 5 b、反射ミラー 4 5 c を配設した構造とされている。真空室 4 5 a は前述の真空ポンプ 4 4 と接続され、その内部の真空度を任意に調整できるようになっている。また、真空室 4 5 a の側壁には透過窓 4 5 d が設けられており、この透過窓 4 5 d を通じて真空室 4 5 a 内から軟 X 線が試料支持台 7 1 a 上の被測定物 2 へ向けて照射できるようになっている。透過窓 4 5 d を設けているのは、真空室 4 5 a にはガスパフ X 線源が配置されているので真空度が低く、高真空に保つ必要のある真空容器 4 2 の内部とその真空室 4 5 a とを仕切るためである。この透過窓 4 5 d としては、軟 X 線のみを透過させる薄膜、たとえば、格子状支持体に支えられた有機フィルムやチッ化シリコン膜などが用いられる。また、反射ミラー 4 5 c は、ガスパフ X 線源 4 5 b から出射される X 線を透過窓 4 5 d へ反射すると共に、反射する X 線の分光機能を有している。すなわち、反射ミラー 4 5 c は、ガスパフ X 線源 4 5 b から入射される X 線のうち軟 X 線のみを反射させる機能を有している。この X 線発生器 4 5 によれば、真空容器 4 2 内に配置される試料支持台 7 1 a 上の被測定物 2 に対して軟 X 線を照射することができる。

また、真空容器 4 2 を取り巻いて第一集束コイル 4 1 a、第二集束コイル 4 1 b が配置されており、これらの第一集束コイル 4 1 a、第二集束コイル 4 1 b にはそれぞれ駆動電源 4 1 d、4 1 e が接続されている。これらの第一集束コイル 4 1 a、第二集束コイル 4 1 b が通電されることにより真空容器 4 2 内に磁界が形成される。そして、軟 X 線の照射により被測定物 2 から放出され、試料支持台 7 1 a と加速電極 4 3 との間に形成された加速電界により加速された光電子群を CCD 3 1 a へ結像することが可能となる。更に、真空容器 4 2 の周囲には偏向コイル 4 1 c が配置されており、偏向コイル 4 1 c には駆動電源 4 1 f が接続さ

れている。この偏向コイル41cは、駆動電源41fにより通電されることにより、磁界の形成状態を任意に制御可能とされている。このため、偏向コイル41cの磁界形成制御により、被測定物2から放出される光電子群をCCD31a上の所望の位置に結像させることが可能となる。

5 CCD31aの背後には、まず電子光学系47が配置されている。この電子光学系47は、例えば複数の円筒電極群47a、47b、47c、47dからなり、電極47aは±0Vに接地され、電極47dには、固定リング72の印加電圧より $V_A'$ （たとえば150V）だけ高い-9.85kVの電圧が印加されている。そして、中間の電極47b、47cには、接地電位とこの-9.85kV電位の  
10 間の所定の電圧が印加されている。これにより加速電極43で加速された電子は、電子光学系47により被測定物2から放出された当初の速度に近い速度、つまり $V_0+V_A'$ （eV）に対応する速度まで減速される。

電子光学系47の背後には、分析手段の一部をなす半球型エネルギー分析器54が配置されている。このエネルギー分析器54は、電子光学系47を通過して  
15 くる光電子のエネルギーを分析する機器であって、電子光学系47の背後に一端を位置させ内外同心に配された半球状の電極54a、54b、それらの電極54a、54bの他端側に配置されたマイクロチャンネルプレート54cおよび蛍光板54dにより構成されている。そして、外周側の電極54aと内周側の電極54bには電子光学系47の終端側の電極47dの電位（-9.85kV）に対し  
20 て負および正の電圧となる-9.95kVおよび-9.75kVの電圧がそれぞれ印加されて、電極54aから電極54bへ向けて電界が形成されており、電極54a、54b間へ入射してくる光電子を電極54a、54bに沿って円運動させる構造となっている。また、マイクロチャンネルプレート54cの入射面は電極47dの電位と同電位とされ、マイクロチャンネルプレート54cの出射面および蛍光板54dにはそれぞれこれに対して正の電圧が印加されて、マイクロチャンネルプレート54cの入射面、出射面、蛍光板54dと順次高電位となるよ  
25

うにされている。

このエネルギー分析器54によれば、CCD31aの開口34が入射絞り機能を果たし、そのCCD31aの開口34を通過してくる光電子を電子光学系47を経て電極54a、54bの間に入射させて、光電子の持つエネルギーに応じて電界中での光電子の軌道半径が変わることを利用して、光電子におけるエネルギー分布を検出することが可能となる。

この分析装置1aでは、エネルギー分析器54の蛍光板54dに対向してTVカメラ55が配置されている。このTVカメラ55は、蛍光板54dにより発せられる光を撮影するためのものである。TVカメラ55から出力される分析映像信号（分析データ信号）は、信号重畳回路61に入力されている。また、前述のCCD駆動回路32から出力される映像信号およびマーカ信号発生器81から出力されるマーカ表示信号も信号重畳回路61に入力されており、その信号重畳回路61により各信号が重畳され、モニタ62に入力すべき信号とされる。なお、信号重畳回路61、モニタ62、マーカ信号発生器81については実施形態1と同様なものが用いられる。

次に分析装置1aの動作について説明する。

まず、試料支持台71aに測定対象となる被測定物2をセットする。次いで、真空ポンプ44により真空容器42内、真空室45a内およびエネルギー分析器54内を真空状態とする。そして、第一集束コイル41a、第二集束コイル41b、偏向コイル41cにそれぞれ駆動電源41d、41e、41fにより通電すると共に、電子光学系47の各電極47a、47b、47c、47d、固定リング72、電極54a、54b、マイクロチャンネルプレート54cおよび蛍光板54dに所定の電圧を印加する。この状態において、ガスパフX線源45bからX線を出射させ、反射ミラー45cへ反射させることにより軟X線のみを透過窓45dから出射させる。すると、その軟X線は、試料支持台71a上の被測定物2の表面に照射される。その軟X線の照射により、被測定物2の表面から特性に

応じて光電子群が放出されることとなる。その光電子群は、第一集束コイル 4 1 a、第二集束コイル 4 1 b による磁界と試料支持台 7 1 a と加速電極 4 3 との間の加速電界により、加速電極 4 3 の開口を抜けて CCD 3 1 a へ向って進行し、その CCD 3 1 a 上に結像される。

5 次いで、CCD 3 1 a において結像された被測定物 2 の光電子の像に応じて光電変換が行われ、その CCD 3 1 a から光電子の像に対応した電気的な映像信号が出力される。その映像信号は、CCD 3 1 a から真空容器 4 2 外の CCD 駆動回路 3 2 へ伝送され増幅されて CCD 駆動回路 3 2 から出力されることとなる。一方、CCD 3 1 a へ結像された被測定物 2 の像を形成する光電子のうち一部は、  
10 開口 3 4 を通じて CCD 3 1 a の背後へ抜けて行く。その際、CCD 3 1 a に開口 3 4 が開設されることにより、ハーフミラーなどでは分岐できない光電子の一部をサンプリングすることが可能となる。そして、CCD 3 1 a を貫通した光電子は、電子光学系 4 7 により減速されてエネルギー分析器 5 4 へ入射される。すなわち、開口 3 4 を抜けて電子光学系 4 7 で減速された光電子は、電極 5 4 a、  
15 5 4 b の間へ入射され、その電極 5 4 a、5 4 b 間の電界により円軌道上を移動していく。その際、光電子のエネルギーが大きいつまり、速度が早いほど円軌道の半径は大きく、速度が小さいほど円軌道の半径は小さくなるので、光電子のエネルギーに応じて軌道半径が異なってくる。したがって、電極 5 4 a、5 4 b の間を抜けて光電子がマイクロチャンネルプレート 5 4 c に入射される位置も異なり、この位置によりその光電子のエネルギーが計測可能となる。そして、この光電子はマイクロチャンネルプレート 5 4 c により増幅されて蛍光板 5 4 d へ入射することにより、その蛍光板 5 4 d で光に変換され電子分光スペクトルのプロファイルが形成される。その電子分光スペクトルのプロファイルは TV カメラ 5 5 に撮像され、電気的な分析データ信号として TV カメラ 5 5 から出力される。

25 そして、CCD 駆動回路 3 2 から出力される映像信号、TV カメラ 5 5 から出力される分析データ信号およびマーカ信号発生器 8 1 から出力されるマーカ

