(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2005-129486
(P2005-129486A)
(43)公開日　平成17年5月19日(2005.5.19)

(51)Int.Cl.[7]	F I		テーマコード（参考）
H01J 63/06	H01J 63/06		5C039
H01J 1/312	H01J 1/30	M	5C135

審査請求 未請求　請求項の数 17　ＯＬ　（全 62 頁）

(21)出願番号　特願2004-188597 (P2004-188597)
(22)出願日　平成16年6月25日 (2004.6.25)
(31)優先権主張番号　10/730754
(32)優先日　平成15年12月8日 (2003.12.8)
(33)優先権主張国　米国(US)
(31)優先権主張番号　特願2003-298523 (P2003-298523)
(32)優先日　平成15年8月22日 (2003.8.22)
(33)優先権主張国　日本国(JP)
(31)優先権主張番号　特願2003-345992 (P2003-345992)
(32)優先日　平成15年10月3日 (2003.10.3)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(71)出願人　000004064
日本碍子株式会社
愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番５６号
(74)代理人　100077665
弁理士　千葉　剛宏
(74)代理人　100116676
弁理士　宮寺　利幸
(72)発明者　武内　幸久
愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番５６号
日本碍子株式会社内
(72)発明者　七瀧　努
愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番５６号
日本碍子株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】光源

(57)【要約】
【課題】誘電体にて構成されたエミッタ部を有する電子放出素子において、電子の過剰放出を抑制して、電子放出に伴う電極等での損傷等を防止し、長寿命化及び信頼性の向上を図る。
【解決手段】光源１０Ａは、複数の電子放出素子１２が二次元的に配列された発光部１４と、該発光部１４の各電子放出素子１２に対して駆動電圧Ｖａを印加する駆動回路１６とを有する。駆動回路１６は、外部（点灯／消灯スイッチ等）からの点灯／消灯を示す制御信号Ｓｃに基づいて、各電子放出素子１２の上部電極１８及び下部電極２０に駆動電圧Ｖａを印加して、各電子放出素子１２を駆動制御する。各電子放出素子１２は、板状のエミッタ部２２と、該エミッタ部２２の表面に形成された上部電極１８と、エミッタ部２２の裏面に形成された下部電極２０とを有する。
【選択図】図１

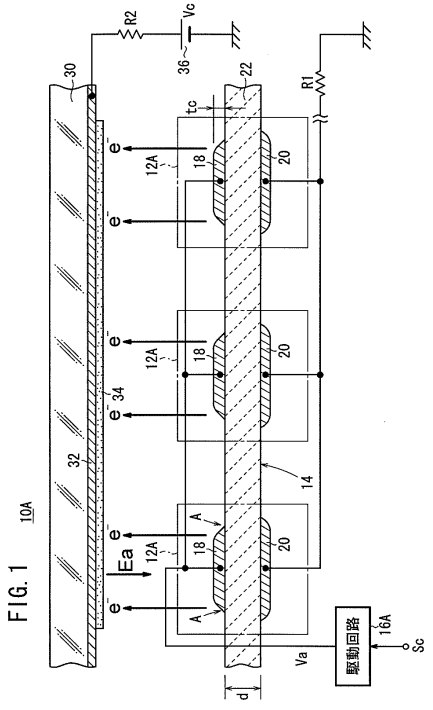


FIG. 1

【特許請求の範囲】
【請求項１】
電子が物質に衝突することによって光を発生する光源において、
前記電子の発生源は、電子放出素子であり、
前記電子放出素子は、
誘電体にて構成されたエミッタ部と、前記エミッタ部に形成された第１の電極及び第２の電極とを有し、
前記第１の電極と前記第２の電極間に駆動電圧が印加されることによって、少なくとも前記エミッタ部の一部が分極反転あるいは分極変化されることで電子放出を行うことを特徴とする光源。
【請求項２】
請求項１記載の光源において、
前記第１の電極と前記第２の電極間に前記駆動電圧が印加されることによって、少なくとも前記エミッタ部の一部が分極反転され、この分極反転によって、前記第１の電極の周辺に双極子の正極側が配されることで、前記第１の電極から１次電子が引き出され、
前記第１の電極から引き出された１次電子が前記エミッタ部に衝突して、該エミッタ部から２次電子が放出されることを特徴とする光源。
【請求項３】
請求項２記載の光源において、
前記第１の電極、前記エミッタ部及び真空雰囲気の３重点を有し、
前記第１の電極のうち、３重点近傍の部分から１次電子が引き出され、
前記引き出された１次電子が前記エミッタ部に衝突して、該エミッタ部から２次電子が放出されることを特徴とする光源。
【請求項４】
電子が衝突することによって光を発生する光源において、
前記電子の発生源が電子放出素子であり、
前記電子放出素子は、
誘電体で構成されたエミッタ部と、電子放出のための駆動電圧が印加される第１の電極及び第２の電極とを有し、
前記第１の電極は、前記エミッタ部の第１の面に形成され、
前記第２の電極は、前記エミッタ部の第２の面に形成され、
少なくとも前記第１の電極は、前記エミッタ部が露出される複数の貫通部を有し、
前記第１の電極のうち、前記貫通部の周部における前記エミッタ部と対向する面が、前記エミッタ部から離間していることを特徴とする光源。
【請求項５】
請求項４記載の光源において、
前記電子放出素子は、
第１段階に、前記第１の電極から前記エミッタ部に向けて電子放出が行われて、前記エミッタ部が帯電され、
第２段階に、前記エミッタ部から電子放出が行われることを特徴とする光源。
【請求項６】
請求項４又は５記載の光源において、
前記第１段階における前記エミッタ部の帯電量に応じた電子が、前記第２段階に前記エミッタ部から放出されることを特徴とする光源。
【請求項７】
請求項４～６のいずれか１項に記載の光源において、
前記第１段階における前記エミッタ部の帯電量が、前記第２段階での電子放出が行われるまで維持されることを特徴とする光源。
【請求項８】
請求項１～７のいずれか１項に記載の光源において、

前記エミッタ部は、圧電材料、反強誘電体材料又は電歪材料で構成されていることを特徴とする光源。

【請求項９】

請求項１～８のいずれか１項に記載の光源において、

前記第１の電極と前記第２の電極間に前記エミッタ部の少なくとも一部を分極反転あるいは分極変化させるための交流パルスを印加する手段を有し、

前記エミッタ部から電子を間欠的に放出することを特徴とする光源。

【請求項１０】

請求項９記載の光源において、

１回の電子放出による発光が消光する前に次の電子放出を行うことで、連続発光することを特徴とする光源。

【請求項１１】

請求項１～１０のいずれか１項に記載の光源において、

前記電子放出素子を複数有し、該複数の電子放出素子が二次元的に配列されていることを特徴とする光源。

【請求項１２】

請求項１１記載の光源において、

前記複数の電子放出素子が２つのグループに分けられ、

一方のグループに含まれる電子放出素子の発光時に、他方のグループに含まれる電子放出素子が、前記一方のグループに含まれる電子放出素子の電力を回収し、

前記他方のグループに含まれる電子放出素子の発光時に、一方のグループに含まれる電子放出素子が、前記他方のグループに含まれる電子放出素子の電力を回収する手段を有することを特徴とする光源。

【請求項１３】

請求項１～１２のいずれか１項に記載の光源において、

前記駆動電圧を制御信号に基づいて変調して、前記電子放出素子の電子放出量を制御することによって調光を行う手段を有することを特徴とする光源。

【請求項１４】

請求項１～１０のいずれか１項に記載の光源において、

２以上の面光源部を有し、

前記各面光源部は、前記電子放出素子を複数有し、該複数の電子放出素子が二次元的に配列されていることを特徴とする光源。

【請求項１５】

請求項１４記載の光源において、

前記各面光源部に含まれる前記複数の電子放出素子がそれぞれ２つのグループに分けられ、

一方のグループに含まれる電子放出素子の発光時に、他方のグループに含まれる電子放出素子が、前記一方のグループに含まれる電子放出素子の電力を回収し、

前記他方のグループに含まれる電子放出素子の発光時に、一方のグループに含まれる電子放出素子が、前記他方のグループに含まれる電子放出素子の電力を回収する手段を有することを特徴とする光源。

【請求項１６】

請求項１４記載の光源において、

前記２以上の面光源部が２つのグループに分けられ、

一方のグループに含まれる電子放出素子の発光時に、他方のグループに含まれる電子放出素子が、前記一方のグループに含まれる電子放出素子の電力を回収し、

前記他方のグループに含まれる電子放出素子の発光時に、一方のグループに含まれる電子放出素子が、前記他方のグループに含まれる電子放出素子の電力を回収する手段を有することを特徴とする光源。

【請求項１７】

請求項１４～１６のいずれか１項に記載の光源において、
前記各面光源部について、それぞれ電子放出素子に印加される駆動電圧を、対応する制御信号に基づいて変調して、前記電子放出素子の電子放出量を制御することによって各面光源部の調光を行う手段を有することを特徴とする光源。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、エミッタ部に形成された上部電極と下部電極を有する電子放出素子を用いた光源（面光源を含む）に関する。
【背景技術】
【０００２】
近時、電子放出素子は、駆動電極及びコモン電極を有し、フィールドエミッションディスプレイ（ＦＥＤ）やバックライトのような種々のアプリケーションに適用されている。ＦＥＤに適用する場合、複数の電子放出素子を二次元的に配列し、これら電子放出素子に対する複数の蛍光体を、所定の間隔をもってそれぞれ配置するようにしている。
【０００３】
この電子放出素子の従来例としては、例えば特許文献１～５があるが、いずれもエミッタ部に誘電体を用いていないため、対向電極間にフォーミング加工もしくは微細加工が必要となったり、電子放出のために高電圧を印加しなければならず、また、パネル製作工程が複雑で製造コストが高くなるという問題がある。
【０００４】
そこで、エミッタ部を誘電体で構成することが考えられているが、誘電体からの電子放出として、以下の非特許文献１、２にて諸説が述べられている。
【０００５】
【特許文献１】特開平１－３１１５３３号公報
【特許文献２】特開平７－１４７１３１号公報
【特許文献３】特開２０００－２８５８０１号公報
【特許文献４】特公昭４６－２０９４４号公報
【特許文献５】特公昭４４－２６１２５号公報
【非特許文献１】安岡、石井「強誘電体陰極を用いたパルス電子源」応用物理第６８巻第５号、ｐ５４６～５５０（１９９９）
【非特許文献２】V.F.Puchkarev, G.A.Mesyats, On the mechanism of emission from the ferroelectric ceramic cathode, J.Appl.Phys., vol. 78, No. 9, 1 November, 1995, p. 5633-5637
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００６】
上述した従来の電子放出素子においては、誘電体の表面、誘電体と上部電極との界面、誘電体内部の欠陥準位に拘束された電子を誘電体の分極反転によって放出するようにしている。つまり、誘電体にて分極反転さえ起きれば、印加電圧パルスの電圧レベルに依存せず、放出電子量はほぼ一定となる。
【０００７】
しかしながら、電子放出が安定せず、電子放出回数はたかだか数万回程度までであり、例えば光源として用いた場合の実用性に乏しいという問題がある。
【０００８】
本発明はこのような課題を考慮してなされたものであり、誘電体にて構成されたエミッタ部を有する電子放出素子において、電子の過剰放出を抑制して、電子放出に伴う電極等での損傷等を防止することができ、長寿命化及び信頼性の向上を図ることができる光源を提供することを目的とする。
【０００９】

また、本発明の他の目的は、高い電界集中を容易に発生させることができ、しかも、電子放出箇所を多くすることができ、電子放出について高出力、高効率を図ることができ、低電圧駆動も可能な光源を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【００１０】

第１の発明に係る光源は、電子が物質に衝突することによって光を発生する光源において、前記電子の発生源は、電子放出素子であり、前記電子放出素子は、誘電体にて構成されたエミッタ部と、前記エミッタ部に形成された第１の電極及び第２の電極とを有し、前記第１の電極と前記第２の電極間に駆動電圧が印加されることによって、少なくとも前記エミッタ部の一部が分極反転あるいは分極変化されることで電子放出を行うことを特徴とする。前記エミッタ部は、圧電材料、反強誘電体材料又は電歪材料で構成することができる。

【００１１】

ここで、第１の発明に係る電子放出素子の作用について説明する。先ず、第１の電極と第２の電極間に駆動電圧が印加されることによって、少なくともエミッタ部の一部が分極反転あるいは分極変化され、第２の電極よりも電位が低い前記第１の電極の近傍から電子が放出されることになる。即ち、この分極反転あるいは分極変化によって、第１の電極とその近傍の双極子の正極側とで局所的な集中電界が発生することにより、前記第１の電極から１次電子が引き出され、前記第１の電極から引き出された１次電子が前記エミッタ部に衝突して、該エミッタ部から２次電子が放出される。

【００１２】

前記第１の電極、前記エミッタ部及び真空雰囲気の３重点を有する場合には、前記第１の電極のうち、３重点近傍の部分から１次電子が引き出され、前記引き出された１次電子が前記エミッタ部に衝突して、該エミッタ部から２次電子が放出される。ここで述べる２次電子は、１次電子のクーロン衝突でエネルギーを得て、エミッタ部の外へ飛び出した固体内電子とオージェ電子と、１次電子がエミッタ部の表面近くで散乱したもの（反射電子）の全てを含む。なお、前記第１の電極の厚みが極薄（～１０ｎｍ）である場合には、該第１の電極とエミッタ部との界面から電子が放出されることになる。

【００１３】

このような原理によって電子が放出されることから、本発明に係る光源は、電子放出が安定して行われ、電子放出の回数も２０億回以上を実現でき、光源として実用性に富む。しかも、放出電子量は、第１の電極と第２の電極間に印加される駆動電圧のレベルにほぼ比例して増加することから、放出電子量を容易に制御できるという利点もある。

【００１４】

なお、第２の電極に引かれた電子は、主に第２の電極の近傍に存在する気体又は第２の電極を構成する原子等を正イオンと電子に電離する。前記第２の電極の近傍に存在する前記第２の電極を構成する原子は、該第２の電極の一部が蒸散した結果生じた原子であり、該原子は前記第２の電極の近傍に浮遊している。そして、前記電離によって発生した電子が更に気体や前記原子等を電離するため、指数関数的に電子が増え、これが進行して電子と正イオンが中性的に存在すると局所プラズマとなる。

【００１５】

そして、前記電離によって発生した正イオンが、例えば第１の電極に衝突することによって、第１の電極が損傷することも考えられる。

【００１６】

そこで、エミッタ部の第１の面に第１の電極を形成し、エミッタ部の第２の面に第２の電極を形成するようにすれば、第１の電極から放出された電子が、局所アノードとして存在するエミッタ部の双極子の＋極に引かれ、第１の電極の近傍におけるエミッタ部の第１の面において、負極性への帯電が進行することになる。その結果、電子の加速因子（局所的な電位差）が緩和され、２次電子放出に至るポテンシャルが存在しなくなり、前記エミッタ部の第１の面が負極性に帯電していくことになる。

【００１７】
そのため、双極子における局所的なアノードの正極性が弱められ、局所的なアノードと局所的なカソード間の電界の強さが小さくなり、電子放出が停止することになる。
【００１８】
このように、本発明においては、電子の過剰放出を抑制して、電子放出に伴う第１の電極での損傷等を防止することができ、電子放出素子を用いた光源の長寿命化及び信頼性の向上を図ることができる。
【００１９】
次に、第２の発明に係る光源は、電子が衝突することによって光を発生する光源において、前記電子の発生源が電子放出素子であり、前記電子放出素子は、誘電体で構成されたエミッタ部と、電子放出のための駆動電圧が印加される第１の電極及び第２の電極とを有し、前記第１の電極は、前記エミッタ部の第１の面に形成され、前記第２の電極は、前記エミッタ部の第２の面に形成され、少なくとも前記第１の電極は、前記エミッタ部が露出される複数の貫通部を有し、前記第１の電極のうち、前記貫通部の周部における前記エミッタ部と対向する面が、前記エミッタ部から離間していることを特徴とする（第２の発明）。この場合、前記電子放出素子は、第１段階に、前記第１の電極から前記エミッタ部に向けて電子放出が行われて、前記エミッタ部が帯電され、第２段階に、前記エミッタ部から電子放出が行われるようにしてもよい。
【００２０】
ここで、第２の発明に係る電子放出素子の作用について説明する。先ず、第１の電極と第２の電極との間に駆動電圧が印加される。この駆動電圧は、例えば、パルス電圧あるいは交流電圧のように、時間の経過に伴って、基準電圧（例えば０Ｖ）よりも高い又は低い電圧レベルから基準電圧よりも低い又は高い電圧レベルに急激に変化する電圧として定義される。
【００２１】
また、エミッタ部の第１の面と第１の電極と該電子放出素子の周囲の媒質（例えば、真空）との接触箇所においてトリプルジャンクションが形成されている。ここで、トリプルジャンクションとは、第１の電極とエミッタ部と真空との接触により形成される電界集中部として定義される。なお、前記トリプルジャンクションには、第１の電極とエミッタ部と真空が１つのポイントとして存在する３重点も含まれる。本発明では、トリプルジャンクションは、複数の貫通部の周部や第１の電極の周縁部に形成されることになる。従って、第１の電極と第２の電極との間に上述のような駆動電圧が印加されると、上記したトリプルジャンクションにおいて電界集中が発生する。
【００２２】
そして、第１段階において、基準電圧よりも高い又は低い電圧が第１の電極と第２の電極間に印加され、上記したトリプルジャンクションにおいて例えば一方向への電界集中が発生し、第１の電極からエミッタ部に向けて電子放出が行われ、例えばエミッタ部のうち、第１の電極の貫通部に対応した部分や第１の電極の周縁部近傍の部分に電子が蓄積される。すなわち、エミッタ部が帯電することになる。このとき、第１の電極が電子供給源として機能する。
【００２３】
次の第２段階において、駆動電圧の電圧レベルが急減に変化して、基準電圧よりも低い又は高い電圧が第１の電極と第２の電極間に印加されると、今度は、第１の電極の貫通部に対応した部分や第１の電極の周縁部近傍に帯電した電子は、逆方向へ分極反転したエミッタ部の双極子（エミッタ部の表面に負極性が現れる）により、エミッタ部から追い出され、エミッタ部のうち、前記電子が蓄積されていた部分から、貫通部を通じて電子が放出される。もちろん、第１の電極の外周部近傍からも電子が放出される。このとき、前記第１段階における前記エミッタ部の帯電量に応じた電子が、前記第２段階に前記エミッタ部から放出される。また、前記第１段階における前記エミッタ部の帯電量が、前記第２段階での電子放出が行われるまで維持される。

【００２４】
そして、この電子放出素子においては、先ず、第１の電極に複数の貫通部を形成したことから、各貫通部並びに第１の電極の外周部近傍から均等に電子が放出され、全体の電子放出特性のばらつきが低減し、電子放出の制御が容易になると共に、電子放出効率が高くなる。
【００２５】
また、この第２の発明は、前記第１の電極のうち、前記貫通部の周部における前記エミッタ部と対向する面と前記エミッタ部との間にギャップが形成された形となることから、駆動電圧を印加した際に、該ギャップの部分において電界集中が発生し易くなる。これは、電子放出の高効率化につながり、駆動電圧の低電圧化（低い電圧レベルでの電子放出）を実現させることができる。
【００２６】
上述したように、第２の発明は、前記第１の電極のうち、前記貫通部の周部における前記エミッタ部と対向する面と前記エミッタ部との間にギャップが形成されて、第１の電極における貫通部の周部が庇状（フランジ状）となることから、ギャップの部分での電界集中が大きくなることとも相俟って、前記庇状の部分（貫通部の周部）から電子がされ易くなる。これは、電子放出の高出力、高効率化につながり、駆動電圧の低電圧化を実現させることができる。また、第１の電極における貫通部の周部がゲート電極（制御電極、フォーカス電子レンズ等）として機能するので、放出電子の直進性を向上させることができる。これは、例えば電子放出素子を多数並べて例えばディスプレイの電子源として構成した場合に、クロストークを低減する上で有利となる。
【００２７】
このように、第２の発明においては、高い電界集中を容易に発生させることができ、しかも、電子放出箇所を多くすることができ、電子放出について高出力、高効率を図ることができ、低電圧駆動（低消費電力）も可能となる。
【００２８】
そして、第１及び第２の発明に係る光源は、前記第１の電極と前記第２の電極間に前記エミッタ部の少なくとも一部を分極反転あるいは分極変化させるための交流パルスを印加する手段を有し、前記エミッタ部から電子を間欠的に放出するようにしてもよい。この場合、１回の電子放出による発光が消光する前に次の電子放出を行うことで、連続発光させるようにしてもよい。
【００２９】
また、第１及び第２の発明に係る光源は、エミッタ部の上方のうち、前記第１の電極に対向した位置に第３の電極を配置し、該第３の電極に蛍光体を塗布して構成するようにしてもよい。この場合、放出された電子のうち、一部の電子は第３の電極に導かれて蛍光体を励起し、外部に蛍光体発光として具現される。
【００３０】
また、第１及び第２の発明に係る光源は、電子放出素子の周辺に蛍光体を配置し、電子放出素子と蛍光体間の雰囲気中に、例えば水銀粒子等を封入して構成するようにしてもよい。この場合、放出された電子のうち、一部の電子は水銀粒子に衝突し、水銀粒子が励起状態になって紫外線を発する。この紫外線が、周辺の蛍光体に当たることによって、蛍光体が励起して外部に蛍光体発光として具現される。
【００３１】
そして、前記構成において、複数の電子放出素子を二次元的に配列するようにしてもよい。これによって、電子放出素子を用い、かつ、長寿命化及び信頼性の向上を図ることができる面光源が実現されることになる。
【００３２】
ここで、面光源の利点をディスプレイとの差異で説明すると、面光源は、ディスプレイと異なり、常に全面発光でよいため、例えば行走査等の複雑な駆動を行う必要がなく、一括のスタティック駆動でよい。また、電子放出による発光スポット径の制御が不要になる

ことから、電子放出素子と蛍光体間に例えばフォーカスレンズとしての機能を果たす制御電極等を設置する必要がない。これは、機械的構成並びに回路構成の簡略化につながる。

【００３３】

ディスプレイは、画像信号に応じて高速に変化するデータ信号を扱う必要がある。従って、駆動電圧は、階調に応じて変調された複雑な波形となる。一方、面光源は、画像信号に応じて高速に変化するデータ信号を扱う必要がないため、駆動電圧として単純な波形（パルス周期やパルス幅がそれぞれ一定とされた波形）を用いることができる。その結果、面光源に電力回収回路を接続する場合に、該電力回収回路の回路定数、回路切り換えタイミング等を高精度に設定できるだけでなく、駆動電圧のほぼ１００％を電力回収させることも可能となる。

【００３４】

そして、前記複数の電子放出素子を２つのグループに分け、一方のグループに含まれる電子放出素子の発光時に、他方のグループに含まれる電子放出素子が、前記一方のグループに含まれる電子放出素子の電力を回収し、前記他方のグループに含まれる電子放出素子の発光時に、一方のグループに含まれる電子放出素子が、前記他方のグループに含まれる電子放出素子の電力を回収するようにしてもよい。

【００３５】

つまり、発光動作を行っているグループ以外のグループに含まれる電子放出素子が、電力回収のための、いわゆるバッファコンデンサとして兼用することから、別途バッファコンデンサを設置する必要がなく、実装面積の縮小化、消費電力の低減を有効に図ることができる。

【００３６】

また、前記構成において、前記駆動電圧を制御信号に基づいて変調して、前記電子放出素子の電子放出量を制御することによって調光を行うようにしてもよい。

【００３７】

また、第１及び第２の発明に係る光源は、２以上の面光源部を有するようにしてもよい。この場合、前記各面光源部は、前記電子放出素子を複数有し、該複数の電子放出素子が二次元的に配列されていてもよい。

【００３８】

これによって、面光源部単位に発光／消光を制御することができ、段階的な調光（デジタル的な調光）を行うことができる。特に、各面光源部について、それぞれ電子放出素子に印加される駆動電圧を、対応する制御信号に基づいて変調して、前記電子放出素子の電子放出量を制御することによって各面光源部の調光を行う手段を設けることで、各面光源部の発光分布を制御することができる。つまり、デジタル的な調光に加えて、アナログ的な調光を実現でき、きめ細かな調光を行うことができる。

【００３９】

また、前記構成において、前記各面光源部に含まれる前記複数の電子放出素子をそれぞれ２つのグループに分け、一方のグループに含まれる電子放出素子の発光時に、他方のグループに含まれる電子放出素子が、前記一方のグループに含まれる電子放出素子の電力を回収し、前記他方のグループに含まれる電子放出素子の発光時に、一方のグループに含まれる電子放出素子が、前記他方のグループに含まれる電子放出素子の電力を回収するようにしてもよい。

【００４０】

また、前記２以上の面光源部を２つのグループに分け、一方のグループに含まれる電子放出素子の発光時に、他方のグループに含まれる電子放出素子が、前記一方のグループに含まれる電子放出素子の電力を回収し、前記他方のグループに含まれる電子放出素子の発光時に、一方のグループに含まれる電子放出素子が、前記他方のグループに含まれる電子放出素子の電力を回収するようにしてもよい。

【発明の効果】

【００４１】

以上説明したように、本発明に係る光源によれば、誘電体にて構成されたエミッタ部を有する電子放出素子において、電子の過剰放出を抑制して、電子放出に伴う電極等での損傷等を防止することができ、長寿命化及び信頼性の向上を図ることができる。

【００４２】

また、高い電界集中を容易に発生させることができ、しかも、電子放出箇所を多くすることができ、電子放出について高出力、高効率を図ることができ、低電圧駆動も可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００４３】

以下、本発明に係る光源の実施の形態例を図１～図７７を参照しながら説明する。

【００４４】

第１の実施の形態に係る光源１０Ａは、図１に示すように、複数の電子放出素子１２Ａが二次元的に配列された発光部１４Ａと、該発光部１４Ａの各電子放出素子１２Ａに対して駆動電圧Ｖａを印加する駆動回路１６Ａとを有する。

【００４５】

駆動回路１６Ａは、外部（点灯／消灯スイッチ等）からの点灯／消灯を示す制御信号Ｓｃに基づいて、各電子放出素子１２Ａの第１の電極（例えば上部電極）１８及び第２の電極（下部電極）２０に駆動電圧Ｖａを印加して、各電子放出素子１２Ａを駆動制御する。駆動回路１６Ａの好ましい例については後述する。

【００４６】

各電子放出素子１２Ａは、図１に示すように、板状のエミッタ部２２と、該エミッタ部２２の表面に形成された前記上部電極１８と、エミッタ部２２の裏面に形成された前記下部電極２０とを有する。このように、電子放出素子１２Ａは、エミッタ部２２を上部電極１８と下部電極２０でサンドイッチした構造となっているため、容量性負荷となる。従って、この電子放出素子１２Ａは一種のコンデンサＣ（図１２参照）としてみることができる。

【００４７】

上部電極１８と下部電極２０間には、駆動回路１６Ａからの駆動電圧Ｖａが印加される。図１の例では、下部電極２０を抵抗Ｒ１を介してＧＮＤ（グランド）に接続することにより、該下部電極２０の電位をゼロにした場合を示しているが、もちろん、ゼロ電位以外の電位にしてもかまわない。なお、上部電極１８と下部電極２０間への駆動電圧Ｖａの印加は、例えば図２Ａ及び図２Ｂに示すように、上部電極１８に延びるリード電極２４と下部電極２０に延びるリード電極２６を通じて行われる。

