(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第3765901号
(P3765901)

(45)発行日　平成18年4月12日(2006.4.12)　(24)登録日　平成18年2月3日(2006.2.3)

(51)Int.Cl.		F I		
H01J 17/06	(2006.01)	H01J	17/06	
G02F 1/1333	(2006.01)	G02F	1/1333	
H01J 17/04	(2006.01)	H01J	17/04	
H01J 17/10	(2006.01)	H01J	17/10	
H01J 17/49	(2006.01)	H01J	17/49	C

請求項の数 8　(全 24 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願平9-36362
(22)出願日　平成9年2月20日(1997.2.20)
(65)公開番号　特開平9-306367
(43)公開日　平成9年11月28日(1997.11.28)
審査請求日　平成12年4月12日(2000.4.12)
審判番号　不服2003-9055(P2003-9055/J1)
審判請求日　平成15年5月21日(2003.5.21)
(31)優先権主張番号　特願平8-38113
(32)優先日　平成8年2月26日(1996.2.26)
(33)優先権主張国　日本国(JP)
(31)優先権主張番号　特願平8-53243
(32)優先日　平成8年3月11日(1996.3.11)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　000003078
株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目１番１号
(74)代理人　100109900
弁理士　堀口　浩
(72)発明者　中本　正幸
神奈川県川崎市幸区小向東芝町１番地　株式会社東芝研究開発センター内

合議体
審判長　上田　忠
審判官　山川　雅也
審判官　山口　敦司

最終頁に続く

(54)【発明の名称】プラズマディスプレイ及びプラズマ液晶ディスプレイ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

第１基板と透明な第２基板との間に形成された気密な封入空間と、

前記封入空間内に収納された放電ガスと、

画像を表示するためのマトリックス状に配列された複数の画素に対応するように前記封入空間内に配置され且つ互いの間に実質的な隔壁がない状態で隣り合う複数の放電セルと、

前記第１基板に支持され且つ各放電セル内に配設された電子を放出する放電電極であって、曲率半径が約１～１００μｍの先鋭な先端部を有する突起状の放電電極と、

各放電セル内で前記放電電極上に第１絶縁層を介して配設され、且つ前記放電電極の前記先端部に対応して開口部を有する第１導電層の一部からなる対向電極と、

各放電セル内に配設され且つ前記放電ガスをプラズマ化することにより得られる放射線により励起されて発光する蛍光体層と、

を具備することを特徴とするプラズマディスプレイ。

【請求項２】

前記放電電極と前記対向電極との間に印加される電圧によって前記放電電極の先端に形成される電界により、前記放電電極の先端から電子が放出されることを特徴とする請求項１に記載のプラズマディスプレイ。

【請求項３】

前記放電電極に接続されたカソード電極の複数のラインと、前記対向電極を含む前記第

１導電層の複数のラインとが互いに直交して配置され、それらの交点に前記放電セルが配置されることを特徴とする請求項１または２に記載のプラズマディスプレイ。
【請求項４】
前記放電ガスとの接触を断つように前記第１導電層を被覆する第２絶縁層を具備することを特徴とする請求項１乃至３のいずれかに記載のプラズマディスプレイ。
【請求項５】
前記放電電極の前記先端部がダイヤモンドまたは強誘電体からなることを特徴とする請求項１乃至４のいずれかに記載のプラズマディスプレイ。
【請求項６】
前記蛍光体層が前記第２基板に支持されることを特徴とする請求項１乃至５のいずれかに記載のプラズマディスプレイ。
【請求項７】
第１基板と誘電体からなる第２基板との間に形成された気密な封入空間と、
前記封入空間内に収納された放電ガスと、
画像を表示するためのマトリックス状に配列された複数の画素に対応するように前記封入空間内に配置され且つ互いの間に実質的な隔壁がない状態で隣り合う複数の放電セルと、
前記第１基板に支持され且つ各放電セル内に配設された電子を放出する放電電極であって、曲率半径が約１～１００μｍの先鋭な先端部を有する突起状の放電電極と、
各放電セル内で前記放電電極上に第１絶縁層を介して配設され、且つ前記放電電極の前記先端部に対応して開口部を有する第１導電層の一部からなる対向電極と、
前記第２基板上に配設された、透光率が電圧により変化する液晶層と、
前記液晶層を挟んで前記放電セルと対向する透明電極と、
ここで、各放電セルは前記放電ガスをプラズマ化することにより、各画素に対応して前記液晶層の状態を切り替えるスイッチング素子として機能すること、
を具備することを特徴とするプラズマ液晶ディスプレイ。
【請求項８】
前記放電電極の前記先端部がダイヤモンドまたは強誘電体からなることを特徴とする請求項7に記載のプラズマ液晶ディスプレイ。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、プラズマディスプレイ及びプラズマ液晶ディスプレイに関する。
【０００２】
【従来の技術】
希ガス放電で発生するプラズマから放射される可視光、またはプラズマから放射される紫外線を蛍光体に照射し、蛍光体の励起発光を用いたプラズマディスプレイの開発が近年活発に行なわれている。プラズマディスプレイは、視野角が広い、自発光で視認性が良い、応答速度が速い、大型化可能であるという利点を有する。
【０００３】
従来のプラズマディスプレイは、互いに対向した平行平板の陰極と陽極とを持ち、放電ガスとしてＨｅ－Ｎｅ、Ｎｅ－Ｘｅ、Ｈｅ－Ｘｅ（１～数％）混合ガスがセル内に封入される。両電極間には電界が印加され、通常はグロー放電によりプラズマを発生させて可視光を発光させるか、或いはＸｅの波長１４７ｎｍの紫外線を放射するＨｅ－Ｘｅ（１～数％）混合ガスによるプラズマを発生させ、放電セル内に塗布された蛍光体を励起発光させる。このようにして発光された可視光や蛍光体発光は、画面外部へ拡散放射されるため、視野角も広がり、液晶ディスプレイに比較すれば応答速度も速い、自発光平面ディスプレイが得られる。
【０００４】
しかし、従来のプラズマディスプレイ及びその製造方法においては以下に述べる重要な問

題点がある。
まず、第１には、前述の従来例では、平行平板の電極を用い、電極材料として仕事関数の大きいＮｉ（仕事関数５．１５ｅＶ）、Ａｌ（４．２８ｅＶ）、Ｍｏ（４．６ｅＶ）を使用していたため、放電を発生させるための電圧が１５０～４００Ｖ、通常、２５０～４００Ｖと高い。そのため、駆動回路が複雑になり、高価になると同時に、消費電力が大きい。また、通常グロー放電プラズマを用いているが、入力電力に対する紫外線変換効率が低いことも併せ、大きな消費電力に起因する熱の発生の問題があり、一層の薄型化の障害になっている。
【０００５】
また、プラズマの発生に平行平板電極を用いているために、プラズマが放電セル或いは平行平板全面に広がる。更に、放電セルの製造法としてスクリーン印刷法を用いるために、画素サイズが６５０～１０００μｍと大きい。しかも、平行平板の電極を用いているため、パッションの法則により、電極間の距離を近付けて高精細に使用とすると、駆動電圧が上昇してしまう。また、駆動電圧を上昇させないようにすると、封入放電ガス圧を大幅に上昇させる必要があり、封止するのが困難となる。
【０００６】
また、高精細の画素が作製できないため、例えば、ビデオカメラのビューファインダーや車載用動画ディスプレイ用として、近年需要が急増している小型で高精細な自発光平面ディスプレイを作製することができない。
【０００７】
一方、情報化社会の進展と共に、低消費電力であるという利点を有する液晶ディスプレイ（ＬＣＤ）の開発及び実用化が近年活発に行われている。特に、表示品質を向上させるため、各画素ごとにアクティブ素子（スイッチング素子）、例えば薄膜トランジスタ（ＴＦＴ）を付加したアクティブマトリックス型の液晶ディスプレイ（ＡＭＬＣＤ）が主流の技術と成りつつある。しかし、ＴＦＴを用いたＬＣＤにおいては、ＴＦＴの製造が難しいため、歩留まりが低下して製品コストが上昇するばかりでなく、大画面の作製が困難である。
【０００８】
これらの問題点を解決するものとして、ＴＦＴに代わるスイッチング素子としてプラズマ放電を利用するプラズマアドレッシングＬＣＤが提案されている（日経エレクトロニクス、１９９５年７月１７日、Ｐ１３）。図１７は同ＬＣＤの概略断面構造を示す。
【０００９】
図１７図示の構造におけるプラズマ放電セル１８１は安価な厚膜印刷法で作製される。まず、ガラス基板１８２上にＮｉペーストを印刷して平坦な膜からなる放電電極１８３ａ、１８３ｂを形成する。次に、ガラスペーストを印刷して放電セル１８１間の隔壁１８４を形成する。次に、誘電体絶縁膜として厚さ５０μｍのガラス基板１８５を隔壁１８４上に載せると共に、放電セル１８１内に放電ガスを充填する。
【００１０】
次に、ガラス基板１８５上にスペーサーを散布してから、ストライプ状の透明電極１８７、カラーフィルター１８８を配設したガラス基板１８６を載せる。次に、ガラス基板１８５、１８６間の空隙に液晶を注入して液晶層１８９を形成する。
【００１１】
この様な構造の、プラズマ放電セルをアクティブ素子として用いた液晶ディスプレイにおいては、厚膜印刷を利用して製造できるため、歩留まりが向上すると共に大型画面を形成することが可能となる。
【００１２】
しかし、従来のプラズマ液晶ディスプレイ及びその製造方法においては以下に述べる重要な問題点がある。
まず、第１には、前述の従来例では、平板電極を用い、電極材料として仕事関数の大きいＮｉ（仕事関数５．１５ｅＶ）を使用しているため、放電を発生させるための電圧が３０

０Ｖと高い。そのため、駆動回路が複雑になり、高価になると同時に、消費電力が１００Ｗと大きい。また、通常グロー放電プラズマを用いているが、入力電力に対する紫外線変換効率が低いことも併せ、大きな消費電力に起因する熱の発生の問題があり、一層の薄型化の障害になっている。電極材料をプラズマディスプレイで試みられたことのあるＡｌ（４．２８ｅＶ）やＭｏ（４．６ｅＶ）に変更したとしても、放電を発生させるための電圧は１５０～４００Ｖ、通常、２５０～４００Ｖと非常に高くなる。

【００１３】

また、プラズマの発生に平板電極を用いているために、プラズマが放電セル或いは平板電極全面に広がる。更に、放電セルの製造法としてスクリーン印刷法を用いるために、画素サイズが６５０～１０００μｍと大きい。しかも、平行平板の電極を用いているため、パッションの法則により、電極間の距離を近付けて高精細に使用とすると、駆動電圧が上昇してしまう。また、駆動電圧を上昇させないようにすると、封入放電ガス圧を大幅に上昇させる必要があり、封止するのが困難となる。