表示信号がそれぞれ信号重畳回路61へ入力され、この信号重畳回路61にて重畳されてモニタ62へ入力される。その際、映像信号における開口34の信号部分にマーカー表示信号が重畳されることとなる。そして、信号重畳回路61からモニタ62へ各信号の重畳信号が出力されることにより、モニタ62には、映像信号成分に基づいて被測定物2の二次元像が表示され、分析データ信号成分に基づいて電子分光スペクトルのプロファイルが表示されると共に、分析位置を示すマーカーが表示される。

更に、偏向コイル41cに駆動電源41fを通電することにより、被測定物2からの光電子像をCCD31a上で移動させ、分析したい箇所をCCD31aの開口34に合わせれば、所望箇所の分析データを取得することができる。

このように、分析装置1aによれば、被測定物2の二次元像、分析データおよびサンプリング位置を示すマーカーが同時に表示されるので、被測定物2の表面形状の観察とその被測定物2上の所望位置における電子分光スペクトルのプロファイルの計測が同時に行え、被測定物2の状態や性質などを容易に把握することができる。従って、光電子分光の計測に有用なものとなる。

なお、前述した分析装置1aは、被測定物2の二次元像と分析データが別の表示手段により表示されるものであってもよい。すなわち、データ処理回路53から出力される分析データ信号は必ずしも信号重畳回路61で重畳される必要はなく、信号重畳回路61に接続されるモニタ62とは別にモニタまたはXYプロッタなどの表示手段をデータ処理回路53に接続することにより、被測定物2の二次元像と分析データを別個の表示手段により表示させるものであってもよい。

図9は、この分析装置の変形例となる分析装置1a'を示している。この装置と上述の分析装置1aの違いは電子光学系47、47'の違いのみである。図8に示す分析装置1aでは、複数の円筒形電極47a~47dを用いて光電子の減速を行っていたが、図9に示すこの分析装置1a'では、-9.85kVが印加された電極47'のみで直ちに光電子を減速していることを特徴としている。こ

の場合は、構造が簡単になる利点がある。

CCD 31aで電子像を撮影するには、10keV程度に電子を加速することが好ましい。これにより光電子のCCDにおける信号変換効率が向上し、結像の空間分解能も良くなる。しかし、この高速電子をそのまま半球状エネルギー分析器54に入射させた場合は、半球内を電子が高速で通過するために、内部の電界による電子の軌道変化が小さく、エネルギー分解能が低下する。したがって、上述のように減速電子光学系を有することが好ましい。

また、CCD 31aの基板電位を高電圧（たとえば+10kV）として、固定リング72、電子光学系47の終端電極側をグラウンド電位に近い電位+ $V_A$ '（たとえば+150V）としてもよい。この場合は、CCD 31aを正の高圧電位で動かせる必要があるが、大型の半球状エネルギー分析器54を低電圧電位で駆動させられるという利点がある。

### （第3の実施形態）

次に図10、図11に基づいて分析装置の第3の実施形態について説明する。この第3の実施形態は、観察対象を被測定物2から放出されるイオンの像とし、分析対象を放出されるイオンの種類およびその各イオンの量とした分析装置である。たとえば、アトムプローブ電界イオン顕微鏡に被測定物2の像の観察のほか分析機能を付加したものである。

図10に示すように、分析装置1bは、撮像手段であるCCD 31b、CCD駆動回路32、結像手段である偏向電極46、分析手段である質量分析部56、表示手段である信号重畳回路61b、モニタ62bを備えると共に、被測定物2にパルス電圧を供給するパルス電圧発生器21、質量分析部56の分析データを表示するオシロスコープ57およびマーカ信号発生手段であるマーカ信号発生器81を具備した構成である。

分析装置1bの各部について詳述すると、分析装置1bは、少なくとも二つの密閉空間11、12が隣接して画成されている。密閉空間11は被測定物2を配

置してその被測定物 2 からイオンを放出させるための空間であり、密閉空間 1 2 は被測定物 2 から放出されたイオンの一部の質量を検出するための空間である。たとえば、密閉空間 1 1 の側壁に被測定物 2 が貫通して配置され、被測定物 2 における分析すべき箇所が密閉空間 1 1 内へ突き出した状態とされる。この場合、  
5 被測定物 2 としては棒状に形成したものが用いられる。また、密閉空間 1 1 に配置された被測定物 2 には、パルス電圧発生器 2 1、高圧電源 2 2 が接続されており正電位の高圧パルスが供給可能となっている。この高圧パルスが被測定物 2 に供給されることにより、被測定物 2 の表面に強電界を生じ、図 1 1 に示されるように、被測定物 2 の表面の各種の原子がイオン化して被測定物 2 から放出され、  
10 被測定物 2 の表面に形成される電界に沿って加速されて、密閉空間 1 1、1 2 の境界に設置される CCD 3 1 b に衝突し、イオン像として拡大投影される。

また、密閉空間 1 1 内には偏向電極 4 6 が配置されている。この偏向電極 4 6 の板間に印加される電圧を制御することにより、結像されるイオン像を CCD 3 1 b の撮像面 3 3 上で任意に移動させることが可能となる。CCD 3 1 b として  
15 は、第 2 の実施形態と同様な裏面照射型のものが用いられる。CCD 3 1 b からの出力映像信号は、密閉空間 1 2 外に配設される CCD 駆動回路 3 2 へ入力されている。一方、CCD 3 1 b の背後には質量分析部 5 6 が設けられている。この質量分析部 5 6 は、CCD 3 1 b の開口 3 4 を通過してくるイオンの種類およびその量を検出するものであって、密閉空間 1 2 内にはマイクロチャンネルプレート 5 6 a およびアノード 5 6 b が配置された構造となっている。マイクロチャンネルプレート 5 6 a は、CCD 3 1 b の開口 3 4 を通過してくるイオンを受けて電子を発生し、さらにこの電子を増幅して出力するものであって、CCD 3 1 b から所定の距離を隔てて CCD 3 1 b と対向する向きに配されている。また、マイクロチャンネルプレート 5 6 a の後方にはアノード 5 6 b が配されて、マイクロチャンネルプレート 5 6 a で増幅されて出射される電子を検出できるようになっている。更に、マイクロチャンネルプレート 5 6 a およびアノード 5 6 b には  
20



電源が接続され、マイクロチャンネルプレート56aの入射面、出射面およびアノード56bがそれぞれ所定の電位にされており、CCD31bからのイオンがマイクロチャンネルプレート56aに入射して電子を発生し、この電子が増倍されてアノード56bへから出力として取り出されるようになっている。

5       そして、アノード56bの検出信号は密閉空間12外に配設されるオシロスコープ57へ入力され、また、パルス電圧発生器21から同期信号がそのオシロスコープ57へ入力されている。このため、オシロスコープ57により被測定物2から放出されるイオンの種類およびその量が表示可能となっている。すなわち、CCD31bを通過するイオンはその種類によりマイクロチャンネルプレート5  
10       6aに到達する時間が異なることから、被測定物2から異なる複数のイオンが放出されるとアノード56bにて所定の時間差をおいて各種のイオンが検出されることとなり、その結果、オシロスコープ57には、たとえば、横軸をイオンの種類を表すドリフト時間、縦軸をそのイオンの量を表す電圧とした波形が表示されることとなる。

15       また、密閉空間11、12外には、信号重畳回路61、マーカ信号発生器81およびモニタ62が配置されているが、これらは第1および第2の実施形態と同様のものが用いられる。

次に分析装置1bの動作について説明する。

20       まず、図10に示されるように、密閉空間11に測定対象となる被測定物2が突出するようにセットする。次いで、密閉空間11、12を真空状態とする。また、高圧電源22等を通電して被測定物2、マイクロチャンネルプレート56a、アノード56bにそれぞれ所定の電圧を印加する。この状態において、パルス電圧発生器21からパルス電圧を出力させ、被測定物2に高圧パルスを入力する。すると、図11に示されるように被測定物2の先端表面に多数のイオンを生ずる。  
25       このイオン群は、図10に示される密閉空間11内に形成された電界により、被測定物2の表面から放たれイオンビームとなってCCD31b側へ出射される。

イオンビームは、被測定物 2 の表面に形成される電界に沿って加速され、CCD 3 1 b 上に拡大投影される。

次いで、CCD 3 1 b において結像された被測定物 2 のイオンの像に応じてイオン電子変換が行われ、その CCD 3 1 b からイオンの空間分布像に対応した電気的な映像信号が出力される。その映像信号は、CCD 3 1 b から密閉空間 1 1 5 外の CCD 駆動回路 3 2 へ入力され増幅されて CCD 駆動回路 3 2 から出力されることとなる。一方、CCD 3 1 b へ結像されたイオンビームのうちの一部は、CCD 3 1 b に開設された開口 3 4 を通じてその背後へ抜けて行く。つまり、開口 3 4 の開設によりハーフミラーなどでは分岐できないイオンビームのサンプリングが可能となる。 10

