

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2010年7月29日(29.07.2010)

(10) 国際公開番号
WO 2010/084968 A1

- (51) 国際特許分類:
H01J 11/02 (2006.01) H01J 9/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/050842
- (22) 国際出願日: 2010年1月22日(22.01.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2009-014306 2009年1月26日(26.01.2009) JP
特願 2009-018013 2009年1月29日(29.01.2009) JP
特願 2009-020045 2009年1月30日(30.01.2009) JP
特願 2009-155460 2009年6月30日(30.06.2009) JP
特願 2009-158843 2009年7月3日(03.07.2009) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社日立製作所(HITACHI, LTD.) [JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (73) 発明者/出願人(米国についてのみ): 森 俊介(MORI, Shunsuke) [JP/JP]; 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内 Ibaraki (JP). 楠 敏明

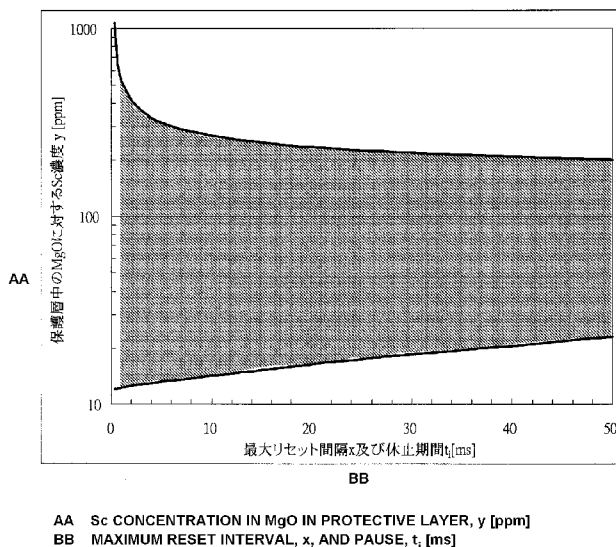
(KUSUNOKI, Toshiaki) [JP/JP]; 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内 Ibaraki (JP). 三宅 竜也(MIYAKE, Tatsuya) [JP/JP]; 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内 Ibaraki (JP). 何 希倫(HO, Shirun) [—/JP]; 〒3500395 埼玉県比企郡鳩山町赤沼2520番地 株式会社日立製作所 基礎研究所内 Saitama (JP). 鈴木 敬三(SUZUKI, Keizo) [JP/JP]; 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内 Ibaraki (JP). 三上 佳朗(MIKAMI, Yoshiro) [JP/JP]; 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内 Ibaraki (JP). 井上 亮(INOUE, Ryo) [JP/JP]; 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内 Ibaraki (JP). 今村 伸(IMAMURA, Shin) [JP/JP]; 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内 Ibaraki (JP). 小林 玲緒(KOBAYASHI, Reo) [JP/JP]; 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内 Ibaraki (JP). 辻 和隆(TSUJI, Kazutaka) [JP/JP]; 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会

[続葉有]

(54) Title: PLASMA DISPLAY PANEL AND PROCESS FOR PRODUCING SAME, AND PLASMA DISPLAY DEVICE AND PROCESS FOR PRODUCING SAME

(54) 発明の名称: プラズマディスプレイパネル及びその製造方法、並びにプラズマディスプレイ装置及びその製造方法

図 16



25質量ppm以下とする。この濃度範囲のScを含むMgOで保護層を形成することにより、アドレス放電遅れ時間が短く、且つ、休止期間中の電圧変動が小さくなり、高精細なプラズマディスプレイパネルにおいて安定したアドレス放電を行うことができ、高コントラストのプラズマディスプレイ装置が得られる。

(57) Abstract: Provided is a protective-layer technique which enables a high-resolution plasma display panel to attain both a reduction in address discharge delay throughout a wide temperature range and reduced voltage fluctuations brought about by a reduction in wall charges during pauses, and which thereby renders a stable address discharge and a high contrast possible. Use is made of a protective layer which comprises MgO containing scandium, the concentration of scandium being 10-525 mass ppm of the MgO. Formation of a protective layer from MgO containing scandium within the concentration range brings about a reduction in address discharge delay and reduced voltage fluctuations during pauses. A stable address discharge is hence possible in a high-resolution plasma display panel, and a high-contrast plasma display device is obtained.

(57) 要約: 高精細なプラズマディスプレイパネルにおいて、広い温度範囲にわたってアドレス放電遅れ時間を短縮し、休止期間中の壁電荷の減少を抑えて電圧変動を小さくすることを両立させ、安定したアドレス放電を行うことと、高コントラストを実現する保護層技術を提供するために、本発明では、Scを含むMgOからなる保護層とし、さらに、MgOに対するSc濃度を10質量ppm以上5



社日立製作所 日立研究所内 Ibaraki (JP). 川崎
龍彦(KAWASAKI, Tatsuhiko) [JP/JP]; 〒8801194 宮
崎県東諸県郡国富町大字田尻 1 8 1 5 番地 1
日立プラズマディスプレイ株式会社内 Miyazaki
(JP).

(74) 代理人: 筒井 大和 (TSUTSUI, Yamato); 〒
1600022 東京都新宿区新宿 2 丁目 3 番 1 0 号
新宿御苑ビル 3 階 筒井国際特許事務所 Tokyo
(JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS,
KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS,
LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL,
PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV,

SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ,
NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア
(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ
(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL,
NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ,
CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,
TD, TG).

規則 4.17 に規定する申立て:

— 不利にならない開示又は新規性喪失の例外に
関する申立て (規則 4.17(v))

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

プラズマディスプレイパネル及びその製造方法、並びにプラズマディスプレイ装置及びその製造方法

技術分野

[0001] 〔第 1 の技術の技術分野〕

本発明は、プラズマディスプレイパネル（Plasma Display Panel：以下、PDPとも称する）及びプラズマディスプレイ装置に関し、特に、高精細なプラズマディスプレイパネルに適用して有効な技術に関する。

[0002] 〔第 2 の技術の技術分野〕

本発明は、プラズマディスプレイパネル（Plasma Display Panel：以下、PDPとも称する）及びプラズマディスプレイ装置に関し、特に、高画質で高効率なプラズマディスプレイパネルに適用して有効な技術に関する。

[0003] 〔第 3 の技術の技術分野〕

本発明は、プラズマディスプレイパネル（Plasma Display Panel：以下、PDPとも称する）及びプラズマディスプレイ装置に関し、特に、高精細なプラズマディスプレイパネルに適用して有効な技術に関する。

[0004] 〔第 4 の技術の技術分野〕

本発明は、プラズマディスプレイパネルなどのプラズマディスプレイ装置の技術に関し、特に、高精細なプラズマディスプレイパネルに適用して有効な技術に関する。

[0005] 〔第 5 の技術の技術分野〕

本発明は、プラズマディスプレイパネルなどのプラズマディスプレイ装置の技術に関し、特に、高精細なプラズマディスプレイパネルに適用して有効な技術に関する。

[0006] 〔第 6 の技術の技術分野〕

本発明はプラズマディスプレイパネル（P l a s m a D i s p l a y

P a n e l : 以下、プラズマパネルまたはPDPとも称する) 分野において、PDPの製造方法およびその方法を用いたPDPで、電子放出源のエネルギー状態密度を規定した保護層材料(MgOなど)を用いたアドレス放電高速化についての技術に関する。

背景技術

[0007] [第1の技術の背景技術]

近年、大型かつ厚みの薄いカラー表示装置として、プラズマディスプレイ装置が期待されている。PDPは、その構造と駆動方法の違いからDC(直流)型とAC(交流)型に分類される。このうちAC型のAC面放電型PDPは、構造の単純さと高信頼性のため、もっとも実用化の進んでいる方式である。

[0008] 一般的なボックス構造を有するAC面放電型PDPの分解斜視図を図1に、図1において破線で囲まれた一つの放電セルの断面構造図を図2、図3に示す。図中のxyz座標軸は図1、図2、図3において共通である。

[0009] 放電空間1-14を挟んで前面板1-12と背面板1-13が対向配置され、放電空間1-14には放電ガスが封入されている。放電ガスとして、He-Xe、Ne-Xe、He-Ne-Xe等の混合ガスが用いられる。

[0010] 背面板1-13は背面基板1-11上に形成されたストライプ状のアドレス電極(以下、A電極とも称す)1-10と、アドレス電極1-10を覆う誘電体層1-9と、誘電体層1-9上に形成されて放電距離維持と隣接セル間のクロストークを防止し放電セルを形成する隔壁1-7と、各隔壁1-7間に形成された赤色、緑色と青色の各色に発光する蛍光体層1-8とでなる。蛍光体層1-8は放電により発生した紫外線で励起し、赤(R)、緑(G)、青(B)の各色に発光する蛍光体からなる。

[0011] 前面板1-12は前面基板1-1上にアドレス電極1-10と交差するようにストライプ状のサステイン電極(以下、X電極とも称す)1-4とスキャン電極(以下、Y電極とも称す)1-5の対からなる表示電極1-6が複数形成される。表示電極1-6は透明電極1-4a、1-5aとバス電極1

ー 4 b、1ー 5 b とで構成される。表示電極 1ー 6 は誘電体層 1ー 2 で覆われ、誘電体層 1ー 2 の表面上には保護層 1ー 3 が形成される。

[0012] この保護層には、放電ガスのイオン衝撃による誘電体層の保護と二次電子放出及び壁電荷保持といった特性を有することが要求される。PDPでは、これらの特性を併せ持つ酸化マグネシウム（以下、MgOと記す）を主成分とする材料が広く用いられている。

[0013] PDPにおける一般的な画像の階調表示方式としてADS（Address Display-Period Separation）がある。ADS方式では、1TVフィールド（1/60s）を所定の輝度比を有する複数のサブフィールドに分割し、それらのサブフィールドを画像に応じて選択的に発光させ、輝度の違いにより階調を表現している。さらにサブフィールドは、リセット期間、アドレス期間、サステイン期間で構成される。リセット期間では、マトリクス配列された全ての放電セル内の壁電圧をほぼ均一に揃えるため、サステイン放電電極対間に放電開始電圧以上のサステイン電圧を印加し、全ての放電セルでリセット放電を行う。アドレス期間では、全ての放電セルのうちの点灯すべき放電セルのみに、適量の壁電荷を生成するアドレス放電を行う。サステイン期間では、その壁電荷を利用して表示データの階調値に応じた回数のサステイン放電（表示放電）を行う。

[0014] このPDPを用いたプラズマディスプレイ装置は、デジタル放送等の高品位な画質に対応した画像表示装置としての期待が高まっており、高精細化、高輝度化、高コントラスト化等の高画質化が要求されている。また、黒ノイズの発生率低減といった表示画像の信頼性も要求されている。

[0015] PDPの高精細化は画素ピッチ及び放電セルサイズを小さくすることにより達成される。高輝度化は発光効率の増加やサステイン放電の回数を多くすることにより達成される。高コントラスト化には、サステイン放電回数が異なるサブフィールド数を増加させることと、リセット放電等の表示放電に寄与しない放電を低減して黒表示時の輝度を低下させることにより達成される。

- [0016] 各サブフィールドのアドレス期間は、PDPのスクアンライン数とアドレスパルス幅で決定される。アドレスパルス幅は、アドレス電圧を印加してからアドレス放電が起こるまでのアドレス放電遅れ時間 t_d （以下、放電遅れ時間とも記す）を考慮して設定される。このとき、アドレス放電遅れ時間 t_d に対してアドレスパルス幅が不十分であると、アドレス電圧を印加している間にアドレス放電が起こらない。そのため、その後のサステイン放電が行われないう誤放電による黒ノイズが発生する。更に高精細化では画素数の増加に伴いスクアンライン数が増加する。これにより、高精細なPDPでは、各TVフィールドにおけるアドレス期間の割合が増加し、高輝度化、高コントラスト化において重要であるサステイン期間の割合が減少する。
- [0017] アドレス期間を短くするには、大きく2つの方法がある。1つはデータドライバICを増加させる方法である。例えばデータドライバICを2倍にし、パネルの上下でスクアンラインを2分割して同時にスクアンをするデュアルスクアン方式に変えると、見かけ上のアドレス期間が半減する。しかし、デュアルスクアン方式ではデータドライバIC等の駆動に関する回路数の増加や配線が複雑となり、生産性やコストの点で問題がある。
- [0018] もう1つはアドレス放電遅れ時間 t_d を短縮し、アドレスパルス幅を短くする方法である。アドレス放電遅れ時間 t_d は、Y電極、X電極とA電極の印加電圧とリセット放電後の残留壁電荷に依存する形成遅れ時間 t_f 、並びに、放電の種火となる電子（プライミング電子）が保護層から放出されるまでの統計遅れ時間（以下、プライミング電子の放出時定数とも記す） t_s の和で構成される。保護層のプライミング電子放出特性が良好であるならば、統計遅れ時間 t_s 及びアドレス放電遅れ時間 t_d を短縮することができ、安定したアドレス放電を行うことができる。
- [0019] このアドレス放電遅れ時間 t_d を短縮するために、保護層のMgOに不純物元素を添加する技術の開発が行われている。例えば、特許文献1では不純物元素としてSiが、特許文献2、特許文献3では不純物元素としてScが記載されている。

[0020] [第2の技術の背景技術]

プラズマディスプレイパネルは、他のディスプレイデバイスに比べ、動画性能が良い、視野角が広い、大型化が容易という特徴を有する。

[0021] 図23は典型的なPDPの分解斜視図である。また、プラズマディスプレイ装置の概略構成を図24に示す。プラズマディスプレイ装置2-23は、プラズマディスプレイパネル2-20とこのプラズマディスプレイパネル2-20に電圧を印加する駆動電源2-21と映像信号を生成する映像源2-22から構成される。

[0022] プラズマディスプレイパネル（PDP2-100）は、前面基板2-1と背面基板2-6を貼り合わせた構造であり、これら基板間に複数の放電セルが形成されている。放電セルには、電圧を印加するための3種類の電極が形成されている。前面基板2-1上には、維持放電のための表示電極対2-14が形成され、それら表示電極対2-14は誘電体層2-4と保護層2-5により覆われている。表示電極対2-14は、サステイン電極（以下、X電極とも称す）2-12とスキャン電極（以下、Y電極とも称す）2-13で構成される。サステイン電極2-12、スキャン電極2-13はそれぞれ、透明電極2-2（2-2a、2-2b）とバス電極2-3（2-3a、2-3b）からなる。

[0023] 一方、背面基板2-6上には、アドレス電極（以下、A電極とも称す）2-9が形成され、アドレス電極2-9は誘電体層2-8で覆われている。さらに誘電体層2-8上には、隔壁（リブとも称す）2-7が構成され、隔壁間には赤、青、緑色の蛍光体層2-10が形成されている。図23からも分かるように隔壁2-7及び誘電体層2-8は、蛍光体層2-10に直接接しており、蛍光体層2-10の保持手段としての機能も有している。

[0024] 前面基板2-1側の表示電極対2-14と背面基板2-6側のアドレス電極2-9とが互いに概略直交するように（場合によっては、単に互いに交差するように）、前面基板2-1と背面基板2-6の向きを合わせて、前面基板2-1と背面基板2-6とが封着され、両基板間の空隙部分である放電空

間 2-11 には $\text{Ne} + \text{Xe}$ の混合ガス、または $\text{He} + \text{Ne} + \text{Xe}$ の混合ガスなどの放電ガスが封入され、両基板間に複数の放電セルが形成されている。放電ガスは放電により真空紫外線（146 nm 及び 172 nm）を発生する。このときに発生した真空紫外線が背面基板 2-6 に配置した蛍光体層 2-10 を励起し、可視光を発する。PDP 装置では各表示セルに用いられる蛍光体層 2-10 としてそれぞれ、赤（R）、緑（G）、青（B）に発光する蛍光体を用い、これらを塗り分けることにより、フルカラー表示を行うことができる。

[0025] PDP の保護層 2-5 は、一般的に酸化マグネシウム（ MgO と称す）を用いて形成されている。保護層 2-5 の役割は、大きく三つある。まず、放電の際に発生するプラズマから誘電体層 2-4 を保護し、誘電体層 2-4 がスパッタリングされるのを防ぐ役割である。次に、イオン入射による二次電子の放出による放電開始電圧を低下させる作用である。最後に、放電の種火となる電子を放出してプラズマを発生・持続させる役割、特に荷電粒子であるプライミング電子を放出して放電開始を促進する役割がある。プライミング電子とは放電の種火となる電子のことである。

[0026] 近年、プラズマディスプレイを取り巻く市場においては、液晶ディスプレイなど他のフラットパネルディスプレイ（FPD (Flat Panel Display)）も含めた性能競争が激しく、プラズマディスプレイにおいても、高輝度化（高効率化）、高コントラスト化が要求されている。また、今後の高解像度デジタル放送に向けてフルHD (High Definition) 対応化（高精細化）が必要となっている。

[0027] PDP の高品位の画質を実現するために、PDP の高精細化、高効率化等の高性能化が要求されている。しかし、上記要求に伴い、セルサイズの縮小化、セル構造の高精細化に伴う走査線数の増加、高 Xe 濃度化のために、放電遅れと呼ばれる問題がある。

[0028] PDP における一般的な画像の階調表示方式として ADS (Address Display-Period Separation) がある。ADS 方式では、1TV フィールド（1／

60 s) を所定の輝度比を有する複数のサブフィールドに分割し、それらのサブフィールドを画像に応じて選択的に発光させ、輝度の違いにより階調を表現している。さらにサブフィールドは、リセット期間、アドレス期間、サステイン期間で構成される。リセット期間では、マトリクス配列された全ての放電セル内の壁電圧をほぼ均一に揃えるため、サステイン放電電極対間に放電開始電圧以上のサステイン電圧を印加し、全ての放電セルでリセット放電を行う。アドレス期間では、全ての放電セルのうちの点灯すべき放電セルのみに、適量の壁電荷を生成するアドレス放電を行う。サステイン期間では、その壁電荷を利用して表示データの階調値に応じた回数のサステイン放電（表示放電）を行う。

[0029] このPDPを用いたプラズマディスプレイ装置は、デジタル放送等の高品位な画質に対応した画像表示装置としての期待が高まっており、高精細化、高輝度化、高コントラスト化等の高画質化と高効率化が要求されている。また、黒ノイズの発生率低減といった表示画像の信頼性も要求されている。

[0030] PDPの高精細化は画素ピッチ及び放電セルサイズを小さくすることにより達成される。高輝度化は発光効率の増加やサステイン放電の回数を多くすることにより達成される。高コントラスト化には、サステイン放電回数が異なるサブフィールド数を増加させることと、リセット放電等の表示放電に参与しない放電を低減して黒表示時の輝度を低下させることにより達成される。

[0031] 各サブフィールドのアドレス期間は、PDPのスキャンライン数とアドレスパルス幅で決定される。アドレスパルス幅は、アドレス電圧を印加してからアドレス放電が起こるまでのアドレス放電遅れ時間 t_d （以下、放電遅れ時間とも記す）を考慮して設定される。アドレスパルス幅が不十分であると、アドレス電圧を印加している間にアドレス放電が起こらない。そのため、その後のサステイン放電が行われなかったといった誤放電による黒ノイズが発生する。更に高精細化では画素数の増加に伴いスキャンライン数が増加する。これにより、高精細なPDPでは、各TVフィールドにおけるアドレス期間の

割合が増加し、高輝度化、高コントラスト化において重要であるサステイン期間の割合が減少する。

[0032] このアドレス放電遅れ時間 t_d は PDP の高効率化にも関係する。高性能のテレビ装置として PDP 装置の高発光効率化を目的とする PDP 構造の改善検討が進められており、 Ne を主成分とする放電ガス中の Xe ガスの組成比を増加させ、発生する Xe_2 分子線を積極的に利用しようとする検討が盛んに行われている。通常、放電ガス中のキセノンガス組成比（5%程度）より多い組成比領域でこうした PDP の発光高効率化を達成する検討がなされている。しかし、 Xe 分圧を増大させると、放電開始電圧の上昇と放電遅れ時間の増大といった問題が起こることも知られている。

