

(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2009-99384

(P2009-99384A)

(43) 公開日 平成21年5月7日(2009.5.7)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)
HO 1 J 31/12 (2006.01)		HO 1 J 31/12	C	5 C 0 3 6
HO 1 J 29/46 (2006.01)		HO 1 J 29/46	B	

審査請求 未請求 請求項の数 18 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2007-270027 (P2007-270027)	(71) 出願人	000005108
(22) 出願日	平成19年10月17日 (2007.10.17)		株式会社日立製作所
			東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
		(74) 代理人	100093506
			弁理士 小野寺 洋二
		(72) 発明者	鈴木 睦三
			茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
			株式会社日立製作所
			日立研究所内
		(72) 発明者	楠 敏明
			茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
			株式会社日立製作所
			日立研究所内
		Fターム(参考)	5C036 EE04 EE19 EF01 EF06 EG18
			EG22 EH21

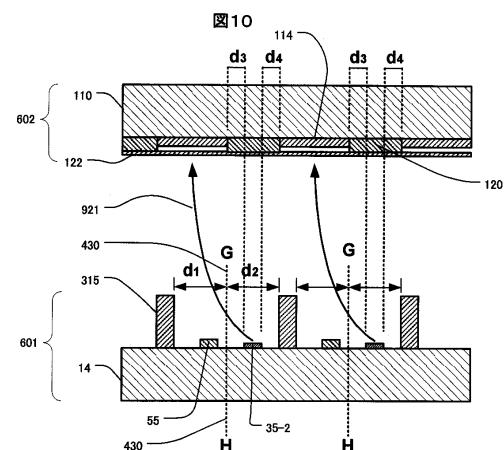
(54) 【発明の名称】 画像表示装置

(57) 【要約】

【課題】パネル内で発生する正イオンの照射による電子放出素子の劣化を抑制する。

【解決手段】偏向電極315を周期的に配置し、隣接する偏向電極間の中心線G-Hを含まないように電子放出素子55の電子放出領域を配置することで電子ビーム軌道921を偏向させ、発生した正イオンの電子放出領域への照射を阻止する。

【選択図】図10



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

陰極板と蛍光板とを有する表示パネルと、駆動回路とを有する画像表示装置であって、前記陰極板は、複数の電子放出素子と、互いに平行な複数の走査線と前記走査線に直交する互いに平行な複数のデータ線とを有し、

前記電子放出素子は上部電極と電子加速層と下部電極とを有し、前記上部電極の一部が電子放出領域を構成し、前記上部電極と前記下部電極の間に電圧を印加することで前記電子放出領域から電子を放出する薄膜電子源であり、

前記陰極板は、複数の偏向電極を有すると共に、隣り合う前記偏向電極の内端間の距離を 2 等分する位置を中心線とし、前記電子放出領域が前記中心線を含まないように配置されることを特徴とする画像表示装置。

10

【請求項 2】

前記偏向電極は、前記電子放出領域より高い位置に配置されることを特徴とする請求項 1 に記載の画像表示装置。

【請求項 3】

前記偏向電極の最高部位の高さは、前記電子放出領域の最高部位の高さよりも $2\ \mu\text{m}$ 以上高い位置に配置されることを特徴とする請求項 1 に記載の画像表示装置。

【請求項 4】

前記偏向電極は、カラー表示のサブ画素の周期で配置されることを特徴とする請求項 1 に記載の画像表示装置。

20

【請求項 5】

前記偏向電極は、前記走査線と平行な方向の軸に沿って周期的に配置されることを特徴とする請求項 1 に記載の画像表示装置。

【請求項 6】

前記偏向電極は、前記データ線と平行な方向の軸に沿って周期的に配置されることを特徴とする請求項 1 に記載の画像表示装置。

【請求項 7】

前記偏向電極は、前記走査線に電氣的に接続されたことを特徴とする請求項 1 に記載の画像表示装置。

【請求項 8】

前記偏向電極は、前記走査線と同一の材料で構成されることを特徴とする請求項 1 に記載の画像表示装置。

30

【請求項 9】

前記陰極板はコンタクト電極を有し、

前記コンタクト電極は前記走査線に電氣的に接続され、且つ前記上部電極と電氣的に接続されると共に、前記電子放出領域を構成する辺のうちの長い方の長辺に沿って配置されることを特徴とする請求項 1 に記載の画像表示装置。

【請求項 10】

前記駆動回路から前記複数の走査線のうちの選択された走査線に走査パルスが印加された期間において、前記選択された走査線に接続された電子放出素子に隣接する走査線に偏向パルスが印加される構成を有することを特徴とする請求項 1 に記載の画像表示装置。

40

【請求項 11】

前記駆動回路から走査線に印加される電圧で、前記走査パルスの電圧を V_s 、選択されていない走査線に印加される電圧を V_{ns} 、前記偏向パルスの電圧を V_{def} とするとき、

$(V_s - V_{def})$ の絶対値は $(V_s - V_{ns})$ の絶対値よりも大きいことを特徴とする請求項 10 に記載の画像表示装置。

【請求項 12】

前記蛍光板は蛍光体と加速電極を有し、前記放出された電子が蛍光体を励起発光させることで画像を表示する如く構成され、

50

前記蛍光体の中心点と前記電子放出領域の中心とをずらして配置したことを特徴とする請求項 1 に記載の画像表示装置。

【請求項 1 3】

前記蛍光板は蛍光体と加速電極を有し、前記放出された電子が蛍光体を励起発光させることで画像を表示する如く構成され、

前記蛍光板上の構成物と前記陰極板上の構成物を投影した投影平面において、前記電子放出領域は前記蛍光体を形成した領域と重ならないように配置されることを特徴とする請求項 1 に記載の画像表示装置。

【請求項 1 4】

前記蛍光板は蛍光体とブラックマトリクスと加速電極を有し、前記放出された電子が蛍光体を励起発光させることで画像を表示する如く構成され、

前記蛍光板上の構成物と前記陰極板上の構成物を投影した投影平面において、前記電子放出領域は前記ブラックマトリクスに含まれるように配置されることを特徴とする請求項 1 に記載の画像表示装置。

【請求項 1 5】

陰極板と蛍光板とを有する表示パネルと、駆動回路とを有する画像表示装置であって、前記陰極板は、複数の電子放出素子と、互いに平行な複数の走査線と前記走査線に直交する互いに平行な複数のデータ線とを有し、

前記電子放出素子は、上部電極と電子加速層と下部電極とを有し、前記上部電極の一部が電子放出領域を構成し、前記上部電極と前記下部電極の間に電圧を印加することで前記電子放出領域から電子を放出する薄膜電子源であり、

前記電子放出領域と前記蛍光板との間に遮蔽電極が設置されており、

前記電子放出領域のパターンと前記遮蔽電極のパターンとを投影した投影平面図において、前記電子放出領域は前記遮蔽電極に含まれるように配置したことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 1 6】

陰極板と蛍光板とを有する表示パネルと、駆動回路とを有する画像表示装置であって、前記陰極板は、複数の電子放出素子と、互いに平行な複数の走査線と前記走査線に直交する互いに平行な複数のデータ線とを有し、

前記電子放出素子は第1の電極と第2の電極を有し、前記第1の電極は前記走査線に電氣的に接続され、前記第2の電極は前記データ線に電氣的に接続され、

前記電子放出素子は電子放出領域を有し、前記第1の電極と前記第2の電極の間に電圧を印加すると前記電子放出領域から電子を放出し、

前記蛍光板は蛍光体と加速電極を有し、前記放出された電子が蛍光体を励起発光させることで画像を表示する画像表示装置であって、

前記蛍光板上の構成物と前記陰極板上の構成物を投影した投影平面図において、前記電子放出領域は前記蛍光体を形成した領域と重ならないように配置したことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 1 7】

前記蛍光板は蛍光体と加速電極に加えてブラックマトリクスを有し、

前記蛍光板上の構成物と前記陰極板上の構成物を投影した投影平面において、前記電子放出領域が前記ブラックマトリクスに含まれるように配置したことを特徴とする請求項 1 6 に記載の画像表示装置。

【請求項 1 8】

前記電子放出素子は、上部電極と電子加速層と下部電極とを有し、前記上部電極の一部が前記電子放出領域を構成し、前記上部電極と前記下部電極の間に電圧を印加すると前記電子放出領域から電子を放出する薄膜電子源であることを特徴とする請求項 1 6 又は 1 7 に記載の画像表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 1 】

本発明は、マトリクス状に配置した電子放出素子と蛍光体とを用いて画像を表示する画像表示装置に関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

マトリクス電子源ディスプレイとも称する画像表示装置は、互いに直交する電極群の交点を画素とし、各画素に電子放出素子を設け、各電子放出素子への印加電圧またはパルス幅を調整することによって放出電子量を調整し、その放出電子を真空中で加速した後、蛍光体に照射し、照射した部分の蛍光体を発光させるものである。電子放出素子として、電界放射型陰極を用いるもの、MIM (Metal Insulator Metal) 型電子源を用いるもの、カーボンナノチューブ陰極を用いるもの、ダイヤモンド陰極を用いるもの、表面伝導電子放出素子を用いるもの、弾道型面電子源を用いるもの、などがある。このように、マトリクス電子源ディスプレイとは、電子放出素子と蛍光体とを組み合わせた電子線励起型平面ディスプレイを指す。

10

【 0 0 0 3 】

図 1 は、マトリクス電子源ディスプレイの断面を示す模式図である。図 1 に示すように、マトリクス電子源ディスプレイでは、電子放出素子を配置した陰極板 6 0 1 と蛍光体を形成した蛍光板 6 0 2 とを対向配置した構成である。電子放出素子 3 0 1 から放出した電子が蛍光板に到達し蛍光体を励起して発光させるために、陰極板と蛍光板と枠部材 6 0 3 とで囲まれた空間を真空に保つ。外部からの大気圧に耐えるために陰極板と蛍光板との間にスペーサ (支柱) 6 0 を挿入する。

20

【 0 0 0 4 】

蛍光板 6 0 2 は加速電極 1 2 2 を有し、加速電極 1 2 2 には 3 K V ~ 1 2 K V 程度の高電圧を印加する。電子放出素子 3 0 1 から放出された電子はこの高電圧で加速されたのち蛍光体に照射し、蛍光体を励起発光させる。

【 0 0 0 5 】

マトリクス電子源ディスプレイに用いる電子放出素子として薄膜電子源がある。薄膜電子源とは、上部電極、電子加速層、下部電極を積層した構造を有するもので、MIM (Metal Insulator Metal) 型電子源、MOS (Metal Oxide Semiconductor) 型電子源、弾道型面電子源、HEED (High Efficiency Electron Emission Device) 型電子源などが含まれる。MIM 型電子源の構造は、例えば、「特許文献 1」に記載されている。MOS 型電子源は、電子加速層に半導体 - 絶縁体積層膜を用いたもので、例えば「非特許文献 1」に記載されている。弾道型面電子源は、電子加速層にポーラスシリコンなどを用いたもので、例えば「非特許文献 2」に記載されている。薄膜電子源は、電子加速層中で加速した電子を真空中に放出させる。また、MIM 型電子源は上部電極と下部電極に金属を用い、電子加速層に絶縁体を用いたものであり、例えば「非特許文献 3」に記載されている。HEED 型電子源は電子加速層にシリコン (Si) と SiO₂ の積層膜を用いたもので、例えば「非特許文献 5」に記載されている。