そして、CCD 3 1 b を貫通したイオンは、質量分析部 5 6 へ入射される。すなわち、開口 3 4 を抜けてきたイオンは、密閉空間 1 2 内をマイクロチャンネルプレート 5 6 a へ向けて移動して行き、そのマイクロチャンネルプレート 5 6 a 15 にて電子を発生させ、この電子が増幅されてアノード 5 6 b で検出されることとなる。その際、各種イオンの質量に応じてアノード 5 6 b まで到達する時間が異なることから、その到達時間（ドリフト時間）の差によりイオンの種類が判別でき、到達時間ごとの検出量により各イオンの量が計測できる。そして、アノード 5 6 b で検出された出力信号がオシロスコープ 5 7 へ入力され、そのオシロスコープ 5 7 にて被測定物 2 に含まれるイオンの種類およびその量が表示される。

CCD 駆動回路 3 2 から出力される映像信号およびマーカースignal発生器 8 1 から出力されるマーカ表示信号がそれぞれ信号重畳回路 6 1 へ入力される。そして、この信号重畳回路 6 1 にて重畳された後、モニタ 6 2 へ入力される。その際、映像信号における開口 3 4 の信号部分にマーカ表示信号が重畳されることとなる。このため、モニタ 6 2 には、映像信号成分に基づいて被測定物 2 の二次元のイオン像が表示されると共に、オシロスコープ 5 7 に表示される分析データの分析位置がマーカにて示される。 20 25

更に、偏向電極 4 6 の板間に適当な電圧を印加することにより、被測定物 2 から投影される二次元イオン像を CCD 3 1 b 上で移動させ、分析したい箇所を CCD 3 1 b の開口 3 4 に合わせれば、所望箇所の分析データを得ることができる

5 このように、分析装置 1 b によれば、モニタ 6 2 およびオシロスコープ 5 7 を通じて、被測定物 2 の二次元像、分析データおよびサンプリング位置を示すマーカーが同時に表示されるので、被測定物 2 の表面形状の観察とその被測定物 2 の所望位置におけるイオンの放出の計測が同時に行え、被測定物 2 の状態や性質などを容易に把握することができる。

10 以上の説明では、CCD 3 1 b の直後にアノード 5 6 b を配置する例について説明したが、質料分析器の分解能を更に上げたい場合には、図 8、図 9 に示される第 2 の実施形態で用いたのと同様の減速用の電子光学系 4 7、4 7' を配置して、イオンを減速し、ドリフト時間を長くとればよい。

(第 4 の実施形態)

15 最後に図 1 2 に基づいて分析装置の第 4 の実施形態について説明する。本実施形態に係る分析装置 1 c は、分析手段としてストリークカメラ 5 8 を用いたものであって、被測定物 2 から放出される蛍光の二次元像を観察可能とし、その蛍光の寿命を計測可能としたものである。

20 図 1 2 に示されるように、分析装置 1 c に設けられている撮像手段である CCD 3 1、CCD 駆動回路 3 2、結像手段である光学レンズ系 4 1、表示手段である信号重畳回路 6 1、モニタ 6 2、被測定物 2 を配置するための X-Y ステージ 7 1、マーカー信号発生手段であるマーカー信号発生器 8 1 は、第 1 の実施形態のものと同様である。

25 分析手段であるストリークカメラ 5 8 は、図 1 2 に示すように、ストリーク管 5 8 a および撮影器 5 8 b を備えた構成とされている。ストリーク管 5 8 a は、被測定物 2 から放出される蛍光のうち CCD 3 1 の開口 3 4 を通過してくるものを光電面 5 8 c で受けて電子に変換し、偏向板 5 8 d の入力電圧を変化させるこ

とにより内部電界を変化させてその電子の軌道を掃引し、蛍光の入射量の時間変化を蛍光面 5 8 e の輝度変化として出力するものである。なお、図 1 2 中の 5 8 f はマイクロチャンネルプレートであり電子の増幅を行っている。また、5 8 g は電源であってストリーク管 5 8 の各部へ電子を移動させるための電圧を供給している。

また、X-Y ステージ 7 1 の近傍にはレーザ 5 9 a が配置されており、このレーザ 5 9 a から出射されるパルスレーザビームが X-Y ステージ 7 1 上の被測定物 2 へ照射されることにより、被測定物 2 から蛍光が発せられるようになっている。このレーザ 5 9 a にはレーザ駆動器 5 9 b が接続され、レーザ 5 9 a へ駆動電圧を供給している。また、レーザ駆動器 5 9 b は偏向板 5 8 d へ掃引電圧を供給しており、ストリーク管 5 8 内に形成される電界と被測定物 2 から放出される蛍光とは同期がとられている。たとえば、レーザ駆動器 5 9 b 内にはレーザ駆動電源回路と偏向回路が設けられ、レーザ駆動電源回路から発せられるパルス電圧がレーザ 5 9 a へ駆動電圧として出力され、そのパルス電圧と同期したトリガ信号がレーザ駆動電源回路から偏向回路へ入力されることにより、ストリーク管 5 8 内の電界形成と被測定物 2 からの蛍光放出との同期がとられている。更に、C CD 3 1 とストリーク管 5 8 a との間には、光学レンズ系 5 8 h が配設され C CD 3 1 を抜けてくる蛍光を光電面 5 8 c へ結像している。

撮影器 5 8 b は蛍光面 5 8 e の輝度状態を撮影するためのものであって、蛍光面 5 8 e の輝度状態の像を入力して電気的な分析データ信号として出力するものである。この撮影器 5 8 b としては公知の TV カメラなどが用いられる。

次に分析装置 1 c の動作について説明する。

まず、図 1 2 に示されるように、X-Y ステージ 7 1 に測定対象となる被測定物 2 をセットし、ストリーク管 5 8 a の各部に所定の電圧を供給する。この状態において、レーザ 5 9 a からパルスレーザビームを出射させ被測定物 2 へ照射させる。すると、そのレーザビームの照射により、被測定物 2 から蛍光が発せられ

る。この蛍光は、光学レンズ系41を介してCCD31の撮像部33上に結像される。

次いで、CCD31において結像された被測定物2の蛍光の像に応じて光電変換が行われ、そのCCD31から光線の像に対応した電気的な映像信号が出力される。その映像信号は、CCD31からCCD駆動回路32へ入力されて増幅され、CCD駆動回路32から出力される。

一方、CCD31へ結像された被測定物2の像を形成する蛍光のうちの一部は、開口34を通じてCCD31の背後へ抜けて行くこととなる。そして、CCD31を貫通した蛍光は、サンプリング用の蛍光としてストリークカメラ58へ入射される。ストリークカメラ58のストリーク管58aでは入射される蛍光強度のが時間変化が蛍光面58eにて輝度の異なる像（ストリーク像）として出力される。このストリーク像は撮影器58にて電気的な分析データ信号に変換され出力されることとなる。

そして、CCD駆動回路32から出力される映像信号、撮影器58bから出力される分析データ信号およびマーカ信号発生器81から出力されるマーカ表示信号はそれぞれ信号重畳回路61へ入力され、この信号重畳回路61にて重畳されてモニタ62へ入力される。その際、映像信号における開口34の信号部分にマーカ表示信号が重畳されることとなる。そして、信号重畳回路61からモニタ62へ各信号による重畳信号が出力され、モニタ62のディスプレイ62d上には、図7に示すように、映像信号成分に基づいて被測定物2の二次元像62aが表示され、分析データ信号成分に基づいて蛍光の寿命を示す分析データ62bが表示され、分析データ62bの分析位置を示すマーカ62cが同時に表示される。

このように、分析装置1cによれば、被測定物2の表面形状の観察とその被測定物2の所望位置における蛍光寿命の計測が同時に行え、被測定物2の状態や性質などを容易に把握することができる。

5 なお、前述した分析装置 1 c は、被測定物 2 の二次元像 6 2 a と分析データ 6 2 b が別の表示手段により表示されるものであってもよい。すなわち、データ処理回路 5 3 から出力される分析データ信号は必ずしも信号重畳回路 6 1 で重畳される必要はなく、信号重畳回路 6 1 に接続されるモニタ 6 2 とは別にモニタまたは X Y プロッタなどの表示手段をデータ処理回路 5 3 に接続することにより、被測定物 2 の二次元像 6 2 a と分析データ 6 2 b を別個の表示手段により表示させるものであってもよい。