[0033] 以上から、PDP の高性能化を実現するためにはアドレス放電遅れ時間 t_d 及びアドレス期間を短縮することが必須である。この放電遅れ時間及びアドレス期間を短縮するには、大きく 2 つの方法がある。1 つは、データドライバ IC を増加させる方法である。例えばデータドライバ IC を 2 倍にし、パネルの上下でスキャンラインを 2 分割して同時にスキャンをするデュアルスキャン方式に変えると、見かけ上のアドレス期間が半減する。しかし、デュアルスキャン方式ではデータドライバ IC 等の駆動に関係する回路数の増加や配線が複雑となり、生産性やコストの点で問題がある。

[0034] もう 1 つは、アドレス放電遅れ時間 t_d の短縮を PDP の保護層である MgO を改良することで実現する方法である。アドレス放電遅れ時間 t_d は、Y 電極、X 電極と A 電極の印加電圧とリセット放電後の残留壁電荷に依存する形成遅れ時間 t_f 、並びに、プライミング電子が MgO から放出されるまでの統計遅れ時間 t_s の和で構成される。リセット放電後の残留壁電荷量に揺らぎが存在するとすれば、形成遅れ時間 t_f に揺らぎが生じる。プライミング電子とは、放電形成に寄与する電子のことである。このうち、統計遅れは保護層である MgO からのプライミング電子放出頻度に大きく依存している。 MgO のプライミング電子放出頻度は、電子放出源となるトラップ準位の数やエネルギー状態密度といった MgO の準位構造に大きく関係している。プライミ

ング電子放出源として有効なトラップ準位は、トラップされた電子が室温付近で伝導帯へ熱励起可能な深さにあり、アドレスパルス幅内に放電を発生するのに十分な準位構造を持たなければならない。このMgOの準位構造は、室温付近での放電遅れのみならず、広い温度範囲における放電遅れ時間の温度特性や、高温状態での壁電圧変動等の様々なパネル駆動特性に影響を与える。

[0035] このようなPDPの保護層であるMgOに対し、非特許文献3に記載されるように、プライミング電子の放出源としてMgOにシリコン(Si)等の不純物を添加する手法が報告されている。また、特許文献1に記載されるように、MgOにシリコン(Si)を添加することによって黒ノイズの発生率を低減する手法が報告されている。また、特許文献2及び特許文献3に記載されるように、スカンジウム(Sc)等の元素をMgOに添加することによって放電応答性を改善する手法が報告されている。

[0036] [第3の技術の背景技術]

PDPは、動画性能が良い、視野角が広い、大型化が容易という特徴を有するフラットパネルディスプレイの一つである。PDPは、その構造と駆動方法の違いからDC(直流)型とAC(交流)型に分類される。このうちAC型のAC面放電型PDPは、構造の単純さと高信頼性のため、最も実用化の進んでいる方式である。

[0037] 一般的なボックス構造を有するAC面放電型PDPは大きく前面板と背面板で構成され、放電空間を挟んで前面板と背面板が対向配置され、放電空間には放電ガスが封入されている。放電ガスには、He-Xe、Ne-Xe、He-Ne-Xe等の混合ガスが用いられる。

[0038] 背面板は背面基板上に形成されたストライプ状のアドレス電極(以下、A電極とも称す)と、アドレス電極を覆う誘電体層と、誘電体層上に形成されて放電距離維持と隣接セル間のクロストークを防止し放電セルを形成する隔壁と、各隔壁間に形成された赤色、緑色と青色の各色に発光する蛍光体層とでなる。蛍光体層は放電により発生した紫外線で励起し、赤(R)、緑(G

）、青（B）の各色に発光する蛍光体からなる。

[0039] 前面板は前面基板上にアドレス電極と交差するようにストライプ状のサステイン電極（以下、X電極とも称す）とスキャン電極（以下、Y電極とも称す）の対からなる表示電極が複数形成される。表示電極は透明電極、とバス電極、とで構成される。表示電極は誘電体層で覆われ、誘電体層の表面上には保護層が形成される。

[0040] この保護層には、放電ガスのイオン衝撃による誘電体層の保護と二次電子放出及び壁電荷保持といった特性を有することが要求される。PDPでは、これらの特性を併せ持つ酸化マグネシウム（以下、MgOと記す）を主成分とする材料が広く用いられている。

[0041] PDPにおける一般的な画像の階調表示方式としてADS（Address Display-Period Separation）がある。ADS方式では、1TVフィールド（1/60s）を所定の輝度比を有する複数のサブフィールドに分割し、それらのサブフィールドを画像に応じて選択的に発光させ、輝度の違いにより階調を表現している。さらにサブフィールドは、リセット期間、アドレス期間、サステイン期間で構成される。リセット期間では、マトリクス配列された全ての放電セル内の壁電圧をほぼ均一に揃えるため、サステイン放電電極対間に放電開始電圧以上のサステイン電圧を印加し、全ての放電セルでリセット放電を行う。アドレス期間では、全ての放電セルのうちの点灯すべき放電セルのみに、適量の壁電荷を生成するアドレス放電を行う。サステイン期間では、その壁電荷を利用して表示データの階調値に応じた回数のサステイン放電（表示放電）を行う。

[0042] このPDPを用いたプラズマディスプレイ装置は、デジタル放送等の高品位な画質に対応した画像表示装置としての期待が高まっており、高精細化、高輝度化、高コントラスト化等の高画質化が要求されている。また、黒ノイズの発生率低減といった表示画像の信頼性も要求されている。

[0043] PDPの高精細化は画素ピッチ及び放電セルサイズを小さくすることにより達成される。高輝度化は発光効率の増加やサステイン放電の回数を多くす

ることにより達成される。高コントラスト化には、サステイン放電回数が異なるサブフィールド数を増加させることと、リセット放電等の表示放電に寄与しない放電を低減して黒表示時の輝度を低下させることにより達成される。

[0044] 各サブフィールドのアドレス期間は、PDPのスクアンライン数とアドレスパルス幅で決定される。アドレスパルス幅は、アドレス電圧を印加してからアドレス放電が起こるまでのアドレス放電遅れ時間 t_d （以下、放電遅れ時間とも記す）を考慮して設定される。このとき、アドレス放電遅れ時間 t_d に対してアドレスパルス幅が不十分であると、アドレス電圧を印加している間にアドレス放電が起こらない。そのため、その後のサステイン放電が行われなかったといった誤放電による黒ノイズが発生する。更に高精細化では画素数の増加に伴いスクアンライン数が増加する。これにより、高精細なPDPでは、各TVフィールドにおけるアドレス期間の割合が増加し、高輝度化、高コントラスト化において重要であるサステイン期間の割合が減少する。

[0045] このアドレス放電遅れ時間 t_d はPDPの高効率化にも関係する。高性能のテレビ装置としてPDP装置の高発光効率化を目的とするPDP構造の改善検討が進められており、Neを主成分とする放電ガス中のXeガスの組成比を増加させ、発生するXe₂分子線を積極的に利用しようとする検討が盛んに行われている。通常、放電ガス中のキセノンガス組成比（5%程度）より多い組成比領域でこうしたPDPの発光高効率化を達成する検討がなされている。しかし、Xe分圧を増大させると、放電開始電圧の上昇と放電遅れ時間の増大といった問題が起こることも知られている。

[0046] 以上から、PDPの高性能化を実現するためにはアドレス放電遅れ時間 t_d 及びアドレス期間を短縮することが必須である。この放電遅れ時間及びアドレス期間を短縮するには、大きく2つの方法がある。アドレス期間を短くするには、大きく2つの方法がある。1つはデータドライバICを増加させる方法である。例えばデータドライバICを2倍にし、パネルの上下でスクアンラインを2分割して同時にスクアンをするデュアルスクアン方式に変える

と、見かけ上のアドレス期間が半減する。しかし、デュアルスキャン方式ではデータドライバIC等の駆動に係る回路数の増加や配線が複雑となり、生産性やコストの点で問題がある。

[0047] もう1つはアドレス放電遅れ時間 t_d を短縮し、アドレスパルス幅を短くする方法である。アドレス放電遅れ時間 t_d は、Y電極、X電極とA電極の印加電圧とリセット放電後の残留壁電荷に依存する形成遅れ時間 t_f 、並びに、放電の種火となる電子（プライミング電子）が保護層から放出されるまでの統計遅れ時間（以下、プライミング電子の放出時定数とも記す） t_s の和で構成される。保護層のプライミング電子放出特性が良好であるならば、統計遅れ時間 t_s 及びアドレス放電遅れ時間 t_d を短縮することができ、安定したアドレス放電を行うことができる。

[0048] このアドレス放電遅れ時間 t_d の短縮を実現するために、保護層であるMgOの技術開発が行われている。MgOの技術開発は、MgO中に不純物元素を添加する技術と、保護層上にMgO結晶体等の微粒子からなる層を設ける技術の二つに大きく分けることができる。

[0049] MgO中に不純物元素を添加する技術としては、例えば特許文献1では不純物元素としてシリコン（以下、Siと記す）が、特許文献2、特許文献3では不純物元素としてスカンジウム（以下、Scと記す）が記載されており、最適とされるMgOに対する各添加元素の濃度についても記載されている。

[0050] 保護層上にMgO結晶体等の微粒子からなる層を設ける技術としては、例えば、特許文献5に記載されている。

[0051] [第4の技術の背景技術]

プラズマディスプレイパネル（PDP；Plasma Display Panel）は、例えばHe-Xe、Ne-Xe、He-Ne-Xe等の混合ガスで構成される放電ガスを封入したセルと呼ばれる放電空間内で、気体放電を発生させ、この際に発生する紫外線で蛍光体を励起して、画像を表示する表示パネルである。

[0052] PDPには、その構造と駆動方法の違いからDC（直流）型とAC（交流）型に分類される。特に、AC面放電型PDPは、構造の単純さと高信頼性のため、もっとも実用化の進んでいる方式である。

[0053] 現在、AC面放電型PDPでは、カラー表示のための蛍光体を表示電極対からパネルの厚さ方向に遠ざけて配置することができ、それによって放電時のイオン衝撃（スパッタ）による蛍光体の特性劣化を低減することができる。したがって、面放電型PDPは、対を成す表示電極（X電極およびY電極と呼ばれる）を前面基板と背面基板とに振り分けて配置する対向放電型に比べて、長寿命化に適している。

[0054] 上記AC面放電型PDPの前面板では、内面側に配置された表示電極対を覆う誘電体層が放電時のイオンの衝撃により劣化することを防ぐため保護膜を設ける。この保護膜は、誘電体層が放電時のイオンの衝撃により劣化するのを防ぐため耐スパッタ性（耐イオン衝撃性）が要求される。また、該保護膜にイオンが衝突することにより、2次電子を放出し、放電を成長させる機能も要求される。上記保護膜として、耐スパッタ性や2次電子の放出のしやすさから、酸化マグネシウム（MgO）の薄膜が一般に用いられる。

[0055] 特に最近では、アドレス放電の高速化のため、放電のトリガとなる種電子を供給するプライミング電子放出性能を向上させるためMgOへの添加材料となる元素添加やMgOの結晶粒散布が行われつつある。例えば、特開平10-334809号公報（特許文献1）では、添加材料の元素としてSiを用いる構成が記載されている。また、例えば、特開2007-280730号公報（特許文献6）では、保護膜の表面にMgOの結晶粒子を散布して付着させる構成が記載されている。

[0056] [第5の技術の背景技術]

プラズマディスプレイパネル（PDP；Plasma Display Panel）は、例えばHe-Xe、Ne-Xe、He-Ne-Xe等の混合ガスで構成される放電ガスを封入したセルと呼ばれる放電空間内で、気体放電を発生させ、この際に発生する紫外線で蛍光体を励起して、画像を表示する表示パネルである

。

[0057] PDPには、その構造と駆動方法の違いからDC（直流）型とAC（交流）型に分類される。特に、AC面放電型PDPは、構造の単純さと高信頼性のため、もっとも実用化の進んでいる方式である。

[0058] 現在、AC面放電型PDPでは、カラー表示のための蛍光体を表示電極対からパネルの厚さ方向に遠ざけて配置することができ、それによって放電時のイオン衝撃（スパッタ）による蛍光体の特性劣化を低減することができる。したがって、面放電型PDPは、対を成す表示電極（X電極およびY電極と呼ばれる）を前面基板と背面基板とに振り分けて配置する対向放電型に比べて、長寿命化に適している。

[0059] 上記AC面放電型PDPの前面板では、内面側に配置された表示電極対を覆う誘電体層が放電時のイオンの衝撃により劣化することを防ぐため保護膜を設ける。この保護膜は、誘電体層が放電時のイオンの衝撃により劣化する耐スパッタ性（耐イオン衝撃性）が要求される。また、該保護膜にイオンが衝突することにより、2次電子を放出し、放電を成長させる機能も要求される。上記保護膜として、耐スパッタ性や2次電子の放出のしやすさから、酸化マグネシウム（MgO）の薄膜が一般に用いられる。

[0060] 特に最近では、アドレス放電の高速化のため、放電のトリガとなる種電子を供給するプライミング電子放出性能を向上させるためMgOへの不純物元素添加やMgOの結晶粒散布が行われつつある。例えば、特開平10-334809号公報（特許文献1）では、不純物元素としてSiを用いる構成が記載されている。また、例えば、特開2007-280730号公報（特許文献6）では、保護膜の表面にMgOの結晶粒子を散布して付着させる構成が記載されている。

[0061] [第6の技術の背景技術]

近年、大型かつ厚みの薄いカラー表示装置として、プラズマディスプレイ装置が期待されている。PDPには、その構造と駆動方法の違いからDC（直流）型とAC（交流）型に分類される。特に、AC面放電型PDPは、構

造の単純さと高信頼性のため、もっとも実用化の進んでいる方式である。

[0062] 一般的なボックス構造を有するＡＣ面放電型ＰＤＰの分解斜視図を図１１１に、図１１１において破線で囲まれた一つの放電セルの断面構造図を図１１２、図１１３に示す。図中のｘｙｚ座標軸は図１１１、図１１２、図１１３において共通である。

[0063] 放電空間６－１４を挟んで前面板６－１２と背面板６－１３が対向配置され、放電空間６－１４には放電ガスが封入されている。放電ガスとして、Ｈｅ－Ｘｅ、Ｎｅ－Ｘｅ、Ｈｅ－Ｎｅ－Ｘｅ等の混合ガスが用いられる。

[0064] 背面板６－１３は背面基板６－１１上に形成されたストライプ状のアドレス電極（以下、Ａ電極とも称す）６－１０と、アドレス電極６－１０を覆う誘電体層６－９と、誘電体層６－９上に形成されて放電距離維持と隣接セル間のクロストークを防止し放電セルを形成する隔壁６－７と、各隔壁６－７間に形成された赤色、緑色と青色の各色に発光する蛍光体層６－８とでなる。蛍光体層６－８は放電により発生した紫外線で励起し、赤（Ｒ）、緑（Ｇ）、青（Ｂ）の各色に発光する蛍光体からなる。

[0065] 前面板６－１２は前面基板６－１上にアドレス電極６－１０と交差するようにストライプ状のサステイン電極（以下、Ｘ電極とも称す）６－４とスキャン電極（以下、Ｙ電極とも称す）６－５の対からなる表示電極６－６が複数形成される。表示電極６－６は透明電極６－４ａ、６－５ａとバス電極６－４ｂ、６－５ｂとで構成される。表示電極６－６は誘電体層６－２で覆われ、誘電体層６－２の表面上には保護層６－３が形成される。

[0066] この保護層には、放電ガスのイオン衝撃による誘電体層の保護と二次電子放出及び壁電荷保持といった特性を有することが要求される。ＰＤＰでは、これらの特性を併せ持つ酸化マグネシウム（以下、ＭｇＯと記す）を主成分とする材料が広く用いられている。

[0067] ＰＤＰにおける一般的な画像の階調表示方式としてＡＤＳ（Address Display-Period Separation）がある。ＡＤＳ方式では、１ＴＶフィールド（１６．６７ｍｓ、あるいは、１／６０ｓ）を所定の輝度比を有する複数のサブフ

ィールドに分割し、それらのサブフィールドを画像に応じて選択的に発光させ、輝度の違いにより階調を表現している。さらにサブフィールドは、リセット期間、アドレス期間、サステイン期間で構成される。リセット期間では、マトリクス配列された全ての放電セル内の壁電圧をほぼ均一に揃えるため、サステイン放電電極対間に放電開始電圧以上のサステイン電圧を印加し、全ての放電セルでリセット放電を行う。アドレス期間では、全ての放電セルのうちの点灯すべき放電セルのみに、適量の壁電荷を生成するアドレス放電を行う。サステイン期間では、その壁電荷を利用して表示データの階調値に応じた回数のサステイン放電（表示放電）を行う。

[0068] このPDPを用いたプラズマディスプレイ装置は、デジタル放送等の高品位な画質に対応した画像表示装置としての期待が高まっており、高精細化、高輝度化、高コントラスト化等の高画質化が要求されている。また、黒ノイズの発生率低減といった表示画像の信頼性も要求されている。

[0069] PDPの高精細化は画素ピッチ及び放電セルサイズを小さくすることにより達成される。高輝度化は発光効率の増加やサステイン放電の回数を多くすることにより達成される。高コントラスト化のためには、サステイン放電回数が異なるサブフィールド数を増加させることと、リセット放電等の表示放電に寄与しない放電を低減して黒表示時の輝度を低下させることにより達成される。

[0070] 各サブフィールドのアドレス期間は、PDPのスクアンライン数とアドレスパルス幅で決定される。アドレスパルス幅は、アドレス電圧を印加してからアドレス放電が起こるまでのアドレス放電遅れ時間 t_d （以下、放電遅れ時間とも記す）を考慮して設定される。アドレスパルス幅が不十分であると、アドレス電圧を印加している間にアドレス放電が起こらない。そのため、その後のサステイン放電が行われなといった誤放電による黒ノイズが発生する。更に高精細化では画素数の増加に伴いスクアンライン数が増加する。これらにより、各サブフィールドにおけるアドレス期間の割合が大きくなり、高輝度化、高コントラスト化において重要であるサステイン期間の割合が減

少する。

- [0071] アドレス期間を短くするには、大きく2つの方法がある。1つはデータドライバICを増加させる方法である。例えばデータドライバICを2倍にし、パネルの上下でスキャンラインを2分割して同時にスキャンをするデュアルスキャン方式に変えると、見かけ上のアドレス期間が半減する。しかし、デュアルスキャン方式ではデータドライバIC等の駆動に係る回路数の増加や配線が複雑となり、生産性やコストの点で問題がある。
- [0072] もう1つはアドレス放電遅れ時間 t_d を短縮し、アドレスパルス幅を短くする方法である。アドレス放電遅れ時間 t_d は、Y電極、X電極とA電極の印加電圧とリセット放電後の残留壁電荷に依存する形成遅れ時間 t_f 、並びに、放電の種火となる電子（プライミング電子）が保護層から放出されるまでの統計遅れ時間（以下、プライミング電子の放出時定数とも記す） t_s の和で構成される。保護層のプライミング電子放出特性が良好であるならば、統計遅れ時間 t_s 及びアドレス放電遅れ時間 t_d を短縮することができ、安定したアドレス放電を行うことができる。
- [0073] このアドレス放電遅れ時間 t_d を短縮するために、保護層のMgOに不純物元素を添加する技術の開発が行われている。例えば、特許文献1では不純物元素としてSiが、特許文献2、特許文献3では不純物元素としてScが記載されている。

