

(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2004-158232
(P2004-158232A)

(43) 公開日 平成16年6月3日(2004. 6. 3)

(51) Int.Cl.⁷
H01J 31/12

F I
H01J 31/12

C

テーマコード (参考)
5C036

審査請求 未請求 請求項の数 29 O L (全 51 頁)

(21) 出願番号	特願2002-320863 (P2002-320863)	(71) 出願人	000002185
(22) 出願日	平成14年11月5日 (2002. 11. 5)		ソニー株式会社
			東京都品川区北品川6丁目7番35号
		(74) 代理人	100094363
			弁理士 山本 孝久
		(72) 発明者	岡南 聡
			東京都品川区東五反田2丁目17番1号
			ソニーイーエムシーエス株式会社内
		Fターム(参考)	5C036 EE19 EF01 EF06 EF09 EG29 EG34 EH04 EH21

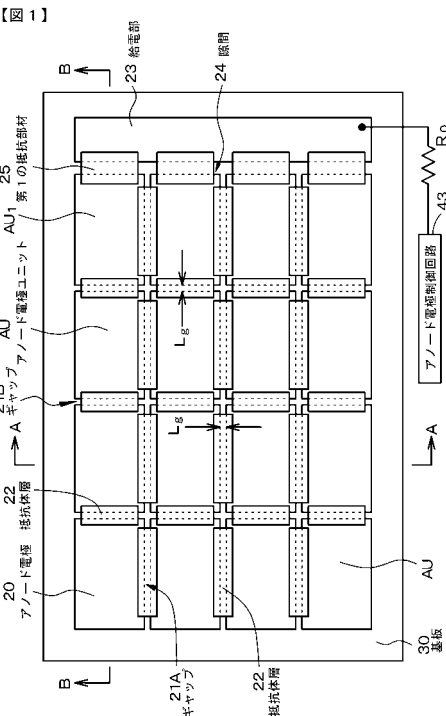
(54) 【発明の名称】 冷陰極電界電子放出表示装置

(57) 【要約】

【課題】 異常放電を一層確実に抑制し得る構造を有するアノード電極を備えた冷陰極電界電子放出表示装置を提供する。

【解決手段】 冷陰極電界電子放出表示装置を構成するアノードパネルにおけるアノード電極20は、2次的に配列された、M×N個（但し、 $M \geq 2$ ， $N \geq 2$ ）のアノード電極ユニットAUから構成されており、アノード電極20の少なくとも一辺を構成するアノード電極ユニットAU₁は給電部23を介してアノード電極制御回路43に接続されており、アノード電極ユニットAUとアノード電極ユニットAUとの間には抵抗体層22が形成されている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

冷陰極電界電子放出素子を複数備えたカソードパネルと、アノードパネルとが、それらの周縁部で接合されて成る冷陰極電界電子放出表示装置であって、
アノードパネルは、基板、基板上に形成された蛍光体層、給電部、及び、蛍光体層上に形成されたアノード電極から構成されており、
アノード電極は、2次元的に配列された、 $M \times N$ 個（但し、 $M \geq 2$ ， $N \geq 2$ ）のアノード電極ユニットから構成されており、
アノード電極の少なくとも一辺を構成するアノード電極ユニットは、該給電部を介してアノード電極制御回路に接続されており、
アノード電極ユニットとアノード電極ユニットとの間には抵抗体層が形成されていることを特徴とする冷陰極電界電子放出表示装置。

10

【請求項 2】

アノード電極制御回路出力電圧と冷陰極電界電子放出素子印加電圧との間の電位差を V_A （単位：キロボルト）、アノード電極ユニット間のギャップ長を L_g （単位： μm ）としたとき、

$$V_A / L_g < 1 \text{ (kV} / \mu m \text{)}$$

を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の冷陰極電界電子放出表示装置。

【請求項 3】

隣接するアノード電極ユニットに対向していないアノード電極ユニットの縁部分は、抵抗体層で被覆されていることを特徴とする請求項 1 に記載の冷陰極電界電子放出表示装置。

20

【請求項 4】

アノード電極の少なくとも一辺を構成する各アノード電極ユニットと給電部との間には隙間が設けられており、

アノード電極の少なくとも一辺を構成するアノード電極ユニットと給電部とは、抵抗部材を介して接続されていることを特徴とする請求項 1 に記載の冷陰極電界電子放出表示装置。

【請求項 5】

給電部は、第 2 の抵抗部材を介して直列に接続された K 個（但し、 $2 \leq K$ ）の給電部ユニットから構成されており、1つの給電部ユニットは、アノード電極の少なくとも一辺を構成する 1 個あるいは 2 個以上のアノード電極ユニットに接続されていることを特徴とする請求項 4 に記載の冷陰極電界電子放出表示装置。

30

【請求項 6】

蛍光体層と基板との間には、アノード電極制御回路に接続されたストライプ状の透明電極が形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の冷陰極電界電子放出表示装置。

【請求項 7】

1 画素を構成する単位蛍光体層の複数が直線状に配列されており、直線状に配列された複数の単位蛍光体層から構成された列と基板との間に、アノード電極制御回路に接続されたストライプ状の透明電極が形成されていることを特徴とする請求項 6 に記載の冷陰極電界電子放出表示装置。

40

【請求項 8】

蛍光体層は複数の単位蛍光体層から構成され、

1つのアノード電極ユニットの大きさは、1つの単位蛍光体層を被覆する大きさであることを特徴とする請求項 1 に記載の冷陰極電界電子放出表示装置。

【請求項 9】

抵抗体層は、アノード電極ユニットとアノード電極ユニットとの間に形成される代わりに、アノード電極全体を被覆していることを特徴とする請求項 1 に記載の冷陰極電界電子放出表示装置。

【請求項 10】

アノード電極制御回路出力電圧と冷陰極電界電子放出素子印加電圧との間の電位差を V_A

50

(単位：キロボルト)、アノード電極ユニット間のギャップ長を L_g (単位： μm) としたとき、

$$V_A / L_g < 1 \text{ (kV} / \mu m \text{)}$$

を満足することを特徴とする請求項 9 に記載の冷陰極電界電子放出表示装置。

【請求項 1 1】

アノード電極の少なくとも一辺を構成する各アノード電極ユニットと給電部との間には隙間が設けられており、

アノード電極の少なくとも一辺を構成するアノード電極ユニットと給電部とは、抵抗部材を介して接続されていることを特徴とする請求項 9 に記載の冷陰極電界電子放出表示装置。

10

【請求項 1 2】

給電部は、第 2 の抵抗部材を介して直列に接続された K 個 (但し、 $2 \leq K$) の給電部ユニットから構成されており、1 つの給電部ユニットは、アノード電極の少なくとも一辺を構成する 1 個あるいは 2 個以上のアノード電極ユニットに接続されていることを特徴とする請求項 1 1 に記載の冷陰極電界電子放出表示装置。

【請求項 1 3】

蛍光体層と基板との間には、アノード電極制御回路に接続されたストライプ状の透明電極が形成されていることを特徴とする請求項 9 に記載の冷陰極電界電子放出表示装置。

【請求項 1 4】

1 画素を構成する単位蛍光体層の複数が直線状に配列されており、
直線状に配列された複数の単位蛍光体層から構成された列と基板との間に、アノード電極制御回路に接続されたストライプ状の透明電極が形成されていることを特徴とする請求項 1 3 に記載の冷陰極電界電子放出表示装置。

20

【請求項 1 5】

蛍光体層は複数の単位蛍光体層から構成され、
1 つのアノード電極ユニットの大きさは、1 つの単位蛍光体層を被覆する大きさであることを特徴とする請求項 9 に記載の冷陰極電界電子放出表示装置。

【請求項 1 6】

冷陰極電界電子放出素子を複数備えたカソードパネルと、アノードパネルとが、それらの周縁部で接合されて成る冷陰極電界電子放出表示装置であって、
アノードパネルは、基板、基板上に形成された蛍光体層、給電部、及び、蛍光体層上に形成されたアノード電極から構成されており、
アノード電極は、2 次元的に配列された、 $M \times N$ 個 (但し、 $M \geq 2$, $N \geq 2$) のアノード電極ユニットから構成されており、
最外周部に位置するアノード電極ユニットは、該アノード電極ユニットを取り囲む給電部を介してアノード電極制御回路に接続されており、
アノード電極ユニットとアノード電極ユニットとの間には抵抗体層が形成されていることを特徴とする冷陰極電界電子放出表示装置。

30

【請求項 1 7】

アノード電極制御回路出力電圧と冷陰極電界電子放出素子印加電圧との間の電位差を V_A (単位：キロボルト)、アノード電極ユニット間のギャップ長を L_g (単位： μm) としたとき、

40

$$V_A / L_g < 1 \text{ (kV} / \mu m \text{)}$$

を満足することを特徴とする請求項 1 6 に記載の冷陰極電界電子放出表示装置。

【請求項 1 8】

最外周部に位置する各アノード電極ユニットと給電部との間には隙間が設けられており、
最外周部に位置するアノード電極ユニットと給電部とは、抵抗部材を介して接続されていることを特徴とする請求項 1 6 に記載の冷陰極電界電子放出表示装置。

【請求項 1 9】

給電部は、第 2 の抵抗部材を介して直列に接続された K 個 [但し、 $2 \leq K \leq (2M + 2N$

50

－４）］の給電部ユニットから構成されており、１つの給電部ユニットは、最外周部に位置する１個あるいは２個以上のアノード電極ユニットに接続されていることを特徴とする請求項１８に記載の冷陰極電界電子放出表示装置。

【請求項２０】

蛍光体層と基板との間には、アノード電極制御回路に接続されたストライプ状の透明電極が形成されていることを特徴とする請求項１６に記載の冷陰極電界電子放出表示装置。

【請求項２１】

１画素を構成する単位蛍光体層の複数が直線状に配列されており、直線状に配列された複数の単位蛍光体層から構成された列と基板との間に、アノード電極制御回路に接続されたストライプ状の透明電極が形成されていることを特徴とする請求項２０に記載の冷陰極電界電子放出表示装置。 10

【請求項２２】

蛍光体層は複数の単位蛍光体層から構成され、１つのアノード電極ユニットの大きさは、１つの単位蛍光体層を被覆する大きさであることを特徴とする請求項１６に記載の冷陰極電界電子放出表示装置。

【請求項２３】

抵抗体層は、アノード電極ユニットとアノード電極ユニットとの間に形成される代わりに、アノード電極全体を被覆していることを特徴とする請求項１６に記載の冷陰極電界電子放出表示装置。

【請求項２４】

アノード電極制御回路出力電圧と冷陰極電界電子放出素子印加電圧との間の電位差を V_A （単位：キロボルト）、アノード電極ユニット間のギャップ長を L_g （単位： μm ）としたとき、

$$V_A / L_g < 1 \text{ (kV} / \mu m \text{)}$$

を満足することを特徴とする請求項２３に記載の冷陰極電界電子放出表示装置。

【請求項２５】

最外周部に位置する各アノード電極ユニットと給電部との間には隙間が設けられており、最外周部に位置するアノード電極ユニットと給電部とは、抵抗部材を介して接続されていることを特徴とする請求項２３に記載の冷陰極電界電子放出表示装置。

【請求項２６】

給電部は、第２の抵抗部材を介して直列に接続された K 個〔但し、 $2 \leq K \leq (2M + 2N - 4)$ 〕の給電部ユニットから構成されており、１つの給電部ユニットは、最外周部に位置する１個あるいは２個以上のアノード電極ユニットに接続されていることを特徴とする請求項２５に記載の冷陰極電界電子放出表示装置。 30

【請求項２７】

蛍光体層と基板との間には、アノード電極制御回路に接続されたストライプ状の透明電極が形成されていることを特徴とする請求項２３に記載の冷陰極電界電子放出表示装置。

【請求項２８】

１画素を構成する単位蛍光体層の複数が直線状に配列されており、直線状に配列された複数の単位蛍光体層から構成された列と基板との間に、アノード電極制御回路に接続されたストライプ状の透明電極が形成されていることを特徴とする請求項２７に記載の冷陰極電界電子放出表示装置。 40

【請求項２９】

蛍光体層は複数の単位蛍光体層から構成され、１つのアノード電極ユニットの大きさは、１つの単位蛍光体層を被覆する大きさであることを特徴とする請求項２３に記載の冷陰極電界電子放出表示装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、アノードパネルに設けられたアノード電極に特徴を有する冷陰極電界電子放出 50

表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

テレビジョン受像機や情報端末機器に用いられる表示装置の分野では、従来主流の陰極線管（CRT）から、薄型化、軽量化、大画面化、高精細化の要求に応え得る平面型（フラットパネル型）の表示装置への移行が検討されている。このような平面型の表示装置として、液晶表示装置（LCD）、エレクトロルミネッセンス表示装置（ELD）、プラズマ表示装置（PDP）、冷陰極電界電子放出表示装置（FED：フィールドエミッションディスプレイ）を例示することができる。このなかでも、液晶表示装置は情報端末機器用の表示装置として広く普及しているが、据置き型のテレビジョン受像機に適用するには、高輝度化や大型化に未だ課題を残している。これに対して、冷陰極電界電子放出表示装置は、熱的励起によらず、量子トンネル効果に基づき固体から真空中に電子を放出することが可能な冷陰極電界電子放出素子（以下、電界放出素子と呼ぶ場合がある）を利用しており、高輝度及び低消費電力の点から注目を集めている。

【0003】

図35及び図4に、電界放出素子を備えた冷陰極電界電子放出表示装置（以下、表示装置と呼ぶ場合がある）の一例を示す。尚、図35は従来の表示装置の模式的な一部端面図であり、図4はカソードパネルCPの模式的な部分的斜視図である。

【0004】

図35に示した電界放出素子は、円錐形の電子放出部を有する、所謂スピント（Spindt）型電界放出素子と呼ばれるタイプの電界放出素子である。この電界放出素子は、支持体10上に形成されたカソード電極11と、支持体10及びカソード電極11上に形成された絶縁層12と、絶縁層12上に形成されたゲート電極13と、ゲート電極13及び絶縁層12に設けられた開口部14（ゲート電極13に設けられた第1開口部14A、及び、絶縁層12に設けられた第2開口部14B）と、第2開口部14Bの底部に位置するカソード電極11上に形成された円錐形の電子放出部15から構成されている。一般に、カソード電極11とゲート電極13とは、これらの両電極の射影像が互いに直交する方向に各々ストライプ状に形成されており、これらの両電極の射影像が重複する領域（1画素分の領域に相当する。この領域を、以下、重複領域あるいは電子放出領域と呼ぶ）に、通常、複数の電界放出素子が設けられている。更に、かかる電子放出領域が、カソードパネルCPの有効領域（実際の表示部分として機能する領域）内に、通常、2次元マトリックス状に配列されている。

【0005】

一方、アノードパネルAPは、基板30と、基板30上に形成され、所定のパターンを有する蛍光体層31（31R，31B，31G）と、その上に形成されたアノード電極320から構成されている。アノード電極320は有効領域を覆う1枚のシート状の形状を有し、例えばアルミニウム薄膜から構成されている。アノード電極制御回路43とアノード電極320との間には、通常、過電流や放電を防止するための抵抗体R₀（図示した例では抵抗値10MΩ）が配設されている。この抵抗体R₀は、基板外に配設されている。

【0006】

1画素は、カソードパネル側のカソード電極11とゲート電極13との重複領域に設けられた電界放出素子の一群と、これらの電界放出素子の一群に対面したアノードパネル側の蛍光体層31とによって構成されている。有効領域には、かかる画素が、例えば数十万～数百万個ものオーダーにて配列されている。尚、蛍光体層31と蛍光体層31との間の基板30上にはブラックマトリックス32が形成されている。また、ブラックマトリックス32の上には隔壁33が形成されている。

【0007】

アノードパネルAPとカソードパネルCPとを、電子放出領域と蛍光体層31とが対向するように配置し、周縁部において枠体35を介して接合することによって、表示装置を作製することができる。有効領域を包囲し、画素を選択するための周辺回路が形成された無

10

20

30

40

50

効領域には、真空排気用の貫通孔（図示せず）が設けられており、この貫通孔には真空排気後に封じ切られたチップ管（図示せず）が接続されている。即ち、アノードパネルA PとカソードパネルC Pと枠体3 5とによって囲まれた空間は真空となっている。

【0008】

カソード電極1 1には相対的に負電圧がカソード電極制御回路4 1から印加され、ゲート電極1 3には相対的に正電圧がゲート電極制御回路4 2から印加され、アノード電極3 2 0にはゲート電極1 3よりも更に高い正電圧がアノード電極制御回路4 3から印加される。かかる表示装置において表示を行う場合、例えば、カソード電極1 1にカソード電極制御回路4 1から走査信号を入力し、ゲート電極1 3にゲート電極制御回路4 2からビデオ信号を入力する。カソード電極1 1とゲート電極1 3との間に電圧を印加した際に生ずる電界により、量子トンネル効果に基づき電子放出部1 5から電子が放出され、この電子がアノード電極3 2 0に引き付けられ、蛍光体層3 1に衝突する。その結果、蛍光体層3 1が励起されて発光し、所望の画像を得ることができる。つまり、この表示装置の動作は、基本的に、ゲート電極1 3に印加される電圧、及びカソード電極1 1を通じて電子放出部1 5に印加される電圧によって制御される。

10

【0009】

本出願人は、特開2 0 0 1－2 4 3 8 9 3において、アノード電極が複数のアノード電極ユニットから構成された表示用パネルを提案している。

【0010】

【特許文献1】特開2 0 0 1－2 4 3 8 9 3

20

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、このような表示装置においては、アノードパネルA PとカソードパネルC Pとの間の距離は高々1 mm程度しかなく、カソードパネルの電界放出素子と、アノードパネルA Pのアノード電極3 2 0との間で異常放電（真空アーク放電）が発生し易い。異常放電が発生すると、表示品質が著しく損なわれるだけでなく、電界放出素子やアノード電極3 2 0に損傷が発生する。

【0012】

真空空間中における放電の発生機構においては、先ず、強電界下における電界放出素子からの電子やイオンの放出がトリガーとなって小規模な放電が発生する。そして、アノード電極制御回路4 3からアノード電極3 2 0へエネルギーが供給されてアノード電極3 2 0の温度が局所的に上昇したり、アノード電極3 2 0の内部の吸蔵ガスの放出、あるいはアノード電極3 2 0を構成する材料そのものの蒸発が生ずることによって、小規模な放電が大規模な放電へ成長すると考えられている。アノード電極制御回路4 3以外にも、アノード電極3 2 0と電界放出素子との間に形成される静電容量に基づき生じたエネルギーが、大規模な放電への成長を促すエネルギー供給源となる可能性がある。

30

【0013】

異常放電（真空アーク放電）を抑制するには、放電のトリガーとなる電子やイオンの放出を抑制することが有効であるが、そのためには極めて厳密なパーティクル管理が必要となる。このような管理をアノードパネルA Pの製造プロセス、あるいは、アノードパネルA Pを組み込んだ表示装置の製造プロセスにおいて実行することには、多大な技術的困難が伴う。

40

【0014】

また、特開2 0 0 1－2 4 3 8 9 3にて提案したアノード電極ユニットは、小規模な放電が大規模な放電へと成長することへの抑制に効果があるものの、まだ改善の余地があることが判明した。

【0015】

従って、本発明の目的は、小規模な放電が大規模な放電へと成長することを一層確実に抑制し得る構造を有するアノード電極を備えた冷陰極電界電子放出表示装置を提供することにある。

50

【0016】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するための本発明の第1の態様に係る冷陰極電界電子放出表示装置は、冷陰極電界電子放出素子を複数備えたカソードパネルと、アノードパネルとが、それらの周縁部で接合されて成る冷陰極電界電子放出表示装置であって、アノードパネルは、基板、基板上に形成された蛍光体層、給電部、及び、蛍光体層上に形成されたアノード電極から構成されており、アノード電極は、2次元的に配列された、 $M \times N$ 個（但し、 $M \geq 2$ ， $N \geq 2$ ）のアノード電極ユニットから構成されており、アノード電極の少なくとも一辺を構成するアノード電極ユニットは、該給電部を介してアノード電極制御回路に接続されており、アノード電極ユニットとアノード電極ユニットとの間には抵抗体層が形成されていることを特徴とする。

【0017】

本発明の第1の態様に係る冷陰極電界電子放出表示装置にあつては、アノード電極の少なくとも一辺を構成するアノード電極ユニットが給電部を介してアノード電極制御回路に接続されていればよく、アノード電極の二辺を構成するアノード電極ユニットが給電部を介してアノード電極制御回路に接続されていてもよいし、アノード電極の三辺を構成するアノード電極ユニットが給電部を介してアノード電極制御回路に接続されていてもよい。また、アノード電極の少なくとも一辺を構成するアノード電極ユニットの一部が、給電部を介してアノード電極制御回路に接続されていてもよい。

【0018】

上記の目的を達成するための本発明の第2の態様に係る冷陰極電界電子放出表示装置は、冷陰極電界電子放出素子を複数備えたカソードパネルと、アノードパネルとが、それらの周縁部で接合されて成る冷陰極電界電子放出表示装置であって、アノードパネルは、基板、基板上に形成された蛍光体層、給電部、及び、蛍光体層上に形成されたアノード電極から構成されており、アノード電極は、2次元的に配列された、 $M \times N$ 個（但し、 $M \geq 2$ ， $N \geq 2$ ）のアノード電極ユニットから構成されており、最外周部に位置するアノード電極ユニットは、該アノード電極ユニットを取り囲む給電部を介してアノード電極制御回路に接続されており、アノード電極ユニットとアノード電極ユニットとの間には抵抗体層が形成されていることを特徴とする。

【0019】

尚、本発明の第2の態様に係る冷陰極電界電子放出表示装置にあつては、最外周部に位置するアノード電極ユニットの一部が、給電部を介してアノード電極制御回路に接続されていてもよい。

【0020】

本発明の第1の態様若しくは第2の態様に係る冷陰極電界電子放出表示装置において、抵抗体層は、アノード電極ユニットとアノード電極ユニットとの間に形成される代わりに、アノード電極全体を被覆している構成とすることができる。尚、このような構成を、便宜上、本発明の第1Aの態様若しくは第2Aの態様に係る冷陰極電界電子放出表示装置と呼ぶ。

【0021】

本発明の第1Aの態様を含む第1の態様に係る冷陰極電界電子放出表示装置、あるいは、本発明の第2Aの態様を含む第2の態様に係る冷陰極電界電子放出表示装置においては、アノード電極制御回路出力電圧と冷陰極電界電子放出素子印加電圧との間の電位差を V_A （単位：キロボルト）、アノード電極ユニット間のギャップ長を L_g （単位： μm ）としたとき、

$$V_A / L_g < 1 \text{ (kV} / \mu m \text{)}$$

を満足することが、アノード電極ユニットとアノード電極ユニットとの間での放電発生を確実に抑止するといった観点から好ましい。尚、アノード電極ユニット間のギャップ長 L_g は、全てのアノード電極ユニット間において一定であってもよいし、アノード電極ユニットの位置によって異ならせてもよい。

【0022】

本発明の第1の態様に係る冷陰極電界電子放出表示装置にあつては、隣接するアノード電極ユニットに対向していないアノード電極ユニットの縁部分は抵抗体層で被覆されている構成とすることが、アノード電極ユニットの係る縁部分からの小規模な放電が大規模な放電へと成長することを防止するといった観点から好ましい。

【0023】

本発明の第1Aの態様を含む第1の態様に係る冷陰極電界電子放出表示装置においては、アノード電極の少なくとも一辺を構成する各アノード電極ユニットと給電部との間に隙間が設けられており、アノード電極の少なくとも一辺を構成するアノード電極ユニットと給電部とは、抵抗部材を介して接続されている構成とすることができる。尚、このような抵抗部材を、便宜上、以下、第1の抵抗部材と呼ぶ場合がある。そして、この場合、給電部は、第2の抵抗部材を介して直列に接続された K 個（但し、 $2 \leq K$ ）の給電部ユニットから構成されており、1つの給電部ユニットは、アノード電極の少なくとも一辺を構成する1個あるいは2個以上のアノード電極ユニットに接続されている構成とすることができる。