以上説明したように本発明によれば、次のような効果を得ることができる。

10 すなわち、撮像手段の受像面に開口が設けられることにより、被測定物から放出される光線などの二次元像を観察しながら、その開口を通じて受像面に照射される光線などの一部を分析用としてサンプリングすることができる。このため、光線だけでなく、放射線、電子またはイオンなどのサンプリングが可能となる。

15 また、それらのサンプリングのためにハーフミラーなどを設ける必要がない。このため、光線などの特性が変化することがない。従って、被測定物の特性の測定が正確に行える。

更に、被測定物の観察において撮像手段に設けられた開口の位置にマーカーが表示されるから、分析データにおける分析位置を確実にマーカーで示すことができる。

## 20 産業上の利用可能性

25 本発明の開口を有する固体撮像素子は、光、放射線、電子、イオンなどを利用して物質の特性を分析する装置において、分析位置あるいはこれらの光、放射線等の分布を確認しながら、その所定位置の特性を詳細に計測する分析する場合の分析位置あるいは分布の確認に用いることができる。また、本発明の固体撮像素子の用途は、上述の分析装置のみに限られるものではなく、各種のアーチャー等の代わりに用いることもできる。例えば、図 1 4 に示されるように固体撮像素

子31cの受像面33と反対の面から細いビーム径のX線ビームをこの撮像素子31cの開口34を貫いて受像面33に対向して配置した試料2の表面に衝突するように照射する。これにより、複雑なX線用の光学系を用いることなく、試料2表面における散乱X線の2次元像を撮像することが可能となる。

## 請 求 の 範 囲

1. 基板上に2次元方向に配列した画素により、受像面に入射した光、放射線、電子、イオンなどの空間分布を表す像を画像信号に変換する固体撮像素子であって、  
5  
前記画素配列の略中央に前記基板を貫く開口が設けられており、前記各画素の画像を読み出す電荷転送路が前記開口を回避して形成されていることを特徴とする固体撮像素子。
2. 前記固体撮像素子の撮像部は、前記開口を境界の一部とする少なくとも2つの領域に区分されており、各画素の画像信号を転送蓄積して順次読み出す転送レジスタが前記少なくとも2つの領域についてそれぞれ専用に設けられていることを特徴とする請求項1記載の固体撮像素子。  
10
3. 前記固体撮像素子は、基板上の前記受像面と反対の側に画素の画像信号を転送する電極が形成されているいわゆる裏面照射型であることを特徴とする請求項1あるいは2に記載の固体撮像素子。  
15
4. 請求項1～3のいずれかに記載の固体撮像素子と、  
この撮像素子と被測定物との間に配置され、前記像を前記撮像素子の受像面に結像させる結像手段と、  
前記開口を通過してくる光線、放射線、電子またはイオンを介して被測定物の特性を分析すると共に、その分析データを分析データ信号に変換する分析手段と、  
20  
前記撮像素子から出力される画像信号および前記分析手段から出力される分析データ信号に基づいて、前記像に対応する画像および前記分析データを表示する表示手段と、  
25  
を備える分析装置。
5. 前記撮像手段から出力される画像信号と同期し、このうち前記開口に対



- 応する信号部分に重畳するマーカー表示信号を発生させるマーカー信号発生手段をさらに備え、
- 前記表示手段はさらに、前記マーカー発生手段から出力されるマーカー表示信号に基づいて、前記前記光線、放射線、電子またはイオンの像に対応する
- 5 二次元像、前記表示画像上に前記分析手段による分析位置を示すマーカーを同時に表示することを特徴とする請求項 4 に記載の分析装置。
6. 前記被測定物は、前記固体撮像素子の前記受像面に対し移動自在に配置されることを特徴とする請求項 4、5 のいずれかに記載の分析装置。
7. 前記固体撮像素子の前記受像面は、前記被測定物に対し移動自在であることを特徴とする請求項 4～6 のいずれかに記載の分析装置。
- 10 8. 前記分析手段は、前記被測定物から放出される光線あるいは放射線の波長成分を分析する分光器を備えていることを特徴とする請求項 4～7 のいずれかに記載の分析装置。
9. 前記分析手段は、前記被測定物から放出される光線、放射線、電子またはイオンが有するエネルギー量を分析するエネルギー分析器を備えていることを特徴とする請求項 4～7 のいずれかに記載の分析装置。
- 15 10. 前記分析手段は、前記被測定物から放出される放射線またはイオンの質量を分析する質量分析器を備えていることを特徴とする請求項 4～7 のいずれかに記載の分析装置。
- 20 11. 前記固体撮像素子と前記分析手段の間に、前記開口を通過した電子またはイオンを減速する電子光学系をさらに備えていることを特徴とする請求項 9 あるいは 10 のいずれかに記載の分析装置。
12. 前記分析手段は、前記被測定物から放出される光量の時間変化を計測するストリークカメラを備えていることを特徴とする請求項 4～7 のいずれかに記載の分析装置。
- 25 13. 前記結像手段は光学レンズ、プリズムあるいはミラーからなる光学系で

構成され、この光学系を構成する前記要素の少なくともひとつが前記被測定物または前記撮像手段に対して移動自在であることを特徴とする請求項 8 または 12 に記載の分析装置。

14. 前記結像手段は前記被測定物と前記撮像手段の間に任意の磁界又は電界を形成する偏向器で構成されていることを特徴とする請求項 9～11 のいずれかに記載の分析装置。