【００１４】

また、高精細の画素が作製できないため、高品位テレビ用として用いられる走査線１１２５本のディスプレイを作製するには、画面サイズを４０インチ以上と大きくする必要がある。この点に関し、ＴＦＴカラー液晶によれば、１０インチで８００×６００画素のディスプレイを作製することができる。更に、例えば、ビデオカメラのビューファインダーや車載用動画ディスプレイ用として、近年需要が急増している小型で高精細な自発光平面ディスプレイを作製することができない。従って、前述の従来例では、ディスプレイとしての用途が極めて限定される。

【００１５】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、駆動電圧が低く、蛍光体輝度が高く、駆動回路が簡単で、放熱の問題がなく、また、微細な画素形成が可能なプラズマディスプレイを提供することを目的とする。

【００１６】

また、本発明は、駆動電圧が低く、駆動回路が簡単で、放熱の問題がなく、また、微細な画素形成が可能なプラズマ液晶ディスプレイ、特にマイクロプラズマ液晶ディスプレイを提供することを目的とする。

【００１７】

本発明の第１の視点は、プラズマディスプレイにおいて、第１基板と透明な第２基板との間に形成された気密な封入空間と、前記封入空間内に収納された放電ガスと、画像を表示するためのマトリックス状に配列された複数の画素に対応するように前記封入空間内に配置され且つ互いの間に実質的な隔壁がない状態で隣り合う複数の放電セルと、前記第１基板に支持され且つ各放電セル内に配設された電子を放出する放電電極であって、曲率半径が約１～１００μｍの先鋭な先端部を有する突起状の放電電極と、各放電セル内で前記放電電極上に第１絶縁膜を介して配設され、且つ前記放電電極の前記先端部に対応して開口部を有する第１導電層の一部からなる対向電極と、各放電セル内に配設され且つ前記放電ガスをプラズマ化することにより得られる放射線により励起されて発光する蛍光体層と、を具備することを特徴とする。

【００１８】

本発明の第２の視点は、第１の視点のプラズマディスプレイにおいて、前記放電電極と前記対向電極との間に印加される電圧によって前記放電電極の先端に形成される電界により、前記放電電極の先端から電子が放出されることを特徴とする。本発明の第３の視点は、第１または第２の視点のプラズマディスプレイにおいて、前記放電電極に接続されたカソード電極の複数のラインと、前記対向電極を含む前記第１導電層の複数のラインとが互いに直交して配置され、それらの交点に前記放電セルが配置されることを特徴とする。

【００１９】

本発明の第４の視点は、第１乃至３の視点のいずれかのプラズマディスプレイにおいて、前記放電ガスとの接触を断つように前記第１導電層を被覆する第２絶縁層を具備するこ

とを特徴とする。

【００２０】

本発明の第５の視点は、第１乃至４の視点のいずれかのプラズマディスプレイにおいて、前記放電電極の前記先端部が、ダイヤモンドまたは強誘電体からなることを特徴とする。

【００２１】

本発明の第６の視点は、第１乃至５の視点のいずれかのプラズマディスプレイにおいて、前記蛍光体層が前記第２基板に支持されることを特徴とする。

【００２２】

本発明の第７の視点は、プラズマ液晶ディスプレイにおいて、第１基板と誘電体からなる第２基板との間に形成された気密な封入空間と、前記封入空間内に収納された放電ガスと、画像を表示するためのマトリックス状に配列された複数の画素に対応するように前記封入空間内に配置され且つ互いの間に実質的な隔壁がない状態で隣り合う複数の放電セルと、前記第１基板に支持され且つ各放電セル内に配設された電子を放出する放電電極であって、曲率半径が約１～１００μｍの先鋭な先端部を有する突起状の放電電極と、各放電セル内で前記放電電極上に第１絶縁層を介して配設され、且つ前記放電電極の前記先端部に対応して開口部を有する第１導電層の一部からなる対向電極と、前記第２基板上に配設された、透光率が電圧により変化する液晶層と、前記液晶層を挟んで前記放電セルと対向する透明電極と、ここで、各放電セルは前記放電ガスをプラズマ化することにより、各画素に対応して前記液晶層の状態を切り替えるスイッチング素子として機能すること、を具備することを特徴とする。

【００２３】

本発明の第８の視点は、第７の視点のプラズマ液晶ディスプレイにおいて、前記放電電極の前記先端部がダイヤモンドまたは強誘電体からなることを特徴とする。

【００３２】

従来のプラズマディスプレイにおいては、平行平板の電極を用いているため、パッションの法則により、電極間の距離を近付けて高精細に使用とすると、駆動電圧が上昇してしまう。また、駆動電圧を上昇させないようにすると、封入放電ガス圧を大幅に上昇させる必要があり、封止するのが困難となる。

【００３３】

これに対して、本発明のプラズマディスプレイ或いはプラズマ液晶ディスプレイによれば、この様な問題が発生するのを回避し、封入放電ガス圧を上げずに、駆動電圧を下げることができる。この理由を以下に述べる。

【００３４】

図６は、本発明において、封入放電ガス圧を一定にした場合の、放電電極の先端部の曲率半径と放電電圧との関係を示すグラフである。図６中の複数の曲線は、放電電極と対向電極との間の距離が夫々、２００μｍ、１８０μｍ、１５０μｍ、１３０μｍ、１００μｍ、５０μｍの場合を表す。

【００３５】

図６図示の如く、電極間距離が２００μｍの場合には、曲率半径が約１４０μｍ以下、特に１００μｍ以下になると、放電電圧は大幅に低下する。また、電極間距離が５０μｍの場合にも、曲率半径が約４０μｍ以下になると、放電電圧は大幅に低下する。即ち、これらから、先鋭な放電電極を用いると、パッションの法則から外れて、封入放電ガス圧を上げなくとも、放電電圧即ち駆動電圧を下げることができることが分かる。

【００３６】

しかし、曲率半径を１μｍ未満にすると、放電電圧が大幅に低下する一方、放電電極の先端部の劣化が激しいことが見出だされた。

以上の点を考慮し、本発明においては、先鋭な放電電極の曲率半径の好ましい範囲を、１μｍ～１００μｍに設定している。

【００３７】

また、本発明における「放電セル」という用語は、画像を表示するためのマトリックス状に配列された複数の画素に対応するように、気密空間内に配置された放電領域の単位を意味する。従って、画素に対応して放電領域が隔壁で区画されている場合だけでなく、放電領域間に隔壁が全く存在せず一部の或いは全ての放電領域が空間的に一体であるような場合も、画素に対応する放電領域は「放電セル」という単位で表現されることとなる。また、以下に述べる幾つかの実施の形態におけるように、放電セル間に隔壁が設けられている場合も、通常、隔壁は完全に各放電セルを空間的に独立させるものではなく、放電セル同士は互いに空間的に連通するように形成される。

【００３８】

【発明の実施の形態】

図１は本発明の実施の形態に係るプラズマディスプレイを示す模式図である。図１に示すように、この実施の形態に係るプラズマディスプレイは、マトリックス状に配置された複数個の放電セル２３を有する。放電セル２３は、支持基板１１、カソード電極１７及び透明なガラス基板２１により封止された気密空間からなり、内部にＨｅ－Ｎｅ、Ｎｅ－Ｘｅ、Ｈｅ－Ｘｅ等の放電ガスを収納する。セル２３の間の幅、即ち、基板１１により形成される隔壁１１ｗの幅は、約０．１～３００μｍ、望ましくは１００μｍ以下に設定される。セル２３内には、電子を放出するためのエミッタ１５と、エミッタ１５に対向して、ガラス基板２１上に対向電極１９が配設される。図において、１つのエミッタ１５のみが示されるが、各セル２３内に複数のエミッタを配設することもできる。また、蛍光体発光を利用する場合、セル２３内には、更に蛍光体層２２が例えばガラス基板２１上に配設される。

【００３９】

エミッタ１５の先端部１５ａは、先端の曲率半径が約１～１００μｍという尖鋭な形状を有する。エミッタ材料としては、モリブデン、タングステン、Ｓｉ等の通常の電極材料を用いることができる。更に、エミッタ材料としては、仕事関数の低い種々の材料を用いることができる。低仕事関数の材料の一例は、電子親和力が負（みかけの仕事関数が負）で電子放出しやすく、大電流もとれ、イオン衝撃にも強く、化学的にも安定で、ガス吸着の影響も殆ど無いダイヤモンドである。また、分極反転することにより大電流の放出が可能で、ダイヤモンドと同じ様にイオン衝撃にも強く、化学的にも安定で、ガス吸着の影響も殆ど無い強誘電体、例えば、ＰＺＴ（チタン酸ジルコン酸鉛）やＰＬＺＴ（チタン酸ジルコン酸鉛ランタン）等も用いることができる。

【００４０】

図１図示のプラズマディスプレイにおいては、従来の、平行平板の電極を用い、電極材料として仕事関数の大きいＮｉ（仕事関数５．１５ｅＶ）、Ａｌ（４．２８ｅＶ）、Ｍｏ（４．６ｅＶ）を使用していたプラズマディスプレイに比較して、電界が先鋭なエミッタ即ち突起状電極１５の先端部１５ａに集中して容易に電子が放出され、放電プラズマを生じることができる。従って、放電電圧、即ち駆動電圧を従来の１５０～４００Ｖ、通常、２５０～４００Ｖから、２５～１３５Ｖに低下させることができる。そのため、駆動回路が簡単になると同時に、消費電力を大きく低下させることができ、熱の発生が少なくなり、放熱対策、薄型化に効果がある。

【００４１】

また、低駆動電圧で高電界を突起状電極に印加することができるため、従来のグロー放電を利用したプラズマディスプレイに比較して、紫外線変換効率が高いタウンゼント放電の利用も可能となり、蛍光体の輝度が大幅に向上し、低消費電力化にも寄与する。また、過渡的放電であるタウンゼント放電を利用した場合には、高速応答も可能となる。

【００４２】

また、突起状エミッタ即ち電極１５を用いているため、平板電極の場合とは異なり、放電電圧の大きさ及びガス圧のコントロールにより、或は、突起状電極１５の先端部１５ａの曲率半径を小さくすることにより、従来とは異なり、ガス圧をそれ程大きくすることなく、ほぼ一定の圧力に保ったまま電極間距離を狭くすることができる。従って、放電領域が

直径１～２００μm程度の微小なマイクロプラズマを発生させることができる。その結果、放電セルを微細にすることができ、薄型化にも貢献する。また、両電極１５、１９を近接させることにより、プラズマが他の放電セルに広がらず、紫外線のクロストークの問題も少ないため、隔壁を不要にすることも可能である。

【００４３】

図４（ａ）～（ｆ）は図１図示のプラズマディスプレイの製造方法の実施例を工程順に示す模式図である。なお、図４（ａ）～（ｆ）図示の製造方法においては、カソード電極とエミッタ１５とを一体的に形成しており、エミッタ材料として、モリブデン、タングステン、Ｓｉ、ダイヤモンド等を用いている。