【0024】

アノード電極の一辺を構成するアノード電極ユニットが給電部を介してアノード電極制御回路に接続されている場合、 $M = \gamma K$ あるいは $N = \delta K$ で表すことができるが、 $1 \leq \gamma \leq 1 \times 10^2$ を満足し、あるいは又、 $1 \times 10 \leq \delta \leq 1 \times 10^3$ を満足することが一層好ましい。また、アノード電極の隣接する二辺を構成するアノード電極ユニットが給電部を介してアノード電極制御回路に接続されている場合、 $M = \gamma K_1$ 及び $N = \delta K_2$ （但し、 $K = K_1 + K_2$ ）で表すことができるが、 $1 \leq \gamma \leq 1 \times 10^2$ を満足し、且つ、 $1 \times 10 \leq \delta \leq 1 \times 10^3$ を満足することが一層好ましい。更には、アノード電極の隣接する三辺を構成するアノード電極ユニットが給電部を介してアノード電極制御回路に接続されている場合、 $M = \gamma K_1$ 及び $N = \delta K_2$ （但し、 $K = 2K_1 + K_2$ あるいは $K = K_1 + 2K_2$ ）で表すことができるが、 $1 \leq \gamma \leq 1 \times 10^2$ を満足し、且つ、 $1 \times 10 \leq \delta \leq 1 \times 10^3$ を満足することが一層好ましい。複数の給電部ユニットから給電部を構成することで、給電部ユニットの面積を小さくすることができるが故に、静電容量を減少することができ、給電部と冷陰極電界電子放出素子との間での放電に起因した給電部の損傷規模の拡大（例えば、給電部の局所的な蒸発）を抑止することができる。

【0025】

また、本発明の第2Aの態様を含む第2の態様に係る冷陰極電界電子放出表示装置においては、最外周部に位置する各アノード電極ユニットと給電部との間に隙間が設けられており、最外周部に位置するアノード電極ユニットと給電部とは、抵抗部材（第1の抵抗部材）を介して接続されている構成とすることができる。そして、この場合、給電部は、第2の抵抗部材を介して直列に接続された K 個〔但し、 $2 \leq K \leq (2M + 2N - 4)$ 〕の給電部ユニットから構成されており、1つの給電部ユニットは、最外周部に位置する1個あるいは2個以上のアノード電極ユニットに接続されている構成とすることができる。尚、 $M = \gamma K_1$ 及び $N = \delta K_2$ （但し、 $K = 2K_1 + 2K_2$ ）で表したとき、 $1 \leq \gamma \leq 1 \times 10^2$ を満足し、且つ、 $1 \times 10 \leq \delta \leq 1 \times 10^3$ を満足することが一層好ましい。給電部を複数の給電部ユニットから構成することで、給電部ユニットの面積を小さくすることができるが故に、給電部と冷陰極電界電子放出素子との間での放電に起因した給電部の損傷規模の拡大（例えば、給電部の局所的な蒸発）を抑止することができる。

【0026】

給電部が給電部ユニットから構成されている場合、給電部ユニットの幅を出来るだけ狭くすることで、給電部ユニットに基づく静電容量を出来るだけ小さくし、給電部ユニットと

10

20

30

40

50

給電部ユニットとの間の隙間の長さ（給電部ユニットの延びる方向と直角の方向に沿った隙間の長さ）を出来るだけ長くすることで、給電部ユニット間の抵抗を小さくし、給電部ユニットの間での電圧降下を極力小さくすることが好ましい。

【0027】

尚、給電部ユニットの面積 S' （単位： mm^2 ）は、アノード電極ユニットと冷陰極電界電子放出素子との間の距離を d （単位： mm ）としたとき、

$$(V_A / 7)^2 \times (S' / d) \leq 2250$$

を満足することが好ましく、

$$(V_A / 7)^2 \times (S' / d) \leq 450$$

を満足することが、給電部ユニットと冷陰極電界電子放出素子との間での放電に起因した給電部ユニットの損傷規模の拡大（例えば、給電部ユニットの局所的な蒸発）を一層確実に抑止するといった観点から望ましい。それぞれの給電部ユニットの大きさは、同じであってもよいし、異なってもよい。

【0028】

また、給電部や給電部ユニットの縁部分からの小規模な放電が大規模な放電へと成長することを防止するといった観点から、給電部や給電部ユニットの縁部分を抵抗体薄膜で被覆しておくことが好ましい。あるいは又、給電部や給電部ユニットを抵抗体薄膜で被覆してもよい。

【0029】

本発明の第1Aの態様を含む本発明の第1の態様に係る冷陰極電界電子放出表示装置、あるいは、本発明の第2Aの態様を含む本発明の第2の態様に係る冷陰極電界電子放出表示装置（以下、これらを総称して、本発明の冷陰極電界電子放出表示装置と呼ぶ場合がある）にあっては、蛍光体層と基板との間に、アノード電極制御回路に接続されたストライプ状の透明電極が形成されている構成とすることが好ましく、更には、1画素（1ピクセル）を構成する単位蛍光体層の複数が直線状に配列されており、直線状に配列された複数の単位蛍光体層から構成された列と基板との間に、アノード電極制御回路に接続されたストライプ状の透明電極が形成されている構成とすることが一層好ましい。即ち、直線状に配列された単位蛍光体層の列の総数を n 列としたとき、ストライプ状の透明電極の本数は、最大、 n である。直線状に配列された単位蛍光体層の列の複数と基板との間に、アノード電極制御回路に接続されたストライプ状の透明電極が形成されている構成とすることもできる。このように、透明電極を設けることによって、蛍光体層の過剰な帯電を確実に防止することができ、過剰な帯電による蛍光体層の劣化を抑制することができる。そして、このような構造の透明電極を設けることによって、冷陰極電界電子放出表示装置の試作時の設計変更に容易に対処可能となる。カラー表示の場合、直線状に配列された単位蛍光体層の1列は、全てが赤色発光単位蛍光体層で占められた列、緑色発光単位蛍光体層で占められた列、及び、青色発光単位蛍光体層で占められた列から構成されていてもよいし、赤色発光単位蛍光体層、緑色発光単位蛍光体層、及び、青色発光単位蛍光体層が順に配置された列から構成されていてもよい。ここで、単位蛍光体層とは、表示用パネル上において1つの輝点を生成する蛍光体層であると定義する。また、1画素（1ピクセル）は、1つの赤色発光単位蛍光体層、1つの緑色発光単位蛍光体層、及び、1つの青色発光単位蛍光体層の集合から構成され、1サブピクセルは、1つの単位蛍光体層（1つの赤色発光単位蛍光体層、あるいは、1つの緑色発光単位蛍光体層、あるいは、1つの青色発光単位蛍光体層）から構成される。

【0030】

本発明の冷陰極電界電子放出表示装置において、蛍光体層は複数の単位蛍光体層から構成され、1つのアノード電極ユニットの大きさは1つの単位蛍光体層を被覆する大きさであることが好ましいが、即ち、アノード電極ユニットの大きさは1サブピクセルに相当する大きさであることが好ましいが、このような大きさに限定するものではない。尚、1サブピクセルに相当する大きさとは、1つの単位蛍光体層を確実に被覆し得る大きさを意味する。

【0031】

本発明の冷陰極電界電子放出表示装置にあっては、アノード電極ユニットと冷陰極電界電子放出素子との間での放電に起因してアノード電極ユニットが局所的に溶融する（具体的には、例えば、アノード電極ユニットにおいて1サブピクセルに相当する大きさが溶融する）といったアノード電極ユニットの損傷規模の拡大を抑止するために、アノード電極ユニットと冷陰極電界電子放出素子との間の距離を d （単位：mm）、アノード電極ユニットの面積を S （単位： mm^2 ）としたとき、

$$(V_A / 7)^2 \times (S / d) \leq 2250$$

を満足することが好ましく、

$$(V_A / 7)^2 \times (S / d) \leq 450$$

を満足することが一層好ましい。

10

【0032】

アノード電極ユニットに凹凸が存在し、アノード電極ユニットと冷陰極電界電子放出素子との間の距離 d が一定でない場合、アノード電極ユニットと冷陰極電界電子放出素子との間の最短距離を d とする。

【0033】

あるいは又、蛍光体層が2次元的に配列された $m \times n$ 個の単位蛍光体層から構成されている場合、 $m = \alpha M$ 、 $n = \beta N$ で表すことができるが、好ましくは、 $1 \times 10 \leq \alpha \leq 1 \times 10^4$ 及び $1 \leq \beta \leq 1 \times 10^3$ を満足し、更に好ましくは、 $1 \times 10^2 \leq \alpha \leq 1 \times 10^4$ 及び $1 \leq \beta \leq 1 \times 10^2$ を満足することが望ましい。また、それぞれのアノード電極ユニットの大きさは、同じであってもよいし、異なってもよい。

20

【0034】

本発明の冷陰極電界電子放出表示装置において、アノード電極制御回路出力電圧は、通常、一定である。一方、冷陰極電界電子放出表示装置の動作方式は、▲1▼カソード電極に印加する電圧を一定とし、ゲート電極に印加する電圧を変化させる方式、▲2▼カソード電極に印加する電圧を変化させ、ゲート電極に印加する電圧を一定とする方式、▲3▼カソード電極に印加する電圧を変化させ、且つ、ゲート電極に印加する電圧も変化させる方式がある。アノード電極制御回路出力電圧と冷陰極電界電子放出素子印加電圧との間の電位差 V_A を、▲1▼の場合にあっては、アノード電極制御回路出力電圧とカソード電極印加電圧との間の電位差とすればよいし、▲2▼及び▲3▼の場合にあっては、アノード電極制御回路出力電圧とカソード電極印加電圧との間の電位差の最大値とすればよい。

30

【0035】

本発明の冷陰極電界電子放出表示装置において、アノード電極は、少なくとも蛍光体層上に形成されていればよく、蛍光体層が形成されていない基板上に延在して形成されていてもよい。具体的には、アノード電極は、全体として、実際の表示部分として機能する有効領域を少なくとも覆っている。有効領域の周囲は、周辺回路の収容や表示画面の機械的支持等、有効領域の機能を支援する無効領域である。アノード電極ユニットの外形形状は、本質的には任意の形状とすることができるが、本発明の冷陰極電界電子放出表示装置にあっては、加工の容易性等から、矩形形状であることが好ましい。

【0036】

本発明の冷陰極電界電子放出表示装置においては、第1の抵抗部材を設けることによって、放電発生時にアノード電極制御回路からのエネルギー供給を一時的に停止することができる。そして、この場合、更には、第1の態様に係る冷陰極電界電子放出表示装置、あるいは、本発明の第2の態様に係る冷陰極電界電子放出表示装置において、抵抗値が r_0 の抵抗層が形成されている場合、第1の抵抗部材の抵抗値を r_1 としたとき、 $1 \times 10 r_0 \leq r_1 \leq 1 \times 10^5 r_0$ を満足することが好ましい。また、本発明の第1Aの態様に係る冷陰極電界電子放出表示装置、あるいは、本発明の第2Aの態様に係る冷陰極電界電子放出表示装置において、抵抗値 $r'_0 \Omega$ を有する抵抗層が形成されている場合、第1の抵抗部材の抵抗値を r_1 としたとき、 $1 \times 10 r'_0 \leq r_1 \leq 1 \times 10^5 r'_0$ を満足することが好ましい。

40

50

【0037】

抵抗体層の抵抗値 r_0 として、 $1 \times 10 \Omega$ 乃至 $1 \times 10^5 \Omega$ 、好ましくは $1 \times 10 \Omega$ 乃至 $2 \times 10^2 \Omega$ を例示することができる。また、抵抗体層の抵抗値 r'_0 をシート抵抗値に換算した抵抗値を $r'' \Omega/\square$ としたとき、 r'' の値として、 $1 \times 10^4 \Omega/\square$ 乃至 $1 \times 10^8 \Omega/\square$ 、好ましくは $1 \times 10^5 \Omega/\square$ 乃至 $1 \times 10^7 \Omega/\square$ を例示することができる。

【0038】

第1及び第2の抵抗部材の抵抗値は、通常の表示動作時にアノード電流による電圧降下が生じても表示輝度に殆ど影響が現れない程度に小さく、しかも、小規模な放電の発生時には、給電部を通じたアノード電極制御回路からアノード電極ユニットへのエネルギー供給を一時的に遮断し得る程度に大きい値に選択する。かかる条件を満たす限りにおいて、抵抗値を数十 $k\Omega \sim 1 M\Omega$ の範囲で選択することができるが、抵抗部材（第1の抵抗部材）の抵抗値 r_1 と抵抗体層の抵抗値 r_0 、 r'_0 は、上述の関係を満足することが好ましい。

10

【0039】

本発明の第1の態様に係る冷陰極電界電子放出表示装置、あるいは、本発明の第2の態様に係る冷陰極電界電子放出表示装置において、第1の抵抗部材、第2の抵抗部材として、チップ抵抗、あるいは、抵抗体薄膜を挙げることができる。また、本発明の第1Aの態様に係る冷陰極電界電子放出表示装置、あるいは、本発明の第2Aの態様に係る冷陰極電界電子放出表示装置において、第1の抵抗部材、第2の抵抗部材として抵抗体薄膜を挙げることができる。尚、第1の抵抗部材、第2の抵抗部材を抵抗体薄膜から構成する場合、抵抗体層と同じ抵抗体薄膜から、抵抗体層の形成と同時に第1の抵抗部材、第2の抵抗部材を形成することができる。

20

【0040】

抵抗体層、あるいは、第1の抵抗部材や第2の抵抗部材を構成する抵抗体薄膜の構成材料として、シリコンカーバイド (SiC) や SiCN といったカーボン系材料；SiN；酸化ルテニウム (RuO_2)、酸化タンタル、窒化タンタル、酸化チタン (TiO_2)、酸化クロム等の高融点金属酸化物；アモルファスシリコン等の半導体材料；ITO を挙げることができる。

【0041】

給電部、第1の抵抗部材、第2の抵抗部材は、無効領域上に形成すればよい。そして、給電線の端部に接続端子を設け、この接続端子を配線を介してアノード電極制御回路に接続すればよい。

30

【0042】

アノード電極ユニット及び給電部は、共通の導電材料層を用いて蛍光体層及び基板上に形成することができる。一例として、或る導電材料から成る導電材料層を基板上に形成し、この導電材料層をパターンニングしてアノード電極ユニットと給電部とを同時に形成することができる。あるいは、アノード電極ユニットと給電部のパターンを有するマスクやスクリーンを介して導電材料の蒸着やスクリーン印刷を行うことにより、蛍光体層と基板との上にアノード電極ユニットと給電部とを同時に形成することもできる。尚、抵抗体層や第1の抵抗部材、第2の抵抗部材も同様の方法で形成することができる。即ち、或る抵抗体材料から抵抗体層や第1の抵抗部材、第2の抵抗部材を形成し、この抵抗体層や第1の抵抗部材、第2の抵抗部材をパターンニングしてもよいし、あるいは、抵抗体層や第1の抵抗部材、第2の抵抗部材のパターンを有するマスクやスクリーンを介して抵抗体材料を蒸着又はスクリーン印刷することにより、抵抗体層や第1の抵抗部材、第2の抵抗部材を形成してもよい。

40

【0043】

本発明の冷陰極電界電子放出表示装置にあっては、冷陰極電界電子放出素子（以下、電界放出素子と称する）は、より具体的には、例えば、

(A) 支持体上に形成され、第1の方向に延びるカソード電極と、

50

(B) 支持体及びカソード電極上に形成された絶縁層と、
(C) 絶縁層上に形成され、第1の方向とは異なる第2の方向に延びるゲート電極と、
(D) ゲート電極及び絶縁層に形成された開口部と、
(E) 開口部の底部に露出した電子放出部、
から構成されている。

【0044】

本発明の冷陰極電界電子放出表示装置における電界放出素子の型式は、特に限定されず、スピント型素子、エッジ型素子、平面型素子、扁平型素子、クラウン型素子のいずれであってもよい。尚、カソード電極及びゲート電極はストライプ形状を有し、カソード電極の射影像とゲート電極の射影像とは直交することが、冷陰極電界電子放出表示装置の構造の簡素化といった観点から好ましい。更には、電界放出素子には収束電極が備えられていて

10

【0045】

尚、電界放出素子として、上述の各型式の他に、表面伝導型電子放出素子と通称される素子も知られており、本発明の冷陰極電界電子放出表示装置に適用することができる。表面伝導型電子放出素子においては、例えばガラスから成る基板上に酸化錫 (SnO_2)、金 (Au)、酸化インジウム (In_2O_3) / 酸化錫 (SnO_2)、カーボン、酸化パラジウム (PdO) 等の材料から成り、微小面積を有する薄膜がマトリクス状に形成され、各薄膜は2つの薄膜片から成り、一方の薄膜片に行方向配線、他方の薄膜片に列方向配線が接続されている。一方の薄膜片と他方の薄膜片との間には数 nm のギャップが設けられている。行方向配線と列方向配線とによって選択された薄膜においては、ギャップを介して薄膜から電子が放出される。

20

【0046】

本発明の冷陰極電界電子放出表示装置における基板として、ガラス基板、表面に絶縁膜が形成されたガラス基板、石英基板、表面に絶縁膜が形成された石英基板、表面に絶縁膜が形成された半導体基板を挙げることができるが、製造コスト低減の観点からは、ガラス基板、あるいは、表面に絶縁膜が形成されたガラス基板を用いることが好ましい。ガラス基板として、高歪点ガラス、ソーダガラス ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$)、硼珪酸ガラス ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$)、フォスフェライト ($2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$)、鉛ガラス ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{PbO} \cdot \text{SiO}_2$) を例示することができる。カソードパネルを構成する支持体も、基板と同様の構成とすることができる。

30

【0047】

アノード電極ユニット、給電部、カソード電極、ゲート電極の構成材料として、アルミニウム (Al)、タングステン (W)、ニオブ (Nb)、タンタル (Ta)、モリブデン (Mo)、クロム (Cr)、銅 (Cu)、金 (Au)、銀 (Ag)、チタン (Ti)、ニッケル (Ni) 等の金属、これらの金属元素を含む合金あるいは化合物 (例えば TiN 等の窒化物や、 WSi_2 、 MoSi_2 、 TiSi_2 、 TaSi_2 等のシリサイド)、 ITO (インジウム・錫酸化物)、酸化インジウム、酸化亜鉛等の導電性金属酸化物、あるいはシリコン (Si) 等の半導体を例示することができる。これらを作製、形成するには、 CV 法、スパッタリング法、蒸着法、イオンプレーティング法、電気メッキ法、無電解メッキ法、スクリーン印刷法、レーザアブレーション法、ゾルーゲル法等の公知の薄膜形成技術により、上述の構成材料から成る薄膜を被成膜体上に形成する。このとき、薄膜を被成膜体の全面に形成した場合には、公知のパターニング技術を用いて薄膜をパターニングし、各部材を形成する。また、薄膜を形成する前の被成膜体上に予めレジストパターンを形成しておけば、リフトオフ法による各部材の形成が可能である。更に、アノード電極ユニットや給電部、カソード電極、ゲート電極の形状に応じた開口部を有するマスクを用いて蒸着を行ったり、かかる開口部を有するスクリーンを用いてスクリーン印刷を行えば、成膜後のパターニングは不要である。

40

【0048】

電界放出素子を構成する絶縁層の構成材料として、 SiO_2 、 BPSG 、 PSG 、 BSG

50

、AsSG、PbSG、SiN、SiON、SOG（スピノングラス）、低融点ガラス、ガラスペーストといったSiO₂系材料、SiN、ポリイミド等の絶縁性樹脂を、単独あるいは適宜組み合わせ使用することができる。絶縁層の形成には、CVD法、塗布法、スパッタリング法、スクリーン印刷法等の公知のプロセスが利用できる。

【0049】

透明電極は、例えば、ITOや酸化錫、酸化亜鉛、酸化チタンから構成すればよい。

【0050】

蛍光体層は、単色の蛍光体粒子から構成されていても、3原色の蛍光体粒子から構成されていてもよい。また、蛍光体層の配列様式は、ドットマトリクス状であっても、ストライプ状であってもよい。尚、ドットマトリクス状やストライプ状の配列様式においては、隣り合う蛍光体層の間の隙間がコントラスト向上を目的としたブラックマトリクスで埋め込まれていてもよい。

10

【0051】

アノードパネルには、更に、蛍光体層から反跳した電子、あるいは、蛍光体層から放出された二次電子が他の蛍光体層に入射し、所謂光学的クロストーク（色濁り）が発生することを防止するための、あるいは又、蛍光体層から反跳した電子、あるいは、蛍光体層から放出された二次電子が隔壁を越えて他の蛍光体層に向かって侵入したとき、これらの電子が他の蛍光体層と衝突することを防止するための、隔壁が、複数、設けられていることが好ましい。

【0052】

20

隔壁の平面形状として、格子形状（井桁形状）、即ち、1画素（1ピクセル）に相当する、例えば平面形状が略矩形（ドット状）の蛍光体層の四方を取り囲む形状を挙げることができる、あるいは、略矩形あるいはストライプ状の蛍光体層の対向する二辺と平行に延びる帯状形状あるいはストライプ形状を挙げることができる。隔壁を格子形状とする場合、1つの蛍光体層の領域の四方を連続的に取り囲む形状としてもよいし、不連続に取り囲む形状としてもよい。隔壁を帯状形状あるいはストライプ形状とする場合、連続した形状としてもよいし、不連続な形状としてもよい。隔壁を形成した後、隔壁を研磨し、隔壁の頂面の平坦化を図ってもよい。

【0053】

蛍光体層からの光を吸収するブラックマトリクスが蛍光体層と蛍光体層との間であって隔壁と基板との間に形成されていることが、表示画像のコントラスト向上といった観点から好ましい。ブラックマトリクスを構成する材料として、蛍光体層からの光を99%以上吸収する材料を選択することが好ましい。このような材料として、カーボン、金属薄膜（例えば、クロム、ニッケル、アルミニウム、モリブデン等、あるいは、これらの合金）、金属酸化物（例えば、酸化クロム）、金属窒化物（例えば、窒化クロム）、耐熱性有機樹脂、ガラスペースト、黒色顔料や銀等の導電性粒子を含有するガラスペースト等の材料を挙げることができ、具体的には、感光性ポリイミド樹脂、酸化クロムや、酸化クロム／クロム積層膜を例示することができる。尚、酸化クロム／クロム積層膜においては、クロム膜が基板と接する。

30

【0054】

40

カソードパネルとアノードパネルとを周縁部において接合する場合、接合は接着層を用いて行ってもよいし、あるいは、ガラスやセラミックス等の絶縁剛性材料から成る枠体と接着層とを併用して行ってもよい。枠体と接着層とを併用する場合には、枠体の高さを適宜選択することにより、接着層のみを使用する場合に比べ、カソードパネルとアノードパネルとの間の対向距離をより長く設定することが可能である。尚、接着層の構成材料としては、フリットガラスが一般的であるが、融点が120～400℃程度の所謂低融点金属材料を用いてもよい。かかる低融点金属材料としては、In（インジウム：融点157℃）；インジウム－金系の低融点合金；Sn₈₀Ag₂₀（融点220～370℃）、Sn₉₅Cu₅（融点227～370℃）等の錫（Sn）系高温はんだ；Pb_{97.5}Ag_{2.5}（融点304℃）、Pb_{94.5}Ag_{5.5}（融点304～365℃）、

50

$Pb_{97.5}Ag_{1.5}Sn_{1.0}$ （融点 $309^{\circ}C$ ）等の鉛（Pb）系高温はんだ； $Zn_{95}Al_5$ （融点 $380^{\circ}C$ ）等の亜鉛（Zn）系高温はんだ； Sn_5Pb_{95} （融点 $300\sim314^{\circ}C$ ）、 Sn_2Pb_{98} （融点 $316\sim322^{\circ}C$ ）等の錫－鉛系標準はんだ； $Au_{88}Ga_{12}$ （融点 $381^{\circ}C$ ）等のろう材（以上の添字は全て原子%を表す）を例示することができる。

【0055】

基板と支持体と枠体の三者を接合する場合、三者同時接合を行ってもよいし、あるいは、第1段階で基板又は支持体のいずれか一方と枠体とを先に接合し、第2段階で基板又は支持体の他方と枠体とを接合してもよい。三者同時接合や第2段階における接合を高真空雰囲気中に行えば、基板と支持体と枠体と接着層とにより囲まれた空間は、接合と同時に真空となる。あるいは、三者の接合終了後、基板と支持体と枠体と接着層とによって囲まれた空間を排気し、真空とすることもできる。接合後に排気を行う場合、接合時の雰囲気の圧力は常圧／減圧のいずれであってもよく、また、雰囲気を構成する気体は、大気であっても、あるいは窒素ガスや周期律表0族に属するガス（例えばArガス）を含む不活性ガスであってもよい。