図 1

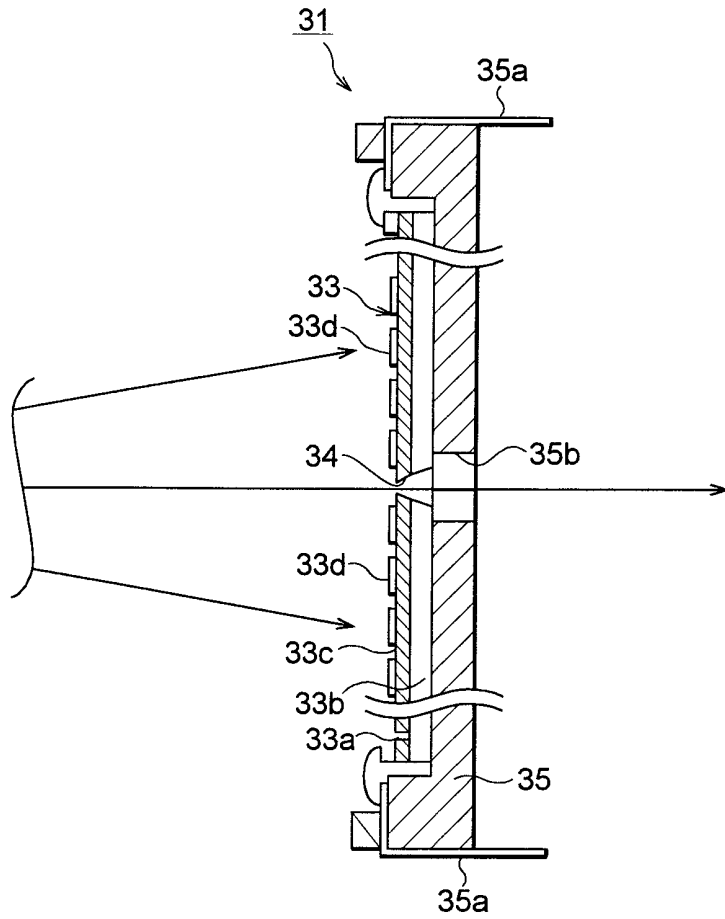


図 2

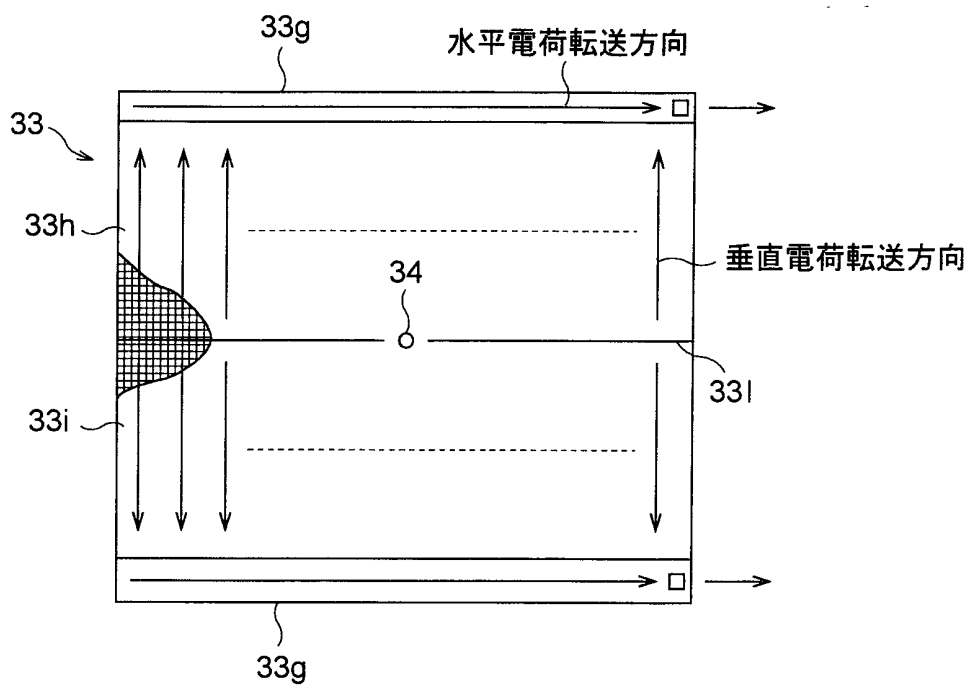


図 3

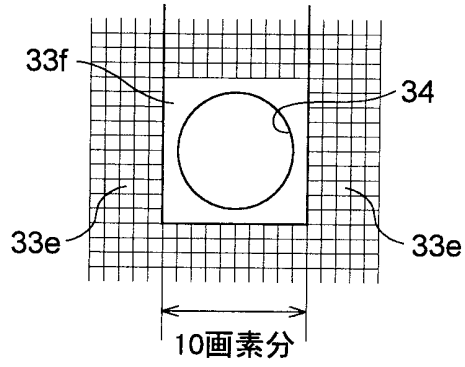


図 4

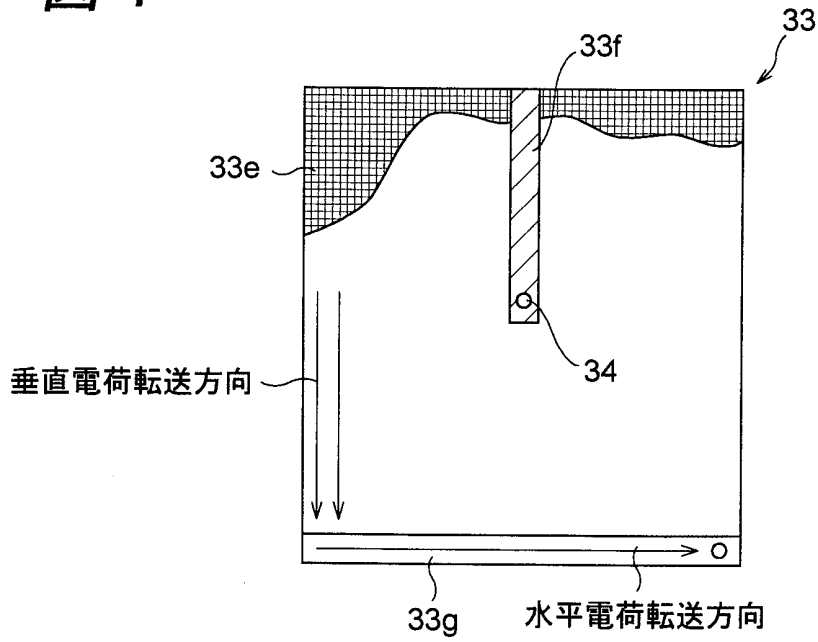


図 5

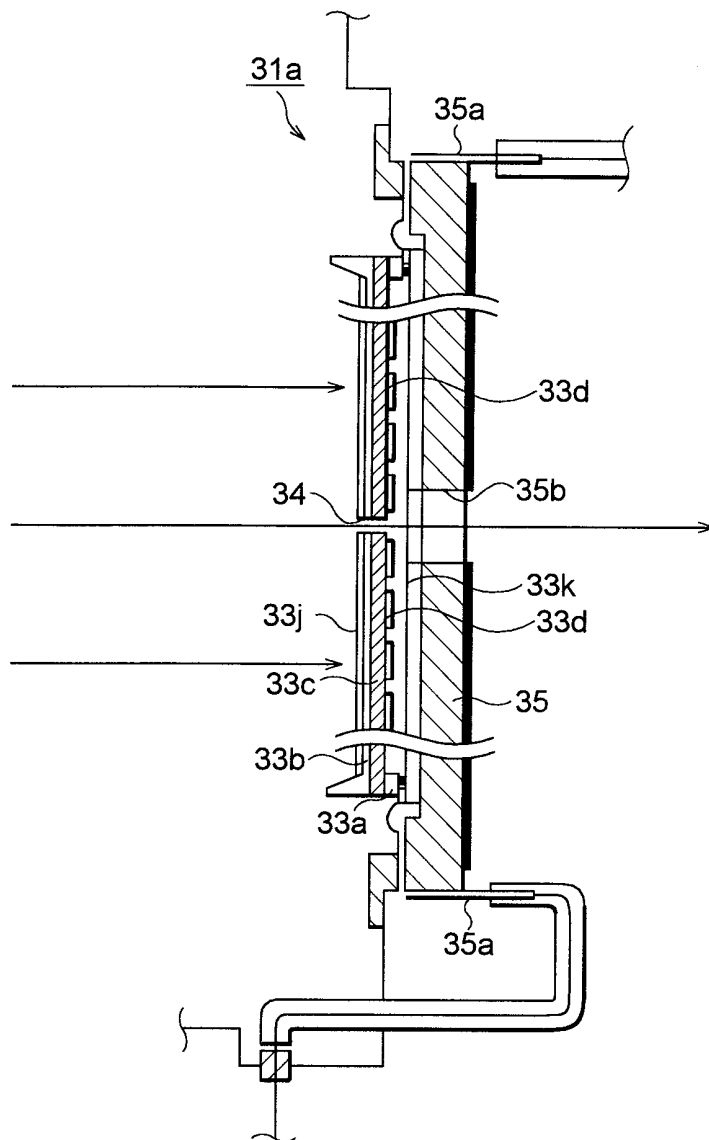


図6

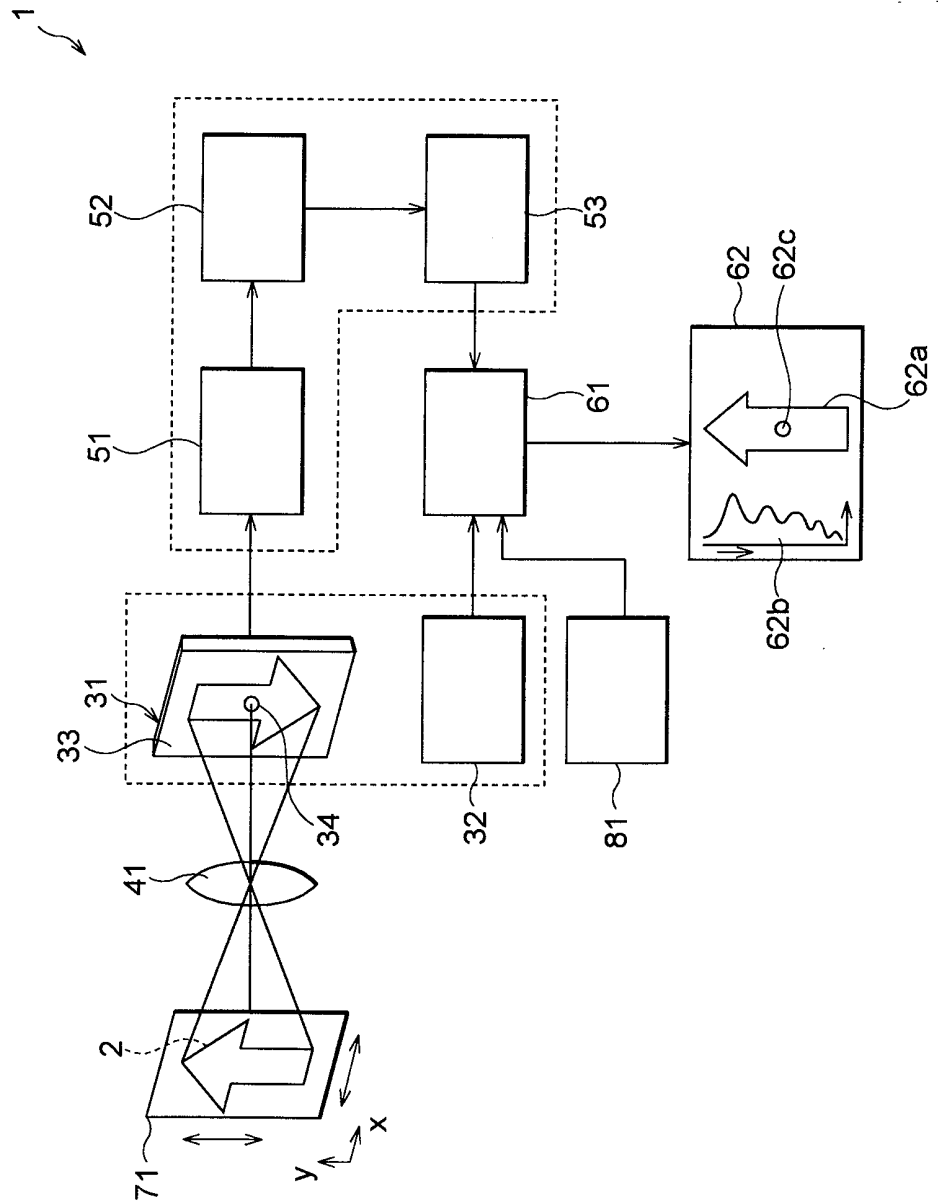


図 7

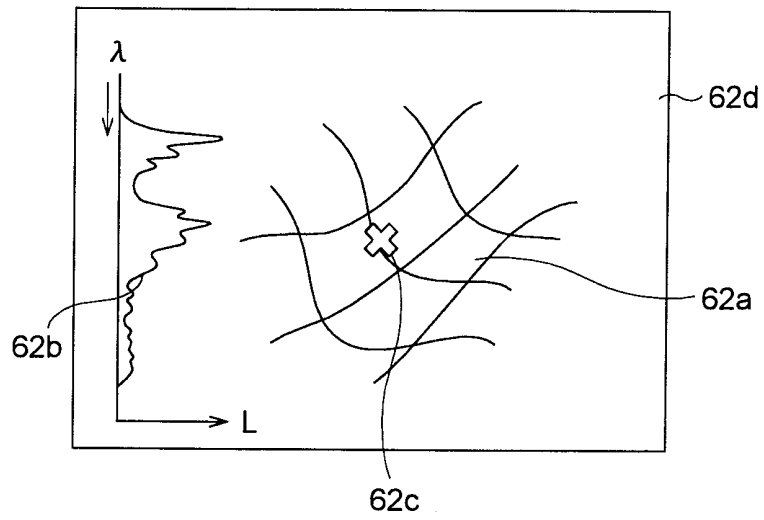




図 8

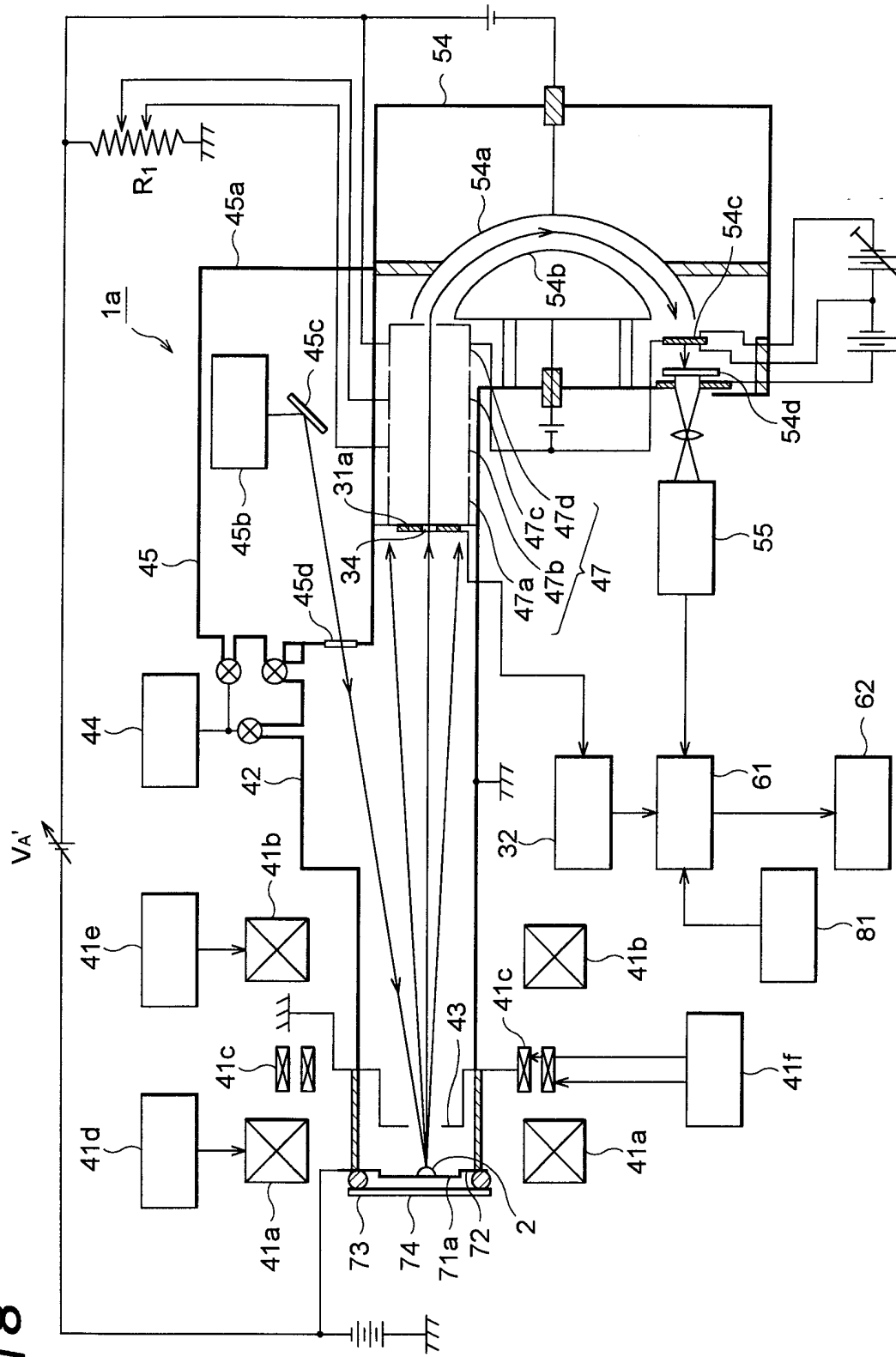


図 9

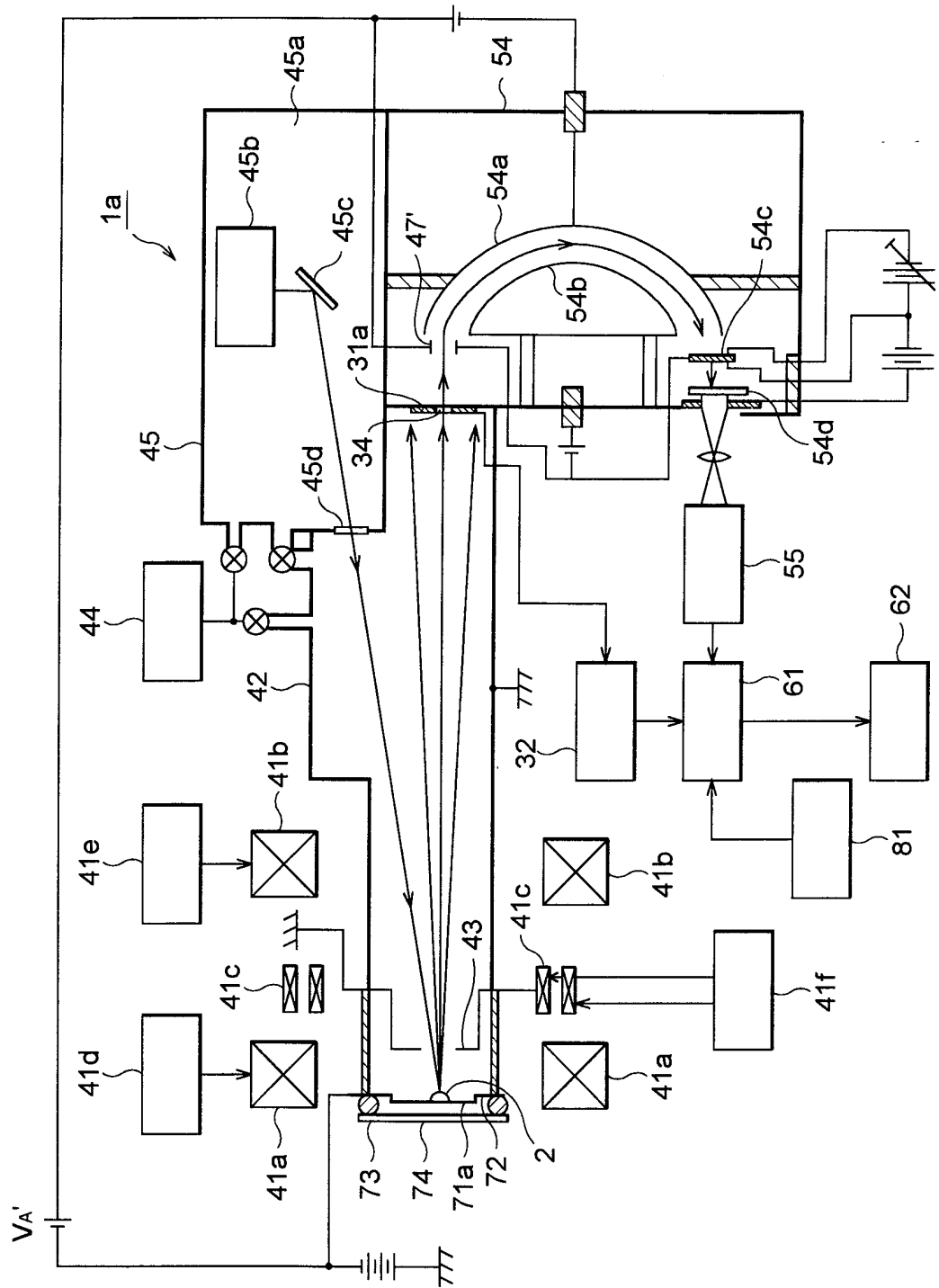


図10

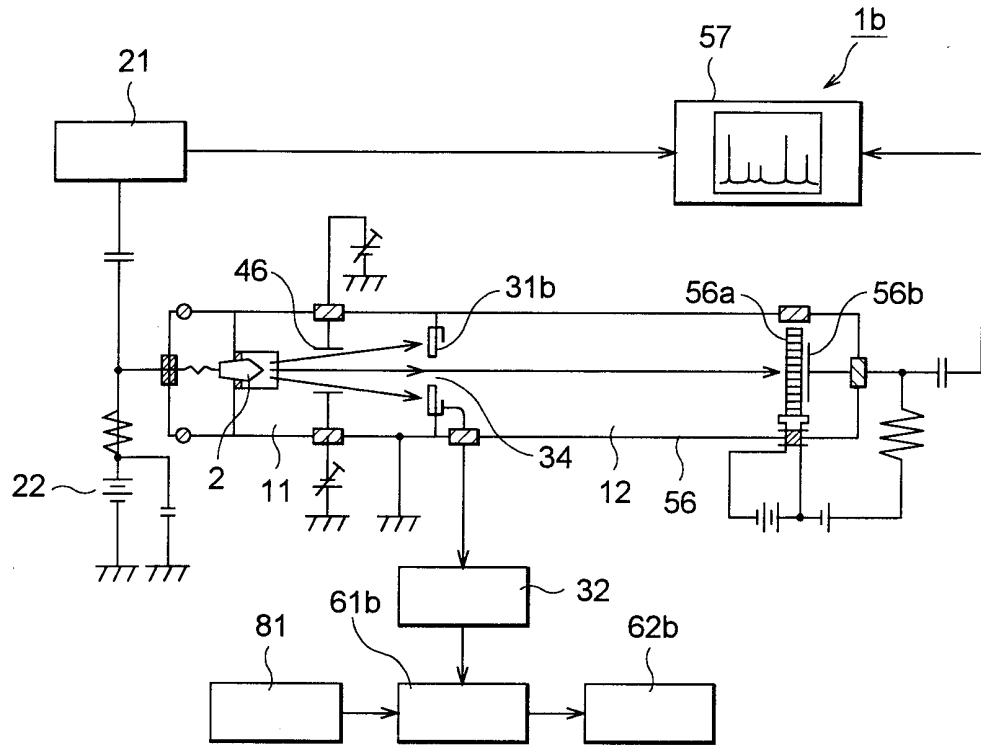


図11

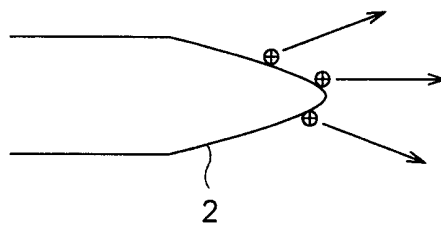


図12

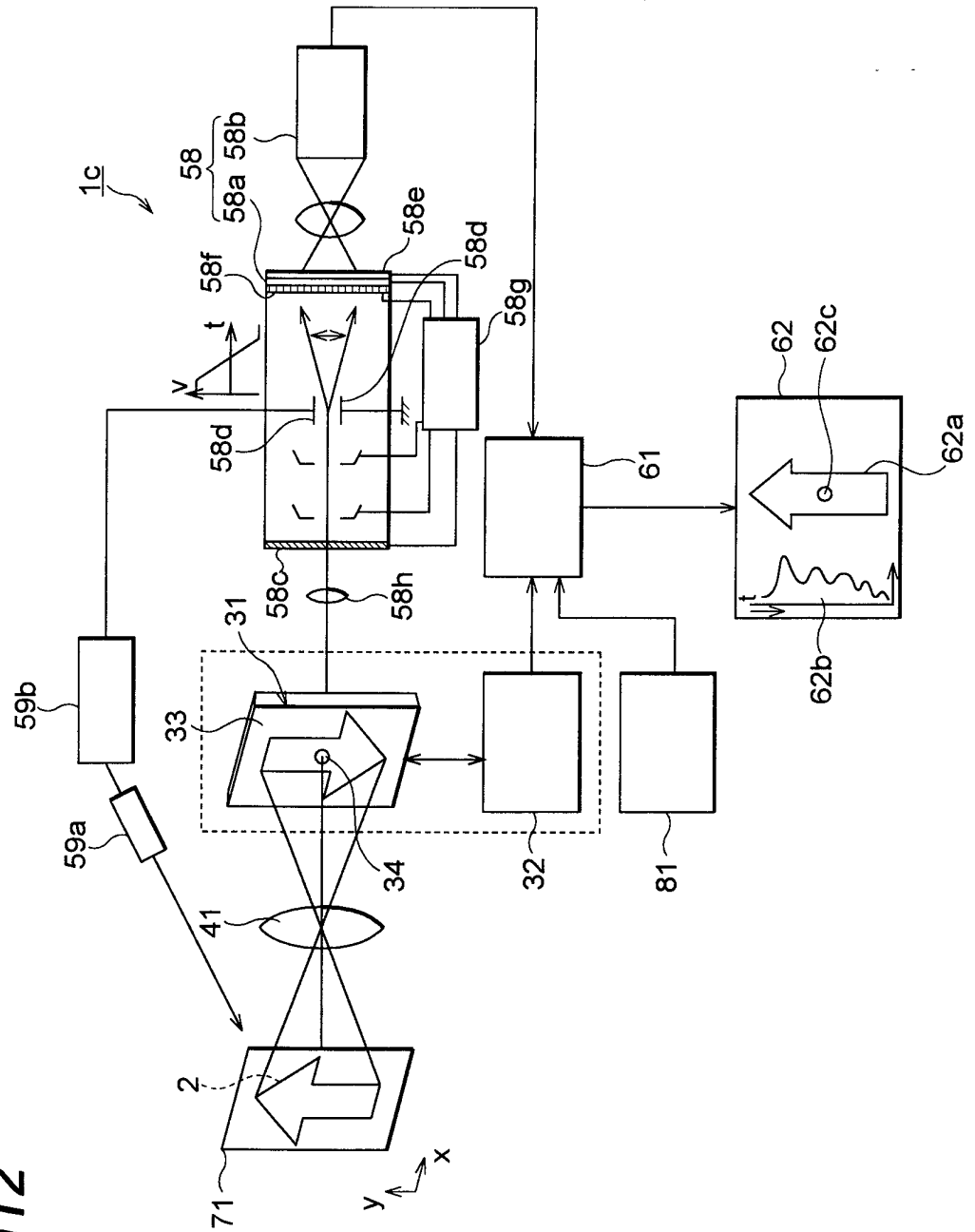


図13

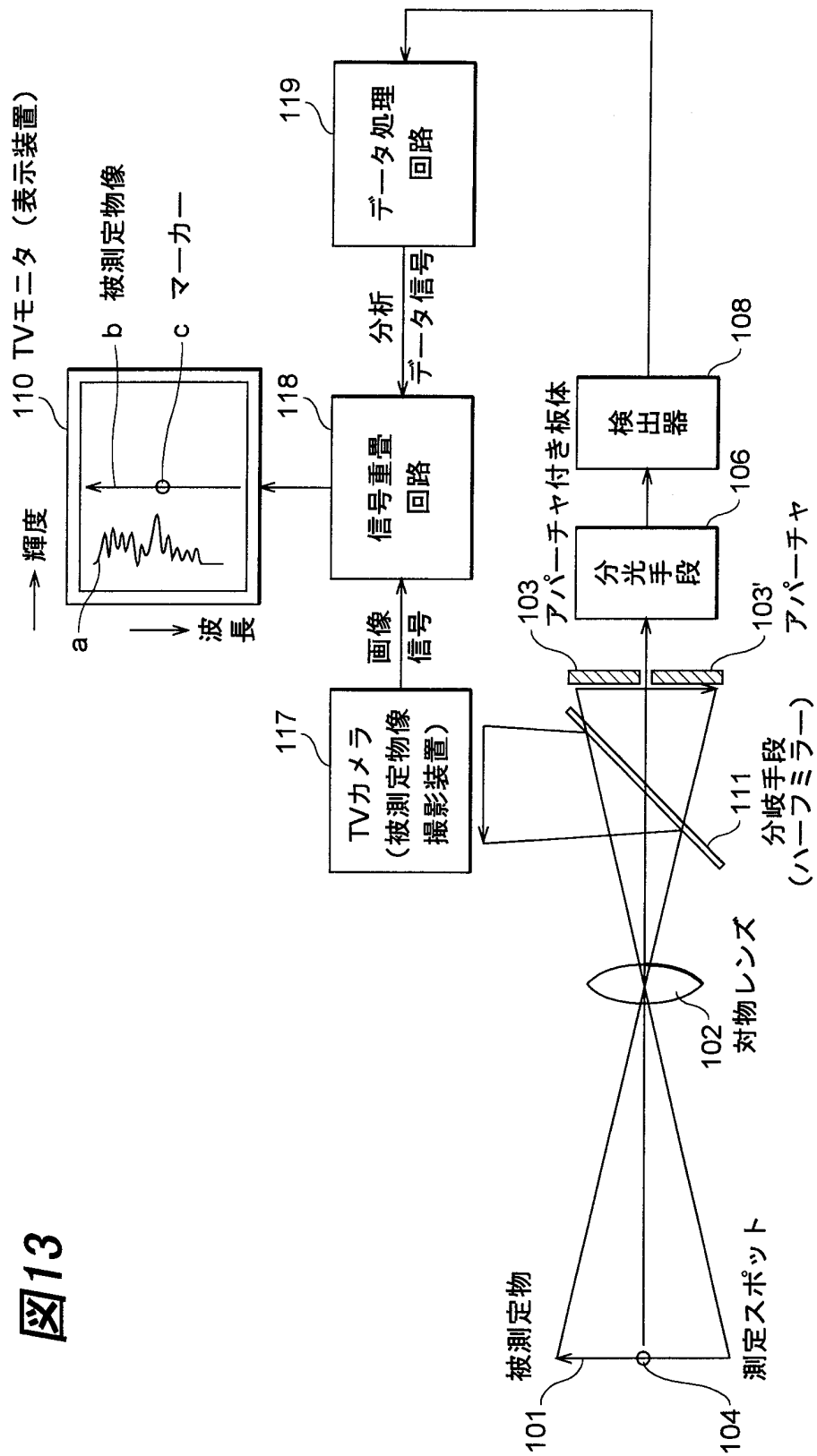