30

【 0 0 0 6 】

図 2 は、薄膜電子源の動作原理を示すエネルギーバンド図である。下部電極 1 3、電子加速層 1 2、上部電極 1 1 が積層されており、上部電極 1 1 に正の電圧を印加した時の状態を図示した。MIM 型電子源の場合、電子加速層 1 2 として絶縁体を用いる。上部電極 - 下部電極間に印加された電圧によって電子加速層 1 2 内に電界が生じる。この電界によって下部電極 1 3 中から電子がトンネル現象によって電子加速層 1 2 中に流れ込む。この電子は電子加速層 1 2 中の電界によって加速されホットエレクトロンとなる。このホットエレクトロンが上部電極 1 1 中を通過する際、一部の電子は非弾性散乱などによりエネルギーを失う。上部電極 1 1 - 真空界面 (すなわち、上部電極 1 1 の表面) に達した時点で、表面の仕事関数よりも大きな運動エネルギーを有する電子は上部電極 1 1 の表面から真空中 1 0 に放出される。本明細書においては、このホットエレクトロンにより下部電極

40

50

13 - 上部電極 11 間に流れる電流をダイオード電流 J_d , 真空中に放出される電流を放出電流 J_e と呼ぶ。

【0007】

電界放射型陰極と比べると、薄膜電子源は表面汚染に対する耐性が強い、放出電子ビームの拡がり小さいため高精細の表示装置が実現できる、動作電圧が小さく駆動回路ドライバが低電圧である、など表示装置に適した特徴を有する。

【0008】

一方、薄膜電子源では、駆動電流のうち一部の電流のみが真空中への放出される（放出電流 J_e ）。ここで、駆動電流とは、上部電極 - 下部電極間に流れる電流であり、上記したダイオード電流 J_d とも呼ばれる。放出電流 J_e とダイオード電流 J_d との比（放出比 $= J_e / J_d$ ）は、0.1% ~ 数10%程度である。すなわち、放出電流 J_e を得るためには薄膜電子源に $J_d = J_e /$ だけの駆動電流（ダイオード電流）を駆動回路から供給しなければならない。なお、放出比を電子放出効率とも呼ぶ。

【0009】

このように、薄膜電子源を電子放出素子として用いたマトリクス電子源ディスプレイでは、素子を駆動する電流が大きくなる。このため電極配線から素子電極（この場合は、下部電極および上部電極を指す）への給電能力を充分高くする必要がある。

【0010】

マトリクス電子源ディスプレイに用いる電子放出素子として、表面伝導型電子放出素子がある。表面伝導型電子放出素子は、例えば、「非特許文献4」に記載されている。表面伝導型電子放出素子は、図3に示すように負極膜813と正極膜811との間に数nm ~ 数10nmの間隙を設けたものである。正極膜811 - 負極膜813間に10数Vの電圧を印加する。負極膜813から放出された電子は正極膜811に流れ、駆動電流 J_d となる。 J_d を構成する一部の電子は正極膜811に流れ込まずに放出電子911となり、加速電極122に到達する。放出電子の電流が放出電流 J_e となる（電子はマイナス電荷なので電子が流れる方向と放出電流の向きは逆になる）。放出比 J_e / J_d は数% ~ 10%程度である。このように、表面伝導型電子放出素子を電子放出素子として用いたマトリクス電子源ディスプレイでは、素子を駆動する電流が大きくなる。このため、電極配線から素子電極（この場合は、正極膜811および負極膜813を指す）への給電能力を充分高くする必要がある。

【0011】

前述の通り、蛍光板602に設置された加速電極122には3KV ~ 12KV程度の高電圧を印加し、電子放出素子301から放出された電子はこの高電圧で加速されたのち蛍光体に照射する。3KV以上の高電圧で励起する理由は、加速電圧が高いほど蛍光体への電子の侵入深さが深くなり、蛍光体の発光効率、寿命が長くなるからである。

【特許文献1】特開2004 363075号公報

【特許文献2】特開2007 48548号公報

【非特許文献1】Japanese Journal of Applied Physics, Vol.36, Part 2, No.7B, pp. L939 ~ L941 (1997)

【非特許文献2】Japanese Journal of Applied Physics, Vol.34, Part 2, No.6A, pp. L705 ~ L707 (1995)

【非特許文献3】IEEE Transactions on Electron Devices, vol. 49, No. 6, pp. 1059 ~ 1065 (2002).

【非特許文献4】Journal of the SID, vol. 5 (1997) pp. 345 ~ 348

【非特許文献5】Journal of Vacuum Science and Technologies, B, vol. 23, No. 2 (2005) pp. 682 ~ 686

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 2 】

しかしながら、加速電極に高電圧を印加した状態でマトリクス電子源ディスプレイを長時間動作させると、電子放出素子の経時劣化が早く進行するという問題があった。ここで、電子放出素子の経時劣化とは、例えば、放出電流量が経時的に減少する度合いが早まる、あるいは素子が破壊するなどの現象を指す。すなわち、このような経時劣化は画像表示装置の画質低下、長寿命化を阻害する要因となる。

【 0 0 1 3 】

本発明の目的は、電子放出素子の経時劣化を抑制して、高画質長寿命の画像表示装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 4 】

本明細書において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば下記の通りである。すなわち、本発明の画像表示装置は、陰極板と蛍光板とを有する表示パネルと、駆動回路とを有する。前記陰極板は、複数の電子放出素子と、互いに平行な複数の走査線と前記走査線に直交する互いに平行な複数のデータ線とを有する。前記電子放出素子は、上部電極と電子加速層と下部電極とを有し、前記上部電極の一部が電子放出領域を構成し、前記上部電極と前記下部電極の間に電圧を印加すると前記電子放出領域から電子を放出する薄膜電子源である。そして、前記陰極板は、複数の偏向電極を有し、隣り合う前記偏向電極の内端間の距離を2等分する位置を中心線とし、前記電子放出領域は前記中心線を含まないように配置される。

【 0 0 1 5 】

また、本発明の画像表示装置は、陰極板と蛍光板とを有する表示パネルと、駆動回路とを有する。前記陰極板は、複数の電子放出素子と、互いに平行な複数の走査線と前記走査線に直交する互いに平行な複数のデータ線とを有する。前記電子放出素子は、上部電極と電子加速層と下部電極とを有し、前記上部電極の一部が電子放出領域を構成し、前記上部電極と前記下部電極の間に電圧を印加すると前記電子放出領域から電子を放出する薄膜電子源である。そして、前記電子放出領域と前記蛍光板との間に遮蔽電極が設置されており、前記電子放出領域のパターンと前記遮蔽電極のパターンとを投影した投影平面において、前記電子放出領域が前記遮蔽電極に含まれるように配置される。

【 0 0 1 6 】

また、本発明の画像表示装置は、陰極板と蛍光板とを有する表示パネルと、駆動回路とを有する画像表示装置である。前記陰極板は、複数の電子放出素子と、互いに平行な複数の走査線と前記走査線に直交する互いに平行な複数のデータ線とを有する。前記電子放出素子は第1の電極と第2の電極を有し、前記第1の電極は前記走査線に電氣的に接続され、前記第2の電極は前記データ線に電氣的に接続され、前記電子放出素子は電子放出領域を有する。前記第1の電極と前記第2の電極の間に電圧を印加すると前記電子放出領域から電子を放出し、前記蛍光板は蛍光体と加速電極を有し、前記放出された電子が蛍光体を励起発光させることで画像を表示する。そして、前記蛍光板上の構成物と前記陰極板上の構成物を投影した投影平面において、前記電子放出領域は前記蛍光体を形成した領域と重ならないように配置される。

【 0 0 1 7 】

また、本発明の画像表示装置は、陰極板と蛍光板とを有する表示パネルと、駆動回路とを有する。前記陰極板は、複数の電子放出素子と、互いに平行な複数の走査線と前記走査線に直交する互いに平行な複数のデータ線とを有する。前記電子放出素子は第1の電極と第2の電極を有し、前記第1の電極は前記走査線に電氣的に接続され、前記第2の電極は前記データ線に電氣的に接続される。前記電子放出素子は電子放出領域を有し、前記第1の電極と前記第2の電極の間に電圧を印加すると前記電子放出領域から電子を放出する。前記蛍光板は蛍光体とブラックマトリクスと加速電極を有し、前記放出された電子が蛍光体を励起発光させることで画像を表示する。そして、前記蛍光板上の構成物と前記陰極板上の構成物を投影した投影平面において、前記電子放出領域は前記ブラックマトリクスに

10

20

30

40

50

含まれるように配置される。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、加速電極に3～12KV程度の高電圧を印加した状態で電子放出素子を長時間動作させても、電子放出素子の劣化が少なく、高画質が維持され、画像表示装置の動作寿命が改善する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

以下、本発明に係る画像表示装置の最良の実施形態を、図面に示した幾つかの実施例により詳細に説明する。

10

【実施例1】

【0020】

本発明の実施例1は、本発明をMIM電子源、表面伝導型電子源等に適用した場合の例である。ここで、先ず、蛍光面に高電圧を印加した状態での動作させた時に生じる電子放出素子の劣化現象の原因を説明する。

【0021】

図1で説明したように、電子放出素子301から放出された電子は蛍光面電圧 V_a で加速された後、加速電極122や蛍光体に照射する。ここで蛍光面電圧とは加速電極に122に印加される電圧であり、典型的には $V_a = 3 \sim 12 \text{KV}$ である。1KV以上に加速された電子が蛍光体や気体分子に衝突すると、原子や分子をイオン化し正イオンを生成する
20
場合がある。正イオンは蛍光板602 - 陰極板601間の電界により加速される。正イオンは陰極板に向かって進行し、陰極板に衝突する。この正イオンが電子放出素子の電子放出領域に衝突すると、電子放出素子が劣化する。

20

【0022】

図4を用いて具体的に説明する。図4は、蛍光板602 - 陰極板601間の電位分布と電子の軌跡921、正イオンの軌跡922を模式的に示した図である。蛍光板602 - 陰極板601間は概ね均一電界が形成されているので、その電位分布は図4の右側のグラフに示したようになる。今、陰極板からの距離 $z = z_0$ において正イオンが発生したとする。 $z = z_0$ の電位を $V(z_0)$ とすると、この正イオンが軌跡922をたどって電子放出素子301に照射する際に、正イオンが持つ運動エネルギーは $V(z_0)$ である。したがって
30
、蛍光板602 - 陰極板601間の空間のうち、蛍光板602に近い場所で発生したイオンほど高いエネルギーで電子放出素子301に入射する。

30

【0023】

図5は、MIM電子源を電子放出素子301に用いた画像表示装置を長時間動作させた際のダイオード電流の経時変化を示したものである。縦軸はダイオード電流を初期値で規格化した値（すなわち、初期のダイオード電流で除した値）をプロットしてある。蛍光面電圧 V_a が200Vの場合には、長時間動作させてもダイオード電流はほぼ一定である。しかし、蛍光面電圧 V_a を3KVにして動作させた場合は、ダイオード電流の経時変化量が増える。

【0024】

40

この劣化の原因を調べるために、蛍光面としてITO(indium tin Oxide)のみを成膜した表示パネル、すなわち、蛍光面に蛍光体を含まない表示パネルを作成して経時変化を調べた（図5で「3KV, ITO」と記載した特性）。その結果、蛍光体を含まないパネル（図5で「3KV, ITO」と記載）と、蛍光体を含む通常のパネル（図5で「3KV, Phosphor」と記載）とを比較すると、蛍光体を含むパネルではダイオード電流の経時変化量が更に大きい。この結果から、以下のことが判明した。

【0025】

正イオンの発生原因は主に2つある。第1は、蛍光体114であり、第2は表示パネル内にある微量の残留ガス分子である。蛍光体114にはエネルギー V_a なる電子が照射するので、熱が発生したりして分子が脱離したり、電子衝撃による分子脱離や表面分解など
50