【００４４】

まず、単結晶基板の片側表面に底部を尖らせた第１の凹部を形成する。このような凹部を形成する方法としては、以下に記すようなＳｉ単結晶基板の異方性エッチングを利用する方法がある。

【００４５】

即ち、まず、ｐ型で（１００）結晶面方位のＳｉ単結晶基板１１上に厚さ０．１μmのSiO_2熱酸化層１２をドライ酸化法により形成する。次に、熱酸化層１２上にレジストをスピンコート法により塗布し、レジスト層１３を形成する（図４（ａ））。

【００４６】

次に、アライナ等を用いて、マトリックス状に配置された複数個の形開口部１３ａ、例えば１０μm角の正方形開口部が得られるように露光、現像等のレジスト層１３のパターニングを行う。ここで、開口部１３ａの大きさは約２～３００μm角、開口部１３ａ間は約０．１～３００μm、望ましくは１００μm以下となるようにする。そして、レジスト層１３をマスクとしてNH_4Ｆ・ＨＦ混合溶液により、SiO_2膜１２のエッチングを行なう（図４（ｂ））。

【００４７】

レジスト層１３の除去後、３０ｗｔ％のＫＯＨ水溶液を用いて異方性エッチングを行い、深さ７．１μmの逆ピラミッド上の第１の凹部１１ａをＳｉ単結晶基板１１に形成する（図４（ｃ））。

【００４８】

次に、NH_4Ｆ・ＨＦ混合溶液を用いて、SiO_2酸化層１２を一旦除去した後、Ｓｉ単結晶基板１１上に第１の凹部１１ａ内を含めてSiO_2熱酸化絶縁層１４を形成する（図４（ｄ））。この実施例では、厚さ３μmとなるように、SiO_2熱酸化絶縁層１４をＷｅｔ酸化法により形成した。

【００４９】

次に、第１の凹部１１ａとは反対側の単結晶基板１１の表面にレジストを塗布してレジスト層を形成し、更に、該レジスト層の凹部１１ａに相対する部分に開口部を設けるようパターニングする。次に、リアクティブイオンエッチング（ＲＩＥ）によりＳｉ単結晶基板１１をエッチングし、第２の凹部１１ｂを設ける。この時、SiO_2熱酸化絶縁層１４の底部、即ちピラミッド形状の先端凸部１４ａを露出させる。

【００５０】

レジスト層を除去した後、SiO_2熱酸化絶縁層１４上にエミッタ材料からなる導電層１７として例えばタングステン層やモリブデン層を、第１の凹部１１ａが充填されるように形成する（図４（ｅ））。この際、第１の凹部１１ａに対応してピラミッド形状のエミッタ１５が形成される。エミッタ１５の先端部１５ａは、熱酸化絶縁層１４の凹部１１ａ内への成長作用により、先端の曲率半径が約１～１００μmという尖鋭なものとなる。本実施例では、スパッタリング法によりモリブデン層を厚さ２０μmとなるように形成した。なお、例えばエミッタ１５をダイヤモンドから形成する場合は、第１の凹部１１ａ内を含む領域上にＣＶＤによりダイヤモンド層を形成する。

【００５１】

また、図示の構造では、導電層１７がエミッタ１５及びカソード電極を兼ねているが、夫

々を別の材料から形成してもよい。カソード電極をエミッタ１５とは別に形成する場合、ＩＴＯ、Ｔａ、Ａｌ等からなる導電層を使用することができる。

【００５２】

次に、NH_4 Ｆ・ＨＦ混合液を用いて、SiO_2 熱酸化層１４を選択的に除去し、エミッタ１５を露出させる。最後に、エミッタ１５の先端部１５ａに対向するように、対向電極１９及び蛍光体層２２を配設したガラス基板２１を単結晶基板１１に貼り合わせ、Ｈｅ－Ｎｅ、Ｎｅ－Ｘｅ、Ｈｅ－Ｘｅ等の放電ガスを封入した複数個の放電セル２３を形成する。ここで、複数個のセル２３の間の幅、即ち、単結晶基板１１により形成される隔壁１１ｗの幅は、レジスト層１３の間隔に倣い、約０．１～３００μｍ、望ましくは１００μｍ以下となる。なお、蛍光体層２２は、その面積を稼ぐため、各セル２３の側部や底部（Ｓｉ単結晶基板１１の表面）、或いはエミッタ１５の側面を覆うように形成してもよい。

【００５３】

このように、図４図示の製造方法においては、異方性エッチングにより設けられた凹部１１ａを有するＳｉ単結晶基板１１上にSiO_2 熱酸化絶縁層１４を形成し、その後、エミッタとなる物質１７をこの凹部内に充填して形成している。そのため、凹部１１ａの形状に応じたエミッタ１５を再現性良く得ることができる。そして、凹部１１ａは異方性エッチングによる形状再現性及びSiO_2 熱酸化絶縁層１４の凹部１１ａ内への成長作用により、底部を良好に尖らせた逆ピラミッド状とすることができる。従って、先端部１５ａが鋭く尖り、且つ高さの均一性に優れたピラミッド状のエミッタ１５を安定して得ることが可能となる。

【００５４】

また、スクリーン印刷法を用いていた従来の製造方法とは異なり、図４図示の製造方法においては、隔壁１１ｗを厚さ０．１～２００μｍ程度に、電極１５、１９間距離を１～２００μｍ程度に小さくすることができる。従って、大きさが１～２００μｍ程度の微細な放電セル２３を形成することでき、マイクロプラズマの利用と併せて、小型で高精細なプラズマディスプレイを実現することが可能となる。

【００５５】

図２は本発明の別の実施の形態に係るプラズマディスプレイを示す模式図である。

図２に示すように、この実施の形態に係るプラズマディスプレイは、マトリックス状に配置された複数個の放電セル４３を有する。放電セル４３は、支持基板３１、カソード電極３７及び透明なガラス基板４１により封止された気密空間からなり、内部にＨｅ－Ｎｅ、Ｎｅ－Ｘｅ、Ｈｅ－Ｘｅ等の放電ガスを収納する。セル４３の間の幅、即ち、基板３１により形成される隔壁３１ｗの幅は、約０．１～３００μｍ、望ましくは１００μｍ以下に設定される。セル４３内には、電子を放出するためのエミッタ３５と、絶縁層３４介してエミッタ３５上に配設された対向電極３９とが配設される。図において、１つのエミッタ３５のみが示されるが、各セル４３内に複数のエミッタを配設することもできる。また、蛍光体発光を利用する場合、セル４３内には、更に蛍光体層４２が例えばガラス基板４１上に配設される。

【００５６】

エミッタ３５の先端部３５ａは、先端の曲率半径が約１～１００μｍという尖鋭な形状を有する。前述のように、エミッタ材料としては、モリブデン、タングステン、Ｓｉ等の通常の電極材料を用いることができる。更に、エミッタ材料としては、ダイヤモンドのような低仕事関数（負の電子親和力）の材料や、ＰＺＴ、ＰＬＺＴのような強誘電体の材料等を用いることができる。

【００５７】

図２図示のプラズマディスプレイにおいては、図１図示のプラズマディスプレイと同様な効果を得ることができる。更に、エミッタ先端部３５ａと対向電極３９とが絶縁層３４を挟み形成されているため、対向電極－エミッタ間距離をこの絶縁層３４の厚さにより精度良く制御することが可能である。また、エミッタ先端部３５ａと対向電極３９とが近接しているため、図１図示の構造よりも微小なマイクロプラズマを発生させることができる。

【００５８】
図５（ａ）～（ｅ）は図２図示のプラズマディスプレイの製造方法の実施例を工程順に示す模式図である。なお、図５（ａ）～（ｅ）図示の製造方法においては、カソード電極とエミッタ３５とを一体的に形成している。
【００５９】
この製造方法においては、まず、図４（ａ）～（ｄ）図示の工程を経て、図５（ａ）図示の構造を形成する。即ち、図５（ａ）図示の構造は、図４（ｄ）図示の基板１１、第１の凹部１１ａ及び絶縁層１４の夫々に相当するＳｉ単結晶基板３１、第１の凹部３１ａ、SiO_2 熱酸化絶縁層３４を有する。
【００６０】
次に、第１の凹部３１ａとは反対側の単結晶基板３１の表面にレジストを塗布してレジスト層を形成し、更に、該レジスト層の凹部３１ａに相対する部分に開口部を設けるようパターニングする。次に、リアクティブイオンエッチング（ＲＩＥ）によりＳｉ単結晶基板３１をエッチングし、第２の凹部３１ｂを設ける（図５（ｂ））。この時、SiO_2 熱酸化絶縁層３４の底部、即ちピラミッド形状の先端凸部３４ａを露出させる。
【００６１】
レジスト層を除去した後、第２の凹部３１ｂ内面を含む単結晶基板３１の表面に絶縁層３６を形成する。本実施例ではSiO_2 熱酸化絶縁層３６を厚さ０．２μｍとなるように形成した。なお、絶縁層３６は省略することもできる。更に、前記SiO_2 熱酸化絶縁層３４上にエミッタ材料からなる導電層３７として例えばタングステン層やモリブデン層を、第１の凹部３１ａが充填されるように形成する（図５（ｃ））。この際、第１の凹部３１ａに対応してピラミッド形状のエミッタ３５が形成される。エミッタ３５の先端部３５ａは、熱酸化絶縁層３４の凹部３１ａ内への成長作用も加わり、先端の曲率半径が約１～１００μｍという尖鋭なものとなる。本実施例では、スパッタリング法によりモリブデン層を厚さ２μｍとなるように形成した。
【００６２】
なお、例えばエミッタ３５をダイヤモンドから形成する場合は、第１の凹部３１ａ内を含む領域上にＣＶＤによりダイヤモンド層を形成する。
また、図示の構造では、導電層３７がエミッタ３５及びカソード電極を兼ねているが、夫々を別の材料から形成してもよい。カソード電極をエミッタ３５とは別に形成する場合、ＩＴＯ、Ｔａ、Ａｌ等からなる導電層を使用することができる。
【００６３】
次に、対向電極用の導電層３８として、例えばモリブデン層を、SiO_2 熱酸化絶縁層３４のピラミッド形状先端凸部３４ａ、及び第２の凹部３１ｂ内面を含む絶縁層３６上に形成する（図５（ｄ））。本実施例では厚さ０．９μｍとなるようにスパッタリング法によりモリブデン層を形成した。
【００６４】
次に、導電層３８上にレジストを塗布してレジスト層を形成し、更に、該レジスト層を酸素プラズマにより選択的にドライエッチングし、導電層３８のピラミッド状凸部３８ａの先端部を０．７μｍほど露出させる。その後、リアクティブイオンエッチング（ＲＩＥ）により、ピラミッド状凸部３４ａ上の導電層３８を除去する。更に、残存するレジスト層或いは別のレジスト層をマスクとして、NH_4F・ＨＦ混合液を用いて、SiO_2 熱酸化層３４を選択的に除去する。これによって、開口部３９ａを有する対向電極３９が形成されると共に、ピラミッド状エミッタ即ち冷陰極３５の先端部３５ａが露出される。
【００６５】
最後に、エミッタ３５の先端部３５ａに対向するように、蛍光体層４２を配設したガラス基板４１を単結晶基板３１に貼り合わせ、Ｈｅ－Ｎｅ等の放電ガスを封入した複数個の放電セル４３を形成する（図５（ｅ））。ここで、複数個のセル４３の間の幅、即ち、単結晶基板３１により形成される隔壁４１ｗの幅は、レジスト層１３（図４（ａ）、（ｂ）参照）の間隔に倣い、約０．１～３００μｍ、望ましくは１００μｍ以下となる。なお、蛍