【0056】

接合後に排気を行う場合、排気は、基板及び／又は支持体に予め接続されたチップ管を通じて行うことができる。チップ管は、典型的にはガラス管を用いて構成され、基板及び／又は支持体の無効領域（即ち、表示部分として機能する有効領域以外の領域）に設けられた貫通孔の周囲に、フリットガラス又は上述の低融点金属材料を用いて接合され、空間が所定の真空度に達した後、熱融着によって封じ切られる。尚、封じ切りを行う前に、冷陰極電界電子放出表示装置全体を一旦加熱してから降温させると、空間に残留ガスを放出させることができ、この残留ガスを排気により空間外へ除去することができるので好適である。

【0057】

本発明の冷陰極電界電子放出表示装置においては、放電のトリガーそのものを抑制するのではなく、たとえ小規模な放電が発生しても、小規模な放電を大規模な放電にまで成長させないように、アノード電極と冷陰極電界電子放出素子との間に発生するエネルギーを抑制することを基本的な考え方としている。アノード電極を有効領域のほぼ全面に互って形成する代わりに、より小さい面積を有するアノード電極ユニットに分割した形で形成するので、アノード電極ユニットと冷陰極電界電子放出素子との間の静電容量を減少させ、発生するエネルギーを低減することができる。その結果、放電によるアノード電極ユニットにおける損傷の大きさを効果的に小さくすることが可能となる。

【0058】

しかも、本発明の冷陰極電界電子放出表示装置にあっては、アノード電極ユニットとアノード電極ユニットとの間に抵抗体層が形成されているので、アノード電極ユニット間における放電の発生を確実に低減できる。

【0059】

そして、以上の結果として、放電に起因したアノード電極ユニットの局所的な蒸発といったアノード電極ユニットの恒久的な損傷発生を十分に低減することができる。

【0060】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して、発明の実施の形態（以下、実施の形態と略称する）に基づき本発明を説明する。

【0061】

（実施の形態1）

実施の形態1は、本発明の第1の態様に係る冷陰極電界電子放出表示装置（以下、単に、表示装置と略称する）に関する。

【0062】

実施の形態1のアノード電極の模式的な平面図を図1に示し、図1の線A－Aに沿ったア

ノードパネル A P の模式的な一部端面図を図 2 の (A) に示し、図 1 の線 B - B に沿ったアノードパネル A P の模式的な一部端面図を図 2 の (B) に示す。また、実施の形態 1 の表示装置の模式的な一部端面図を図 3 に示し、カソードパネル C P の模式的な部分的斜視図を図 4 に示す。更には、蛍光体層等の配列を、模式的な部分的平面図として、図 5 ~ 図 8 に例示する。尚、アノードパネル A P の模式的な一部端面図における蛍光体層等の配列を、図 7 あるいは図 8 に示す構成としている。

【0063】

この表示装置は、カソード電極 11、ゲート電極 13 及び電子放出部 15 から構成された冷陰極電界電子放出素子（以下、電界放出素子と略称する）を複数備えたカソードパネル C P と、アノードパネル A P とが、それらの周縁部で接合されて成る。

10

【0064】

図 3 に示した電界放出素子は、円錐形の電子放出部を有する、所謂スピント (Spindt) 型電界放出素子と呼ばれるタイプの電界放出素子である。この電界放出素子は、支持体 10 上に形成されたカソード電極 11 と、支持体 10 及びカソード電極 11 上に形成された絶縁層 12 と、絶縁層 12 上に形成されたゲート電極 13 と、ゲート電極 13 及び絶縁層 12 に設けられた開口部 14 (ゲート電極 13 に設けられた第 1 開口部 14 A、及び、絶縁層 12 に設けられた第 2 開口部 14 B) と、第 2 開口部 14 B の底部に位置するカソード電極 11 上に形成された円錐形の電子放出部 15 から構成されている。一般に、カソード電極 11 とゲート電極 13 とは、これらの両電極の射影像が互いに直交する方向に各々ストライプ状に形成されており、これらの両電極の射影像が重複する領域 (1 画素分の領域に相当する。この領域を、以下、重複領域あるいは電子放出領域と呼ぶ) に、通常、複数の電界放出素子が設けられている。更に、かかる電子放出領域が、カソードパネル C P の有効領域 (実際の表示部分として機能する領域) 内に、通常、2 次元マトリックス状に配列されている。

20

【0065】

一方、アノードパネル A P は、基板 30 と、基板 30 上に形成され、所定のパターンを有する蛍光体層 31 (赤色発光蛍光体層 31 R, 青色発光蛍光体層 31 B, 緑色発光蛍光体層 31 G) と、給電部 23 と、その上に形成されたアノード電極 20 から構成されている。アノード電極 20 は、全体として、矩形の有効領域 (大きさ: 80 mm × 110 mm) を覆う形状を有し、例えばアルミニウム薄膜から構成されている。

30

【0066】

アノード電極 20 は、2 次元的に配列された、 $M \times N$ 個 (但し、 $M \geq 2$, $N \geq 2$ であり、実施の形態 1 においては、 $M = 4$, $\alpha = 225$, $N = 240$, $\beta = 1$) のアノード電極ユニット A U から構成されている。アノード電極ユニット A U の間には、ギャップ 21 A, 21 B が設けられている。尚、ギャップ 21 A は、蛍光体層 31 が形成されていない部分に設けられており、ギャップ 21 B は、後述する隔壁 33 の頂面上に位置するように、あるいは又、隔壁 33 を跨って形成されている。

【0067】

そして、アノード電極 20 の少なくとも一辺を構成するアノード電極ユニット (実施の形態 1 においては、アノード電極 20 の一辺を構成するアノード電極ユニット A U₁) は、給電部 23 を介してアノード電極制御回路 43 に接続されている。給電部 23 も、例えばアルミニウム薄膜から構成されている。

40

【0068】

アノード電極ユニット A U とアノード電極ユニット A U との間には抵抗体層 22 が形成されている。より具体的には、抵抗体層 22 は、ギャップ 21 A, 21 B を越え、隣接するアノード電極ユニット A U 間を跨るように形成されている。抵抗体層 22 は SiC から成る抵抗体薄膜から構成され、スパッタリング法にて形成されている。それぞれの抵抗体層 22 の抵抗値 (r_0) は、約 10 k Ω ~ 100 k Ω である。

【0069】

アノード電極ユニット A U の大きさは、アノード電極ユニット A U と電界放出素子 (より

50

具体的には、ゲート電極 13 あるいはカソード電極 11) との間で生じた放電により発生したエネルギーによってアノード電極ユニット A U が局所的に蒸発しない大きさ (より具体的には、アノード電極ユニット A U とゲート電極 13 あるいはカソード電極 11 との間で生じた放電により発生したエネルギーによって、アノード電極ユニット A U において 1 サブピクセルに相当する大きさの部分が蒸発しない大きさ) である。具体的には、アノード電極ユニット A U の外形形状は矩形であり、大きさ (面積 S) を $25\text{ mm} \times 0.3\text{ mm}$ とした。尚、図 1 においては、図面を簡素化するために、 4×4 のアノード電極ユニット A U を図示し、模式的な一部断面図においては、1 つのアノード電極ユニット A U が複数の単位蛍光体層を覆うが如くに図示しているが、実際には、アノード電極ユニット A U の大きさは、例えば、単位蛍光体層を被覆する大きさ、即ち、1 サブピクセルの整数倍に相当する大きさであり、後述する実施の形態 2 ~ 実施の形態 8 においても同様とすることができる。

【0070】

蛍光体層 31 と蛍光体層 31 との間の基板 30 上にはブラックマトリックス 32 が形成されている。また、ブラックマトリックス 32 の上には隔壁 33 が形成されている。アノードパネル A P における隔壁 33、スペーサ 34 及び蛍光体層 31 の配置例を、図 5 ~ 図 8 の配置図に模式的に示す。隔壁 33 の平面形状としては、格子形状 (井桁形状)、即ち、1 画素 (1 ピクセル) に相当する、例えば平面形状が略矩形の蛍光体層 31 の四方を取り囲む形状 (図 5 及び図 6 参照)、あるいは、略矩形の (あるいはストライプ状の) 蛍光体層 31 の対向する二辺と平行に延びる帯状形状 (ストライプ形状) を挙げることができる (図 7 及び図 8 参照)。尚、蛍光体層 31 を、図 5 ~ 図 8 の上下方向に延びるストライプ状とすることもできる。

【0071】

アノードパネル A P とカソードパネル C P と枠体 35 とによって囲まれた空間は真空となっている。尚、アノードパネル A P 及びカソードパネル C P には大気によって圧力が加わる。そして、この圧力によって表示装置が破損しないように、アノードパネル A P とカソードパネル C P との間には、高さが例えば 1 mm 程度のスペーサ 34 が配置されている。尚、図 3 においては、スペーサの図示を省略した。隔壁 33 の一部は、スペーサ 34 を保持するためのスペーサ保持部としても機能する。

【0072】

そして、アノード電極制御回路 43 の出力電圧と冷陰極電界電子放出素子印加電圧 (具体的には、カソード電極 11 に印加される電圧) との間の電位差を V_A (単位: キロボルト)、アノード電極ユニット A U 間のギャップ 21 A, 21 B のギャップ長を L_g (単位: μm) としたとき、 $V_A / L_g < 1$ ($\text{kV} / \mu\text{m}$) を満足している。具体的には、 V_A を 5 キロボルト、アノード電極ユニット A U 間のギャップ 21 A, 21 B のギャップ長 L_g を $20\text{ }\mu\text{m}$ とした。

【0073】

アノード電極制御回路 43 と給電部 23 との間には、通常、過電流や放電を防止するための抵抗体 R_0 (図示した例では抵抗値 $10\text{ M}\Omega$) が配設されている。この抵抗体 R_0 は、基板外に配設されている。そして、アノード電極 20 の一辺を構成するアノード電極ユニット A U₁ と給電部 23 との間には隙間 24 が設けられており、アノード電極 20 の一辺を構成するアノード電極ユニット A U₁ と給電部 23 とは、抵抗部材 (第 1 の抵抗部材 25) を介して接続されている。第 1 の抵抗部材 25 を、アモルファスシリコンから成る抵抗体薄膜から構成した。第 1 の抵抗部材 25 は、アノード電極ユニット A U と給電部 23 との間を跨るように、CVD 法に基づき、隙間 24 の上に形成されている。第 1 の抵抗部材 25 の抵抗値 (r_1) は、約 $50\text{ k}\Omega$ である。

【0074】

1 画素 (1 ピクセル) は、カソードパネル側のカソード電極 11 とゲート電極 13 との重複領域に設けられた電界放出素子の一群と、これらの電界放出素子の一群に対面したアノードパネル側の蛍光体層 31 (1 つの赤色発光単位蛍光体層、1 つの緑色発光単位蛍光体

層、及び、1つの青色発光単位蛍光体層の集合)とによって構成されている。有効領域には、かかる画素が、例えば数十万～数百万個ものオーダーにて配列されている。また、1画素(1ピクセル)は3つのサブピクセルから構成され、各サブピクセルは、1つの赤色発光単位蛍光体層、1つの緑色発光単位蛍光体層、あるいは、1つの青色発光単位蛍光体層を備えている。

【0075】

実施の形態1の表示装置においては、アノード電極ユニットAUとゲート電極13との間の距離を d (単位: mm)、アノード電極ユニットAUの面積を S (単位: mm^2)としたとき、

$$(V_A / 7)^2 \times (S / d) \leq 2250$$

10

更には、

$$(V_A / 7)^2 \times (S / d) \leq 450$$

を満足している。具体的には、 d の値は1.0 mmであり、 S の値は7.5 mm^2 である。

【0076】

アノード電極ユニットAUは、基板30、隔壁33上及び蛍光体層31上に形成されているが故に、アノード電極ユニットAUには凹凸が存在し、アノード電極ユニットAUと電界放出素子との間の距離 d は一定でない。それ故、アノード電極ユニットAUと電界放出素子との間の最短距離、即ち、具体的には、隔壁33上のアノード電極ユニットAUと電界放出素子(より具体的には、ゲート電極13)との間の距離を d とする。以下の説明に

20

【0077】

例えば、アルミニウムから成るアノード電極ユニットAUにおいて、0.04 mm^2 の面積(この面積は、概ね、1サブピクセルに相当する面積である)の部分が、アノード電極ユニットAUと電界放出素子との間での放電によって蒸発するときのエネルギーを、以下、算出する。尚、算出においては、以下の表1に示す値を基礎とする。

【0078】

[表1]

アノード電極ユニットの厚さ	: 1 μm
溶融面積	: 0.04 mm^2
アルミニウムの比重	: 2.7
アルミニウムの融点	: 660 $^{\circ}\text{C}$
アルミニウムの沸点	: 2060 $^{\circ}\text{C}$
アルミニウムの比熱	: 0.214 cal / g $\cdot^{\circ}\text{C}$
アルミニウムの溶解熱	: 94.6 cal / g
アルミニウムの蒸発熱	: 293 kJ / mol = 10850 J / g

30

【0079】

溶融するアルミニウムの質量 M_{Al} (単位: グラム)、室温(30 $^{\circ}\text{C}$)からアルミニウムが融点(660 $^{\circ}\text{C}$)に達するまでに必要なエネルギー Q_{MELT} (単位: ジュール)、溶融に必要とされるエネルギー Q_{Liq} (単位: ジュール)、融点(660 $^{\circ}\text{C}$)から沸点(2060 $^{\circ}\text{C}$)に達するまでに必要とされるエネルギー Q_{Boil} (単位: ジュール)、蒸発に必要とされるエネルギー Q_{Evap} 、総計エネルギー Q_{Total} は、以下のとおりである。

40

【0080】

$$M_{Al} = 0.04 \times 10^{-2} \times 10^{-4} \times 2.7 \\ = 1.08 \times 10^{-7} \text{ (g)}$$

$$Q_{MELT} = 0.214 \times 4.2 \times (660 - 30) \times M_{Al} \\ = 6.1 \times 10^{-5} \text{ (J)}$$

$$Q_{Liq} = 94.6 \times 4.2 \times M_{Al} \\ = 4.3 \times 10^{-5} \text{ (J)}$$

$$Q_{Biol} = 0.214 \times 4.2 \times (2060 - 660) \times M_{Al} \\ = 1.36 \times 10^{-4} \text{ (J)}$$

$$Q_{Evap} = 10850 \times M_{Al} \\ = 1.17 \times 10^{-3} \text{ (J)}$$

$$Q_{Total} = Q_{MELT} + Q_{Liq} + Q_{Biol} + Q_{Evap} \\ = 1.41 \times 10^{-3} \text{ (J)}$$

【0081】

アノード電極ユニットAUと電界放出素子との間での放電時にアノード電極ユニットAU 20
において発生するエネルギーの積算値が、上記で例示される総計エネルギー Q_{Total}
の値を越えなければ、アノード電極ユニットに局所的な蒸発が発生することはないと云え
る。即ち、アノード電極ユニットAUにおいて、1サブピクセルに相当する大きさの部分
が蒸発することはないと云える。尚、アノード電極ユニットをモリブデン (Mo) から構
成した場合の総計エネルギー Q_{Total} は、 2.7×10^{-3} (J) である。

【0082】

アノード電極ユニットAUとゲート電極13との間で放電が発生したときの等価回路のモ
デルを図9に示す。尚、図9においては、3つのアノード電極ユニットを図示した。また
、以下のシミュレーションの簡素化のため、3つのアノード電極ユニットのそれぞれが、
第1の抵抗部材25を介して給電部23に接続されているとし、抵抗体層22の抵抗値 (30
 r_0) を省略した。

【0083】

アノード電極ユニットAUとゲート電極13との間での放電によって電流 i が流れるが、
このときのアノード電極ユニットAUとゲート電極13との抵抗値である理論抵抗値 (r
) は 0.2Ω である。尚、理論抵抗値 (r) は、通常、 $0.1 \Omega \sim 10 \Omega$ 程度の値である
。また、 S の値を 9000 mm^2 、 3000 mm^2 、 450 mm^2 としたときのアノード
電極ユニットAUとゲート電極13とによって形成されるコンデンサ (C) の値を、それ
ぞれ、 60 pF 、 20 pF 、 3 pF とした。更には、 V_A を7キロボルトとした。 S の値
を 9000 mm^2 、 3000 mm^2 、 450 mm^2 としたときの、シミュレーションにて
得られたアノード電極ユニットAUを流れる電流 I の変化、及び、アノード電極ユニット 40
AUにおける発生エネルギーを、それぞれ、図10及び図11に示す。尚、図10及び図
11において、曲線Aは S の値が 9000 mm^2 のときの値を示し、曲線Bは S の値が 3000 mm^2
のときの値を示し、曲線Cは S の値が 450 mm^2 のときの値を示す。更には、
アノード電極ユニットAUと電界放出素子との間での放電に起因してアノード電極ユ
ニットAUにおいて発生するエネルギーの積算値 (放電が発生してから1ナノ秒までの積
算値であり、以下における発生エネルギーの積算値も同様の値である) は、以下の表2の
とおりとなった。尚、 S の値を 2250 mm^2 としたときのアノード電極ユニットAUと
ゲート電極13とによって形成されるコンデンサ (C) の値を 15 pF とし、 V_A を7キ
ロボルトとしてシミュレーションを行ったときの、アノード電極ユニットAUと電界放出
素子との間での放電に起因してアノード電極ユニットAUにおいて発生するエネルギーの 50

積算値を、更に、以下の表 2 に示す。

【0084】

【表2】

アノード電極ユニット面積	放電時の発生エネルギーの積算値
9000mm ²	5.6×10 ⁻³ (J)
3000mm ²	1.9×10 ⁻³ (J)
2250mm ²	1.4×10 ⁻³ (J)
450mm ²	2.8×10 ⁻⁴ (J)

10

【0085】

アノード電極ユニットAUの面積が9000mm²及び3000mm²では、アノード電極ユニットAUと電界放出素子との間での放電時の発生エネルギーの積算値の値が $Q_{T.o.t.a.l}$ を越えている。一方、アノード電極ユニットAUの面積が2250mm²以下では、放電時の発生エネルギーの積算値の値が $Q_{T.o.t.a.l}$ を越えることはない。従って、アノード電極ユニットAUと電界放出素子（具体的には、ゲート電極13あるいはカソード電極11）との間で生じた放電により発生したエネルギーによって、アノード電極ユニットAUが局所的に（より具体的には、1サブピクセルに相当する大きさに互って）破損することはない。具体的には、アノード電極ユニットAUと電界放出素子との間での放電に起因してアノード電極ユニットAUが局所的に（より具体的には、1サブピクセルに相当する大きさに互って）蒸発することはない。

20

【0086】

ところで、一般に、容量cのコンデンサに蓄積されるエネルギーは、 $(1/2) c V^2$ で表される。コンデンサの対向電極の面積をS、電極間の距離をdとしたとき、コンデンサの容量cは、 $\epsilon (S/d)$ で表される。従って、対向電極の面積がS、アノード電極ユニットAUと電界放出素子との間の距離がdのとき、以下の式を満足すれば、コンデンサの対向電極に相当するアノード電極ユニットAUに局所的に（より具体的には、1サブピクセルに相当する大きさに互って）損傷は生じないことになる。

【0087】

$$\epsilon (1/2) (S/d) V_A^2 \leq \epsilon (1/2) [2250/1] 7^2$$

30

【0088】

上式を変形すれば、

$$(V_A/7)^2 \times (S/d) \leq 2250$$

が得られる。

【0089】

アノード電極ユニットAUの間のギャップ21A、21Bのギャップ長 L_g を50 μm としたアノードパネルAPから成る表示装置を作製した。そして、表示装置の内部を真空とすることなく、表示装置の内部を大気雰囲気のままとして、アノード電極制御回路出力電圧と冷陰極電界電子放出素子印加電圧（具体的には、カソード電極11に印加される電圧）との間の電位差 V_A を2キロボルト、3キロボルト、4キロボルト、5キロボルト、6キロボルトとして表示装置への電圧印加試験を行ったところ、電位差 V_A が5キロボルト以上では、アノード電極ユニットAUの間で放電が100%の確率で発生した。電位差 V_A が5キロボルト未満では、アノード電極ユニットAUの間で放電が殆ど発生することはない。この一連の試験が大気雰囲気中で行われたことを考慮すると、表示装置が実際の真空雰囲気中で動作するときに放電が発生する電位差 V_A は、大気雰囲気中で放電が発生する電位差 V_A の5～10倍と考えられる。

40

【0090】

それ故、アノード電極ユニットAUの間のギャップ21A、21Bのギャップ長 L_g を5 μm としたアノードパネルAPから成る表示装置を作製した。そして、表示装置の内部を

50

真空とした後、アノード電極制御回路出力電圧と冷陰極電界電子放出素子印加電圧（具体的には、カソード電極 11 に印加される電圧）との間の電位差 V_A を 2 キロボルト、3 キロボルト、4 キロボルト、5 キロボルト、6 キロボルトとして表示装置の動作試験を行ったところ、電位差 V_A が 5 キロボルト以上では、アノード電極ユニット A U の間で放電が 100 % の確率で発生した。電位差 V_A が 5 キロボルト未満では、アノード電極ユニット A U の間で放電が殆ど発生することはなかったし、アノード電極ユニット A U と電界放出素子との間での放電に起因してアノード電極ユニット A U が局所的に蒸発する（より具体的には、アノード電極ユニット A U とゲート電極 13 あるいはカソード電極 11 との間で生じた放電により発生したエネルギーによって、アノード電極ユニット A U において 1 サブピクセルに相当する大きさの部分が蒸発する）といった現象の発生もなかった。

10

【0091】

尚、抵抗値 r_0 、 r_1 、 r_2 等は、輝度の低下を防ぐといった観点からは、小さい値であることが望ましいが、放電特性の面から或る範囲内に収める必要がある。抵抗値 r_0 、 r_1 、 r_2 等の実際の値として、回路シミュレーションに基づき、或る程度の参考値が得られる。即ち、各アノード電極ユニットを、各アノード電極ユニットに相当する容量を有するキャパシタ C とみなし、1 つのアノード電極ユニットが放電したとして、放電電流 (i) と放電エネルギーを計算する。尚、1 つのアノード電極ユニットにおいて異常放電が発生したときの等価回路については、図 12 を参照のこと。抵抗値が低すぎると、放電電流 (i) 及び放電エネルギーのピークが増加して、アノード電極ユニットの損傷増大につながる。一方、抵抗値が高すぎると、放電時に抵抗体層、あるいは、第 1 の抵抗部材や第 2

20

【0092】

（実施の形態 2）

実施の形態 2 は、実施の形態 1 の変形である。実施の形態 2 のアノードパネル A P の模式的な平面図を図 13 に示し、図 13 の線 A-A に沿った模式的な一部端面図を図 14 に示す。実施の形態 2 のアノードパネル A P においては、給電部は、第 2 の抵抗部材 27 を介して直列に接続された K 個（但し、 $2 \leq K$ であり、実施の形態 2 においては、 $N = \delta K$ であり、 $\delta = 30$ ）の給電部ユニット 23 A から構成されている。即ち、1 つの給電部ユ

30

【0093】

給電部ユニット 23 A の大きさ（面積 S' ）を $0.5 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ とした。給電部ユニット 23 A と給電部ユニット 23 A との間には隙間 26 が設けられ、第 2 の抵抗部材 27 は、給電部ユニット 23 A と給電部ユニット 23 A との間を跨るように、隙間 26 の上に形成されている。尚、 $S_i C$ から成る第 2 の抵抗部材 27 の抵抗値 (r_2) は、約 $50 \text{ k}\Omega$ である。この点を除き、実施の形態 2 のアノードパネル A P は実施の形態 1 のアノードパネル A P と同じ構造を有しているので、アノードパネル A P の詳細な説明は省略する。また、表示装置、カソードパネル C P も、実施の形態 1 の表示装置、カソードパネル C P と同じ構造を有しているので、詳細な説明は省略する。

40

【0094】

尚、アノード電極ユニット A U と電界放出素子との間の距離を d （単位： mm ）、給電部ユニット 23 A の面積を S' （単位： mm^2 ）としたとき、

$$(V_A / 7)^2 \times (S' / d) \leq 2250$$

好ましくは、

$$(V_A / 7)^2 \times (S' / d) \leq 450$$

を満足することが、給電部ユニット 23 A と電界放出素子との間での放電に起因した給電部ユニット 23 A の損傷発生（例えば、給電部ユニット 23 A の局所的な蒸発）を一層確実に防止するといった観点から望ましい。