50

が起こる。この際に発生した分子、原子に電子が照射するとイオンを発生する。さらに、蛍光面の電位は、図 5 に示したように、蛍光板 6 0 2 - 陰極板 6 0 1 間で最大なので、蛍光体で発生した正イオンは電子放出素子 3 0 1 へ照射時の入射エネルギーが大きく、電子放出素子に与えるダメージが大きい。

【 0 0 2 6 】

そこで、本発明の実施例 1 では、蛍光体 1 1 4 で発生した正イオンが電子放出素子に照射しないようにするために、蛍光体 1 1 4 と電子放出領域とを以下に記載するように適正配置する。

【 0 0 2 7 】

図 6 は、本発明の実施例 1 での表示パネルの断面図を模式的に示した図である。表示パネルは典型的には 1 0 0 0 行 × 数千列のサブ画素から構成されるが、図 6 はそのうち 3 サブ画素のみ記載してある。ここで、サブ画素とは、カラー画像表示装置においてはカラー 1 画素を構成する赤色サブ画素、青色サブ画素、緑色サブ画素の各サブ画素に対応する。単色画像表示装置においては、1 画素に対応する。陰極板 6 0 1 には、電子放出領域 3 5 を有する電子放出素子が形成されている。図 6 には、電子放出素子のうち電子放出領域 3 5 のみ記してある。

10

【 0 0 2 8 】

本明細書において電子放出領域 3 5 とは、電子放出素子の構成部の中で電子を放出する部分を指す。薄膜電子源では、電子放出領域 3 5 は電子加速層上の上部電極に対応する。電界放射電子源では、電子放出領域 3 5 は電子放出エミッタ先端に対応する。図 3 に示した表面伝導型電子放出素子の場合、電子放出領域 3 5 は負極膜 813 と正極膜 8 1 1 に対応する。

20

【 0 0 2 9 】

1 サブ画素内に複数の電子放出部位を有する構成の場合は、1 サブ画素内の電子放出部位がある領域全体を電子放出領域 3 5 と定義する。例えば、非特許文献 5 に記載されている H E E D 型電子源の場合、1 サブ画素内の上部電極内に、直径約 1 μ m の電子放出部位が複数個含まれているが、この場合、1 サブ画素内の電子放出部位全体を電子放出領域 3 5 と定義する。

【 0 0 3 0 】

陰極板 6 0 1 にはビーム偏向電極 A 3 3 1 とビーム偏向電極 B 3 3 2 とが形成されている。ビーム偏向電極 A とビーム偏向電極 B との間に電圧差を与えて電子放出領域 3 5 近傍の空間に横方向電界を発生させることで、電子放出領域 3 5 から放出された電子の軌道 9 2 1 を曲げる（偏向させる）。

30

【 0 0 3 1 】

蛍光面 6 0 2 には蛍光体領域 1 1 4 とブラックマトリクス 1 2 0 とが形成されている。蛍光体領域 1 1 4 は、カラー画像表示装置においては、赤色蛍光体、緑色蛍光体、青色蛍光体の 3 種を塗り分ける。さらに、加速電極 1 2 2 を形成する。なお、蛍光板の製作方法は、後で実施例 2 に則して詳述する。電子ビームの軌道 9 2 1 が偏向しているのに対応して、蛍光体領域 1 1 4 の位置を電子放出領域 3 5 の位置からずらして配置してある。

40

【 0 0 3 2 】

本実施例の特徴は、蛍光体領域 1 1 4 と電子放出領域 3 5 との位置関係にある。図 7 は、蛍光体領域 1 1 4 と電子放出領域 3 5 を同一平面に投影して描いた平面図（投影平面図）である。図 7 からわかるように、投影平面図において、蛍光体領域 1 1 4 と電子放出素子の電子放出領域 3 5 とが重ならないように配置してある。蛍光面において、蛍光体領域 1 1 4 以外の領域はブラックマトリクス 1 2 0 を形成してあるので、別の見方をすると、投影平面図において電子放出領域 3 5 はブラックマトリクス 1 2 0 に含まれる。

【 0 0 3 3 】

図 6 に示した通り、蛍光体領域 1 1 4 で発生した正イオンは正イオンの軌道 9 2 2 に沿って加速されて陰極板 6 0 1 に衝突する。正イオンの質量は電子の質量より 1 0 0 0 倍以上大きいので、正イオンは横電界では殆ど軌道が曲がらずにほぼ直進するので、蛍光体領

50

域 1 1 4 の直下の陰極板に衝突する。したがって、図 6 と図 7 に示したように蛍光体領域 1 1 4 と電子放出領域 3 5 とを配置すると、正イオンは電子放出領域 3 5 に照射せず、電子放出素子の劣化が起こらない。

【 0 0 3 4 】

なお、図 6 と図 7 では電子ビーム軌道 9 2 1 を偏向させる手段として、電子ビーム偏向電極 A 3 3 1 とビーム偏向電極 B 3 3 2 との電位差による横電界を用いているが、これは一例であって、軌道を偏向する別の方法を用いても同様の効果が得られる。例えば、後述する実施例で説明するように、陰極板 6 0 1 上に適正な電極形状を形成して電子レンズを構成することによりビームを偏向してもよい。また、本実施例に用いる電子放出素子 3 0 1 は、MIM 型電子源を含む薄膜電子放出素子、表面伝導型電子放出素子、カーボンナノチューブ電子源を含む電界放射型電子放出素子の何れを用いても良い。

10

【 0 0 3 5 】

図 8 は、本発明の実施例 1 で用いる陰極板 6 0 1 の配線構造を示す平面図である。図 8 では、表示パネルのなかで 3 行 × 3 列のサブ画素に対応する部分を示した。また、図 8 では、陰極板を構成する構成物のうち、電子放出領域 3 5、ビーム偏向電極 A 3 3 1 とビーム偏向電極 B 3 3 2、走査電極 3 1 0 のみを記載してある。

【 0 0 3 6 】

各走査電極 3 1 0 は、片側（図 8 では上側）にビーム偏向電極 A 3 3 1 が接続され、反対側にビーム偏向電極 B 3 3 2 が接続されている。また、図 8 において、電子放出領域 3 5 - n に対応する電子放出素子 3 0 1 - n（図示せず）の一方の電極は走査電極 3 1 0 - n に電氣的に接続されている。ここで、 $n = 1 \sim 3$ である。ここで、電子放出素子 3 0 1 の「一方の電極」とは、具体的には以下の通りである。薄膜電子源の場合は上部電極 1 1 である。図 3 の表面伝導型電子源の場合は正極膜 8 1 1 である。電界放射型電子源の場合はゲート電極である。

20

【 0 0 3 7 】

図 8 には示していないが、データ電極 3 1 1 が走査電極 3 1 0 と直交する方向で配置されている。データ電極 3 1 1 は、電子放出素子 3 0 1 の他方の電極に電氣的に接続されている。ここで電子放出素子 3 0 1 の「他方の電極」とは、具体的には以下の通りである。薄膜電子源の場合は下部電極 1 3 である。図 3 の表面伝導型電子源の場合は負極膜 8 1 3 である。電界放射型電子源の場合はエミッタ電極である。走査電極 3 1 0 - (n - 1) と電子放出領域 3 5 - n に対応する電子放出素子 3 0 1 - n とは電氣的に接続されていない。

30

【 0 0 3 8 】

図 9 は、走査電極 3 1 0 - n への印加電圧波形を示す図である。各走査電極には順次走査パルス 7 5 0 が印加される。走査パルス 7 5 0 は正の電圧振幅 V_{R1} を有する。走査パルス 7 5 0 が印加されている期間にデータ電極にデータパルス 7 5 1 が印加された電子放出素子 3 0 1 は電子放出領域 3 5 から電子を放出する。

【 0 0 3 9 】

一例として、時刻 $t_2 \sim t_3$ の期間を考える。この期間では走査電極 3 1 0 - 2 に走査パルス 7 5 0 が印加されるので、電子放出領域 3 5 - 2 から電子が放出される。この際、走査電極 3 1 0 - 2 に接続されたビーム偏向電極 A 3 3 1 には正の電圧 V_{R1} が印加されており、走査電極 3 1 0 - 1 に接続されたビーム偏向電極 B 3 3 2 の電圧はゼロである。したがって、図 6 に記載されたように、電子放出領域 3 5 - 2 の近傍には横方向の電界が形成される。この電界により図 6 に示したように電子ビーム軌道 9 2 1 が偏向される。

40

【 0 0 4 0 】

なお、本実施例では走査パルス 7 5 0 として正極性のパルスを用いる場合を例として示した。走査パルスとして負極性のパルスを用いても同様の構成を実現できることは自明である。この場合、走査電極には電子放出素子の負極側の端子を接続し、データ電極には電子放出素子の正極側の端子を接続すればよい。

【 実施例 2 】

50

【 0 0 4 1 】

本発明の実施例 2 は、電子放出素子として薄膜電子源を用いたものである。電界放射型陰極など他の電子源と比べて、薄膜電子源は放出電子ビームの空間的広がりが小さい。その理由は以下の通りである。薄膜電子源では、電子加速層中で加速された電子が上部電極から真空中に放出される。薄膜電子源では、上部電極と下部電極とは互いに平行に対向配置されているため、電子加速層内の電界は平行電界である。この平行電界で電子が加速されるため、放出される電子の空間広がりが小さくなる訳である。放出電子ビームの空間的広がりが小さいことは、高精細の画像表示装置を実現できるという点で好ましい特性である。

【 0 0 4 2 】

一方で、図 4 から分かるように、ビームの空間的広がりが小さいと、電子軌道 9 2 1 途上で発生した正イオンは、その大部分が電子放出領域 3 5 に照射されることになる。そのため、直進性に優れた薄膜電子源は正イオンによる電子源劣化の影響が大きく、その対策が必要である。本実施例では、薄膜電子源での耐イオン衝撃性を高めた画像表示装置を提供する。

【 0 0 4 3 】

図 1 0 は、本発明の実施例 2 の表示パネルの断面図を模式的に示したものである。図 1 0 では、実施例 2 の特徴を明確にするために、構成の主要部のみを取り出して記載してある。薄膜電子源については、電子放出領域 3 5 のみを記載してある。詳細な構造は製造方法と合わせて後述する。また、図 1 0 に対応した平面図を図 1 1 に示した。図 1 1 の A - B 間断面が図 1 0 に対応する。

【 0 0 4 4 】

走査線 3 1 0 はコンタクト電極 5 5 を介して電子放出素子 3 0 1 の電極に電氣的に接続されている。電子放出素子 3 0 1 は電子放出領域 3 5 を有する。図 1 1 では、走査線 3 1 0 - 2 が電子放出領域 3 5 - 2 を有する電子放出素子に接続されている。また、陰極板 6 0 1 には偏向電極 3 1 5 を設ける。偏向電極 3 1 5 は電子放出領域 3 5 より高い位置、すなわち膜厚を厚く形成し、陰極板 6 0 1 上で局所的な凸部を形成するようにする。

【 0 0 4 5 】

図 1 0 と図 1 1 に図示した点線 G - H 4 3 0 は、隣接する偏向電極 3 1 5 の内側端面間距離（すなわち内法距離）の中点の位置を示す。すなわち、図 1 1 で $d_1 = d_2$ である。本明細書ではこのように定義される G - H 線 4 3 0 を中心線 4 3 0 と呼ぶことにする。本実施例の特徴は、局所的な凸部を形成する偏向電極間の中心線 G - H 4 3 0 を電子放出領域 3 5 が含まないような位置に電子放出領域 3 5 を配置することである。このような配置をとることにより、後述の通り放出電子ビームを偏向できる。