【００４８】

そして、図１に示すように、この電子放出素子１２Ａを光源として利用する場合は、上部電極１８の上方に、例えばガラスやアクリル製の透明板３０が配置され、該透明板３０の裏面（上部電極１８と対向する面）に、例えば透明電極にて構成されたコレクタ電極３２が配置され、該コレクタ電極３２には蛍光体３４が塗布される。なお、コレクタ電極３２にはバイアス電源３６（バイアス電圧Ｖｃ）が抵抗Ｒ２を介して接続される。

【００４９】

また、電子放出素子１２Ａは、当然のことながら、真空空間内に配置される。この電子放出素子１２Ａは、図１に示すように、電界集中ポイントＡが存在するが、ポイントＡは、上部電極１８／エミッタ部２２／真空が１つのポイントに存在する３重点を含むポイントとしても定義することができる。

【００５０】

そして、雰囲気中の真空度は、10^{2}～10^{-6}Ｐａが好ましく、より好ましくは10^{-3}～10^{-5}Ｐａである。

【００５１】

このような範囲を選んだ理由は、低真空では、（１）空間内に気体分子が多いため、プラズマを生成し易く、プラズマが多量に発生され過ぎると、その正イオンが多量に上部電

極１８に衝突して損傷を進めるおそれや、（２）放出電子がコレクタ電極３２に到達する前に気体分子に衝突してしまい、コレクタ電位（Ｖｃ）で十分に加速した電子による蛍光体３４の励起が十分に行われなくなるおそれがあるからである。

【００５２】

一方、高真空では、電界集中ポイントＡから電子を放出し易いものの、構造体の支持、及び真空のシール部が大きくなり、小型化に不利になるという問題があるからである。

【００５３】

ここで、エミッタ部２２は誘電体にて構成される。誘電体は、好適には、比誘電率が比較的高い、例えば１０００以上の誘電体を採用することができる。このような誘電体としては、チタン酸バリウムのほかに、ジルコン酸鉛、マグネシウムニオブ酸鉛、ニッケルニオブ酸鉛、亜鉛ニオブ酸鉛、マンガンニオブ酸鉛、マグネシウムタンタル酸鉛、ニッケルタンタル酸鉛、アンチモンスズ酸鉛、チタン酸鉛、マグネシウムタングステン酸鉛、コバルトニオブ酸鉛等、又はこれらの任意の組み合わせを含有するセラミックスや、主成分がこれらの化合物を５０重量％以上含有するものや、前記セラミックスに対して更にランタン、カルシウム、ストロンチウム、モリブデン、タングステン、バリウム、ニオブ、亜鉛、ニッケル、マンガン等の酸化物、もしくはこれらのいずれかの組み合わせ、又は他の化合物を適切に添加したもの等を挙げることができる。

【００５４】

例えば、マグネシウムニオブ酸鉛（ＰＭＮ）とチタン酸鉛（ＰＴ）の２成分系ｎＰＭＮ－ｍＰＴ（ｎ，ｍをモル数比とする）においては、ＰＭＮのモル数比を大きくすると、キュリー点が下げられて、室温での比誘電率を大きくすることができる。

【００５５】

特に、ｎ＝０．８５～１．０、ｍ＝１．０－ｎでは比誘電率３０００以上となり好ましい。例えば、ｎ＝０．９１、ｍ＝０．０９では室温の比誘電率１５０００が得られ、ｎ＝０．９５、ｍ＝０．０５では室温の比誘電率２００００が得られる。

【００５６】

次に、マグネシウムニオブ酸鉛（ＰＭＮ）、チタン酸鉛（ＰＴ）、ジルコン酸鉛（ＰＺ）の３成分系では、ＰＭＮのモル数比を大きくする他に、正方晶と擬立方晶又は正方晶と菱面体晶のモルフォトロピック相境界（ＭＰＢ：Morphotropic Phase Boundary）付近の組成とすることが比誘電率を大きくするのに好ましい。例えば、ＰＭＮ：ＰＴ：ＰＺ＝０．３７５：０．３７５：０．２５にて比誘電率５５００、ＰＭＮ：ＰＴ：ＰＺ＝０．５：０．３７５：０．１２５にて比誘電率４５００となり、特に好ましい。更に、絶縁性が確保できる範囲内でこれらの誘電体に白金のような金属を混入して、誘電率を向上させるのが好ましい。この場合、例えば、誘電体に白金を重量比で２０％混入させるとよい。

【００５７】

また、エミッタ部２２は、上述したように、圧電／電歪層や反強誘電体層等を用いることができるが、エミッタ部２２として圧電／電歪層を用いる場合、該圧電／電歪層としては、例えば、ジルコン酸鉛、マグネシウムニオブ酸鉛、ニッケルニオブ酸鉛、亜鉛ニオブ酸鉛、マンガンニオブ酸鉛、マグネシウムタンタル酸鉛、ニッケルタンタル酸鉛、アンチモンスズ酸鉛、チタン酸鉛、チタン酸バリウム、マグネシウムタングステン酸鉛、コバルトニオブ酸鉛等、又はこれらのいずれかの組み合わせを含有するセラミックスが挙げられる。

【００５８】

主成分がこれらの化合物を５０重量％以上含有するものであってもよいことはいうまでもない。また、前記セラミックスのうち、ジルコン酸鉛を含有するセラミックスは、エミッタ部２２を構成する圧電／電歪層の構成材料として最も使用頻度が高い。

【００５９】

また、圧電／電歪層をセラミックスにて構成する場合、前記セラミックスに、更に、ランタン、カルシウム、ストロンチウム、モリブデン、タングステン、バリウム、ニオブ、亜鉛、ニッケル、マンガン等の酸化物、もしくはこれらのいずれかの組み合わせ、又は他

の化合物を、適宜、添加したセラミックスを用いてもよい。また、前記セラミックスにSiO_2、CeO_2、$Pb_5Ge_3O_{11}$もしくはこれらのいずれかの組み合わせを添加したセラミックスを用いてもよい。具体的には、ＰＴ－ＰＺ－ＰＭＮ系圧電材料にSiO_2を０．２ｗｔ％、もしくはCeO_2を０．１ｗｔ％、もしくは$Pb_5Ge_3O_{11}$を１～２ｗｔ％添加した材料が好ましい。

【００６０】

例えば、マグネシウムニオブ酸鉛とジルコン酸鉛及びチタン酸鉛とからなる成分を主成分とし、更にランタンやストロンチウムを含有するセラミックスを用いることが好ましい。

【００６１】

圧電／電歪層は、緻密であっても、多孔質であってもよく、多孔質の場合、その気孔率は４０％以下であることが好ましい。

【００６２】

エミッタ部２２として反強誘電体層を用いる場合、該反強誘電体層としては、ジルコン酸鉛を主成分とするもの、ジルコン酸鉛とスズ酸鉛とからなる成分を主成分とするもの、更にはジルコン酸鉛に酸化ランタンを添加したもの、ジルコン酸鉛とスズ酸鉛とからなる成分に対してジルコン酸鉛やニオブ酸鉛を添加したものが望ましい。

【００６３】

また、この反強誘電体膜は、多孔質であってもよく、多孔質の場合、その気孔率は３０％以下であることが望ましい。

【００６４】

さらに、エミッタ部２２にタンタル酸ビスマス酸ストロンチウム（$SrBi_2Ta_2O_9$）を用いた場合、分極反転疲労が小さく好ましい。このような分極反転疲労が小さい材料は、層状強誘電体化合物で、$(BiO_2)^{2+}$$(A_{m-1}B_mO_{3m+1})^{2-}$という一般式で表される。ここで、金属Ａのイオンは、Ca^{2+}、Sr^{2+}、Ba^{2+}、Pb^{2+}、Bi^{3+}、La^{3+}等であり、金属Ｂのイオンは、Ti^{4+}、Ta^{5+}、Nb^{5+}等である。さらに、チタン酸バリウム系、ジルコン酸鉛系、ＰＺＴ系の圧電セラミックスに添加剤を加えて半導体化させることも可能である。この場合、エミッタ部２２内で不均一な電界分布をもたせて、電子放出に寄与する上部電極１８との界面近傍に電界集中を行うことが可能となる。

【００６５】

また、圧電／電歪／反強誘電体セラミックスに、例えば鉛ホウケイ酸ガラス等のガラス成分や、他の低融点化合物（例えば酸化ビスマス等）を混ぜることによって、焼成温度を下げることができる。

【００６６】

また、圧電／電歪／反強誘電体セラミックスで構成する場合、その形状はシート状の成形体、シート状の積層体、あるいは、これらを他の支持用基板に積層又は接着したものであってもよい。

【００６７】

また、エミッタ部２２に非鉛系の材料を使用する等により、エミッタ部２２を融点もしくは蒸散温度の高い材料とすることで、電子もしくはイオンの衝突に対し損傷しにくくなる。

【００６８】

そして、エミッタ部２２を形成する方法としては、スクリーン印刷法、ディッピング法、塗布法、電気泳動法、エアロゾルデポジション法等の各種厚膜形成法や、イオンビーム法、スパッタリング法、真空蒸着法、イオンプレーティング法、化学気相成長法（ＣＶＤ）、めっき等の各種薄膜形成法を用いることができる。特に、圧電／電歪材料の粉末化したものを、エミッタ部２２として形成し、これに低融点のガラスやゾル粒子を含浸する方法をとることが好ましい。この手法により、７００℃あるいは６００℃以下といった低温での膜形成が可能となる。

【００６９】

ここで、上部電極１８と下部電極２０間のエミッタ部２２の厚さｄ（図１参照）の大きさについて説明すると、上部電極１８と下部電極２０間の電圧（駆動回路１６Ａから出力される駆動電圧Ｖａが上部電極１８と下部電極２０間に印加されることによって、該上部電極１８と下部電極２０間に現れる電圧）をＶａｋとしたとき、Ｅ＝Ｖａｋ／ｄで表される電界Ｅで分極反転あるいは分極変化が行われるように、前記厚さｄを設定することが好ましい。つまり、前記厚さｄが小さいほど、低電圧で分極反転あるいは分極変化が可能となり、低電圧駆動（例えば１００Ｖ未満）で電子放出が可能となる。

【００７０】

上部電極１８は、以下に示す材料にて構成される。即ち、スパッタ率が小さく、真空中での蒸発温度が大きい導体が好ましい。例えば、Ar^{+}で６００Ｖにおけるスパッタ率が２．０以下で、蒸気圧１．３×10^{-3}Ｐａとなる温度が１８００Ｋ以上のものが好ましく、白金、モリブデン、タングステン等がこれに該当する。また、高温酸化雰囲気に対して耐性を有する導体、例えば金属単体、合金、絶縁性セラミックスと金属単体との混合物、絶縁性セラミックスと合金との混合物等によって構成され、好適には、白金、イリジウム、パラジウム、ロジウム、モリブデン等の高融点貴金属や、銀－パラジウム、銀－白金、白金－パラジウム等の合金を主成分とするものや、白金とセラミック材料とのサーメット材料によって構成される。更に好適には、白金のみ又は白金系の合金を主成分とする材料によって構成される。また、電極として、カーボン、グラファイト系の材料、例えば、ダイヤモンド薄膜、ダイヤモンドライクカーボン、カーボンナノチューブも好適に使用される。なお、電極材料中に添加されるセラミック材料の割合は、５～３０体積％程度が好適である。

【００７１】

更に、焼成後に薄い膜が得られる有機金属ペースト、例えば白金レジネートペースト等の材料を用いることが好ましい。また、分極反転疲労を抑制する酸化物電極、例えば酸化ルテニウム、酸化イリジウム、ルテニウム酸ストロンチウム、$La_{1-x}Sr_xCoO_3$（例えばｘ＝０．３や０．５）、$La_{1-x}Ca_xMnO_3$、$La_{1-x}Ca_xMn_{1-y}Co_yO_3$（例えばｘ＝０．２、ｙ＝０．０５）、もしくはこれらを例えば白金レジネートペーストに混ぜたものが好ましい。

【００７２】

上部電極１８は、上記材料を用いて、スクリーン印刷、スプレー、コーティング、ディッピング、塗布、電気泳動法等の各種の厚膜形成法や、スパッタリング法、イオンビーム法、真空蒸着法、イオンプレーティング法、化学気相成長法（ＣＶＤ）、めっき等の各種の薄膜形成法による通常の膜形成法に従って形成することができ、好適には、前者の厚膜形成法によって形成するとよい。

【００７３】

上部電極１８の平面形状は、図２Ａに示すように、楕円形状としてもよいし、図２Ｂに示す第１の変形例に係る電子放出素子１２Ａａのように、リング状にしてもよい。あるいは、図３に示す第２の変形例に係る電子放出素子１２Ａｂのように、くし歯状にしてもよい。

【００７４】

上部電極１８の平面形状をリング状やくし歯状にすることによって、電界集中ポイントＡでもある上部電極１８／エミッタ部２２／真空の３重点が増え、電子放出効率を向上させることができる。

【００７５】

上部電極１８の厚みｔｃ（図１参照）は、２０μｍ以下がよく、好適には５μｍ以下であるとよい。従って、上部電極１８の厚みｔｃを１００ｎｍ以下にしてもよい。上部電極１８の厚みｔｃを極薄（１０ｎｍ以下）とした場合には、該上部電極１８とエミッタ部２２との界面から電子が放出されることになり、電子放出効率を更に向上させることができる。

【００７６】

一方、下部電極２０は、上部電極１８と同様の材料及び方法によって形成されるが、好適には上記厚膜形成法によって形成する。下部電極２０の厚さも、２０μｍ以下であるとよく、好適には５μｍ以下であるとよい。

【００７７】

エミッタ部２２、上部電極１８及び下部電極２０をそれぞれ形成するたびに熱処理（焼成処理）することで、一体構造にすることができる。なお、上部電極１８及び下部電極２０の形成方法によっては、一体化のための熱処理（焼成処理）を必要としない場合もある。

【００７８】

エミッタ部２２、上部電極１８及び下部電極２０とを一体化させるための焼成処理に係る温度としては、５００～１４００℃の範囲、好適には、１０００～１４００℃の範囲とするとよい。更に、膜状のエミッタ部２２を熱処理する場合、高温時にエミッタ部２２の組成が不安定にならないように、エミッタ部２２の蒸発源と共に雰囲気制御を行いながら焼成処理を行うことが好ましい。

【００７９】

また、エミッタ部２２を適切な部材によって被覆し、エミッタ部２２の表面が焼成雰囲気に直接露出しないようにして焼成する方法を採用してもよい。

【００８０】

次に、電子放出素子１２Ａの電子放出原理について図１、図４～図９Ｂを参照しながら説明する。先ず、駆動回路１６Ａから出力される駆動電圧Ｖａは、図４に示すように、上部電極１８の電位が下部電極２０の電位よりも高い電圧Ｖａ１が出力される期間Ｔ１と、上部電極１８の電位が下部電極２０の電位よりも低い電圧Ｖａ２が出力される期間Ｔ２とが繰り返される。ここで、期間Ｔ２で出力される電圧Ｖａ２を駆動パルスＰｄと記す。

【００８１】

駆動パルスＰｄの振幅Ｖｉｎは、電圧Ｖａ１から電圧Ｖａ２を差し引いた値（＝Ｖａ１－Ｖａ２）で定義することができる。

【００８２】

期間Ｔ１は、図５に示すように、上部電極１８と下部電極２０間に電圧Ｖａ１を印加してエミッタ部２２を分極する期間である。電圧Ｖａ１としては、図４に示すように直流電圧でもよいが、１つのパルス電圧もしくはパルス電圧を複数回連続印加するようにしてもよい。ここで、期間Ｔ１は、分極処理を十分に行うために、期間Ｔ２よりも長くとることが好ましい。例えば、この期間Ｔ１としては１００μｓｅｃ以上が好ましい。これは、電圧Ｖａ１の印加時の消費電力及び上部電極１８の損傷を防止する目的で、分極を行うための電圧Ｖａ１の絶対値を、電圧Ｖａ２の絶対値よりも小さく設定しているからである。

【００８３】

また、電圧Ｖａ１及びＶａ２は、各々正負の極性に分極処理を確実に行うことが可能な電圧レベルであることが好ましく、例えばエミッタ部２２の誘電体が抗電圧を有する場合、電圧Ｖａ１及びＶａ２の絶対値は、抗電圧以上であることが好ましい。

【００８４】

そして、上部電極１８と下部電極２０間に所定レベルの振幅を有する駆動パルスＰｄが印加されることによって、図６に示すように、少なくともエミッタ部２２の一部が分極反転あるいは分極変化される。ここで、分極反転あるいは分極変化される部位は、上部電極１８の真下部分はもちろんのこと、真上に上部電極１８を有しておらず、表面が露出した部分についても、上部電極１８の近傍では、同様に分極反転あるいは分極変化が行われる。つまり、上部電極１８の近傍で、エミッタ部２２の表面が露出した部分は、分極のしみ出しが起きているからである。この分極反転あるいは分極変化によって、上部電極１８とその近傍の双極子の正極側とで局所的な集中電界が発生することにより、上部電極１８から１次電子が引き出され、上部電極１８から引き出された前記１次電子がエミッタ部２２に衝突して、該エミッタ部２２から２次電子が放出される。

【００８５】

この実施の形態のように、上部電極１８、エミッタ部２２及び真空の３重点Ａを有する場合には、上部電極１８のうち、３重点Ａの近傍部分から１次電子が引き出され、この３重点Ａから引き出された１次電子がエミッタ部２２に衝突して、該エミッタ部２２から２次電子が放出される。なお、上部電極１８の厚みが極薄（～１０ｎｍ）である場合には、該上部電極１８とエミッタ部２２との界面から電子が放出されることになる。

【００８６】

ここで、所定レベルの振幅を有する駆動パルスＰｄが印加されることによる作用を更に詳細に説明する。

【００８７】

先ず、上部電極１８と下部電極２０間に所定レベルの振幅を有する駆動パルスＰｄが印加されることによって、上述したように、エミッタ部２２から２次電子が放出されることになる。即ち、分極が反転あるいは変化されたエミッタ部２２のうち、上部電極１８の近傍に帯電する双極子が放出電子を引き出すこととなる。

【００８８】

つまり、上部電極１８のうち、エミッタ部２２との界面近傍において局所的なカソードが形成され、エミッタ部２２のうち、上部電極１８の近傍の部分に帯電している双極子の＋極が局所的なアノードとなって上部電極１８から電子が引き出され、その引き出された電子のうち、一部の電子がコレクタ電極３２（図１参照）に導かれて蛍光体３４を励起し、外部に蛍光体発光として具現されることになる。また、前記引き出された電子のうち、一部の電子がエミッタ部２２に衝突して、エミッタ部２２から２次電子が放出され、該２次電子がコレクタ電極３２に導かれて蛍光体３４を励起することになる。

【００８９】

ここで、２次電子の放出分布について図８を参照しながら説明する。図８に示すように、２次電子は、ほとんどエネルギーがゼロに近いものが大多数であり、エミッタ部２２の表面から真空中に放出されると、周囲の電界分布のみに従って運動することになる。つまり、２次電子は、初速がほとんど０（ｍ／ｓｅｃ）の状態から周囲の電界分布に従って加速される。このため、図１に示すように、エミッタ部２２とコレクタ電極３２間に電界Ｅａが発生しているとすると、２次電子は、この電界Ｅａに沿って、その放出軌道が決定される。つまり、直進性の高い電子源を実現させることができる。このような初速の小さい２次電子は、１次電子のクーロン衝突でエネルギーを得て、エミッタ部２２の外へ飛び出した固体内電子である。

【００９０】

ところで、図８からもわかるように、１次電子のエネルギーE_0に相当するエネルギーをもった２次電子が放出されている。この２次電子は、上部電極１８から放出された１次電子がエミッタ部２２の表面近くで散乱したもの（反射電子）である。そして、本明細書内で述べている２次電子は、前記反射電子やオージェ電子も含んで定義するものとする。

【００９１】

上部電極１８の厚みが極薄（～１０ｎｍ）である場合、上部電極１８から放出された１次電子は、上部電極１８とエミッタ部２２の界面で反射してコレクタ電極３２に向かうことになる。

【００９２】

ここで、図６に示すように、電界集中ポイントＡでの電界の強さE_Aは、局所的なアノードと局所的なカソード間の電位差をＶ（ｌａ，ｌｋ）、局所的なアノードと局所的なカソード間の距離をd_Aとしたとき、E_A＝Ｖ（ｌａ，ｌｋ）／d_Aの関係がある。この場合、局所的なアノードと局所的なカソード間の距離d_Aは非常に小さいことから、電子放出に必要な電界の強さE_Aを容易に得ることができる（電界の強さE_Aが大きくなっていることを図６上では実線矢印によって示している）。これは、電圧Ｖａｋの低電圧化につながる。

【００９３】

そして、上部電極１８からの電子放出がそのまま進行すれば、ジュール熱によって蒸散

して浮遊するエミッタ部２２の構成原子が前記放出された電子によって正イオンと電子に電離され、この電離によって発生した電子が更にエミッタ部２２の構成原子等を電離するため、指数関数的に電子が増え、これが進行して電子と正イオンが中性的に存在すると局所プラズマとなる。なお、２次電子も前記電離を促進させることが考えられる。前記電離によって発生した正イオンが例えば上部電極１８に衝突することによって、上部電極１８が損傷することも考えられる。

【００９４】

しかし、この電子放出素子１２Ａでは、図７に示すように、上部電極１８から引き出された電子が、局所アノードとして存在するエミッタ部２２の双極子の＋極に引かれ、上部電極１８の近傍におけるエミッタ部２２の表面の負極性への帯電が進行することになる。その結果、電子の加速因子（局所的な電位差）が緩和され、２次電子放出に至るポテンシャルが存在しなくなり、エミッタ部２２の表面における負極性の帯電が更に進行することになる。

【００９５】

そのため、双極子における局所的なアノードの正極性が弱められ、局所的なアノードと局所的なカソード間の電界の強さE_Aが小さくなり（電界の強さE_Aが小さくなっていることを図７上では破線矢印によって示している）、電子放出は停止することになる。

【００９６】

即ち、図９Ａに示すように、上部電極１８と下部電極２０間に印加される駆動電圧Ｖａとして、電圧Ｖａ１を例えば＋１００Ｖ、電圧Ｖａ２を例えば－１００Ｖとしたとき、電子放出が行われたピーク時点Ｐ１における上部電極１８と下部電極２０間の電圧変化ΔＶａｋは、２０Ｖ以内（図９Ｂの例では１０Ｖ程度）であってほとんど変化がない。そのため、正イオンの発生はほとんどなく、正イオンによる上部電極１８の損傷を防止することができ、電子放出素子１２Ａの長寿命化において有利となる。

【００９７】

ここで、エミッタ部２２の絶縁破壊電圧として、少なくとも１０ｋＶ／ｍｍを有していることが好ましい。この例では、エミッタ部２２の厚さｄを例えば２０μｍとしたとき、上部電極１８と下部電極２０間に－１００Ｖの駆動電圧を印加しても、エミッタ部２２が絶縁破壊に至ることはない。

【００９８】

ところで、エミッタ部２２から放出された電子が再びエミッタ部２２に衝突したり、エミッタ部２２の表面近傍での電離等によって、該エミッタ部２２が損傷を受け、結晶欠陥が誘発し、構造的にも脆くなるおそれがある。

【００９９】

そこで、エミッタ部２２を、真空中での蒸発温度が大きい誘電体で構成することが好ましく、例えばＰｂを含まない$BaTiO_3$等にて構成するようにしてもよい。これにより、エミッタ部２２の構成原子がジュール熱によって蒸散しにくくなり、電子による電離の促進を妨げることができる。これは、エミッタ部２２の表面を保護する上で有効となる。

【０１００】

また、コレクタ電極３２のパターン形状や電位を適宜変更したり、エミッタ部２２とコレクタ電極３２との間に図示しない制御電極等を配置することによって、エミッタ部２２とコレクタ電極３２間の電界分布を任意に設定することにより、２次電子の放出軌道を制御し易くなり、電子ビーム径の収束、拡大、変形も容易になる。

【０１０１】

このように、電子放出素子１２Ａにおいては、エミッタ部２２から放出される２次電子を出力としたので、電子放出素子１２Ａを用いた光源１０Ａの長寿命化及び信頼性の向上を図ることができる。しかも、この第１の実施の形態では、複数の電子放出素子１２Ａを二次元的に配列するようにしたので、長寿命化及び信頼性の向上を図ることができる面光源が実現されることになる。

【０１０２】

ここで、面光源の利点をディスプレイとの差異で説明すると、面光源は、ディスプレイと異なり、常に全面発光でよいため、例えば行走査等の複雑な駆動を行う必要がなく、一括のスタティック駆動でよい。また、電子放出による発光スポット径の制御が不要になることから、電子放出素子と蛍光体間に例えばフォーカスレンズとしての機能を果たす制御電極等を設置する必要がない。これは、機械的構成並びに回路構成の簡略化につながる。

【０１０３】

ディスプレイは、画像信号に応じて高速に変化するデータ信号を扱う必要がある。従って、駆動電圧は、階調に応じて変調された複雑な波形となる。一方、面光源は、画像信号に応じて高速に変化するデータ信号を扱う必要がないため、駆動電圧として単純な波形（パルス周期やパルス幅がそれぞれ一定とされた波形）を用いることができる。その結果、面光源に後述する電力回収回路を接続する場合に、該電力回収回路の回路定数、回路切り換えタイミング等を高精度に設定できるだけでなく、駆動電圧のほぼ１００％を電力回収させることも可能となる。

【０１０４】

上述の例では、透明板３０の裏面にコレクタ電極３２を形成し、該コレクタ電極３２の表面（上部電極１８と対向する面）に蛍光体３４を形成するようにしたが、その他、図１０に示す第１の変形例に係る光源１０Ａａのように、透明板３０の裏面に蛍光体３４を形成し、該蛍光体３４を覆うようにコレクタ電極３２を形成するようにしてもよい。この場合、コレクタ電極３２がメタルバックとして機能する。エミッタ部２２から放出された２次電子はコレクタ電極３２を貫通して蛍光体３４に進入し、該蛍光体３４を励起する。従って、コレクタ電極３２は２次電子が貫通できる程度の厚さであり、１００ｎｍ以下が好ましい。２次電子の運動エネルギーが大きいほど、コレクタ電極３２の厚みを厚くすることができる。

【０１０５】

このような構成とすることで以下の効果を奏することができる。

【０１０６】

（１）蛍光体３４が導電性でない場合、蛍光体３４の帯電（負）を防ぎ、２次電子の加速電界を維持することができる。

【０１０７】

（２）コレクタ電極３２が蛍光体３４の発光を反射して、蛍光体３４の発光を効率よく透明板３０側（発光面側）に放出することができる。

【０１０８】

（３）蛍光体３４への過度な２次電子の衝突を防ぐことができ、蛍光体３４の劣化や蛍光体３４からのガス発生を防止することができる。

【０１０９】

また、他の変形例としては、図１１の第２の変形例に係る光源１０Ａｂのように、透明板３０に蛍光体３４を形成し、複数の電子放出素子１２Ａを有する発光部１４Ａと蛍光体３４間の雰囲気中に、例えば水銀粒子４０等を封入して構成するようにしてもよい。この場合、電子放出素子１２Ａから放出された２次電子のうち、一部の電子が水銀粒子４０に衝突し、水銀粒子４０が励起状態になって紫外線４２を発する。この紫外線４２が、周辺の蛍光体３４に当たることによって、蛍光体３４が励起して外部に蛍光体発光として具現される。