【0095】

50

給電部ユニット 23A の幅を出来るだけ狭くすることで、給電部ユニット 23A に基づく静電容量を出来るだけ小さくし、給電部ユニット 23A と給電部ユニット 23A との間の隙間 26 の長さ（給電部ユニット 23A の延びる方向と直角の方向に沿った隙間 26 の長さ）を出来るだけ長くすることで、給電部ユニット 23A 間の抵抗を小さくし、給電部ユニット 23A 間での電圧降下を極力小さくすることが好ましい。

【0096】

給電部ユニットの幅については、上述のとおり、給電部全体の面積を減らすといった観点から、出来る限り狭くすることが好ましいが、製造工程の余裕（裕度）から限界が生じる。この限界に基づき、給電部の面積が決定される。例えば、20 インチサイズ（400 mm × 300 mm）の基板を用いた場合、給電部の面積は、給電部ユニットの平均幅を 2 m 10

$$(400 + 300) \times 2 \times 2 = 2800 \text{ mm}^2$$
 となる。従って、 $(V_A / 7)^2 \times (S' / d) \leq 2250$ を満足するためには、給電部ユニットの数 K を 2 以上とすればよく、 $(V_A / 7)^2 \times (S' / d) \leq 450$ を満足するためには、給電部ユニットの数 K を 7 以上とすればよい。

【0097】

また、給電部の端部に設けられた接続端子から最も遠くに位置するアノード電極ユニットにおいて、アノード電極制御回路出力電圧がどの程度、降下するかを計算で求める。そして、このアノード電極ユニットにおける電位降下率が、最大許容輝度低下率の規格を満たすかどうかを調べ、もしもこの規格を満たしていない場合には、次の調整を行う。

▲1▼ 抵抗体層や第 1 の抵抗部材（給電部が給電部ユニットから構成されている場合には、更に、第 2 の抵抗部材）を構成する抵抗体薄膜として体積抵抗率 ρ ($\Omega \cdot \text{cm}$) の低い抵抗体薄膜を使用して、抵抗値 r_0 、 r_1 等を低減させる。 20

▲2▼ ギャップ 21A、21B や隙間 24（給電部が給電部ユニットから構成されている場合には、更に、隙間 26）のギャップを小さくして、抵抗値 r_0 、 r_1 等を低減させる。

▲3▼ アノード電極ユニットの面積（S）を大きくして、アノード電極ユニットの数を少なくし、抵抗値 r_0 の寄与割合を減じる。

【0098】

尚、このような調整を、他の実施の形態に対しても適用することができる。

【0099】

実施の形態 2 における給電部の構造を、後述する実施の形態 3 ～実施の形態 5 のアノードパネルに適用することができる。また、尚、第 1 の抵抗部材 25 を省略し、アノード電極の少なくとも一辺を構成するアノード電極ユニット AU₁ と給電部ユニット 23A とを一体的に作製する）こともできる。 30

【0100】

（実施の形態 3）

実施の形態 3 も、実施の形態 1 の変形である。実施の形態 3 のアノードパネルの模式的な一部端面図の図 1 の線 A-A に沿ったと同じ一部端面図を図 15 の（A）に示し、図 1 の線 B-B に沿ったと同じ一部端面図を図 15 の（B）に示す。実施の形態 3 においては、蛍光体層 31 と基板 30 との間に、アノード電極制御回路 43 に接続されたストライプ状の ITO から成る透明電極 28 が形成されている。より具体的には、画素を構成する単位 40
 蛍光体層 31 の複数が、図 5 ～図 8 に示したように、直線状に配列されており、直線状に配列された複数の単位蛍光体層 31 の 1 列と基板 30 との間に、アノード電極制御回路 43 に接続されたストライプ状の 1 本の透明電極 28 が形成されている。この点を除き、実施の形態 3 のアノードパネル AP は実施の形態 1 のアノードパネル AP と同じ構造を有しているので、アノードパネル AP、カソードパネル CP、及び、表示装置の詳細な説明は省略する。尚、透明電極 28 は、抵抗体 R₀ を介してアノード電極制御回路 43 に接続されていてよいし、場合によっては、直接、アノード電極制御回路 43 に接続されていてよい。

【0101】

このように、透明電極 28 を設けることによって、蛍光体層 31 の過剰な帯電を確実に防止することができ、過剰な帯電による蛍光体層 31 の劣化を抑制することができる。また、直線状に配列された単位蛍光体層 31 の列の総数 (n) とストライプ状の透明電極 28 の本数とを例えば一致させることで、表示装置の試作時の設計変更に対処可能となる。透明電極 28 の数を変更する場合には表示装置試作品の T A T が約 1 週間であったのに対して、アノード電極ユニット A U の列の数 N のみの変更にあっては T A T は約 1.5 日で済ませることができた。

【0102】

尚、実施の形態 3 における透明電極 28 を、実施の形態 2、あるいは、後述する実施の形態 4～実施の形態 8 のアノードパネルに適用することができる。

10

【0103】

(実施の形態 4)

実施の形態 4 も、実施の形態 1 の変形である。実施の形態 4 のアノードパネルの模式的な平面図を図 16 に示す。実施の形態 4 のアノードパネル A P にあっては、実施の形態 1 と異なり、隣接するアノード電極ユニット A U に対向していないアノード電極ユニット A U の縁部分は、抵抗体層 29 で被覆されている。このような構成を採用することにより、アノード電極ユニット A U の係る縁部分からの小規模な放電が大規模な放電へと成長することを防止することが可能となる。抵抗体層 29 は、抵抗体層 22 と同じ抵抗体薄膜から、抵抗体層 22 と同時に形成することができる。この点を除き、実施の形態 4 のアノードパネル A P は実施の形態 1 のアノードパネル A P と同じ構造を有しているので、アノードパ
ネル A P 及び表示装置の詳細な説明は省略する。

20

【0104】

尚、実施の形態 4 における抵抗体層 29 を、実施の形態 2 あるいは実施の形態 3 のアノードパネルに適用することができる。

【0105】

(実施の形態 5)

実施の形態 5 も、実施の形態 1 の変形であり、本発明の第 1 A の態様に係る表示装置に関する。実施の形態 5 のアノード電極の模式的な平面図を図 17 に示し、図 17 の線 A-A に沿ったアノードパネル A P の模式的な一部端面図を図 18 の (A) に示し、図 17 の線 B-B に沿ったアノードパネル A P の模式的な一部端面図を図 18 の (B) に示す。

30

【0106】

実施の形態 5 のアノードパネル A P において、抵抗体層 22 A は、アノード電極ユニット A U とアノード電極ユニット A U との間に形成される代わりに、アノード電極 20 全体を被覆している。また、アノード電極 20 の一辺を構成するアノード電極ユニット A U₁ と給電部 23 とは、抵抗部材 (第 1 の抵抗部材 25 A) を介して接続されているが、この第 1 の抵抗部材 25 A も、抵抗体層 22 A と同じ抵抗体薄膜から構成されており、抵抗体層 22 A と同時に形成され、抵抗体層 22 A から延在している。抵抗体層 22 A 及び第 1 の抵抗部材 25 A は、SiC から成り、比抵抗値 ($r'_{\square}$) は $100 \Omega \cdot \text{cm}$ であり、シート抵抗値 ($r''_{\square}$) は $3 \text{ M}\Omega / \square$ ある。抵抗体層 22 A 及び第 1 の抵抗部材 25 A は、スパッタリング法に基づき形成することができる。これらの点を除き、実施の形態 5 のア
ノードパネル A P は実施の形態 1 のアノードパネル A P と同じ構造を有しているので、ア
ノードパネル A P 及び表示装置の詳細な説明は省略する。

40

【0107】

(実施の形態 6)

実施の形態 6 は、本発明の第 2 の態様に係る表示装置に関する。

【0108】

実施の形態 6 のアノード電極の模式的な平面図を図 19 に示す。尚、図 19 の線 A-A 及び線 B-B に沿ったアノードパネル A P の模式的な一部端面図のそれぞれは、参照番号が異なる点を除き、実質的に、図 2 の (A) 及び (B) と同様である。また、実施の形態 6 の表示装置の模式的な一部端面図、カソードパネル C P の模式的な部分的斜視図も、実質

50

的に、図 3 及び図 4 と同様とすることができる。更には、蛍光体層等の配列も、図 5 ～ 図 8 と同様とすることができる。

【0109】

実施の形態 6 の表示装置は、アノードパネル A P における給電部の構造が、実施の形態 1 の表示装置と異なる。即ち、アノード電極 1 2 0 は、2 次元的に配列された、 $M \times N$ 個（但し、 $M \geq 2$ ， $N \geq 2$ であり、実施の形態 6 においては、 $M = 4$ ， $\alpha = 225$ ， $N = 240$ ， $\beta = 1$ ）のアノード電極ユニット A U から構成されている点は同じであるが、最外周部に位置するアノード電極ユニット A U は、これらのアノード電極ユニット A U を取り囲む給電部 1 2 3 を介してアノード電極制御回路 4 3 に接続されている点が異なっている。アノード電極 1 2 0 は、実施の形態 1 と同様に、有効領域（大きさ：80 mm × 110 mm）を覆う形状を有し、例えばアルミニウム薄膜から構成されている。給電部 1 2 3 も、例えばアルミニウム薄膜から構成されている。

【0110】

アノード電極ユニット A U とアノード電極ユニット A U との間にはギャップ 1 2 1 A，1 2 1 B が設けられている。尚、ギャップ 1 2 1 A は、蛍光体層 3 1 が形成されていない部分に設けられており、ギャップ 1 2 1 B は、隔壁 3 3 の頂面上に位置するように、あるいは又、隔壁 3 3 を跨って形成されている。抵抗体層 1 2 2 は、ギャップ 1 2 1 A，1 2 1 B を越え、隣接するアノード電極ユニット A U 間を跨るように形成されている。抵抗体層 1 2 2 は、SiC から成る抵抗体薄膜から構成されており、スパッタリング法にて形成されている。それぞれの抵抗体層 1 2 2 の抵抗値（ r_0 ）は、約 10 k Ω ～ 100 k Ω である。

【0111】

アノード電極ユニット A U の大きさは、アノード電極ユニット A U と電界放出素子（より具体的には、ゲート電極 1 3 あるいはカソード電極 1 1）との間で生じた放電により発生したエネルギーによってアノード電極ユニット A U が局所的に蒸発しない大きさ（より具体的には、アノード電極ユニット A U とゲート電極 1 3 あるいはカソード電極 1 1 との間で生じた放電により発生したエネルギーによって、アノード電極ユニット A U において 1 サブピクセルに相当する大きさの部分が蒸発しない大きさ）である。具体的には、アノード電極ユニット A U の外形形状は矩形であり、大きさ（面積 S）を 25 mm × 0.3 mm とした。尚、図 19 においては、図面を簡素化するために、4 × 4 のアノード電極ユニット A U を図示したが、実際には、アノード電極ユニット A U の大きさは、例えば、1 サブピクセルに相当する大きさである。

【0112】

そして、アノード電極制御回路 4 3 の出力電圧と冷陰極電界電子放出素子印加電圧（具体的には、カソード電極 1 1 に印加される電圧）との間の電位差を V_A （単位：キロボルト）、アノード電極ユニット A U 間のギャップ 1 2 1 A，1 2 1 B のギャップ長を L_g （単位： μm ）としたとき、 $V_A / L_g < 1$ （kV / μm ）を満足している。具体的には、 V_A を 5 キロボルト、アノード電極ユニット A U 間のギャップ 1 2 1 A，1 2 1 B のギャップ長 L_g を 20 μm とした。

【0113】

アノード電極制御回路 4 3 と給電部 1 2 3 との間には、通常、過電流や放電を防止するための抵抗体 R_0 （図示した例では抵抗値 10 M Ω ）が配設されている。この抵抗体 R_0 は、基板外に配設されている。最外周部に位置するアノード電極ユニット A U と給電部 1 2 3 との間には隙間 1 2 4 が設けられており、最外周部に位置するアノード電極ユニット A U と給電部 1 2 3 とは、抵抗部材（第 1 の抵抗部材 1 2 5）を介して接続されている。第 1 の抵抗部材 1 2 5 を、アモルファスシリコンから成る抵抗体薄膜から構成した。第 1 の抵抗部材 1 2 5 は、最外周部に位置するアノード電極ユニット A U と給電部 1 2 3 との間を跨るように、CVD 法に基づき、隙間 1 2 4 の上に形成されている。第 1 の抵抗部材 1 2 5 の抵抗値（ r_1 ）は、約 10 k Ω ～ 100 k Ω である。

【0114】

10

20

30

40

50

実施の形態 6 の表示装置の動作は、実施の形態 1 にて説明した動作と同様であるが故に、詳細な説明は省略する。また、実施の形態 6 における表示装置のその他の構成、構造も、実施の形態 1 にて説明した表示装置の構成、構造と、実質的に同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。

【0115】

実施の形態 6 の表示装置においては、アノード電極ユニット A U とゲート電極 1 3 との間の距離を d (単位: mm)、アノード電極ユニット A U の面積を S (単位: mm^2) としたとき、

$$(V_A / 7)^2 \times (S / d) \leq 2250$$

更には、

$$(V_A / 7)^2 \times (S / d) \leq 450$$

を満足している。具体的には、 d の値は 1.0 mm であり、 S の値は 7.5 mm^2 である。

【0116】

アノード電極ユニット A U の間のギャップ 1 2 1 A, 1 2 1 B のギャップ長 L_g を $50 \mu\text{m}$ としたアノードパネル A P から成る表示装置を作製した。そして、表示装置の内部を真空とすることなく、表示装置の内部を大気雰囲気のままとして、アノード電極制御回路出力電圧と冷陰極電界電子放出素子印加電圧 (具体的には、カソード電極 1 1 に印加される電圧) との間の電位差 V_A を 2 キロボルト、3 キロボルト、4 キロボルト、5 キロボルト、6 キロボルトとして表示装置への電圧印加試験を行ったところ、電位差 V_A が 5 キロボルト以上では、アノード電極ユニット A U の間で放電が 100% の確率で発生した。電位差 V_A が 5 キロボルト未満では、アノード電極ユニット A U の間で放電が殆ど発生することはない。この一連の試験が大気雰囲気中で行われたことを考慮すると、表示装置が実際の真空雰囲気中で動作するとき放電が発生する電位差 V_A は、大気雰囲気中で放電が発生する電位差 V_A の 5 ~ 10 倍と考えられる。

【0117】

それ故、アノード電極ユニット A U の間のギャップ 1 2 1 A, 1 2 1 B のギャップ長 L_g を $5 \mu\text{m}$ としたアノードパネル A P から成る表示装置を作製した。そして、表示装置の内部を真空とした後、アノード電極制御回路出力電圧と冷陰極電界電子放出素子印加電圧 (具体的には、カソード電極 1 1 に印加される電圧) との間の電位差 V_A を 2 キロボルト、3 キロボルト、4 キロボルト、5 キロボルト、6 キロボルトとして表示装置の動作試験を行ったところ、電位差 V_A が 5 キロボルト以上では、アノード電極ユニット A U の間で放電が 100% の確率で発生した。電位差 V_A が 5 キロボルト未満では、アノード電極ユニット A U の間で放電が殆ど発生することはないし、アノード電極ユニット A U と電界放出素子との間での放電に起因してアノード電極ユニット A U が局所的に蒸発する (より具体的には、アノード電極ユニット A U とゲート電極 1 3 あるいはカソード電極 1 1 との間で生じた放電により発生したエネルギーによって、アノード電極ユニット A U において 1 サブピクセルに相当する大きさの部分が蒸発する) といった現象の発生もなかった。

【0118】

(実施の形態 7)

実施の形態 7 は、実施の形態 6 の変形である。実施の形態 7 のアノードパネル A P の模式的な平面図を図 20 に示す。実施の形態 7 のアノードパネル A P においては、給電部は、第 2 の抵抗部材 1 2 7 を介して直列に接続された K 個 [但し、 $2 \leq K \leq (2M + 2N - 4)$] であり、 $M = \gamma K_1$ 及び $N = \delta K_2$ (但し、 $K = 2K_1 + 2K_2$) で表したとき、実施の形態 7 においては、 $\gamma = 2$ 、 $\delta = 30$ の給電部ユニット 1 2 3 A から構成されており、1 つの給電部ユニット 1 2 3 A は 30 個のアノード電極ユニット A U に接続されている。

【0119】

給電部ユニット 1 2 3 A と給電部ユニット 1 2 3 A との間には隙間 1 2 6 が設けられ、第 2 の抵抗部材 1 2 7 は、給電部ユニット 1 2 3 A と給電部ユニット 1 2 3 A との間を跨る

10

20

30

40

50

ように、隙間 1 2 6 の上に形成されている。尚、スパッタリング法に基づき形成された SiC から成る第 2 の抵抗部材 1 2 7 の抵抗値 (r_2) は、約 20 k Ω である。この点を除き、実施の形態 7 のアノードパネル A P は実施の形態 6 のアノードパネル A P と同じ構造を有しているので、アノードパネル A P の詳細な説明は省略する。また、表示装置、カソードパネル C P も、実施の形態 6 の表示装置、カソードパネル C P と同じ構造を有しているので、詳細な説明は省略する。

【0120】

尚、アノード電極ユニット A U と電界放出素子との間の距離を d (単位: mm)、給電部ユニット 1 2 3 A の面積を S' (単位: mm²) としたとき、

$$(V_A / 7)^2 \times (S' / d) \leq 2250$$

10

好ましくは、

$$(V_A / 7)^2 \times (S' / d) \leq 450$$

を満足することが、給電部ユニット 1 2 3 A と電界放出素子との間での放電に起因した給電部ユニット 1 2 3 A の損傷発生 (例えば、給電部ユニット 1 2 3 A の局所的な蒸発) を一層確実に防止するといった観点から望ましい。

【0121】

給電部ユニット 1 2 3 A の幅を出来るだけ狭くすることで、給電部ユニット 1 2 3 A に基づく静電容量を出来るだけ小さくし、給電部ユニット 1 2 3 A と給電部ユニット 1 2 3 A との間の隙間の長さ (給電部ユニット 1 2 3 A の延びる方向と直角の方向に沿った隙間の長さ) を出来るだけ長くすることで、給電部ユニット 1 2 3 A 間の抵抗を小さくし、給電部ユニット 1 2 3 A 間での電圧降下を極力小さくすることが好ましい。

20

【0122】

尚、第 1 の抵抗部材 1 2 5 を省略し、給電部ユニット 1 2 3 A を直接アノード電極ユニット A U に接続する (即ち、最外周部に位置するアノード電極ユニット A U と給電部ユニット 1 2 3 A を一体的に作製する) こともできる。

【0123】

実施の形態 7 における給電部の構造を、次に説明する実施の形態 8 のアノードパネルに適用することができる。

【0124】

(実施の形態 8)

30

実施の形態 8 も、実施の形態 6 の変形であり、本発明の第 2 A の態様に係る表示装置に関する。実施の形態 8 のアノード電極の模式的な平面図を図 2 1 に示す。

【0125】

実施の形態 8 のアノードパネル A P においては、抵抗体層 1 2 2 A は、アノード電極ユニット A U とアノード電極ユニット A U との間に形成される代わりに、アノード電極 1 2 0 全体を被覆している。また、最外周部に位置するアノード電極ユニット A U と給電部 1 2 3 とは、抵抗部材 (第 1 の抵抗部材) 1 2 5 A を介して接続されているが、この第 1 の抵抗部材 1 2 5 A も、抵抗体層 1 2 2 A と同じ抵抗体薄膜から構成されており、抵抗体層 1 2 2 A と同時に形成され、抵抗体層 1 2 2 A から延在している。抵抗体層 1 2 2 A 及び第 1 の抵抗部材 1 2 5 A は、実施の形態 5 にて説明したと同じ抵抗体薄膜から構成され、同じ方法に基づき形成されている。

40

【0126】

これらの点を除き、実施の形態 8 のアノードパネル A P は実施の形態 6 のアノードパネル A P と同じ構造を有しているので、アノードパネル A P 及び表示装置の詳細な説明は省略する。

【0127】

(各種の電界放出素子に関して)

以下、各種の電界放出素子及びその製造方法を説明する。

【0128】

実施の形態においては、電界放出素子として、スピント型 (円錐形の電子放出部が、第 2

50

開口部の底部に位置するカソード電極上に設けられた電界放出素子)を説明したが、その他、例えば、扁平型(略平面状の電子放出部が、第2開口部の底部に位置するカソード電極上に設けられた電界放出素子)とすることもできる。尚、これらの電界放出素子を、第1の構造を有する電界放出素子と呼ぶ。

【0129】

あるいは又、

(イ) 支持体上に設けられた、第1の方向に延びるストライプ状のカソード電極と、
(ロ) 支持体及びカソード電極上に形成された絶縁層と、
(ハ) 絶縁層上に設けられ、第1の方向とは異なる第2の方向に延びるストライプ状のゲート電極と、

10

(ニ) ゲート電極に設けられた第1開口部、及び、絶縁層に設けられ、第1開口部と連通した第2開口部、

から成り、

第2開口部の底部に露出したカソード電極の部分が電子放出部に相当し、かかる第2開口部の底部に露出したカソード電極の部分から電子を放出する構造を有する電界放出素子とすることもできる。このような構造を有する電界放出素子として、平坦なカソード電極の表面から電子を放出する平面型電界放出素子を挙げることができる。尚、この電界放出素子を第2の構造を有する電界放出素子と呼ぶ。

【0130】

スピント型電界放出素子にあっては、電子放出部を構成する材料として、タングステン、タングステン合金、モリブデン、モリブデン合金、チタン、チタン合金、ニオブ、ニオブ合金、タンタル、タンタル合金、クロム、クロム合金、及び、不純物を含有するシリコン(ポリシリコンやアモルファスシリコン)から成る群から選択された少なくとも1種類の材料を挙げることができる。スピント型電界放出素子の電子放出部は、例えば、真空蒸着法やスパッタリング法、CVD法によって形成することができる。

20

【0131】

扁平型電界放出素子にあっては、電子放出部を構成する材料として、カソード電極を構成する材料よりも仕事関数 Φ の小さい材料から構成することが好ましく、どのような材料を選択するかは、カソード電極を構成する材料の仕事関数、ゲート電極とカソード電極との間の電位差、要求される放出電子電流密度の大きさ等に基づいて決定すればよい。電界放出素子におけるカソード電極を構成する代表的な材料として、タングステン($\Phi=4.55\text{ eV}$)、ニオブ($\Phi=4.02\sim4.87\text{ eV}$)、モリブデン($\Phi=4.53\sim4.95\text{ eV}$)、アルミニウム($\Phi=4.28\text{ eV}$)、銅($\Phi=4.6\text{ eV}$)、タンタル($\Phi=4.3\text{ eV}$)、クロム($\Phi=4.5\text{ eV}$)、シリコン($\Phi=4.9\text{ eV}$)を例示することができる。電子放出部は、これらの材料よりも小さい仕事関数 Φ を有していることが好ましく、その値は概ね 3 eV 以下であることが好ましい。かかる材料として、炭素($\Phi<1\text{ eV}$)、セシウム($\Phi=2.14\text{ eV}$)、 LaB_6 ($\Phi=2.66\sim2.76\text{ eV}$)、 BaO ($\Phi=1.6\sim2.7\text{ eV}$)、 SrO ($\Phi=1.25\sim1.6\text{ eV}$)、 Y_2O_3 ($\Phi=2.0\text{ eV}$)、 CaO ($\Phi=1.6\sim1.86\text{ eV}$)、 BaS ($\Phi=2.05\text{ eV}$)、 TiN ($\Phi=2.92\text{ eV}$)、 ZrN ($\Phi=2.92\text{ eV}$)を例示することができる。仕事関数 Φ が 2 eV 以下である材料から電子放出部を構成することが、一層好ましい。尚、電子放出部を構成する材料は、必ずしも導電性を備えている必要はない。

30

40

【0132】

あるいは又、扁平型電界放出素子において、電子放出部を構成する材料として、かかる材料の2次電子利得 δ がカソード電極を構成する導電性材料の2次電子利得 δ よりも大きくなるような材料から適宜選択してもよい。即ち、銀(Ag)、アルミニウム(Al)、金(Au)、コバルト(Co)、銅(Cu)、モリブデン(Mo)、ニオブ(Nb)、ニッケル(Ni)、白金(Pt)、タンタル(Ta)、タングステン(W)、ジルコニウム(Zr)等の金属；シリコン(Si)、ゲルマニウム(Ge)等の半導体；炭素やダイヤモンド等の無機単体；及び酸化アルミニウム(Al_2O_3)、酸化バリウム(BaO)、酸