光体層４２は、その面積を稼ぐため、セル４３の側部や底部（導電層３８及びエミッタ３５の表面）を覆うように形成してもよい。

【００６６】

このように、図５図示の製造方法においては、図４図示の製造方法と同様、先端部３５ａが鋭く尖り、且つ高さの均一性に優れたピラミッド状のエミッタ３５を安定して得ることが可能となる。更に、エミッタ先端部３５ａと対向電極３９とがSiO_2熱酸化絶縁層３４を挟み形成されているため、対向電極－エミッタ間距離をこの絶縁層３４の厚さにより精度良く制御することが可能である。

【００６７】

図３は本発明の更に別の実施の形態に係るプラズマディスプレイを示す模式図である。図３に示すように、この実施の形態に係るプラズマディスプレイは、マトリックス状に配置された複数個の放電セル６３を有する。放電セル６３は、支持基板５１、カソード電極５７及び透明なガラス基板６１により封止された気密空間からなり、内部にＨｅ－Ｎｅ、Ｎｅ－Ｘｅ、Ｈｅ－Ｘｅ等の放電ガスを収納する。セル６３の間の幅、即ち、基板５１により形成される隔壁５１ｗの幅は、約０．１～３００μｍ、望ましくは１００μｍ以下に設定される。セル６３内には、電子を放出するためのエミッタ５５と、絶縁層５４介してエミッタ５５上に配設された対向電極５９とが配設される。エミッタ５５は絶縁層５４から露出せず、完全に覆われている。また、対向電極５９を覆うように、SiO_2絶縁層６０が配設される。図において、１つのエミッタ５５のみが示されるが、各セル６３内に複数のエミッタを配設することもできる。また、蛍光体発光を利用する場合、セル６３内には、更に蛍光体層６２が例えばガラス基板６１上に配設される。

【００６８】

エミッタ５５の先端部５５ａは、先端の曲率半径が約１～１００μｍという尖鋭な形状を有する。前述のように、エミッタ材料としては、モリブデン、タングステン、Ｓｉ等の通常の電極材料を用いることができる。更に、エミッタ材料としては、ダイヤモンドのような低仕事関数（負の電子親和力）の材料や、ＰＺＴ、ＰＬＺＴのような強誘電体の材料等を用いることができる。

【００６９】

図３図示のプラズマディスプレイにおいては、図２図示のプラズマディスプレイと同様な効果を得ることができる。更に、エミッタ５５及び対向電極５９が夫々絶縁層５４、６０で覆われているため、エミッタ５５及び対向電極５９はセル内のプラズマから保護される。このため長寿命のプラズマディスプレイを提供することができる。なお、この場合、交流を印加してプラズマを維持するようにしてもよい。

【００７０】

図３図示のプラズマディスプレイの製造方法は、図５（ａ）～（ｅ）図示の製造方法と類似したものとなる。相違点としては、図５（ｄ）図示の工程で、対向電極開口部を形成した後、更にSiO_2絶縁層６０を形成する共に、次の工程において、絶縁層６０及び対向電極５５のエミッタ５５上方の部分をエッチングする際に、絶縁層５４を残すようにすることである。

【００７１】

図７は本発明の更に別の実施の形態に係るプラズマディスプレイを示す模式図である。図７に示すように、この実施の形態に係るプラズマディスプレイは、図２図示のプラズマディスプレイから、エミッタ３５間を仕切る隔壁３１ｗを除いた構造を有する。図７中、図２中の部材と対応する部分には同一符号を付してそれらの詳細な説明を省略する。なお、追加の符号４５、４６は夫々、支持用のガラス基板及びＩＴＯ導電層を指示する。

【００７２】

本発明のプラズマディスプレイにおいては、エミッタの先端部と対向電極との間の距離を小さくできるため、この両者間で局部的にプラズマを発生させることができ、しかも、場合によっては、紫外線発生効率の高いタウンゼント放電によりプラズマを発生させることができる。このため、放電セル間の隔壁がなくとも、互いに干渉し合うことなく、各放電

セルごとに局部的にマイクロプラズマを発生させることができる。即ち、図１乃至図３図示の各プラズマディスプレイにおいては、隔壁１１ｗ、３１ｗ、５１ｗを省略することができる。図７はその一例として、図２図示の構造を変更した実施の形態を示すものである。

【００７３】

なお、前述の如く、本発明における「放電セル」という用語は、画像を表示するためのマトリックス状に配列された複数の画素に対応するように、気密空間内に配置された放電領域を意味する。従って、このように隔壁がない場合も、画素に対応する放電領域は「放電セル」という単位で表現されることとなる。

【００７４】

図８（ａ）～（ｈ）は図７図示のプラズマディスプレイのエミッタの製造方法の実施例を工程順に示す模式図である。

この製造方法においては、まず、単結晶基板７１の片側表面に、底部を尖らせた凹部７２を形成する。このような凹部を形成する方法として、次のようなＳｉ単結晶基板の異方性エッチングを利用する方法を用いることができる。

【００７５】

まず、単結晶基板となるｐ型で（１００）結晶面方位のＳｉ単結晶基板７１上に厚さ０．１μｍのSiO_2熱酸化層をドライ酸化法により形成する。次に、熱酸化層上にレジストをスピンコート法により塗布し、レジスト層を形成する。

【００７６】

次に、アライナ等を用いて、マトリックス状に配置された複数個の開口部、例えば１０μｍ角の正方形開口部、が得られるように露光、現像等の処理を施し、レジスト層のパターニングを行う。ここで、開口部は約２～３００μｍ角となるようにする。そして、レジスト層をマスクとして、NH_4 Ｆ・ＨＦ混合溶液により、SiO_2膜のエッチングを行なう。

【００７７】

レジスト層の除去後、３０ｗｔ％のＫＯＨ水溶液を用いて異方性エッチングを行い、深さ７．１μｍの凹部７２をＳｉ単結晶基板７１上に形成する（図８（ａ））。次に、NH_4 Ｆ・ＨＦ混合溶液を用いて、SiO_2酸化層を除去する。ＫＯＨ水溶液によりエッチングされることにより、凹部７２は（１１１）面からなる４斜面により規定される逆ピラミッドの形状となる。

【００７８】

次に、凹部７２が形成されたＳｉ単結晶基板７１を、例えばＷｅｔ酸化法により熱酸化し、凹部７２を含む全面に、SiO_2熱酸化絶縁層７３を、例えば厚さ０．５μｍとなるように形成する。なお、絶縁層７３はＣＶＤ法等により堆積して形成することもできるが、SiO_2熱酸化膜は、緻密で厚さの制御等が容易であることから好ましい。

【００７９】

次に、凹部７２内を埋めるように、単結晶基板即ちＳｉ単結晶基板７１上に、タングステン、モリブデン、ダイヤモンド等からなるエミッタ材料層７４とＩＴＯ等からなる導電層７５とを形成する（図８（ｂ））。エミッタ材料層７４及び導電層７５は、例えば、スパッタリング法により夫々厚さ２μｍ及び１μｍとなるように形成する。

【００８０】

エミッタ材料層７４は、凹部７２が十分に埋められると共に、凹部７２以外の部分も一様の厚さとなるように形成する。なお、エミッタをダイヤモンドから形成する場合はエミッタ材料層７４としてＣＶＤによりダイヤモンド層を形成する。また、導電層７５はミッタ材料層７４の材質によっては省くことができ、その場合は、エミッタ材料層７４がカソード電極を兼ねることとなる。

【００８１】

一方、支持基板として、背面に例えば、厚さ０．３μｍのＡｌ層７６をコートしたパイレックスガラス基板（厚さ１ｍｍ）７７を用意する。次に、ガラス基板７７とＳｉ単結晶基

板７１とをエミッタ材料層７４を間に挟むように接着する（図８（ｃ））。この接着には、例えば静電接着法を適用することができ、静電接着法は、エミッタ構造の軽量化や薄型化に寄与する。

【００８２】

次に、ガラス基板７７背面のＡｌ層７６を、HNO_3・CH_3ＣＯＯＨ・ＨＦの混酸溶液で除去する。また、エチレンジアミン・ピロカテコール・ピラジンから成る水溶液（エチレンジアミン：ピロカテコール：ピラジン：水＝７５ｃｃ：１２ｇ：３ｍｇ：１０ｃｃ）でＳｉ単結晶基板７１をエッチング除去する。

この様にして、ピラミッド形状の導電性凸部７８を覆うSiO_2熱酸化絶縁層７３を露出させる（図８（ｄ））。

【００８３】

次に、絶縁層７３上に、対向電極となるW等の導電性材料からなる導電性材料層７９を、例えばスパッタリング法により厚さ約０．５μｍとなるように形成する。その後、導電性材料層７９上に、フォトレジスト層８０を、ピラミッドの先端が隠れる程度の厚さに、例えばスピンコート法により厚さ約０．９μｍとなるように塗布する（図８（ｅ））。

【００８４】

更に、酸素プラズマによるドライエッチングを行い、ピラミッド先端部が０．７μｍほど現れるように、レジスト層８０をエッチング除去する（図８（ｆ））。その後、反応性イオンエッチングにより、ピラミッド先端部の導電性材料層７９をエッチングし、開口部を形成する（図８（ｇ））。

【００８５】

レジスト層８０を除去した後、NH_4Ｆ・ＨＦ混合溶液を用いて、絶縁層７３を選択的に除去する。この様にして、対向電極となる導電性材料層７９の開口部内で、導電性凸部７８の先端部を露出させる（図８（ｈ））。図８（ｈ）図示の構造は、図７図示のプラズマディスプレイのエミッタ３５側の構造に対応する。即ち、図８（ｈ）中の導電性凸部７８及び導電性材料層７９が、図７中のエミッタ３５及び対向電極３９に夫々対応する。

【００８６】

従って、最後に、図７に示すように、エミッタ３５の先端部３５ａに対向するように、蛍光体層４２を配設したガラス基板４１をガラス基板４５に貼り合わせ、Ｈｅ－Ｎｅ、Ｎｅ－Ｘｅ、Ｈｅ－Ｘｅ等の放電ガスを封入すれば、プラズマディスプレイを完成することができる。