【０１１０】

そして、駆動回路１６Ａは、図１２に示すように、タイミング発生回路４４と駆動電圧生成回路４６とを有する。

【０１１１】

タイミング発生回路４４は、点灯／消灯を示す制御信号ＳｃとクロックＰｃに基づいて、駆動パルスＰｄの出力タイミングを規定するためのタイミングパルスＰｔを生成し、出力する。具体的には、前記タイミング発生回路４４は、例えば図１３Ａに示すように、制御信号Ｓｃが高レベル（点灯を示すレベル）となった時点からクロックＰｃ（図１３Ｂ参

照）の計数を開始し、図１３Ｃに示すように、ｍクロックに相当する期間Ｔ２において高レベル、ｎクロックに相当する期間Ｔ１において低レベルのタイミングパルスＰｔを繰り返し生成し、出力する。このタイミングパルスＰｔは、制御信号Ｓｃが点灯を示す期間（点灯期間Ｔｓ）においてのみ連続して出力される。制御信号Ｓｃが低レベル（消灯を示すレベル）の期間、すなわち、消灯期間Ｔｎにおいては、前記タイミング発生回路４４からは低レベルの信号のみが出力されることになる。

【０１１２】

駆動電圧生成回路４６は、前記タイミング発生回路４４からのタイミングパルスＰｔに基づいて、各電子放出素子１２Ａの上部電極１８と下部電極２０間に印加すべき駆動電圧Ｖａを生成し、出力する。具体的には、この駆動電圧生成回路４６は、図１３Ｄに示すように、タイミング発生回路４４の出力が低レベルの期間Ｔ１に電圧Ｖａ１を出力し、タイミング発生回路４４の出力が高レベルの期間Ｔ２に電圧Ｖａ２を出力する。すなわち、駆動電圧生成回路４６から出力される駆動電圧Ｖａは、タイミング発生回路４４のタイミングパルスＰｔに同期して駆動パルスＰｄが連続して現れる波形を有する。

【０１１３】

従って、点灯期間Ｔｓにおいては、各電子放出素子１２Ａの上部電極１８と下部電極２０間への駆動パルスＰｄの印加に伴って連続的に電子が放出され、蛍光体３４を励起する。その結果、点灯期間Ｔｓにおいて、蛍光体発光が持続されることになる。なお、消灯期間Ｔｎにおいては、各電子放出素子１２Ａの上部電極１８と下部電極２０間への駆動パルスＰｄの印加が行われないため、電子放出素子１２Ａからの電子放出は停止されており、次の点灯指示まで消灯が持続されることになる。

【０１１４】

次に、駆動回路１６Ａの好ましい実施の形態について図１４及び図１５を参照しながら説明する。この実施の形態に係る駆動回路１６Ａは、図１４に示すように、上述したタイミング発生回路４４と、駆動電圧生成回路４６に加えて電力回収回路５０が接続されている。この図１４では、発光部１４Ａに配列された全ての電子放出素子１２Ａを代表的に１つのコンデンサＣとして示す。従って、コンデンサＣの一方の電極は、全ての電子放出素子１２Ａの上部電極１８を指し、コンデンサＣの他方の電極は、全ての電子放出素子１２Ａの下部電極２０を指す。

【０１１５】

電力回収回路５０の概念的な構成を説明すると、コンデンサＣの両電極（上部電極１８と下部電極２０）間にバッファコンデンサＣｆと第１の直列回路５２がそれぞれ並列に接続され、更に、コンデンサＣとバッファコンデンサＣｆとの間に、第２の直列回路５４が接続されている。

【０１１６】

図１４の例では、１つのコンデンサＣに対して１つのバッファコンデンサＣｆが接続された形態をとっているが、これに限らず、１つのコンデンサＣに対して２以上のバッファコンデンサＣｆを接続してもよく、バッファコンデンサＣｆの個数は任意である。

【０１１７】

第１の直列回路５２は、第１のスイッチング回路ＳＷ１と電流抑制用の抵抗ｒと正電源５６（電圧Ｖａ１）とが直列に接続されて構成され、第２の直列回路５４は、第２のスイッチング回路ＳＷ２とインダクタ５８（インダクタンスＬ）とが直列に接続されて構成されている。

【０１１８】

そして、駆動電圧生成回路４６は、タイミング発生回路４４からのタイミングパルスＰｔに基づいて、第１及び第２のスイッチング回路ＳＷ１及びＳＷ２を制御するための制御信号Ｓｃ１及びＳｃ２を生成し、出力する。

【０１１９】

ここで、本実施の形態に係る駆動回路１６Ａの動作を図１５の波形図も参照しながら説明する。

【０１２０】
先ず、点灯期間Ｔｓの開始前においては、予め第１のスイッチング回路ＳＷ１がＯＮ、第２のスイッチング回路ＳＷ２がＯＦＦとされており、コンデンサＣの両端電圧は正電源５６の電圧Ｖａ１とほぼ同じ電圧となっている。
【０１２１】
そして、点灯期間Ｔｓに入った後における期間Ｔ２の開始時点ｔ１において、駆動電圧生成回路４６の制御によって第１のスイッチング回路ＳＷ１がＯＦＦとされ、第２のスイッチング回路ＳＷ２がＯＮとされる。これによって、インダクタ５８とコンデンサＣとの正弦波振動が開始され、コンデンサＣにおける両端電圧の共振的な減衰が開始する。このとき、コンデンサＣに蓄積されていた電荷がバッファコンデンサＣｆに回収されることになる。
【０１２２】
次の時点ｔ２、すなわち、コンデンサＣの振動波形（電圧波形）が最も低レベル（電圧：－Ｖａ１＝Ｖａ２）となった時点において、駆動電圧生成回路４６の制御によって第２のスイッチング回路ＳＷ２がＯＦＦとされ、コンデンサＣとバッファコンデンサＣｆの系は高インピーダンス状態となる。従って、この時点ｔ２以降、期間Ｔ２の終了時点ｔ３まで電圧Ｖａ２が維持される。特に、上述したように、電圧Ｖａ１から電圧Ｖａ２に低下する時点で、各電子放出素子１２Ａのエミッタ部２２から２次電子の放出が行われ、この電子放出によって透明板３０の全面を通じて発光が行われる。
【０１２３】
その後、期間Ｔ２の終了時点ｔ３において、駆動電圧生成回路４６の制御によって第２のスイッチング回路ＳＷ２がＯＮとされる。これによって、インダクタ６２とコンデンサＣとの正弦波振動が開始され、コンデンサＣにおける両端電圧の共振的な増幅が開始する。このとき、バッファコンデンサＣｆに蓄積されていた電荷がコンデンサＣに充電される。
【０１２４】
次の時点ｔ４、すなわち、コンデンサＣの振動波形（電圧波形）が最も高レベル（電圧：Ｖａ１）となった時点において、駆動電圧生成回路４６の制御によって第２のスイッチング回路ＳＷ２がＯＦＦとされ、第１のスイッチング回路ＳＷ１がＯＮとされる。この時点ｔ４以降、次の期間Ｔ２の開始時点ｔ２まで電圧Ｖａ１が維持される。
【０１２５】
図１３Ａ～図１３Ｄに示すように、期間Ｔ２と期間Ｔ１の連続期間を１ステップとしたとき、この１ステップが点灯期間Ｔｓにおいて繰り返される。そのため、電子放出素子１２Ａにおいて電子放出の自己停止がなされても、再び期間Ｔ２が到来して電子放出が行われることから、見かけ上、点灯期間Ｔｓにわたって透明板３０の全面を通じての発光が維持された状態となる。つまり、１回の電子放出による発光が消光する前に次の電子放出が行われ、これにより、連続発光が行われることになる。
【０１２６】
なお、消灯期間Ｔｎに入った場合は、図１３Ａ～図１３Ｄに示すように、各電子放出素子１２Ａに電圧Ｖａ１が印加されつづけることから、各電子放出素子１２Ａから電子放出は行われず、従って、消灯期間Ｔｎにわたって消光状態が維持されることになる。
【０１２７】
このように、駆動回路１６Ａに電力回収回路５０を接続することにより、駆動電圧Ｖａのほぼ１００％を電力回収することが可能となり、消費電力の低減において有利となる。この例では、第１の直列回路５２を設けて、コンデンサＣの両端電圧を所定のタイミングで電圧Ｖａ１に強制的に振らせるようにしたので、インダクタ５８での電力消費に伴う駆動電圧の減衰を回避することができる。もちろん、この光源１０Ａの使用開始時点においてコンデンサＣの両端電圧を電圧Ｖａ１にしておき、その後、第２のスイッチング回路ＳＷ２でのＯＮ／ＯＦＦ動作のみで、コンデンサＣでの充放電とバッファコンデンサＣｆでの充放電を交互に行わせるようにしてもよい。

【０１２８】
ところで、上述した第１の実施の形態に係る光源１０Ａは、全ての電子放出素子１２Ａの上部電極１８と下部電極２０間に駆動電圧Ｖａを印加することによって、発光部１４Ａから透明板３０の全面を通じて発光させるようにしたが、その他、図１６に示す第３の変形例に係る光源１０Ａｃのように、発光部１４Ａを２つのグループ（第１及び第２のグループＧ１及びＧ２）に分け、第１のグループＧ１に含まれる電子放出素子１２Ａの発光時に、第２のグループＧ２に含まれる電子放出素子１２Ａにおいて第１のグループＧ１に含まれる電子放出素子１２Ａの電力を回収し、第２のグループＧ２に含まれる電子放出素子１２Ａの発光時に、第１のグループＧ１に含まれる電子放出素子１２Ａにおいて第２のグループＧ２に含まれる電子放出素子１２Ａの電力を回収するようにしてもよい。
【０１２９】
この場合、第１のグループＧ１に含まれる電子放出素子１２Ａを代表的にコンデンサＣ１と示し、第２のグループＧ２に含まれる電子放出素子１２Ａを代表的にコンデンサＣ２と示したとき、駆動回路１６Ａとしては、図１４において括弧書きに示すように、コンデンサＣに代えてコンデンサＣ１とし、バッファコンデンサＣｆに代えてコンデンサＣ２とすればよい。
【０１３０】
ここで、この駆動回路１６Ａの動作を図１７の波形図を参照しながら説明する。先ず、点灯期間Ｔｓの開始前においては、予め第１のスイッチング回路ＳＷ１がＯＮ、第２のスイッチング回路ＳＷ２がＯＦＦとされており、コンデンサＣ１の両端電圧は正電源５６の電圧Ｖａ１とほぼ同じ電圧となっている。
【０１３１】
そして、点灯期間Ｔｓに入った後における期間Ｔ２の開始時点ｔ１において、駆動電圧生成回路４６の制御によって第１のスイッチング回路ＳＷ１がＯＦＦとされ、第２のスイッチング回路ＳＷ２がＯＮとされる。これによって、コンデンサＣ１では、インダクタ５８とコンデンサＣ１との正弦波振動が開始され、コンデンサＣ１における両端電圧の共振的な減衰が開始する。このとき、コンデンサＣ１に蓄積されていた電荷がコンデンサＣ２に回収されることになる。
【０１３２】
すなわち、コンデンサＣ２から見れば、前記時点ｔ１において、インダクタ５８とコンデンサＣ２との正弦波振動が開始され、コンデンサＣ２における両端電圧の共振的な増幅が開始する。このとき、コンデンサＣ１に蓄積されていた電荷がコンデンサＣ２に充電される。
【０１３３】
次の時点ｔ２、すなわち、コンデンサＣ１の振動波形（電圧波形）が最も低レベル（電圧：－Ｖａ１＝Ｖａ２）となった時点において、駆動電圧生成回路４６の制御によって第２のスイッチング回路ＳＷ２がＯＦＦとされ、コンデンサＣ１とコンデンサＣ２の系は高インピーダンス状態となる。従って、コンデンサＣ１では、この時点ｔ２以降、期間Ｔ２の終了時点ｔ３まで電圧Ｖａ２が維持され、コンデンサＣ２では、電圧Ｖａ１が維持される。
【０１３４】
特に、時点ｔ１から時点ｔ２にかけて、コンデンサＣ１の両端電圧が電圧Ｖａ１から電圧Ｖａ２に急速に低下することから、図１６に示すように、第１のグループＧ１に属する各電子放出素子１２Ａのエミッタ部２２から２次電子の放出が行われる。この電子放出によって、透明板３０のうち、第１のグループＧ１に対応する領域を通じて発光が行われる。
【０１３５】
この期間Ｔ２は、コンデンサＣ１での電子放出に関わる期間であるが、コンデンサＣ２から見た場合は、電子放出までの準備期間Ｔ１となる。従って、期間Ｔ１＝期間Ｔ２として設定することが好ましい。

【０１３６】
その後、期間Ｔ２の終了時点ｔ３において、駆動電圧生成回路４６の制御によって第２のスイッチング回路ＳＷ２がＯＮとされる。これによって、インダクタ６２とコンデンサＣ１との正弦波振動が開始され、コンデンサＣ１における両端電圧の共振的な増幅が開始する。このとき、バッファコンデンサＣｆに蓄積されていた電荷がコンデンサＣに充電される。
【０１３７】
すなわち、コンデンサＣ２から見れば、前記時点ｔ３において、インダクタ５８とコンデンサＣ２との正弦波振動が開始され、コンデンサＣ２における両端電圧の共振的な減衰が開始する。このとき、コンデンサＣ２に蓄積されていた電荷がコンデンサＣ１に回収されることになる。
【０１３８】
次の時点ｔ４、すなわち、コンデンサＣ１の振動波形（電圧波形）が最も高レベル（電圧：Ｖａ１）となった時点において、駆動電圧生成回路４６の制御によって第２のスイッチング回路ＳＷ２がＯＦＦとされ、第１のスイッチング回路ＳＷ１がＯＮとされる。従って、コンデンサＣ１では、この時点ｔ４以降、次の期間Ｔ２の開始時点ｔ２まで電圧Ｖａ１が維持され、コンデンサＣ２では、電圧Ｖａ２が維持される。
【０１３９】
また、時点ｔ３から時点ｔ４にかけて、コンデンサＣ２の両端電圧が電圧Ｖａ１から電圧Ｖａ２に急速に低下することから、図１６に示すように、第２のグループＧ２に属する各電子放出素子１２Ａのエミッタ部２２から２次電子の放出が行われる。この電子放出によって、透明板３０のうち、第２のグループＧ２に対応する領域を通じて発光が行われる。
【０１４０】
時点ｔ３から期間Ｔ１となる。この期間Ｔ１は、コンデンサＣ１では次の電子放出のための準備期間となるが、コンデンサＣ２から見た場合は、電子放出に関わる期間Ｔ２となる。
【０１４１】
そして、期間Ｔ２と期間Ｔ１の連続期間（１ステップ）が点灯期間Ｔｓにおいて繰り返されることで、第１のグループＧ１における各電子放出素子１２Ａでの電子放出と、第２のグループＧ２における各電子放出素子１２Ａでの電子放出が交互に行われることになる。従って、期間Ｔ１又は期間Ｔ２の周期を適宜設定することで、見かけ上、点灯期間Ｔｓにわたって透明板３０の全面を通じての発光が維持された状態となる。もちろん、期間Ｔ１又は期間Ｔ２を意図的に長く設定して、第１のグループＧ１での発光と第２のグループＧ２での発光の区別を人間の目でも認識できるようにしてもよい。
【０１４２】
このように、第３の変形例に係る光源１０Ａｃにおいては、発光動作を行っているグループ以外のグループに含まれる電子放出素子１２Ａが、電力回収のための、いわゆるバッファコンデンサＣｆとして兼用することから、別途バッファコンデンサＣｆを設置する必要がなく、実装面積の縮小化、消費電力の低減を有効に図ることができる。また、第１のグループＧ１の電子放出素子１２Ａと、第２のグループＧ２の電子放出素子１２Ａを、ある単位で分散させて配置することにより、常に見かけ上、均一な面発光を得ることもできる。
【０１４３】
上述の例では、各電子放出素子１２Ａから一定量の電子を放出させる場合について説明したが、その他、図１８に示す変形例に係る駆動回路１６Ａａのように、前記タイミング発生回路４４、駆動電圧生成回路４６に加えて変調回路６０を接続するようにしてもよい。変調回路６０は、各電子放出素子１２Ａの電子放出量を、外部に設置された調光ボリューム（図示せず）からの調光信号Ｓｈに応じて制御する回路である。
【０１４４】

変調回路６０での変調方式としては、４つの変調方式がある。第１の変調方式は、図１９Ａに示すように、調光信号Ｓｈのレベル（電圧レベル等）に基づいて、図１９Ｂや図１９Ｃに示すように、電圧Ｖａ２のパルス幅を変調する方式である。この場合、図１９Ｂに示すように、期間Ｔ２自体を変調するようにしてもよいし、図１９Ｃに示すように、期間Ｔ２は一定で、電圧Ｖａ２の印加期間τａを変調するようにしてもよい。図１９Ｃの変調方式は、図２０に示すように、電圧Ｖａ２のパルス幅と輝度とが線形関係になることを利用したものである。例えばパルス幅を０から約６００μｓｅｃに振ることによって、輝度を０～約１０２０（ｃｄ／ｍ２）にかけて変化させることができる。しかも、電圧Ｖａ２のパルス幅を制御すればよいため、安価なデジタル制御で高精細度の階調表現を実現させることができる。

【０１４５】

第２の変調方式は、コレクタ電圧Ｖｃを制御する方法であり、図２１に示すように、コレクタ電圧Ｖｃと輝度とが線形関係であることを利用するものである。コレクタ電圧Ｖｃを４ｋＶから７ｋＶに振ることによって、輝度を０～６００（ｃｄ／ｍ２）にかけて変化させることができる。

【０１４６】

第３の変調方式は、駆動電圧Ｖａの電圧Ｖａ２（電圧レベル）を制御する方法であり、図２２に示すように、電圧Ｖａ２と輝度とが線形関係であることを利用するものである。例えば電圧Ｖａ２を約１１８Ｖから１８８Ｖに振ることによって、輝度を０～１６００（ｃｄ／ｍ２）にかけて変化させることができる。

【０１４７】

第４の変調方式は、駆動電圧Ｖａの電圧Ｖａ１を制御する方法であるが、図２３に示すように、電圧Ｖａ１と輝度とが非線形関係であることから、制御が難しく、しかも、電圧Ｖａ１に対するアナログ電圧制御が必要であるため、回路の工夫が必要となる。

【０１４８】

従って、第１～第４の変調方式のうち、電圧Ｖａ２のパルス幅を変調する第１の変調方式を採用することが好ましい。

【０１４９】

第１の実施の形態に係る光源１０Ａは、図１に示すように、複数の電子放出素子１２Ａに対して１つのコレクタ電極３２を配置し、該コレクタ電極３２に抵抗Ｒ２を介してバイアス電圧Ｖｃを印加するようにしたが、その他、図２４に示す第４の変形例の係る光源１０Ａｄのように、例えば光源１０Ａｄの列数と同じ数だけのコレクタ電極３２（１）、３２（２）、・・・、３２（Ｎ）を配列し、各コレクタ電極３２（１）、３２（２）、・・・、３２（Ｎ）に対してそれぞれ抵抗Ｒｃ１、Ｒｃ２、・・・、ＲｃＮを接続するようにしてもよい。この場合、製造段階でのばらつき、例えば各電子放出素子１２Ａ毎の輝度ばらつきを、コレクタ電極３２（１）、３２（２）、・・・、３２（Ｎ）に接続された抵抗Ｒｃ１、Ｒｃ２、・・・、ＲｃＮを通じて調整することができる。

【０１５０】

以下に、輝度ばらつきの調整について図２５～図２８を参照しながら説明する。

【０１５１】

従来のばらつき低減方法は、例えば文献「電子技術２０００－７、ｐ３８～ｐ４１：フィールドエミッションディスプレイの最新技術動向」に記載されているように、エミッタに電流抑制用の抵抗を接続することでばらつきを低減するようにしている。

【０１５２】

ただ、この方法は、エミッタに流れる電流とゲート電圧との関係となっており、輝度ばらつきを低減するための最適な抵抗値を得るまでに何度もシミュレーションを行わなければならない。

【０１５３】

そこで、本実施の形態では、実際に放出電子が到達するコレクタ電極３２と上部電極１８間の電界を調整する方法を採用した。これにより、輝度ばらつきの調整を直接的に行う

ことができ、迅速に、かつ、精度よく輝度ばらつきを低減することができる。

【０１５４】

具体的に、本実施の形態に係る輝度ばらつきの低減方法を説明する。図２５に示すように、上部電極１８と、該上部電極１８と下部電極２０間に負電圧Ｖｋ（例えば上述した電圧Ｖａ２と同じ電圧）を印加するための負電源７０との間に接続された抵抗Ｒｋと、コレクタ電極３２とバイアス電源３６（バイアス電圧Ｖｃ）との間に接続された抵抗Ｒｃとを調整する。図２５において、抵抗Ｒｋｃは、上部電極１８とコレクタ電極３２間のギャップによる抵抗を示し、電圧Ｖｋｃは、ギャップ間の電圧を示す。また、Ｃは上部電極１８と下部電極２０間の容量、電圧Ｖａｋは上部電極１８と下部電極２０間の電圧を示す。

【０１５５】

ここで、２つの電子放出素子１２Ａ（１）及び１２Ａ（２）を想定し、これら２つの電子放出素子１２Ａ（１）及び１２Ａ（２）の出力特性（Ｖｋｃ－Ｉｋｃ特性）が図２７に示すようにばらつきがあったとき、前記抵抗Ｒｋ及びＲｃが存在しない場合、これら２つの電子放出素子１２Ａ（１）及び１２Ａ（２）における電流変動はΔI_1となる。

【０１５６】

しかし、前記抵抗Ｒｋ及びＲｃを接続することで、前記電流変動ΔI_1を、負荷線８０上での電流変動ΔI_2まで小さくすることができる。

【０１５７】

負荷線８０は以下のようにして導くことができる。すなわち、図２５に示す構成図に基づいて上部電極１８とコレクタ電極３２との間に流れる電流Ｉｋｃを主体にした等価回路を示すと図２６のようになる。

【０１５８】

この等価回路から、以下の式が導かれる。

【０１５９】

$$Ikc=(Vk+Vc)/(Rc+Rkc+Rk)$$

ここで、Ｒｋｃ＝０のとき、Ｉｋｃが最大となるから、図２７の縦軸上、

$$Ikc=(Vk+Vc)/(Rc+Rk)$$

を示すポイントＰａと、横軸上、Ｖｋｃ＝Ｖｋ＋Ｖｃを示すポイントＰｂとを結ぶ線が負荷線８０となる。

【０１６０】

そして、Ｒｃ＋Ｒｋが大きいほど、電流Ｉｋｃは小さくなるが、電子放出素子１２Ａ（１）及び１２Ａ（２）間の輝度ばらつきは小さくなる。

【０１６１】

また、上部電極１８とコレクタ電極３２間に図示しない制御電極を設置した場合、コレクタ電極３２に流れるコレクタ電流Ｉｃと制御電極に流れる制御電流Ｉｇを主体にした等価回路を示すと図２８のようになる。このとき、制御電極と、該制御電極と下部電極２０間に負電圧Ｖｇを印加するための負電源７２との間に抵抗Ｒｇを接続する。なお、図２８の抵抗Ｒｋｇは、上部電極１８と制御電極間のギャップによる抵抗を示す。また、この例では、コレクタ電流Ｉｃはカソード電流Ｉｋの６０％とし、制御電流Ｉｇはカソード電流Ｉｋの４０％としている。

【０１６２】

図２８の等価回路から、以下の式が導かれる。

$$Ig=(Vg+Vk)/(Rg+Rkg+Rk)$$

【０１６３】

この式に基づいて負荷線を引き、輝度ばらつきが最小となる電圧Ｖｇと抵抗Ｒｇを決定すればよい。電圧Ｖｇ及び抵抗Ｒｇが決定することによって、制御電流Ｉｇ並びにカソード電流Ｉｋが決定し、必然的にコレクタ電流Ｉｃも決定する。

【０１６４】

上述の第１の実施の形態に係る光源１０Ａでは、全ての電子放出素子１２Ａを含む１つの発光部１４Ａを有し、該発光部１４Ａに対して１つの駆動回路１６Ａを接続するように

したが、その他、図２９の第５の変形例に係る光源１０Ａｅのように、２以上の面光源部Ｚ１～Ｚ６を有するようにしてもよい。図２９の例では、６つの面光源部Ｚ１～Ｚ６を具備させた場合を示す。各面光源部Ｚ１～Ｚ６は、複数の電子放出素子１２Ａが二次元的に配列されて構成され、それぞれ独立に駆動回路１６Ａが接続されている。

【０１６５】

これによって、面光源部Ｚ１～Ｚ６単位に発光／消光を制御することができ、段階的な調光（デジタル的な調光）を行うことができる。特に、各面光源部Ｚ１～Ｚ６にそれぞれ独立に接続される駆動回路１６Ａに変調回路６０（図１８参照）を設けることによって、各面光源部Ｚ１～Ｚ６の発光分布をそれぞれ独立に制御することができる。つまり、デジタル的な調光に加えて、アナログ的な調光を実現でき、きめ細かな調光を行うことができる。

【０１６６】

図２９の例では、各面光源部Ｚ１～Ｚ６の面積をそれぞれ同じにした場合を示したが、各面光源部Ｚ１～Ｚ６の面積を異ならせるようにしてもよい。例えば図３０に示す第６の変形例に係る光源１０Ａｆでは、第１及び第６の面光源部Ｚ１及びＺ６をそれぞれ横長で、かつ、長辺の長い長方形状とし、第２及び第５の面光源部をそれぞれ縦長で、かつ、長辺が第１及び第６の面光源部Ｚ１及びＺ６よりも短い長方形状とし、第３及び第４の面光源部をそれぞれ横長で、かつ、長辺が第１及び第６の面光源部Ｚ１及びＺ６よりも短い長方形状とした場合を示す。

【０１６７】

また、図３１に示す第７の変形例に係る光源１０Ａｇのように、各面光源部Ｚ１～Ｚ６に含まれる複数の電子放出素子１２Ａをそれぞれ２つのグループ（第１及び第２のグループＧ１及びＧ２）に分け、各面光源部Ｚ１～Ｚ６において、第１のグループに含まれる電子放出素子１２Ａの発光時に、該第１のグループＧ１に含まれる電子放出素子１２Ａの電力を、第２のグループＧ２に含まれる電子放出素子１２Ａに回収し、第２のグループＧ２に含まれる電子放出素子１２Ａの発光時に、該第２のグループＧ２に含まれる電子放出素子１２Ａの電力を、第１のグループＧ１に含まれる電子放出素子１２Ａに回収するようにしてもよい。

【０１６８】

あるいは、図３２に示す第８の変形例に係る光源１０Ａｈのように、６つの面光源部Ｚ１～Ｚ６を２つのグループ（第１及び第２のグループＧ１及びＧ２）に分け、第１のグループＧ１に関する面光源部Ｚ１～Ｚ３の各電子放出素子１２Ａの発光時に、これら電子放出素子１２Ａの電力を、第２のグループＧ２に関する面光源部Ｚ４～Ｚ６の電子放出素子１２Ａに回収し、第２のグループＧ２に関する面光源部Ｚ４～Ｚ６の各電子放出素子１２Ａの発光時に、これら電子放出素子１２Ａの電力を、第１のグループＧ１に関する面光源部Ｚ１～Ｚ３の電子放出素子１２Ａに回収するようにしてもよい。

【０１６９】

上述した第５～第８の変形例に係る光源１０Ａｅ～１０Ａｈでは、発光部１４Ａを６つの面光源部Ｚ１～Ｚ６に分離した例を示したが、面光源部の数は任意に設定することができる。