先行技術文献

特許文献

- [0074] 特許文献1：特開平10-334809号公報
特許文献2：特開2006-169636号公報
特許文献3：特開2006-207013号公報
特許文献4：WO2005/098890A
特許文献5：特開2006-54160号公報
特許文献6：特開2007-280730号公報

非特許文献

[0075] 非特許文献1: IDW '06、PDP2-4 2006年、p359~362

非特許文献2: IDW '08、PDP3-3 2008年、p1869~1872

非特許文献3: IDW '06、PDP1-1 2006年、p333~336

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0076] [第1の技術の発明が解決しようとする課題]

しかしながら、前記従来技術はアドレス放電遅れ時間 t_d の短縮に特化しており、その他のPDP駆動に対する影響についてはあまり考慮されていない。

[0077] 特許文献1記載のSiをMgOに添加する技術は、ある程度のアドレス放電遅れ時間 t_d を短縮することが可能であるが、特許文献4においてPDPの面内においてアドレス放電遅れ時間 t_d の短縮される割合にバラツキが生じることが記載されている。更に、本発明者らが検討した結果、アドレス放電遅れ時間 t_d に温度依存性があることも分かっている。PDPに要求される動作保証温度は製造メーカーによって異なるが、好ましくは $-10\sim 60^{\circ}\text{C}$ より広い温度範囲である。この温度範囲において、Siを添加したMgOを保護層に用いたPDPでは、低温域でアドレス放電遅れ時間 t_d が著しく増大し、黒ノイズの発生により表示品位が低下することがある。

[0078] また、特許文献2及び特許文献3のScをMgOに添加する技術はアドレス放電遅れ時間 t_d を短縮することが可能であると記載されている。しかし、本発明者らが検討した結果、MgOに対するScの濃度が閾値以上であると、PDPの通常動作中のある時点において、黒ノイズの発生率の増加や不点灯ライン出現といった現象が発生することが明らかになっているこれらの現象は、PDPの温度が高温である場合によくみられる。

[0079] この原因の一つとして、リセット放電終了後からアドレス電圧を印加するまでの休止期間 t_i 中に、アドレス電極（A電極）を覆う誘電体層及び蛍光体層の放電空間側表面とスキャン電極（Y電極）を覆う誘電体層及び保護層の

放電空間側表面との電圧差（即ち、A－Y電極間の放電空間に印加される電圧） V_{AY} が減少することが挙げられる。以下、休止期間 t_i 中の電圧差 V_{AY} の減少量を電圧変動 ΔV_{AY} と記す。

[0080] この電圧変動 ΔV_{AY} により、アドレス電圧印加時に放電空間に印加される実効的な電圧は減少する。そのため、所定の電圧が放電空間に印加されなくなり、アドレス放電を失敗して誤放電が発生し易くなる。

[0081] 電圧変動 ΔV_{AY} の要因として、リセット放電終了後からアドレス電圧を印加するまでの間に保護層から放出されたプライミング電子が、放電空間側表面の壁電荷を打ち消していると考えられている。非特許文献 1 によれば、プライミング電子による休止期間 t_i 中の電圧変動 ΔV_{AY} は、 $300 \sim 10000 \text{ V/s}$ であると記載されている。

[0082] このような問題を解決する方法の一つとして、電圧変動 ΔV_{AY} を想定してアドレス電圧を予め高めに設定する方法がある。しかし、この方法では使用する駆動回路や制御回路に実装される電子部品を高電圧に対応したものに変更する必要があり、コストの点で問題がある。また、消費電力の増加や、コントラストの低下といった問題も生じる。

[0083] したがって、アドレス放電遅れ時間 t_d を短縮するだけでなく、休止期間 t_i 中の電圧変動 ΔV_{AY} を抑制する保護層技術が必要である。

[0084] 本発明の目的は、広い温度範囲においてアドレス放電遅れ時間 t_d の短縮と、休止期間 t_i 中の壁電荷の減少及び電圧変動 ΔV_{AY} の抑制を両立することにより、安定したアドレス放電と高コントラストな PDP を実現する保護層技術を提供することにある。

[0085] 本発明の前記並びにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述及び添付図面から明らかになるであろう。

[0086] [第 2 の技術の発明が解決しようとする課題]

しかしながら、放電遅れに関する対策は、未だ十分になされているとはいえない難い現状にある。具体的には、特許文献 1 の技術では、MgO にシリコン (Si) を添加することで、ある程度不点灯領域の発生を抑制できるが、一

方で各セルにおける放電遅れのバラツキが顕著になるという新たに問題が生じることが、例えば、特許文献4に記載されている。

- [0087] 特許文献2及び特許文献3の技術では、MgOにスカンジウム（Sc）を添加することで放電遅れが改善することが示されている。PDPの保証温度は製造メーカーによっては、最低温度0℃、更に好ましくは-15℃、最高温度で60℃、更に好ましくは80℃と上下温度幅がある。そこで、本発明者らは、-10℃～60℃の広い温度範囲で放電遅れ時間の評価を行った。本発明者らが検討した結果、放電遅れ時間には温度依存性があり、高温領域では放電遅れ時間が悪化することが明らかになっている。そのため、広い温度範囲で安定したアドレス放電を行うためには、アドレス期間を十分に長くする必要があり、高画質化において重要であるサステイン期間の確保が困難となる。
- [0088] また、特許文献2の技術では、MgOにスカンジウム（Sc）、カルシウム（Ca）及びシリコン（Si）を共ドーピングすることが示されている。しかしながら、本発明者らが検討した結果、これら不純物元素を閾値以上に添加すると、MgOのアドレス放電遅れ時間 t_d の休止期間依存性、つまり放電が生起されてから次の放電が生起されるまでの時間間隔の依存性が悪化するという問題があることが明らかになっている。
- [0089] 以上のMgOへのスカンジウム（Sc）、シリコン（Si）といった不純物元素の添加は放電遅れ時間の改善に着目した技術であるが、本発明者らが検討した結果、MgOに対するSc及びSiの濃度が閾値以上であると、PDPの通常動作中のある時点において、黒ノイズの発生率の増加や不点灯ラインの出現といった現象が発生することが明らかになっている。この現象は、PDPのパネル表面温度が高温である場合によくみられる。
- [0090] この原因の一つとして、リセット放電終了後からアドレス電圧を印加するまでの休止期間 t_i 中に、アドレス電極（A電極）を覆う誘電体層及び蛍光体層の放電空間側表面とスキャン電極（Y電極）を覆う誘電体層及び保護層の放電空間側表面との電圧差（即ち、A-Y電極間の放電空間に印加される電

圧) V_{AY} が減少することが挙げられる。以下、休止期間 t_i 中の電圧差 V_{AY} の減少量を電圧変動 ΔV_{AY} と記す。

[0091] この電圧変動 ΔV_{AY} により、アドレス電圧印加時に放電空間に印加される実効的な電圧は減少する。そのため、所定の電圧が放電空間に印加されなくなり、アドレス放電を失敗して誤放電が発生し易くなる。

[0092] 電圧変動 ΔV_{AY} の要因として、リセット放電終了後からアドレス電圧を印加するまでの間に保護層から放出されたプライミング電子が、放電空間側表面の壁電荷を打ち消していると考えられている。非特許文献 1 によれば、プライミング電子による休止期間 t_i 中の電圧変動 ΔV_{AY} は、 $300 \sim 10000 \text{ V/s}$ であると記載されている。

[0093] このような問題を解決する方法の一つとして、電圧変動 ΔV_{AY} を想定してアドレス電圧を予め高めに設定する方法がある。しかし、この方法では使用する駆動回路や制御回路に実装される電子部品を高電圧に対応したものに変更する必要があり、コストの点で問題がある。また、消費電力の増加や、コントラストの低下といった問題も生じる。

[0094] したがって、アドレス放電遅れ時間 t_d を短縮するだけでなく、休止期間 t_i 中の電圧変動 ΔV_{AY} を抑制する保護層技術が必要である。

[0095] 以上より、MgOへ不純物元素を添加する技術に関しては、優れた表示性能を得る上で十分な効果が有るとは言い難いのが現状である。このため、放電特性を一層向上させることが可能なMgO膜の実現が望まれている。

[0096] 本発明の目的は、広い温度範囲においてアドレス放電遅れ時間 t_d を短縮して放電応答性を向上させ、休止期間 t_i 中の壁電荷の減少及び電圧変動 ΔV_{AY} の抑制を両立することにより、安定したアドレス放電と高画質なPDPを実現する保護層技術を提供することにある。

[0097] 本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述と添付図面によって明らかにする。

[0098] [第3の技術の発明が解決しようとする課題]

しかしながら、保護層であるMgOによる放電遅れの対策は、未だ十分に

なされているとは言い難い現状にある。MgO中に不純物元素を添加する技術に関して、特許文献1ではMgOにSiを添加することで誤放電の発生がある程度抑制できるが、PDP特性の改善において不十分であることが、例えば、特許文献4に記載されている。

[0099] 更に、PDPの動作保証温度は製造メーカーによっては、最低温度0℃、更に好ましくは-15℃、最高温度で60℃、更に好ましくは80℃と温度幅がある。そこで、本発明者らは、-10℃～60℃の広い温度範囲で放電遅れ時間の評価を行った。本発明者らがMgOにSiを添加する技術について検討した結果、放電遅れ時間には温度依存性があり、低温領域では放電遅れ時間が増大することが明らかになっている。そのため、MgOへのSi添加方法が適当でない場合、広い温度範囲で安定したアドレス放電を行うためには、アドレス期間を十分に長くする必要があり、高画質化において重要であるサステイン期間の確保が困難となる。

[0100] 本発明者らは、MgOにScを添加する技術についても-10℃～60℃の広い温度範囲で放電遅れ時間を評価した結果、放電遅れ時間には温度依存性があり、特に放電遅れ測定前の最後の放電から放電遅れ測定までの時間（以下、休止期間または t_i と称す）が長く、高温で駆動させると、放電遅れ時間が増大することが明らかになっている。そのため、MgOにSiを添加する技術と同様に、MgOへのSc添加方法が適当でない場合、広い温度範囲で安定したアドレス放電を行うためには、アドレス期間を十分に長くする必要がある。

[0101] 以上の特許文献1から3の技術では、これらのMgOに添加する不純物元素の濃度についても示している。しかし、本発明者らが検討した結果、同じような濃度であっても、成膜条件によって放電遅れ時間が異なることが分かっている。成膜条件がMgO中の不純物元素の活性化率、即ち、不純物元素がMgO中に統計遅れに関係するプライミング電子放出源を形成する確率に大きく作用していることが分かる。

[0102] そのため、活性化率が低い成膜条件では、所望の放電遅れ時間を実現する

ために不純物元素を多量にMgOへ添加する必要がある。しかしながら、MgOへの不純物元素の多量添加は、MgO中での欠陥や偏析、クラックの発生原因となり、MgOの結晶構造及びスパッタ耐性や電気特性等に悪影響を及ぼす場合がある。更に、多量の不純物元素の使用は、不純物元素に係る材料コストを増大させることになる。

[0103] 保護層上にMgO結晶体等の微粒子からなる層を設ける技術に関しては、特許文献5で微粒子の特性や粒径を制御することで放電遅れが改善することが示されている。

[0104] しかしながら、このような技術では、保護層上に微粒子からなる層を形成するために、PDPの製造工程において複雑なプロセスを追加する必要があり、材料を含む製造コストや歩留まりの面で課題がある。

[0105] 更に、本発明者らが評価した結果、保護層上にMgO結晶体等の微粒子からなる層を設ける技術は放電遅れを改善するが、PDPの発光高効率化を目的として放電ガス中のキセノンガス組成比を高めた場合に、放電時のイオン衝撃による保護層であるMgOのスパッタが促進され、PDPの動作保証時間（製品寿命）の短縮や各特性に関する信頼性を著しく低下させる場合がある。また、20℃以上の高温動作時において、黒ノイズや不点灯ラインの出現といった現象の発生頻度が増加することが明らかになっている。この高温動作時のPDP特性の悪化は、MgO中に不純物元素を添加する技術に関しても、MgOに対する不純物元素の濃度が閾値以上であると同様に生じる。

[0106] この原因の一つとして、リセット放電終了後からアドレス電圧を印加するまでの休止期間 t_i 中に、アドレス電極（A電極）を覆う誘電体層及び蛍光体層の放電空間側表面とスキャン電極（Y電極）を覆う誘電体層及び保護層の放電空間側表面との電圧差（即ち、A-Y電極間の放電空間に印加される電圧） V_{AY} が減少することが考えられ、この現象について非特許文献1などで報告されている。以下、休止期間 t_i 中の電圧差 V_{AY} の減少量を電圧変動 ΔV_{AY} と記す。

[0107] 電圧変動 ΔV_{AY} の要因として、リセット放電終了後からアドレス電圧を印

加するまでの間に保護層から放出されたプライミング電子が、放電空間側表面の壁電荷を打ち消していると考えられている。非特許文献 1 によれば、プライミング電子による休止期間 t_i 中の電圧変動 ΔV_{AY} は、 $300 \sim 10000 \text{ V/s}$ であると記載されている。

[0108] この電圧変動 ΔV_{AY} は、アドレス電圧印加時に放電空間に印加される実効的な電圧を低下させる。そのため、所定の電圧が放電空間に印加されなくなることによってアドレス放電を失敗し、誤放電が発生し易くなる。

[0109] したがって、アドレス放電遅れ時間 t_d を短縮するだけでなく、休止期間 t_i 中の電圧変動 ΔV_{AY} を抑制する保護層技術が必要である。

[0110] 本発明の目的は、広い温度範囲においてアドレス放電遅れ時間 t_d の短縮と、休止期間 t_i 中の壁電荷の減少及び電圧変動 ΔV_{AY} の抑制を両立することにより、安定したアドレス放電と高コントラストな PDP を実現する保護層技術を提供することにある。

[0111] 本発明の前記並びにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述及び添付図面から明らかになるであろう。

[0112] [第 4 の技術の発明が解決しようとする課題]

地球温暖化防止への配慮などから、PDP の消費電力の低減を一層進める必要がある。消費電力を低減する手段として、PDP の発光効率を向上させる方法がある。例えば、放電ガスに含まれる X_e の分圧を高くすると、蛍光体の励起源である紫外線（真空紫外線）の発生効率が向上するので、PDP の発光効率を向上させることができる。

[0113] しかしながら、駆動電圧の上昇などの副作用により放電ガスのイオン衝撃による保護膜のスパッタが大きくなるため、保護膜の耐スパッタ性の向上が必要となってくる。

[0114] 一方、PDP の大幅な低コスト化のためには、ドライバコストを半減させるため、PDP の画面の上下両側に配置したアドレスドライバ IC を用いて上下 2 方向から表示画面全体を走査する上下 2 分割駆動（デュアルスキャン）から、PDP の画面の上または下の片側のみに配置したアドレスドライバ

I Cを用いて、1方向から表示画面全体を走査するシングルスキャンを可能にする必要がある。そのためにはアドレス放電を高速化する必要があり、前記特許文献6に記載のようにMgO膜表面への結晶MgO粉体の散布が行われている。しかし、この構成では、散布された結晶MgO粉体が、スパッタされたMgOの再堆積を邪魔するため、結晶MgO粉体の下地部分のMgO膜がスパッタにより削れ易く、従来のMgO膜に比べ、MgOからなる保護膜の耐スパッタ性が低下するという課題が生じる。また、前記特許文献1に示されるように、MgO膜中へのSiなどの添加材料ドーピングによりアドレス放電を高速化する方法も行われているが、Siドーピング量が少ない領域では、従来のMgO膜に対し、耐スパッタ性は特に改善されず、また過剰なSiドーピングは、Mg欠損を生じやすいため、従来のMgO膜に比べ、耐スパッタ性は劣化しやすい。

[0115] 本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、PDP装置の消費電力を低減することができる技術を提供することにある。また、本発明の他の目的は、PDP装置を安価に製造することができる技術を提供することにある。また、本発明の他の目的は、PDP装置の長寿命化を達成する技術を提供することにある。

[0116] 本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

[0117] [第5の技術の発明が解決しようとする課題]

地球温暖化防止や資源枯渇など、環境への配慮などから、PDPの消費電力の低減や材料の使用量削減を一層進める必要がある。本発明者らは、PDPの消費電力や材料の使用量低減について検討し、以下の課題を見出した。

[0118] 消費電力を低減する手段として、PDPの発光効率を向上させる方法がある。例えば、放電ガスに含まれるXeの分圧を高くすると、蛍光体の励起源である紫外線（真空紫外線）の発生効率が向上するので、PDPの発光効率を向上させることができる。

[0119] しかしながら、駆動電圧の上昇などの副作用により放電ガスのイオン衝撃

による保護膜のスパッタが大きくなるため、保護膜の耐スパッタ性の向上が必要となってくる。またXe分圧上昇に伴う高電圧化を抑制するため、保護膜の2次電子放出係数を高めることにより放電電圧を下げることも必要となる。

[0120] また、消費電力を低減する別の手段として、PDPを駆動するドライバICの使用量を低減する方法がある。ドライバICの使用量を低減すれば、ドライバICの消費電力を低減でき、またドライバIC自体やPDPに実装するための材料の使用量も低減することができる。例えば、保護膜のプライミング電子放出性能向上により、アドレス放電時間を短縮すると、PDPの画面の上下に配置したアドレスドライバICを用いて上下2方向から表示画面全体を走査する上下2分割駆動（デュアルスキャン）から、PDPの画面の片側のみに配置したアドレスドライバICを用いて、1方向から表示画面全体を走査するシングルスキャンが可能となる。この結果、PDPに取り付けるアドレスドライバICの数や実装材料を、例えば半減することができる。

[0121] しかしながら、特にアドレス放電時間の短縮のため、例えば前記特許文献1あるいは前記特許文献6に記載される構成では、従来のMgO膜に比べ、MgOからなる保護膜の耐スパッタ性が低下するという課題が生じる。

[0122] また、放電電圧を下げて低消費電力化するために、MgOよりも高い2次電子放出係数を有するCaOやSrO、BaO、 Sr_xCa_yO などを保護膜として用いる構成も考えられる。しかしこれらの材料を用いた場合、放電電圧を下げることはできるが、MgOより耐スパッタ性が劣る、あるいは、プライミング電子放出が不十分でアドレス放電時間が長くなるという課題がある。

[0123] 本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、PDP装置の消費電力を低減することができる技術を提供することにある。

[0124] 本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

[0125] [第6の技術の発明が解決しようとする課題]

しかしながら、前記従来技術はアドレス放電遅れ時間 t_d の短縮に特化しており、その他のPDPへの影響についてはあまり考慮されていない。

[0126] 特許文献1記載のSiをMgOに添加する技術は、ある程度のアドレス放電遅れ時間 t_d を短縮することが可能であるが、PDPの面内においてアドレス放電遅れ時間 t_d の短縮される割合にバラツキが生じることが知られている。更に、本発明者らが検討した結果、アドレス放電遅れ時間 t_d に温度依存性があることも分かっている。PDPに要求される動作保証温度は製造メーカーによって異なるが、好ましくは -20°C から 60°C である。この温度範囲において、Siを添加したMgOを保護層に用いたPDPでは、低温でアドレス放電遅れ時間 t_d が著しく増大し、黒ノイズの発生により表示品位が低下することがある。

[0127] また、特許文献2及び特許文献3のScをMgOに添加する技術はアドレス放電遅れ時間 t_d を短縮することが可能であると記載されている。しかし、本発明者らが検討した結果、MgOに対するScの濃度が閾値以上であると、PDPの通常動作中のある時点において、黒ノイズの発生率が増加することが明らかになっている。この現象は、PDPの温度が高温である場合によくみられる。

[0128] この原因の一つとして、リセット放電終了後からアドレス電圧を印加するまでの休止期間 t_i 中に、アドレス電極（A電極）を覆う誘電体層及び保護層の放電空間側表面とスキャン電極（Y電極）を覆う誘電体層及び蛍光体層の放電空間側表面との電圧差（即ち、A-Y電極間の放電空間に印加される電圧） V_{AY} が減少することが挙げられる。以下、休止期間 t_i 中の電圧差 V_{AY} の減少量を電圧変動 ΔV_{AY} と記す。