50

化ベリリウム (BeO)、酸化カルシウム (CaO)、酸化マグネシウム (MgO)、酸化錫 (SnO_2)、フッ化バリウム (BaF_2)、フッ化カルシウム (CaF_2) 等の化合物の中から、適宜選択することができる。尚、電子放出部を構成する材料は、必ずしも導電性を備えている必要はない。

【0133】

扁平型電界放出素子にあっては、特に好ましい電子放出部の構成材料として、炭素、より具体的にはダイヤモンドやグラファイト、カーボン・ナノチューブ構造体を挙げることができる。電子放出部をこれらから構成する場合、 $5 \times 10^7 \text{ V/m}$ 以下の電界強度にて、表示装置に必要な放出電子電流密度を得ることができる。また、ダイヤモンドは電気抵抗体であるため、各電子放出部から得られる放出電子電流を均一化することができ、よって、表示装置に組み込まれた場合の輝度ばらつきの抑制が可能となる。更に、これらの材料は、表示装置内の残留ガスのイオンによるスパッタ作用に対して極めて高い耐性を有するので、電界放出素子の長寿命化を図ることができる。

【0134】

カーボン・ナノチューブ構造体として、具体的には、カーボン・ナノチューブ及び／又はカーボン・ナノファイバーを挙げることができる。より具体的には、カーボン・ナノチューブから電子放出部を構成してもよいし、カーボン・ナノファイバーから電子放出部を構成してもよいし、カーボン・ナノチューブとカーボン・ナノファイバーの混合物から電子放出部を構成してもよい。カーボン・ナノチューブやカーボン・ナノファイバーは、巨視的には、粉末状であってもよいし、薄膜状であってもよいし、場合によっては、カーボン・ナノチューブ構造体は円錐状の形状を有していてもよい。カーボン・ナノチューブやカーボン・ナノファイバーは、周知のアーク放電法やレーザアブレーション法といったPVD法、プラズマCVD法やレーザCVD法、熱CVD法、気相合成法、気相成長法といった各種のCVD法によって製造、形成することができる。

【0135】

扁平型電界放出素子を、バインダー材料にカーボン・ナノチューブ構造体を分散させたものをカソード電極の所望の領域に例えば塗布した後、バインダー材料の焼成あるいは硬化を行う方法（より具体的には、エポキシ系樹脂やアクリル系樹脂等の有機系バインダー材料や銀ペースト、水ガラス等の無機系バインダー材料にカーボン・ナノチューブ構造体を分散したものを、カソード電極の所望の領域に例えば塗布した後、溶媒の除去、バインダー材料の焼成・硬化を行う方法）によって製造することもできる。尚、このような方法を、カーボン・ナノチューブ構造体の第1の形成方法と呼ぶ。塗布方法として、スクリーン印刷法を例示することができる。

【0136】

あるいは又、扁平型電界放出素子を、カーボン・ナノチューブ構造体が分散された金属化合物溶液をカソード電極上に塗布した後、金属化合物を焼成する方法によって製造することもでき、これによって、金属化合物に由来した金属原子を含むマトリックスにてカーボン・ナノチューブ構造体がカソード電極表面に固定される。尚、このような方法を、カーボン・ナノチューブ構造体の第2の形成方法と呼ぶ。マトリックスは、導電性を有する金属酸化物から成ることが好ましく、より具体的には、酸化錫、酸化インジウム、酸化インジウム-錫、酸化亜鉛、酸化アンチモン、又は、酸化アンチモン-錫から構成することが好ましい。焼成後、各カーボン・ナノチューブ構造体の一部分がマトリックスに埋め込まれている状態を得ることもできるし、各カーボン・ナノチューブ構造体の全体がマトリックスに埋め込まれている状態を得ることもできる。マトリックスの体積抵抗率は、 $1 \times 10^{-9} \Omega \cdot \text{m}$ 乃至 $5 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$ であることが望ましい。

【0137】

金属化合物溶液を構成する金属化合物として、例えば、有機金属化合物、有機酸金属化合物、又は、金属塩（例えば、塩化物、硝酸塩、酢酸塩）を挙げることができる。有機酸金属化合物溶液として、有機錫化合物、有機インジウム化合物、有機亜鉛化合物、有機アンチモン化合物を酸（例えば、塩酸、硝酸、あるいは硫酸）に溶解し、これを有機溶媒（例

えば、トルエン、酢酸ブチル、イソプロピルアルコール）で希釈したものを挙げるができる。また、有機金属化合物溶液として、有機錫化合物、有機インジウム化合物、有機亜鉛化合物、有機アンチモン化合物を有機溶媒（例えば、トルエン、酢酸ブチル、イソプロピルアルコール）に溶解したものを例示することができる。溶液を100重量部としたとき、カーボン・ナノチューブ構造体が0.001～20重量部、金属化合物が0.1～10重量部、含まれた組成とすることが好ましい。溶液には、分散剤や界面活性剤が含まれていてもよい。また、マトリックスの厚さを増加させるといった観点から、金属化合物溶液に、例えばカーボンブラック等の添加物を添加してもよい。また、場合によっては、有機溶媒の代わりに水を溶媒として用いることもできる。

【0138】

10

カーボン・ナノチューブ構造体が分散された金属化合物溶液をカソード電極上に塗布する方法として、スプレー法、スピコーティング法、ディッピング法、ダイコーター法、スクリーン印刷法を例示することができるが、中でもスプレー法を採用することが塗布の容易性といった観点から好ましい。

【0139】

カーボン・ナノチューブ構造体が分散された金属化合物溶液をカソード電極上に塗布した後、金属化合物溶液を乾燥させて金属化合物層を形成し、次いで、カソード電極上の金属化合物層の不要部分を除去した後、金属化合物を焼成してもよいし、金属化合物を焼成した後、カソード電極上の不要部分を除去してもよいし、カソード電極の所望の領域上のみ金属化合物溶液を塗布してもよい。

20

【0140】

金属化合物の焼成温度は、例えば、金属塩が酸化されて導電性を有する金属酸化物となるような温度、あるいは又、有機金属化合物や有機酸金属化合物が分解して、有機金属化合物や有機酸金属化合物に由来した金属原子を含むマトリックス（例えば、導電性を有する金属酸化物）が形成できる温度であればよく、例えば、300℃以上とすることが好ましい。焼成温度の上限は、電界放出素子あるいはカソードパネルの構成要素に熱的な損傷等が発生しない温度とすればよい。

【0141】

カーボン・ナノチューブ構造体の第1の形成方法あるいは第2の形成方法にあっては、電子放出部の形成後、電子放出部の表面の一種の活性化処理（洗浄処理）を行うことが、電子放出部からの電子の放出効率の一層の向上といった観点から好ましい。このような処理として、水素ガス、アンモニアガス、ヘリウムガス、アルゴンガス、ネオンガス、メタンガス、エチレンガス、アセチレンガス、窒素ガス等のガス雰囲気中でのプラズマ処理を挙げることができる。

30

【0142】

カーボン・ナノチューブ構造体の第1の形成方法あるいは第2の形成方法にあっては、電子放出部は、第2開口部の底部に位置するカソード電極の部分の表面に形成されていればよく、第2開口部の底部に位置するカソード電極の部分から第2開口部の底部以外のカソード電極の部分の表面に延在するように形成されていてもよい。また、電子放出部は、第2開口部の底部に位置するカソード電極の部分の表面の全面に形成されていても、部分的に形成されていてもよい。

40

【0143】

第1の構造あるいは第2の構造を有する電界放出素子においては、電界放出素子の構造に依存するが、ゲート電極及び絶縁層に設けられた1つの第1開口部及び第2開口部に1つの電子放出部が存在してもよいし、ゲート電極及び絶縁層に設けられた1つの第1開口部及び第2開口部に複数の電子放出部が存在してもよいし、ゲート電極に複数の第1開口部を設け、かかる第1開口部と連通する1つの第2開口部を絶縁層に設け、絶縁層に設けられた1つの第2開口部に1又は複数の電子放出部が存在してもよい。

【0144】

第1開口部あるいは第2開口部の平面形状（支持体表面と平行な仮想平面で開口部を切断

50

したときの形状)は、円形、楕円形、矩形、多角形、丸みを帯びた矩形、丸みを帯びた多角形等、任意の形状とすることができる。第1開口部の形成は、例えば、等方性エッチング、異方性エッチングと等方性エッチングの組合せによって行うことができ、あるいは又、ゲート電極の形成方法に依っては、第1開口部を直接形成することもできる。第2開口部の形成も、例えば、等方性エッチング、異方性エッチングと等方性エッチングの組合せによって行うことができる。

【0145】

第1の構造を有する電界放出素子において、カソード電極と電子放出部との間に抵抗体層を設けてもよい。あるいは又、カソード電極の表面が電子放出部に相当している場合(即ち、第2の構造を有する電界放出素子においては)、カソード電極を導電材料層、抵抗体層、電子放出部に相当する電子放出層の3層構成としてもよい。抵抗体層を設けることによって、電界放出素子の動作安定化、電子放出特性の均一化を図ることができる。抵抗体層を構成する材料として、シリコンカーバイド(SiC)やSiCNといったカーボン系材料、SiN、アモルファスシリコン等の半導体材料、酸化ルテニウム(RuO₂)、酸化タンタル、窒化タンタル等の高融点金属酸化物を例示することができる。抵抗体層の形成方法として、スパッタリング法や、CVD法やスクリーン印刷法を例示することができる。抵抗値は、概ね $1 \times 10^5 \sim 1 \times 10^7 \Omega$ 、好ましくは数M Ω とすればよい。

【0146】

[スピント型電界放出素子]

スピント型電界放出素子は、

(イ) 支持体10上に設けられ、第1の方向に延びるストライプ状のカソード電極11と、

(ロ) 支持体10及びカソード電極11上に形成された絶縁層12と、

(ハ) 絶縁層12上に設けられ、第1の方向とは異なる第2の方向に延びるストライプ状のゲート電極13と、

(ニ) ゲート電極13に設けられた第1開口部14A、及び、絶縁層12に設けられ、第1開口部14Aと連通した第2開口部14Bと、

(ホ) 第2開口部14Bの底部に位置するカソード電極11上に設けられた電子放出部15、

から成り、

第2開口部14Bの底部に露出した円錐形の電子放出部15から電子が放出される構造を有する。

【0147】

以下、スピント型電界放出素子の製造方法を、カソードパネルを構成する支持体10等の模式的な一部端面図である図22の(A)、(B)及び図23の(A)、(B)を参照して説明する。

【0148】

尚、このスピント型電界放出素子は、基本的には、円錐形の電子放出部15を金属材料の垂直蒸着により形成する方法によって得ることができる。即ち、ゲート電極13に設けられた第1開口部14Aに対して蒸着粒子は垂直に入射するが、第1開口部14Aの開口端付近に形成されるオーバーハング状の堆積物による遮蔽効果を利用して、第2開口部14Bの底部に到達する蒸着粒子の量を漸減させ、円錐形の堆積物である電子放出部15を自己整合的に形成する。ここでは、不要なオーバーハング状の堆積物の除去を容易とするために、ゲート電極13及び絶縁層12上に剥離層16を予め形成しておく方法について説明する。尚、電界放出素子の製造方法を説明するための図面においては、1つの電子放出部のみを図示した。

【0149】

[工程-A0]

先ず、例えばガラス基板から成る支持体10の上に、例えばポリシリコンから成るカソード電極用導電材料層をプラズマCVD法にて成膜した後、リソグラフィ技術及びドライエ

ッチング技術に基づきカソード電極用導電材料層をパターンニングして、ストライプ状のカソード電極 11 を形成する。その後、全面に SiO_2 から成る絶縁層 12 を CVD 法にて形成する。

【0150】

[工程-A1]

次に、絶縁層 12 上に、ゲート電極用導電材料層（例えば、TiN 層）をスパッタ法にて成膜し、次いで、ゲート電極用導電材料層をリソグラフィ技術及びドライエッチング技術にてパターンニングすることによって、ストライプ状のゲート電極 13 を得ることができる。ストライプ状のカソード電極 11 は、図面の紙面左右方向に延び、ストライプ状のゲート電極 13 は、図面の紙面垂直方向に延びている。

10

【0151】

尚、ゲート電極 13 を、真空蒸着法等の PVD 法、CVD 法、電気メッキ法や無電解メッキ法といったメッキ法、スクリーン印刷法、レーザアブレーション法、ゾルーゲル法、リフトオフ法等の公知の薄膜形成と、必要に応じてエッチング技術との組合せによって形成してもよい。スクリーン印刷法やメッキ法によれば、直接、例えばストライプ状のゲート電極を形成することが可能である。

【0152】

[工程-A2]

その後、再びレジスト層を形成し、エッチングによってゲート電極 13 に第 1 開口部 14 A を形成し、更に、絶縁層に第 2 開口部 14 B を形成し、第 2 開口部 14 B の底部にカソード電極 11 を露出させた後、レジスト層を除去する。こうして、図 22 の (A) に示す構造を得ることができる。

20

【0153】

[工程-A3]

次に、支持体 10 を回転させながらゲート電極 13 上を含む絶縁層 12 上にニッケル (Ni) を斜め蒸着することにより、剥離層 16 を形成する（図 22 の (B) 参照）。このとき、支持体 10 の法線に対する蒸着粒子の入射角を十分に大きく選択することにより（例えば、入射角 65 度～85 度）、第 2 開口部 14 B の底部にニッケルを殆ど堆積させることなく、ゲート電極 13 及び絶縁層 12 の上に剥離層 16 を形成することができる。剥離層 16 は、第 1 開口部 14 A の開口端から庇状に張り出しており、これによって第 1 開口部 14 A が実質的に縮径される。

30

【0154】

[工程-A4]

次に、全面に例えば導電材料としてモリブデン (Mo) を垂直蒸着する（入射角 3 度～10 度）。このとき、図 23 の (A) に示すように、剥離層 16 上でオーバーハング形状を有する導電材料層 17 が成長するに伴い、第 1 開口部 14 A の実質的な直径が次第に縮小されるので、第 2 開口部 14 B の底部において堆積に寄与する蒸着粒子は、次第に第 1 開口部 14 A の中央付近を通過するものに限られるようになる。その結果、第 2 開口部 14 B の底部には円錐形の堆積物が形成され、この円錐形の堆積物が電子放出部 15 となる。

【0155】

[工程-A5]

その後、図 23 の (B) に示すように、リフトオフ法にて剥離層 16 をゲート電極 13 及び絶縁層 12 の表面から剥離し、ゲート電極 13 及び絶縁層 12 の上方の導電材料層 17 を選択的に除去する。こうして、複数のスピント型電界放出素子が形成されたカソードパネルを得ることができる。

40

【0156】

[扁平型電界放出素子（その 1）]

扁平型電界放出素子は、

（イ）支持体 10 上に設けられ、第 1 の方向に延びるカソード電極 11 と、

（ロ）支持体 10 及びカソード電極 11 上に形成された絶縁層 12 と、

50

(ハ) 絶縁層 12 上に設けられ、第 1 の方向とは異なる第 2 の方向に延びるゲート電極 13 と、
 (ニ) ゲート電極 13 に設けられた第 1 開口部 14 A、及び、絶縁層 12 に設けられ、第 1 開口部 14 A と連通した第 2 開口部 14 B と、
 (ホ) 第 2 開口部 14 B の底部に位置するカソード電極 11 上に設けられた扁平状の電子放出部 15 A、
 から成り、
 第 2 開口部 14 B の底部に露出した電子放出部 15 A から電子が放出される構造を有する。

【0157】

電子放出部 15 A は、マトリックス 18、及び、先端部が突出した状態でマトリックス 18 中に埋め込まれたカーボン・ナノチューブ構造体（具体的には、カーボン・ナノチューブ 19）から成り、マトリックス 18 は、導電性を有する金属酸化物（具体的には、酸化インジウム-錫、ITO）から成る。

【0158】

以下、電界放出素子の製造方法を、図 24 の (A)、(B) 及び図 25 の (A)、(B) を参照して説明する。

【0159】

[工程-B0]

先ず、例えばガラス基板から成る支持体 10 上に、例えばスパッタリング法及びエッチング技術により形成された厚さ約 0.2 μm のクロム (Cr) 層から成るストライプ状のカソード電極 11 を形成する。

【0160】

[工程-B1]

次に、カーボン・ナノチューブ構造体が分散された有機酸金属化合物から成る金属化合物溶液をカソード電極 11 上に、例えばスプレー法にて塗布する。具体的には、以下の表 3 に例示する金属化合物溶液を用いる。尚、金属化合物溶液中にあっては、有機錫化合物及び有機インジウム化合物は酸（例えば、塩酸、硝酸、あるいは硫酸）に溶解された状態にある。カーボン・ナノチューブはアーク放電法にて製造され、平均直径 30 nm、平均長さ 1 μm である。塗布に際しては、支持体 10 を 70～150°C に加熱しておく。塗布雰囲気は大気雰囲気とする。塗布後、5～30 分間、支持体 10 を加熱し、酢酸ブチルを十分に蒸発させる。このように、塗布時、支持体 10 を加熱することによって、カソード電極 11 の表面に対してカーボン・ナノチューブが水平に近づく方向にセルフレベリングする前に塗布溶液の乾燥が始まる結果、カーボン・ナノチューブが水平にはならない状態でカソード電極 11 の表面にカーボン・ナノチューブを配置することができる。即ち、カーボン・ナノチューブの先端部がアノード電極の方向を向くような状態、言い換えれば、カーボン・ナノチューブを、支持体 10 の法線方向に近づく方向に配向させることができる。尚、予め、表 3 に示す組成の金属化合物溶液を調製しておいてもよいし、カーボン・ナノチューブを添加していない金属化合物溶液を調製しておき、塗布前に、カーボン・ナノチューブと金属化合物溶液とを混合してもよい。また、カーボン・ナノチューブの分散性向上のため、金属化合物溶液の調製時、超音波を照射してもよい。

【0161】

[表 3]

有機錫化合物及び有機インジウム化合物	: 0.1～10 重量部
分散剤 (ドデシル硫酸ナトリウム)	: 0.1～5 重量部
カーボン・ナノチューブ	: 0.1～20 重量部
酢酸ブチル	: 残余

【0162】

尚、有機酸金属化合物溶液として、有機錫化合物を酸に溶解したものを用いれば、マトリックスとして酸化錫が得られ、有機インジウム化合物を酸に溶解したものを用いれば、マ

10

20

30

40

50

トリックスとして酸化インジウムが得られ、有機亜鉛化合物を酸に溶解したものを用いれば、マトリックスとして酸化亜鉛が得られ、有機アンチモン化合物を酸に溶解したものを用いれば、マトリックスとして酸化アンチモンが得られ、有機アンチモン化合物及び有機錫化合物を酸に溶解したものを用いれば、マトリックスとして酸化アンチモン-錫が得られる。また、有機金属化合物溶液として、有機錫化合物を用いれば、マトリックスとして酸化錫が得られ、有機インジウム化合物を用いれば、マトリックスとして酸化インジウムが得られ、有機亜鉛化合物を用いれば、マトリックスとして酸化亜鉛が得られ、有機アンチモン化合物を用いれば、マトリックスとして酸化アンチモンが得られ、有機アンチモン化合物及び有機錫化合物を用いれば、マトリックスとして酸化アンチモン-錫が得られる。あるいは又、金属の塩化物の溶液（例えば、塩化錫、塩化インジウム）を用いてもよい。

10

【0163】

場合によっては、金属化合物溶液を乾燥した後の金属化合物層の表面に著しい凹凸が形成されている場合がある。このような場合には、金属化合物層の上に、支持体を加熱することなく、再び、金属化合物溶液を塗布することが望ましい。

【0164】

〔工程-B2〕

その後、有機酸金属化合物から成る金属化合物を焼成することによって、有機酸金属化合物に由来した金属原子（具体的には、 I_n 及び S_n ）を含むマトリックス（具体的には、金属酸化物であり、より一層具体的にはITO）18にてカーボン・ナノチューブ19がカソード電極11の表面に固定された電子放出部15Aを得る。焼成を、大気雰囲気中で、 350°C 、20分の条件にて行う。こうして、得られたマトリックス18の体積抵抗率は、 $5 \times 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$ であった。有機酸金属化合物を出発物質として用いることにより、焼成温度 350°C といった低温においても、ITOから成るマトリックス18を形成することができる。尚、有機酸金属化合物溶液の代わりに、有機金属化合物溶液を用いてもよいし、金属の塩化物の溶液（例えば、塩化錫、塩化インジウム）を用いた場合、焼成によって塩化錫、塩化インジウムが酸化されつつ、ITOから成るマトリックス18が形成される。

20

【0165】

〔工程-B3〕

次いで、全面にレジスト層を形成し、カソード電極11の所望の領域の上方に、例えば直径 $10 \mu\text{m}$ の円形のレジスト層を残す。そして、 $10 \sim 60^{\circ}\text{C}$ の塩酸を用いて、1～30分間、マトリックス18をエッチングして、電子放出部の不要部分を除去する。更に、所望の領域以外にカーボン・ナノチューブが未だ存在する場合には、以下の表4に例示する条件の酸素プラズマエッチング処理によってカーボン・ナノチューブをエッチングする。尚、バイアスパワーは0Wでもよいが、即ち、直流としてもよいが、バイアスパワーを加えることが望ましい。また、支持体を、例えば 80°C 程度に加熱してもよい。

30

【0166】

〔表4〕

使用装置	: RIE装置
導入ガス	: 酸素を含むガス
プラズマ励起パワー	: 500W
バイアスパワー	: 0～150W
処理時間	: 10秒以上

40

【0167】

あるいは又、表5に例示する条件のウェットエッチング処理によってカーボン・ナノチューブをエッチングしてもよい。

【0168】

〔表5〕

使用溶液	: KMnO_4
温度	: $20 \sim 120^{\circ}\text{C}$

50

処理時間：１０秒～２０分

【０１６９】

その後、レジスト層を除去することによって、図２４の（Ａ）に示す構造を得ることができる。尚、直径１０μmの円形の電子放出部１５Ａを残すことに限定されない。例えば、電子放出部１５Ａをカソード電極１１上に残してもよい。

【０１７０】

尚、〔工程－Ｂ１〕、〔工程－Ｂ３〕、〔工程－Ｂ２〕の順に実行してもよい。

【０１７１】

〔工程－Ｂ４〕

次に、電子放出部１５Ａ、支持体１０及びカソード電極１１上に絶縁層１２を形成する。具体的には、例えばＴＥＯＳ（テトラエトキシシラン）を原料ガスとして使用するＣＶＤ法により、全面に、厚さ約１μmの絶縁層１２を形成する。 10

【０１７２】

〔工程－Ｂ５〕

その後、絶縁層１２上にストライプ状のゲート電極１３を形成し、更に、絶縁層１２及びゲート電極１３上にマスク層１１８を設けた後、ゲート電極１３に第１の開口部１４Ａを形成し、更に、ゲート電極１３に形成された第１の開口部１４Ａに連通する第２の開口部１４Ｂを絶縁層１２に形成する（図２４の（Ｂ）参照）。尚、マトリックス１８を金属酸化物、例えばＩＴＯから構成する場合、絶縁層１２をエッチングするとき、マトリックス１８がエッチングされることはない。即ち、絶縁層１２とマトリックス１８とのエッチング選択比はほぼ無限大である。従って、絶縁層１２のエッチングによってカーボン・ナノチューブ１９に損傷が発生することはない。 20

【０１７３】

〔工程－Ｂ６〕

次いで、以下の表６に例示する条件にて、マトリックス１８の一部を除去し、マトリックス１８から先端部が突出した状態のカーボン・ナノチューブ１９を得ることが好ましい。こうして、図２５の（Ａ）に示す構造の電子放出部１５Ａを得ることができる。

【０１７４】

〔表６〕

エッチング溶液：塩酸 30

エッチング時間：１０秒～３０秒

エッチング温度：１０～６０℃

【０１７５】

マトリックス１８のエッチングによって一部あるいは全てのカーボン・ナノチューブ１９の表面状態が変化し（例えば、その表面に酸素原子や酸素分子、フッ素原子が吸着し）、電界放出に関して不活性となっている場合がある。それ故、その後、電子放出部１５Ａに対して水素ガス雰囲気中でのプラズマ処理を行うことが好ましく、これによって、電子放出部１５Ａが活性化し、電子放出部１５Ａからの電子の放出効率の一層の向上させることができる。プラズマ処理の条件を、以下の表７に例示する。