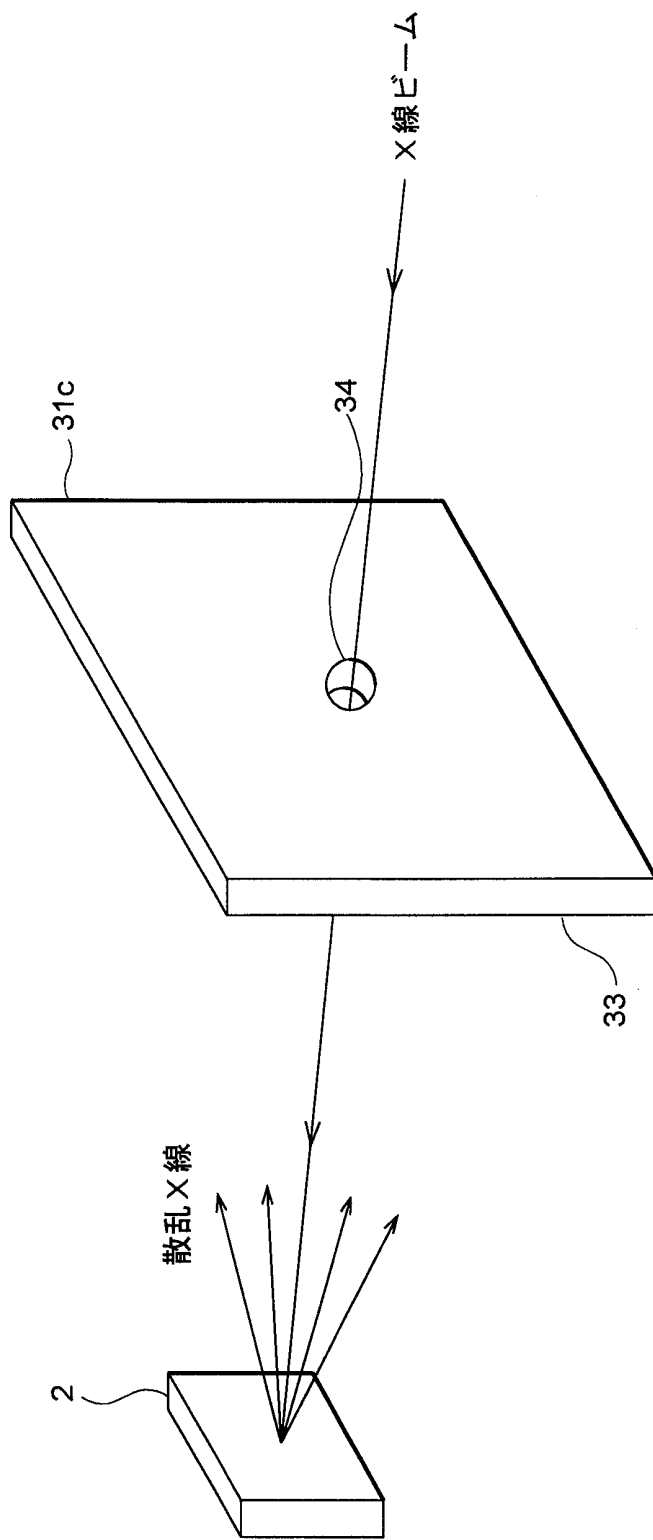


図14



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP97/04365

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int. Cl <sup>6</sup> H04N5/33 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int. Cl <sup>6</sup> H04N5/30-5/335, H01L27/14 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1940 - 1998 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971 - 1998 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP, 06-165039, A (Hamamatsu Photonics K.K.), June 10, 1994 (10. 06. 94) (Family: none) Fig. 6	1 - 3
A	JP, 05-129574, A (Ricoh Co., Ltd.), May 25, 1993 (25. 05. 93) (Family: none) Fig. 1	1 - 3
A	JP, 01-320441, A (Hamamatsu Photonics K.K.), December 26, 1989 (26. 12. 89) (Family: none) Fig. 1	4 - 14
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search March 5, 1998 (05. 03. 98)		Date of mailing of the international search report March 17, 1998 (17. 03. 98)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.		Authorized officer  Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>6</sup> H04N5/33

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>6</sup> H04N5/30-5/335, H01L27/14

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報1940-1998年

日本国公開実用新案公報1971-1998年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P, 06-165039, A (浜松ホトニクス株式会社) 10. 6月. 1994 (10. 06. 94) (ファミリーなし) 第6図	1-3
A	J P, 05-129574, A (株式会社リコー) 25. 5月. 1993 (25. 05. 93) (ファミリーなし) 第1図	1-3

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

05. 03. 98

国際調査報告の発送日

17.03.98

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

高橋 宣博



5C

9374

電話番号 03-3581-1101 内線 3543



C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP, 01-320441, A (浜松ホトニクス株式会社) 26. 12月. 1989 (26. 12. 89) (ファミリーなし) 第1図	4-14