[0129] この電圧変動 ΔV_{AY} により、アドレス電圧印加時に放電空間に印加される実効的な電圧は減少する。そのため、所定の電圧が放電空間に印加されなくなり、アドレス放電を失敗して誤放電が発生し易くなる。

[0130] 電圧変動 ΔV_{AY} の要因として、リセット放電終了後からアドレス電圧を印加するまでの間に保護層から放出されたプライミング電子が、放電空間側表

面の壁電荷を打ち消していると考えられている。非特許文献１によれば、プライミング電子による休止期間 t_i 中の電圧変動 ΔV_{AY} は、 $300 \sim 10000 \text{ V/s}$ であると記載されている。

[0131] このような問題を解決する方法の一つとして、電圧変動 ΔV_{AY} を想定してアドレス電圧を予め高めに設定する方法がある。しかし、使用する駆動回路や制御回路に実装される電子部品を高電圧に対応するのものと変更する必要があり、コストの点で問題がある。また、消費電力の増加や、コントラストの低下といった問題も生じる。

[0132] したがって、アドレス放電遅れ時間 t_d を短縮するだけでなく、休止期間 t_i 中の電圧変動 ΔV_{AY} を抑制する保護層技術が必要である。

[0133] 本発明の目的は、広い温度範囲においてアドレス放電遅れ時間 t_d の短縮と、休止期間 t_i 中の壁電荷の減少及び電圧変動 ΔV_{AY} の抑制を両立することにより、安定したアドレス放電を行うことができる保護層技術を提供することにある。

[0134] 本発明の前記並びにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述及び添付図面から明らかになるであろう。

課題を解決するための手段

[0135] [第１の技術の課題を解決するための手段]

本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、次のとおりである。

[0136] すなわち、代表的な実施の形態によるプラズマディスプレイ装置は、一対の基板が対向に配置されて放電空間を形成し、一方の基板上に複数の電極と前記電極上に誘電体層と前記誘電体層を覆う保護層が形成され、前記放電空間には放電ガスが充填されたPDPと、前記PDPの表示面全体の帯電状態を揃えるリセット期間、表示放電を行う放電セルを選択するアドレス期間、表示放電を行うサステイン期間からなる駆動方法を実現する駆動装置とを有する。

[0137] 前記PDPは具体的には、前面板とそれに対向する背面板との間の空間が

前記背面板に設けられた隔壁によって区画され、前記空間には放電ガスが充填されている。前記前面板は、第1基板と、前記第1基板上に設けられた表示電極対と、前記表示電極対を覆う第1誘電体層と、前記第1誘電体層上に保護層を設けている。また、前記背面板は、第2基板と、前記第2基板上に設けられたアドレス電極と、前記アドレス電極を覆う第2誘電体層と、前記第2誘電体層上に設けられた前記隔壁と、前記空間に接し、前記第2誘電体層上に設けられた蛍光体層とを有している。

[0138] ここで、前記保護層は、上記課題を解決するために、主成分であるMgOに対して、所定量のScを含んでいる。前記保護層中のMgOに対するScの濃度は、アドレス放電遅れ時間 t_d を構成する統計遅れ時間 t_s と、電圧変動 ΔV_{AY} を両立する10質量ppm以上740質量ppm以下であり、且つ、下記式(1-I)を満たすことを特徴とした。

[0139] $0.22x + 12 \leq y \leq 1 / (8.0 \times 10^{-4} \ln x + 1.9 \times 10^{-3}) \dots (1-I)$

但し、式(1-I)において、yは主成分であるMgOに対して含まれるScの濃度であり、単位は質量ppmで示され、xは駆動方法における最大リセット間隔で、単位はmsであり、 $0.5 \leq x \leq 50$ の範囲の値が適当である。

[0140] スキャンライン数が多く高精細なPDP、例えば解像度がフルHD(High Definition)のPDPにおいて、十分なりセット期間とサステイン期間を確保しつつ、全スキャンラインを1つのデータドライバICでスキャンを行うシングルスキャン方式を実現するには、休止期間 $t_i = 16$ msの統計遅れ時間 t_s を従来品のMgOの $1/3$ 以下にする必要がある。そこでSc濃度範囲の下限值は、 $-20 \sim 60^\circ\text{C}$ の温度範囲における統計遅れ時間 t_s の最大値が、従来品のMgOの $1/3$ 以下となるSc濃度である。

[0141] この統計遅れ時間 t_s は、保護層のプライミング電子放出特性(以下、電子放出特性とも記す)に関係していることから、測定する以外にも保護層中のプライミング電子放出源のエネルギー状態密度からも得ることができる。

- [0142] エネルギー状態密度は、アドレス放電遅れ時間 t_d から統計遅れ時間 t_s を分離し、プライミング電子放出特性の計測条件依存性を解析することにより決定される。解析システム及び解析方法の概略は以下のとおりであり、解析方法は非特許文献2に記載されている。詳細については後で説明する。
- [0143] (1) 休止期間 t_i 、温度 T の計測条件に対するアドレス放電遅れ時間 t_d の計測データを入力する。
- [0144] (2) 各休止期間 t_i と温度 T に対する計測データをもとに、アドレス放電遅れ時間 t_d 毎の累積数を計算し、放電確率頻度と既放電確率を算出する。
- [0145] (3) 統計遅れ時間 t_s に関係するプライミング電子の電子放出時定数 t_s^{ex} $p(t_i, T)$ を算出する。
- [0146] (4) 電子放出源のエネルギー状態密度の関数を設定し、エネルギー状態密度に対する活性化エネルギーの平均値、分散値と実効数の探索範囲と探索幅を設定する。
- [0147] (5) 電子放出源のエネルギー状態密度とウィンドウ関数のエネルギーに対する重なり積分によりプライミング電子の電子放出時定数 $t_s^{th}(t_i, T)$ を算出する。
- [0148] (6) 休止期間 t_i と温度 T の計測条件の総数に対して、計測データから求めた $t_s^{exp}(t_i, T)$ と計算から求めた $t_s^{th}(t_i, T)$ の平均二乗誤差が最小となる活性化エネルギーの平均値、分散値と実効数を決定する。
- [0149] これにより、一つまたは複数の電子放出源のエネルギー状態密度を解析することができる。更に、(5) により電子放出源のエネルギー状態密度から各計測条件に対するプライミング電子の電子放出時定数 $t_s^{th}(t_i, T)$ を算出することもできる。
- [0150] 休止期間 t_i の間の電圧変動 ΔV_{AY} は、保護層から放出されるプライミング電子放出量 $N_{o,m}$ に関係する。単位時間あたりに放出されるプライミング電子放出量 $N_{o,m}$ は、プライミング電子の放出時定数 t_s の逆数で与えられる。P D P の温度 T を一定として休止期間 t_i 中のプライミング電子放出量 $N_{o,m}$ は、
- [0151]

[数1]

$$N_{em} = \int_0^{t_i} \left(t_s^{th}(t) \right)^{-1} dt$$

[0152] で与えられる。放出される電荷 Q_{em} は電気素量 q を用いて、

[0153] [数2]

$$Q_{em} = -q \cdot N_{em}$$

[0154] で与えられる。リセット放電により形成される壁電荷が、A電極側の誘電体層及び蛍光体層表面が正で、Y電極側の誘電体層及び保護層表面が負であるとする、保護層から放出される電荷 Q_{em} は、A電極側の誘電体層及び蛍光体層表面に到達すると考える。この結果、A電極側の誘電体層及び蛍光体層表面の壁電荷が $-Q_{em}$ だけ、Y電極側の誘電体層及び保護層表面の壁電荷が Q_{em} だけ減少する。

[0155] 1つの放電セルにおけるA電極側とY電極側の静電容量を C_A 、 C_Y とすると、プライミング電子放出による壁電荷の変動に伴う電圧変動 ΔV_{AY} は、

[0156]

[数3]

$$\Delta V_{AY} = \frac{-Q_{em}}{C_A} - \frac{Q_{em}}{C_Y}$$

[0157] で表され、プライミング電子放出量 N_{em} に関係する。更に、電圧差 V_{AY} が大きければ、放出されたプライミング電子は、放電空間において放電ガスを電離し、保護層から二次電子が放電空間へ放出され、電圧変動 ΔV_{AY} を増大させることもある。

[0158] プライミング電子放出量 N_{em} は、 MgO 中のトラップ準位に起因するプライミング電子放出源の実行数 $N_{e,j}$ に依存する。 S_c は MgO に対してドナーであることから、プライミング電子放出源となるトラップ準位を形成する。そのため、 S_c を添加した MgO を用いた保護層では、プライミング電子放出源の実行数 $N_{e,j}$ は MgO に対する S_c 濃度で決定される。

[0159] 従来品の MgO では、高温で動作させたときに、1 TV フィールドに相当する休止期間 $t_i = 16 \text{ ms}$ では、電圧変動 ΔV_{AY} による黒ノイズが実用上問題のない程度である。そこで S_c 濃度範囲の上限値、休止期間 $t_i = 16 \text{ ms}$ における電圧変動 ΔV_{AY} 及びプライミング電子放出量 N_{em} について従来品の MgO で規格化し、各条件での電圧変動 ΔV_{AY} が 1 以下となる S_c 濃度である。

[0160] [第2の技術の課題を解決するための手段]

本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、次のとおりである。

[0161] すなわち、代表的なものの概要は、プラズマディスプレイパネル及びプラズマディスプレイ装置について、広い温度範囲でのアドレス放電遅れ時間 t_d の改善と、休止期間 t_i 中の壁電荷の減少及び電圧変動 ΔV_{AY} の抑制を両立す

るために、以下の手段を用いる。

- [0162] 上記課題を解決するために、代表的な実施の形態によるプラズマディスプレイ装置は、間隔をあけて対向配置された一对の基板と、前記一对の基板間に設けられ前記一对の基板間の間隔を保持する隔壁と、前記一对の基板間に形成された空間内に封入され放電により紫外線を発生する放電ガスと、前記一对の基板の対向面の少なくとも一方の上に配置された電極とを備え、前記電極を覆う誘電体層と、前記誘電体層を覆う保護層が配置されたPDPと、前記PDPを駆動し、リセット期間、アドレス期間、サステイン期間で構成される駆動方法を実現する駆動装置とを有する。
- [0163] 本発明者らは、広い温度範囲においてアドレス放電遅れ時間 t_d を短縮して放電応答性を向上させ、休止期間 t_i 中の壁電荷の減少及び電圧変動 ΔV_{AY} の抑制を両立する方法について、MgOを主成分とする保護層に対し、所定の成分比の範囲でスカンジウム (Sc) 及びシリコン (Si) を添加する構成により、この問題が解決できることを見出した。
- [0164] すなわち、前記保護層は、酸化マグネシウム (MgO) を主成分とし、不純物元素としてスカンジウム (Sc) 及びシリコン (Si) を含み、スカンジウム (Sc) の濃度が5質量ppm以上525質量ppm以下であり、シリコン (Si) の濃度が5質量ppm以上1000質量ppm以下であり、且つ、下記式(2-I)を満たすことを特徴とする。
- [0165] $y \leq -3.5x + 1845 \cdots (2-I)$
- 但し、式(2-I)において、yはシリコン (Si) 濃度、xはスカンジウム (Sc) 濃度を示し、単位は質量ppmであり、駆動方法における最大リセット間隔は1msである。
- [0166] また、前記保護層は、酸化マグネシウム (MgO) を主成分とし、不純物元素としてスカンジウム (Sc) 及びシリコン (Si) を含み、スカンジウム (Sc) の濃度が7質量ppm以上217質量ppm以下であり、シリコン (Si) の濃度が5質量ppm以上405質量ppm以下であり、且つ、下記式(2-II)を満たすことを特徴とする。

[0167] $-74x + 887 \leq y \leq -1.9x + 418 \cdots (2-II)$

但し、式(2-II)において、 y はシリコン(Si)濃度、 x はスカンジウム(Sc)濃度を示し、単位は質量ppmであり、駆動方法においての最大リセット間隔は $1/60$ sである。

[0168] さらに、前記保護層は、酸化マグネシウム(MgO)を主成分とし、不純物元素としてスカンジウム(Sc)及びシリコン(Si)を含み、スカンジウム(Sc)の濃度が15質量ppm以上200質量ppm以下であり、シリコン(Si)の濃度が5質量ppm以上284質量ppm以下であり、且つ、下記式(2-III)、(2-IV)を満たすことを特徴とする。

[0169] $-63x + 1227 \leq y \leq -1.5x + 306 \cdots (2-III)$

$-1.5x + 87 \leq y \leq -1.5x + 306 \cdots (2-IV)$

但し、式(2-III)及び(2-IV)において、 y はシリコン(Si)濃度、 x はスカンジウム(Sc)濃度で、単位は質量ppmであり、スカンジウム(Sc)濃度 x は式(2-III)において $15 \leq x < 19$ 、式(2-IV)において $19 \leq x \leq 200$ の範囲が適当である。このとき、駆動方法においての最大リセット間隔は $1/20$ sである。

[0170] また、前記プラズマディスプレイ装置において、前記放電ガスは、組成比10%以上となる量でXeを含んで構成されたガスであることを特徴とする。ここで、組成比とは、放電ガスがXeガスを含み、前記放電ガスのモル濃度を n_g とし、前記Xeガスのモル濃度を n_{Xg} とし、前記放電ガス中のXeモル濃度比を a_{Xe} とし、Xeモル濃度比 $a_{Xe} = n_{Xg} / n_g$ として表される。

[0171] スキャンライン数が多く高精細なPDP、例えば解像度がフルHD(High Definition)のPDPにおいて、十分なリセット期間とサステイン期間を確保しつつ、全スキャンラインを1つのデータドライバICでスキャンを行うシングルスキャン方式を実現するには、休止期間 $t_i = 16$ msの統計遅れ時間 t_s を従来品のMgOの $1/3$ 以下にする必要がある。そこでスカンジウム(Sc)及びシリコン(Si)の濃度範囲の下限值は、 $-20 \sim 60^\circ\text{C}$ の温

度範囲における統計遅れ時間 t_s の最大値が、従来品の MgO の $1/3$ 以下となるスカンジウム (Sc) 及びシリコン (Si) の濃度である。

[0172] この統計遅れ時間 t_s は、保護層のプライミング電子放出特性（以下、電子放出特性とも記す）に関係していることから、測定する以外にも保護層中のプライミング電子放出源のエネルギー状態密度からも得ることができる。

[0173] エネルギー状態密度は、アドレス放電遅れ時間 t_d から統計遅れ時間 t_s を分離し、プライミング電子放出特性の計測条件依存性を解析することにより決定される。解析システム及び解析方法の概略は以下のとおりであり、解析方法は非特許文献 2 に記載されている。詳細については後で説明する。

[0174] (1) 休止期間 t_i 、温度 T の計測条件に対するアドレス放電遅れ時間 t_d の計測データを入力する。

[0175] (2) 各休止期間 t_i と温度 T に対する計測データをもとに、アドレス放電遅れ時間毎の累積数を計算し、放電確率頻度と既放電確率を算出する。

[0176] (3) 統計遅れ時間 t_s に関係するプライミング電子の電子放出時定数 $t_s^{ex} (t_i, T)$ を算出する。

[0177] (4) 電子放出源のエネルギー状態密度の関数を設定し、エネルギー状態密度に対する活性化エネルギーの平均値、分散値と実効数の探索範囲と探索幅を設定する。

[0178] (5) 電子放出源のエネルギー状態密度とウィンドウ関数のエネルギーに対する重なり積分によりプライミング電子の電子放出時定数 $t_s^{th} (t_i, T)$ を算出する。

[0179] (6) 休止期間 t_i と温度 T の計測条件の総数に対して、計測データから求めた $t_s^{exp} (t_i, T)$ と計算から求めた $t_s^{th} (t_i, T)$ の平均二乗誤差が最小となる活性化エネルギーの平均値、分散値と実効数を決定する。

[0180] これにより、一つまたは複数の電子放出源のエネルギー状態密度を解析することができる。更に、(5) により電子放出源のエネルギー状態密度から各計測条件に対するプライミング電子の電子放出時定数 $t_s^{th} (t_i, T)$ を算出することもできる。

[0181] 休止期間 t_i の間の電圧変動 ΔV_{AY} は、保護層から放出されるプライミング電子放出量 N_{em} に関する。単位時間あたりに放出されるプライミング電子量 N_{em} は、プライミング電子の放出時定数 t_s の逆数で与えられる。PDP の温度 T を一定として休止期間 t_i 中のプライミング電子放出量 N_{em} は、

[0182] [数4]

$$N_{em} = \int_0^{t_i} \left(t_s^{th}(t) \right)^{-1} dt$$

[0183] で与えられる。放出される電荷 Q_{em} は電気素量 q を用いて、

[0184] [数5]

$$Q_{em} = -q \cdot N_{em}$$

[0185] で与えられる。リセット放電により形成される壁電荷が、A 電極側の誘電体層及び蛍光体層表面が正で、Y 電極側の誘電体層及び保護層表面が負であるとする、保護層から放出される電荷 Q_{em} は、A 電極側の誘電体層及び蛍光体層表面に到達すると考える。この結果、A 電極側の誘電体層及び蛍光体層表面の壁電荷が $-Q_{em}$ だけ、Y 電極側の誘電体層及び保護層表面の壁電荷が Q_{em} だけ減少する。

[0186] 1つの放電セルにおけるA電極側とY電極側の静電容量を C_A 、 C_Y とすると、プライミング電子放出による壁電荷の変動に伴う電圧変動 ΔV_{AY} は、

[0187]

[数6]

$$\Delta V_{AY} = \frac{-Q_{em}}{C_A} - \frac{Q_{em}}{C_Y}$$

[0188] で表され、プライミング電子放出量 N_{em} に関係する。更に、電圧差 V_{AY} が大きければ、放出されたプライミング電子は、放電空間において放電ガスを電離し、保護層から二次電子が放電空間へ放出され、電圧変動 ΔV_{AY} を増大させることもある。

[0189] プライミング電子放出量 N_{em} は、酸化マグネシウム (MgO) 中のトラップ準位に起因するプライミング電子放出源の実行数 $N_{e,j}$ に依存する。スカンジウム (Sc) は MgO に対してドナーであることから、プライミング電子放出源となるトラップ準位を形成する。シリコン (Si) についてもプライミング電子放出源となるトラップ準位を形成するため、スカンジウム (Sc) 及びシリコン (Si) を添加した MgO を用いた保護層では、プライミング電子放出源の実行数 $N_{e,j}$ は MgO に対する Sc 濃度で決定される。

[0190] 従来品の MgO では、高温で動作させたときに、1 TV フィールドに相当する休止期間 $t_i = 16 ms$ では、電圧変動 ΔV_{AY} による黒ノイズが実用上問題のない程度である。そこで Sc 濃度範囲の上限値、休止期間 $t_i = 16 ms$ における電圧変動 ΔV_{AY} 及びプライミング電子放出量 N_{em} について従来品の MgO で規格化し、各条件での電圧変動 ΔV_{AY} が 1 以下となるスカンジウム (Sc) 及びシリコン (Si) の濃度である。

[0191] [第3の技術の課題を解決するための手段]

本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、次のとおりである。

[0192] すなわち、代表的な実施の形態によるプラズマディスプレイ装置は、一対の基板が対向に配置されて放電空間を形成し、一方の基板上に複数の電極と前記電極上に誘電体層と前記誘電体層を覆う保護層が形成され、前記放電空間には放電ガスが充填されたPDPと、前記PDPの表示面全体の帯電状態を揃えるリセット期間、表示放電を行う放電セルを選択するアドレス期間、表示放電を行うサステイン期間からなる駆動方法を実現する駆動装置とを有する。