【０１７６】

〔表７〕

使用ガス：H₂＝１００sccm

電源パワー：１０００Ｗ

支持体印加電力：５０Ｖ

反応圧力：０．１Pa

支持体温度：３００℃

【０１７７】

その後、カーボン・ナノチューブ１９からガスを放出させるために、加熱処理や各種のプラズマ処理を施してもよいし、カーボン・ナノチューブ１９の表面に意図的に吸着物を吸着させるために吸着させたい物質を含むガスにカーボン・ナノチューブ１９を晒してもよ 30

い。また、カーボン・ナノチューブ 19 を精製するために、酸素プラズマ処理やフッ素プラズマ処理を行ってもよい。

【0178】

[工程-B7]

その後、絶縁層 12 に設けられた第 2 の開口部 14 B の側壁面を等方的なエッチングによって後退させることが、ゲート電極 13 の開口端部を露出させるといった観点から、好ましい。尚、等方的なエッチングは、ケミカルドライエッチングのようにラジカルを主エッチング種として利用するドライエッチング、あるいはエッチング液を利用するウェットエッチングにより行うことができる。エッチング液としては、例えば 49% フッ酸水溶液と純水の 1:100 (容積比) 混合液を用いることができる。次いで、マスク層 118 を除去する。こうして、図 25 の (B) に示す電界放出素子を完成することができる。 10

【0179】

尚、[工程-B5] の後、[工程-B7]、[工程-B6] の順に実行してもよい。

【0180】

[扁平型電界放出素子 (その 2)]

扁平型電界放出素子の模式的な一部断面図を、図 26 の (A) に示す。この扁平型電界放出素子は、例えばガラスから成る支持体 10 上に形成されたカソード電極 11、支持体 10 及びカソード電極 11 上に形成された絶縁層 12、絶縁層 12 上に形成されたゲート電極 13、ゲート電極 13 及び絶縁層 12 を貫通する開口部 14 (ゲート電極 13 に設けられた第 1 開口部、及び、絶縁層 12 に設けられ、第 1 開口部と連通した第 2 開口部)、並びに、開口部 14 の底部に位置するカソード電極 11 の部分の上に設けられた扁平の電子放出部 (電子放出層 15 B) から成る。ここで、電子放出層 15 B は、図面の紙面垂直方向に延びたストライプ状のカソード電極 11 上に形成されている。また、ゲート電極 13 は、図面の紙面左右方向に延びている。カソード電極 11 及びゲート電極 13 はクロムから成る。電子放出層 15 B は、具体的には、グラファイト粉末から成る薄層から構成されている。図 26 の (A) に示した扁平型電界放出素子においては、カソード電極 11 の表面の全域に互って、電子放出層 15 B が形成されているが、このような構造に限定するものではなく、要は、少なくとも開口部 14 の底部に電子放出層 15 B が設けられていればよい。 20

【0181】

[平面型電界放出素子]

平面型電界放出素子の模式的な一部断面図を、図 26 の (B) に示す。この平面型電界放出素子は、例えばガラスから成る支持体 10 上に形成されたストライプ状のカソード電極 11、支持体 10 及びカソード電極 11 上に形成された絶縁層 12、絶縁層 12 上に形成されたストライプ状のゲート電極 13、並びに、ゲート電極 13 及び絶縁層 12 を貫通する第 1 開口部及び第 2 開口部 (開口部 14) から成る。開口部 14 の底部にはカソード電極 11 が露出している。カソード電極 11 は、図面の紙面垂直方向に延び、ゲート電極 13 は、図面の紙面左右方向に延びている。カソード電極 11 及びゲート電極 13 はクロム (Cr) から成り、絶縁層 12 は SiO_2 から成る。ここで、開口部 14 の底部に露出したカソード電極 11 の部分が電子放出部 15 C に相当する。 30 40

【0182】

[アノードパネル及び表示装置の製造方法]

以下、基板等の模式的な一部断面図である図 27 の (A) ~ (F) を参照して、アノードパネル AP の製造方法を説明する。

【0183】

[工程-100]

先ず、ガラス基板から成る基板 30 上に隔壁 33 を形成する (図 27 の (A) 参照)。隔壁 33 の平面形状は格子形状 (井桁形状) である。具体的には、酸化コバルト等の金属酸化物により黒色に着色した鉛ガラス層を約 $50 \mu\text{m}$ の厚さで形成した後、フォトリソグラフィ技術及びエッチング技術によって鉛ガラス層を選択的に加工することにより、格子形 50

状（井桁形状）の隔壁 33（例えば図 5 を参照）を得ることができる。尚、場合によっては、低融点ガラスペーストをスクリーン印刷法にて基板 30 上に印刷し、次いで、かかる低融点ガラスペーストを焼成することによって隔壁を形成してもよいし、感光性ポリイミド樹脂層を基板 30 の全面に形成した後、かかる感光性ポリイミド樹脂層を露光、現像することによって、隔壁を形成してもよい。1 画素における隔壁 33 の大きさを、およそ、縦×横×高さが $200\ \mu\text{m} \times 100\ \mu\text{m} \times 50\ \mu\text{m}$ とした。隔壁の一部は、スペーサ 34 を保持するためのスペーサ保持部としても機能する。尚、隔壁 33 の形成前に、隔壁 33 を形成すべき基板 30 の部分の表面にブラックマトリックス（図 27 には図示せず）を形成することが、表示画像のコントラスト向上といった観点から好ましい。尚、ブラックマトリックス及び隔壁 33 の形成前に、ストライプ状の透明電極 28 を形成しておいてもよい。

10

【0184】

[工程-110]

次に、赤色発光蛍光体層 31R を形成するために、例えばポリビニルアルコール（PVA）樹脂と水に赤色発光蛍光体粒子を分散させ、更に、重クロム酸アンモニウムを添加した赤色発光蛍光体スラリーを全面に塗布した後、かかる赤色発光蛍光体スラリーを乾燥する。その後、基板 30 側から赤色発光蛍光体層 31R を形成すべき赤色発光蛍光体スラリーの部分に紫外線を照射し、赤色発光蛍光体スラリーを露光する。赤色発光蛍光体スラリーは基板 30 側から徐々に硬化する。形成される赤色発光蛍光体層 31R の厚さは、赤色発光蛍光体スラリーに対する紫外線の照射量により決定される。ここでは、例えば、赤色発光蛍光体スラリーに対する紫外線の照射時間を調整して、赤色発光蛍光体層 31R の厚さを約 $8\ \mu\text{m}$ とした。その後、赤色発光蛍光体スラリーを現像することによって、所定の隔壁 33 の間に赤色発光蛍光体層 31R を形成することができる（図 27 の（B）参照）。以下、緑色発光蛍光体スラリーに対して同様の処理を行うことによって緑色発光蛍光体層 31G を形成し、更に、青色発光蛍光体スラリーに対して同様の処理を行うことによって青色発光蛍光体層 31B を形成する（図 27 の（C）参照）。尚、蛍光体層 31 の表面は、微視的には、複数の蛍光体粒子により凹凸となっている。蛍光体層の形成方法は、以上に説明した方法に限定されず、赤色発光蛍光体スラリー、緑色発光蛍光体スラリー、青色発光蛍光体スラリーを順次塗布した後、各蛍光体スラリーを順次露光、現像して、各蛍光体層を形成してもよいし、スクリーン印刷法等により各蛍光体層を形成してもよい。

20

30

【0185】

[工程-120]

その後、隔壁 33 及び蛍光体層 31 が形成された基板 30 を、処理槽内に満たされた液体（具体的には、水）中に、蛍光体層 31 が液面側を向くように浸漬する。尚、処理槽の排出部は閉じておく。そして、液面上に、実質的に平坦な表面を有する中間膜 50 を形成する。具体的には、中間膜 50 を構成する樹脂（ラッカー）を溶解した有機溶剤を液面に滴下する。即ち、液面上に、中間膜 50 を形成するための中間膜材料を展開する。中間膜 50 を構成する樹脂（ラッカー）は、広義のワニス的一种で、セルロース誘導体、一般にニトロセルロースを主成分とした配合物を低級脂肪酸エステルのような揮発性溶剤に溶かしたもの、あるいは、他の合成高分子を用いたウレタンラッカー、アクリルラッカーから構成される。続いて、中間膜材料を液面に浮遊させた状態において、例えば 2 分間程度乾燥させる。これによって、中間膜材料が成膜され、液面上に中間膜 50 が平坦に形成される。中間膜 50 を形成する際には、例えば、その厚さが約 $30\ \text{nm}$ となるように中間膜材料の展開量を調整する。

40

【0186】

続いて、処理槽の排出部を開き、処理槽から液体を排出して液面を降下させることにより、液面上に形成されていた中間膜 50 が隔壁 33 に近づく方向に移動し、中間膜 50 が隔壁 33 に接触し、最終的に、中間膜 50 が蛍光体層 31 と接する状態となり、中間膜 50 が蛍光体層 31 上に残される（図 27 の（D）参照）。

【0187】

50

〔工程－１３０〕

次に、中間膜５０を乾燥させる。即ち、基板３０を処理槽内から取り出し、基板３０を乾燥炉内に搬入し、所定の温度環境中にて乾燥させる。中間膜５０の乾燥温度は例えば３０℃～６０℃の範囲内とすることが好ましく、中間膜５０の乾燥時間は例えば数分～数十分の範囲内とすることが好ましい。勿論、乾燥温度の高低に伴い、乾燥時間は減増する。

【０１８８】

〔工程－１４０〕

その後、中間膜５０上に導電材料層２０Ａを形成する。具体的には、蒸着法又はスパッタリング法により、中間膜５０を覆うように、アルミニウム（Ａｌ）やクロム（Ｃｒ）等の導電材料から成る導電材料層２０Ａを形成する（図２７の（Ｅ）参照）。 10

【０１８９】

〔工程－１５０〕

次いで、４００℃程度で中間膜５０を焼成する（図２７の（Ｆ）参照）。この焼成処理により中間膜５０が燃焼して焼失し、導電材料層２０Ａが蛍光体層３１上及び隔壁３３上に残される。尚、中間膜５０の燃焼により生じたガスは、例えば、導電材料層２０Ａのうち、隔壁３３の形状に沿って折れ曲がっている領域に生じる微細な孔を通じて外部に排出される。この孔は微細なため、アノード電極の構造的な強度や画像表示特性に深刻な影響を及ぼすものではない。

【０１９０】

20

〔工程－１６０〕

その後、リソグラフィ技術及びエッチング技術によって導電材料層２０Ａをパターンニングすることで、アノード電極ユニット及び給電部を得ることができる。更に、抵抗体層や第１の抵抗部材、第２の抵抗部材を、スクリーン印刷法、あるいは、ＰＶＤ法やＣＶＤ法とリソグラフィ技術及びエッチング技術に基づき形成すればよい。こうして、アノードパネルＡＰを完成することができる。

【０１９１】

〔工程－１７０〕

電界放出素子が形成されたカソードパネルＣＰを準備する。そして、表示装置の組み立てを行う。具体的には、例えば、アノードパネルＡＰの有効領域に設けられたスペーサ保持部にスペーサ３４を取り付け、蛍光体層３１と電界放出素子とが対向するようにアノードパネルＡＰとカソードパネルＣＰとを配置し、アノードパネルＡＰとカソードパネルＣＰ（より具体的には、基板３０と支持体１０）とを、セラミックスやガラスから作製された高さ約１ｍｍの枠体３５を介して、周縁部において接合する。接合に際しては、枠体３５とアノードパネルＡＰとの接合部位、及び、枠体３５とカソードパネルＣＰとの接合部位にフリットガラスを塗布し、アノードパネルＡＰとカソードパネルＣＰと枠体３５とを貼り合わせ、予備焼成にてフリットガラスを乾燥した後、約４５０℃で１０～３０分の本焼成を行う。その後、アノードパネルＡＰとカソードパネルＣＰと枠体３５とフリットガラス（図示せず）とによって囲まれた空間を、貫通孔（図示せず）及びチップ管（図示せず）を通じて排気し、空間の圧力が 10^{-4} Pa程度に達した時点でチップ管を加熱溶融により封じ切る。このようにして、アノードパネルＡＰとカソードパネルＣＰと枠体３５とに囲まれた空間を真空にすることができる。あるいは又、例えば、枠体３５とアノードパネルＡＰとカソードパネルＣＰとの貼り合わせを高真空雰囲気中で行ってもよい。あるいは又、表示装置の構造に依っては、枠体無しで、接着層のみによってアノードパネルＡＰとカソードパネルＣＰとを貼り合わせてもよい。その後、必要な外部回路との配線接続を行い、表示装置を完成させる。 30 40

【０１９２】

以上、本発明を、発明の実施の形態に基づき説明したが、本発明はこれらに限定されるものではない。発明の実施の形態にて説明したアノードパネルやカソードパネル、アノード電極ユニット、給電部、表示装置や電界放出素子の構成、構造は例示であり、適宜変更す 50

ることができるし、アノードパネルやカソードパネル、アノード電極ユニット、給電部、表示装置や電界放出素子の製造方法も例示であり、適宜変更することができる。更には、アノードパネルやカソードパネルの製造において使用した各種材料も例示であり、適宜変更することができる。表示装置においては、専らカラー表示を例にとり説明したが、単色表示とすることもできる。

【0193】

電界放出素子においては、専ら1つの開口部に1つの電子放出部が対応する形態を説明したが、電界放出素子の構造に依っては、1つの開口部に複数の電子放出部が対応した形態、あるいは、複数の開口部に1つの電子放出部が対応する形態とすることもできる。あるいは又、ゲート電極に複数の第1開口部を設け、絶縁層にかかる複数の第1開口部に連通した複数の第2開口部を設け、1又は複数の電子放出部を設ける形態とすることもできる。

10

【0194】

電界放出素子において、ゲート電極13及び絶縁層12の上に更に第2の絶縁層62を設け、第2の絶縁層62上に収束電極63を設けてもよい。このような構造を有する電界放出素子の模式的な一部端面図を図28に示す。第2の絶縁層62には、第1開口部14Aに連通した第3開口部64が設けられている。収束電極63の形成は、例えば、[工程-A2]において、絶縁層12上にストライプ状のゲート電極13を形成した後、第2の絶縁層62を形成し、次いで、第2の絶縁層62上にパターニングされた収束電極63を形成した後、収束電極63、第2の絶縁層62に第3開口部64を設け、更に、ゲート電極13に第1開口部14Aを設ければよい。尚、収束電極のパターニングに依存して、1又は複数の電子放出部、あるいは、1又は複数の画素に対応する収束電極ユニットが集合した形式の収束電極とすることもでき、あるいは又、有効領域を1枚のシート状の導電材料で被覆した形式の収束電極とすることもできる。尚、図28においては、スピント型電界放出素子を図示したが、その他の電界放出素子とすることもできることは云うまでもない。

20

【0195】

収束電極は、このような方法にて形成するだけでなく、例えば、厚さ数十 μm の42%Ni-Feアロイから成る金属板の両面に、例えば SiO_2 から成る絶縁膜を形成した後、各画素に対応した領域にパンチングやエッチングすることによって開口部を形成することで収束電極を作製することもできる。そして、カソードパネル、金属板、アノードパネルを積み重ね、両パネルの外周部に枠体を配置し、加熱処理を施すことによって、金属板の一方の面に形成された絶縁膜と絶縁層12とを接着させ、金属板の他方の面に形成された絶縁膜とアノードパネルとを接着し、これらの部材を一体化させ、その後、真空封入することで、表示装置を完成させることもできる。

30

【0196】

尚、収束電極を設けた場合、主に、収束電極とアノード電極ユニットの間に放電が生じる。アノード電極ユニットと収束電極との間の最短距離が、アノード電極ユニットと電界放出素子との間の距離dに相当する。

【0197】

ゲート電極を、有効領域を1枚のシート状の導電材料（開口部を有する）で被覆した形式のゲート電極とすることもできる。この場合には、かかるゲート電極に正の電圧を印加する。そして、各画素を構成するカソード電極とカソード電極制御回路との間に、例えば、TF Tから成るスイッチング素子を設け、かかるスイッチング素子の作動によって、各画素を構成する電子放出部への印加状態を制御し、画素の発光状態を制御する。

40

【0198】

あるいは又、カソード電極を、有効領域を1枚のシート状の導電材料で被覆した形式のカソード電極とすることもできる。この場合には、かかるカソード電極に電圧を印加する。そして、各画素を構成する電子放出部とゲート電極制御回路との間に、例えば、TF Tから成るスイッチング素子を設け、かかるスイッチング素子の作動によって、各画素を構成

50

するゲート電極への印加状態を制御し、画素の発光状態を制御する。

【0199】

アノード電極ユニットを形成した後、抵抗体層を形成する方法の一例を、図29の(A)から(D)を参照して、以下に説明する。即ち、レジストマスク層を成膜されたアノード電極上にスピンコーティング法にて成膜した後、真空脱泡を行う。次いで、リソグラフィ技術によってレジストマスク層をパターンニングした後、係るレジストマスク層70をエッチング用マスクとしてアノード電極をエッチングして、アノード電極ユニットAUを形成する。この状態を、図29の(A)に模式的に示す。通常、レジストマスク層70の開口の直下のアノード電極ユニットAUはオーバーエッチングされた状態にある。その後、抵抗体層を形成するために、レジストマスク層70を残した状態でSiCから成る抵抗体薄膜71をスパッタリング法にて、露出したアノード電極ユニットAUの部分、基板30の部分、及び、レジストマスク層70上に形成し、レジストマスク層70を除去することで、抵抗体層を得ることができる。しかしながら、レジストマスク層70の開口の直下のアノード電極ユニットAUはオーバーエッチングされた状態にあるので、露出したアノード電極ユニットAU上に抵抗体層が確実に形成されない場合がある(図29の(B)参照)。このような現象の発生を防止するためには、図29の(A)の状態が得られた後、レジストマスク層70をオーバー露光するか、追加現像を行うか、基板30の裏面からの背面露光を行うことで、アノード電極ユニットAUの縁部分の上方のレジストマスク層70の部分除去すればよい(図29の(C)参照)。その後、レジストマスク層70を残した状態でSiCから成る抵抗体薄膜71を、スパッタリング法にて、露出したアノード電極ユニットAUの部分、基板30の部分、及び、レジストマスク層70上に形成し、レジストマスク層70を除去することで、抵抗体層を得ることができる。このような方法を採用することで、露出したアノード電極ユニットAU上に抵抗体層が確実に形成される(図29の(D)参照)。

【0200】

実施の形態1における表示装置の変形例として、図30にアノード電極の模式的な平面図を示すように、実施の形態1にて説明したアノードパネルにおける抵抗体層22(図1参照)と、実施の形態5にて説明したアノードパネルにおける抵抗体層22A(図17参照)とを組み合わせた抵抗体層22Bの構造を採用することもできる。また、実施の形態6における表示装置の変形例として、図31にアノード電極の模式的な平面図を示すように、実施の形態6にて説明したアノードパネルにおける抵抗体層122(図19参照)と、実施の形態8にて説明したアノードパネルにおける抵抗体層122A(図21参照)とを組み合わせた抵抗体層122Bの構造を採用することもできる。これらの変形例においては、アノード電極20、120を覆う抵抗体層22B、122Bのアノード電極ユニットAUの上の一部分に開口22C、122Cが設けられている。

【0201】

アノードパネルAPを以下のように変形することもできる。尚、係る変形例を、便宜上、変形例-Aと呼ぶ。即ち、アノードパネルAPは、基板30、基板30上に形成された蛍光体層31、給電部223、及び、蛍光体層31上に形成されたアノード電極220から構成されており、アノード電極220は、同心状に配列された、N個(但し、 $N \geq 2$ である)のアノード電極ユニットAUから構成されており、最外周部に位置するアノード電極ユニットAUは給電部223によって取り囲まれ、該アノード電極ユニットAUと給電部223との間には隙間224が設けられ、該アノード電極ユニットAUと給電部223とは抵抗部材(第1の抵抗部材)225を介して接続されており、最外周部に位置するアノード電極ユニットAUは、第1の抵抗部材225及び給電部223を介してアノード電極制御回路43に接続されており、アノード電極ユニットAUとアノード電極ユニットAUとの間には抵抗体層22が形成されている構成とすることもできる。

【0202】

このようなアノード電極220の模式的な平面図を図32に示す。尚、このような構造のアノードパネルAPを備えた表示装置の模式的な一部端面図、カソードパネルCPの模式

10

20

30

40

50

的な部分的斜視図は、実質的に、図3及び図4と同様とすることができる。更には、蛍光体層等の配列も、図5～図8と同様とすることができる。

【0203】

アノード電極ユニットAUとアノード電極ユニットAUとの間には、ギャップ221が設けられ、抵抗体層222が形成されている。抵抗体層222を、例えばSiCから成る抵抗体薄膜から構成することができる。抵抗体層222は、アノード電極ユニットAUとアノード電極ユニットAUとの間を跨るように、ギャップ221の上に形成されている。例えば、抵抗体層222の抵抗値(r_0)は、約100Ωである。また、第1の抵抗部材225を、アモルファスシリコンから成る抵抗体薄膜から構成することができる。第1の抵抗部材225は、最外周部に位置するアノード電極ユニットAUと給電部223との間を跨るように、隙間224の上に形成されている。第1の抵抗部材225の抵抗値(r_1)は、例えば約100kΩである。アノード電極制御回路43と給電部223との間には、通常、過電流や放電を防止するための抵抗体 R_0 (図示した例では抵抗値10MΩ)が配設されている。この抵抗体 R_0 は、基板外に配設されている。

10

【0204】

アノード電極ユニットAUの大きさは、アノード電極ユニットAUと電界放出素子(より具体的には、ゲート電極13あるいはカソード電極11)との間で生じた放電により発生したエネルギーによってアノード電極ユニットAUが局所的に蒸発しない大きさ(より具体的には、アノード電極ユニットAUとゲート電極13あるいはカソード電極11との間で生じた放電により発生したエネルギーによって、アノード電極ユニットAUにおいて1サブピクセルに相当する大きさの部分が蒸発しない大きさ)である。具体的には、アノード電極ユニットAUの内縁及び外縁の形状は矩形であり、面積 S を 0.1mm^2 乃至 50mm^2 とすればよい。尚、図32においては、図面を簡素化するために、4つアノード電極ユニットAUを図示したが、実際には、多数のアノード電極ユニットAUを形成すればよい。

20

【0205】

そして、アノード電極制御回路43の出力電圧と冷陰極電界電子放出素子印加電圧(具体的には、カソード電極11に印加される電圧)との間の電位差を V_A (単位:キロボルト)、アノード電極ユニットAU間のギャップ221のギャップ長を L_g (単位:μm)としたとき、 $V_A / L_g < 1$ (kV/μm)を満足している。

30

【0206】

このような変形例-Aのアノードパネルを備えた表示装置の動作は、実施の形態1にて説明した動作と同様であるが故に詳細な説明は省略する。また、このような変形例-Aのアノードパネルを備えた表示装置のその他の構成、構造も、実施の形態1や実施の形態3にて説明した表示装置の構成、構造と、実質的に同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。

【0207】

また、このような変形例-Aのアノードパネルを備えた表示装置においても、アノード電極ユニットAUとゲート電極13との間の距離を d (単位:mm)、アノード電極ユニットAUの面積を S (単位: mm^2)としたとき、

40

$$(V_A / 7)^2 \times (S / d) \leq 2250$$

更には、

$$(V_A / 7)^2 \times (S / d) \leq 450$$

を満足することが好ましい。

【0208】

変形例-Aの変形例(以下、変形例-Bと呼ぶ)におけるアノードパネルAPの模式的な平面図を図33に示す。変形例-BにおけるアノードパネルAPにおいては、給電部223は、第2の抵抗部材227を介して直列に接続された K 個(但し、 $K \geq 2$ であり、例えば、 $K = 10$)の給電部ユニット223Aから構成されており、各給電部ユニット223Aは、最外周部に位置するアノード電極ユニットAUに接続されている。

50

【0209】

給電部ユニット223Aと給電部ユニット223Aとの間には隙間226が設けられ、第2の抵抗部材227は、給電部ユニット223Aと給電部ユニット223Aとの間を跨るように、隙間226の上に形成されている。尚、SiCから成る第2の抵抗部材227の抵抗値(r_2)は、例えば約50k Ω である。この点を除き、変形例-BのアノードパネルAPは変形例-AのアノードパネルAPと同じ構造を有しているので、アノードパネルAPの詳細な説明は省略する。また、表示装置、カソードパネルCPも、実施の形態1や実施の形態3の表示装置、カソードパネルCPと同じ構造を有しているので、詳細な説明は省略する。