【 0 0 4 6 】

本実施例でのビーム偏向メカニズムを図 1 2 を用いて述べる。図 1 2 には偏向電極の周期構造により形成される等電位面 4 4 1 を点線で模式的に示した。この等電位面 4 4 1 が形成する電子レンズは、電子放出領域 3 5 から放出した電子ビームを中心線 4 3 0 の方向に偏向する。説明のために、図 1 2 には仮想的に仮想電子放出領域 4 3 5 を配置し、仮想電子放出領域 4 3 5 から放出された電子ビームの軌道 9 2 1 2 も示した。ビーム軌道 9 2 1 2 も中心線 4 3 0 の方向に偏向する。

【 0 0 4 7 】

このことから、中心線 4 3 0 を跨がないように電子放出領域 3 5 を配置すれば、放出電子が軌道 9 2 1 のように偏向することが分かる。これが本発明での電子ビームの偏向原理である。

【 0 0 4 8 】

なお、図 1 2 に記したように、電子放出領域からの放出ビーム軌道 9 2 1 と仮想電子放出領域 4 3 5 からの放出ビーム軌道 9 2 1 2 はクロスオーバー（交差点）を持つように電極形状を設計することが望ましい。このようにすると、仮想電子放出領域 4 3 5 を除いた実際の構成ではビーム偏向量が大きくなり、正イオンが電子放出領域に入射することを

10

20

30

40

50

更に防止できる。

【0049】

電子ビーム軌道を偏向させる役割を果たす電子レンズの特性を決める主な要因は、(a) 偏向電極と上部電極との高さの差、(b) 偏向電極と上部電極との電圧差、(c) 偏向電極の周期（隣接する偏向電極間の距離）、(d) 蛍光面電圧 V_a 、の4つである。要因(a)「偏向電極と上部電極との高さの差」は図12からわかるように、電子レンズ特性を決める大きな要因である。高さの差が大きいほどビーム偏向量は大きくなる。

【0050】

ここで、電極の「高さ」とは、陰極板601を構成する基板14の表面から測った高さであり、基板14表面から電極の最も高い部位（最高部）までの長さとして定義する。すなわち、後述する図30(a)のように、基板14に偏向電極315が直接形成される場合には、その膜厚が高さ h_0 になる。また、図30(b)のように、誘電体385の上に偏向電極315が形成される場合には、偏向電極315の最も高い位置までの長さ（図中の h_0 ）が高さを定義する。上部電極の「高さ」も同様に定義する。図30(b)のような場合でも、高さ h_0 が電子レンズ特性を主に支配する。

10

【0051】

図12の説明から分かるように、本実施例では、電子放出領域の両側に、電子放出領域よりも高い位置に偏向電極があることにより、横方向電界が形成され、電子放出領域から放出された電子ビームの軌道が偏向する。十分なビーム偏向量を得るには、偏向電極は上部電極の高さの高さより $2\ \mu\text{m}$ 以上高くすることが望ましい。

20

【0052】

図12の説明から分かるように、偏向電極の周期（隣接する偏向電極間の距離）も電子レンズ特性に影響する。この周期をサブ画素の周期と一致させると、各サブ画素のビーム偏向量が一定になるので好ましい。

【0053】

また、図12の説明から分かるように、上部電極高さより高い位置にある電極（「突起電極」と呼ぶ）が上部電極の近傍に周期的に配置されていればよい。したがって、偏向電極とは別の役割を持った電極であっても、その電極（突起電極）が上部電極と十分な高低差を有し、かつ周期的に配置されているものであれば、それを偏向電極と見なすことができる。本実施例では、そのような場合は、その突起電極が偏向電極の役割を兼ねていると見なし、その突起電極を偏向電極とみなす。

30

【0054】

次に、本実施例の画像表示装置をより詳細に説明する。まず、画像表示装置を構成する表示パネル100の作成方法を説明する。表示パネル100は陰極板601と蛍光板602とで構成される。図13は、陰極板601の一部を示した平面図である。図13では2行×2列のサブ画素を取り出して図示した。図14は陰極板601の一部を示した断面図である。図13のA-B間断面図が図14(a)に対応し、C-D間断面図が図14(b)に対応する。なお、図13は上部電極11を取り除いた平面図になっている。実際には、図14の断面図からわかるように上部電極11が全面に成膜されている。

40

【0055】

図13は、図12において電子放出素子301として薄膜電子源を用いた場合の具体的な構成例を詳細に記したものである。したがって、図13では、電子放出素子301と電極配線との接続関係は図12に対応した形になっている。以下、電子放出素子301 n に対応する電子放出領域35を35- n と記すことにする。すると、図12の記号を用いて述べると、電子放出素子301 2 へは走査線310 2 からコンタクト電極55を介して給電されており、隣接する走査線310 1 （図13ではバス電極32に対応）からは偏向電極315が電子放出領域35- n の長辺に沿って設置されている。本実施例では偏向電極315を走査線310と電氣的に接続することにより、配線を簡略にする利点がある。

50

【0056】

陰極板 601 の構成は以下の通りである。図 14 において、ガラスなどの絶縁性の基板 14 上に、下部電極 13、絶縁層 12、上部電極 11 とで構成される薄膜電子源 301 (本実施例における電子放出素子 301) が構成される。バス電極 32 は、コンタクト電極 55 を介して上部電極 11 に電氣的に接続されている。バス電極 32 は上部電極 11 への給電線として働く。すなわち、駆動回路からこのサブ画素の位置まで電流を運ぶ働きをしている。また、本実施例ではバス電極 32 は走査電極 310 として働く。

【0057】

本実施例では電子放出素子 301 として薄膜電子源を用いている。図 14 に示したように下部電極 13、トンネル絶縁層 12、上部電極 11 の 3 つが薄膜電子源の基本構成である。図 13 の電子放出領域 35 はトンネル絶縁層 12 に対応した場所である。電子放出領域 35 の上部電極 11 表面から電子が真空中に放出される。

10

【0058】

本実施例ではデータ線 311 の一部の領域 (トンネル絶縁層 12 に接する領域) が下部電極 13 となっている。本明細書では、データ線 311 のうち、トンネル絶縁層 12 に接する部分を下部電極 13 と呼ぶ。各サブ画素の対応する部分には 3 重の長方形が配置されている。一番内側の長方形領域は、電子放出領域 35 を示しており、これは第 1 層間絶縁膜 15 のテーパ部 (傾斜領域部) の再内周に相当する。その外側の長方形は第 1 層間絶縁膜 15 のテーパ膜の再外周に相当する。その外側 (再外周) は第 2 層間絶縁層 51 の開口部である。

20

【0059】

本実施例では走査電極 310 はバス電極 32 により構成されている。また、本実施例では、走査電極 310 上にスペーサ 60 を設置している。スペーサ 60 は全ての走査電極上に設置する必要はなく、走査電極何本か毎に設置すればよい。スペーサ 60 は走査電極 310 に電氣的に接続されており、蛍光板 602 の加速電極 122 からスペーサ 60 を介して流れる電流を流す働きと、スペーサ 60 に帯電した電荷を流す働きをする。なお、図 14 では高さ方向の縮尺は任意である。すなわち、下部電極 13 や上部電極などは数 μm 以下の厚さであるが、基板 14 と面板 110 との距離は 1 ~ 3 mm 程度の長さである。

【0060】

図 13 において、隣り合う偏向電極 315 の内端の間の距離を 2 等分する位置にある線 G - H を中心線 430 と呼ぶ。すなわち、図 13 において $d1 = d2$ である。電子放出領域 35 は中心線 430 をまたがないように配置されているのが、本実施例の特徴である。

30

【0061】

陰極板 601 の作成方法を図 15 ~ 図 23 を用いて説明する。図 15 ~ 図 23 は基板 14 上に薄膜電子源を作製するプロセスを示したものである。これらの図には 2×2 個のサブ画素に対応する薄膜電子源を記載してある。各図の (a) は平面図であり、A - B 間の断面図を (b) に、C - D 間の断面図を (c) に示してある。

【0062】

ガラスなどの絶縁性基板 14 上に、下部電極 13 (データ線 311) 用の材料として、Al 合金を例えば 300 nm の膜厚に形成する。ここでは Al - Nd 合金を用いた。この Al 合金膜の形成には、例えば、スパッタリング法や抵抗加熱蒸着法などを用いる。次に、この Al 合金膜を、フォトリソグラフィによるレジスト形成と、それに続くエッチングとによりストライプ状に加工し下部電極 13 を形成する。ここで用いるレジストはエッチングに適したものであればよく、また、エッチングもウエットエッチング、ドライエッチングのいずれも可能である。

40

【0063】

次に、レジストを塗布して紫外線で露光してパターンニングし、図 15 のレジストパターン 501 を形成する。レジストには、例えばキノンジアザイド系のポジ型レジストを用いる。次に、レジストパターン 501 を付けたまま陽極酸化を行い、第 1 層間絶縁層 15 を形成する。この陽極酸化は、本実施例では化成電圧 100 V 程度とし、第 1 層間絶縁層 15 の膜厚を 140 nm 程度とした。その後レジストパターン 501 を剥離する。これが、

50

図 16 の状態である。

【0064】

次に、レジスト 501 で被覆されていた下部電極 13 表面を陽極酸化して絶縁層 12 を形成する。本実施例では化成電圧を 4 V に設定し、絶縁層膜厚を 9.7 nm とした。これが図 17 の状態である。絶縁層 12 が形成された領域が電子放出領域 35 になる。すなわち、第 1 層間絶縁層 15 に囲まれた領域が電子放出領域 35 である。

【0065】

なお、アルミニウムを陽極酸化して得た陽極酸化絶縁膜の膜厚 d は、膜厚が 20 nm 程度よりも薄い場合には $d \text{ (nm)} = 1.36 \times (V_{AO} + 1.8)$ なる関係が成立することが示されている(「非特許文献 3」)。この関係式から化成電圧 4 V の場合の絶縁層膜厚を求めると 7.9 nm になる。しかし、透過型電子顕微鏡による膜厚測定で測定した結果、化成電圧 4 V で生成する膜厚は 9.7 nm であることがわかった。上記の膜厚値は、この実測値を用いている。

10

【0066】

次に、以下の手順により第 2 層間絶縁層 51 および電子放出領域保護層 52 を形成する(図 18)。第 2 層間絶縁層 51 のパターンは、バス電極 32 とデータ電極 311 との交差領域に形成し、電子放出領域 35 は露出するパターンにする。但し、図 18 の工程段階では、電子放出領域 35 は電子放出領域保護層 52 で覆われている。第 2 層間絶縁層 51 および電子放出領域保護層 52 は、窒化シリコン Si_3N_4 や酸化シリコン SiO_2 などを成膜した後、エッチングによりパターン化する。本実施例では 100 nm 膜厚の窒化シリコン膜を用いた。エッチングは、例えば CF_4 や SF_6 を主成分とするエッチング剤を用いたドライエッチングによって行う。

20

【0067】

第 2 層間絶縁層 51 は、走査電極とデータ電極との間の絶縁性を高めるために形成する。電子放出領域保護層 52 は電子放出領域 35 となる部分(すなわち絶縁層 12)を後続の工程でのプロセスダメージから保護するためのものであり、後述する通り、後の工程で取り除く。本実施例では、第 2 層間絶縁層 51 と電子放出領域保護層 52 は同一材料、同一工程で形成する。

【0068】

次に、コンタクト電極 55、バス電極 32、バス電極上層 34 を構成する材料を、この順に成膜する(図 19)。本実施例ではコンタクト電極 55 にはクロム(Cr) 100 nm 厚を用い、バス電極 32 にはアルミニウム(Al) 10 μm 厚を用い、バス電極上層 34 にはクロム(Cr) 200 nm 厚を用いた。これらの電極はスパッタリングで成膜した。バス電極 32 の材料は、導電性が高い材料を用いると、配線抵抗が低くなり、電極での電圧降下を低減できるので好ましい。