【０１７０】

ところで、第１の実施の形態に係る光源１０Ａは、図１に示すように、１つのエミッタ部２２の表面にそれぞれ独立に複数の上部電極１８を形成し、エミッタ部２２の裏面にそれぞれ独立に複数の下部電極２０を形成して複数の電子放出素子１２Ａを形成するようにしたが、その他、以下に示すような他の実施の形態が考えられる。なお、図３３～図３７において、コレクタ電極３２や蛍光体３４の表記を省略する。

【０１７１】

すなわち、図３３の第９の変形例に係る光源１０Ａｉは、１つのエミッタ部２２の表面にそれぞれ独立に複数の上部電極１８を形成し、エミッタ部２２の裏面に１つの下部電極２０（共通の下部電極）を形成して複数の電子放出素子１２Ａを形成した場合を示す。

【０１７２】
図３４の第１０の変形例に係る光源１０Ａｊは、１つのエミッタ部２２の表面に１つの極薄（～１０ｎｍ）の上部電極１８（共通の上部電極）を形成し、エミッタ部２２の裏面にそれぞれ独立に複数の下部電極２０を形成して複数の電子放出素子１２Ａを形成した場合を示す。
【０１７３】
図３５の第１１の変形例に係る光源１０Ａｋは、基板９０上に複数の下部電極２０をそれぞれ独立に形成し、これら下部電極２０を覆うように１つのエミッタ部２２を形成し、更に、エミッタ部２２上に複数の上部電極１８をそれぞれ独立して形成して複数の電子放出素子１２Ａを形成した場合を示す。各上部電極１８は、それぞれ対応する下部電極２０上にエミッタ部２２を間に挟んで形成される。
【０１７４】
図３６の第１２の変形例に係る光源１０Ａｌは、基板９０上に１つの下部電極２０を形成し、該下部電極２０を覆うように１つのエミッタ部２２を形成し、更に、エミッタ部２２上に複数の上部電極１８をそれぞれ独立に形成して複数の電子放出素子１２Ａを形成した場合を示す。
【０１７５】
図３７の第１３の変形例に係る光源１０Ａｍは、基板９０上に複数の下部電極２０をそれぞれ独立に形成し、これら複数の下部電極２０を覆うように１つのエミッタ部２２を形成し、更に、エミッタ部２２上に１つの極薄の上部電極１８を形成して複数の電子放出素子１２Ａを形成した場合を示す。
【０１７６】
次に、第２の実施の形態に係る光源１０Ｂについて図３８～図７７を参照しながら説明する。なお、第１の実施の形態と対応するものについては同符号を付してその重複説明を省略する。
【０１７７】
第２の実施の形態に係る光源１０Ｂの電子放出素子１２Ｂは、図３８に示すように、上述したエミッタ部２２、上部電極１８及び下部電極２０並びに上部電極１８と下部電極２０との間に、駆動電圧Ｖａを印加するパルス発生源１００とを有する。
【０１７８】
上部電極１８は、エミッタ部２２が露出される複数の貫通部１０２を有する。特に、エミッタ部２２の表面は、誘電体の粒界による凹凸１０４が形成されており、上部電極１８の貫通部１０２は、前記誘電体の粒界における凹部１０６に対応した部分に形成されている。図３８の例では、１つの凹部１０６に対応して１つの貫通部１０２が形成される場合を示しているが、複数の凹部１０６に対応して１つの貫通部１０２が形成される場合もある。エミッタ部２２を構成する誘電体の粒径は、０．１μｍ～１０μｍが好ましく、さらに好ましくは２μｍ～７μｍである。図３８の例では、誘電体の粒径を３μｍとしている。
【０１７９】
さらに、この第２の実施の形態では、図３９に示すように、上部電極１８のうち、貫通部１０２の周部１０８におけるエミッタ部２２と対向する面１０８ａが、エミッタ部２２から離間している。つまり、上部電極１８のうち、貫通部１０２の周部１０８におけるエミッタ部２２と対向する面１０８ａとエミッタ部２２との間にギャップ１１０が形成され、上部電極１８における貫通部１０２の周部１０８が庇状（フランジ状）に形成された形となっている。従って、以下の説明では、「上部電極１８の貫通部１０２の周部１０８」を「上部電極１８の庇部１０８」と記す。なお、図３８、図３９、図４１Ａ、図４１Ｂ、図４２Ａ、図４２Ｂ、図４４、図４６～図４９、図５４の例では、誘電体の粒界の凹凸１０４の凸部１１２の断面を代表的に半円状で示してあるが、この形状に限るものではない。
【０１８０】

また、この第２の実施の形態では、上部電極１８の厚みｔを、０．０１μｍ≦ｔ≦１０μｍとし、エミッタ部２２の上面、すなわち、誘電体の粒界における凸部１１２の表面（凹部１０６の内壁面でもある）と、上部電極１８の庇部１０８の下面１０８ａとのなす角の最大角度θを、１°≦θ≦６０°としている。また、エミッタ部２２の誘電体の粒界における凸部１１２の表面（凹部１０６の内壁面）と、上部電極１８の庇部１０８の下面１０８ａとの間の鉛直方向に沿った最大間隔ｄを、０μｍ＜ｄ≦１０μｍとしている。

【０１８１】

さらに、この第２の実施の形態では、貫通部１０２の形状、特に、図４０に示すように、上面から見た形状は孔１１４の形状であって、例えば円形状、楕円形状、トラック状のように、曲線部分を含むものや、四角形や三角形のように多角形状のものがある。図４０の例では、孔１１４の形状として円形状の場合を示している。

【０１８２】

この場合、孔１１４の平均径は、０．１μｍ以上、１０μｍ以下としている。この平均径は、孔１１４の中心を通るそれぞれ異なる複数の線分の長さの平均を示す。

【０１８３】

なお、エミッタ部２２の構成材料は、上述した第１の実施の形態と同様であるため、その説明を省略する。

【０１８４】

エミッタ部２２を形成する方法としては、スクリーン印刷法、ディッピング法、塗布法、電気泳動法、エアロゾルデポジション法等の各種厚膜形成法や、イオンビーム法、スパッタリング法、真空蒸着法、イオンプレーティング法、化学気相成長法（ＣＶＤ）、めっき等の各種薄膜形成法を用いることができる。特に、圧電／電歪材料の粉末化したものを、エミッタ部２２として形成し、これに低融点のガラスやゾル粒子を含浸する方法をとることが好ましい。この手法により、７００℃あるいは６００℃以下といった低温での膜形成が可能となる。

【０１８５】

上部電極１８は、焼成後に薄い膜が得られる有機金属ペーストが用いられる。例えば白金レジネートペースト等の材料を用いることが好ましい。また、分極反転疲労を抑制する酸化物電極、例えば、酸化ルテニウム（RuO_2）、酸化イリジウム（IrO_2）、ルテニウム酸ストロンチウム（$SrRuO_3$）、$La_{1-x}Sr_xCoO_3$（例えばｘ＝０．３や０．５）、$La_{1-x}Ca_xMnO_3$（例えばｘ＝０．２）、$La_{1-x}Ca_xMn_{1-y}Co_yO_3$（例えばｘ＝０．２、ｙ＝０．０５）、もしくはこれらを例えば白金レジネートペーストに混ぜたものが好ましい。

【０１８６】

また、上部電極１８として、図４１Ａ及び図４１Ｂに示すように、複数の鱗片状の形状を有する物質１１６（例えば黒鉛）の集合体１１８や、図４２Ａ及び図４２Ｂに示すように、鱗片状の形状を有する物質１１６を含んだ導電性の物質１２０の集合体１２２も好ましく用いられる。この場合、前記集合体１１８や集合体１２２でエミッタ部２２の表面を完全に覆うのではなく、エミッタ部２２が一部露出する貫通部１０２を複数設けて、エミッタ部２２のうち、貫通部１０２を臨む部分を電子放出領域とする。

【０１８７】

上部電極１８は、上記材料を用いて、スクリーン印刷、スプレー、コーティング、ディッピング、塗布、電気泳動法等の各種の厚膜形成法や、スパッタリング法、イオンビーム法、真空蒸着法、イオンプレーティング法、化学気相成長法（ＣＶＤ）、めっき等の各種の薄膜形成法による通常の膜形成法に従って形成することができ、好適には、前者の厚膜形成法によって形成するとよい。

【０１８８】

一方、下部電極２０は、導電性を有する物質、例えば金属が用いられ、白金、モリブデン、タングステン等によって構成される。また、高温酸化雰囲気に対して耐性を有する導体、例えば金属単体、合金、絶縁性セラミックスと金属単体との混合物、絶縁性セラミッ

クスと合金との混合物等によって構成され、好適には、白金、イリジウム、パラジウム、ロジウム、モリブデン等の高融点貴金属や、銀－パラジウム、銀－白金、白金－パラジウム等の合金を主成分とするものや、白金とセラミック材料とのサーメット材料によって構成される。さらに好適には、白金のみ又は白金系の合金を主成分とする材料によって構成される。

【０１８９】

また、下部電極２０として、カーボン、グラファイト系の材料を用いてもよい。なお、電極材料中に添加されるセラミック材料の割合は、５～３０体積％程度が好適である。もちろん、上述した上部電極１８と同様の材料を用いるようにしてもよい。

【０１９０】

下部電極２０は、好適には上記厚膜形成法によって形成する。下部電極２０の厚さは、２０μｍ以下であるとよく、好適には５μｍ以下であるとよい。

【０１９１】

エミッタ部２２、上部電極１８及び下部電極２０をそれぞれ形成するたびに熱処理（焼成処理）することで、一体構造にすることができる。

【０１９２】

エミッタ部２２、上部電極１８及び下部電極２０を一体化させるための焼成処理に係る温度としては、５００～１４００℃の範囲、好適には、１０００～１４００℃の範囲とするとよい。さらに、膜状のエミッタ部２２を熱処理する場合、高温時にエミッタ部２２の組成が不安定にならないように、エミッタ部２２の蒸発源と共に雰囲気制御を行いながら焼成処理を行うことが好ましい。

【０１９３】

焼成処理を行うことで、特に、上部電極１８となる膜が例えば厚み１０μｍから厚み０．１μｍに収縮すると同時に複数の孔等が形成されていき、結果的に、図３８に示すように、上部電極１８に複数の貫通部１０２が形成され、貫通部１０２の周部１０８が庇状に形成された構成となる。もちろん、上部電極１８となる膜に対して事前（焼成前）にエッチング（ウェットエッチング、ドライエッチング）やリフトオフ等によってパターンニングを施した後、焼成するようにしてもよい。この場合、後述するように、貫通部１０２として切欠き形状やスリット形状を容易に形成することができる。

【０１９４】

なお、エミッタ部２２を適切な部材によって被覆し、該エミッタ部２２の表面が焼成雰囲気に直接露出しないようにして焼成する方法を採用してもよい。

【０１９５】

次に、電子放出素子１２Ｂの電子放出原理について説明する。先ず、上部電極１８と下部電極２０との間に駆動電圧Ｖａが印加される。この駆動電圧Ｖａは、例えば、パルス電圧あるいは交流電圧のように、時間の経過に伴って、基準電圧（例えば０Ｖ）よりも高い又は低い電圧レベルから基準電圧よりも低い又は高い電圧レベルに急激に変化する電圧として定義される。

【０１９６】

また、エミッタ部２２の上面と上部電極１８と該電子放出素子１２Ｂの周囲の媒質（例えば、真空）との接触箇所においてトリプルジャンクションが形成されている。ここで、トリプルジャンクションとは、上部電極１８とエミッタ部２２と真空との接触により形成される電界集中部として定義される。なお、前記トリプルジャンクションには、上部電極１８とエミッタ部２２と真空が１つのポイントとして存在する３重点も含まれる。雰囲気中の真空度は、10^{2}～10^{-6}Ｐａが好ましく、より好ましくは10^{-3}～10^{-5}Ｐａである。

【０１９７】

第２の実施の形態では、トリプルジャンクションは、上部電極１８の庇部１０８や上部電極１８の周縁部に形成されることになる。従って、上部電極１８と下部電極２０との間に上述のような駆動電圧Ｖａが印加されると、上記したトリプルジャンクションにおいて

電界集中が発生する。

【０１９８】

ここで、電子放出素子１２Ｂの第１の電子放出方式について図４３及び図４４を参照しながら説明する。図４３の第１の出力期間Ｔ１（第１段階）において、上部電極１８に基準電圧（この場合、０Ｖ）よりも低い電圧Ｖ２が印加され、下部電極２０に基準電圧よりも高い電圧Ｖ１が印加される。この第１の出力期間Ｔ１では、上記したトリプルジャンクションにおいて電界集中が発生し、上部電極１８からエミッタ部２２に向けて電子放出が行われ、例えばエミッタ部２２のうち、上部電極１８の貫通部１０２から露出する部分や上部電極１８の周縁部近傍の部分に電子が蓄積される。すなわち、エミッタ部２２が帯電することになる。このとき、上部電極１８が電子供給源として機能する。

【０１９９】

次の第２の出力期間Ｔ２（第２段階）において、駆動電圧Ｖａの電圧レベルが急減に変化、すなわち、上部電極１８に基準電圧よりも高い電圧Ｖ１が印加され、下部電極２０に基準電圧よりも低い電圧Ｖ２が印加されると、今度は、上部電極１８の貫通部１０２に対応した部分や上部電極１８の周縁部近傍に帯電した電子は、逆方向へ分極反転したエミッタ部２２の双極子（エミッタ部２２の表面に負極性が現れる）により、エミッタ部２２から追い出され、図４４に示すように、エミッタ部２２のうち、前記電子の蓄積されていた部分から、貫通部１０２を通じて電子が放出される。もちろん、上部電極１８の外周部近傍からも電子が放出される。

【０２００】

次に、第２の電子放出方式について説明する。先ず、図４５の第１の出力期間Ｔ１（第１段階）において、上部電極１８に基準電圧よりも高い電圧Ｖ３が印加され、下部電極２０に基準電圧よりも低い電圧Ｖ４が印加される。この第１の出力期間Ｔ１では、電子放出のための準備（例えばエミッタ部２２の一方向への分極等）が行われる。次の第２の出力期間Ｔ２（第２段階）において、駆動電圧Ｖａの電圧レベルが急減に変化、すなわち、上部電極１８に基準電圧よりも低い電圧Ｖ４が印加され、下部電極２０に基準電圧よりも高い電圧Ｖ３が印加されると、今度は、上記したトリプルジャンクションにおいて電界集中が発生し、この電界集中によって上部電極１８から１次電子が放出され、エミッタ部２２のうち、貫通部１０２から露出する部分並びに上部電極１８の外周部近傍に衝突することとなる。これによって、図４６に示すように、１次電子が衝突した部分から２次電子（１次電子の反射電子を含む）が放出される。すなわち、第２の出力期間Ｔ２の初期段階において、前記貫通部１０２並びに上部電極１８の外周部近傍から２次電子が放出されることとなる。

【０２０１】

そして、この電子放出素子１２Ｂにおいては、上部電極１８に複数の貫通部１０２を形成したことから、各貫通部１０２並びに上部電極１８の外周部近傍から均等に電子が放出され、全体の電子放出特性のばらつきが低減し、電子放出の制御が容易になると共に、電子放出効率が高くなる。

【０２０２】

また、第２の実施の形態では、上部電極１８の庇部１０８とエミッタ部２２との間にギャップ１１０が形成された形となることから、駆動電圧Ｖａを印加した際に、該ギャップ１１０の部分において電界集中が発生し易くなる。これは、電子放出の高効率化につながり、駆動電圧の低電圧化（低い電圧レベルでの電子放出）を実現させることができる。

【０２０３】

上述したように、第２の実施の形態では、上部電極１８は、貫通部１０２の周部において庇部１０８が形成されることから、上述したギャップ１１０の部分での電界集中が大きくなることとも相俟って、上部電極１８の庇部１０８から電子が放出され易くなる。これは、電子放出の高出力、高効率化につながり、駆動電圧Ｖａの低電圧化を実現させることができる。これにより、例えば電子放出素子１２Ｂを多数並べて構成された第２の実施の形態に係る光源１０Ｂの高輝度化を図ることができる。

【０２０４】
また、上述した第１の電子放出方式（エミッタ部２２に蓄積された電子を放出させる方式）や第２の電子放出方式（上部電極１８からの１次電子をエミッタ部２２に衝突させて２次電子を放出させる方式）のいずれにしても、上部電極１８の庇部１０８がゲート電極（制御電極、フォーカス電子レンズ等）として機能するため、放出電子の直進性を向上させることができる。これは、電子放出素子１２Ｂを多数並べて例えばディスプレイの電子源として構成した場合に、クロストークを低減する上で有利となる。
【０２０５】
このように、第２の実施の形態に係る光源１０Ｂにおいては、高い電界集中を容易に発生させることができ、しかも、電子放出箇所を多くすることができ、電子放出について高出力、高効率を図ることができ、低電圧駆動（低消費電力）も可能となる。
【０２０６】
特に、第２の実施の形態では、エミッタ部２２の少なくとも上面は、誘電体の粒界による凹凸１０４が形成され、上部電極１８は、誘電体の粒界における凹部１０６に対応した部分に貫通部１０２が形成されるようにしたので、上部電極１８の庇部１０８を簡単に実現させることができる。
【０２０７】
また、エミッタ部２２の上面、すなわち、誘電体の粒界における凸部１１２の表面（凹部１０６の内壁面）と、上部電極１８の庇部１０８の下面１０８ａとのなす角の最大角度θを、１°≦θ≦６０°とし、エミッタ部２２の誘電体の粒界における凸部１１２の表面（凹部１０６の内壁面）と、上部電極１８の庇部１０８の下面１０８ａとの間の鉛直方向に沿った最大間隔ｄを、０μｍ＜ｄ≦１０μｍとしたので、これらの構成により、ギャップ１１０の部分での電界集中の度合いをより大きくすることができ、電子放出についての高出力、高効率、並びに駆動電圧の低電圧化を効率よく図ることができる。
【０２０８】
また、この第２の実施の形態では、貫通部１０２を孔１１４の形状としている。図３９に示すように、エミッタ部２２のうち、上部電極１８と下部電極２０（図３８参照）間に印加される駆動電圧Ｖａに応じて分極が反転あるいは変化する部分は、上部電極１８が形成されている直下の部分（第１の部分）１２４と、貫通部１０２の内周から貫通部１０２の内方に向かう領域に対応した部分（第２の部分）１２６であり、特に、第２の部分１２６は、駆動電圧Ｖａのレベルや電界集中の度合いによって変化することになる。従って、この第２の実施の形態では、孔１１４の平均径を、０．１μｍ以上、１０μｍ以下としている。この範囲であれば、貫通部１０２を通じて放出される電子の放出分布にばらつきがほとんどなくなり、効率よく電子を放出することができる。
【０２０９】
なお、孔１１４の平均径が０．１μｍ未満の場合、電子を蓄積する領域が狭くなり、放出される電子の量が少なくなる。もちろん、孔１１４を多数設けることも考えられるが、困難性を伴い、製造コストが高くなるという懸念がある。孔１１４の平均径が１０μｍを超えると、エミッタ部２２の前記貫通部１０２から露出した部分のうち、電子放出に寄与する部分（第２の部分）１２６の割合（占有率）が小さくなり、電子の放出効率が低下する。
【０２１０】
上部電極１８の庇部１０８の断面形状としては、図３９に示すように、上面及び下面とも水平に延びる形状としてもよいし、図４７に示すように、庇部１０８の下面１０８ａがほぼ水平であって、庇部１０８の上端部が上方に盛り上がっていてもよい。また、図４８に示すように、庇部１０８の下面１０８ａが、貫通部１０２の中心に向かうに従って徐々に上方に傾斜していてもよいし、図４９に示すように、庇部１０８の下面１０８ａが、貫通部１０２の中心に向かうに従って徐々に下方に傾斜していてもよい。図４７の例は、ゲート電極としての機能を高めることが可能であり、図４９の例では、ギャップ１１０の部分が狭くなることから、より電界集中を発生し易くなり、電子放出の高出力、高効率を向

上させることができる。

【０２１１】

また、この第２の実施の形態においては、図５０に示すように、電気的な動作において、上部電極１８と下部電極２０間に、エミッタ部２２によるコンデンサＣ１と、各ギャップ１１０による複数のコンデンサＣａの集合体とが形成された形となる。すなわち、各ギャップ１１０による複数のコンデンサＣａは、互いに並列に接続された１つのコンデンサＣ２として構成され、等価回路的には、集合体によるコンデンサＣ２にエミッタ部２２によるコンデンサＣ１が直列接続された形となる。

【０２１２】

実際には、集合体によるコンデンサＣ２にエミッタ部２２によるコンデンサＣ１がそのまま直列接続されることはなく、上部電極１８への貫通部１０２の形成個数や全体の形成面積等に応じて、直列接続されるコンデンサ成分が変化する。

【０２１３】

ここで、図５１に示すように、例えばエミッタ部２２によるコンデンサＣ１のうち、その２５％が集合体によるコンデンサＣ２と直列接続された場合を想定して、容量計算を行ってみる。先ず、ギャップ１１０の部分は真空であることから比誘電率は１となる。そして、ギャップ１１０の最大間隔ｄを０．１μｍ、１つのギャップ１１０の部分の面積Ｓ＝１μｍ×１μｍとし、ギャップ１１０の数を１０，０００個とする。また、エミッタ部２２の比誘電率を２０００、エミッタ部２２の厚みを２０μｍ、上部電極１８と下部電極２０の対向面積を２００μｍ×２００μｍとすると、集合体によるコンデンサＣ２の容量値は０．８８５ｐＦ、エミッタ部２２によるコンデンサＣ１の容量値は３５．４ｐＦとなる。そして、エミッタ部２２によるコンデンサＣ１のうち、集合体によるコンデンサＣ２と直列接続されている部分を全体の２５％としたとき、該直列接続された部分における容量値（集合体によるコンデンサＣ２の容量値を含めた容量値）は０．８０５ｐＦであり、残りの容量値は２６．６ｐＦとなる。

【０２１４】

これら直列接続された部分と残りの部分は並列接続されているから、全体の容量値は、２７．５ｐＦとなる。この容量値は、エミッタ部２２によるコンデンサＣ１の容量値３５．４ｐＦの７８％である。つまり、全体の容量値は、エミッタ部２２によるコンデンサＣ１の容量値よりも小さくなる。

【０２１５】

このように、複数のギャップ１１０によるコンデンサＣａの集合体については、ギャップ１１０によるコンデンサＣａの容量値が相対的に小さいものとなり、エミッタ部２２によるコンデンサＣ１との分圧から、印加電圧Ｖａのほとんどはギャップ１１０に印加されることになり、各ギャップ１１０において、電子放出の高出力化が実現される。

【０２１６】

また、集合体によるコンデンサＣ２は、エミッタ部２２によるコンデンサＣ１に直列接続された構造となることから、全体の容量値は、エミッタ部２２によるコンデンサＣ１の容量値よりも小さくなる。このことから、電子放出は高出力であり、全体の消費電力は小さくなるという好ましい特性を得ることができる。

【０２１７】

次に、上述した第２の実施の形態に係る光源１０Ｂの電子放出素子１２Ｂにおける３つの変形例について図５２～図５４を参照しながら説明する。

【０２１８】

先ず、第１の変形例に係る電子放出素子１２Ｂａは、図５２に示すように、貫通部１０２の形状、特に、上面から見た形状が切欠き１２８の形状である点で異なる。切欠き１２８の形状としては、図５２に示すように、多数の切欠き１２８が連続して形成されたくし歯状の切欠き１３０が好ましい。この場合、貫通部１０２を通じて放出される電子の放出分布のばらつきを低減し、効率よく電子を放出する上で有利となる。特に、切欠き１２８の平均幅を、０．１μｍ以上、１０μｍ以下とすることが好ましい。この平均幅は、切欠

き１２８の中心線を直交するそれぞれ異なる複数の線分の長さの平均を示す。

【０２１９】

第２の変形例に係る電子放出素子１２Ｂｂは、図５３に示すように、貫通部１０２の形状、特に、上面から見た形状がスリット１３２である点で異なる。ここで、スリット１３２とは、長軸方向（長手方向）の長さが短軸方向（短手方向）の長さの１０倍以上であるものをいう。従って、長軸方向（長手方向）の長さが短軸方向（短手方向）の長さの１０倍未満のものは孔１１４（図４０参照）の形状として定義することができる。また、スリット１３２としては、複数の孔１１４が連通してつながったものも含まれる。この場合、スリット１３２の平均幅は、０．１μｍ以上、１０μｍ以下とすることが好ましい。貫通部１０２を通じて放出される電子の放出分布のばらつきを低減し、効率よく電子を放出する上で有利になるからである。この平均幅は、スリット１３２の中心線を直交するそれぞれ異なる複数の線分の長さの平均を示す。

【０２２０】

第３の変形例に係る電子放出素子１２Ｂｃは、図５４に示すように、エミッタ部２２の上面のうち、貫通部１０２と対応する部分、例えば誘電体の粒界の凹部１０６にフローティング電極１３４が存在している点で異なる。この場合、フローティング電極１３４も電子供給源となることから、電子の放出段階（上述した第１の電子放出方式における第２の出力期間Ｔ２（図４３参照））において、多数の電子を貫通部１０２を通じて外部に放出させることができる。この場合、フローティング電極１３４からの電子放出は、フローティング電極１３４／誘電体／真空のトリプルジャンクションにおける電界集中によるものが考えられる。

【０２２１】

ここで、第２の実施の形態に係る光源１０Ｂの電子放出素子１２Ｂの特性、特に、電圧－電荷量特性（電圧－分極量特性）について説明する。

【０２２２】

この電子放出素子１２Ｂは、真空中において、図５５の特性に示すように、基準電圧＝０（Ｖ）を基準とした非対称のヒステリシス曲線を描く。

【０２２３】

この特性について説明すると、先ず、エミッタ部２２のうち、電子が放出される部分を電子放出部と定義したとき、基準電圧が印加されるポイントｐ１（初期状態）では、前記電子放出部に電子がほとんど蓄積されていない状態となっている。その後、負電圧を印加すると、前記電子放出部において、エミッタ部２２が分極反転した双極子の正電荷の量が増し、それに伴って、第１段階における上部電極１８から電子放出部へ向けた電子放出が起きて、電子が蓄積されていくこととなる。負電圧のレベルを負方向に大きくしていくと、前記電子放出部への電子の蓄積に伴って、ある負電圧のポイントｐ２において正電荷の量と負電荷の量が平衡な状態となり、負電圧のレベルを負方向に大きくしていくと、さらに電子の蓄積量が増加し、これに伴って、負電荷の量が正電荷の量よりも多い状態となる。ポイントｐ３において電子の蓄積飽和状態となる。ここでの負電荷の量は、蓄積したまま残っている電子の量と、エミッタ部２２が分極反転した双極子の負電荷の量の合計である。

【０２２４】

その後、負電圧のレベルを小さくしていき、さらに、基準電圧を超えて正電圧を印加していくと、ポイントｐ４において、第２段階における電子の放出が開始される。この正電圧を正方向に大きくすれば、電子の放出量が増加し、ポイントｐ５では、正電荷の量と負電荷の量が平衡な状態となる。そして、ポイントｐ６では、蓄積されていた電子がほとんど放出され、正電荷の量と負電荷の量の差が初期状態とほぼ同じになる。すなわち、電子の蓄積はほとんどなくなり、エミッタ部２２が分極した双極子の負電荷のみが電子放出部に現れている状態である。