【0210】

10

尚、アノード電極ユニットAUと電界放出素子との間の距離をd(単位:mm)、給電部ユニット223Aの面積をS'(単位:mm²)としたとき、

$$(V_A / 7)^2 \times (S' / d) \leq 2250$$

好ましくは、

$$(V_A / 7)^2 \times (S' / d) \leq 450$$

を満足することが、給電部ユニット223Aと電界放出素子との間での放電に起因した給電部ユニット223Aの損傷発生(例えば、給電部ユニット223Aの局所的な蒸発)を一層確実に防止するといった観点から望ましい。

【0211】

給電部ユニット223Aの幅を出来るだけ狭くすることで、給電部ユニット223Aに基づく静電容量を出来るだけ小さくし、給電部ユニット223Aと給電部ユニット223Aとの間の隙間の長さ(給電部ユニット223Aの延びる方向と直角の方向に沿った隙間の長さ)を出来るだけ長くすることで、給電部ユニット223A間の抵抗を小さくし、給電部ユニット223A間での電圧降下を極力小さくすることが好ましい。

20

【0212】

変形例-Bにおける給電部の構造を、次に説明する変形例-Cのアノードパネルに適用することができる。

【0213】

変形例-Cも変形例-Aの変形である。変形例-Cにおけるアノード電極220の模式的な平面図を図34に示す。

30

【0214】

変形例-CのアノードパネルAPにおいては、抵抗体層222Aは、アノード電極ユニットAUとアノード電極ユニットAUとの間に形成される代わりに、アノード電極220全体を被覆している。また、最外周部に位置するアノード電極ユニットAUと給電部223とは、抵抗部材225Aを介して接続されているが、この抵抗部材225Aも、抵抗体層222Aと同じ抵抗体薄膜から構成されており、抵抗体層222Aと同時に形成され、抵抗体層222Aから延在している。抵抗体層222A及び抵抗部材225Aは、実施の形態5にて説明したと同じ抵抗体薄膜から構成され、同じ方法に基づき形成されている。

【0215】

更には、変形例-Aの変形例として、中央部に位置するアノード電極ユニットが給電部に接続されている構成とすることもできる。この場合には、基板上に給電部を形成し、給電部とアノード電極ユニットとを絶縁膜で離間させ、中央部に位置するアノード電極ユニットと給電部とをスルーホール部を介して接続すればよい。

40

【0216】

【発明の効果】

本発明の表示装置においては、アノード電極を、より小さい面積を有するアノード電極ユニットに分割した形で形成するので、アノード電極ユニットと冷陰極電界電子放出素子との間の静電容量を減少させ、発生するエネルギーを低減することができる。その結果、アノード電極ユニットと冷陰極電界電子放出素子との間での異常放電(真空アーク放電)の発生を効果的に防止することが可能となる。しかも、アノード電極ユニットとアノード電

50

極ユニットとの間には抵抗体層が形成されているが故に、アノード電極ユニット間の放電発生を確実に抑制することができる。従って、放電によるアノード電極ユニットの局所的な蒸発を確実に防止することができる。以上の結果として、動作の安定性や信頼性に優れ、長寿命の冷陰極電界電子放出表示装置を得ることができる。尚、本発明の第1の態様に係る冷陰極電界電子放出表示装置にあっては、給電部から遠くに離れて位置するアノード電極ユニットにおいて動作時の電圧降下が大きくなる場合がある。このような場合には、本発明の第2の態様に係る冷陰極電界電子放出表示装置を採用すればよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、発明の実施の形態1の冷陰極電界電子放出表示装置におけるアノード電極の模式的な平面図である。

10

【図2】図2の(A)及び(B)は、それぞれ、発明の実施の形態1の冷陰極電界電子放出表示装置におけるアノードパネルの、図1の線A-A及び線B-Bに沿った模式的な一部端面図である。

【図3】図3は、発明の実施の形態1の冷陰極電界電子放出表示装置の模式的な一部端面図である。

【図4】図4は、発明の実施の形態1の冷陰極電界電子放出表示装置のカソードパネルの模式的な部分的斜視図である。

【図5】図5は、冷陰極電界電子放出表示装置を構成するアノードパネルにおける隔壁、スペーサ及び蛍光体層の配置を模式的に示す配置図である。

【図6】図6は、冷陰極電界電子放出表示装置を構成するアノードパネルにおける隔壁、スペーサ及び蛍光体層の配置を模式的に示す配置図である。

20

【図7】図7は、冷陰極電界電子放出表示装置を構成するアノードパネルにおける隔壁、スペーサ及び蛍光体層の配置を模式的に示す配置図である。

【図8】図8は、冷陰極電界電子放出表示装置を構成するアノードパネルにおける隔壁、スペーサ及び蛍光体層の配置を模式的に示す配置図である。

【図9】図9は、発明の実施の形態1におけるアノード電極ユニットとゲート電極との間で異常放電が発生したときの等価回路のモデルである。

【図10】図10は、発明の実施の形態1の冷陰極電界電子放出表示装置において、アノード電極ユニットの面積 S を 9000mm^2 、 3000mm^2 、 450mm^2 としたときの、異常放電電流 i の変化のシミュレーション結果を示すグラフである。

30

【図11】図11は、発明の実施の形態1の冷陰極電界電子放出表示装置において、アノード電極ユニットの面積 S を 9000mm^2 、 3000mm^2 、 450mm^2 としたときの、異常放電時の発生エネルギーの積算値のシミュレーション結果を示すグラフである。

【図12】図12は、発明の実施の形態1の冷陰極電界電子放出表示装置における1つのアノード電極ユニットにおいて異常放電が発生したときの等価回路である。

【図13】図13は、発明の実施の形態2の冷陰極電界電子放出表示装置におけるアノード電極の模式的な平面図である。

【図14】図14は、発明の実施の形態2の冷陰極電界電子放出表示装置におけるアノードパネルの、図13の線A-Aに沿った模式的な一部端面図である。

【図15】図15の(A)及び(B)は、それぞれ、発明の実施の形態3の冷陰極電界電子放出表示装置におけるアノードパネルの、図1の線A-A及び線B-Bに沿ったと同様の模式的な一部端面図である。

40

【図16】図16は、発明の実施の形態4の冷陰極電界電子放出表示装置におけるアノード電極の模式的な平面図である。

【図17】図17は、発明の実施の形態5の冷陰極電界電子放出表示装置におけるアノード電極の模式的な平面図である。

【図18】図18の(A)及び(B)は、それぞれ、発明の実施の形態5の冷陰極電界電子放出表示装置におけるアノードパネルの、図17の線A-A及び線B-Bに沿った模式的な一部端面図である。

【図19】図19は、発明の実施の形態6の冷陰極電界電子放出表示装置におけるアノード

50

ド電極の模式的な平面図である。

【図 2 0】図 2 0 は、発明の実施の形態 7 の冷陰極電界電子放出表示装置におけるアノード電極の模式的な平面図である。

【図 2 1】図 2 1 は、発明の実施の形態 8 の冷陰極電界電子放出表示装置におけるアノード電極の模式的な平面図である。

【図 2 2】図 2 2 の (A) 及び (B) は、スピント型冷陰極電界電子放出素子の製造方法を説明するための支持体等の模式的な一部端面図である。

【図 2 3】図 2 3 の (A) 及び (B) は、図 2 2 の (B) に引き続き、スピント型冷陰極電界電子放出素子の製造方法を説明するための支持体等の模式的な一部端面図である。

【図 2 4】図 2 4 の (A) 及び (B) は、扁平型冷陰極電界電子放出素子 (その 1) の製造方法を説明するための支持体等の模式的な一部断面図である。 10

【図 2 5】図 2 5 の (A) 及び (B) は、図 2 4 の (B) に引き続き、扁平型冷陰極電界電子放出素子 (その 1) の製造方法を説明するための支持体等の模式的な一部断面図である。

【図 2 6】図 2 6 の (A) 及び (B) は、それぞれ、扁平型冷陰極電界電子放出素子 (その 2) の模式的な一部断面図、及び、平面型冷陰極電界電子放出素子の模式的な一部断面図である。

【図 2 7】図 2 7 の (A) ~ (F) は、アノードパネルの製造方法を説明するための基板等の模式的な一部断面図である。

【図 2 8】図 2 8 は、収束電極を有するスピント型冷陰極電界電子放出素子の模式的な一部端面図である。 20

【図 2 9】図 2 9 の (A)、(C) 及び (D) は、それぞれ、アノード電極ユニット上に抵抗体層を形成するための好ましい方法を説明するための基板等の模式的な一部端面図であり、図 2 9 の (B) は、アノード電極ユニット上に抵抗体層を形成するときの問題点を説明するための基板等の模式的な一部端面図である。

【図 3 0】図 3 0 は、実施の形態 1 にて説明したアノード電極の変形例の模式的な平面図である。

【図 3 1】図 3 1 は、実施の形態 6 にて説明したアノード電極の変形例の模式的な平面図である。

【図 3 2】図 3 2 は、アノード電極の変形例 - A の模式的な平面図である。 30

【図 3 3】図 3 3 は、アノード電極の変形例 - B の模式的な平面図である。

【図 3 4】図 3 4 は、アノード電極の変形例 - C の模式的な平面図である。

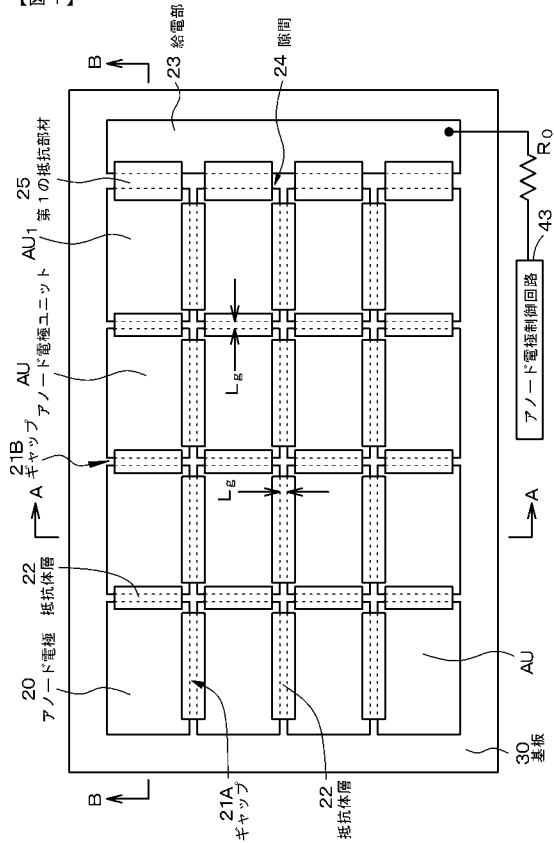
【図 3 5】図 3 5 は、従来の冷陰極電界電子放出表示装置の模式的な一部端面図である。

【符号の説明】

A P・・・アノードパネル、C P・・・カソードパネル、A U・・・アノード電極ユニット、R₀・・・抵抗体、1 0・・・支持体、1 1・・・カソード電極、1 2・・・絶縁層、1 3・・・ゲート電極、1 4, 1 4 A, 1 4 B・・・開口部、1 5, 1 5 A, 1 5 B, 1 5 C・・・電子放出部、1 6・・・剥離層、1 7・・・導電材料層、1 8・・・マトリックス、1 9・・・カーボン・ナノチューブ、2 0, 1 2 0, 2 2 0・・・アノード電極、2 1 A, 2 1 B, 1 2 1 A, 1 2 1 B, 2 2 1・・・ギャップ、2 2, 2 2 A, 2 2 B 40
 , 2 9, 1 2 2, 1 2 2 A, 1 2 2 B, 2 2 2, 2 2 2 A・・・抵抗体層、2 3, 1 2 3, 2 2 3・・・給電部、2 3 A, 1 2 3 A, 2 2 3 A・・・給電部ユニット、2 4, 1 2 4, 2 2 4・・・隙間、2 5, 2 5 A, 1 2 5, 1 2 5 A, 2 2 5, 2 2 5 A・・・抵抗部材 (第 1 の抵抗部材)、2 6, 1 2 6, 2 2 6・・・隙間、2 7, 1 2 7, 2 2 7・・・第 2 の抵抗部材、2 8・・・透明電極、3 0・・・基板、3 1, 3 1 R, 3 1 G, 3 1 B・・・蛍光体層、3 2・・・ブラックマトリックス、3 3・・・隔壁、3 4・・・スペーサ、3 5・・・枠体、4 1・・・カソード電極制御回路、4 2・・・ゲート電極制御回路、4 3・・・アノード電極制御回路、5 0・・・中間膜