30

【0069】

次に、バス電極上層 34 およびバス電極 32 をエッチングによりパターン化し、後に上部電極 11 がコンタクト電極 55 と接続できるように露出させ、バス電極 32 を形成する(図 20)。この工程で偏向電極 315 を同時に形成する。図 20(a)、図 20(c) に示したように、バス電極 32 に突起部を設けたパターンを用いることで、その突起部を偏向電極 315 として用いる。すなわち、バス電極 32 と偏向電極 315 とは同一材料である。このようにすると、従来と同じ製造工程でつくることが出来るという利点がある。

40

【0070】

次に、コンタクト電極 55 をエッチングによりパターン化する(図 21)。ここでのコンタクト電極 55 のパターン化により、コンタクト電極 55 から電子放出領域 35 への給電状態が決定される。図 21(a) に示した通り、コンタクト電極 55 は電子放出領域 35 の 4 辺のうち、長辺を含む 2 辺が沿うパターンにしてある。上述の通り、電子放出領域 35 の長辺を含む 2 辺給電構造とすることで給電能力を向上させている。

【0071】

図 21(b) の断面図に矢印で示した通り、コンタクト電極 55 の片側(図中、矢印で

50

示した部位)は、バス電極32に対してアンダーカットを形成し、後の工程で上部電極13を電氣的に分離するための庇を形成する。このアンダーカットの存在により、隣接する走査線に接続されたサブ画素の上部電極が互いに電氣的に絶縁(分離)される。これを「画素分離」と呼ぶ。バス電極32と偏向電極315とは同一プロセスで作成しているため、走査電極315の下にもアンダーカットが形成されており、隣接走査線と電氣的に絶縁されている。

【0072】

コンタクト電極55のアンダーカット量は以下のようにして制御する。アンダーカットを形成する部分は、バス電極32の辺をフォトリソマスクとして用いてコンタクト電極55をエッチングする。したがって、コンタクト電極55は、バス電極32に対してアンダーカットが発生する。一方、アンダーカット量が大きすぎると、バス電極32が崩落してバス電極32と第2層間絶縁層51とが接触し、庇がなくなってしまう。そこで過大なアンダーカット形成を防ぐために、コンタクト電極55の材料として、標準電極電位がバス電極32材料よりも貴な材料を用いる。すなわち、コンタクト電極55として、バス電極32材料よりも標準電極電位が高い材料を用いる。

10

【0073】

バス電極をアルミニウムとする場合、このような材料として例えばクロム(Cr)、モリブデン(Mo)、あるいはCr合金など、これらを成分として含む合金、例えばモリブデン-クロム-ニッケル(Mo-Cr-Ni)合金がある。このようにすると、局部電池作用によりコンタクト電極55のサイドエッチが途中で停止するためアンダーカット量が増えすぎることの防止できる。さらに、標準電極電位が卑な(低い)材料であるバス電極のエッチング液への露出面積を制御することで、局部電池作用を制御しコンタクト電極55のサイドエッチの停止位置(すなわち、アンダーカット量)を制御できる。この目的で、クロム(Cr)を材料とするバス電極上層34が形成してある。

20

【0074】

以上の記載からわかるように、コンタクト電極55の材料は、バス電極32の材料よりも標準電極電位が貴な(高い)ものを用いることが好ましい。

【0075】

次に、ドライエッチングなどにより電子放出領域保護層52を除去する(図22)。次に、上部電極11を形成して陰極板601が完成する(図23)。本実施例では、上部電極11としてイリジウム(Ir)、白金(Pt)、金(Au)の積層膜を用いた。上部電極11はスパッタ成膜で形成した。なお、実際には全面に上部電極11が成膜されているが、構成をわかりやすくする目的で、図23(a)では上部電極を取り除いた図を記してある。また、データ線311の位置を点線で記してある。

30

【0076】

図23に示した通り、給電線であるバス電極32からコンタクト電極55を経由して電子放出領域35の上部電極11に電流が供給される。一方、前述の通り、コンタクト電極55には適切な量のアンダーカットが形成されているため、隣接する走査電極310間で互いに電氣的に絶縁されている。

【0077】

本実施例では、バス電極32から電子放出領域35の上部電極11への給電経路として電子放出領域の長辺を含む2辺を用いるという特徴(特徴A)と、バス電極から電子放出領域の上部電極への給電経路から第2層間絶縁層の段差部を無くしたという特徴(特徴B)という、2つの特徴を取り入れた陰極構造を採用している。

40

【0078】

蛍光板602の構成は以下の通りである。図14に示した通り、ガラスなど透光性の面板110にはブラックマトリクス120が形成され、さらに各電子放出領域に対向する位置に蛍光体114が形成されている。カラー画像表示装置の場合は、蛍光体114として赤色蛍光体、緑色蛍光体、青色蛍光体を塗り分ける。さらに、加速電極122が形成されている。加速電極122は膜厚70nm~100nm程度のアルミ膜で形成されており、

50

薄膜電子源 3 0 1 から放出された電子は、加速電極 1 2 2 に印加された加速電圧で加速された後、加速電極 1 2 2 に入射すると、加速電極を透過して蛍光体 1 1 4 に衝突し、蛍光体を発光させる。蛍光板 6 0 2 の作成方法の詳細は、例えば特開 2 0 0 1 8 3 9 0 7 に記載されている。

【 0 0 7 9 】

図 1 0 に示した通り、本実施例では放出された電子の軌道は偏向するので、蛍光体領域 1 1 4 の位置は電子放出領域 3 5 の直上には配置せず、ビームの偏向量を考慮して配置する。すなわち、電子放出領域 3 5 の中心位置と蛍光体領域 1 1 4 の中心位置とをずらすことになる。陰極板 6 0 1 と蛍光板 6 0 2 との間には、スペーサ 6 0 が適当な個数配置されている。図 1 に示したとおり、陰極板 6 0 1 と蛍光板 6 0 2 とは枠部材 6 0 3 を挟んで封着される。さらに、陰極板 6 0 1 と蛍光板 6 0 2 と枠部材 6 0 3 とで囲まれた空間は真空中に排気される。以上の手順で表示パネルが完成する。

10

【 0 0 8 0 】

図 2 4 は、このようにして製作した表示パネル 1 0 0 の駆動回路への結線図である。走査電極 3 1 0 は走査電極駆動回路 4 1 へ結線し、データ電極 3 1 1 はデータ電極駆動回路 4 2 に結線する。加速電極 1 2 2 は抵抗 1 3 0 を経由して加速電極駆動回路 4 3 へ結線する。n 番目の走査電極 3 1 0 R n と m 番目のデータ電極 3 1 1 C m の交点のドットを (n , m) で表すことにする。

【 0 0 8 1 】

抵抗 1 3 0 の抵抗値は以下のように設定した。例えば、対角寸法 5 1 c m (公称 2 0 インチ) の表示装置では表示面積は 1 2 4 0 c m² である。加速電極 1 2 2 と陰極との間の距離を 2 m m に設定した場合、加速電極 1 2 2 と陰極との間の静電容量 C g は約 5 5 0 p F となる。真空放電の発生時間 (2 0 ナノ秒程度) よりも充分長い時定数、例えば 5 0 0 ナノ秒とするために、抵抗 1 3 0 の抵抗値 R s は 9 0 0 以上に設定すればよい。本実施例では 1 8 K に設定した (時定数 1 0 μ s) 。このように時定数 $R s \times C g > 2 0 n s$ を満足する抵抗値の抵抗を加速電極 1 2 2 と加速電極駆動回路 4 3 の間に挿入することにより、表示パネル内での真空放電の発生を抑制する効果がある。

20

【 0 0 8 2 】

図 2 5 は、各駆動回路の発生電圧の波形を示す。図 2 5 には記されていないが、加速電極 1 2 2 には 3 ~ 1 0 K V 程度の電圧 (蛍光面電圧 V a) を印加する。時刻 t 0 ではないずれの電極も電圧ゼロであるので電子は放出されず、したがって、蛍光体 1 1 4 は発光しない。

30

【 0 0 8 3 】

時刻 t 1 において、走査電極 3 1 0 R 1 には $V_{R1} = V_s$ なる電圧の走査パルス 7 5 0 を印加して選択状態にする。走査電極 3 1 0 R 1 以外の選択されていない走査線には V_{ns} なる電圧を印加する。本実施例では $V_{ns} = 0 V$ とした。また、時刻 t 1 において、データ電極 3 1 1 C 1 , C 2 には $-V_{C1}$ なる電圧のデータパルス 7 5 1 を印加する。ドット (1 , 1) , (1 , 2) の下部電極 1 3 と上部電極との間には $(V_{C1} + V_{R1})$ なる電圧が印加されるので、 $(V_{C1} + V_{R1})$ を電子放出開始電圧以上に設定しておけば、この 2 つのドットの薄膜電子源からは電子が真空 1 0 中に放出される。

40

【 0 0 8 4 】

本実施例では、 $V_{R1} = V_s = + 4 V$, $-V_{C1} = - 3 V$ とした。放出された電子は加速電極 1 2 2 に印加された電圧により加速された後、蛍光体 1 1 4 に衝突し、蛍光体 114 を発光させる。時刻 t 2 において、走査電極 310 R 2 に $V_{R1} = V_s$ なる電圧を印加し、データ電極 3 1 1 C 1 に $-V_{C1}$ なる電圧を印加すると、同様にドット (2 , 1) が点灯する。このようにして、図 2 5 の電圧波形を印加すると、図 2 4 の斜線を施したドットのみが点灯する。

【 0 0 8 5 】

このようにして、データ電極 3 1 1 に印加する信号を変えることにより所望の画像または情報を表示することができる。また、データ電極 3 1 1 への印加電圧 $-V_{C1}$ の大きさを

50

画像信号に合わせて適宜変えることにより、階調のある画像を表示することができる。

【0086】

図25に示したように、時刻 t_4 において全ての走査電極310に $-V_{R2}$ なる電圧を印加する。本実施例では $-V_{R2} = -3V$ とした。このとき全てのデータ電極311への印加電圧は0Vなので、薄膜電子源301には $-V_{R2} = -3V$ の電圧が印加される。このように電子放出時とは逆極性の電圧（反転パルス754）を印加することにより絶縁層12内のトラップに蓄積した電荷を解放し、薄膜電子源の寿命特性を向上できる。また、反転パルスを印加する期間（図25の $t_4 \sim t_5$ 、 $t_8 \sim t_9$ ）としては、映像信号の垂直帰線期間を用いると、映像信号との整合性が良い。図24と図25での説明では、簡単のため 3×3 ドットの例を用いて説明したが、実際の画像表示装置では走査電極数が数100～数千本、データ電極数も数100～数千本ある。

10

【0087】

図26は、別の駆動方法を示したものである。この駆動方法では、時刻 $t_2 \sim t_3$ の期間において走査電極310R2に走査パルス750を印加し、走査電極310R2に接続された電子放出素子に隣接する走査電極310R1には偏向パルス755を印加する。偏向パルスの電圧は $V_{def} = -V_{R3}$ とする。このようにして偏向電極315の電圧を適正に設定することで、偏向電極315、コンタクト電極55、上部電極11の電圧関係を最適化し、一層高いビーム偏向効果を得ることができる。