【０２２５】

そして、この特性の特徴ある部分は、以下の点である。

【０２２６】
（１）正電荷の量と負電荷の量が平衡な状態であるポイントｐ２における負電圧をＶ１、ポイントｐ５における正電圧をＶ２としたとき、
｜Ｖ１｜＜｜Ｖ２｜
である。
【０２２７】
（２）より詳しくは、１．５×｜Ｖ１｜＜｜Ｖ２｜である。
【０２２８】
（３）ポイントｐ２における正電荷の量と負電荷の量の変化の割合をΔＱ１／ΔＶ１、ポイントｐ５における正電荷の量と負電荷の量の変化の割合をΔＱ２／ΔＶ２としたとき、
（ΔＱ１／ΔＶ１）＞（ΔＱ２／ΔＶ２）
である。
【０２２９】
（４）電子が蓄積飽和状態となる電圧をＶ３、電子の放出が開始される電圧をＶ４としたとき、
１≦｜Ｖ４｜／｜Ｖ３｜≦１．５
である。
【０２３０】
次に、図５５の特性を電圧－分極量特性の立場で説明する。初期状態において、エミッタ部２２が一方向に分極されて、例えば双極子の負極がエミッタ部２２の上面に向いた状態（図５６Ａ参照）となっている場合を想定して説明する。
【０２３１】
先ず、図５５に示すように、基準電圧（例えば０Ｖ）が印加されるポイントｐ１（初期状態）では、図５６Ａに示すように、双極子の負極がエミッタ部２２の上面に向いた状態となっていることから、エミッタ部２２の上面には電子がほとんど蓄積されていない状態となっている。
【０２３２】
その後、負電圧を印加し、該負電圧のレベルを負方向に大きくしていくと、負の抗電圧を超えたあたり（図５５のポイントｐ２参照）から分極が反転しはじめ、図５５のポイントｐ３にて全ての分極が反転することになる（図５６Ｂ参照）。この分極反転によって、上記したトリプルジャンクションにおいて電界集中が発生し、第１段階における上部電極１８からエミッタ部２２に向けた電子放出が起こり、例えばエミッタ部２２のうち、上部電極１８の貫通部１０２から露出する部分や上部電極１８の周縁部近傍の部分に電子が蓄積される（図５６Ｃ参照）。特に、上部電極１８から、エミッタ部２２のうち、上部電極１８の貫通部１０２から露出する部分に向けて電子が放出（内部放出）されることになる。そして、図５５のポイントｐ３において電子の蓄積飽和状態となる。
【０２３３】
その後、負電圧のレベルを小さくしていき、さらに、基準電圧を超えて正電圧を印加していくと、ある電圧レベルまでは、エミッタ部２２の上面の帯電状態が維持される（図５７Ａ参照）。正電圧のレベルをさらに大きくいくと、図５５のポイントｐ４の直前において、双極子の負極がエミッタ部２２の上面に向き始める領域が発生し（図５７Ｂ参照）、さらに、レベルを上げて図５５のポイントｐ４以降において、双極子の負極によるクーロン反発力により、電子の放出が開始される（図５７Ｃ参照）。この正電圧を正方向に大きくすれば、電子の放出量が増加し、正の抗電圧を超えたあたり（ポイントｐ５）から分極が再び反転する領域が拡大して、ポイントｐ６では、蓄積されていた電子がほとんど放出され、このときの分極量は初期状態の分極量とほぼ同じになる。
【０２３４】
そして、この電子放出素子１２Ｂの特性の特徴ある部分は、以下の点となる。
【０２３５】
（Ａ）負の抗電圧をｖ１、正の抗電圧をｖ２としたとき、

｜ｖ１｜＜｜ｖ２｜

である。

【０２３６】

（Ｂ）より詳しくは、１．５×｜ｖ１｜＜｜ｖ２｜である。

【０２３７】

（Ｃ）負の抗電圧ｖ１を印加した際における分極の変化の割合をΔｑ１／Δｖ１、正の抗電圧ｖ２を印加した際における分極の変化の割合をΔｑ２／Δｖ２としたとき、

（Δｑ１／Δｖ１）＞（Δｑ２／Δｖ２）

である。

【０２３８】

（Ｄ）電子が蓄積飽和状態となる電圧をｖ３、電子の放出が開始される電圧をｖ４としたとき、

１≦｜ｖ４｜／｜ｖ３｜≦１．５

である。

【０２３９】

この電子放出素子１２Ｂは、上述のような特性を有することから、複数の画素に応じて配列された複数の電子放出素子１２Ｂを有し、各電子放出素子１２Ｂからの電子放出によって発光を行う第２の実施の形態に係る光源１０Ｂに簡単に適用させることができる。

【０２４０】

次に、上述した電子放出素子１２Ｂを使用した構成された光源１０Ｂについて説明する。

【０２４１】

この第２の実施の形態に係る光源１０Ｂは、液晶ディスプレイ用のバックライト等の画像表示を行うディスプレイに準拠した光源であって、図５８に示すように、多数の電子放出素子１２Ｂが例えば画素等の発光素子に対応してマトリックス状あるいは千鳥状に配列された発光部１４Ｂと、該発光部１４Ｂを駆動するための駆動回路１６Ｂとを有する。この場合、１発光素子当たり１つの電子放出素子１２Ｂを割り当ててもよいし、１発光素子当たり複数の電子放出素子１２Ｂを割り当てるようにしてもよい。この実施の形態では、説明を簡単にするために、１発光素子当たり１つの電子放出素子１２Ｂを割り当てた場合を想定して説明する。

【０２４２】

この駆動回路１６Ｂは、発光部１４Ｂに対して行を選択するための複数の行選択線１４４が配線され、同じく発光部１４Ｂに対してデータ信号Ｓｄを供給するための複数の信号線１４６が配線されている。

【０２４３】

さらに、この駆動回路１６Ｂは、行選択線１４４に選択的に選択信号Ｓｓを供給して、例えば１行単位に電子放出素子１２Ｂを順次選択する行選択回路１４８と、信号線１４６にパラレルにデータ信号Ｓｄを出力して、行選択回路１４８にて選択された行（選択行）にそれぞれデータ信号Ｓｄを供給する信号供給回路１５０と、入力される制御信号Ｓｖ（映像信号等）及び同期信号Ｓｃに基づいて行選択回路１４８及び信号供給回路１５０を制御する信号制御回路１５２とを有する。

【０２４４】

行選択回路１４８及び信号供給回路１５０には電源回路１５４（例えば５０Ｖ及び０Ｖ）が接続され、特に、行選択回路１４８と電源回路１５４間の負極ラインとＧＮＤ（グランド）間にパルス電源１５６が接続されている。パルス電源１５６は、後述する電荷蓄積期間Ｔｄに基準電圧（例えば０Ｖ）、発光期間Ｔｈに電圧（例えば－４００Ｖ）とされたパルス状の電圧波形を出力する。

【０２４５】

行選択回路１４８は、電荷蓄積期間Ｔｄに、選択行に対して選択信号Ｓｓを出力し、非選択行に対して非選択信号Ｓｎを出力する。また、行選択回路１４８は、発光期間Ｔｈに

電源回路１５４からの電源電圧（例えば５０Ｖ）とパルス電源１５６からの電圧（例えば－４００Ｖ）が加わった一定電圧（例えば－３５０Ｖ）を出力する。

【０２４６】

信号供給回路１５０は、パルス生成回路１５８と振幅変調回路１６０とを有する。パルス生成回路１５８は、電荷蓄積期間Ｔｄにおいて、一定のパルス周期で一定の振幅（例えば５０Ｖ）を有するパルス信号Ｓｐを生成、出力し、発光期間Ｔｈにおいて、基準電圧（例えば０Ｖ）を出力する。

【０２４７】

振幅変調回路１６０は、電荷蓄積期間Ｔｄにおいて、パルス生成回路１５８からのパルス信号Ｓｐをそれぞれ選択行に関する発光素子の輝度レベルに応じて振幅変調し、それぞれ選択行に関する発光素子のデータ信号Ｓｄとして出力し、発光期間Ｔｈにおいて、パルス生成回路１５８からの基準電圧をそのまま出力する。これらのタイミング制御並びに選択された複数の発光素子の輝度レベルの振幅変調回路１６０への供給は、信号供給回路１５０を通じて行われる。

【０２４８】

例えば図５９Ａ～図５９Ｃにおいて３つの例を示すように、輝度レベルが低い場合は、パルス信号Ｓｐの振幅を低レベルＶｓｌとし（図５９Ａ参照）、輝度レベルが中位の場合は、パルス信号Ｓｐの振幅を中レベルＶｓｍとし（図５９Ｂ参照）、輝度レベルが高い場合は、パルス信号Ｓｐの振幅を高レベルＶｓｈとする（図５９Ｃ参照）。この例では、３つに分けた例を示したが、光源１０Ｂに適用する場合には、パルス信号Ｓｐを、発光素子の輝度レベルに応じて、例えば１２８段階や２５６段階に振幅変調される。

【０２４９】

ここで、信号供給回路１５０の変形例について図６０～図６１Ｃを参照しながら説明する。

【０２５０】

変形例に係る信号供給回路１５０ａは、図６０に示すように、パルス生成回路１６２とパルス幅変調回路１６４とを有する。パルス生成回路１６２は、電荷蓄積期間Ｔｄにおいて、電子放出素子１２Ｂに印加される電圧波形（図６１Ａ～図６１Ｃにおいて実線で示す）において、立ち上がり部分の波形が連続的にレベルが変化するパルス信号Ｓｐａ（図６１Ａ～図６１Ｃにおいて破線で示す）を生成、出力し、発光期間Ｔｈにおいて、基準電圧を出力する。そして、パルス幅変調回路１６４は、電荷蓄積期間Ｔｄにおいて、パルス生成回路１６２からのパルス信号Ｓｐａのパルス幅Ｗｐ（図６１Ａ～図６１Ｃ参照）をそれぞれ選択行に関する発光素子の輝度レベルに応じて変調し、それぞれ選択行に関する発光素子のデータ信号Ｓｄとして出力する。発光期間Ｔｈにおいてはパルス生成回路１６２からの基準電圧をそのまま出力する。この場合も、これらのタイミング制御並びに選択された複数の発光素子の輝度レベルのパルス幅変調回路１６４への供給は、信号供給回路１５０ａを通じて行われる。

【０２５１】

例えば図６１Ａ～図６１Ｃにおいて３つの例を示すように、輝度レベルが低い場合は、パルス信号Ｓｐａのパルス幅Ｗｐを短くして、実質的な振幅を低レベルＶｓｌとし（図６１Ａ参照）、輝度レベルが中位の場合は、パルス信号Ｓｐａのパルス幅Ｗｐを中位の長さにして、実質的な振幅を中位レベルＶｓｍとし（図６１Ｂ参照）、輝度レベルが高い場合は、パルス信号Ｓｐａのパルス幅Ｗｐを長くして、実質的な振幅を高レベルＶｓｈとする（図６１Ｃ参照）。ここでは、３つの例を示したが、光源１０Ｂに適用する場合には、パルス信号Ｓｐａを、発光素子の輝度レベルに応じて、例えば１２８段階や２５６段階にパルス幅変調される。

【０２５２】

ここで、上述した電子の蓄積に係る負電圧のレベルを変化させた場合の特性図の変化を、図５９Ａ～図５９Ｃに示すパルス信号Ｓｐに対する３つの振幅変調の例と、図６１Ａ～図６１Ｃに示すパルス信号Ｓｐａに対する３つのパルス幅変調の例との関連でみると、図

５９Ａ及び図６１Ａに示す負電圧のレベルＶｓｌでは、図６２Ａに示すように、電子放出素子１２Ｂに蓄積される電子の量が少ない。図５９Ｂ及び図６１Ｂに示す負電圧のレベルＶｓｍでは、図６２Ｂに示すように、蓄積される電子の量が中位であり、図５９Ｃ及び図６１Ｃに示す負電圧のレベルＶｓｈでは、図６２Ｃに示すように、蓄積される電子の量が多く、ほぼ飽和状態となっている。

【０２５３】

しかし、これら図６２Ａ～図６２Ｃに示すように、電子の放出が開始されるポイントｐ４の電圧レベルはほとんど同じになっている。すなわち、電子を蓄積した後、ポイントｐ４に示す電圧レベルまで印加電圧が変化したとしても、電子の蓄積量にほとんど変化はなく、メモリ効果が発揮されることがわかる。

【０２５４】

また、この電子放出素子１２Ｂを光源１０Ｂの発光素子として利用する場合は、図６３に示すように、上部電極１８の上方に、例えばガラスやアクリル製の透明板１６６が配置され、該透明板１６６の裏面（上部電極１８と対向する面）に例えば透明電極にて構成されたコレクタ電極１６８が配置され、該コレクタ電極１６８には蛍光体１７０が塗布される。なお、コレクタ電極１６８にはバイアス電圧源１７２（コレクタ電圧Ｖｃ）が抵抗を介して接続される。また、電子放出素子１２Ｂは、当然のことながら、真空空間内に配置される。雰囲気中の真空度は、10^{2}～10^{-6}Ｐａが好ましく、より好ましくは10^{-3}～10^{-5}Ｐａである。

【０２５５】

このような範囲を選んだ理由は、低真空では、（１）空間内に気体分子が多いため、プラズマを生成し易く、プラズマが多量に発生され過ぎると、その正イオンが多量に上部電極１８に衝突して損傷を進めるおそれや、（２）放出電子がコレクタ電極１６８に到達する前に気体分子に衝突してしまい、コレクタ電圧Ｖｃで十分に加速した電子による蛍光体１７０の励起が十分に行われなくなるおそれがあるからである。

【０２５６】

一方、高真空では、電界が集中するポイントから電子を放出し易いものの、構造体の支持、及び真空のシール部が大きくなり、小型化に不利になるという問題があるからである。

【０２５７】

図６３の例では、透明板１６６の裏面にコレクタ電極１６８を形成し、該コレクタ電極１６８の表面（上部電極１８と対向する面）に蛍光体１７０を形成するようにしたが、その他、図６４に示すように、透明板１６６の裏面に蛍光体１７０を形成し、該蛍光体１７０を覆うようにコレクタ電極１６８を形成するようにしてもよい。

【０２５８】

これは、ＣＲＴ等で用いられる構成であって、コレクタ電極１６８がメタルバックとして機能する。エミッタ部２２から放出された電子はコレクタ電極１６８を貫通して蛍光体１７０に進入し、該蛍光体１７０を励起する。従って、コレクタ電極１６８は電子が貫通できる程度の厚さであり、１００ｎｍ以下が好ましい。電子の運動エネルギーが大きいほど、コレクタ電極１６８の厚みを厚くすることができる。

【０２５９】

このような構成とすることで以下の効果を奏することができる。

【０２６０】

（ａ）蛍光体１７０が導電性でない場合、蛍光体１７０の帯電（負）を防ぎ、電子の加速電界を維持することができる。

【０２６１】

（ｂ）コレクタ電極１６８が蛍光体１７０の発光を反射して、蛍光体１７０の発光を効率よく透明板１６６側（発光面側）に放出することができる。

【０２６２】

（ｃ）蛍光体１７０への過度な電子の衝突を防ぐことができ、蛍光体１７０の劣化や蛍光

体１７０からのガス発生を防止することができる。

【０２６３】

次に、この第２の実施の形態に係る光源１０Ｂに用いられる電子放出素子１２Ｂについての４つの実験例（第１～第４の実験例）を示す。

【０２６４】

第１の実験例は、電子放出素子１２Ｂの電子の放出状態をみたものである。すなわち、図６５Ａに示すように、電子放出素子１２Ｂに対して－７０Ｖの電圧を有する書込みパルスＰｗを印加して、電子放出素子１２Ｂに電子を蓄積させ、その後、２８０Ｖの電圧を有する点灯パルスＰｈを印加して電子を放出させた。電子の放出状態は、蛍光体１７０の発光を受光素子（フォトダイオード）にて検出して測定した。検出波形を図６５Ｂに示す。なお、書込みパルスＰｗと点灯パルスＰｈのデューティ比は５０％とした。

【０２６５】

この第１の実験例から、点灯パルスＰｈの立ち上がり途中から発光が開始され、該点灯パルスＰｈの初期段階で発光が終了していることがわかる。従って、点灯パルスＰｈの期間をより短くしても発光には影響はないものと考えられる。これは、高電圧の印加期間の短縮化につながり、消費電力の低減化を図る上で有利になる。

【０２６６】

第２の実験例は、電子放出素子１２Ｂの電子の放出量が、図６６に示す書込みパルスＰｗの振幅によってどのように変化するかをみたものである。電子の放出量の変化は第１の実験例と同様に、蛍光体１７０の発光を受光素子（フォトダイオード）にて検出して測定した。実験結果を図６７に示す。

【０２６７】

図６７において、実線Ａは、点灯パルスＰｈの振幅を２００Ｖとし、書込みパルスＰｗの振幅を－１０Ｖから－８０Ｖに変化させた場合の特性を示し、実線Ｂは、点灯パルスＰｈの振幅を３５０Ｖとし、書込みパルスＰｗの振幅を－１０Ｖから－８０Ｖに変化させた場合の特性を示す。

【０２６８】

この図６７に示すように、書込みパルスＰｗを－２０Ｖから－４０Ｖに変化させた場合、発光輝度は、ほとんど直線的に変化していることがわかる。特に、点灯パルスＰｈの振幅が３５０Ｖの場合と２００Ｖの場合とで比較すると、３５０Ｖの場合が書込みパルスＰｗに対する発光輝度変化のダイナミックレンジが広くなっており、発光輝度の向上を図る上で有利であることがわかる。また、第２の実施の形態に係る光源１０Ｂをディスプレイに適用した場合、該ディスプレイのコントラストの向上を図ることができる。この傾向は、点灯パルスＰｈの振幅設定に対して発光輝度が飽和するまでの範囲において、点灯パルスＰｈの振幅を上げるほど有利になると思われるが、信号伝送系の耐圧や消費電力との関係で、最適な値に設定することが好ましい。

【０２６９】

第３の実験例は、電子放出素子１２Ｂの電子の放出量が、図６６に示す点灯パルスＰｈの振幅によってどのように変化するかをみたものである。電子の放出量の変化は第１の実験例と同様に、蛍光体１７０の発光を受光素子（フォトダイオード）にて検出して測定した。実験結果を図６８に示す。

【０２７０】

図６８において、実線Ｃは、書込みパルスＰｗの振幅を－４０Ｖとし、点灯パルスＰｈの振幅を５０Ｖから４００Ｖに変化させた場合の特性を示し、実線Ｄは、書込みパルスＰｗの振幅を－７０Ｖとし、点灯パルスＰｈの振幅を５０Ｖから４００Ｖに変化させた場合の特性を示す。

【０２７１】

この図６８に示すように、点灯パルスＰｈを１００Ｖから３００Ｖに変化させた場合、発光輝度は、ほとんど直線的に変化していることがわかる。特に、書込みパルスＰｗの振幅が－４０Ｖの場合と－７０Ｖの場合とで比較すると、－７０Ｖの場合が点灯パルスＰｈ

に対する発光輝度変化のダイナミックレンジが広くなっており、発光輝度の向上、並びにディスプレイに適用した場合のコントラストの向上を図る上で有利であることがわかる。この傾向は、書込みパルスＰｗの振幅設定に対して発光輝度が飽和するまでの範囲において、書込みパルスＰｗの振幅（この場合、絶対値）を上げるほど有利になると思われるが、この場合も、信号伝送系の耐圧や消費電力との関係で、最適な値に設定することが好ましい。

【０２７２】

第４の実験例は、電子放出素子１２Ｂの電子の放出量が、図６３又は図６４に示すコレクタ電圧Ｖｃのレベルによってどのように変化するかをみたものである。電子の放出量の変化は第１の実験例と同様に、蛍光体１７０の発光を受光素子（フォトダイオード）にて検出して測定した。実験結果を図６９に示す。

【０２７３】

図６９において、実線Ｅは、コレクタ電圧Ｖｃのレベルを３ｋＶとし、点灯パルスＰｈの振幅を８０Ｖから５００Ｖに変化させた場合の特性を示し、実線Ｆは、コレクタ電圧Ｖｃのレベルを７ｋＶとし、点灯パルスＰｈの振幅を８０Ｖから５００Ｖに変化させた場合の特性を示す。

【０２７４】

この図６９に示すように、コレクタ電圧Ｖｃを７ｋＶとした方が、３ｋＶの場合よりも、点灯パルスＰｈに対する発光輝度変化のダイナミックレンジが広くなっており、発光輝度の向上、並びにディスプレイに適用した場合のコントラストの向上を図る上で有利であることがわかる。この傾向は、コレクタ電圧Ｖｃのレベルを上げるほど有利になると思われるが、この場合も、信号伝送系の耐圧や消費電力との関係で、最適な値に設定することが好ましい。

【０２７５】

ここで、上述した第２の実施の形態に係る光源１０Ｂの１つの駆動方法について図７０及び図７１を参照しながら説明する。図７０は、代表的に１行１列、２行１列及びｎ行１列の画素の動作を示す。なお、ここで使用する電子放出素子１２Ａは、図５５のポイントｐ２における抗電圧ｖ１が例えば－２０Ｖ、ポイントｐ５における抗電圧ｖ２が＋７０Ｖ、ポイントｐ３における電圧ｖ３が－５０Ｖ、ポイントｐ４における電圧ｖ４が＋５０Ｖの特性を有する。

【０２７６】

また、図７０に示すように、全部の行を選択する期間を１フレームとしたとき、該１フレーム内に１つの電荷蓄積期間Ｔｄと１つの発光期間Ｔｈが含まれており、１つの電荷蓄積期間Ｔｄには、ｎ個の選択期間Ｔｓが含まれる。各選択期間Ｔｓはそれぞれ対応する行の選択期間Ｔｓとなるため、対応しないｎ－１個の行については非選択期間Ｔｎとなる。

【０２７７】

そして、この駆動方法は、電荷蓄積期間Ｔｄに、全ての電子放出素子１２Ｂを走査して、ＯＮ対象（発光対象）の画素に対応した複数の電子放出素子１２Ｂにそれぞれ対応する発光素子の輝度レベルに応じた電圧を印加することにより、ＯＮ対象の発光素子に対応した複数の電子放出素子１２Ｂにそれぞれ対応する発光素子の輝度レベルに応じた量の電荷（電子）を蓄積させ、次の発光期間Ｔｈに、全ての電子放出素子１２Ｂに一定の電圧を印加して、ＯＮ対象の発光素子に対応した複数の電子放出素子１２Ｂからそれぞれ対応する発光素子の輝度レベルに応じた量の電子を放出させて、ＯＮ対象の発光素子を発光させるというものである。

【０２７８】

具体的に説明すると、図７１にも示すように、先ず、１行目の選択期間Ｔｓにおいては、１行目の行選択線１４４に例えば５０Ｖの選択信号Ｓｓが供給され、その他の行の行選択線１４４に例えば０Ｖの非選択信号Ｓｎが供給される。１列目の発光素子のうち、ＯＮ（発光）とすべき発光素子の信号線１４６に供給されるデータ信号Ｓｄの電圧は、０Ｖ以上、３０Ｖ以下の範囲であって、かつ、それぞれ対応する発光素子の輝度レベルに応じた

電圧となる。輝度レベル最大であれば０Ｖとなる。このデータ信号Ｓｄの輝度レベルに応じた変調は、図５８に示す振幅変調回路１６０や図６０に示すパルス幅変調回路１６４を通じて行われる。

【０２７９】

これにより、１行目のＯＮとすべき各発光素子にそれぞれ対応する電子放出素子１２Ｂの上部電極１８と下部電極２０間にはそれぞれ輝度レベルに応じて－５０Ｖ以上、－２０Ｖ以下の電圧が印加される。その結果、上述した各電子放出素子１２Ｂには、印加された電圧に応じた電子が蓄積されることになる。例えば１行１列目の発光素子に対応する電子放出素子１２Ｂは、例えば最大輝度レベルであることから、図５５の特性のポイントｐ３の状態となり、エミッタ部２２のうち、上部電極１８の貫通部１０２から露出する部分に最大量の電子が蓄積されることになる。

【０２８０】

なお、ＯＦＦ（消光）を示す発光素子に対応する電子放出素子１２Ｂに供給されるデータ信号Ｓｄの電圧は、例えば５０Ｖであり、これにより、ＯＦＦ対象の発光素子に対応する電子放出素子１２Ｂには０Ｖが印加され、これは、図５５の特性のポイントｐ１の状態となり、電子の蓄積は行われない。

【０２８１】

１行目へのデータ信号Ｓｄの供給が終了した後、２行目の選択期間Ｔｓにおいては、２行目の行選択線１４４に５０Ｖの選択信号Ｓｓが供給され、その他の行の行選択線１４４に０Ｖの非選択信号Ｓｎが供給される。この場合も、ＯＮ（発光）とすべき発光素子に対応する電子放出素子１２Ｂの上部電極１８と下部電極２０間にはそれぞれ輝度レベルに応じて－５０Ｖ以上、－２０Ｖ以下の電圧が印加される。このとき、非選択状態にある例えば１行目の発光素子に対応する電子放出素子１２Ｂの上部電極１８と下部電極２０間には０Ｖ以上、５０Ｖ以下の電圧が印加されるが、この電圧は、図５５の特性のポイント４に達しないレベルの電圧であることから、１行目のうち、ＯＮ（発光）とすべき発光素子に対応する電子放出素子１２Ｂから電子が放出されるということはない。つまり、非選択状態の１行目の発光素子が、選択状態の２行目の画素に供給されるデータ信号Ｓｄの影響を受けるということがない。

【０２８２】

以下同様に、ｎ行目の選択期間Ｔｓにおいては、ｎ行目の行選択線１４４に５０Ｖの選択信号Ｓｓが供給され、その他の行の行選択線１４４に０Ｖの非選択信号Ｓｎが供給される。この場合も、ＯＮ（発光）とすべき発光素子に対応する電子放出素子１２Ｂの上部電極１８と下部電極２０間にはそれぞれ輝度レベルに応じて－５０Ｖ以上、－２０Ｖ以下の電圧が印加される。このとき、非選択状態にある１行～（ｎ－１）行の各発光素子に対応する電子放出素子１２Ｂの上部電極１８と下部電極２０間には０Ｖ以上、５０Ｖ以下の電圧が印加されるが、これら非選択状態の各発光素子のうち、ＯＮ（発光）とすべき発光素子に対応する電子放出素子１２Ｂから電子が放出されるということはない。

【０２８３】

ｎ行目の選択期間Ｔｓが経過した段階で、発光期間Ｔｈに入る。この発光期間Ｔｈでは、全電子放出素子１２Ｂの上部電極１８には、信号供給回路１５０を通じて基準電圧（例えば０Ｖ）が印加され、全電子放出素子１２Ｂの下部電極２０には、－３５０Ｖの電圧（パルス電源１５６の－４００Ｖ＋行選択回路１４８の電源電圧５０Ｖ）が印加される。これにより、全電子放出素子１２Ｂの上部電極１８と下部電極２０間に高電圧（＋３５０Ｖ）が印加される。全電子放出素子１２Ｂは、それぞれ図５５の特性のポイントｐ６の状態となり、図５７Ｃに示すように、エミッタ部２２のうち、前記電子の蓄積されていた部分から、貫通部１０２を通じて電子が放出される。もちろん、上部電極１８の外周部近傍からも電子が放出される。