【００８７】

図９は本発明の更に別の実施の形態に係るプラズマディスプレイを示す展開斜視図である。

図９に示すように、この実施の形態に係るプラズマディスプレイは、図７図示の構造を応用したもので、マトリックス状に配置された複数個の放電セル４３の夫々が４つのエミッタ３５を有する。図９中、図７中の部材と対応する部分には同一符号を付しそれらの詳細な説明を省略する。

【００８８】

図示の如く、エミッタ３５に接続されたカソード電極３７のラインと、対向電極３９のラインとは直交し、それらの交点に放電セル４３が配置される。従って、カソード電極３７のラインと、対向電極３９のラインとを介して各放電セル４３における電極間の電圧を任意に設定することにより、画素の点灯及び点滅を選択することができる。即ち、画素の選択は、所謂マトリックス駆動により、例えば、対向電極３９のラインを線順次に選択して所定の電位を付与するのに同期して、カソード電極３７のラインに選択信号である所定の電位を付与することにより行うことができる。

【００８９】

本実施の形態に限らず、図１乃至図３及び図７のプラズマディスプレイにおいては、いずれも、カソード電極のラインと対向電極のラインとを直交して配置することができる。これにより、図９図示の実施の形態と同様に、マトリックス駆動を行うことができる。

【００９０】
図１０は本発明の更に別の実施の形態に係るプラズマ液晶ディスプレイを示す模式図である。
この実施の形態に係るプラズマ液晶ディスプレイは、マトリックス状に配置された複数個の放電セル１２３に区画された放電セルアレイブロック１１０を有する。図１０に示すように、放電セル１２３は、透明な誘電体であるガラス基板１２１、１２２及びその間に配設されたスペーサー基板１１１とにより封止された気密空間からなり、内部にＨｅ－Ｎｅ、Ｈｅ－Ｘｅ、Ｎｅ－Ｘｅ等の放電ガスを収納する。セル１２３の間の幅、即ち、基板１１１により形成される隔壁１１１ｗの幅は、約０．１～１００μｍに設定される。
【００９１】
放電セル１２３内には、カソード電極１１７に接続された電子を放出するためのエミッタ１１５と、エミッタ１１５に対向するようにガラス基板１２１上に形成された対向電極１１９とが配設される。図において、１つのエミッタ１１５のみが示されるが、各放電セル１２３内に複数のエミッタを配設することもできる。また、エミッタ１１５とカソード電極１１７とは、バックライトを使用しない場合、或いは透明電極を使用する場合は、同じ材料から形成することができる。
【００９２】
上部のガラス基板１２１の上面に対向するように、ガラス基板１０１が配設される。ガラス基板１０１の内面上には、ストライプ状の透明電極１０２及びカラーフィルター１０３が支持される。ガラス基板１２１とガラス基板１０１との間にはスペーサーが散布されると共に液晶が注入され、透光率が電圧により変化する液晶層１０４が形成される。最上部のガラス基板１０１及び最下部のガラス基板１２２の外面上には、偏光板１０５、１０６が夫々配設される。更に、最下部のガラス基板１２２の裏面側にはバックライト１０７が配設される。これらの部材１０１乃至１０７は、一般的な液晶表示装置において使用されているものである。各放電セル１２３は放電ガスをプラズマ化することによりガラス基板１２１上に得られる電位により、各画素に対応して液晶層１０４の状態を切り替えるスイッチング素子として機能する。
【００９３】
なお、放電ガスプラズマが発する光のみを利用する場合、或いは放電セル１２３内に蛍光体を配置し、その蛍光を利用する場合は、偏光板１０６をガラス基板１２１の上部に設置し、バックライト１０７を省略することも可能である。
【００９４】
放電セル１２３内に配設されたエミッタ１１５の先端部１１５ａは、先端の曲率半径が約１～１００μｍという尖鋭な形状を有する。エミッタ材料としては、モリブデン、タングステン、Ｓｉ等の通常の電極材料を用いることができる。更に、エミッタ材料としては、仕事関数の低い種々の材料を用いることができる。低仕事関数の材料の一例は、電子親和力が負（みかけの仕事関数が負）で電子放出しやすく、大電流もとれ、イオン衝撃にも強く、化学的にも安定で、ガス吸着の影響も殆ど無いダイヤモンドである。また、分極反転することにより大電流の放出が可能で、ダイヤモンドと同じ様にイオン衝撃にも強く、化学的にも安定で、ガス吸着の影響も殆ど無い強誘電体、例えば、ＰＺＴ（チタン酸ジルコン酸鉛）やＰＬＺＴ（チタン酸ジルコン酸鉛ランタン）等も使用することができる。
【００９５】
図１０図示のプラズマ液晶ディスプレイにおいては、従来の、平板電極を用い、電極材料として仕事関数の大きいＮｉ（仕事関数５．１５ｅＶ）、Ａｌ（４．２８ｅＶ）、Ｍｏ（４．６ｅＶ）を使用するプラズマ液晶ディスプレイに比較して、電界が先鋭なエミッタ即ち突起状電極１１５の先端部１１５ａに集中して容易に電子が放出され、放電プラズマを生じることができる。従って、放電電圧、即ち駆動電圧を従来の１５０～４００Ｖ、通常、２５０～４００Ｖから、２５～１３５Ｖに低下させることができる。そのため、駆動回路が簡単になると同時に、消費電力を大きく低下させることができ、熱の発生が少なくなり、放熱対策、薄型化に効果がある。

【００９６】
また、突起状エミッタ即ち電極１１５を用いているため、平板電極の場合とは異なり、放電電圧の大きさ及びガス圧のコントロールにより、或は、突起状電極１１５の先端部１１５ａの曲率半径を小さくすることにより、従来とは異なり、ガス圧をそれ程大きくすることなく、ほぼ一定の圧力に保ったまま電極間距離を狭くすることができる。従って、放電領域が直径１～２００μｍ程度の微小なマイクロプラズマを発生させることができる。その結果、放電セルを微細にすることができ、薄型化にも貢献する。
【００９７】
図１３（ａ）～（ｆ）は図１０図示のプラズマ液晶ディスプレイの放電セルアレイブロック１１０の製造方法の実施例を工程順に示す模式図である。
まず、単結晶基板の片側表面に底部を尖らせた第１の凹部を形成する。このような凹部を形成する方法としては、以下に記すようなＳｉ単結晶基板の異方性エッチングを利用する方法がある。
【００９８】
即ち、まず、ｐ型で（１００）結晶面方位のＳｉ単結晶基板１１１上に厚さ０．１μｍのSiO_2熱酸化層１１２をドライ酸化法により形成する。次に、熱酸化層１１２上にレジストをスピンコート法により塗布し、レジスト層１１３を形成する（図１３（ａ））。
【００９９】
次に、アライナ等を用いて、マトリックス状に配置された複数個の開口部１１３ａ、例えば１０μｍ角の正方形開口部、が得られるよう露光、現像等のレジスト層１１３のパターニングを行う。ここで、開口部１１３ａの大きさは約２～３００μｍ角、開口部１１３ａ間は約０．１～１００μｍを有するようにする。そして、レジスト層１１３をマスクとしてNH_4Ｆ・ＨＦ混合溶液により、SiO_2膜１１２のエッチングを行なう（図１３（ｂ））。
【０１００】
レジスト層１１３の除去後、３０ｗｔ％のＫＯＨ水溶液を用いて異方性エッチングを行い、深さ７．１μｍの逆ピラミッド上の第１の凹部１１１ａをＳｉ単結晶基板１１１に形成する（図１３（ｃ））。
【０１０１】
次に、NH_4Ｆ・ＨＦ混合溶液を用いて、SiO_2酸化層１１２を一旦除去した後、Ｓｉ単結晶基板１１１上に第１の凹部１１１ａ内を含めてSiO_2熱酸化絶縁層１１４を形成する（図１３（ｄ））。この実施例では、厚さ３μｍとなるように、SiO_2熱酸化絶縁層１１４をＷｅｔ酸化法により形成した。絶縁層１１４はＣＶＤ法或いは陽極酸化法により形成することもできる。
【０１０２】
次に、第１の凹部１１１ａとは反対側の単結晶基板１１１の表面にレジストを塗布してレジスト層を形成し、更に、該レジスト層の凹部１１１ａに相対する部分に開口部を設けるようパターニングする。次に、リアクティブイオンエッチング（ＲＩＥ）によりＳｉ単結晶基板１１１をエッチングし、第２の凹部１１１ｂを設ける。この時、SiO_2熱酸化絶縁層１１４の底部、即ちピラミッド形状の先端凸部１１４ａを露出させる。
【０１０３】
レジスト層を除去した後、SiO_2熱酸化絶縁層１１４上にエミッタ材料、例えばタングステン、モリブデン、望ましくはダイヤモンド等の低仕事関数（負の電子親和力）の材料、ＰＺＴ、ＰＬＺＴ等の強誘電体の材料を、第１の凹部１１１ａが充填されるように形成する。この際、第１の凹部１１１ａに対応してピラミッド形状のエミッタ１１５が形成される。エミッタ１１５の先端部１１５ａは、熱酸化絶縁層１１４の凹部１１１ａ内への成長作用により、先端の曲率半径が約１～１００μｍという尖鋭なものとなる。本実施例では、ＣＶＤ法によりダイヤモンド層を形成した。
【０１０４】
次に、ＩＴＯ等の透明な導電材料からなる層をエミッタ１１５及びSiO_2熱酸化絶縁層

１１４上に堆積し、カソード電極１１７を形成する（図１３（ｅ））。なお、図示の構造では、エミッタ１１５及びカソード電極１１７を別の材料から形成しているが、同じ導電材料から一体的に形成してもよい。

【０１０５】

次に、NH_4 Ｆ・ＨＦ混合液を用いて、SiO_2 熱酸化層１１４を選択的に除去し、エミッタ１１５を露出させる。次に、支持基板として、カソード電極１１７側にガラス基板１２２を貼り付ける。なお、カソード電極１１７自体が気密な放電セル１２３を形成するための支持体として機能するようにすれば、ガラス基板１２２を省略することもできる。

【０１０６】

次に、エミッタ１１５の先端部１１５ａに対向するように、対向電極１１９を配設したガラス基板１２１を、単結晶基板１１１を介してガラス基板１２２に貼り合わせ、Ｈｅ－Ｎｅ、Ｈｅ－Ｘｅ、Ｎｅ－Ｘｅ等の放電ガスを封入した複数個の放電セル１２３を形成する（図１３（ｆ））。ここで、複数個のセル１２３の間の幅、即ち、単結晶基板１１１により形成される隔壁１１１ｗの幅は、レジスト層１１３の間隔に倣い、約０．１～１００μｍとなる。