【0088】

図10から分かるように、電子ビーム軌道を偏向させる電子レンズは、蛍光面電圧、偏向電極の電圧、上部電極の電圧が影響する。電子放出時の上部電極 - 偏向電極間電圧は、図25の駆動方法においては $(V_s - V_{ns})$ であり、図26の駆動方法においては $(V_s - V_{def})$ である。電子軌道シミュレーションを行った結果、 $(V_s - V_{def})$ が大きいほどビーム偏向量は大きい。したがって、ビーム偏向量を大きくしたい場合は、 $(V_s - V_{def})$ の絶対値を $(V_s - V_{ns})$ の絶対値より大きくすると良い。また、より好ましい実施の形態として、偏向パルス755の電圧 $-V_{R3}$ を反転パルス754の電圧 $-V_{R2}$ と等しく設定する。このように設定すると、駆動回路が簡略化されるのでより好ましい。

20

【0089】

本実施例の更に好ましい形態として、蛍光体領域144と電子放出領域35の関係を説明する。前述の通り、蛍光体は正イオンの発生を起こしやすい場所であるから、蛍光体領域144を電子放出領域35とは、投射平面図において互いに重ならないように配置すると、正イオンの発生と電子放出領域への照射を一層低減できるので更に好ましい。すなわち、図10において、 $d_3 > 0$ 、 $d_4 > 0$ とすると更に好ましい。条件「 $d_3 > 0$ 」は、電子放出領域に対応する蛍光体領域144が重ならない条件であり、条件「 $d_4 > 0$ 」は、隣接蛍光体領域144が電子放出領域と重ならない条件である。

30

【0090】

本実施例では、偏向電極315は、走査線310（すなわち、バス電極32）と同一材料を用い、同一フォトリソ工程で同時にパターン化する。このようにすることで、偏向電極を導入してもマスク枚数を増やすことなく、従来と同一の製造プロセスで製造できるので、好ましい。

40

【実施例3】

【0091】

本発明の実施例3を図27と図28を用いて説明する。図27は、本実施例で用いる表示パネル100を構成する陰極板601の平面図である。図28は、陰極板601の断面図であり、図28(a)は図27のA-B間断面、(b)はC-D間断面を示す。実施例3と前述の実施例2（図13、図14）とを比べると、本実施例ではコンタクト電極55の形状が異なる。図13ではコンタクト電極55は電子放出領域35の長辺に沿って延びた枝上の張り出し部を有しているが、本実施例（図27）ではその張り出し部がない。

【0092】

50

図 28 (b) から分かるように、上部電極 11 は走査電極 310 (すなわち、バス電極 32) と偏向電極 315 以外は、ほぼ全面に形成されている。コンタクト電極 55 の膜厚 (本実施例では $0.1 \mu\text{m}$ 厚) は偏向電極 315 の膜厚 $10 \mu\text{m}$ の $1/100$ なので、コンタクト電極の形状は電子放出領域 35 近傍の電界分布にあまり影響しない。したがって、図 27 と図 28 の電極形状でも、前実施例と同様なビーム偏向効果が得られる。

【0093】

本実施例 (図 27) では、コンタクト電極の形状が単純なので製造しやすいという利点がある。特にコンタクト電極のパターン化の際、横方向のマスク合わせに高い精度が必要なくなるので作りやすい。一方、図 13 のコンタクト電極形状は、給電能力が高く薄膜電子源の電子放出効率を高めたり、信頼性を高めたりできる利点がある。この点を図 29 を用いて説明する。コンタクト電極 55 は、走査線 310 (本実施例ではバス電極 32 で構成される) と上部電極 11 を電氣的に接続する役割がある。薄膜電子源では電子放出領域 35 全体に電流を供給しなければならないが、上部電極 11 は 10 nm 以下程度と薄いので抵抗が高い。そこで、膜厚が 100 nm 程度として抵抗を低くしたコンタクト電極 55 を経由して電流を給電するわけである。

【0094】

コンタクト電極形状と給電能力との関係を図 29 を用いて説明する。図 29 は電子放出領域 35、コンタクト電極 55、走査電極 310 (本実施例ではバス電極 32 で構成される) の配置を模式的に示したものである。図 29 (a) は図 27 の実施例に対応し、(b) は図 13 の実施例に対応する。

【0095】

図 29 (a) のコンタクト電極形状では、電流は電子放出領域 35 のひとつの辺 871 のみから給電されるので電流が辺 871 に集中するため、上部電極 11 に流れる電流密度が比較的大きい。一方、図 29 (b) のコンタクト電極形状では、電流は電子放出領域 35 の二つの辺 871, 872 から給電されるので電流が分散する。このため、上部電極 11 に流れる電流密度が減少し、上部電極に要求される抵抗値が高くても許容される。このため、上部電極膜厚を薄くすることが可能になる。上部電極を薄くすると、上部電極内でのホットエレクトロンの非弾性散乱が減るため、電子放出効率が高くなる。また、電流が分散するため、コンタクト電極と上部電極との間の接続信頼性が高まる。

【0096】

カラー画像表示装置では、多くの場合、赤色、緑色、青色のサブ画素を横方向に配置して 1 画素を構成する。1 画素はほぼ正方形であるから、各サブ画素の形状は縦長になることが一般的である。これに対応して、各サブ画素に対応する電子放出領域 35 の形状も縦長にする。この理由により、カラー画像表示装置では、図 29 の $b0/a0$ 比は通常 1 より大きく、典型的には 2 ~ 3 である。このため、図 29 (a) では電子放出領域 35 の短い方の辺 (短辺) に電流が集中することになる。図 29 (b) では、長さ $b0$ の長辺からも電流を供給するので、電流が分散される。このように、電子放出領域 35 の長辺に沿ってコンタクト電極 55 を配置すると、上部電極に流れる電流密度が減少し、より好ましい。

【実施例 4】

【0097】

本発明の実施例 4 を図 31 を用いて説明する。本実施例は薄膜電子源を電子放出素子として用いたものである。図 31 は、表示パネルを構成する陰極板 601 の平面図であり、主な構成要素のみ記した図である。図 31 は前述の実施例の図 11 に対応するものである。図 31 では、陰極板 601 を構成する要素のうち、走査線 310、コンタクト電極 55、各電子放出素子 301 の電子放出領域 35 のみを記載してある。電子放出領域 35 - 2 はコンタクト電極 55 を介して走査線 310 - 2 に電氣的に接続されている。

【0098】

本実施例では、走査線 301 の膜厚を厚さ $6 \mu\text{m}$ とすることで、走査線 301 の高さを上部電極高さより十分高くし、走査線 301 に偏向電極の働きを兼用させるものである。

図 3 1 に示す通り、隣接する走査線 3 0 1 間の内端の距離の中心線 G - H 4 3 0 を含まないように、電子放出領域 3 5 を配置する。このようにすることで、電子放出領域から放出した電子が（図面の）上下方向に偏向する。

【 0 0 9 9 】

ここで電極の「高さ」とは、前述の通り図 3 0 で定義される値である。すなわち、図 3 0 (a) のように、基板 1 4 に偏向電極 3 1 5 が直接形成される場合には、その膜厚が高さ h_0 になる。また、図 3 0 (b) のように、誘電体 3 8 5 の上に偏向電極 3 1 5 が形成される場合には、偏向電極 3 1 5 の最も高い位置までの長さ（図中の h_0 ）が高さを定義する。図 3 0 では偏向電極 3 1 5 の高さを示しているが、走査線 3 0 1 の高さは、図 3 0 で偏向電極 3 1 5 を走査線 3 0 1 に読み替えて定義する。図 3 0 (b) のような場合でも、高さ h_0 が電子レンズ特性を主に支配する。

10

【 0 1 0 0 】

本実施例では、走査線 3 0 1 に図 1 1 のような偏向電極 3 1 5 の張り出し部を設けることなく、走査線 3 0 1 自体の高さを利用して偏向電極の働きを持たせている。実施例 2 と比較すると、配線パターンが単純なため製作しやすいという利点がある。

【 0 1 0 1 】

一方、実施例 2 では、図 1 1 に示すように、偏向電極 3 1 5 が走査線 3 0 1 と平行な軸に沿って周期的に配置されている。すなわち、偏向電極 3 1 5 が周期的に配置されているが、この繰り返し方向が走査線 3 0 1 と平行である。これにより電子ビームは図 1 0 に示したように、走査線 3 0 1 と平行な方向に偏向する。この方向にビームを偏向させることの主な利点は 2 つある。

20

【 0 1 0 2 】

第 1 は、隣接する偏向電極 3 1 5 間の距離（周期）が短いことである。偏向電極 3 1 5 間の距離が短いほど、電子レンズ効果が強まるため、電子ビームの偏向量が増える。このため、イオン照射の影響をより低減できる。そして、前述の通り、カラー画像表示装置においては、サブ画素を水平方向に配置することが多いため、図 1 1 のように偏向電極 3 1 5 を走査線 3 0 1 と平行な軸に沿って周期的に配置した方が、偏向電極間の距離が短くなる。

【 0 1 0 3 】

第 2 は、スペーサ 6 0 と平行な方向に電子ビームを偏向させることで、スペーサの帯電を防ぐ上で好ましいということである。スペーサ 6 0 が帯電すると表示パネル内の電界が歪むため、電子ビームが所望の経路からはずれ、表示画像に悪影響する場合がある。電子ビームの偏向方向がスペーサ 6 0 と平行方向であれば、スペーサの帯電を防げる。そして、典型的な表示パネルでは、図 1 3 に示したように、スペーサ 6 0 は走査線 3 0 1 （バス電極 3 2 , 3 4 ）と平行方向に配置される。したがって、図 1 1 のように偏向電極 3 1 5 を走査線 3 0 1 と平行な軸に沿って周期的に配置することで、ビーム偏向の方向がスペーサ 6 0 と平行な方向になる。

30

【 実施例 5 】

【 0 1 0 4 】

本発明の実施例 5 を図 3 2 と図 3 3 を用いて説明する。実施例 5 は薄膜電子源を電子放出素子として用いたものである。図 3 2 は、本実施例の画像表示装置で用いる表示パネル 1 0 0 の一部の断面図である。また、図 3 3 は、対応する平面図である。図 3 3 の A - B 間断面図が図 3 2 である。図 3 2 では、薄膜電子源で構成される電子放出素子 3 0 1 については、その電子放出領域 3 5 のみ記載してある。薄膜電子源の内部構造、すなわち上部電極 1 1、電子加速層 1 2、下部電極 1 3 という内部構造、および層間絶縁膜やデータ線などの詳細な配線構造は記載を省略してある。これらの詳細構造は前述した実施例 2 と同様である。

40

【 0 1 0 5 】

図 3 3 の平面図は、走査線 3 1 0、コンタクト電極 5 5、電子放出領域 3 5、遮蔽電極 3 7 1 の位置関係を示す概略平面図であり、その他の構成要素は図示を省略した。図 3 2

50

では、電子放出領域 35 を構成要素とする電子放出素子 301 の上部電極 11 は、コンタクト電極 55 を介して走査線 310 に電氣的に接続されている。走査線 310 の高さは $10\text{ }\mu\text{m}$ である。走査線 310 の上には誘電体層 372 が配置され、その上には遮蔽電極 371 が設置されている。遮蔽電極 371 は電子放出領域 35 の直上に張り出しており、その張り出し長さ $L2$ は $50\text{ }\mu\text{m}$ である。誘電体層 372 の膜厚 $T2$ は $100\text{ }\mu\text{m}$ である。陰極板 601 と蛍光板 602 との距離 $L0$ は 3 mm とした。蛍光面電圧 Va は 10 KV とした。この条件における電子放出領域 35 から放出された電子ビームの軌道をシミュレーションで求めたものが電子軌道 921 である。電子放出領域 35 から放出した電子ビームは蛍光板 602 に達すると $400\text{ }\mu\text{m}$ 偏向する。そして、蛍光体 114 に照射し蛍光体を発光させる。