[0193] 前記PDPは具体的には、前面板とそれに対向する背面板との間の空間が背面板に設けられた隔壁によって区画され、前記空間には放電ガスが充填されている。前記前面板は、第1基板と、前記第1基板上に設けられた表示電極対と、前記表示電極対を覆う第1誘電体層と、前記第1誘電体層上に保護層を設けている。また、前記背面板は、第2基板と、前記第2基板上に設けられたアドレス電極と、前記アドレス電極を覆う第2誘電体層と、前記第2誘電体層上に設けられた前記隔壁と、前記空間に接し、前記第2誘電体層上に設けられた蛍光体層とを有している。

[0194] ここで、上記課題を解決するために、前記保護層が伝導帯底部から400～1200meVの深さ（即ち、伝導帯底部から価電子帯に向かって400～1200meVのエネルギー範囲）に、本質的な物性値であるプライミング電子放出源の実効数（以下、単に実効数とも記す）の総数 N_{e} を 1.1×10^6 個／セル以上 8.1×10^6 個／セル以下（具体的には、 1.1×10^6 個／セル以上 5.4×10^6 個／セル以下、または、 1.4×10^6 個／セル以上 8.1×10^6 個／セル以下）含むことを特徴とした。

[0195] この前記プライミング電子放出源は、前記保護層の主成分をMgOとして、前記MgOに不純物元素を添加することで形成される。この主成分である前記MgO中に含まれる前記不純物元素の少なくとも1種がScであることを特徴とした。ここで、主成分であるMgO中に含まれるSc濃度は45質量ppm以上735質量ppm以下（具体的には、45質量ppm以上520質量ppm以下、または、55質量ppm以上735質量ppm以下）で

あることを特徴とした。

[0196] また、前記保護層の主成分をMgOとして、前記MgOに不純物元素を添加することで形成される。ここで、主成分である前記MgO中に含まれる前記不純物元素は、Si、アルミニウム（以下、Alと記す）、イットリウム（以下、Yと記す）、セリウム（以下、Ceと記す）、カルシウム（以下、Caと記す）、ランタン（以下、Laと記す）、サマリウム（以下、Smと記す）、錫（以下、Snと記す）及び水素（以下、Hと記す）で構成される材料群の中から選択される少なくとも1種の元素であることを特徴とした。

[0197] また、前記保護層が前記不純物元素を添加した蒸着源ペレットを、圧力勾配型プラズマガン（以下、プラズマガンとも記す）で蒸着することにより形成されることを特徴とした。ここで、前記蒸着を水（H₂O）を含む雰囲気下で行うことを特徴とした。更に、前記蒸着を酸素（O₂）を含む雰囲気下で行うことを特徴とした。

[0198] また、前記PDPにおいて、前記放電ガスは、組成比8%以上となる量でXeを含んで構成されたガスであることを特徴とした。組成比とは、放電ガスがXeガスを含み、前記放電ガスのモル濃度を n_g とし、前記Xeガスのモル濃度を n_{Xe} とし、前記放電ガス中のXeモル濃度比を a_{Xe} とし、Xeモル濃度比 $a_{Xe} = n_{Xe} / n_g$ として表される。

[0199] 上記課題において、アドレス放電遅れ時間 t_d は形成遅れ時間 t_f との統計遅れ時間 t_s の和で表されることから、アドレス放電遅れ時間 t_d の短縮は統計遅れ時間 t_s を短縮することで実現される。

[0200] この統計遅れ時間 t_s は、保護層のプライミング電子放出特性（以下、電子放出特性とも記す）に関係していることから、測定する以外にも保護層中のプライミング電子放出源のエネルギー状態密度からも得ることができる。

[0201] エネルギー状態密度は、アドレス放電遅れ時間 t_d から統計遅れ時間 t_s を分離し、プライミング電子放出特性の計測条件依存性を解析することにより決定される。解析システム及び解析方法の概略は以下のとおりであり、解析方法は非特許文献2に記載されている。詳細については後で説明する。

- [0202] (1) 休止期間 t_i 、温度 T の計測条件に対するアドレス放電遅れ時間 t_d の計測データを入力する。
- [0203] (2) 各休止期間 t_i と温度 T に対する計測データをもとに、アドレス放電遅れ時間毎の累積数を計算し、放電確率頻度と既放電確率を算出する。
- [0204] (3) 統計遅れ時間 t_s に関係するプライミング電子の電子放出時定数 t_s^{exp} (t_i , T) を算出する。
- [0205] (4) 電子放出源のエネルギー状態密度の関数を設定し、エネルギー状態密度に対する活性化エネルギーの平均値、分散値と実効数の探索範囲と探索幅を設定する。
- [0206] (5) 電子放出源のエネルギー状態密度とウィンドウ関数のエネルギーに対する重なり積分によりプライミング電子の電子放出時定数 t_s^{th} (t_i , T) を算出する。
- [0207] (6) 休止期間 t_i と温度 T の計測条件の総数に対して、計測データから求めた t_s^{exp} (t_i , T) と計算から求めた t_s^{th} (t_i , T) の平均二乗誤差が最小となる活性化エネルギーの平均値、分散値と実効数を決定する。
- [0208] これにより、一つまたは複数の電子放出源のエネルギー状態密度を解析することができる。更に、(5) により電子放出源のエネルギー状態密度から各計測条件に対するプライミング電子の電子放出時定数 t_s^{th} (t_i , T) を算出することもできる。
- [0209] 休止期間 t_i の間の電圧変動 ΔV_{AY} は、保護層から放出されるプライミング電子放出量 N_{em} に関係する。単位時間あたりに放出されるプライミング電子量は、プライミング電子の放出時定数 t_s の逆数で与えられる。PDPの温度 T を一定として休止期間 t_i 中のプライミング電子放出量 N_{em} は、
- [0210] [数7]

$$N_{em} = \int_0^{t_i} \left(t_s^{\text{th}}(t) \right)^{-1} dt$$

[0211] で与えられる。放出される電荷 Q_{em} は電気素量 q を用いて、

[0212] [数8]

$$Q_{em} = -q \cdot N_{em}$$

[0213] で与えられる。リセット放電により形成される壁電荷が、A電極側の誘電体層及び蛍光体層表面が正で、Y電極側の誘電体層及び保護層表面が負であるとする、保護層から放出される電荷 Q_{em} は、A電極側の誘電体層及び蛍光体層表面に到達すると考える。この結果、A電極側の誘電体層及び蛍光体層表面の壁電荷が $-Q_{em}$ だけ、Y電極側の誘電体層及び保護層表面の壁電荷が Q_{em} だけ減少する。

[0214] 1つの放電セルにおけるA電極側とY電極側の静電容量を C_A 、 C_Y とすると、プライミング電子放出による壁電荷の変動に伴う電圧変動 ΔV_{AY} は、

[0215] [数9]

$$\Delta V_{AY} = \frac{-Q_{em}}{C_A} - \frac{Q_{em}}{C_Y}$$

[0216] で表され、プライミング電子放出量 N_{em} に関係する。更に、電圧差 V_{AY} が大きければ、放出されたプライミング電子は、放電空間において放電ガスを電離し、保護層から二次電子が放電空間へ放出され、電圧変動 ΔV_{AY} を増大させることもある。

[0217] プライミング電子放出量 N_{em} は、MgO中のトラップ準位に起因するプライミング電子放出源の実行数 $N_{..}$ に依存する。プライミング電子放出源となるトラップ準位は、不純物元素をMgO中に添加することで形成できることから、プライミング電子放出量 N_{em} は実効数 $N_{..}$ 及び不純物濃度を調整する

ことで制御できる。

[0218] 従来品のMgOでは、高温で動作させたときに、1TVフィールドに相当する休止期間 $t_i = 16\text{ms}$ では、電圧変動 ΔV_{AY} による黒ノイズが実用上問題のない程度である。そこでプライミング電子放出量 N_{em} の上限値は、休止期間 $t_i = 16\text{ms}$ における電圧変動 ΔV_{AY} 及びプライミング電子放出量 N_{em} について従来品のMgOで規格化し、各条件での電圧変動 ΔV_{AY} が1以下となる値である。

[0219] [第4の技術の課題を解決するための手段]

本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、次のとおりである。

[0220] すなわち、本発明の一つの実施の形態におけるプラズマディスプレイパネルは、対向配置される前面板および背面板の間に形成され、内部に放電ガスが充填された放電空間を有している。また、前記前面板の内面側には、複数の表示電極対、前記複数の表示電極対を覆う誘電体層、および前記誘電体層を覆う保護膜が順次積層され、前記保護膜は、Sc、Ga、In、Si、Ge等の添加材料を10～1000atom ppm含み、かつ波長632.8nmにおける屈折率が1.72以上（膜密度換算3.47g/cm³以上）の膜とするものである。この膜は、例えば、H₂Oを添加した雰囲気中でSc、Ga、In、Ge、Si等の添加材料をドーブしたペレットを蒸着することにより形成するものである。

[0221] [第5の技術の課題を解決するための手段]

本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、次のとおりである。

[0222] すなわち、本発明の一つの実施の形態におけるプラズマディスプレイパネルは、対向配置される前面板および背面板の間に形成され、内部に放電ガスが充填された放電空間を有している。また、前記前面板の内面側には、複数の表示電極対、前記複数の表示電極対を覆う誘電体層、および前記誘電体層を覆う保護膜が順次積層され、前記保護膜は、アルカリ土類金属酸化物から

なる母材、および前記母材に添加される添加元素を有している。また、前記添加元素は、1価のイオン価数を有する第1添加元素、および3価乃至5価のイオン価数を有する第2添加元素からなり、前記第1および第2添加元素の6配位イオン半径は、それぞれ、前記母材を構成するアルカリ土類金属のイオン半径 $\pm 0.1 \text{ \AA}$ 以内とするものである。

[0223] [第6の技術の課題を解決するための手段]

本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、次のとおりである。

[0224] すなわち、代表的な実施の形態によるPDPは、一对の基板が対向配置されて放電空間を形成し、一方の基板上には、表示放電を行う複数の電極と、前記複数の電極を覆う誘電体層と、前記複数の電極および前記誘電体層を保護するための保護層とが形成され、前記放電空間には放電ガスが充填されたパネルである。

[0225] 前記PDPは具体的には、前面板とそれに対向する背面板との間の空間が背面板に設けられた隔壁によって区画され、前記空間には放電ガスが充填されている。前記前面板は、第1基板と、前記第1基板上に設けられた表示電極対と、前記表示電極対を覆う第1誘電体層と、前記第1誘電体層上に保護層を設けている。また、前記背面板は、第2基板と、前記第2基板上に設けられたアドレス電極と、前記アドレス電極を覆う第2誘電体層と、前記第2誘電体層上に設けられた前記隔壁と、前記空間に接し、前記第2誘電体層上に設けられた蛍光体層とを有している。

[0226] ここで、前記保護層は、上記課題を解決するために、保護層のウィンドウ関数のエネルギー領域が $400 \text{ meV} \sim 1000 \text{ meV}$ （より望ましくは $500 \text{ meV} \sim 850 \text{ meV}$ ）の範囲内に、1種類以上の電子放出源のエネルギー状態密度関数が分布することを特徴とする。主成分であるMgOに対して、所定量の不純物（これ以後、Scを不純物の一例として説明する。）を含んでいる。前記保護層中のMgOに対するSc濃度は、アドレス放電遅れ時間 t_d を構成する統計遅れ時間 t_s と、電圧変動 ΔV_{AY} を評価することで決

定される。

- [0227] スキャンライン数が多く高精細なPDPにおいて、十分なリセット期間とサステイン期間を確保しつつ、全スキャンラインを1つのデータドライバICでスキャンを行うシングルスキャン方式を実現するには、休止期間 $t_i = 17 \text{ ms}$ の統計遅れ時間 t_s を従来品のMgOの $1/3$ 以下にする必要がある。そこで、 -20°C から 60°C の広い温度範囲における統計遅れ時間 t_s の最大値が、従来品のMgOの $1/3$ 以下となるSc濃度範囲を評価した。
- [0228] この統計遅れ時間 t_s は、保護層のプライミング電子の放出特性に関係していることから、測定する以外にも保護層中のプライミング電子放出源のエネルギー状態密度からも得ることができる。
- [0229] エネルギー状態密度は、アドレス放電遅れ時間 t_d から統計遅れ時間 t_s を分離し、プライミング電子放出特性の計測条件依存性を解析することにより決定される。解析システム及び解析方法の概略は以下のとおりであり、詳細については後で説明する。
- [0230] (1) 休止時間 t_i 、温度 T の計測条件に対するアドレス放電遅れ時間 t_d の計測データを入力する。
- [0231] (2) 各休止時間 t_i と温度 T に対する計測データをもとに、アドレス放電遅れ時間毎の累積数を計算し、放電確率頻度と既放電確率を算出する。
- [0232] (3) プライミング電子の電子放出時定数 $t_s^{\text{exp}}(t_i, T)$ を算出する。
- [0233] (4) 電子放出源のエネルギー状態密度の関数を設定し、エネルギー状態密度に対する活性化エネルギーの平均値、分散値と実効数の探索範囲と探索幅を設定する。
- [0234] (5) 電子放出源のエネルギー状態密度とウィンドウ関数のエネルギーに対する重なり積分によりプライミング電子の電子放出時定数 $t_s^{\text{th}}(t_i, T)$ を算出する。
- [0235] (6) 休止時間 t_i と温度 T の計測条件の総数に対して、計測データから求めた $t_s^{\text{exp}}(t_i, T)$ と計算から求めた $t_s^{\text{th}}(t_i, T)$ の平均二乗誤差が最小となる活性化エネルギーの平均値、分散値と実効数を決定する。

[0236] これにより、一つまたは複数の電子放出源のエネルギー状態密度を解析することができる。更に、(5)により電子放出源のエネルギー状態密度から各計測条件に対するプライミング電子の電子放出時定数 $t_s^{th}(t_i, T)$ を算出することもできる。

[0237] 休止期間 t_i の間の電圧変動 ΔV_{AY} は、保護層から放出されるプライミング電子放出量 N_{em} に関係する。単位時間当たりに放出されるプライミング電子放出量 N_{em} は、プライミング電子の放出時定数 t_s の逆数で与えられる。PDPの温度 T を一定として休止期間 t_i 中のプライミング電子放出量 N_{em} は、

[0238] [数10]

$$N_{em} = \int_0^{t_i} \left(t_s^{th}(t) \right)^{-1} dt$$

[0239] で与えられる。放出される電荷 Q_{em} は電気素量 q を用いて、

[0240] [数11]

$$Q_{em} = -q \cdot N_{em}$$

[0241] で与えられる。リセット放電により形成される壁電荷が、A電極側の誘電体層及び蛍光体層表面が正で、Y電極側の誘電体層及び保護層表面が負であるとする、保護層から放出される電荷 Q_{em} は、A電極側の誘電体層及び蛍光体層表面に到達すると考える。この結果、A電極側の誘電体層及び蛍光体層表面の壁電荷が $-Q_{em}$ だけ、Y電極側の誘電体層及び保護層表面の壁電荷が Q_{em} だけ減少する。

[0242] 1つの放電セルにおけるA電極側とY電極側の静電容量を C_A 、 C_Y とすると、プライミング電子放出による壁電荷の変動に伴う電圧変動 ΔV_{AY} は、

[0243] [数12]

$$\Delta V_{AY} = \frac{-Q_{em}}{C_A} - \frac{Q_{em}}{C_Y}$$

[0244] で表され、プライミング電子放出量 N_{em} に比例する。

[0245] プライミング電子放出量 N_{em} は、MgO 中のトラップ準位に起因するプライミング電子放出源の実行数 $N_{e,j}$ に依存する。 S_c は MgO に対してドナーであることから、プライミング電子放出源となるトラップ準位を形成する。そのため、保護層として S_c を添加した MgO を用いた場合、プライミング電子放出源の実行数 $N_{e,j}$ は MgO に対する不純物ドーパ濃度（ S_c などの濃度）で決定される。

[0246] 従来品の MgO では、高温で動作させたときに、休止期間 $t_i = 1 \text{ ms}$ での電圧変動 ΔV_{AY} による黒ノイズは発生しない。また、1 フィールドに相当する休止期間 $t_i = 16 \text{ ms}$ では、電圧変動 ΔV_{AY} による黒ノイズが実用上問題のない程度である。そこで、休止期間 $t_i = 1 \text{ ms}$ と 16 ms での電圧変動 ΔV_{AY} 及びプライミング電子放出量 N_{em} について従来品の MgO で規格化し、各条件での電圧変動 ΔV_{AY} が 1 以下となる S_c 濃度を決定した。

発明の効果

[0247] [第 1 の技術の発明の効果]

本願において開示される発明のうち、代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば以下のとおりである。

[0248] すなわち、代表的な実施の形態によれば、本願において開示される濃度の S_c を添加した MgO からなる保護層を PDP に用いることにより、広い温度範囲において統計遅れ時間 t_s 及びアドレス放電遅れ時間 t_d を短縮し、休止期間 t_i 中の電圧変動 ΔV_{AY} を抑制することにより、高精細な PDP において安定したアドレス放電と高コントラストを実現することができる。

[0249] [第2の技術の発明の効果]

本願において開示される発明のうち、代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば以下のとおりである。

[0250] すなわち、代表的な実施の形態によるPDPによれば、保護層として、酸化マグネシウム(MgO)を主成分として、不純物元素としてスカンジウム(Sc)及びシリコン(Si)を所定の成分比の範囲で含むことにより、広い温度範囲において統計遅れ時間 t_s 及びアドレス放電遅れ時間 t_d を短縮し、休止期間 t_i 中の電圧変動 ΔV_{AY} を抑制することができ、広い温度範囲において、安定したアドレス放電と高画質なPDPを実現することができる。

[0251] [第3の技術の発明の効果]

本願において開示される発明のうち、代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば以下のとおりである。

[0252] すなわち、代表的な実施の形態によれば、本願において開示されるプライミング電子放出源の実効数 $N_{e,j}$ で形成された保護層をPDPに用いることにより、広い温度範囲において統計遅れ時間 t_s 及びアドレス放電遅れ時間 t_d を短縮し、休止期間 t_i 中の電圧変動 ΔV_{AY} を抑制することで、高精細なPDPにおいて安定したアドレス放電と高コントラストを実現することができる。

[0253] [第4の技術の発明の効果]

本願において開示される発明のうち、代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば以下のとおりである。

[0254] すなわち、PDPの消費電力を低減することができる。

[0255] [第5の技術の発明の効果]

本願において開示される発明のうち、代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば以下のとおりである。

[0256] すなわち、PDPの消費電力を低減することができる。

[0257] [第6の技術の発明の効果]

本願において開示される発明のうち、代表的なものによって得られる効果

を簡単に説明すれば以下のとおりである。

- [0258] すなわち、代表的な実施の形態によれば、本願において開示される濃度の不純物（S c など）を添加したM g Oからなる保護層をP D Pに用いることにより、広い温度範囲において統計遅れ時間 t_s 及びアドレス放電遅れ時間 t_d を短縮し、更に休止期間 t_i 中の電圧変動 ΔV_{AY} を抑制することにより、高精細なP D Pにおいて安定したアドレス放電を行うことができる保護層を実現することができる。