【０２８４】

つまり、ＯＮ（発光）とすべき発光素子に対応する電子放出素子１２Ｂから電子が放出され、放出された電子は、これら電子放出素子１２Ｂに対応するコレクタ電極１６８に導

かれて、対応する蛍光体１７０を励起し、発光する。この発光は、透明板１６６の表面を通じて外方に放射されることになる。

【０２８５】

以後同様に、フレーム単位に、電荷蓄積期間Ｔｄにおいて、ＯＮ（発光）とすべき発光素子に対応する電子放出素子１２Ｂに電子を蓄積し、発光期間Ｔｈにおいて、蓄積されていた電子を放出して蛍光発光させることで、その発光が、透明板１６６の表面を通じて外方に放射されることになる。

【０２８６】

このように、この第２の実施の形態に係る光源１０Ｂにおいては、上述したように、１フレーム内の電荷蓄積期間Ｔｄに、全ての電子放出素子１２Ｂを走査して、ＯＮ対象の発光素子に対応した複数の電子放出素子１２Ｂにそれぞれ対応する発光素子の輝度レベルに応じた電圧を印加することにより、ＯＮ対象の発光素子に対応した複数の電子放出素子１２Ｂにそれぞれ対応する発光素子の輝度レベルに応じた量の電荷を蓄積させ、次の発光期間Ｔｈに、全ての電子放出素子１２Ｂに一定の電圧を印加して、ＯＮ対象の発光素子に対応した複数の電子放出素子１２Ｂからそれぞれ対応する発光素子の輝度レベルに応じた量の電子を放出させて、ＯＮ対象の発光素子を発光させることが可能となる。

【０２８７】

また、この第２の実施の形態の光源１０Ｂに使用される電子放出素子１２Ｂにおいては、例えば電子が蓄積飽和状態となる電圧Ｖ３と、電子の放出が開始される電圧Ｖ４との関係が、１≦｜Ｖ４｜／｜Ｖ３｜≦１．５である。

【０２８８】

通常、例えば、電子放出素子１２Ｂをマトリックス状に配列して、水平走査期間に同期させて１行単位に電子放出素子１２Ｂを選択し、選択状態にある電子放出素子１２Ｂに対してそれぞれ発光素子の輝度レベルに応じたデータ信号Ｓｄを供給するとき、非選択状態の発光素子にも、データ信号Ｓｄが供給されることになる。

【０２８９】

非選択状態の電子放出素子１２Ｂがデータ信号Ｓｄの影響を受けて例えば電子放出してしまうと、光源１０Ｂの輝度ムラ等を招くという問題がある。

【０２９０】

しかし、この電子放出素子１２Ｂでは、上述した特性を有するため、選択状態の電子放出素子１２Ｂに供給されるデータ信号Ｓｄの電圧レベルを、基準電圧から電圧Ｖ３までの任意の電圧とし、非選択状態の電子放出素子１２Ｂに対して、例えばデータ信号Ｓｄの逆極性の信号が供給されるように設定するという簡単な電圧関係にしても、非選択状態の発光素子が、選択状態の発光素子へのデータ信号Ｓｄによって影響を受けることがない。すなわち、各発光素子の選択期間Ｔｓにおいて蓄積された各発光素子の電子蓄積量（各電子放出素子１２Ｂにおけるエミッタ部２２の帯電量）が、次の発光期間Ｔｈにおいて電子放出が行われるまで維持されることになり、その結果、各発光素子でのメモリ効果を実現でき、高輝度、高コントラスト化を図ることができる。

【０２９１】

一方、この第２の実施の形態に係る光源１０Ｂにおいては、電荷蓄積期間Ｔｄに、全ての電子放出素子１２Ｂに必要な電荷を蓄積し、その後の発光期間Ｔｈに、全ての電子放出素子１２Ｂに対して電子放出に必要な電圧を印加して、ＯＮ対象の発光素子に対応した複数の電子放出素子１２Ｂから電子を放出させて、ＯＮ対象の発光素子を発光させるようにしている。

【０２９２】

通常、電子放出素子１２Ｂで発光素子を構成した場合、発光素子を発光させるには、電子放出素子１２Ｂに高電圧を印加する必要がある。そのことから、発光素子への走査時に電荷を蓄積してさらに発光を行わせる場合、１つの発光素子を発光させる期間（例えば１フレーム）にわたって高電圧を印加する必要があり、消費電力が大きくなるという問題がある。また、各電子放出素子１２Ｂを選択し、データ信号Ｓｄを供給する回路も高電圧に

対応した回路にする必要がある。

【０２９３】

しかし、この例では、全ての電子放出素子１２Ｂに電荷を蓄積した後に、全ての電子放出素子１２Ｂに電圧を印加して、ＯＮ対象の電子放出素子１２Ｂに対応する発光素子を発光させるというものである。

【０２９４】

従って、全ての電子放出素子１２Ｂに電子放出のための電圧（放出電圧）を印加する期間Ｔｈは、当然に、１フレームよりも短くなり、しかも、図６５Ａ及び図６５Ｂに示す第１の実験例からもわかるように、放出電圧の印加期間を短くすることができることから、発光素子への走査時に電荷の蓄積と発光とを行わせる場合と比して消費電力を大幅に低減させることができる。

【０２９５】

また、電子放出素子１２Ｂに電荷を蓄積する期間Ｔｄと、ＯＮ対象の発光素子に対応する電子放出素子１２Ｂから電子放出させる期間Ｔｈとを分離したため、各電子放出素子１２Ｂにそれぞれ輝度レベルに応じた電圧を印加するための回路の低電圧駆動を図ることができる。

【０２９６】

また、データ信号Ｓｄ及び電荷蓄積期間Ｔｄの選択信号Ｓｓ／非選択信号Ｓｎは、行又は列毎に駆動する必要があるが、上述した実施の形態にみられるように、駆動電圧は数１０ボルトでよいため、蛍光表示管等で使用される安価な多出力ドライバを使用することができる。一方、発光期間Ｔｈにおいては、電子を十分に放出させる電圧は、前記駆動電圧よりも大きくなる可能性があるが、全てＯＮ対象の発光素子を一括して駆動すればよいため、多出力の回路部品を必要としない。例えば高耐圧のディスクリート部品で構成した１出力だけの駆動回路があればよいため、コスト的に安価で済む上に、回路規模も小さく済むという利点がある。上記の駆動電圧及び放電電圧は、エミッタ部２２の膜厚を薄くすることで、低電圧化を図ることが可能である。従って、膜厚の設定により、例えば駆動電圧を数ボルトにすることも可能となる。

【０２９７】

さらに、本駆動方法によれば、行走査による第１段階と分離して、行走査によらない第２段階の電子放出が全発光素子一斉に行われることから、解像度、画面サイズによらず発光時間を確保し易く、輝度を大きくすることができる。

【０２９８】

次に、第２の実施の形態に係る光源１０Ｂに使用される電子放出素子１２Ｂの各種変形例について図７２～図７７を参照しながら説明する。

【０２９９】

先ず、第１の変形例に係る電子放出素子１２Ｂａは、図７２に示すように、上述した電子放出素子１２Ｂとほぼ同様の構成を有するが、上部電極１８の構成材料が下部電極２０と同じである点と、上部電極１８の厚みｔが１０μｍよりも厚い点と、貫通部１０２をエッチング（ウェットエッチング、ドライエッチング）やリフトオフ、レーザ等を使用して人為的に形成している点で特徴を有する。貫通部１０２の形状は、上述した電子放出素子１２Ｂと同様に、孔１１４の形状、切欠き１２８の形状、スリット１３２の形状を採用することができる。

【０３００】

さらに、上部電極１８における貫通部１０２の周部１０８の下面１０８ａは、貫通部１０２の中心に向かうに従って徐々に上方に傾斜している。この形状は、例えばリフトオフを使用することで簡単に形成することができる。

【０３０１】

この第１の変形例に係る電子放出素子１２Ｂａを使用した光源１０Ｂにおいても、上述した電子放出素子１２Ｂを用いた場合と同様に、高い電界集中を容易に発生させることができ、しかも、電子放出箇所を多くすることができ、電子放出について高出力、高効率を

図ることができ、低電圧駆動（低消費電力）も可能となる。

【０３０２】

また、図７３に示す第２の変形例に係る電子放出素子１２Ｂｂのように、エミッタ部２２の上面のうち、貫通部１０２と対応する部分にフローティング電極１７４を存在させてもよい。

【０３０３】

また、図７４に示す第３の変形例に係る電子放出素子１２Ｂｃのように、上部電極１８として、断面形状がほぼＴ字状とされた電極を形成するようにしてもよい。

【０３０４】

また、図７５に示す第４の変形例に係る電子放出素子１２Ｂｄのように、上部電極１８の形状、特に、上部電極１８の貫通部１０２の周部１０８が浮き上がった形状としてもよい。これは、上部電極１８となる膜材料の中に、焼成工程中においてガス化する材料を含ませておけばよい。これにより、焼成工程において、前記材料がガス化し、その跡として、上部電極１８に多数の貫通部１０２が形成されると共に、貫通部１０２の周部１０８が浮き上がった形状になる。

【０３０５】

次に、第５の変形例に係る電子放出素子１２Ｂｅについて図７６を参照しながら説明する。

【０３０６】

この第５の変形例に係る電子放出素子１２Ｂｅは、図７６に示すように、上述した電子放出素子１２Ｂとほぼ同様の構成を有するが、例えばセラミックスで構成された１つの基板１７６を有する点と、下部電極２０が基板１７６上に形成され、エミッタ部２２が基板１７６上であって、かつ、下部電極２０を覆うように形成され、さらに上部電極１８がエミッタ部２２上に形成されている点で異なる。

【０３０７】

基板１７６の内部には、各エミッタ部２２が形成される部分に対応した位置に、後述する薄肉部を形成するための空所１７８が設けられている。空所１７８は、基板１７６の他端面に設けられた径の小さい貫通孔１８０を通じて外部と連通されている。

【０３０８】

前記基板１７６のうち、空所１７８の形成されている部分が薄肉とされ（以下、薄肉部１８２と記す）、それ以外の部分が厚肉とされて前記薄肉部１８２を支持する固定部１８４として機能するようになっている。

【０３０９】

つまり、基板１７６は、最下層である基板層１７６Ａと中間層であるスペーサ層１７６Ｂと最上層である薄板層１７６Ｃの積層体であって、スペーサ層１７６Ｂのうち、エミッタ部２２に対応する箇所に空所１７８が形成された一体構造体として把握することができる。基板層１７６Ａは、補強用基板として機能するほか、配線用の基板としても機能するようになっている。なお、前記基板１７６は、基板層１７６Ａ、スペーサ層１７６Ｂ及び薄板層１７６Ｃの一体焼成で形成してもよいし、これら層１７６Ａ～１７６Ｃを接着して形成するようにしてもよい。

【０３１０】

薄肉部１８２は、高耐熱性材料であることが好ましい。その理由は、エミッタ部２２を有機接着剤等の耐熱性に劣る材料を用いずに、固定部１８４によって直接薄肉部１８２を支持させる構造とする場合、少なくともエミッタ部２２の形成時に、薄肉部１８２が変質しないようにするため、薄肉部１８２は、高耐熱性材料であることが好ましい。

【０３１１】

また、薄肉部１８２は、基板１７６上に形成される上部電極１８に通じる配線と下部電極２０に通じる配線との電気的な分離を行うために、電気絶縁材料であることが好ましい。

【０３１２】

従って、薄肉部１８２の材料としては、高耐熱性の金属あるいはその金属表面をガラス等のセラミック材料で被覆したホーロウ等の材料であってもよいが、セラミックスが最適である。

【０３１３】

薄肉部１８２を構成するセラミックスとしては、例えば、安定化された酸化ジルコニウム、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、酸化チタン、スピネル、ムライト、窒化アルミニウム、窒化珪素、ガラス、これらの混合物等を使用することができる。その中でも、酸化アルミニウム及び安定化された酸化ジルコニウムが、強度及び剛性の観点から好ましい。安定化された酸化ジルコニウムは、機械的強度が比較的高いこと、靭性が比較的高いこと、上部電極１８及び下部電極２０との化学反応が比較的小さいこと等の観点から特に好適である。なお、安定化された酸化ジルコニウムとは、安定化酸化ジルコニウム及び部分安定化酸化ジルコニウムを包含する。安定化された酸化ジルコニウムでは、立方晶等の結晶構造をとるため、相転移が生じない。

【０３１４】

一方、酸化ジルコニウムは、１０００℃前後で単斜晶と正方晶との間を相転移し、このような相転移の際にクラックが発生するおそれがある。安定化された酸化ジルコニウムは、酸化カルシウム、酸化マグネシウム、酸化イットリウム、酸化スカンジウム、酸化イッテルビウム、酸化セリウム、希土類金属の酸化物等の安定剤を、１～３０モル％含有する。なお、基板１７６の機械的強度を向上させるために、安定化剤が酸化イットリウムを含有すると好適である。この場合、酸化イットリウムを、好適には１．５～６モル％、さらに好適には２～４モル％含有し、さらに０．１～５モル％の酸化アルミニウムを含有することが好ましい。

【０３１５】

また、結晶相を、立方晶＋単斜晶の混合相、正方晶＋単斜晶の混合相、立方晶＋正方晶＋単斜晶の混合相等とすることができるが、その中でも、主たる結晶相を、正方晶又は正方晶＋立方晶の混合相としたものが、強度、靭性及び耐久性の観点から最適である。

【０３１６】

基板１７６をセラミックスから構成した場合、比較的多数の結晶粒が基板１７６を構成するが、基板１７６の機械的強度を向上させるためには、結晶粒の平均粒径を、好適には０．０５～２μｍとし、さらに好適には０．１～１μｍとするとよい。

【０３１７】

一方、固定部１８４は、セラミックスからなることが好ましいが、薄肉部１８２の材料と同一のセラミックスでもよいし、異なっていてもよい。固定部１８４を構成するセラミックスとしては、薄肉部１８２の材料と同様に、例えば、安定化された酸化ジルコニウム、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、酸化チタン、スピネル、ムライト、窒化アルミニウム、窒化珪素、ガラス、これらの混合物等を用いることができる。

【０３１８】

特に、この電子放出素子１２Ｂｅで用いられる基板１７６は、酸化ジルコニウムを主成分とする材料、酸化アルミニウムを主成分とする材料、又はこれらの混合物を主成分とする材料等が好適に採用される。その中でも、酸化ジルコニウムを主成分としたものがさらに好ましい。

【０３１９】

なお、焼結助剤として粘土等を加えることもあるが、酸化珪素、酸化ホウ素等のガラス化し易いものが過剰に含まれないように、助剤成分を調節する必要がある。なぜなら、これらのガラス化し易い材料は、基板１７６とエミッタ部２２とを接合させる上で有利ではあるものの、基板１７６とエミッタ部２２との反応を促進し、所定のエミッタ部２２の組成を維持することが困難となり、その結果、素子特性を低下させる原因となるからである。

【０３２０】

すなわち、基板１７６中の酸化珪素等は重量比で３％以下、さらに好ましくは１％以下

となるように制限することが好ましい。ここで、主成分とは、重量比で５０％以上の割合で存在する成分をいう。

【０３２１】

また、前記薄肉部１８２の厚みとエミッタ部２２の厚みは、同次元の厚みであることが好ましい。なぜなら、薄肉部１８２の厚みが極端にエミッタ部２２の厚みより厚くなると（１桁以上異なると）、エミッタ部２２の焼成収縮に対して、薄肉部１８２がその収縮を妨げるように働くため、エミッタ部２２と基板１７６との界面での応力が大きくなり、はがれ易くなる。反対に、厚みの次元が同程度であれば、エミッタ部２２の焼成収縮に基板１７６（薄肉部１８２）が追従し易くなるため、一体化には好適である。具体的には、薄肉部１８２の厚みは、１～１００μｍであることが好ましく、３～５０μｍがさらに好ましく、５～２０μｍがより一層好ましい。一方、エミッタ部２２は、その厚みとして５～１００μｍが好ましく、５～５０μｍがさらに好ましく、５～３０μｍがより一層好ましい。

【０３２２】

そして、基板１７６上にエミッタ部２２を形成する方法としては、スクリーン印刷法、ディッピング法、塗布法、電気泳動法、エアロゾルデポジション法等の各種厚膜形成法や、イオンビーム法、スパッタリング法、真空蒸着法、イオンプレーティング法、化学気相成長法（ＣＶＤ）、めっき等の各種薄膜形成法を用いることができる。特に、圧電／電歪材料の粉末化したものを、エミッタ部２２として形成し、これに低融点のガラスやゾル粒子を含浸する方法をとることが好ましい。この手法により、７００℃あるいは６００℃以下といった低温での膜形成が可能となる。

【０３２３】

また、電子放出素子１２Ｂｅの焼成処理としては、基板１７６上に下部電極２０となる材料、エミッタ部２２となる材料及び上部電極１８となる材料を順次積層してから一体構造として焼成するようにしてもよいし、下部電極２０、エミッタ部２２、上部電極１８をそれぞれ形成するたびに熱処理（焼成処理）して基板１７６と一体構造にするようにしてもよい。なお、上部電極１８及び下部電極２０の形成方法によっては、一体化のための熱処理（焼成処理）を必要としない場合もある。

【０３２４】

基板１７６と、エミッタ部２２、上部電極１８及び下部電極２０とを一体化させるための焼成処理に係る温度としては、５００～１４００℃の範囲、好適には、１０００～１４００℃の範囲とするとよい。さらに、膜状のエミッタ部２２を熱処理する場合、高温時にエミッタ部２２の組成が不安定にならないように、エミッタ部２２の蒸発源と共に雰囲気制御を行いながら焼成処理を行うことが好ましい。

【０３２５】

また、エミッタ部２２を適切な部材によって被覆し、エミッタ部２２の表面が焼成雰囲気に直接露出しないようにして焼成する方法を採用してもよい。この場合、被覆部材としては、基板１７６と同様の材料を用いることが好ましい。

【０３２６】

この第５の変形例に係る電子放出素子１２Ｂｅにおいては、焼成時においてエミッタ部２２が収縮することになるが、この収縮時に発生する応力が空所１７８の変形等を通じて開放されることから、エミッタ部２２を十分に緻密化させることができる。エミッタ部２２の緻密化が向上することにより、耐電圧が向上すると共に、エミッタ部２２での分極反転並びに分極変化が効率よく行われることになり、電子放出素子１２Ｂｅとしての特性が向上することになる。

【０３２７】

上述した第５の変形例では、基板１７６として３層構造の基板を用いたが、その他、図７７の第６の変形例に係る電子放出素子１２Ｂｆに示すように、最下層の基板層１７６Ａを省略した２層構造の基板１７６ａを用いてもよい。

【０３２８】

この第２の実施の形態に係る光源１０Ｂは、図１６に示す第３の変形例に係る光源１０Ａｃと同様に、発光部１４Ｂを２つのグループ（第１及び第２のグループＧ１及びＧ２）に分け、第１のグループＧ１に含まれる電子放出素子１２Ｂの発光時に、第２のグループＧ２に含まれる電子放出素子１２Ｂにおいて第１のグループＧ１に含まれる電子放出素子１２Ｂの電力を回収し、第２のグループＧ２に含まれる電子放出素子１２Ｂの発光時に、第１のグループＧ１に含まれる電子放出素子１２Ｂにおいて第２のグループＧ２に含まれる電子放出素子１２Ｂの電力を回収するようにしてもよい。

【０３２９】

また、第２の実施の形態に係る光源１０Ｂにおいては、図２９の第５の変形例に係る光源１０Ａｅのように、２以上の面光源部Ｚ１～Ｚ６を有するようにしてもよい。図２９の例では、６つの面光源部Ｚ１～Ｚ６を具備させた場合を示す。各面光源部Ｚ１～Ｚ６は、複数の電子放出素子１２Ｂが二次元的に配列されて構成され、それぞれ独立に駆動回路１６Ｂが接続されている。

【０３３０】

これによって、面光源部Ｚ１～Ｚ６単位に発光／消光を制御することができ、段階的な調光（デジタル的な調光）を行うことができる。特に、各面光源部Ｚ１～Ｚ６にそれぞれ独立に接続される駆動回路１６Ｂに変調回路６０（図１８参照）を設けることによって、各面光源部Ｚ１～Ｚ６の発光分布をそれぞれ独立に制御することができる。つまり、デジタル的な調光に加えて、アナログ的な調光を実現でき、きめ細かな調光を行うことができる。

【０３３１】

また、第２の実施の形態に係る光源１０Ｂにおいては、図３０に示す第６の変形例に係る光源１０Ａｆのように、第１及び第６の面光源部Ｚ１及びＺ６をそれぞれ横長で、かつ、長辺の長い長方形状とし、第２及び第５の面光源部をそれぞれ縦長で、かつ、長辺が第１及び第６の面光源部Ｚ１及びＺ６よりも短い長方形状とし、第３及び第４の面光源部Ｚ３及びＺ４をそれぞれ横長で、かつ、長辺が第１及び第６の面光源部Ｚ１及びＺ６よりも短い長方形状としてもよい。

【０３３２】

また、第２の実施の形態に係る光源１０Ｂにおいては、図３１に示す第７の変形例に係る光源１０Ａｇのように、各面光源部Ｚ１～Ｚ６に含まれる複数の電子放出素子１２Ｂをそれぞれ２つのグループ（第１及び第２のグループＧ１及びＧ２）に分け、各面光源部Ｚ１～Ｚ６において、第１のグループに含まれる電子放出素子１２Ｂの発光時に、該第１のグループＧ１に含まれる電子放出素子１２Ｂの電力を、第２のグループＧ２に含まれる電子放出素子１２Ｂに回収し、第２のグループＧ２に含まれる電子放出素子１２Ｂの発光時に、該第２のグループＧ２に含まれる電子放出素子１２Ｂの電力を、第１のグループＧ１に含まれる電子放出素子１２Ｂに回収するようにしてもよい。

【０３３３】

また、第２の実施の形態に係る光源１０Ｂにおいては、図３２に示す第８の変形例に係る光源１０Ａｈのように、６つの面光源部Ｚ１～Ｚ６を２つのグループ（第１及び第２のグループＧ１及びＧ２）に分け、第１のグループＧ１に関する面光源部Ｚ１～Ｚ３の各電子放出素子１２Ｂの発光時に、これら電子放出素子１２Ｂの電力を、第２のグループＧ２に関する面光源部Ｚ４～Ｚ６の電子放出素子１２Ｂに回収し、第２のグループＧ２に関する面光源部Ｚ４～Ｚ６の各電子放出素子１２Ｂの発光時に、これら電子放出素子１２Ｂの電力を、第１のグループＧ１に関する面光源部Ｚ１～Ｚ３の電子放出素子１２Ｂに回収するようにしてもよい。

【０３３４】

また、第２の実施の形態に係る光源１０Ｂにおいては、図３３～図３７に示す第９～第１３の変形例に係る光源１０Ａｉ～１０Ａｍに示すような構成を採用してもよい。

【０３３５】

第１の実施の形態に係る光源１０Ａ（各種変形例を含む）及び第２の実施の形態に係る

光源１０Ｂ（各種変形例を含む）は、以下のような効果を奏することができる。
【０３３６】
（１）高輝度化、低消費電力化が実現できるという面から、輝度仕様として２０００ルーメンが必要なプロジェクタ用の光源に最適である。
【０３３７】
（２）高輝度二次元アレー光源を容易に実現できることと、動作温度範囲が広く、屋外環境でも発光効率に変化がないことから、ＬＥＤの代替用途として有望である。例えば信号機等の二次元アレーＬＥＤモジュールの代替として最適である。なお、ＬＥＤは、２５℃以上で許容電流が低下し、低輝度となる。
【０３３８】
（３）電子放出素子を二次元配列して構成される面光源は、素子単位で点灯／消灯が制御可能であるため、発光領域の一部分を点灯／消灯するような用途に好適である。また、瞬時点灯が可能であるため、ウォーミングアップの時間が不要である。さらに、液晶ディスプレイ用のバックライトとして適用した場合は、高速点灯による動画画質の改善（動画ぼやけの改善）も可能である。
【０３３９】
なお、この発明に係る光源は、上述の実施の形態に限らず、この発明の要旨を逸脱することなく、種々の構成を採り得ることはもちろんである。
【図面の簡単な説明】
【０３４０】
【図１】第１の実施の形態に係る光源を示す構成図である。
【図２】図２Ａは、電子放出素子の電極部分を示す平面図であり、図２Ｂは、第１の変形例における電極部分を示す平面図である。
【図３】第２の変形例における電極部分を示す平面図である。
【図４】駆動回路から出力される駆動電圧を示す波形図である。
【図５】第１の実施の形態において、上部電極と下部電極間に電圧Ｖａ１を印加した際の作用を示す説明図である。
【図６】上部電極と下部電極間に電圧Ｖａ２を印加した際の電子放出作用を示す説明図である。
【図７】エミッタ部の表面での負極性帯電に伴って電子放出の自己停止の作用を示す説明図である。
【図８】放出された２次電子のエネルギーと２次電子の放出量の関係を示す特性図である。
【図９】図９Ａは、駆動電圧の一例を示す波形図であり、図９Ｂは、第１の実施の形態に係る電子放出素子における下部電極と上部電極間の電圧の変化を示す波形図である。
【図１０】第１の実施の形態に係る光源の第１の変形例を示す構成図である。
【図１１】第１の実施の形態に係る光源の第２の変形例を示す構成図である。
【図１２】駆動回路を示す回路図である。
【図１３】図１３Ａは点灯／消灯を示す制御信号を示す波形図であり、図１３Ｂはクロックを示す波形図であり、図１３Ｃはタイミングパルスを示す波形図であり、図１３Ｄは駆動電圧生成回路にて生成された駆動電圧を示す波形図である。
【図１４】駆動回路の好ましい実施の形態を概念的に示す回路図である。
【図１５】駆動回路の動作を示す波形図である。
【図１６】第１の実施の形態に係る光源の第３の変形例を示す構成図である。
【図１７】第３の変形例に係る光源に対応させた駆動回路の動作を示す波形図である。
【図１８】変形例に係る駆動回路を示す回路図である。
【図１９】図１９Ａは調光信号を示す波形図であり、図１９Ｂは調光信号の電圧レベルに応じて期間Ｔ２を変調する方式を示す説明図であり、図１９Ｃは調光信号の電圧レベルに応じて電圧Ｖａ２の印加期間（パルス幅）を変調する方式を示す説明図である。
【図２０】電圧Ｖａ２のパルス幅と輝度との関係を示す特性図である。