10

【0106】

本実施例の特徴は、遮蔽電極 371 と電子放出領域 35 を同一平面に投射した投射平面図において、電子放出領域 35 が遮蔽電極 371 に覆われていることである。すなわち、遮蔽電極 371 の張り出し長さ $L2$ が十分大きく、電子放出領域 35 全体を覆うようになっている。このようにすると、パネル内の蛍光板 602 近傍で発生したイオンが陰極板 601 に照射しても、遮蔽電極 371 により遮蔽され電子放出領域 35 には到達しない。このため、電子放出素子 301 を構成する薄膜電子源は劣化しない。

【0107】

本実施例の表示パネル 100 は以下のように製作する。図 21 の工程までは実施例 2 と同様の工程で製作する。次に、光感光性ガラスを塗布してパターン化することで誘電体層 372 を形成する。その後で、図 22 と図 23 の工程で上部電極 11 を成膜して、陰極板 601 を製作する。蛍光板 602 と組み合わせて表示パネル 100 を組み立てる際、スリット形状の遮蔽電極 371 を挿入する。この際、遮蔽電極 371 の端子部は表示パネル外に取り出しておく。本実施例の画像表示装置の駆動波形は図 25 の波形を用いる。遮蔽電極 371 は 0 V に設定する。

20

【図面の簡単な説明】

【0108】

【図 1】マトリクス電子源ディスプレイの断面を示す模式図である。

【図 2】薄膜電子源の電子放出機構を説明するための図である。

【図 3】表面伝導型電子放出素子の構造を示す図である。

30

【図 4】表示パネル内の電位分布を示す模式図である。

【図 5】電子放出素子の劣化を示す図である。

【図 6】本発明に係る画像表示装置の第 1 の実施例の表示パネルの断面模式図である。

【図 7】第 1 の実施例における蛍光体領域と電子放出領域の投影平面図を示す図である。

【図 8】第 1 実施例の陰極平面図を示す図である。

【図 9】第 1 実施例の駆動波形を示す図である。

【図 10】本発明に係る画像表示装置の表示パネルの断面を示す図である。

【図 11】本発明に係る画像表示装置の第 2 の実施例の陰極板の平面図である。

【図 12】電子ビームが偏向する機構を示す図である。

【図 13】本発明に係る画像表示装置の第 2 の実施例の陰極板の一部を示す平面図である。

40

【図 14】本発明に係る画像表示装置の第 2 の実施例の陰極板の一部を示す断面図である。

【図 15】本発明に係る画像表示装置の第 2 の実施例の陰極板の作成プロセスを説明するための図である。

【図 16】本発明に係る画像表示装置の第 2 の実施例の陰極板の作成プロセスを説明するための図である。

【図 17】本発明に係る画像表示装置の第 2 の実施例の陰極板の作成プロセスを説明するための図である。

【図 18】本発明に係る画像表示装置の第 2 の実施例の陰極板の作成プロセスを説明する

50

ための図である。

【図 19】本発明に係る画像表示装置の第 2 の実施例の陰極板の作成プロセスを説明するための図である。

【図 20】本発明に係る画像表示装置の第 2 の実施例の陰極板の作成プロセスを説明するための図である。

【図 21】本発明に係る画像表示装置の第 2 の実施例の陰極板の作成プロセスを説明するための図である。

【図 22】本発明に係る画像表示装置の第 2 の実施例の陰極板の作成プロセスを説明するための図である。

【図 23】本発明に係る画像表示装置の第 2 の実施例の陰極板の作成プロセスを説明するための図である。

【図 24】本発明に係る画像表示装置の第 2 の実施例の表示パネルと駆動回路との結線を示した図である。

【図 25】本発明に係る画像表示装置の第 2 の実施例の駆動波形を示した図である。

【図 26】本発明に係る画像表示装置の別の実施例の駆動波形を示した図である。

【図 27】本発明に係る画像表示装置の第 3 の実施例の陰極板の一部を示す平面図である。

【図 28】本発明に係る画像表示装置の第 3 の実施例の陰極板の一部を示す平面図である。

【図 29】コンタクト電極形状による給電能力を説明する図である。

【図 30】本明細書における高さの定義を説明する図である。

【図 31】本発明に係る画像表示装置の第 4 の実施例の陰極板の一部を示す図である。

【図 32】本発明に係る画像表示装置の第 5 の実施例の陰極板の一部を示す断面図である。

【図 33】本発明に係る画像表示装置の第 5 の実施例の陰極板の一部を示す平面図である。

【符号の説明】

【0109】

11・・・上部電極、12・・・トンネル絶縁層、13・・・下部電極、14・・・基板、15・・・第 1 層間絶縁層、32・・・バス電極、34・・・バス電極上層、35・・・電子放出領域、41・・・走査駆動回路、42・・・データ駆動回路、43・・・加速電極駆動回路、51・・・第 2 層間絶縁層、52・・・電子放出領域保護層、55・・・コンタクト電極、60・・・スペーサ、100・・・表示パネル、110・・・面板、114・・・蛍光体、120・・・ブラックマトリクス、122・・・加速電極、130・・・抵抗、301・・・電子放出素子、305・・・給電電極、306・・・接続電極、310・・・走査線、311・・・データ線、315・・・偏向電極、331・・・電子ビーム偏向電極 A、332・・・ビーム偏向電極 B、371・・・遮蔽電極、430・・・中心線、601・・・陰極板、602・・・蛍光板、603・・・枠部材、750・・・走査パルス、751・・・データパルス、754・・・反転パルス、755・・・偏向パルス、811・・・正極膜、812・・・電子放出間隙、813・・・負極膜、921・・・電子ビーム軌道、922・・・正イオンビーム軌道。