【０１０７】

最後に、図１０図示の如く、内面上にストライプ状の透明電極１０２及びカラーフィルター１０３を支持するガラス基板１０１を、上部のガラス基板１２１の上面に対向配設する。次に、ガラス基板１２１とガラス基板１０１との間にスペーサーを散布すると共に液晶を注入し、透光率が電圧により変化する液晶層１０４を形成する。次に、最上部のガラス基板１０１及び最下部のガラス基板１２２の外面上に偏光板１０５、１０６を夫々配設する。更に、最下部のガラス基板１２２の裏面側にバックライト１０７を配設する。これらの部材１０１乃至１０７は、公知の種々方法で、放電セルアレイブロック１１０の上下に配設することができる。

【０１０８】

このように、図１３図示の製造方法においては、異方性エッチングにより設けられた凹部１１１ａを有するＳｉ単結晶基板１１１上にSiO_2 熱酸化絶縁層１１４を形成し、その後、エミッタ１１５となる物質をこの凹部内に充填して形成している。そのため、凹部１１１ａの形状に応じたエミッタ１１５を再現性良く得ることができる。そして、凹部１１１ａは異方性エッチングによる形状再現性及びSiO_2 熱酸化絶縁層１１４の凹部１１１ａ内への成長作用により、底部を良好に尖らせた逆ピラミッド状とすることができる。従って、先端部１１５ａが鋭く尖り、且つ高さの均一性に優れたピラミッド状のエミッタ１１５を安定して得ることが可能となる。なお、絶縁層１１４をＣＶＤ法或いは陽極酸化法により形成しても、同様な効果が得られる。

【０１０９】

また、スクリーン印刷法を用いていた従来の製造方法とは異なり、図１３図示の製造方法においては、隔壁１１１ｗを厚さ０．１～２００μｍ程度に、電極１１５、１１９間距離を１～２００μｍ程度に小さくすることができる。従って、大きさが１～２００μｍ程度の微細な放電セル１２３を形成することでき、マイクロプラズマの利用と併せて、小型で高精細なプラズマ液晶ディスプレイを実現することが可能となる。

【０１１０】

図１１は本発明の更に別の実施の形態に係るプラズマ液晶ディスプレイを示す模式図である。図１１は９０度の角度をなす断面を中央で合わせた態様で示す。この実施の形態に係るプラズマ液晶ディスプレイは、マトリックス状に配置された複数個の放電セル１４３に区画された放電セルアレイブロック１３０を有する。図１１に示すように、放電セル１４３は、透明な誘電体であるガラス基板１４１、１４２及びその間に配設されたスペーサー基板１３１とにより封止された気密空間からなり、内部にＨｅ－Ｎｅ、Ｈｅ－Ｘｅ、Ｎｅ－Ｘｅ等の放電ガスを収納する。セル１４３の間の幅、即ち、基板１３１により形成される隔壁１３１ｗの幅は、約０．１～１００μｍに設定される。

【０１１１】

放電セル１４３内には、カソード電極１３７に接続された電子を放出するためのエミッタ１３５と、絶縁層１３４介してエミッタ１３５上に形成された対向電極１３９とが配設される。図において、１つのエミッタ１３５のみが示されるが、各放電セル１４３内に複数のエミッタを配設することもできる。また、エミッタ１３５とカソード電極１３７とは、バックライトを使用しない場合、或いは透明電極を使用する場合は、同じ材料から形成することができる。

【０１１２】

放電セルアレイブロック１３０の上下には、図１０図示のプラズマ液晶ディスプレイと同様に、対向ガラス基板１０１やバックライト１０７等の部材が配設される。

【０１１３】

放電セル１４３内に配設されたエミッタ１３５の先端部１３５ａは、先端の曲率半径が約１～１００μｍという尖鋭な形状を有する。前述のように、エミッタ材料としては、モリブデン、タングステン、Ｓｉ等の通常の電極材料を用いることができる。更に、エミッタ材料としては、ダイヤモンド等の低仕事関数（負の電子親和力）の材料、ＰＺＴ、ＰＬＺＴ等の強誘電体の材料を用いることができる。

【０１１４】

図１１図示のプラズマ液晶ディスプレイにおいては、図１０図示のプラズマ液晶ディスプレイと同様な効果を得ることができる。更に、エミッタ先端部１３５ａと対向電極１３９とが絶縁層１３４を挟み形成されているため、対向電極－エミッタ間距離をこの絶縁層１３４の厚さにより精度良く制御することが可能である。また、エミッタ先端部１３５ａと対向電極１３９とが近接しているため、図１０図示の構造よりも、より微小なマイクロプラズマを発生させることができる。　図１４（ａ）～（ｅ）は図１１図示のプラズマ液晶ディスプレイの放電セルアレイブロック１３０の製造方法の実施例を工程順に示す模式図である。

【０１１５】

この製造方法においては、まず、図１３（ａ）～（ｄ）図示の工程を経て、図１４（ａ）図示の構造を形成する。即ち、図１４（ａ）図示の構造は、図１３（ｄ）図示の基板１１１、第１の凹部１１１ａ及び絶縁層１１４の夫々に相当するＳｉ単結晶基板１３１、第１の凹部１３１ａ、SiO_2 熱酸化絶縁層１３４を有する。

【０１１６】

次に、第１の凹部１３１ａとは反対側の単結晶基板１３１の表面にレジストを塗布してレジスト層を形成し、更に、該レジスト層の凹部１３１ａに相対する部分に開口部を設けるようパターニングする。次に、リアクティブイオンエッチング（ＲＩＥ）によりＳｉ単結晶基板１３１をエッチングし、第２の凹部１３１ｂを設ける（図１４（ｂ））。この時、SiO_2 熱酸化絶縁層１３４の底部、即ちピラミッド形状の先端凸部１３４ａを露出させる。

【０１１７】

レジスト層を除去した後、第２の凹部１３１ｂ内面を含む単結晶基板１３１の表面に絶縁層１３６を形成する。本実施例ではSiO_2 熱酸化絶縁層１３６を厚さ０．２μｍとなるように形成した。なお、絶縁層１３６は省略してもよい。更に、SiO_2 熱酸化絶縁層１１４上にエミッタ材料、例えばタングステン、モリブデン、望ましくはダイヤモンド等の低仕事関数の材料、ＰＺＴ、ＰＬＺＴ等の強誘電体の材料を、第１の凹部１３１ａが充填されるように形成する。この際、第１の凹部１３１ａに対応してピラミッド形状のエミッタ１３５が形成される。エミッタ１３５の先端部１３５ａは、熱酸化絶縁層１３４の凹部１３１ａ内への成長作用により、先端の曲率半径が約１～１００μｍという尖鋭なものとなる。本実施例では、ＣＶＤ法によりダイヤモンド層を形成した。

【０１１８】

次に、ＩＴＯ等の透明な導電材料からなる層をエミッタ１３５及びSiO_2 熱酸化絶縁層１３４上に堆積し、カソード電極１３７を形成する（図１４（ｃ））。なお、図示の構造では、エミッタ１３５及びカソード電極１３７を別の材料から形成しているが、同じ導電

材料から一体的に形成してもよい。

【０１１９】

次に、対向電極用の導電層１３８として、例えばモリブデン層を、SiO_2 熱酸化絶縁層１３４のピラミッド形状先端凸部１３４ａ、及び第２の凹部１３１ｂ内面を含む絶縁層１３６上に形成する（図１４（ｄ））。本実施例では厚さ０．９μｍとなるようにスパッタリング法によりモリブデン層を形成した。

【０１２０】

次に、導電層１３８上にレジストを塗布してレジスト層を形成し、更に、該レジスト層を酸素プラズマにより選択的にドライエッチングし、導電層１３８のピラミッド状凸部１３８ａの先端部を０．７μｍほど露出させる。その後、リアクティブイオンエッチング（ＲＩＥ）により、ピラミッド状凸部１３４ａ上の導電層１３８を除去する。更に、残存するレジスト層或いは別のレジスト層をマスクとして、NH_4 Ｆ・ＨＦ混合液を用いて、SiO_2 熱酸化層１３４を選択的に除去する。これによって、開口部１３９ａを有する対向電極１３９が形成されると共に、ピラミッド状エミッタ即ち冷陰極１３５の先端部１３５ａが露出される。

【０１２１】

次に、支持基板として、カソード電極１３７側にガラス基板１４２を貼り付ける。なお、カソード電極１３７自体が気密な放電セル１４３を形成するための支持体として機能するようにすれば、ガラス基板１４２を省略することもできる。

【０１２２】

次に、ガラス基板１４１を単結晶基板１３１を介してガラス基板１４２に貼り合わせ、Ｈｅ－Ｎｅ、Ｈｅ－Ｘｅ、Ｎｅ－Ｘｅ等の放電ガスを封入した複数個の放電セル１４３を形成する（図１４（ｅ））。ここで、複数個のセル１４３の間の幅、即ち、単結晶基板１３１により形成される隔壁１３１ｗの幅は、レジスト層１１３（図１３（ａ）、（ｂ）参照）の間隔に倣い、約０．１～１００μｍとなる。

【０１２３】

最後に、図１１図示の対向ガラス基板１０１やバックライト１０７等の部材を、種々の公知の方法で、放電セルアレイブロック１３０の上下に配設する。

このように、図１４図示の製造方法においては、図１３図示の製造方法と同様、先端部１３５ａが鋭く尖り、且つ高さの均一性に優れたピラミッド状のエミッタ１３５を安定して得ることが可能となる。更に、エミッタ先端部１３５ａと対向電極１３９とがSiO_2 熱酸化絶縁層１３４を挟み形成されているため、対向電極－エミッタ間距離をこの絶縁層１３４の厚さにより精度良く制御することが可能である。なお、絶縁層１３４をＣＶＤ法或いは陽極酸化法により形成しても、同様な効果が得られる。

【０１２４】

図１２は本発明の更に別の実施の形態に係るプラズマ液晶ディスプレイを示す模式図である。図１２は９０度の角度をなす断面を中央で合わせた態様で示す。この実施の形態に係るプラズマ液晶ディスプレイは、マトリックス状に配置された複数個の放電セル１６３に区画された放電セルアレイブロック１５０を有する。図１２に示すように、放電セル１６３は、透明な誘電体であるガラス基板１６１、１６２及びその間に配設されたスペーサー基板１５１とにより封止された気密空間からなり、内部にＨｅ－Ｎｅ、Ｈｅ－Ｘｅ、Ｎｅ－Ｘｅ等の放電ガスを収納する。セル１６３の間の幅、即ち、基板１５１により形成される隔壁１５１ｗの幅は、約０．１～１００μｍに設定される。

【０１２５】

放電セル１６３内には、カソード電極１５７に接続された電子を放出するためのエミッタ１５５と、絶縁層１５４介してエミッタ１５５上に形成された対向電極１５９とが配設される。エミッタ１５５は絶縁層１５４から露出せず、完全に覆われている。また、対向電極１５９を覆うように、SiO_2 絶縁層１６０が配設される。エミッタ１５５からの電子は、トンネル現象で絶縁層１５４を通過する。図において、１つのエミッタ１５５のみが示されるが、各放電セル１６３内に複数のエミッタを配設することもできる。また、エミ