図面の簡単な説明

- [0259] [図1] [第1の技術] 本発明者らが検討したA C面放電型P D Pの要部を模式的に示す分解斜視図である。
- [図2] [第1の技術] 図1の放電セルのx - z 平面の断面図である。
- [図3] [第1の技術] 図1の放電セルのy - z 平面の断面図である。
- [図4] [第1の技術] 図1のP D Pにおいて、階調表示方式であるA D Sにおける1フィールドとサブフィールドの構成を説明するための図である。
- [図5] [第1の技術] 図4中のアドレス期間において、放電セルを選択してアドレス放電させる駆動方法を説明するための図である。
- [図6] [第1の技術] 図1のP D Pを用いたプラズマディスプレイ装置の構成を示す説明図である。
- [図7] [第1の技術] 本発明の前提として検討したアドレス放電遅れ時間の計測データに対する累積数、及び、既放電確率を用いた統計遅れ時間と形成遅れ時間の解析方法を示す図である。
- [図8] [第1の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、その構成及び手順の一例を示すブロック図である。
- [図9] [第1の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、その解析システムのハードウェア構成の一例を示すブロック図である。
- [図10] [第1の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、既放電確率を用いたプライミング電子の電子放出時定数解析

の説明図である。

[図11] [第1の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、本発明の前提として検討したアドレス放電遅れ時間の計測データから求めたプライミング電子の電子放出時定数を示すプロット図である。

[図12] [第1の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、休止期間と温度に対するウィンドウ関数が最大となるエネルギーを示す図である。

[図13] [第1の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、電子放出源のエネルギー状態密度とウィンドウ関数のエネルギー重なり積分の説明図である。

[図14] [第1の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、活性化エネルギーの平均値、分散値と実効数の探索範囲と探索幅を示す図である。

[図15] [第1の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法により得られた S_c を含む MgO 中の電子放出源のエネルギー状態密度を示す図である。

[図16] [第1の技術] 本発明の実施の基本形態のプラズマディスプレイ装置において、良好なアドレス放電を行うことができる S_c 濃度範囲を示すグラフである。

[図17] [第1の技術] 本発明の実施の形態1による保護層において、 MgO に対する S_c 濃度と統計遅れ時間の関係を表すグラフである。

[図18] [第1の技術] 本発明の実施の形態1による保護層において、 MgO に対する S_c 濃度と高温での電圧変動により発生する黒ノイズの表示品質許容範囲を表すグラフである。

[図19] [第1の技術] 本発明の実施の形態2による保護層において、 MgO に対する S_c 濃度と統計遅れ時間の関係を表すグラフである。

[図20] [第1の技術] 本発明の実施の形態2による保護層において、 MgO

に対する S_c 濃度と高温での電圧変動により発生する黒ノイズの表示品質許容範囲を表すグラフである。

[図21] [第1の技術] 本発明の実施の形態3による保護層において、 MgO に対する S_c 濃度と統計遅れ時間の関係を表すグラフである。

[図22] [第1の技術] 本発明の実施の形態3による保護層において、 MgO に対する S_c 濃度と高温での電圧変動により発生する黒ノイズの表示品質許容範囲を表すグラフである。

[図23] [第2の技術] 典型的なPDPの構造を示す分解斜視図である。

[図24] [第2の技術] 典型的なPDPを用いたプラズマディスプレイ装置の概略構成を示す図である。

[図25] [第2の技術] 本発明の実施の形態によるPDPの構造を示す分解斜視図である。

[図26] [第2の技術] 図25のPDPにおいて、階調表示方式であるADSにおける1フィールドとサブフィールドの構成を説明するための図である。

[図27] [第2の技術] 図26中のアドレス期間において、放電セルを選択してアドレス放電させる駆動方法を説明するための図である。

[図28] [第2の技術] 図25のPDPを用いたプラズマディスプレイ装置の構成を示す説明図である。

[図29] [第2の技術] 本発明の前提として検討したPDPのパネル表面温度に対する統計遅れ時間の関係を示す図である。

[図30] [第2の技術] 本発明の前提として検討したアドレス放電遅れ時間の計測データに対する累積数、及び、既放電確率を用いた統計遅れ時間と形成遅れ時間の解析方法を示す図である。

[図31] [第2の技術] 本発明の実施の形態による電子放出特性の解析システム及び解析方法において、その構成及び手順の一例を示すブロック図である。

[図32] [第2の技術] 本発明の実施の形態による電子放出特性の解析システム及び解析方法において、その解析システムのハードウェア構成の一例を示

すブロック図である。

[図33] [第2の技術] 本発明の実施の形態による電子放出特性の解析システム及び解析方法において、既放電確率を用いたプライミング電子の電子放出時定数解析の説明図である。

[図34] [第2の技術] 本発明の実施の形態による電子放出特性の解析システム及び解析方法において、休止期間と温度に対するウィンドウ関数が最大となるエネルギーを示す図である。

[図35] [第2の技術] 本発明の実施の形態による電子放出特性の解析システム及び解析方法において、電子放出源のエネルギー状態密度とウィンドウ関数のエネルギー重なり積分の説明図である。

[図36] [第2の技術] 本発明の実施の形態による電子放出特性の解析システム及び解析方法において、活性化エネルギーの平均値、分散値と実効数の探索範囲と探索幅を示す図である。

[図37] [第2の技術] 本発明の実施の形態による電子放出特性の解析システム及び解析方法により得られたMgO中に含まれるスカンジウム、シリコンに起因した各電子放出源のエネルギー状態密度を示す図である。

[図38] [第2の技術] 本発明の実施の形態により統計遅れ時間と電圧変動が改善されるスカンジウム濃度とシリコン濃度の関係を示す図である。

[図39] [第3の技術] 本発明者らが検討したAC面放電型PDPの要部を模式的に示す分解斜視図である。

[図40] [第3の技術] 図39の放電セルのx-z平面の断面図である。

[図41] [第3の技術] 図39の放電セルのy-z平面の断面図である。

[図42] [第3の技術] 図39のPDPを用いたプラズマディスプレイ装置の構成を示す説明図である。

[図43] [第3の技術] 図39のPDPにおいて、階調表示方式であるADSにおける1フィールドとサブフィールドの構成を説明するための図である。

[図44] [第3の技術] 図42中のアドレス期間において、放電セルを選択してアドレス放電させる駆動方法を説明するための図である。

[図45] [第3の技術] 本発明の前提としてアドレス放電遅れ時間の計測に用いた電圧波形を示す図である。

[図46] [第3の技術] 本発明の前提として検討したアドレス放電遅れ時間の計測データに対する累積数、及び、既放電確率を用いた統計遅れ時間と形成遅れ時間の解析方法を示す図である。

[図47] [第3の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、その構成及び手順の一例を示すブロック図である。

[図48] [第3の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、その解析システムのハードウェア構成の一例を示すブロック図である。

[図49] [第3の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、既放電確率を用いたプライミング電子の電子放出時定数解析の説明図である。

[図50] [第3の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、本発明の前提として検討したアドレス放電遅れ時間の計測データから求めたプライミング電子の電子放出時定数を示すプロット図である。

[図51] [第3の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、休止期間と温度に対するウィンドウ関数が最大となるエネルギーを示す図である。

[図52] [第3の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、電子放出源のエネルギー状態密度とウィンドウ関数のエネルギー重なり積分の説明図である。

[図53] [第3の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、活性化エネルギーの平均値、分散値と実効数の探索範囲と探索幅を示す図である。

[図54] [第3の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、電子放出特性の解析システム及び解析方法において、電子放

出源に対して計算（実線）から求めたプライミング電子の電子放出時定数と計測データ（プロット）から求めたプライミング電子の電子放出時定数の比較に関する説明図である。

[図55] [第3の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、電子放出特性の解析システム及び解析方法において、電子放出源のエネルギー状態密度を示す図である。

[図56] [第3の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、複数種類の電子放出源が存在する場合での、その構成及び手順の一例を示すブロック図である。

[図57] [第3の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、複数種類の電子放出源が存在する場合での、計測データから求めたプライミング電子の電子放出時定数を示すプロット図である。

[図58] [第3の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、複数種類の電子放出源が存在する場合での、第1種の電子放出源に対して計算（実線）から求めたプライミング電子の電子放出時定数と計測データ（プロット）から求めたプライミング電子の電子放出時定数の比較図である。

[図59] [第3の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、第1種の電子放出源に対するエネルギー状態密度を示す図である。

[図60] [第3の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、第1種と第2種の電子放出源に対して計算（実線）から求めたプライミング電子の電子放出時定数と計測データ（プロット）から求めたプライミング電子の電子放出時定数の比較に関する図である。

[図61] [第3の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、第1種と第2種の電子放出源に対するエネルギー状態密度を示す図である。

[図62] [第3の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析

方法において、実施の形態 1 の計測データから求めたプライミング電子の電子放出時定数を示すプロット図である。

[図63] [第 3 の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、実施の形態 1 について第 1 種と第 2 種の電子放出源に対して計算（実線）から求めたプライミング電子の電子放出時定数と計測データ（プロット）から求めたプライミング電子の電子放出時定数の比較に関する図である。

[図64] [第 3 の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、実施の形態 1 の電子放出源に対するエネルギー状態密度を示す図である。

[図65] [第 3 の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、保護層中の MgO に対する Sc 濃度とプライミング電子放出源の実効数の関係について示す図である。

[図66] [第 3 の技術] 本発明の実施の形態 1 のプラズマディスプレイ装置において、良好なアドレス放電を行うことができるプライミング電子放出源の実効数の総数の範囲を示すグラフである。

[図67] [第 3 の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、実施の形態 2 の計測データから求めたプライミング電子の電子放出時定数を示すプロット図である。

[図68] [第 3 の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、実施の形態 2 について第 1 種と第 2 種の電子放出源に対して計算（実線）から求めたプライミング電子の電子放出時定数と計測データ（プロット）から求めたプライミング電子の電子放出時定数の比較に関する図である。

[図69] [第 3 の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、実施の形態 2 の電子放出源に対するエネルギー状態密度を示す図である。

[図70] [第 3 の技術] 本発明の実施の形態 2 のプラズマディスプレイ装置に

において、良好なアドレス放電を行うことができるプライミング電子放出源の実効数の総数の範囲を示すグラフである。

[図71] [第3の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、実施の形態3の計測データから求めたプライミング電子の電子放出時定数を示すプロット図である。

[図72] [第3の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、実施の形態3について第1種と第2種の電子放出源に対して計算（実線）から求めたプライミング電子の電子放出時定数と計測データ（プロット）から求めたプライミング電子の電子放出時定数の比較に関する図である。

[図73] [第3の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、実施の形態3の電子放出源に対するエネルギー状態密度を示す図である。

[図74] [第3の技術] 本発明の実施の形態3のプラズマディスプレイ装置において、良好なアドレス放電を行うことができるプライミング電子放出源の実効数の総数の範囲を示すグラフである。

[図75] [第3の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、実施の形態4のMgOに対してSiを添加したPDPでの計測データから求めたプライミング電子の電子放出時定数を示すプロット図である。

[図76] [第3の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、実施の形態4のMgOに対してSiを添加したPDPでの第1種と第2種の電子放出源に対して計算（実線）から求めたプライミング電子の電子放出時定数と計測データ（プロット）から求めたプライミング電子の電子放出時定数の比較に関する図である。

[図77] [第3の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、実施の形態4のMgOに対してSiを添加したPDPの電子放出源に対するエネルギー状態密度を示す図である。

[図78] [第4の技術] 本発明の一実施の形態であるPDPの要部を拡大して示す要部拡大分解斜視図である。

[図79] [第4の技術] 図78に示すPDPを組み立てた後の放電セルのx-z平面の断面図である。

[図80] [第4の技術] 図78に示すPDPを組み立てた後の放電セルのy-z平面の断面図である。

[図81] [第4の技術] MgO膜の膜密度を屈折率の関係を示す説明図である。

[図82] [第4の技術] MgO膜の添加材料ドーパ種、濃度と屈折率の関係を示す説明図である。

[図83] [第4の技術] MgO膜の添加材料ドーパ種、濃度と放電遅延時間の関係を示す説明図である。

[図84] [第4の技術] MgO膜の添加材料ドーパ種、濃度と放電電圧の関係を示す説明図である。

[図85] [第4の技術] PDPの電流電圧特性のヒステリシス曲線のマージンセンタ V_{sc} を定義を示す説明図である。

[図86] [第4の技術] 3価元素、および4価元素をドーパしたMgO膜の耐スパッタ性を評価した結果を示す説明図である。

[図87] [第4の技術] O_2 と H_2O を添加して蒸着したScドーパMgO膜の屈折率の測定結果を示す説明図である。

[図88] [第4の技術] 導入ガスなし、および O_2 と H_2O を添加して蒸着したMgO膜とScドーパMgO膜の屈折率、放電遅延時間 t_s 、放電電圧 V_{sc} の測定結果を示す説明図である。

[図89] [第4の技術] 従来のScドーパMgO膜と、本発明の H_2O を添加したScドーパMgO膜の耐スパッタ性の測定結果を示す説明図である。

[図90] [第4の技術] H_2O 流量を変化させて蒸着した屈折率の異なるScドーパMgO膜の耐スパッタ性の評価結果である。

[図91] [第5の技術] 本発明の一実施の形態であるPDPの要部を拡大して

示す要部拡大組み立て斜視図である。

[図92] [第5の技術] 図91に示すPDPを組み立てた後の放電セルのx-z平面の断面図である。

[図93] [第5の技術] 図91に示すPDPを組み立てた後の放電セルのy-z平面の断面図である。

[図94] [第5の技術] 添加元素を有しない母材のみで構成される保護膜のバンド構造を示す模式図である。

[図95] [第5の技術] 図94に示す保護膜に1価のイオン価数を有する添加元素を添加した保護膜のバンド構造を示す模式図である。

[図96] [第5の技術] 図94に示す保護膜に3価乃至5価のイオン価数を有する添加元素を添加した保護膜のバンド構造を示す模式図である。

[図97] [第5の技術] PDPの放電電圧を定量比較するための定義を説明する説明図である。

[図98] [第5の技術] 添加元素を有しない母材のみで構成される保護膜と、母材に1価のイオン価数を有する添加元素を添加した保護膜の放電電圧の比較結果を示す説明図である。

[図99] [第5の技術] 添加元素を有しない母材のみで構成される保護膜と、母材に1価のイオン価数を有する添加元素を添加した保護膜のアドレス放電遅れの比較結果を示す説明図である。

[図100] [第5の技術] 添加元素を有しない母材のみで構成される保護膜と、母材に3価あるいは4価のイオン価数を有する添加元素を添加した保護膜の放電電圧の比較結果を示す説明図である。

[図101] [第5の技術] 添加元素を有しない母材のみで構成される保護膜と、母材に3価あるいは4価のイオン価数を有する添加元素を添加した保護膜のアドレス放電遅れの比較結果を示す説明図である。

[図102] [第5の技術] 母材に添加する添加元素のイオン半径と、添加元素により形成されるトラップ準位の熱発光スペクトルのピーク強度の関係を示す説明図である。

[図103] [第5の技術] 図102に示す熱発光スペクトルの発生機構についてバンド構造を用いて模式的に示す説明図である。

[図104] [第5の技術] 添加元素の添加量 (at %) をパラメータとし、保護膜の耐スパッタ性を評価した説明図である。

[図105] [第5の技術] 添加元素の添加量を変化させた場合の放電電圧の変化を示す説明図である。

[図106] [第5の技術] 添加元素の添加量を変化させた場合のアドレス放電遅れの変化を示す説明図である。

[図107] [第5の技術] 保護膜を構成する母材中に、1価あるいは3価の添加元素を添加した場合の結晶中の欠損の状態を模式的に示す説明図である。

[図108] [第5の技術] 保護膜を構成する母材中に、1価および3価の添加元素をそれぞれ等量ずつ添加した場合の結晶中の状態を模式的に示す説明図である。

[図109] [第5の技術] 第1添加元素と第2添加元素を共に添加した場合の放電電圧についての評価結果を示す説明図である。

[図110] [第5の技術] 第1添加元素と第2添加元素を共に添加した場合のアドレス放電遅れの評価結果を示す説明図である。

[図111] [第6の技術] 本発明者らが検討したAC面放電型PDPの要部を模式的に示す分解斜視図である。

[図112] [第6の技術] 図111の放電セルのx-z平面の断面図である。

[図113] [第6の技術] 図111の放電セルのy-z平面の断面図である。

[図114] [第6の技術] 図111のPDPにおいて、階調表示方式であるADSにおける1フィールドとサブフィールドの構成を説明するための図である。

[図115] [第6の技術] 図114中のアドレス期間において、放電セルを選択してアドレス放電させる駆動方法を説明するための図である。

[図116] [第6の技術] 図111のPDPを用いたプラズマディスプレイ装置の構成を示す説明図である。

[図117] [第6の技術] 本発明の前提として検討したアドレス放電遅れ時間の計測データに対する累積数、及び、既放電確率を用いた統計遅れ時間と形成遅れ時間の解析方法を示す図である。

[図118] [第6の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、その構成及び手順の一例を示すブロック図である。

[図119] [第6の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、その解析システムのハードウェア構成の一例を示すブロック図である。

[図120] [第6の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、既放電確率を用いたプライミング電子の電子放出時定数解析の説明図である。

[図121] [第6の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、本発明の前提として検討したアドレス放電遅れ時間の計測データから求めたプライミング電子の電子放出時定数を示すプロット図である。

[図122] [第6の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、休止期間と温度に対するウィンドウ関数が最大となるエネルギーを示す図である。

[図123] [第6の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、電子放出源のエネルギー状態密度とウィンドウ関数のエネルギー重なり積分の説明図である。

[図124] [第6の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法において、活性化エネルギーの平均値、分散値と実効数の探索範囲と探索幅を示す図である。

[図125] [第6の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析方法により得られた S_c を含む MgO 中の電子放出源のエネルギー状態密度を示す図である。

[図126] [第6の技術] 本発明で用いた電子放出特性の解析システム及び解析

方法により得られた水素、S c、S iを含むM g Oを主成分とする保護層の電子放出源のエネルギー状態密度を示す図である。

[図127] [第6の技術] 本発明の実施の形態1による保護層において、 -20°C から 60°C (253.15 K から 333.15 K)の管面温度での統計遅れ時間の温度依存性を示す図である。

[図128] [第6の技術] 本発明の実施の形態2による保護層において、エネルギー準位に対して3種類の不純物をドーピングした場合の離散的な状態密度分布を示す図である。

[図129] [第6の技術] 本発明の実施の形態2による保護層において、 -20°C から 60°C (253.15 K から 333.15 K)の管面温度での統計遅れ時間の温度依存性を示す図である。

[図130] [第6の技術] 本発明の実施の形態3による保護層の断面構造を示す図である。

[図131] [第6の技術] 本発明の実施の形態3による保護層を形成する蒸着装置の構成を示す図である。

[図132] [第6の技術] 本発明の実施の形態4による保護層の断面構造を示す図である。

[図133] [第6の技術] 本発明の実施の形態1から4のいずれかの保護層のPDPを用いた画像表示装置を示す図である。

発明を実施するための形態

[0260] [第1の技術の発明を実施するための形態]

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、実施の形態を説明するための全図において、同一の機能を有する部材には同一の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する場合がある。

[0261] (実施の基本形態)

まず、本発明の理解を容易にするために、本発明者らが検討したPDPの一例としてAC面放電型PDPの基本構造などについて説明する。なお、本願においてPDPを構成する2つの基板の「前面板」と「背面板」は、両者

を組み立ててパネル化した際に、蛍光体による発光が通過して表示面となる方を前面板、表示面とならない方を背面板として説明する。また、本願では、「前面板」および「背面板」はそれぞれガラス基板から構成される前面基板および背面基板をベースとして説明する。

[0262] 図1は本発明者らが検討したいわゆるボックス型のAC面放電型のPDP 1-15の要部を模式的に示す分解斜視図である。PDP 1-15は、パネルサイズが50インチであり、表示画素数が1920×1080のフルHDで検討しているが、パネルサイズが32インチ以上、表示画素数がHD以上の高精細なPDPであっても構わない。図2は組み立て後の図1の放電セル1-CLのx-z平面の断面図である。図3は組み立て後の図1の放電セル1-CLのy-z平面の断面図である。