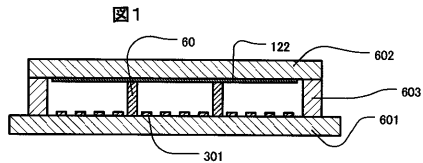
10

20

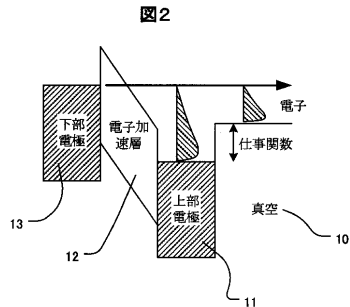
30

40

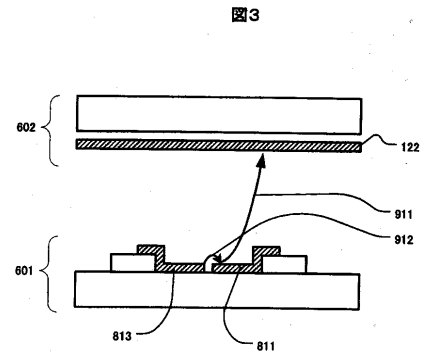
【図1】



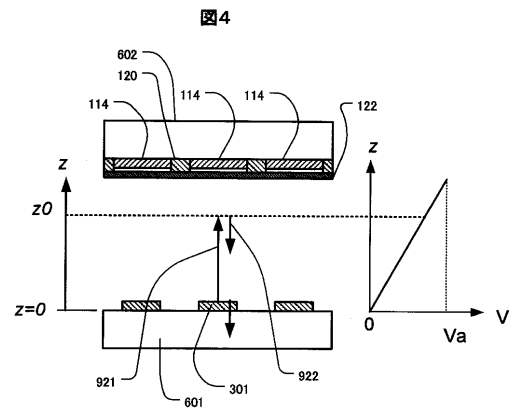
【図2】



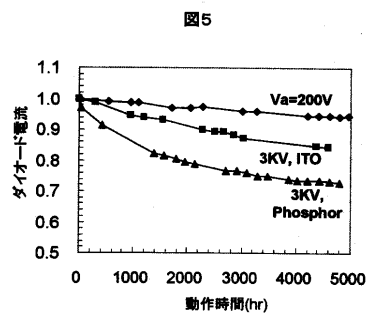
【図3】



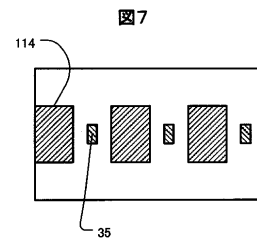
【図4】



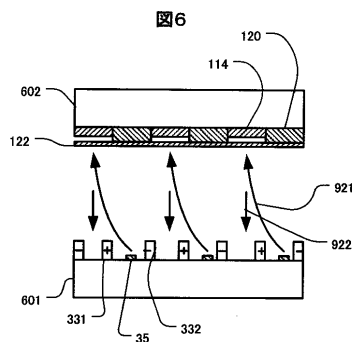
【図5】



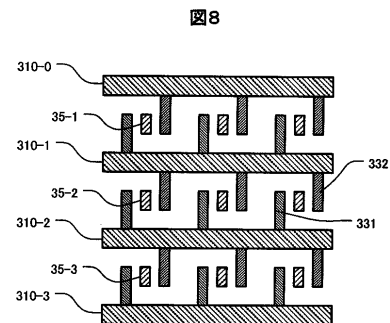
【図7】



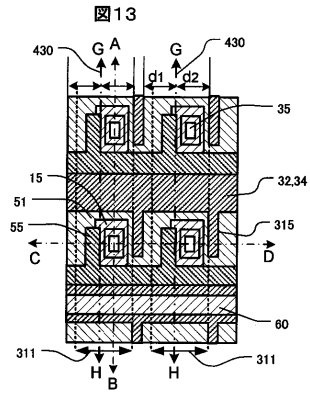
【図6】



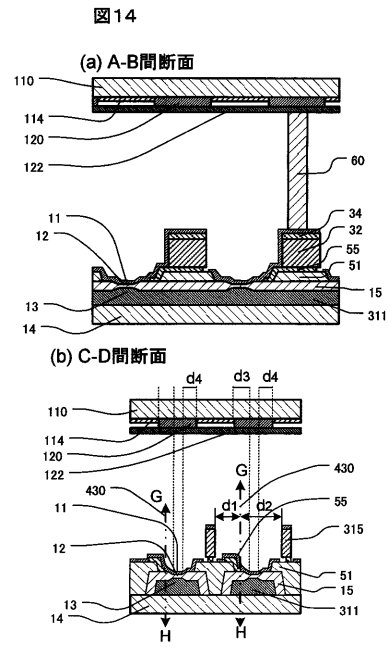
【図8】



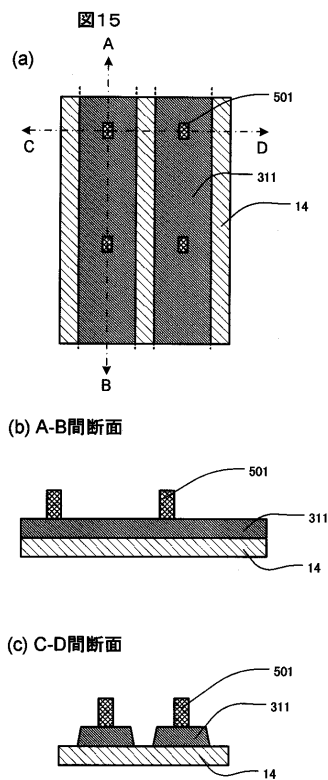
【図 13】



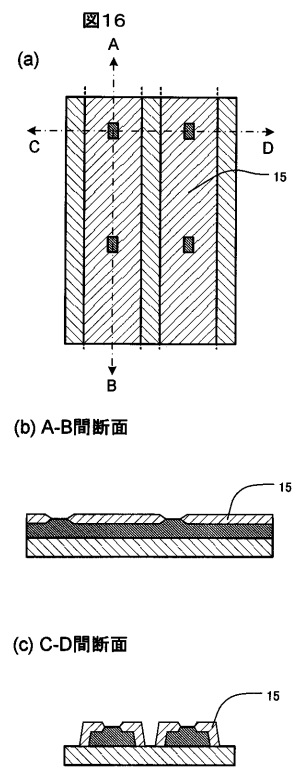
【図 14】



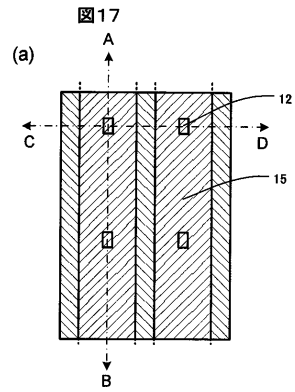
【図 15】



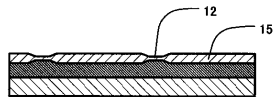
【図 16】



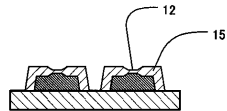
【図 17】



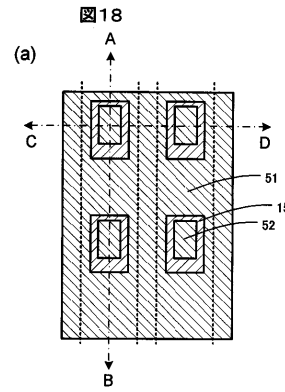
(b) A-B間断面



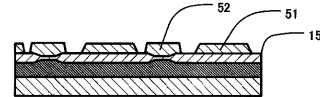
(c) C-D間断面



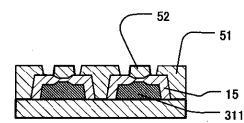
【図 18】



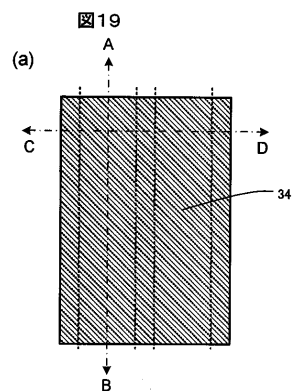
(b) A-B間断面



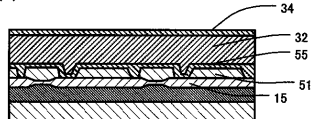
(c) C-D間断面



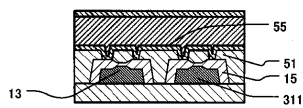
【図 19】



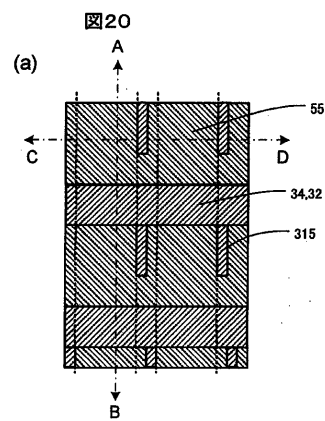
(b) A-B間断面



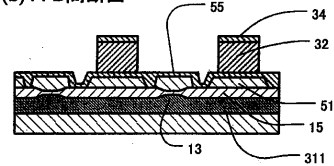
(c) C-D間断面



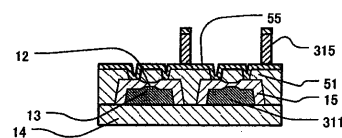
【図 20】



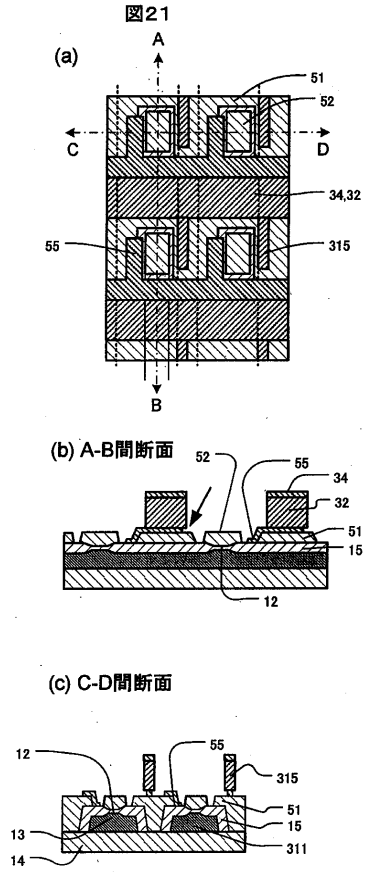
(b) A-B間断面



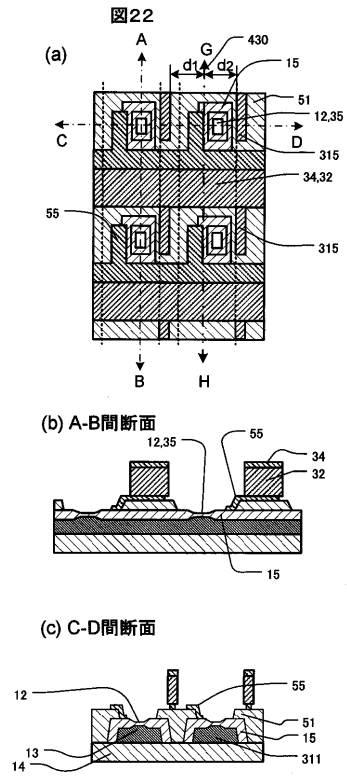
(c) C-D間断面



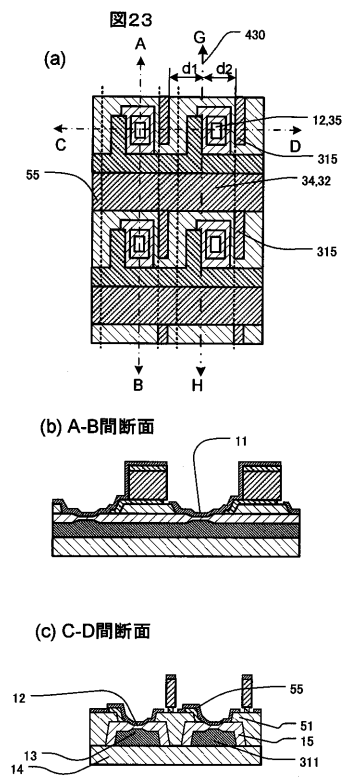
【図 2 1】



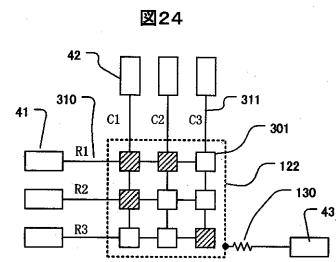
【図 2 2】



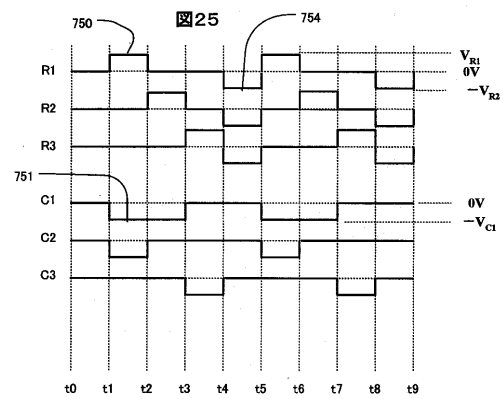
【図 2 3】



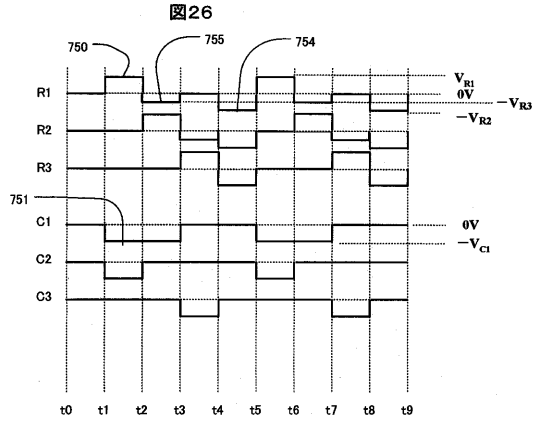
【図 2 4】



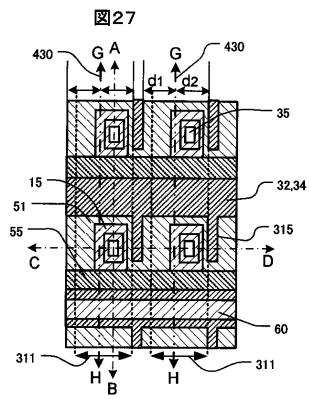
【図 2 5】



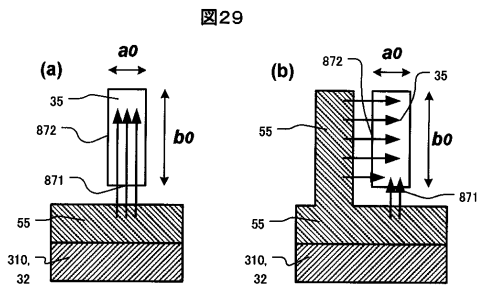
【図 26】



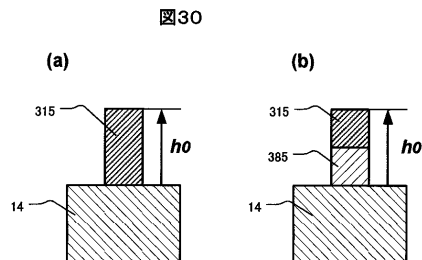
【図 27】



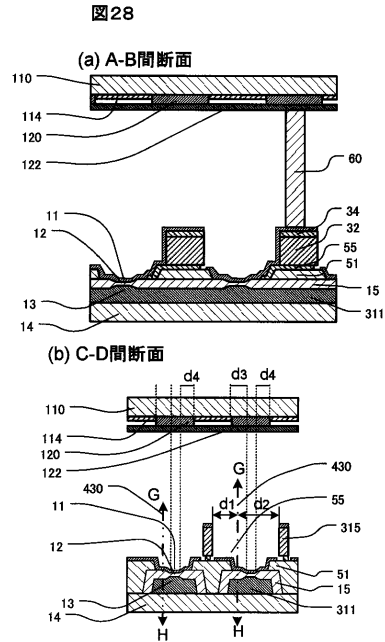
【図 29】



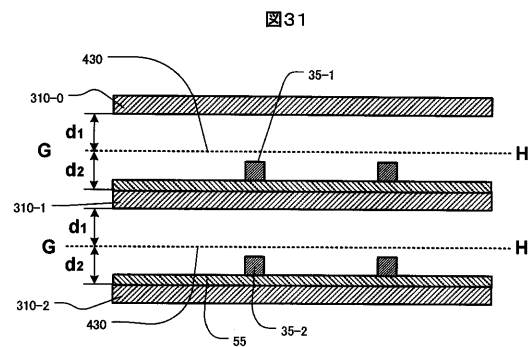
【図 30】



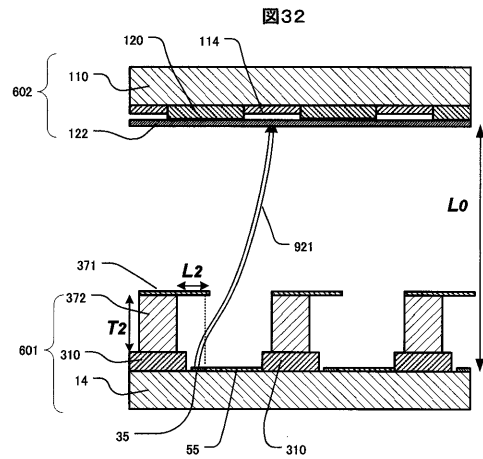
【図 28】



【図 31】



【図 32】



【図 33】