ッタ１５５とカソード電極１５７とは、バックライトを使用しない場合、或いは透明電極を使用する場合は、同じ材料から形成することができる。

【０１２６】

放電セルアレイブロック１５０の上下には、図１０図示のプラズマ液晶ディスプレイと同様に、対向ガラス基板１０１やバックライト１０７等の部材が配設される。

【０１２７】

エミッタ１５５の先端部１５５ａは、先端の曲率半径が約１～１００μｍという尖鋭な形状を有する。前述のように、エミッタ材料としては、モリブデン、タングステン、Ｓｉ等の通常の電極材料を用いることができる。更に、エミッタ材料としては、ダイヤモンド等の低仕事関数（負の電子親和力）の材料、ＰＺＴ、ＰＬＺＴ等の強誘電体の材料を用いることができる。

【０１２８】

図１２図示のプラズマ液晶ディスプレイにおいては、図１１図示のプラズマ液晶ディスプレイと同様な効果を得ることができる。更に、エミッタ１５５及び対向電極１５９が夫々絶縁層１５４、１６０で覆われているため、エミッタ１５５及び対向電極１５９はセル内のプラズマから保護される。このため長寿命のプラズマ液晶ディスプレイを提供することができる。なお、この場合には、交流を印加し、プラズマを維持してもよい。

【０１２９】

図１２図示のプラズマ液晶ディスプレイの放電セルアレイブロック１５０の製造方法は、図１４（ａ）～（ｅ）図示の製造方法と類似したものとなる。相違点としては、図１４（ｄ）図示の工程で、対向電極開口部を形成した後、更にSiO_2絶縁層１６０を形成する共に、次の工程において、絶縁層１６０及び対向電極１５５のエミッタ１５５上方の部分をエッチングする際に、絶縁層１５４を残すようにすることである。

【０１３０】

図１５は本発明の更に別の実施の形態に係るプラズマ液晶ディスプレイを示す模式図である。

図１５に示すように、この実施の形態に係るプラズマ液晶ディスプレイは、図１１図示のプラズマ液晶ディスプレイから、エミッタ３５間を仕切る隔壁３１ｗを除いた構造を有する。図１５中、図１１中の部材と対応する部分には同一符号を付してそれらの詳細な説明を省略する。

【０１３１】

本発明のプラズマ液晶ディスプレイにおいては、エミッタの先端部と対向電極との間の距離を小さくできるため、この両者間で局部的にプラズマを発生させることができ、しかも、場合によっては、紫外線発生効率の高いタウンゼント放電によりプラズマを発生させることができる。このため、放電セル間の隔壁がなくとも、互いに干渉し合うことなく、各放電セルごとに局部的にマイクロプラズマを発生させることができる。即ち、図１０乃至図１２図示の各プラズマ液晶ディスプレイにおいては、隔壁１１１ｗ、１３１ｗ、１５１ｗを省略することができる。図１５はその一例として、図１１図示の構造を変更した実施の形態を示すものである。

【０１３２】

なお、前述の如く、本発明における「放電セル」という用語は、画像を表示するためのマトリックス状に配列された複数の画素に対応するように、気密空間内に配置された放電領域を意味する。従って、このように隔壁がない場合も、画素に対応する放電領域は「放電セル」という単位で表現されることとなる。

【０１３３】

図１５図示のプラズマ液晶ディスプレイのエミッタは、図８（ａ）～（ｈ）を参照して述べた製造方法により製造することができる。但し、図８（ｂ）図示の工程において、エミッタ材料層７４は、凹部７２のみを埋めるような厚さに形成する。

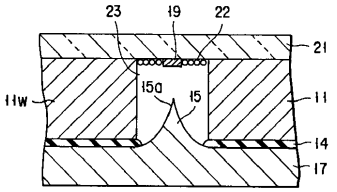
【０１３４】

図１６は本発明の更に別の実施の形態に係るプラズマ液晶ディスプレイの放電セルアレイ

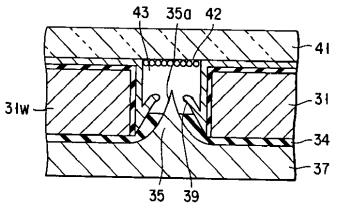
ブロックを示す展開斜視図である。
図１６に示すように、この実施の形態に係るプラズマ液晶ディスプレイは、図１５図示の構造を応用したもので、マトリックス状に配置された複数個の放電セル１４３の夫々が４つのエミッタ１３５を有する。図１６中、図１５中の部材と対応する部分には同一符号を付しそれらの詳細な説明を省略する。
【０１３５】
図示の如く、エミッタ１３５に接続されたカソード電極１３７のラインと、対向電極１３９のラインとは直交し、それらの交点に放電セル１４３が配置される。従って、カソード電極１３７のラインと、対向電極１３９のラインとを介して各放電セル１４３における電極間の電圧を任意に設定することにより、画素の点灯及び点滅を選択することができる。即ち、画素の選択は、所謂マトリックス駆動により、例えば、対向電極１３９のラインを線順次に選択して所定の電位を付与するのに同期して、カソード電極１３７のラインに選択信号である所定の電位を付与することにより行うことができる。
【０１３６】
本実施の形態に限らず、図１０乃至図１２及び図１５のプラズマ液晶ディスプレイにおいては、いずれも、カソード電極のラインと対向電極のラインとを直交して配置することができる。これにより、図１６図示の実施の形態と同様に、マトリックス駆動を行うことができる。
【０１３７】
【発明の効果】
本発明によれば、駆動電圧が低く、蛍光体輝度が高く、駆動回路が簡単で、放熱の問題がなく、また、微細な画素形成が可能なプラズマディスプレイを提供することができる。
【０１３８】
また、本発明によれば、駆動電圧が低く、駆動回路が簡単で、放熱の問題がなく、また、微細な画素形成が可能なプラズマ液晶ディスプレイを提供することができる。
【図面の簡単な説明】
【図１】本発明の実施の形態に係るプラズマディスプレイを示す模式図。
【図２】本発明の別の実施の形態に係るプラズマディスプレイを示す模式図。
【図３】本発明の更に別の実施の形態に係るプラズマディスプレイを示す模式図。
【図４】図１図示のプラズマディスプレイの製造方法の実施例を工程順に示す模式図。
【図５】図２図示のプラズマディスプレイの製造方法の実施例を工程順に示す模式図。
【図６】本発明において、封入放電ガス圧を一定にした場合の、放電電極の先端部の曲率半径と放電電圧との関係を示すグラフ。
【図７】本発明の更に別の実施の形態に係るプラズマディスプレイを示す模式図。
【図８】図７図示のプラズマディスプレイのエミッタの製造方法の実施例を工程順に示す模式図。
【図９】本発明の更に別の実施の形態に係るプラズマディスプレイを示す展開斜視図。
【図１０】本発明の更に別の実施の形態に係るプラズマ液晶ディスプレイを示す模式図。
【図１１】本発明の更に別の実施の形態に係るプラズマ液晶ディスプレイを示す模式図。
【図１２】本発明の更に別の実施の形態に係るプラズマ液晶ディスプレイを示す模式図。
【図１３】図１０図示のプラズマ液晶ディスプレイの放電セルアレイブロックの製造方法の実施例を工程順に示す模式図。
【図１４】図１１図示のプラズマ液晶ディスプレイの放電セルアレイブロックの製造方法の実施例を工程順に示す模式図。
【図１５】本発明の更に別の実施の形態に係るプラズマ液晶ディスプレイを示す模式図。
【図１６】本発明の更に別の実施の形態に係るプラズマ液晶ディスプレイの放電セルアレイブロックを示す展開斜視図。
【図１７】従来のプラズマ液晶ディスプレイを示す模式図。
【符号の説明】
１１、３１、５１…Ｓｉ単結晶基板、１４、３４、５４、７３…絶縁膜、１５、３５、５

５、７８…エミッタ（放電電極）、１７、３７、５７、７５…導電層（カソード電極）、１９、３９、５９、７９…対向電極、２１、４１、６１…ガラス基板、２２、４２、６２…蛍光体層、２３、４３、６３…放電セル、１０１…ガラス基板、１０２…透明電極、１０３…カラーフィルター、１０４…液晶層、１０５、１０６…偏光板、１０７…バックライト、１１０、１３０、１５０…放電セルアレイブロック、１１１、１３１、１５１…Ｓｉ単結晶基板、１１４、１３４、１５４…絶縁膜、１１５、１３５、１５５…エミッタ（放電電極）、１１７、１３７、１５７…カソード電極、１１９、１３９、１５９…対向電極、１２１、１４１、１６１…ガラス基板、１２２、１４２、１６２…ガラス基板、１２３、１４３、１６３…放電セル。