【図２１】コレクタ電圧と輝度との関係を示す特性図である。
【図２２】上部電極と下部電極間に印加する電圧Ｖａ２（電圧レベル）と輝度との関係を示す特性図である。
【図２３】上部電極と下部電極間に印加する電圧Ｖａ１と輝度との関係を示す特性図である。
【図２４】第１の実施の形態に係る光源の第４の変形例を示す構成図である。
【図２５】第４の変形例に係る光源の１つの電子放出素子を取り出して示す構成図である。
【図２６】図２５に示す電子放出素子について、上部電極とコレクタ電極との間に流れる電流を主体にした等価回路を示す図である。
【図２７】図２５に示す電子放出素子の出力特性（Ｖｋｃ－Ｉｋｃ特性）を示す図である。
【図２８】上部電極とコレクタ電極間に制御電極を設置した場合において、コレクタ電極に流れるコレクタ電流と制御電極に流れる制御電流を主体にした等価回路を示す図である。
【図２９】第１の実施の形態に係る光源の第５の変形例を示す構成図である。
【図３０】第１の実施の形態に係る光源の第６の変形例を示す構成図である。
【図３１】第１の実施の形態に係る光源の第７の変形例を示す構成図である。
【図３２】第１の実施の形態に係る光源の第８の変形例を示す構成図である。
【図３３】第１の実施の形態に係る光源の第９の変形例を示す構成図である。
【図３４】第１の実施の形態に係る光源の第１０の変形例を示す構成図である。
【図３５】第１の実施の形態に係る光源の第１１の変形例を示す構成図である。
【図３６】第１の実施の形態に係る光源の第１２の変形例を示す構成図である。
【図３７】第１の実施の形態に係る光源の第１３の変形例を示す構成図である。
【図３８】第２の実施の形態に係る光源に使用される電子放出素子を一部省略して示す断面図である。
【図３９】電子放出素子の要部を拡大して示す断面図である。
【図４０】上部電極に形成された貫通部の形状の一例を示す平面図である。
【図４１】図４１Ａは上部電極の他の例を示す断面図であり、図４１Ｂは要部を拡大して示す断面図である。
【図４２】図４２Ａは上部電極のさらに他の例を示す断面図であり、図４２Ｂは要部を拡大して示す断面図である。
【図４３】第１の電子放出方式での駆動電圧の電圧波形を示す図である。
【図４４】第１の電子放出方式の第２の出力期間での電子放出の様子を示す説明図である。
【図４５】第２の電子放出方式での駆動電圧の電圧波形を示す図である。
【図４６】第２の電子放出方式の第２の出力期間での電子放出の様子を示す説明図である。
【図４７】上部電極の庇部の断面形状の一例を示す図である。
【図４８】上部電極の庇部の断面形状の他の例を示す図である。
【図４９】上部電極の庇部の断面形状のさらに他の例を示す図である。
【図５０】上部電極と下部電極間に接続された各種コンデンサの接続状態を示す等価回路図である。
【図５１】上部電極と下部電極間に接続された各種コンデンサの容量計算を説明するための図である。
【図５２】第２の実施の形態に係る光源に使用される電子放出素子の第１の変形例を一部省略して示す平面図である。
【図５３】第２の実施の形態に係る光源に使用される電子放出素子の第２の変形例を一部省略して示す平面図である。
【図５４】第２の実施の形態に係る光源に使用される電子放出素子の第３の変形例を一部

省略して示す断面図である。
【図５５】第２の実施の形態に係る光源に使用される電子放出素子の電圧－電荷量特性（電圧－分極量特性）を示す図である。
【図５６】図５６Ａは図５５のポイントｐ１での状態を示す説明図であり、図５６Ｂは図５５のポイントｐ２での状態を示す説明図であり、図５６Ｃは図５５のポイントｐ２からポイントｐ３に至るまでの状態を示す説明図である。
【図５７】図５７Ａは図５５のポイントｐ３からポイントｐ４に至るまでの状態を示す説明図であり、図５７Ｂは図５５のポイントｐ４に至る直前の状態を示す説明図であり、図５７Ｃは図５５のポイントｐ４からポイントｐ６に至るまでの状態を示す説明図である。
【図５８】第２の実施の形態に係る光源で使用される発光部と駆動回路を示すブロック図である。
【図５９】図５９Ａ～図５９Ｃは、振幅変調回路によるパルス信号の振幅変調を示す波形図である。
【図６０】変形例に係る信号供給回路を示すブロック図である。
【図６１】図６１Ａ～図６１Ｃは、パルス幅変調回路によるパルス信号のパルス幅変調を示す波形図である。
【図６２】図６２Ａは図５９Ａ又は図６１Ａにおける電圧Ｖｓｌが印加されたときのヒステリシス曲線を示す図であり、図６２Ｂは図５９Ｂ又は図６１Ｂにおける電圧Ｖｓｍが印加されたときのヒステリシス曲線を示す図であり、図６２Ｃは図５９Ｃ又は図６１Ｃにおける電圧Ｖｓｈが印加されたときのヒステリシス曲線を示す図である。
【図６３】上部電極上へのコレクタ電極、蛍光体及び透明板の１つの配置例を示す構成図である。
【図６４】上部電極上へのコレクタ電極、蛍光体及び透明板の他の配置例を示す構成図である。
【図６５】図６５Ａは第１の実験例（電子放出素子の電子の放出状態をみた実験）において使用した書込みパルスと点灯パルスの波形を示す図であり、図６５Ｂは第１の実験例において、電子放出素子からの電子放出の状態を受光素子の検出電圧波形で示す図である。
【図６６】第２～第４の実験例で使用した書込みパルスと点灯パルスの波形を示す図である。
【図６７】第２の実験例（電子放出素子の電子の放出量が書込みパルスの振幅によってどのように変化するかをみた実験）の結果を示す特性図である。
【図６８】第３の実験例（電子放出素子の電子の放出量が点灯パルスの振幅によってどのように変化するかをみた実験）の結果を示す特性図である。
【図６９】第４の実験例（電子放出素子の電子の放出量がコレクタ電圧のレベルによってどのように変化するかをみた実験）の結果を示す特性図である。
【図７０】光源の駆動方法の一例を示すタイミングチャートである。
【図７１】図７０に示す駆動方法での印加電圧関係を示す表図である。
【図７２】第２の実施の形態に係る光源で使用される電子放出素子の第１の変形例を一部省略して示す断面図である。
【図７３】第２の実施の形態に係る光源で使用される電子放出素子の第２の変形例を一部省略して示す断面図である。
【図７４】第２の実施の形態に係る光源で使用される電子放出素子の第３の変形例を一部省略して示す断面図である。
【図７５】第２の実施の形態に係る光源で使用される電子放出素子の第４の変形例を一部省略して示す断面図である。
【図７６】第２の実施の形態に係る光源で使用される電子放出素子の第５の変形例を一部省略して示す断面図である。
【図７７】第２の実施の形態に係る光源で使用される電子放出素子の第６の変形例を一部省略して示す断面図である。
【符号の説明】

【０３４１】
１０Ａ、１０Ａａ～１０Ａｍ、１０Ｂ…光源
１２Ａ、１２Ａａ、１２Ａｂ、１２Ｂ、１２Ｂａ～１２Ｂｆ…電子放出素子
１４、１４Ａ、１４Ｂ…発光部
１６、１６Ａ、１６Ａａ、１６Ｂ…駆動回路
１８…上部電極
２０…下部電極
２２…エミッタ部
３２…コレクタ電極
３４…蛍光体
４０…水銀粒子
４４…タイミング発生回路
４６…駆動電圧生成回路
５０…電力回収回路
６０…変調回路
１０２…貫通部
１０４…凹凸
１０６…凹部
１０８…庇部
１１０…ギャップ
１１２…凸部
１１４…孔
１１６…鱗片状の形状を有する物質
１１８、１２２…集合体
１２０…導電性の物質
１２８…切欠き
１３２…スリット
１３４…フローティング電極

【図１】

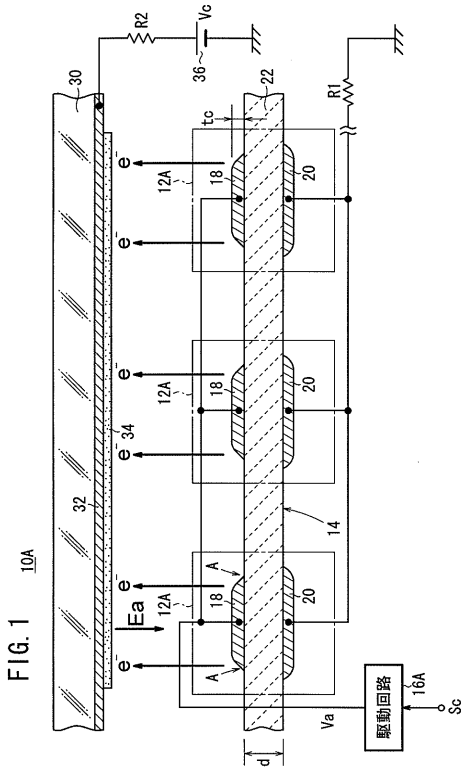


FIG. 1

【図２】

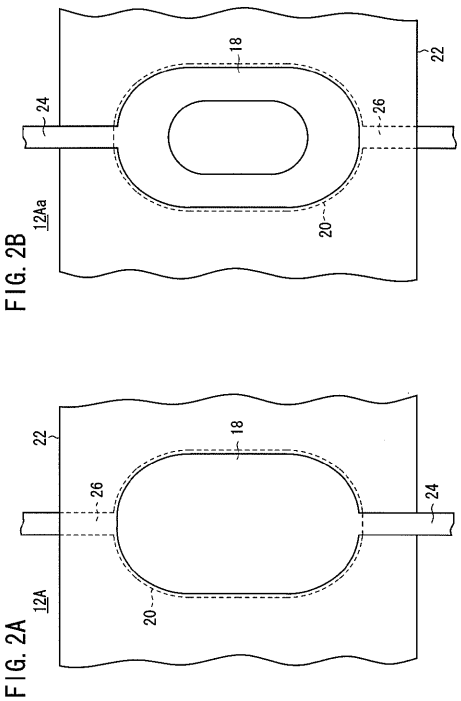
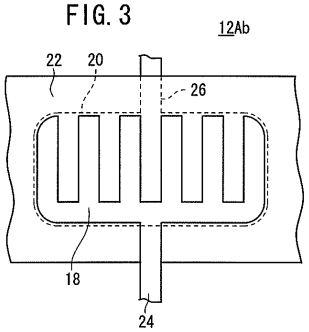


FIG. 2B

FIG. 2A

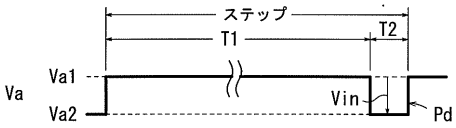
【図３】

FIG. 3



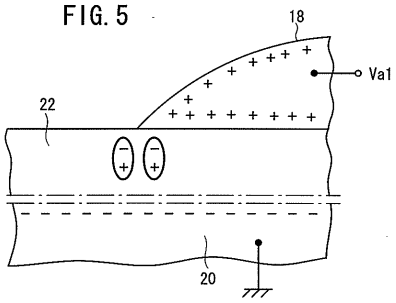
【図４】

FIG. 4



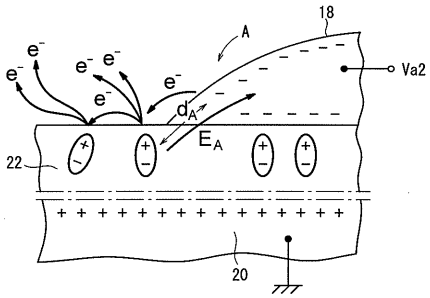
【図５】

FIG. 5



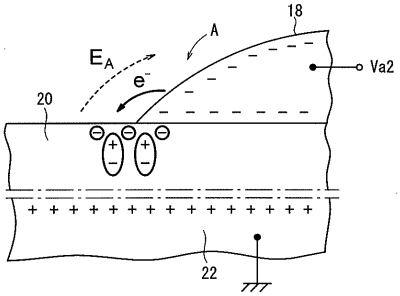
【図６】

FIG. 6



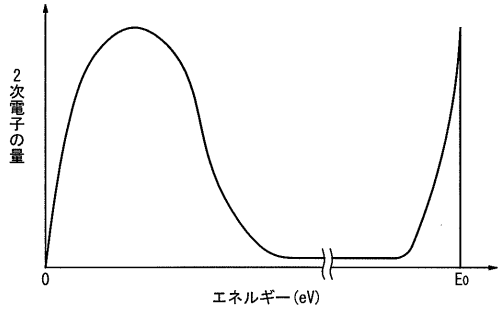
【図７】

FIG. 7



【図８】

FIG. 8



【図９】

FIG. 9A

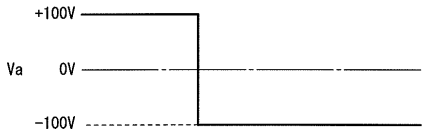
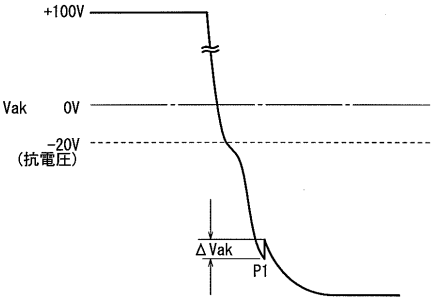


FIG. 9B



【図１０】

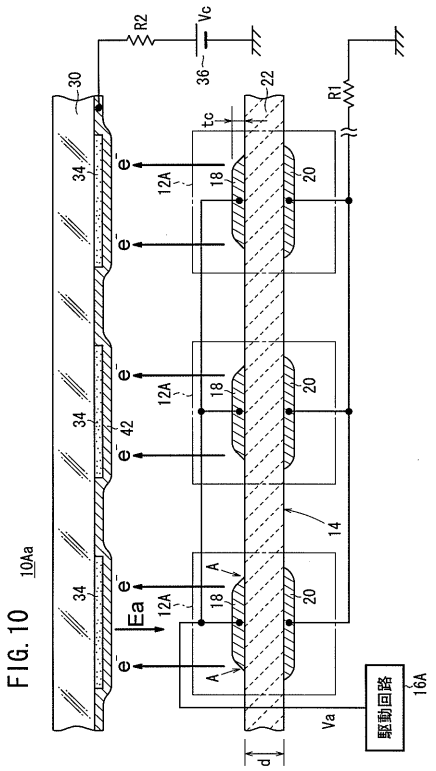


FIG. 10

【図１１】

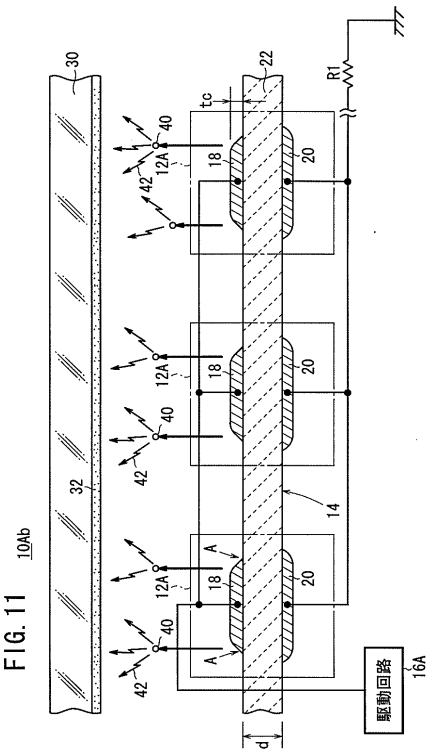
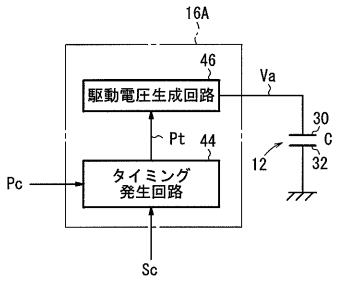


FIG. 11

【図１２】

FIG. 12



【図１３】

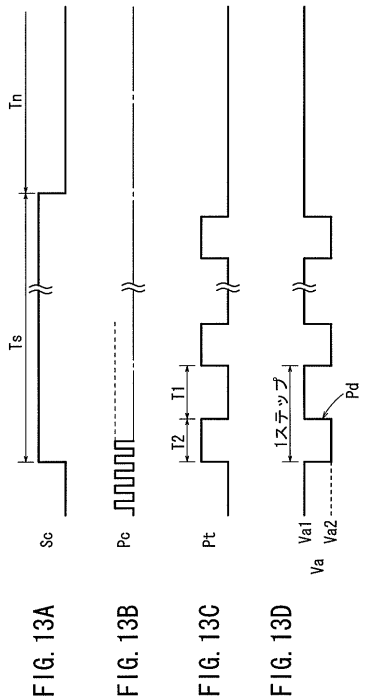
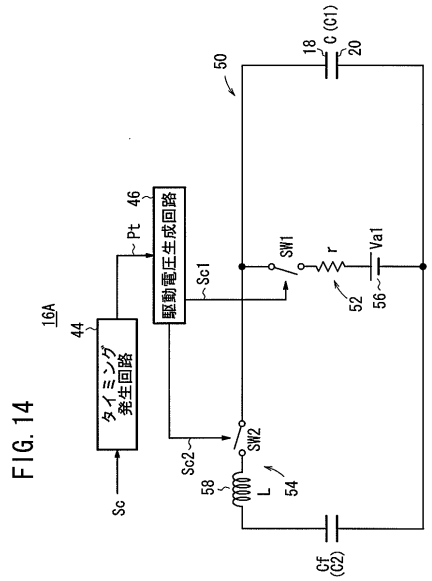


FIG. 13A FIG. 13B FIG. 13C FIG. 13D

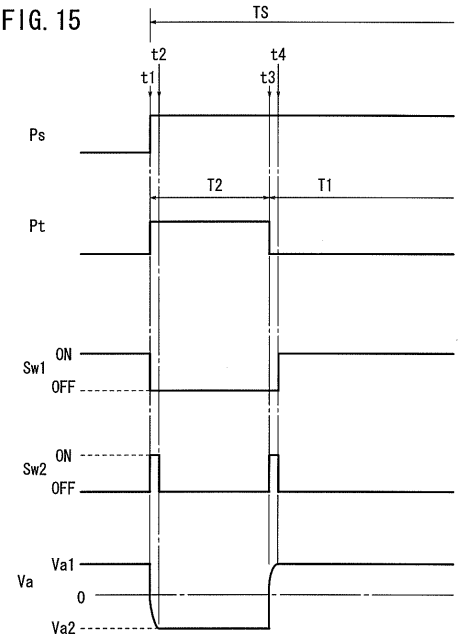
【図１４】

FIG. 14



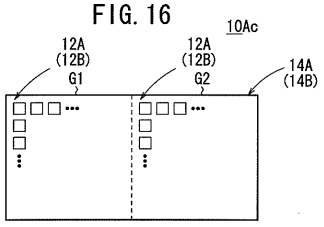
【図１５】

FIG. 15



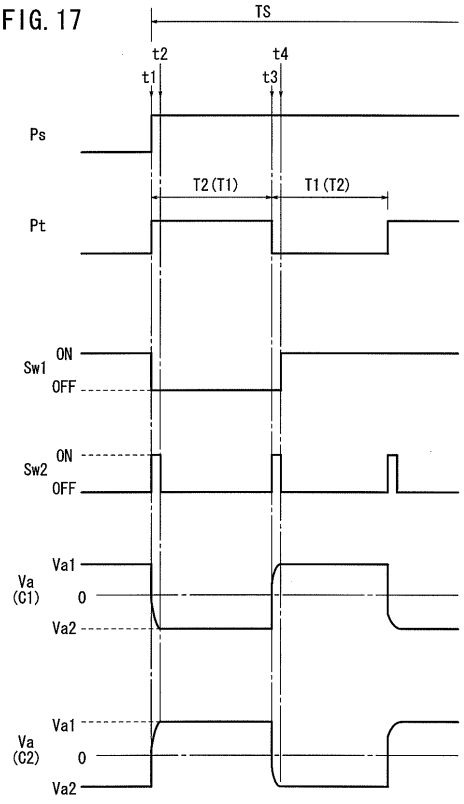
【図１６】

FIG. 16



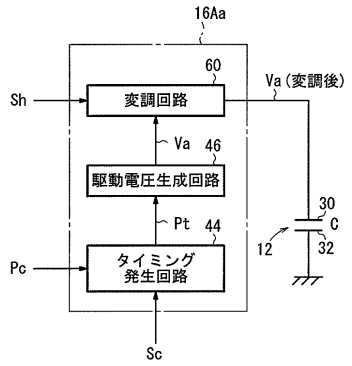
【図１７】

FIG. 17



【図１８】

FIG. 18



【図１９】

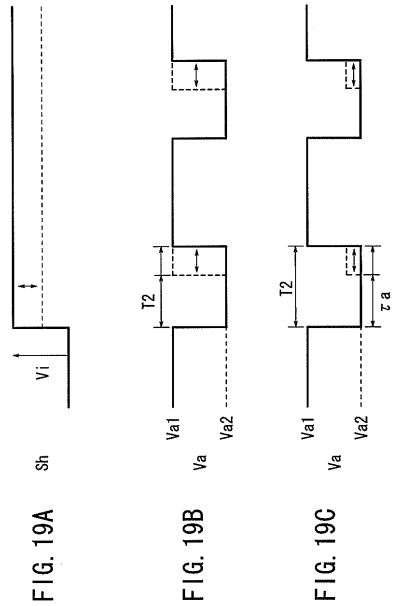
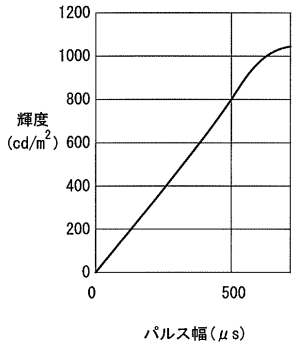


FIG. 19A　FIG. 19B　FIG. 19C

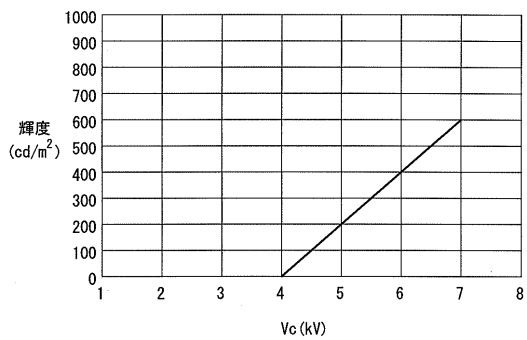
【図２０】

FIG. 20



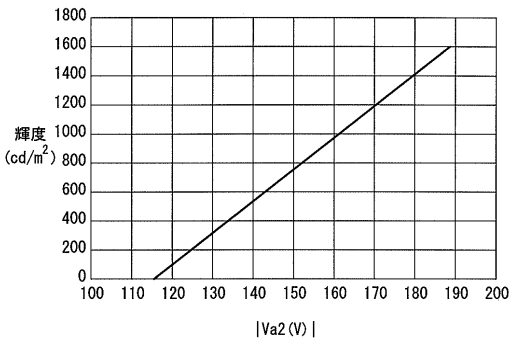
【図２１】

FIG. 21



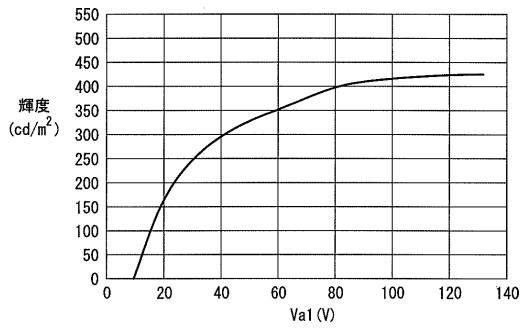
【図２２】

FIG. 22



【図２３】

FIG. 23



【図２４】

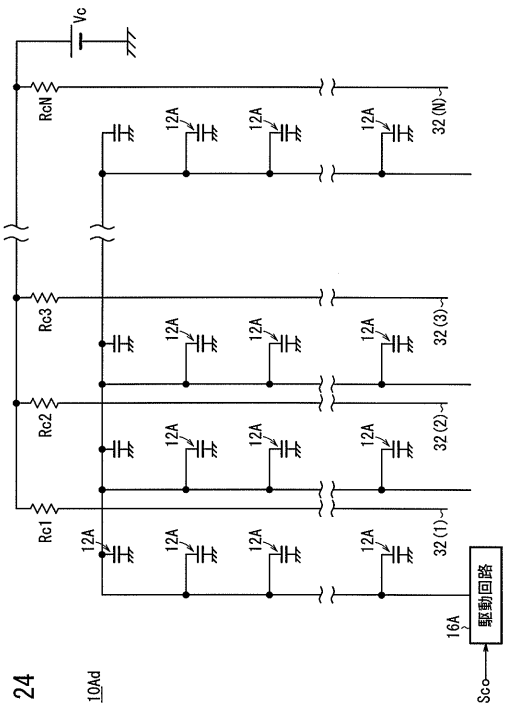
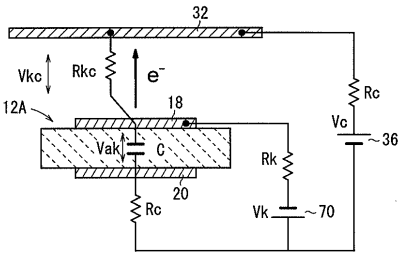


FIG. 24

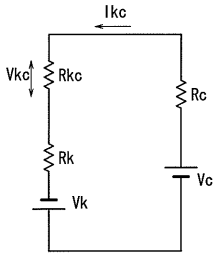
【図２５】

FIG. 25



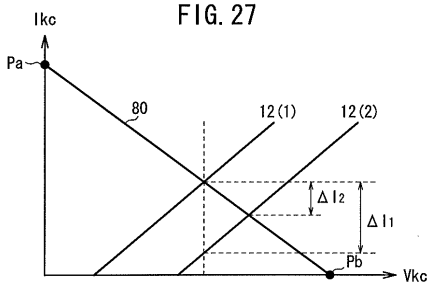
【図２６】

FIG. 26



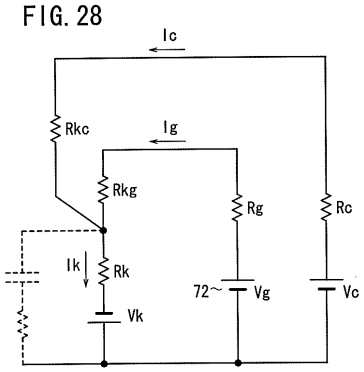
【図２７】

FIG. 27



【図２８】

FIG. 28



【図２９】

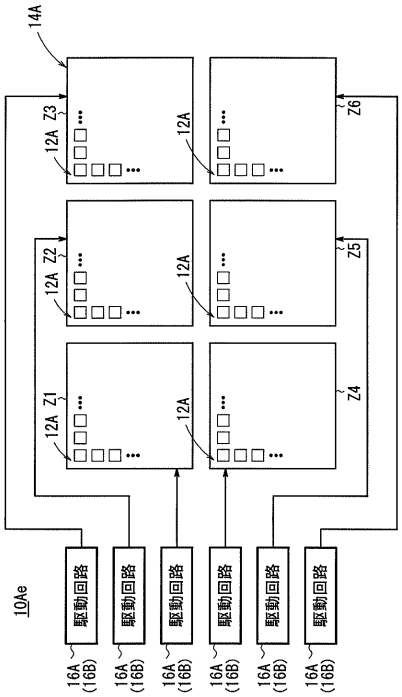


FIG. 29

【図３０】

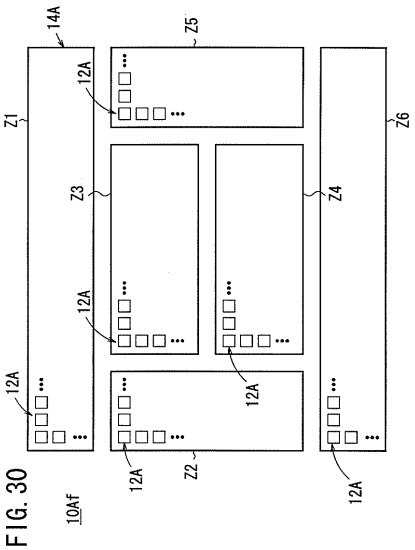


FIG. 30

【図３１】

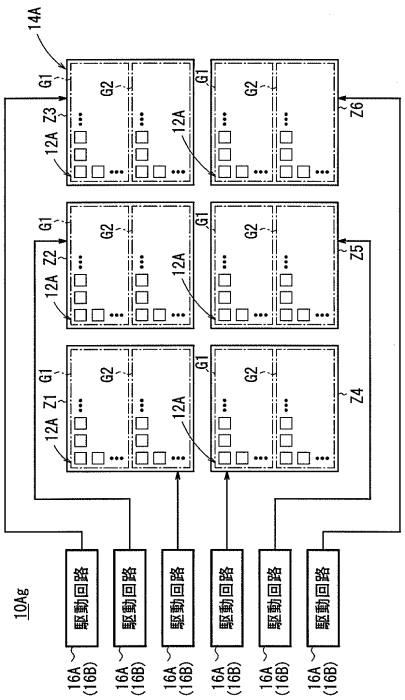


FIG. 31

【図３２】

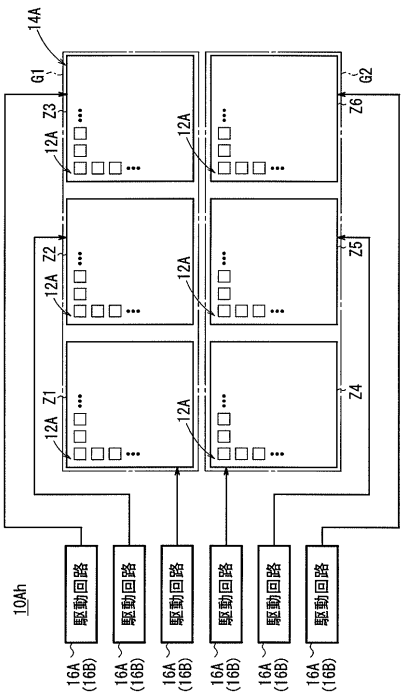
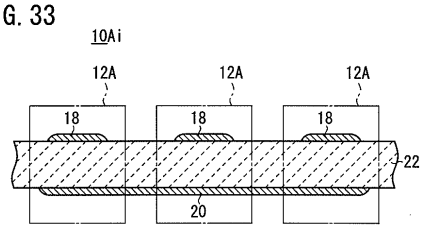