[0263] まず、前面板1-12およびその形成方法について説明する。前面基板1-1上にストライプ状の透明電極1-4a、1-5aとバス電極1-4b、1-5bとで構成される表示電極1-6が配設され、表示電極1-6はサステイン電極(X電極)1-4とスキャン電極(Y電極)1-5の対からなる。透明電極1-4a、1-5aは透明導電体である酸化インジウムスズ(ITO)からなる膜で形成され、その上に銀の単層膜からなるバス電極1-4b、1-5bが透明電極1-4a、1-5aより狭い幅で付設されている。なお、透明電極1-4a、1-5aとして酸化スズや酸化亜鉛等、バス電極1-4b、1-5bとしてアルミニウムの単層膜、またはクロム/銅/クロムの積層膜で形成しても構わない。

[0264] 表示電極1-6を構成する透明電極1-4a、1-5aとバス電極1-4b、1-5bは誘電体層1-2により覆われる。誘電体層1-2は誘電体ガラス膜で形成される。そして誘電体層1-2の表面上に保護層1-3が形成される。この保護層1-3の形成方法の詳細については、後で詳しく説明する。

[0265] 次に、背面板1-13およびその形成方法について説明する。背面基板1-11上に表示電極1-6と直交したストライプ状のアドレス電極(A電極

） 1-10 が配設される。背面基板 1-11 はガラス基板であり、アドレス電極（A 電極） 1-10 はアルミニウムの単層膜、またはクロム／銅／クロムの積層膜で形成される。

[0266] アドレス電極（A 電極） 1-10 は誘電体層 1-9 によって覆われ、その上には放電距離維持と隣接セル間のクロストークを防止する隔壁 1-7 が形成される。誘電体層 1-9 は誘電体ガラス膜で形成される。隔壁 1-7 は前面板 1-12 の表示電極 1-6 とアドレス電極（A 電極） 1-10 と平行に配設されており、アドレス電極（A 電極） 1-10 は隔壁 1-7 間に位置する。表示電極 1-6 と対向する各隔壁 1-7 で囲まれた領域（空間）は放電空間 1-14 であり、この放電空間 1-14 に接するように誘電体層 1-9 上には蛍光体層 1-8 が形成される。蛍光体層 1-8 は赤色が $(Y, Gd) BO_4 : Eu^{2+}$ 、青色が $BaMgAl_{10}O_{17} : Eu^{2+}$ 、緑色が $Zn_2SiO_4 : Mn^{2+}$ で形成される。

[0267] 表示電極 1-6 とアドレス電極（A 電極） 1-10 を直交するように前面板 1-12 と背面板 1-13 を対向配置させ、両板の非表示領域を封着剤により封着する。これにより外気と隔離された放電空間 1-14 が形成される。放電空間 1-14 には、放電ガスとしてネオン（Ne）－キセノン（Xe）をガス基体とした混合ガスが所定の圧力及び分圧で封入される。

[0268] 保護層 1-3 の形成方法について説明する。本発明の保護層 1-3 の主成分は MgO であり、所定量の Sc を含んでいる。本発明では、この保護層 1-3 を電子ビーム蒸着法により成膜する。このとき、膜質を制御するために、酸素ガスや水素ガス、水蒸気等を供給しても構わない。また、 MgO の成膜方法として、イオンアシスト蒸着法、スパッタリング法、化学蒸着（CVD）法等を用いても構わない。これらの成膜方法により保護層 1-3 は 300 nm から 1000 nm の厚さに形成される。

[0269] 蒸着源には、粉末状の MgO に Sc 化合物を混合してペレット状に成型したものをを用いるか、ペレット状の MgO とペレット状の Sc 化合物を混合して用いるか、あるいはこれらのペレット状に成型したものの焼結体を用いる

。この蒸着源中のS c 濃度は、M g Oに対して5 質量 p p m以上5 0 0 0 質量 p p m以下である。

[0270] これらの蒸着源は、M g OとS c 化合物を出発材料として作製されるが、本発明者らが検討した結果、出発材料に用いるM g O中の不純物の濃度は、多くてもM g Oに対して2 0 0 質量 p p m以下であることが望ましい。これは、出発材料に用いるM g Oの純度が低いと、S c を添加することにより得られる効果が低減するためである。本発明で用いたM g Oに含まれる不純物元素とその濃度を表 1 に示す。表 1 に示される不純物の濃度は高周波誘導結合プラズマ質量分析（以下、I C P - M S と記す）による分析結果である。Z n、M n 以外の不純物元素は、検出限界未満であった。

[0271]

[表1]

【表1】

不純物	含有量(質量ppm)	不純物	含有量(質量ppm)
Al	<5	Mn	4
As	<10	Mo	<5
B	<5	Na	<5
Ba	<1	Nb	<5
Be	<1	Ni	<5
Bi	<10	P	<10
Ca	<5	Pb	<10
Cd	<1	Sb	<10
Ce	<10	Se	<10
Co	<5	Si	<5
Cr	<5	Sn	<10
Cu	<5	Sr	<1
Fe	<5	Te	<10
Ga	<10	Ti	<5
Ge	<10	V	<5
Hf	<5	W	<10
In	<10	Y	<1
K	<5	Zn	30
La	<5	Zr	<1
Li	<1		

[0272] Sc化合物としては、酸化スカンジウム、炭酸スカンジウム、酢酸スカンジウム、硝酸スカンジウム、シュウ酸スカンジウム、ハロゲン化スカンジウム (ScX_3 ; $X = F, Cl, Br$) 等を用いることができ、これらについても、出発材料に用いるMgOと同様に高純度なものが望ましい。

[0273] 以上の方法により形成される保護層1-3のMgOに対するSc濃度は、ICP-MS、または二次イオン質量分析装置 (SIMS) を用いて測定することができる。

- [0274] このPDP 1-15に画像の階調表示方式としてADS (Address Display-Period Separation) を適用した場合について説明する。図4は階調表示方式であるADSにおける1TVフィールドとサブフィールドの構成を説明するための図である。図5は図4中のアドレス期間において、放電セルを選択してアドレス放電させる駆動方法を説明するための図である。なお、図5中のGNDは基準電圧（基準電位）である。
- [0275] 図4 (I) で示されるように1フィールド ($1/60\text{ s} \div 16.67\text{ ms}$) を所定の輝度比を有する複数のサブフィールドに分割している。それらのサブフィールドを画像に応じて選択的に発光させ、輝度の違いにより階調を表現している。各サブフィールドは、図4 (II) で示されるリセット期間、アドレス期間、サステイン期間で構成される。
- [0276] リセット期間では、表示電極間に放電開始電圧以上の電圧が印加され、全ての放電セルでリセット放電が起こる。これにより、全ての放電セル内の壁電圧、即ち帯電状態をほぼ均一に揃えることができる。
- [0277] アドレス期間では、画像データに基づき選択された放電セルのアドレス電極 (A電極) とスキャン電極 (Y電極) に電圧が印加される。図5は、3つの連続したスキャン電極 (Y電極) であり、(Y_i 電極) と (Y_{i+2} 電極) が選択され、(Y_{i+1} 電極) が選択されない時の、各電極に印加される電圧波形である。選択された放電セルの (Y_i 電極) と (Y_{i+2} 電極) には、 $-V_y$ のスキャンパルスが印加されるのと同期してアドレス電極 (A電極) に電圧 V_a のアドレス電圧が印加されてアドレス放電 (選択放電) が起こる。選択されアドレス放電が起こった放電セルでは、サステイン期間で行われるサステイン放電 (表示放電) を行うのに必要な壁電荷が形成される。一方、選択されない放電セルの (Y_{i+1} 電極) では、 $-V_y$ のスキャンパルスが印加される時にアドレス電極 (A電極) にアドレス電圧が印加されないため、アドレス放電が起こらない。これにより表示放電を行うのに必要な壁電荷が形成されず、サステイン期間でサステイン放電が起こらない。スキャンパルスの幅は、各サブフィールドのアドレス期間を表示電極対数によらず一定とすると、表

示電極対数が増加するとスキャンパルス幅が短くなる。そのため、表示電極対数に応じて許容されるアドレス放電遅れ時間 t_d は異なる。

[0278] サステイン期間では、サステイン電極（X電極）とスキャン電極（Y電極）にサステインパルスが交互に印加され、選択された放電セルにおいてサステイン放電が起こる。例えば、2進法に基づく輝度の重みを持った8個のサブフィールドを設けると、赤（R）、緑（G）、青（B）の放電セルはそれぞれ 2^8 （＝256）階調の輝度表示が得られ、約1678万色の色表示が可能となる。

[0279] 図6は、PDP1-15を備えたプラズマディスプレイ装置1-20の構成を示す説明図である。プラズマディスプレイ装置1-20は、アドレス電極（A電極）1-10、スキャン電極（Y電極）1-5、サステイン電極（X電極）1-4を有するPDP1-15と、アドレス電極（A電極）1-10を駆動するためのアドレス駆動回路1-21と、スキャン電極（Y電極）1-5を駆動するためのスキャンパルス出力回路1-22と、サステイン電極（X電極）1-4を駆動するためのサステインパルス出力回路1-23と、これらの出力回路を制御する駆動制御回路1-24と、入力信号の処理を行う信号処理回路1-25と、PDP1-15などに電圧を印加する駆動電源1-26と映像信号を生成する映像源1-27からなる駆動装置を備えている。

[0280] プラズマディスプレイ装置1-20は、PDP1-15が完成した後、PDP1-15の電極とフレキシブル基板とを異方性導電フィルムによって接合する。その後、PDP1-15の変形を防ぎ、放熱性を良くするために例えばアルミニウムなどの板が取り付けられ、この板の上に、駆動電源1-26やアドレス駆動回路1-21などの駆動装置が組み込まれ、プラズマディスプレイモジュールが完成する。その後、さらに検査などを行い、外装ケースを取り付けることによって、プラズマディスプレイ装置1-20が完成する。

[0281] 次に、本発明者らが本発明に至った実験方法と解析手法について説明する

- 。
- [0282] アドレス放電遅れ時間 t_d は、Y 電極、X 電極と A 電極の印加電圧とリセット放電後の残留壁電荷に依存する形成遅れ時間 t_f 、並びに、放電の種火となるプライミング電子が保護層から放出されるまでの統計遅れ時間 t_s の和で構成される。
- [0283] 保護層からプライミング電子が放電空間に放出されることは統計現象であるため、統計遅れ時間 t_s には揺らぎが生じる。図 7 は、同一放電セルにおけるアドレス放電遅れ時間 t_d を繰り返し計測した計測データを、アドレス放電遅れ時間 t_d 毎に累積数（1－2001）で表示した放電遅れ時間の頻度分布の一例である。なお、1－2002 は既放電確率 G を示す。同一放電セルにもかかわらず、約 500 ns をピークに、放電時間が早い場合は 400 ns、放電時間が遅い場合は 1000 ns 以上を示しており、左右非対称な形状を示している。この繰り返し計測した計測データを用いて以下の方法により、統計遅れ時間 t_s に関係する保護層のプライミング電子放出特性を解析し、プライミング電子の電子放出時定数 $t_s^{th}(t_i, T)$ を算出する。
- [0284] 図 8 はプライミング電子放出特性の解析システム及び解析方法において、その構成及び手順の一例を示すブロック図、図 9 はその解析システムのハードウェア構成の一例を示すブロック図である。
- [0285] まず、図 8 及び図 9 により、本発明に用いたプライミング電子放出特性の解析システムの構成を説明する。本発明に用いた解析システムは、保護層中の電子放出源に対する電子放出特性の解析システムとされ、パーソナルコンピュータ 1－2200 と、計算装置 1－102 などから構成されている。パーソナルコンピュータ 1－2200 は、記憶装置を含む入力装置 1－101 と、画像処理装置を含む出力装置 1－103 などから構成される。計算装置 1－102 は、CPU 装置 1－2201 と、記憶装置 1－2202 などから構成され、CPU 装置 1－2201 と記憶装置 1－2202 は、データ転送用結合バス 1－2204 により接続されている。
- [0286] なお、図 9 では、複数の計算装置 1－102 が、データ転送用結合バス 1

ー 2 2 0 5 によりマトリクス状に接続される構成となっているが、これに限定されず、計算装置 1-102 は 1 つであってもよく、また、パーソナルコンピュータ 1-2200 内に設けてもよい。

[0287] 次に、図 8 及び図 9 により、本発明で用いた電子放出特性の解析システムについて、その動作例を説明する。計算装置 1-102 において、記憶装置 1-2202 には電子放出特性の解析プログラムが記憶（保持）されており、パーソナルコンピュータ 1-2200 からの指示により、CPU 装置 1-2201 がそのプログラムを読み出して演算処理を行う。その演算処理の結果は、記憶装置 1-2202 に保存される。演算処理に必要なデータ類は、パーソナルコンピュータ 1-2200 から、データ転送用結合バス 1-2205 を介して送信される。また、計算装置 1-102 における演算処理の結果は、データ転送用結合バス 1-2205 を介して、パーソナルコンピュータ 1-2200 に送信される。また、パーソナルコンピュータ 1-2200 において、演算処理に必要なデータは入力装置 1-101 から入力され、演算処理の結果は出力装置 1-103 で出力・表示される。

[0288] 図 8 に示すように、計算装置 1-102 における演算処理は、以下の手順で実行される。

[0289] まず、ステップ S 1-102-1 において、PDP に対して計測した、サステイン電圧印加後からアドレス電圧印加までの休止期間 t_i と MgO の温度 T に対するアドレス放電遅れ時間 t_d の計測データを、入力装置 1-101 から計算装置 1-102 に入力する。

[0290] 次に、ステップ S 1-102-2 において、計算装置 1-102 では、各休止期間 t_i と MgO の温度 T に対する計測データをもとに、アドレス放電遅れ時間毎の累積数を計算し、放電確率頻度 $P(t)$ を算出する。

[0291] 図 10 に、放電確率頻度の最大値を 1 に規格化した放電確率頻度 $P(t)$ 1-201 を示した。放電確率頻度 $P(t)$ は、短時間側ではガウス関数型であるが、長時間側はテールを引いた非対称な形状である。この放電確率頻度 $P(t)$ と式 (1-1) を用いて、既放電確率 $G(t)$ を算出する。図 1

0には、既放電確率 $G(t)$ 1-202を示した。既放電確率 $G(t)$ は、下に凸から上に凸の形状を示し、長時間側で傾きはなだらかになっている。

[0292] [数13]

$$G(t) = \int_0^t P(t) dt \quad (1-1)$$

[0293] ステップS 1-102-3において、形成遅れ時間 t_f の揺らぎを取り除き、プライミング電子の電子放出時定数 t_{se}^{exp} を求めるために、

[0294] [数14]

$$t \gg t_f^{ave} + \sigma_{t_f} + \sigma_{t_f}^2 / t_s^{th}$$

[0295] を満たす長時間領域における既放電確率 $G(t)$ とその時刻 t を用いる。ここで、 t_f^{ave} は形成遅れ時間 t_f の平均値、 σ_{t_f} は形成遅れ時間 t_f の分散値である。形成遅れ時間の平均値 t_f^{ave} と形成遅れ時間の分散値 σ_{t_f} は、アドレス電圧印加時にプライミング電子が存在するような短い休止期間 t_i の計測データに対して、そのアドレス放電遅れ時間の平均値と分散値から求めることができる。図10に示すように、

[0296] [数15]

$$t_a, t_b \gg t_f^{ave} + \sigma_{t_f} + \sigma_{t_f}^2 / t_s^{th}$$

[0297] の長時間領域 1-203 を満たす t_a 、 t_b 、その既放電確率 $G(t_a)$ と $G(t_b)$ 、並びに、式 (1-2) を用いて、プライミング電子の電子放出時定数 t_s^{exp} を算出する。

[0298] [数16]

$$t_s^{\text{exp}} = (t_b - t_a) / \ln \frac{1 - G(t_a)}{1 - G(t_b)} \quad (1-2)$$

[0299] 例えば、 $t_i = 0.1 \text{ ms}$ 、 $T = 25^\circ\text{C}$ の短い休止期間に対するアドレス放電遅れ時間の計測データでは、形成遅れ時間の平均値 $t_f^{\text{ave}} = 0.59 \mu\text{s}$ 、分散値 $\sigma_{t_f} = 0.09 \mu\text{s}$ である。そして、解析対象の計測条件 $t_i = 50 \text{ ms}$ 、 $T = 25^\circ\text{C}$ における既放電確率 $G(t)$ が 63.2% と 95% となる時刻 $t_{63.2}$ と t_{95} は夫々に $0.84 \mu\text{s}$ と $1.45 \mu\text{s}$ である。式 (1-2) を用いて得られた $t_s^{\text{exp}} (t_i = 50 \text{ ms}, T = 25^\circ\text{C})$ は $0.31 \mu\text{s}$ である。よって、

[0300] [数17]

$$t_f^{\text{ave}} + \sigma_{t_f} + \sigma_{t_f}^2 / t_s^{\text{th}}$$

[0301] は $0.71 \mu\text{s}$ になることから、

[0302]

[数18]

$$t_{63.2}, t_{95} \gg t_f^{ave} + \sigma_{t_f} + \sigma_{t_f}^2 / t_s^{th}$$

[0303] の長時間領域の条件を満たすことが分かる。

[0304] 同様にして、図11には、 $t_i = 1\text{ms}$ 、 10ms 、 50ms と $T = -10^\circ\text{C}$ (263.15K)、 10°C (283.15K)、 25°C (298.15K)、 60°C (333.15K)の12個の計測条件に対する計測データから求めたプライミング電子の電子放出時定数 $t_{s,\text{exp}}$ をプロット1-301で示した。このようにして、休止期間 t_i とMgOの温度 T における電子放出時定数 $t_{s,\text{exp}}$ を求めることができる。

[0305] 次に、電子放出源の種類 j のエネルギー状態密度 $D_j(E)$ を解析する方法を述べる。計算から求められるプライミング電子の電子放出時定数 $t_{s,\text{th}}$ は、式(1-3)と(1-4)によりエネルギー状態密度 $D_j(E)$ と関係付けられる。

[0306] [数19]

$$t_s^{th-1}(t_i, T) = \sum_j \int D_j(E) W_j(E, t_i, T) dE \quad (1-3)$$

[0307] [数20]

$$W_j(E, t_i, T) = f_{ph,j} \exp \left\{ - \left[\frac{E}{k_B T} + t_i f_{ph,j} \exp \left(- \frac{E}{k_B T} \right) \right] \right\} \quad (1-4)$$

[0308] ここで、 E はプライミング電子放出源のエネルギー深さ（以下、エネルギー

とも称する)、 f_{ph} は電子放出源のフォノン振動数、 k_B はボルツマン定数である。また、 $W_j(E, t_i, T)$ は、休止期間 t_i と MgO の温度 T の計測条件に対して、

[0309] [数21]

$$E_m(t_i, T) = k_B T \ln(t_i f_{ph,j})$$

[0310] を中心に最大値 $e^{-1} t_i^{-1}$ とエネルギー幅 ± 数 $k_B T$ を有するウィンドウ関数である。計測条件として、休止期間 t_i を一定、MgO の温度 T を変化させた計測では、ウィンドウ関数は、最大値 $e^{-1} t_i^{-1}$ を一定としてエネルギー $E_m(t_i, T)$ が推移する。一方、MgO の温度 T を一定、休止期間 t_i を変化させた計測では、 $E_m(t_i, T)$ が推移しながら、最大値 $e^{-1} t_i^{-1}$ も変化する。

[0311] 図 12 に、休止期間 $t_i = 0.01 \text{ ms}$ 、 0.1 ms 、 1 ms 、 10 ms 、 100 ms 、 1000 ms と MgO の温度 $T = -10^\circ\text{C}$ (263.15 K)、 0°C (273.15 K)、 10°C (283.15 K)、 25°C (298.15 K)、 40°C (313.15 K)、 60°C (333.15 K) におけるウィンドウ関数が最大となるエネルギー