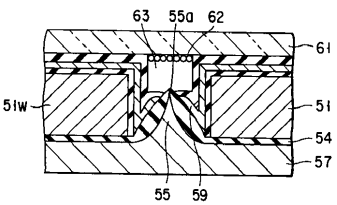
【図１】



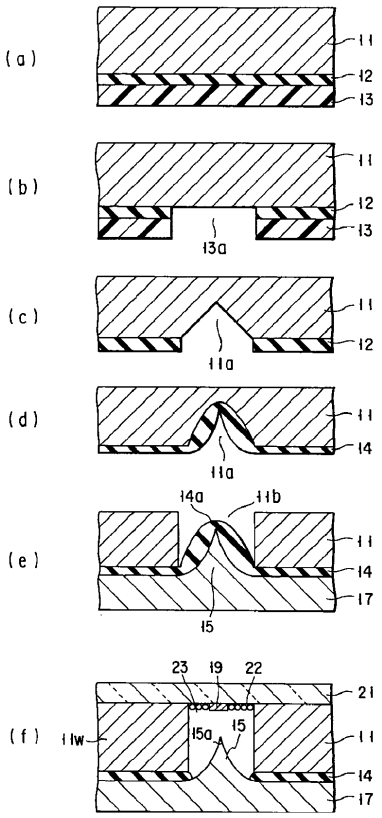
【図２】



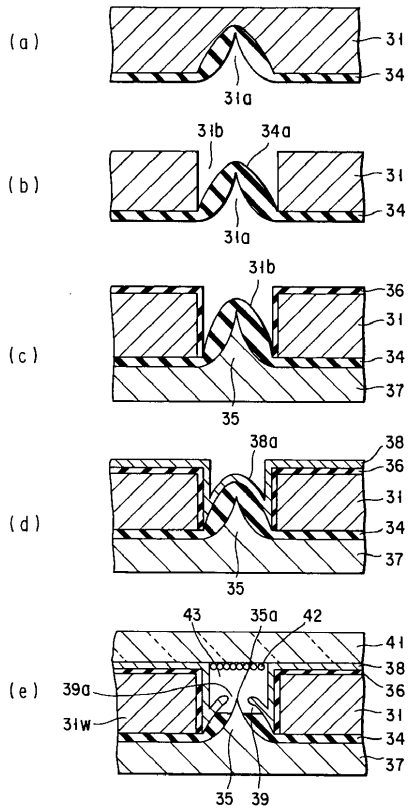
【図３】



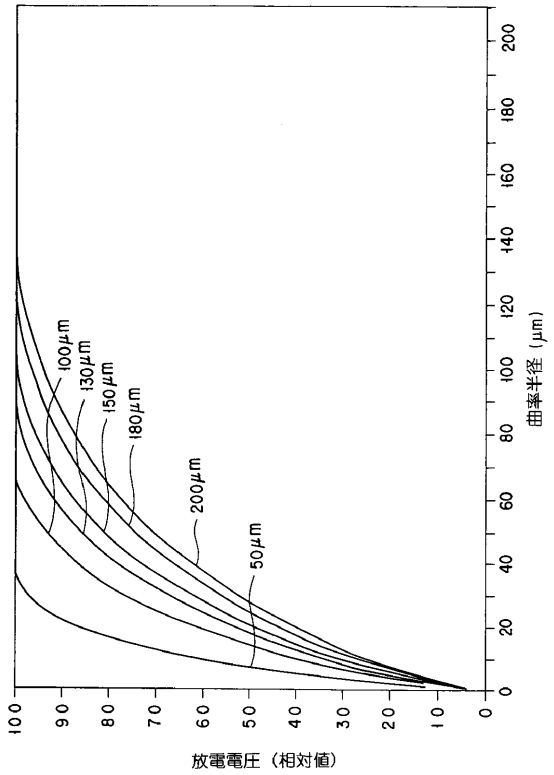
【図４】



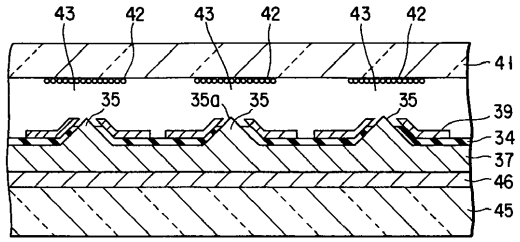
【図５】


(a)
31
34
31a
31b
34a
(b)
(c)
36
37
35
38a
38
(d)
43
35a
42
41
(e)
39a
31w
39

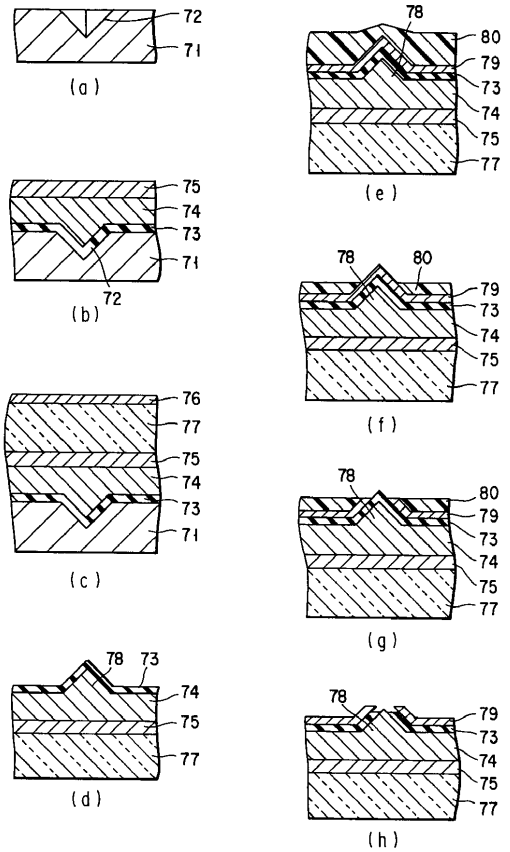
【図６】


100μm
130μm
150μm
180μm
200μm
50μm
曲率半径（μm）
放電電圧（相対値）

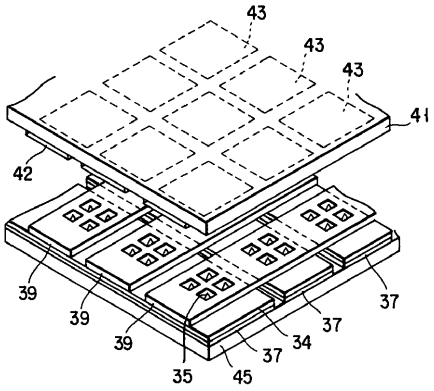
【図７】


43
42
41
35
35a
39
34
37
46
45

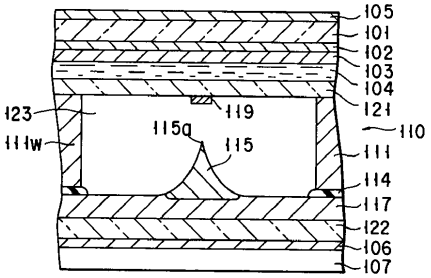
【図８】


(a)
72
71
(b)
75
74
73
(c)
76
77
(d)
78
(e)
80
79
(f)
(g)
(h)

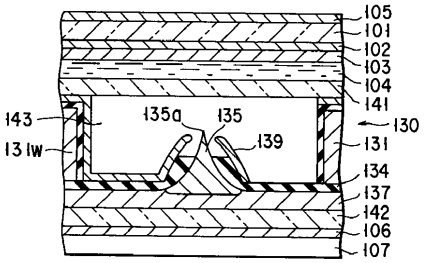
【図９】



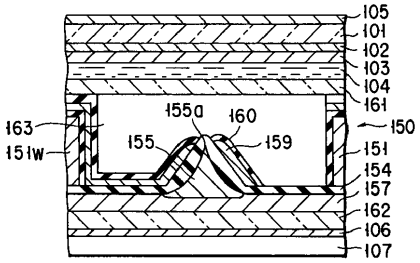
【図１０】



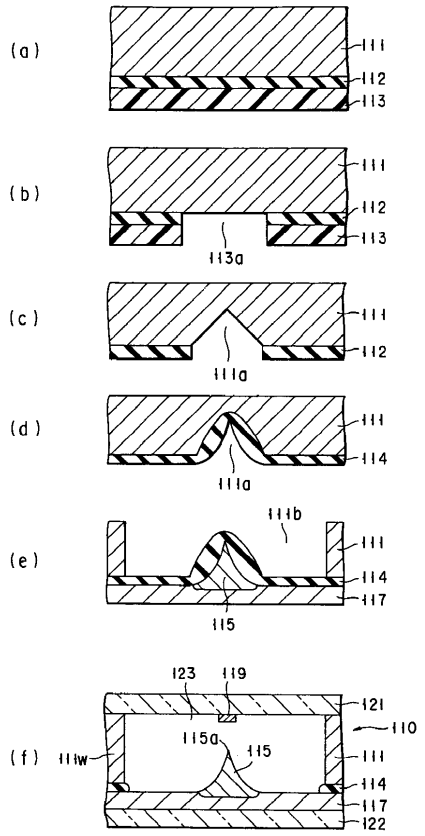
【図１１】



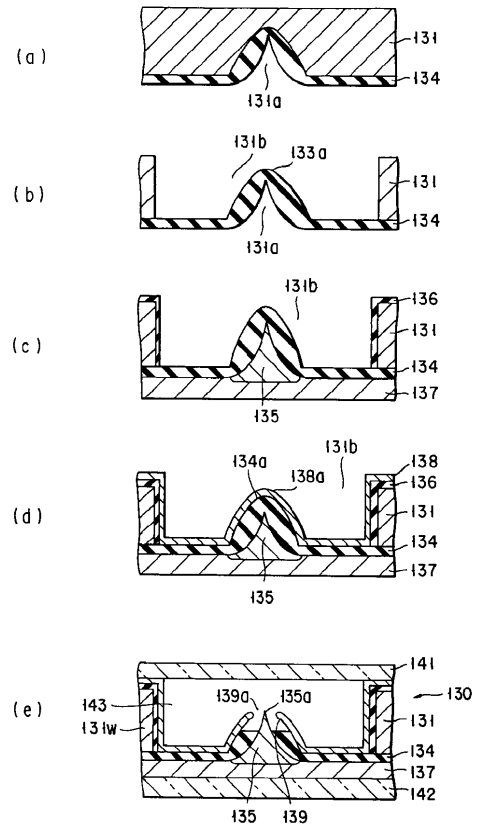
【図１２】



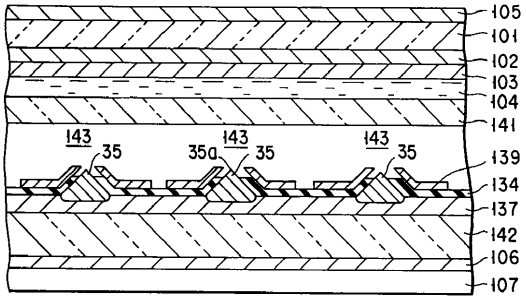
【図１３】



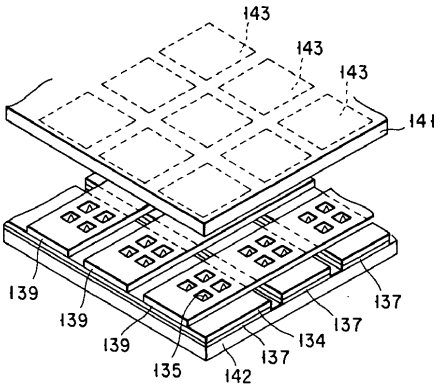
【図１４】



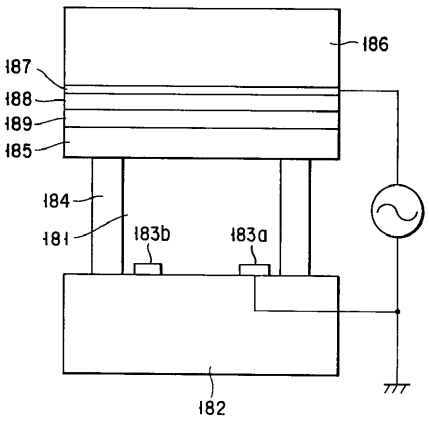
【図１５】



【図１６】



【図１７】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H01J 1/30 (2006.01) H01J 1/30 A

(56)参考文献 特開平７－１２２１９６（ＪＰ，Ａ）
国際公開第９６／０３７６２（WO，Ａ１）
特開平８－３１３０５（ＪＰ，Ａ）
国際公開第９６／０４６７４（WO，Ａ２）
特開昭６３－１８１２３８（ＪＰ，Ａ）
特開平３－１１４０９４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
H01J 17/00,H01J 31/00,H01J 1/30,G02F 1/133