FIG. 32

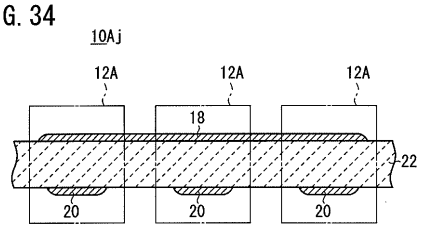
【図３３】

FIG. 33



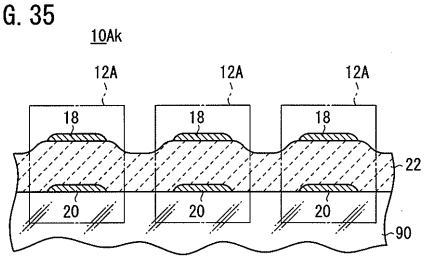
【図３４】

FIG. 34

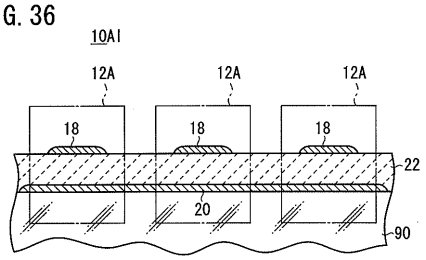


【図３５】

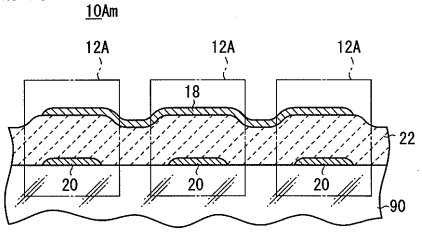
FIG. 35



【図３６】
FIG. 36



【図３７】
FIG. 37



【図３８】

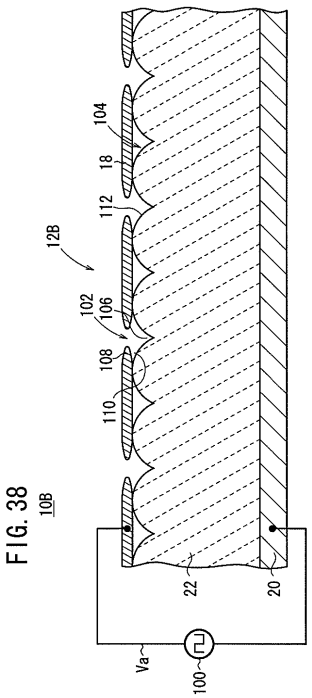


FIG. 38
10B

【図３９】

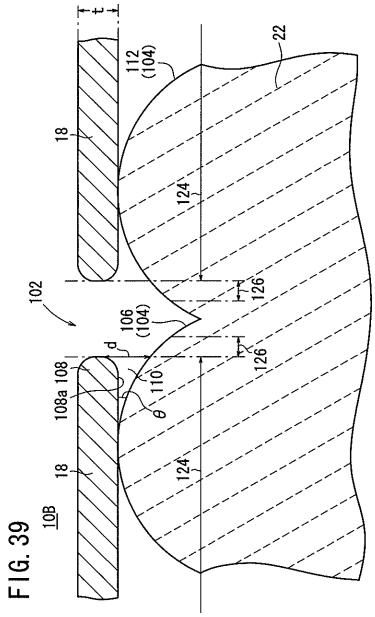
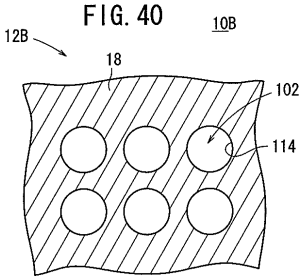


FIG. 39
10B

【図４０】

FIG. 40
10B



【図４１】

FIG. 41B

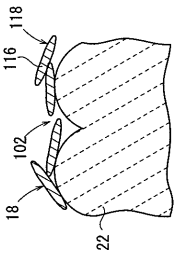
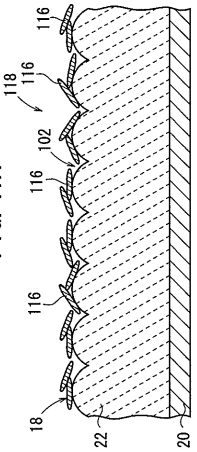


FIG. 41A



【図４２】

FIG. 42B

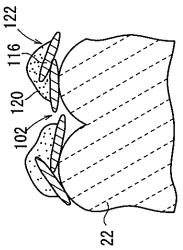
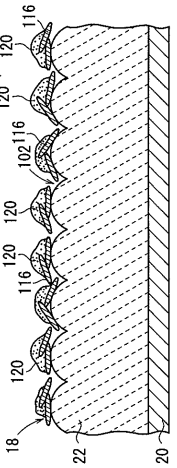
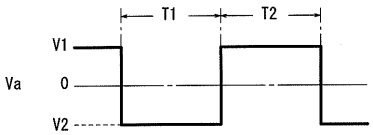


FIG. 42A



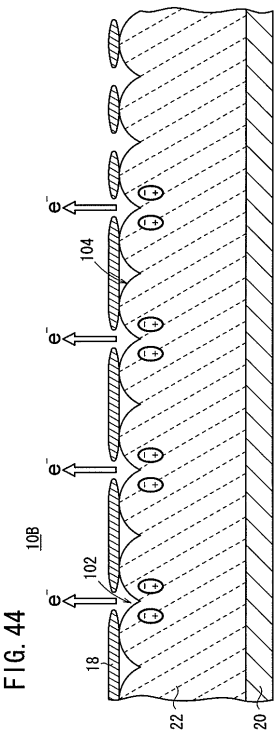
【図４３】

FIG. 43



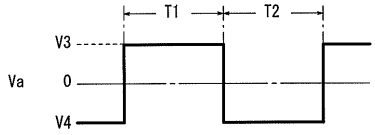
【図４４】

FIG. 44



【図４５】

FIG. 45



【図４６】

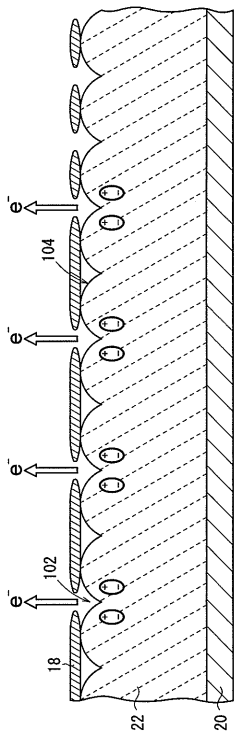
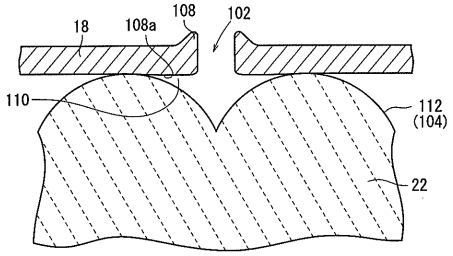


FIG. 46

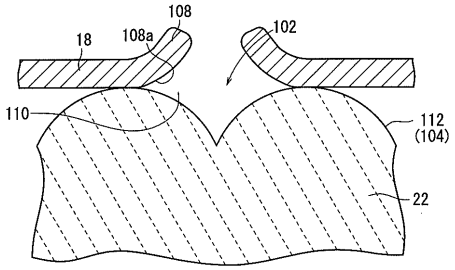
【図４７】

FIG. 47



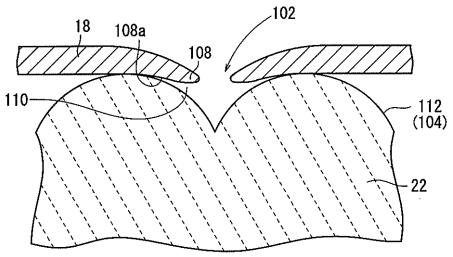
【図４８】

FIG. 48



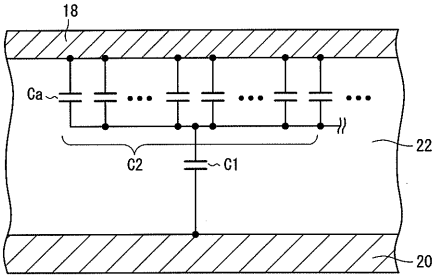
【図４９】

FIG. 49



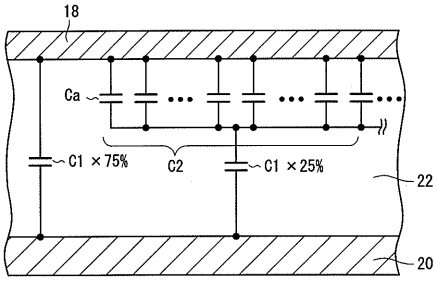
【図５０】

FIG. 50



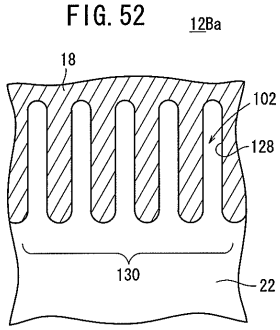
【図５１】

FIG. 51



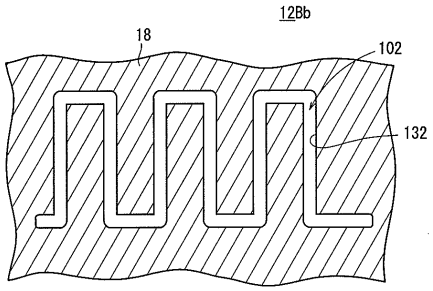
【図５２】

FIG. 52



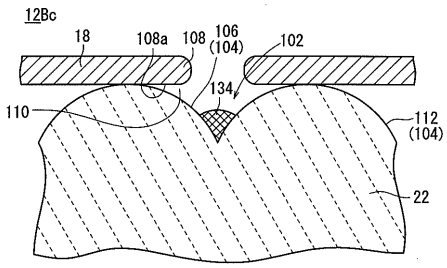
【図５３】

FIG. 53



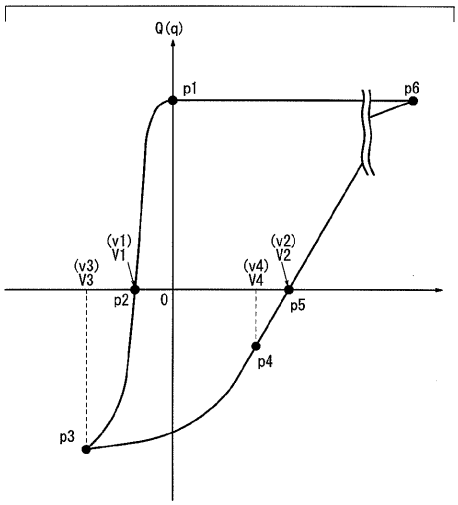
【図５４】

FIG. 54



【図５５】

FIG. 55



【図５６】

FIG. 56A

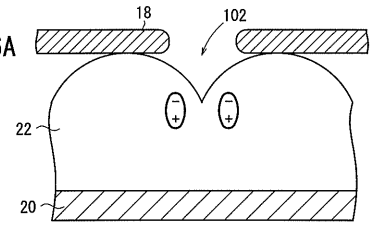


FIG. 56B

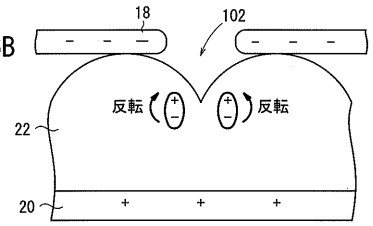
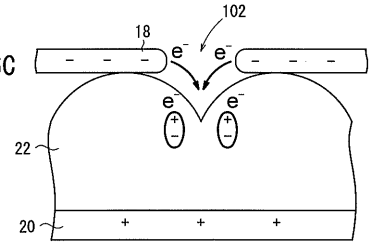


FIG. 56C



【図５７】

FIG. 57A

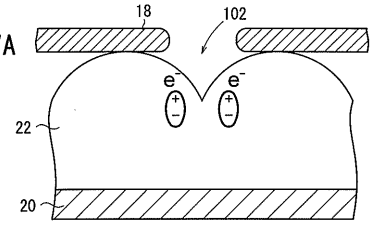


FIG. 57B

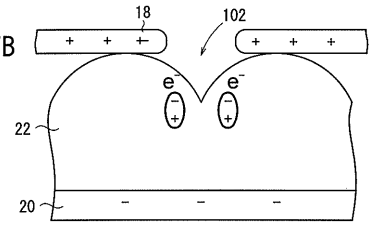
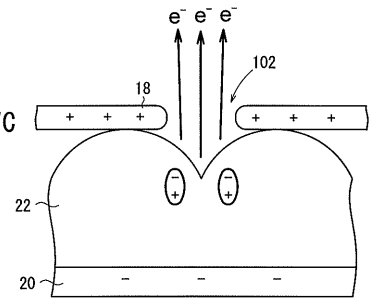


FIG. 57C



【図５８】

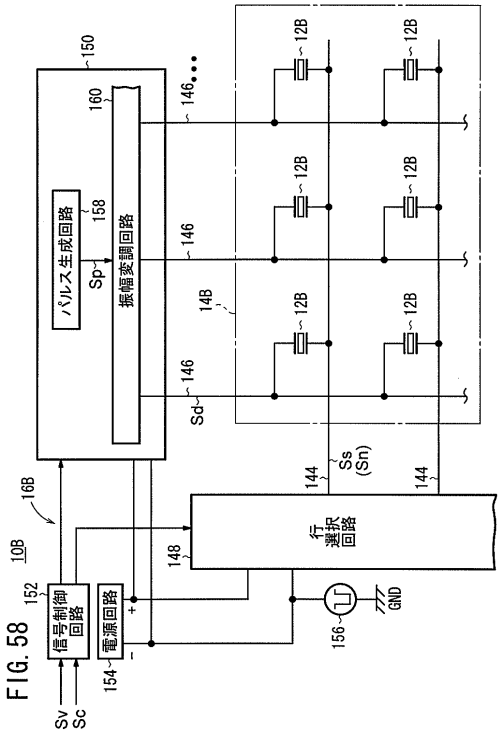


FIG. 58

【図５９】

FIG. 59C

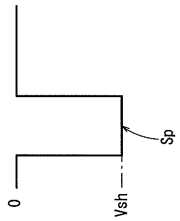


FIG. 59B

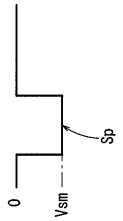
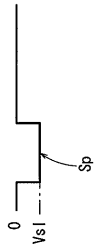
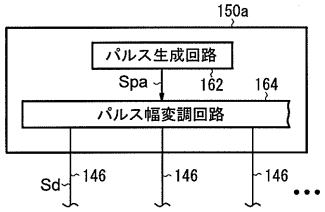


FIG. 59A



【図６０】

FIG. 60



【図６１】

FIG. 61C

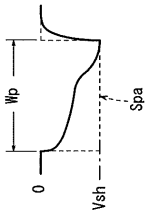


FIG. 61B

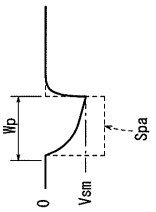
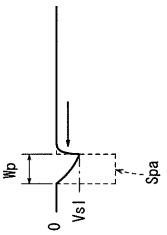


FIG. 61A



【図６２】

FIG. 62A

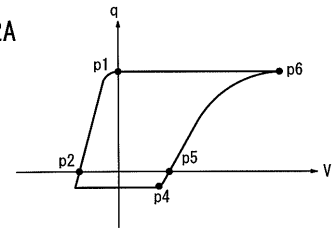


FIG. 62B

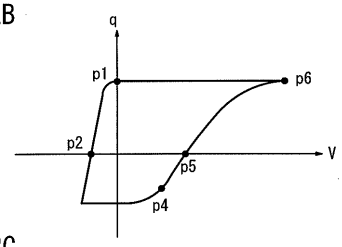
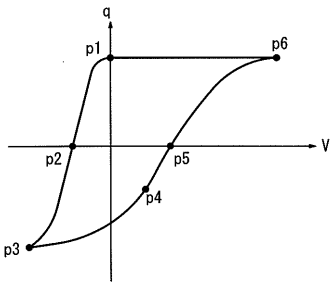
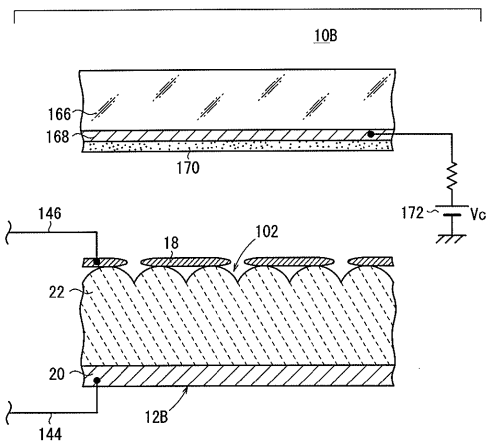


FIG. 62C



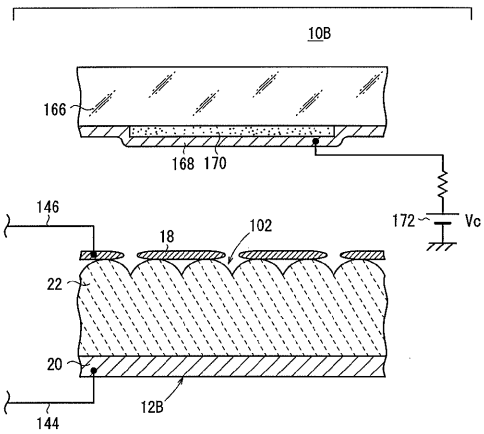
【図６３】

FIG. 63



【図６４】

FIG. 64



【図６５】

FIG. 65A

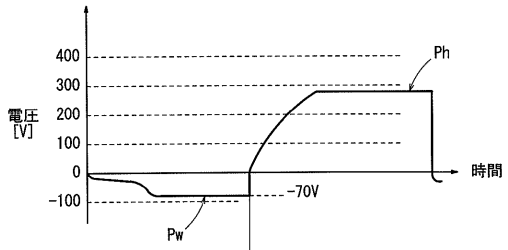
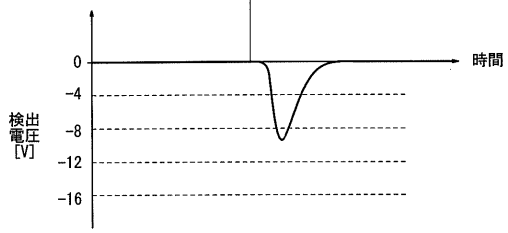
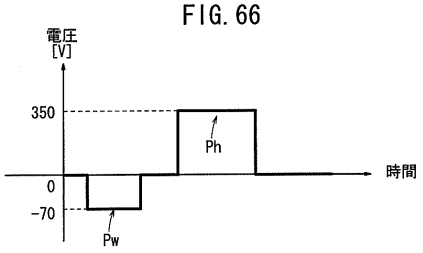


FIG. 65B



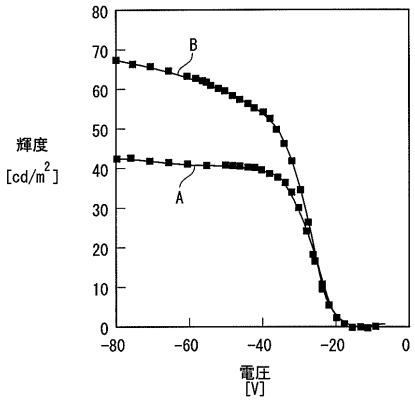
【図６６】

FIG. 66



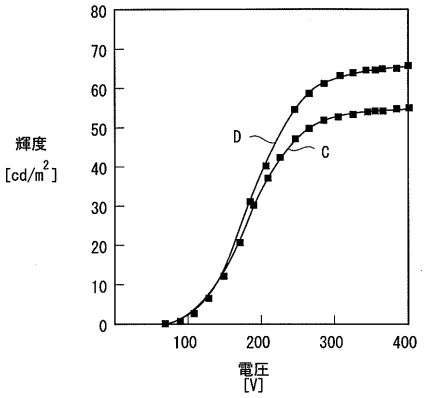
【図６７】

FIG. 67



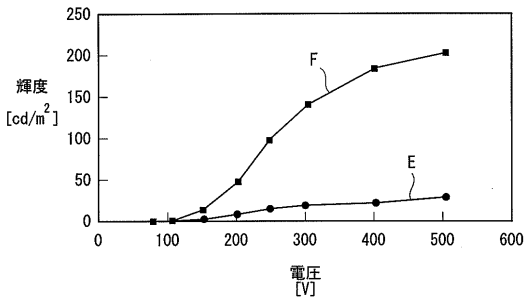
【図６８】

FIG. 68



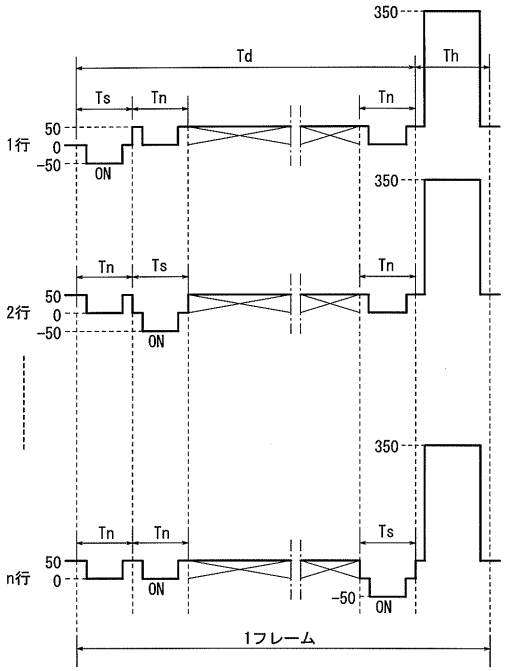
【図６９】

FIG. 69



【図７０】

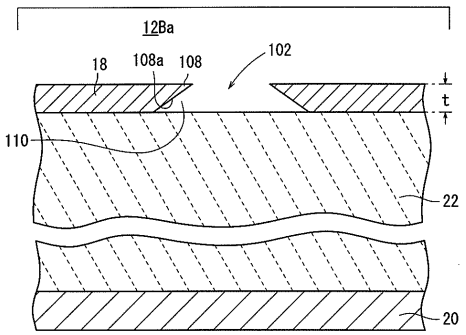
FIG. 70



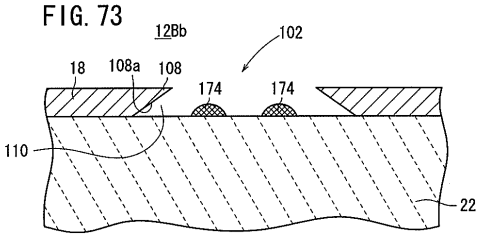
【図７１】
FIG. 71

		電荷蓄積期間		発光期間
		ON	OFF	
		0～30[V]	50[V]	0[V]
選択	50[V]	-50～-20[V]	0[V]	
非選択	0[V]	0～30[V]	50[V]	
全選択	-350[V]			350[V]

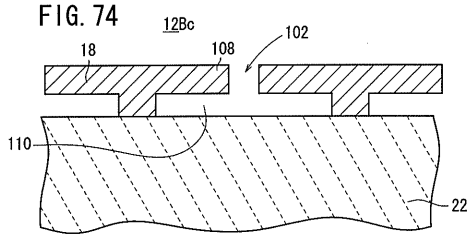
【図７２】
FIG. 72



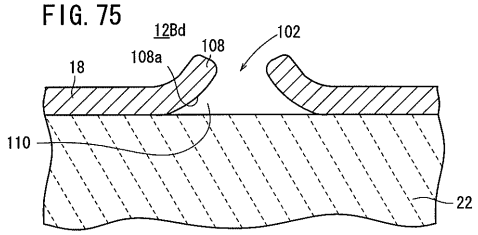
【図７３】
FIG. 73



【図７４】
FIG. 74



【図７５】
FIG. 75



【図７６】

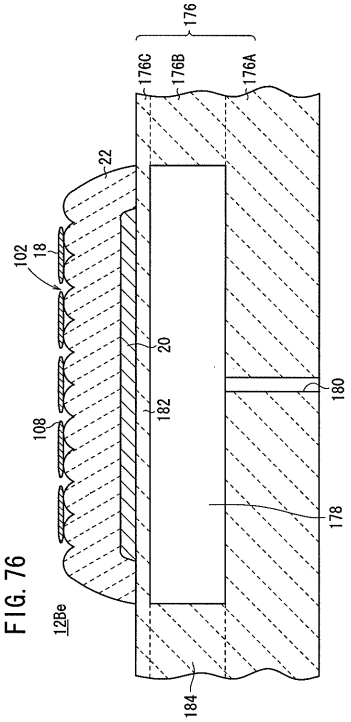


FIG. 76

【図７７】

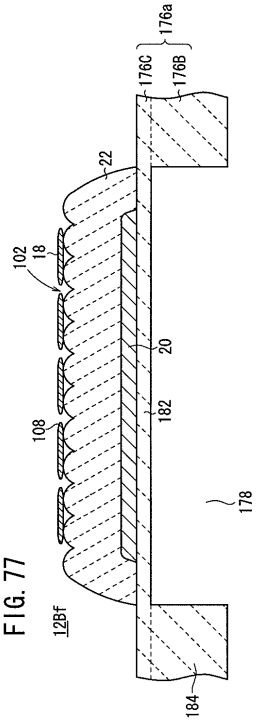


FIG. 77

フロントページの続き

(72)発明者　大和田　巌
愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番５６号　日本碍子株式会社内
(72)発明者　赤尾　隆嘉
愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番５６号　日本碍子株式会社内

Ｆターム(参考) 5C039 MM09
5C135 DD03 DD04 HH02 HH06 HH07 HH17