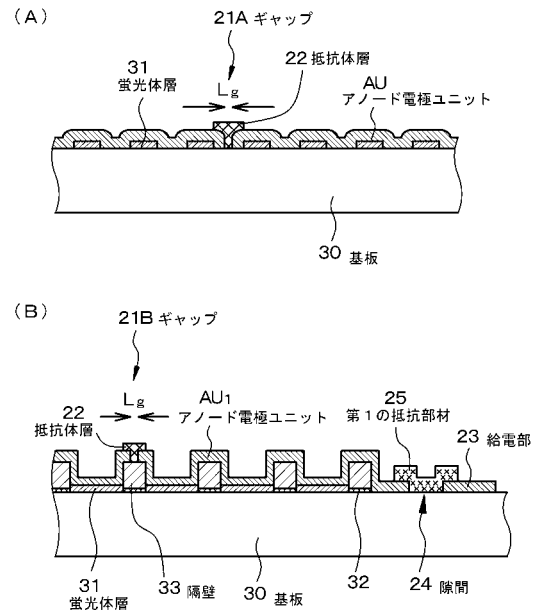
【図 1】

【図 1】



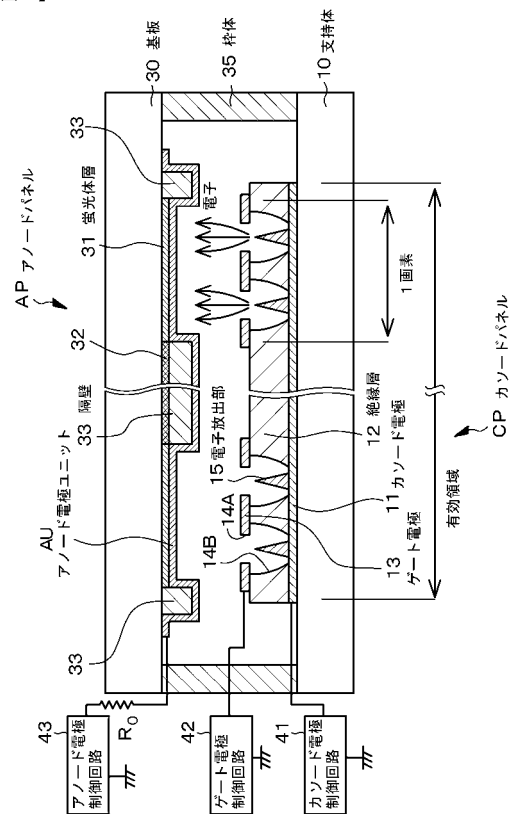
【図 2】

【図 2】



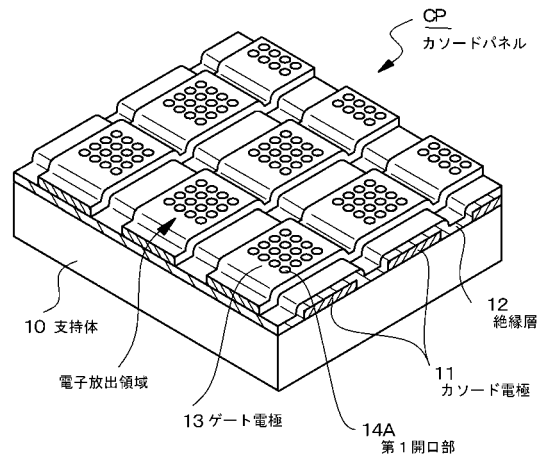
【図 3】

【図 3】



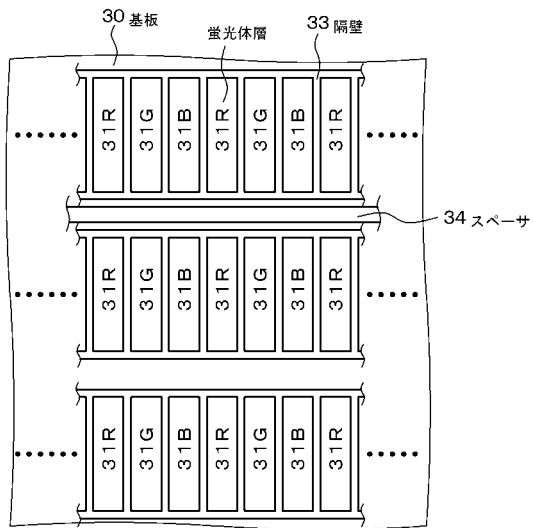
【図 4】

【図 4】



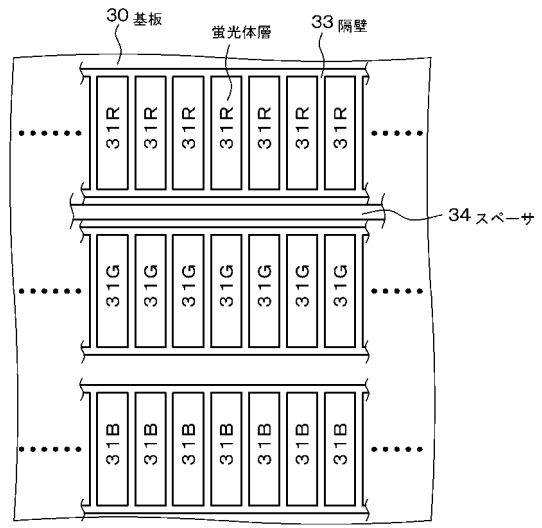
【図 5】

【図 5】



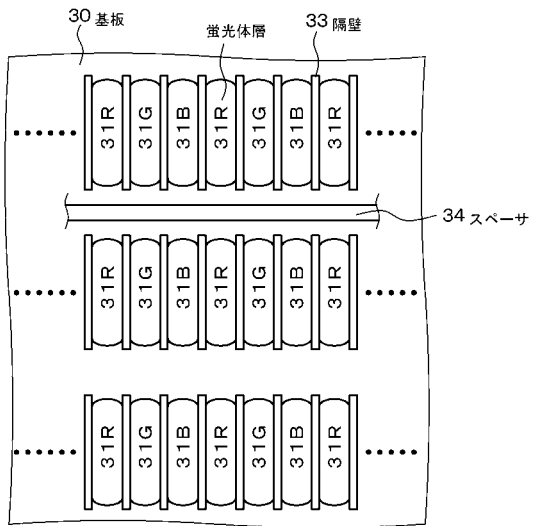
【図 6】

【図 6】



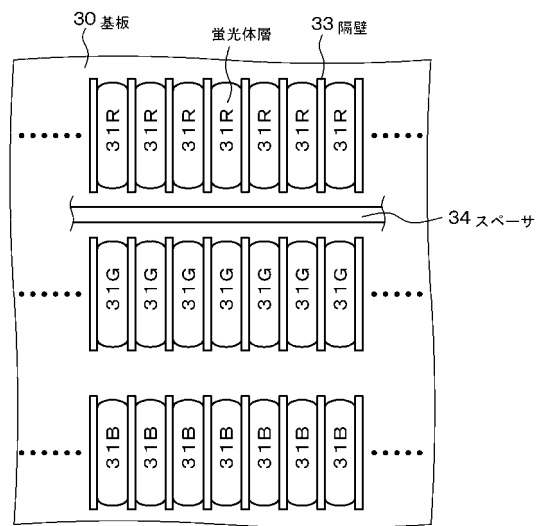
【図 7】

【図 7】



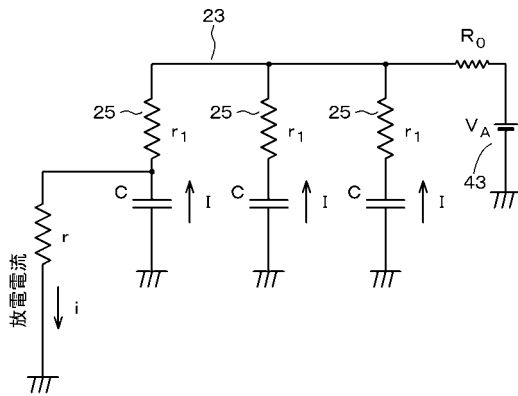
【図 8】

【図 8】



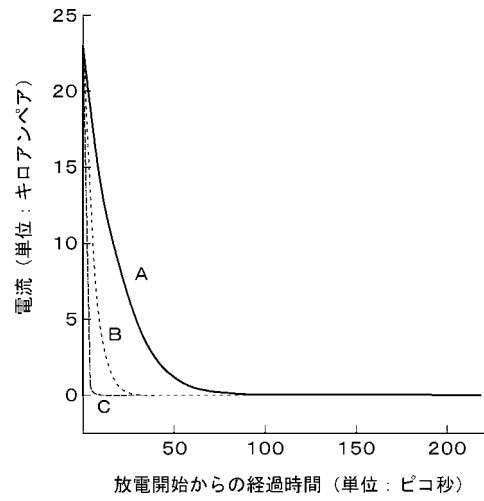
【図 9】

【図 9】



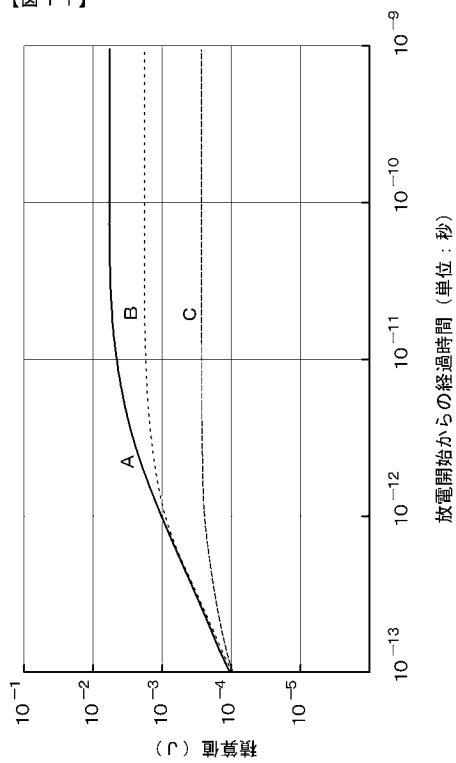
【図 10】

【図 10】



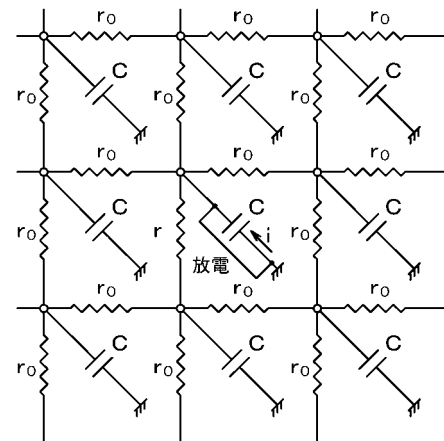
【図 11】

【図 11】

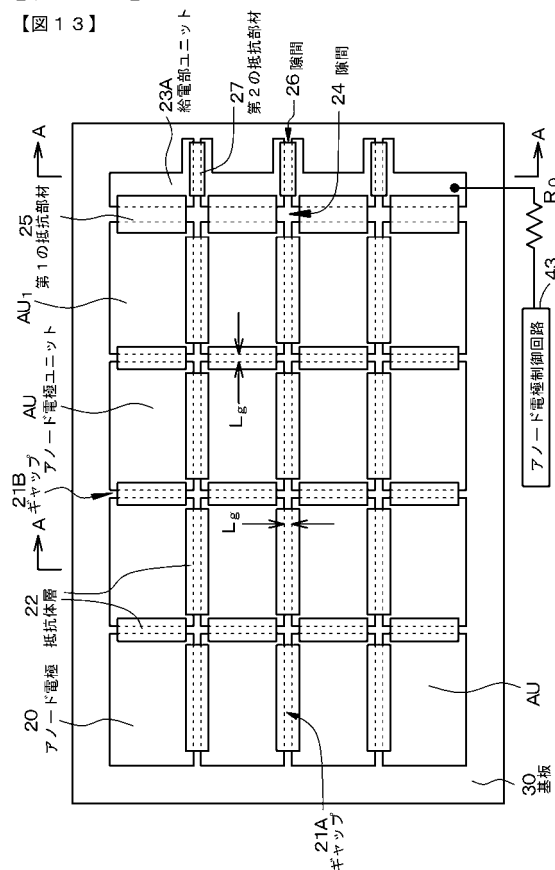


【図 12】

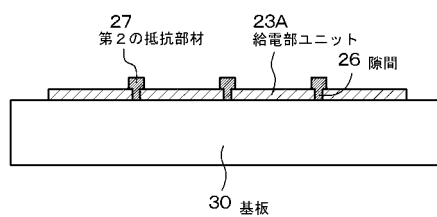
【図 12】



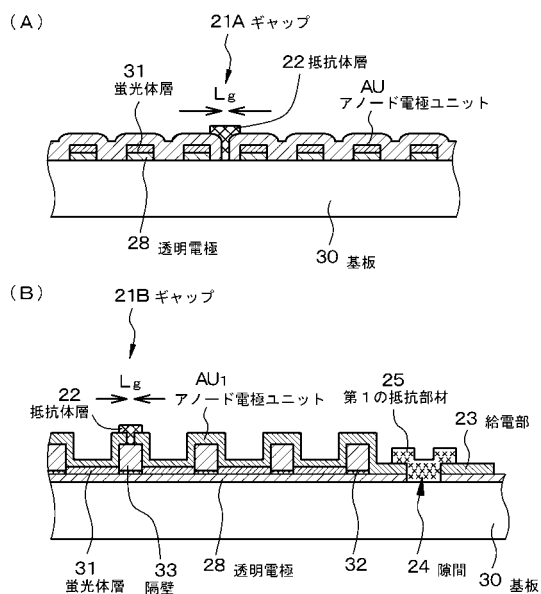
【图 13】



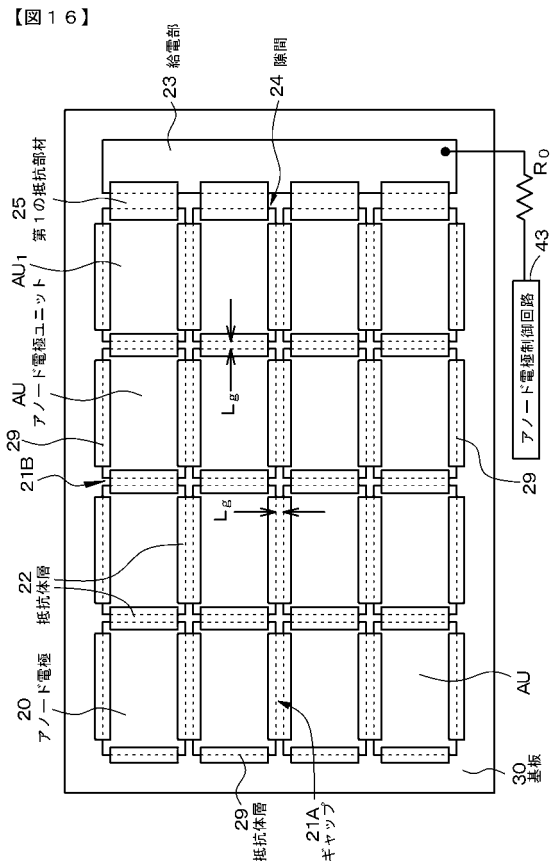
【图 1 4】



【图 15】

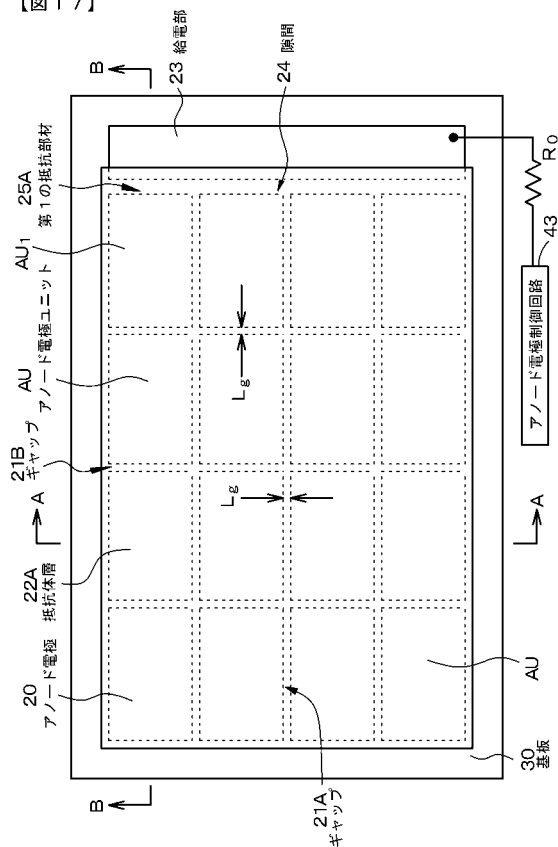


【图 16】



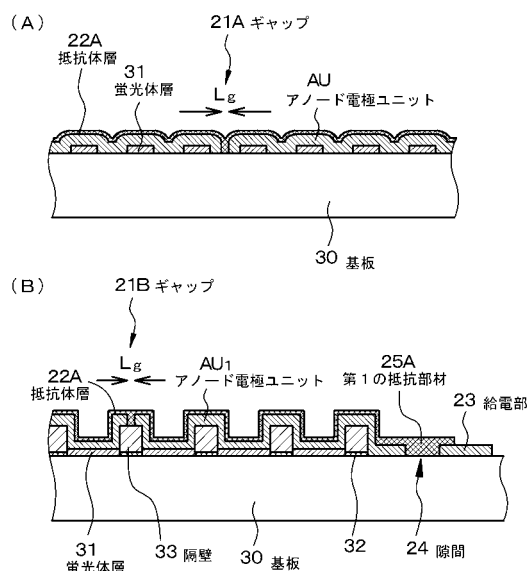
【图 17】

【図 17】



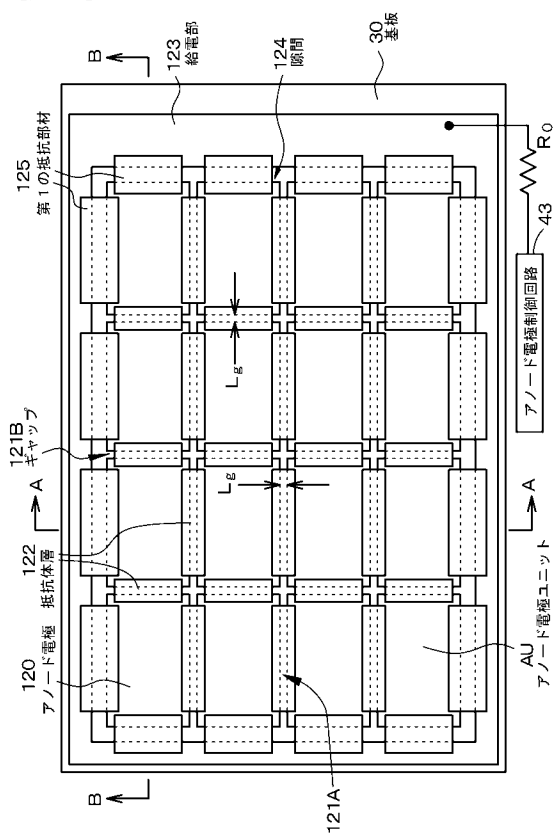
【図 18】

【図 18】



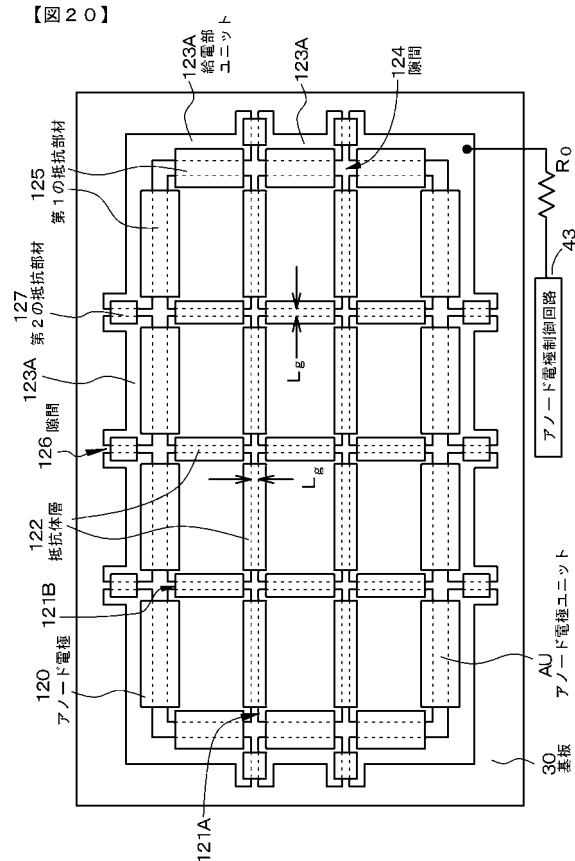
【图 19】

【图 19】



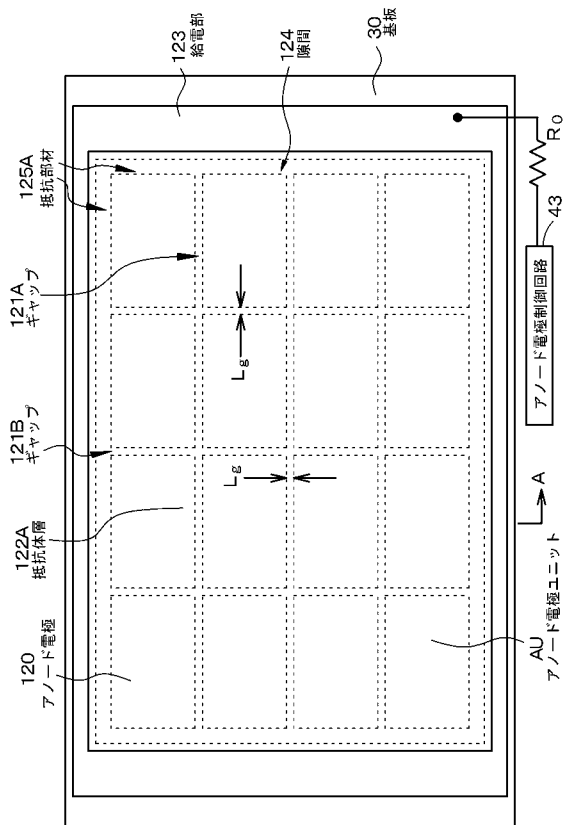
【図 20】

【図 20】



【図 2 1】

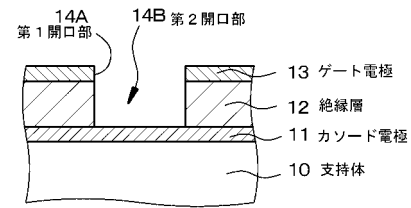
【図 2 1】



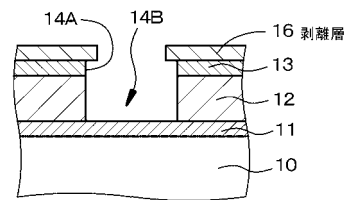
【図 2 2】

【図 2 2】

(A) [工程-A 2]



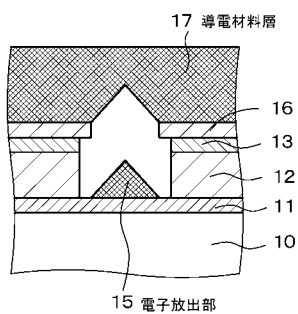
(B) [工程-A 3]



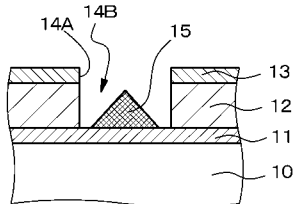
【図 2 3】

【図 2 3】

(A) [工程-A 4]



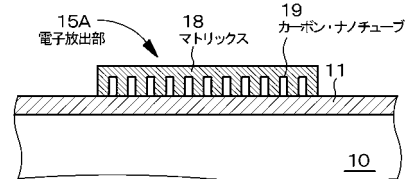
(B) [工程-A 5]



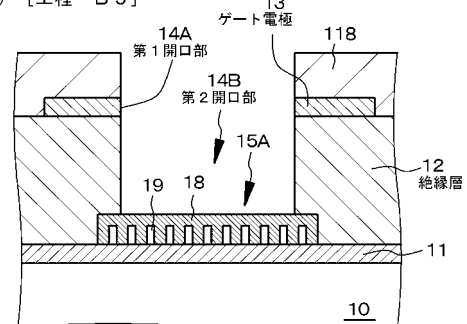
【図 2 4】

【図 2 4】

(A) [工程-B 3]



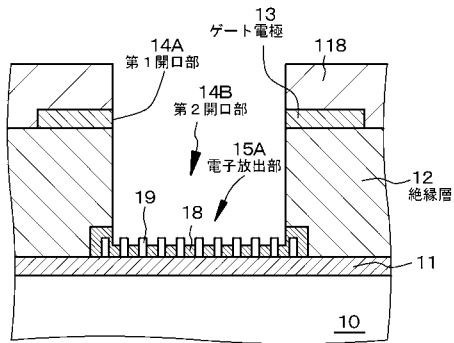
(B) [工程-B 5]



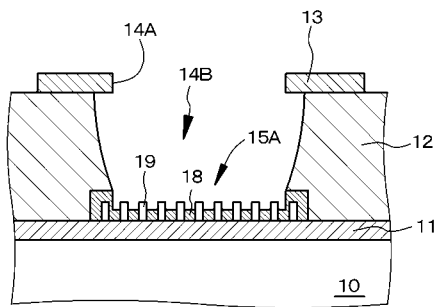
【図 25】

【図 25】

(A) 【工程-B 6】



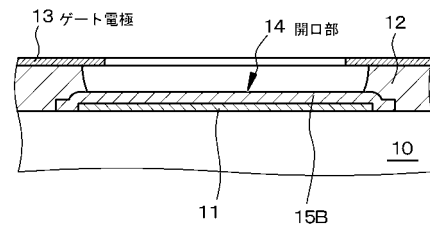
(B) 【工程-B 7】



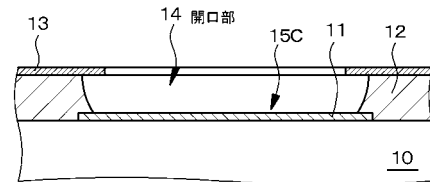
【図 26】

【図 26】

(A)



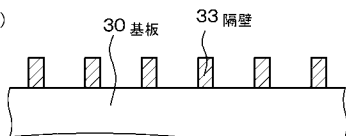
(B)



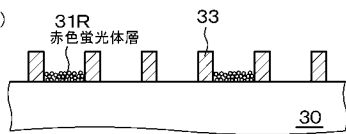
【図 27】

【図 27】

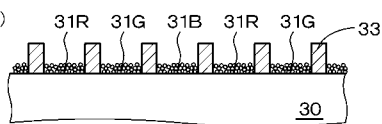
(A)



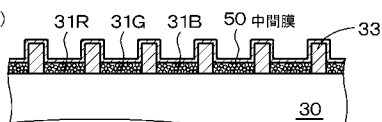
(B)



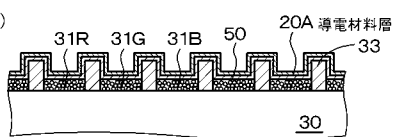
(C)



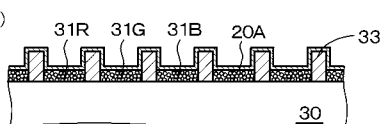
(D)



(E)

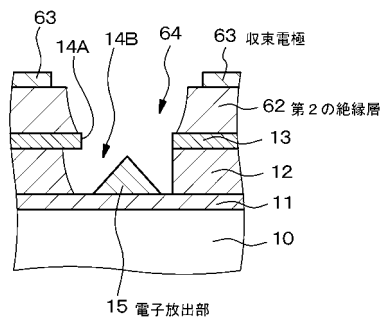


(F)



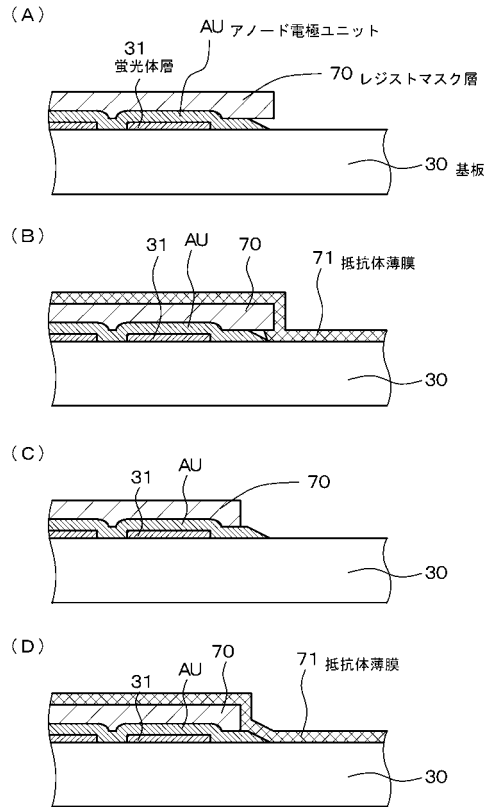
【図 28】

【図 28】



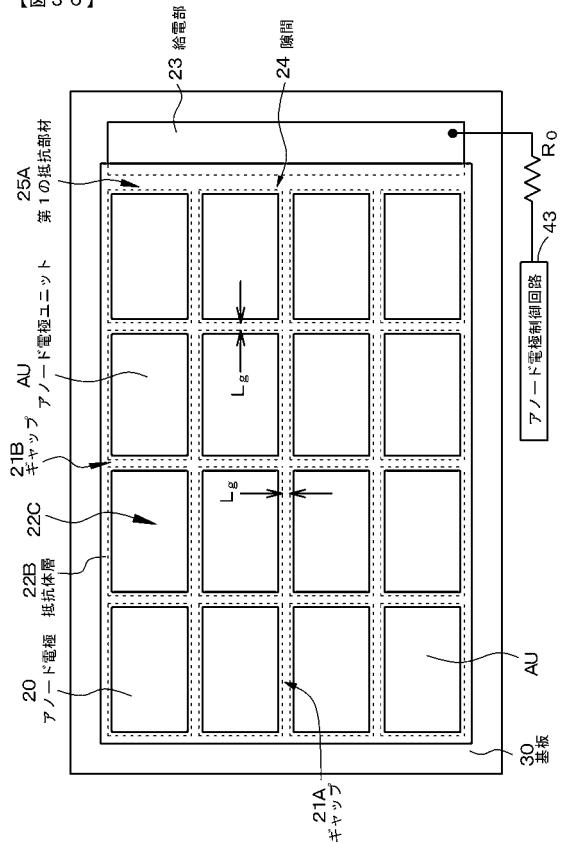
【図 29】

【図 29】



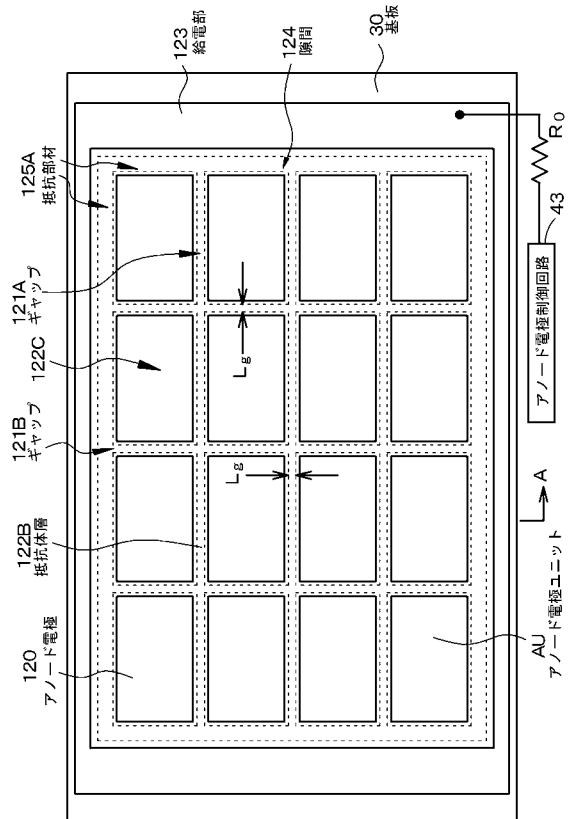
【図 30】

【図 30】



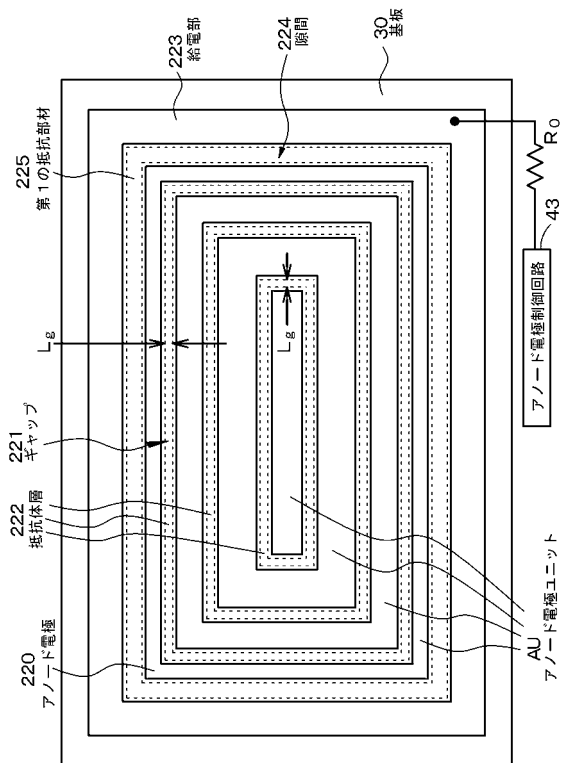
【図 31】

【図 31】



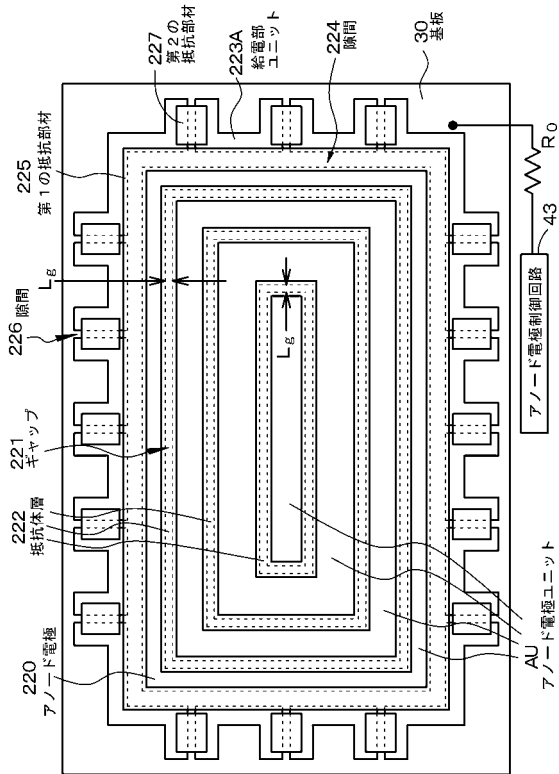
【図 32】

【図 32】



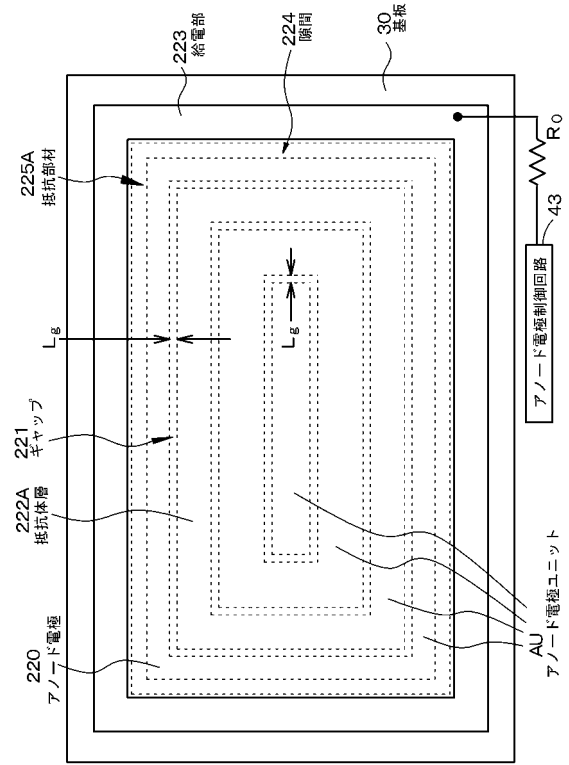
【図 3 3】

【図 3 3】



【図 3 4】

【図 3 4】



【図 3 5】

【図 3 5】