[0312] [数22]

$$E_m(t_i, T) = k_B T \ln(t_i f_{ph,j})$$

[0313] を示した。ここで、電子放出源のフォノン振動数 f_{ph} は $3.1 \times 10^{13} \text{ Hz}$ とした。休止期間 $t_i = 0.01 \text{ ms}$ と MgO の温度 $T = -10^\circ\text{C}$ では、ウイ

ンドウ関数が最大となるエネルギーは 443 meV である。また、休止期間 $t_i = 1000 \text{ ms}$ と MgO の温度 $T = 60^\circ\text{C}$ では、ウインドウ関数が最大となるエネルギーは 892 meV を表している。

[0314] 図13に示すように、電子放出時定数 $t_{e,th}$ の逆数は、未知なる電子放出源のエネルギー状態密度 $D_j(E)$ 1-401 と計測条件で決定するウインドウ関数 $W_j(E, t_i, T)$ 1-402 のエネルギーに対する重なり積分を計算し、全電子放出源の種類 j について和を取ることに等しいことが分かる。

[0315] 本発明の実施の形態の S_c を含む MgO の電子放出源のエネルギー状態密度解析について以下に記す。

[0316] 図8に示したステップ $S1-102-4$ において、第1種の電子放出源のエネルギー状態密度 $D_1(E)$ として、式(1-5)のガウス関数を設定した場合において、図14に従って、実効数 $N_{ee,1}$ 、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,1}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,1}$ を求める。このとき、これらパラメータ値を探索するために入力する探索範囲と探索幅、及び、個数について述べる。

[0317] [数23]

$$D_1(E) = \frac{N_{ee,1}}{\sqrt{2\pi}\sigma_{E,1}} \exp\left\{-\frac{(E - \Delta E_{a,1})^2}{2\sigma_{E,1}^2}\right\} \quad (1-5)$$

[0318] 第1種の電子放出源のフォノン振動数 $f_{ph,1}$ を $1.26 \times 10^{13} \text{ Hz}$ として、計測条件 $t_i = 1 \text{ ms}$ 、 4 ms 、 10 ms 、 16 ms 、 26 ms 、 50 ms 、 $T = -20^\circ\text{C}$ 、 -10°C 、 0°C 、 10°C 、 20°C 、 40°C 、 60°C に対して、ウインドウ関数が最大となるエネルギーは $507 \text{ meV} \sim 780 \text{ meV}$ の範囲となる。ウインドウ関数のエネルギー幅の $3k_B T$ は約 75 meV なので、エネルギー領域は $430 \text{ meV} \sim 860 \text{ meV}$ となる。そこで、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,j}$ の探索範囲として、計測条件により決定する $E_m(t_i, T)$ の最小値 $-3k_B T$ から $E_m(t_i, T)$ の最大値 $+3k_B T$ を包

含する $400\text{ meV} \sim 900\text{ meV}$ とした。活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,j}$ と活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,j}$ のエネルギーの探索幅を、 $E_m(t_i, T)$ のエネルギー間隔の平均値以下の 5 meV とした。

[0319] 次に、実効数 $N_{ee,1}$ は、計測条件の時間オーダー幅が 2 桁程度なので、実効数の探索範囲はその時間オーダー幅である 2 桁として、 1×10^n 個／セル $\sim 1 \times 10^{n+2}$ 個／セル ($n = 0 \sim 4$) を離散化した 201 個とした。以上より、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,1}$ に対する探索範囲は $400\text{ meV} \sim 900\text{ meV}$ を 5 meV 幅で離散化した 101 個の探索点、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,1}$ に対する探索範囲は $5 \sim 100\text{ meV}$ を 5 meV 幅で離散化した 20 個の探索点、実効数 $N_{ee,1}$ に対する探索範囲は 1×10^4 個／セル $\sim 1 \times 10^6$ 個／セルを離散化した 201 個の探索点から構成され、探索範囲と探索幅、及び、全ての組み合わせとして約 4.1×10^5 個のパラメータ値を入力する。

[0320] ステップ S 1-102-5 では、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,1}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,1}$ と実効数 $N_{ee,1}$ の各パラメータ値を設定した式 (1-5) を式 (1-3) に代入し、電子放出源のエネルギー状態密度 $D_1(E)$ とウインドウ関数 $W_1(E, t_i, T)$ のエネルギーに対する重なり積分を計算し、その逆数から $t_{1,s}^{th}(t_i, T)$ を求めることができる。

[0321] ステップ S 1-102-6 において、休止期間 t_i と MgO の温度 T の計測条件の総数 $N = 42$ に対して、式 (1-6) で表された計測データから求めた $t_s^{exp}(t_i, T)$ と計算から求めた $t_{1,s}^{th}(t_i, T)$ の平均二乗誤差 RMSD が最小となる活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,1}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,1}$ 、実効数 $N_{ee,1}$ を求める。

[0322]
$$\sum_{N=42} \{ t_s^{exp}(t_i, T) - t_{1,s}^{th}(t_i, T) \}^2 \quad (1-6)$$

このようにして、第 1 種の電子放出源のエネルギー状態密度 $D_1(E)$ に対して、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,1}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,1}$ 、実効数 $N_{ee,1}$ を出力装置 1-103 から出力・表示する。

[0323] 次に、新しい電子放出源が存在すると考えられる場合は、図 8 に示したス

テップS 1-102-7に従って、ステップS 1-102-4に戻り、第2種の電子放出源のエネルギー状態密度 $D_2(E)$ として、式(1-7)のガウス関数を設定した場合において、図14に従って、実効数 $N_{ee,2}$ 、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,2}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,2}$ を求める。このとき、これらパラメータ値を探索するために入力すべき探索範囲と探索幅、及び、個数について述べる。

[0324] [数24]

$$D_2(E) = \frac{N_{ee,2}}{\sqrt{2\pi}\sigma_{E,2}} \exp\left\{-\frac{(E - \Delta E_{a,2})^2}{2\sigma_{E,2}^2}\right\} \quad (1-7)$$

[0325] 第2種の電子放出源のフォノン振動数 $f_{ph,2}$ を $1.2 \times 10^{13} \text{ Hz}$ として、計測条件 $t_i = 1 \text{ ms}$ 、 4 ms 、 10 ms 、 16 ms 、 26 ms 、 50 ms 、 $T = -20^\circ\text{C}$ 、 -10°C 、 0°C 、 10°C 、 20°C 、 40°C 、 60°C に対して、第1種の電子放出源に対して述べたと同様に、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,2}$ に対する探索範囲は $400 \text{ meV} \sim 900 \text{ meV}$ を 5 meV 幅で離散化した101個の探索点、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,2}$ に対する探索範囲は $5 \text{ meV} \sim 100 \text{ meV}$ を 5 meV 幅で離散化した20個の探索点、実効数 $N_{ee,2}$ に対する探索範囲は $1 \times 10^n \text{ 個/セル} \sim 1 \times 10^{n+2} \text{ 個/セル}$ ($n = 0 \sim 4$)を離散化した201個の探索点から構成され、探索範囲と探索幅、及び、全ての組み合わせとして約 4.1×10^5 個のパラメータ値を入力する。

[0326] ステップS 1-102-5において、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,2}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,2}$ と実効数 $N_{ee,2}$ の各パラメータ値を設定した式(1-7)を式(1-3)に代入し、電子放出源のエネルギー状態密度 $D_2(E)$ とウインドウ関数 $W_2(E, t_i, T)$ のエネルギーに対する重なり積分を計算し、その逆数から $t_{2,s}^{\text{th}}(t_i, T)$ を求めることができる。

[0327] ステップS 1-102-6において、休止期間 t_i と MgO の温度 T の計測条件の総数 $N=18$ 個に対して、式 (1-8) で表された計測データから求めた $t_{s, \text{exp}}(t_i, T)$ と計算から求めた $t_{1,s, \text{th}}(t_i, T)$ と $t_{2,s, \text{th}}(t_i, T)$ の和に対する平均二乗誤差 RMSD が最小となる活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a, 2}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E, 2}$ 、実効数 $N_{e, 2}$ を求める。

$$[0328] \quad \sum_{N=18} \{ t_{s, \text{exp}}(t_i, T) - t_{1,s, \text{th}}(t_i, T) - t_{2,s, \text{th}}(t_i, T) \}^2 \quad (1-8)$$

このようにして、第1種と第2種の電子放出源のエネルギー状態密度 $D_1(E)$ と $D_2(E)$ に対して、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a, 1}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E, 1}$ 、実効数 $N_{e, 1}$ 、並びに、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a, 2}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E, 2}$ 、実効数 $N_{e, 2}$ を出力装置 1-103 から出力・表示する。

[0329] MgO の温度 T を PDP の温度として、以上の実験方法と解析手法により得られた、本発明による S_c を含む MgO からなる保護層のエネルギー状態密度 $D_1(E)$ 1-501 と $D_2(E)$ 1-502 を図15に示す。図15の破線 1-503 内は、PDP に要求される前記の動作保証温度範囲 $-20 \sim 60^\circ\text{C}$ と休止期間 $t_i = 0.5 \sim 50 \text{ ms}$ におけるウィンドウ関数のエネルギー領域 $430 \sim 860 \text{ meV}$ である。つまり、このウィンドウ関数のエネルギー領域にエネルギー状態密度が広く分布していることが望ましい。

[0330] 本発明の実施の形態の S_c を含む MgO では、ウィンドウ関数のエネルギー領域に少なくとも2つの電子放出源が存在している。1つはウィンドウ関数のエネルギー領域の中心付近である伝導帯底部から 660 meV の深さを中心に分布しており、エネルギー状態密度が非常に大きい。もう一つはウィンドウ関数のエネルギー領域の高エネルギー側の 785 meV を中心に分布している。

[0331] 図16は本発明の実施の基本形態のプラズマディスプレイ装置について、前記の動作保証温度範囲 $-20 \sim 60^\circ\text{C}$ と最大リセット間隔 x 、即ち休止期間 $t_i = 0.5 \sim 50 \text{ ms}$ において、良好なアドレス放電を行うことができる

S c 濃度範囲をハッチングで表している。このハッチングした部分は、評価及び解析結果に加え、保護層の結晶性等に起因したプライミング電子放出源の生成率による S c 濃度に対する特性の分布も加味している。

[0332] S c 濃度範囲は 10 質量 ppm 以上 740 質量 ppm 以下であり、且つ、下記式 (1 - I) を満たすことで良好なアドレス放電を行うことができる。

[0333]
$$0.22x + 12 \leq y \leq 1 / (8.0 \times 10^{-4} \ln x + 1.9 \times 10^{-3})$$

(1 - I)

但し、式 (1 - I) において、y は主成分である MgO に対して含まれる S c の濃度であり単位は質量 ppm で示され、最大リセット間隔 x の単位は ms であり $0.5 \leq x \leq 50$ の範囲の値が適当である。従って、MgO に対する S c 濃度を調製し、所定量以上のエネルギー状態密度とすれば、 $-20 \sim 60^\circ\text{C}$ という広い温度範囲と休止期間 $t_i = 50 \text{ ms}$ という 3 TV フィールド以上黒表示を行ったとしても安定したアドレス放電を行うことができ、高精細で高コントラストな PDP を得ることができる。

[0334] 以下において、前記実施の基本形態に基づいた、各実施の形態を具体的に説明する。

[0335] (実施の形態 1)

実施の形態 1 における PDP 及びプラズマディスプレイ装置において、保護層と PDP の駆動方法について説明する。

[0336] 本実施の形態の PDP の駆動方法は図 4 の ADS に対応している。各サブフィールドのリセット期間では全放電セルで必ずリセット放電を行う。また、アドレスパルス幅とスキャンライン数で決定されるアドレス期間は、1 ms 以内としている。即ち、最後のスキャンラインの休止期間 t_i は 1 ms であり、本実施の形態での休止期間 t_i の最大値である。

[0337] 以上の駆動方法を用いて、休止期間 t_i の最大値である 1 ms での $-20 \sim 60^\circ\text{C}$ の温度範囲におけるアドレス放電遅れ時間 t_d 及び統計遅れ時間 t_s を評価した。統計遅れ時間 t_s はアドレス放電遅れ時間 t_d の複数回計測結果及び式 (1 - 2) か、図 15 のエネルギー状態密度 $D_1(E)$ $1 - 501$ と D_2

(E) 1-502を基にして、休止期間 t_i と温度 T の計測条件より式 (1-3) から得られる。

[0338] 図17に、 $-20 \sim 60^\circ\text{C}$ での統計遅れ時間 t_s の最大値と保護層のMgOに対するSc濃度の関係を示す。図17での統計遅れ時間 t_s は、シングルスキャン方式を実現するために必要な休止期間 $t_i = 16\text{ms}$ での従来品のMgOの統計遅れ時間 t_s の $1/3$ で規格化した相対値で表している。

[0339] 図17から、MgOに対するSc濃度が10質量ppm以上において、統計遅れ時間 t_s が本実施の形態の駆動方法に対応可能であることがわかる。

[0340] 一方、高温で動作させたときにおいて、休止期間 $t_i = 1\text{ms}$ での壁電荷の減少に伴う電圧変動 ΔV_{AY} と保護層のMgOに対するSc濃度の関係を図18に示す。図18では高温で休止期間 $t_i = 16\text{ms}$ において、黒ノイズが実用上問題のない従来品のMgOの電圧変動 ΔV_{AY} で規格化しており、電圧変動 ΔV_{AY} が1以下であれば黒ノイズの発生が実用上問題ない。

[0341] 図18から、MgOに対するSc濃度が525質量ppm以下であれば、本実施の形態の駆動方法では黒ノイズが実用上問題にならないことがわかる。

[0342] 以上から、本実施の形態の駆動方法において、保護層のMgOに対するSc濃度が10質量ppm以上525質量ppm以下では、広い温度範囲で、高精細なPDPをシングルスキャン方式で駆動することができ、高温で動作させても電圧変動 ΔV_{AY} による黒ノイズが実用上問題ない。

[0343] (実施の形態2)

実施の形態2では、前記実施の形態1に対して、保護層とPDPの駆動方法が異なるPDP及びプラズマディスプレイ装置について説明する。本実施の形態のPDPの駆動方法も図4のADSに対応しており、アドレスパルス幅とスキャンライン数で決定されるアドレス期間も 1ms 以内である。

[0344] 本実施の形態のPDPでは、コントラスト向上のためにリセット回数を減らしており、黒表示時における放電セルのリセット回数が1TVフィールド ($1/60\text{s}$) に1回である。即ち、本実施の形態では、リセット期間の最

大間隔が $1/60$ s であり、休止期間 t_i は最大でも 16 ms 以内である。

[0345] 以上の駆動方法を用いて、休止期間 t_i の最大値である 16 ms での $-20 \sim 60^\circ\text{C}$ の温度範囲におけるアドレス放電遅れ時間 t_d 及び統計遅れ時間 t_s を評価した。統計遅れ時間 t_s はアドレス放電遅れ時間 t_d の計測結果と前記実施の形態 1 と同様に式 (1-2) か、図 15 のエネルギー状態密度 $D_1(E)$ 1-501 と $D_2(E)$ 1-502 を基にして、休止期間 t_i と温度 T の計測条件より式 (1-3) から得られる。

[0346] 図 19 に、 $-20 \sim 60^\circ\text{C}$ での統計遅れ時間 t_s の最大値と保護層の MgO に対する Sc 濃度の関係を示す。図 19 での統計遅れ時間 t_s は、シングルスキャン方式を実現するために必要な休止期間 $t_i = 16$ ms での従来品の MgO の統計遅れ時間 t_s の $1/3$ で規格化した相対値で表している。

[0347] 図 19 から、 MgO に対する Sc 濃度が 15 質量 ppm 以上において、統計遅れ時間 t_s が本実施の形態の駆動方法に対応可能であることがわかる。

[0348] 一方、高温で動作させたときにおいて、休止期間 $t_i = 16$ ms での壁電荷の減少に伴う電圧変動 ΔV_{AY} と保護層の MgO に対する Sc 濃度の関係を図 20 に示す。図 20 では、黒ノイズが発生しない電圧変動 ΔV_{AY} で規格化しており、電圧変動 ΔV_{AY} が 1 以下であれば黒ノイズが発生しない。また、図 20 では高温で休止期間 $t_i = 16$ ms において、黒ノイズが実用上問題のない従来品の MgO の電圧変動 ΔV_{AY} で規格化しており、電圧変動 ΔV_{AY} が 1 以下であれば黒ノイズの発生が実用上問題ない。

[0349] 図 20 から、 MgO に対する Sc 濃度が 240 質量 ppm 以下であれば、本実施の形態の駆動方法では黒ノイズが実用上問題にならないことがわかる。

[0350] 以上から、本実施の形態の駆動方法では、保護層の MgO に対する Sc 濃度が 15 質量 ppm 以上 240 質量 ppm 以下で、広い温度範囲において、高精細な PDP をシングルスキャン方式で駆動することができ、高温で動作させても電圧変動 ΔV_{AY} による黒ノイズが実用上問題ない。また、前記実施の形態 1 よりも単位時間当たりのリセット放電回数が少なくなるため、前記

実施の形態 1 よりも高コントラストなプラズマディスプレイ装置が得られる。
。

[0351] (実施の形態 3)

実施の形態 3 では、前記実施の形態 1 及び 2 に対して、保護層と PDP の駆動方法が異なる PDP 及びプラズマディスプレイ装置について説明する。本実施の形態の PDP の駆動方法も図 4 の ADS に対応しており、アドレスパルス幅とスキャンライン数で決定されるアドレス期間も 1 ms 以内である。
。

[0352] 本実施の形態の PDP では、前記実施の形態 2 と同様にコントラスト向上のためにリセット回数を減らしており、黒表示時における放電セルのリセット回数が 3 TV フィールド ($1/20$ s) に最少で 1 回となる。即ち、本実施の形態では、リセット期間の最大間隔が $1/20$ s であり、休止期間 t_i は最大でも 50 ms 以内である。

[0353] 以上の駆動方法を用いて、休止期間 t_i の最大値である 50 ms での $-20 \sim 60^\circ\text{C}$ の温度範囲におけるアドレス放電遅れ時間 t_d 及び統計遅れ時間 t_s を評価した。統計遅れ時間 t_s はアドレス放電遅れ時間 t_d の計測結果と前記実施の形態 1、2 と同様に式 (1-2) か、図 15 のエネルギー状態密度 $D_1(E)_{1-501}$ と $D_2(E)_{1-502}$ を基にして、休止期間 t_i と温度 T の計測条件より式 (1-3) から得られる。

[0354] 図 21 に、 $-20 \sim 60^\circ\text{C}$ での統計遅れ時間 t_s の最大値と保護層の MgO に対する Sc 濃度の関係を示す。図 21 での統計遅れ時間 t_s は、シングルスキャン方式を実現するために必要な休止期間 $t_i = 16$ ms での従来品の MgO の統計遅れ時間 t_s の $1/3$ で規格化した相対値で表している。

[0355] 図 21 から、MgO に対する Sc 濃度が 25 質量 ppm 以上において、統計遅れ時間 t_s が本実施の形態の駆動方法に対応可能であることがわかる。

[0356] 一方、高温で動作させたときにおいて、休止期間 $t_i = 50$ ms での壁電荷の減少に伴う電圧変動 ΔV_{AY} と保護層の MgO に対する Sc 濃度の関係を図 22 に示す。図 22 では、高温で休止期間 $t_i = 16$ ms において、黒ノイズ

が実用上問題のない従来品のMgOの電圧変動 ΔV_{AY} で規格化しており、電圧変動 ΔV_{AY} が1以下であれば実用可能である。

[0357] 図22から、MgOに対するSc濃度が200質量ppm以下であれば、本実施の形態の駆動方法では黒ノイズが実用上問題にならないことがわかる。

[0358] 以上から、本実施の形態の駆動方法では、保護層のMgOに対するSc濃度が25質量ppm以上200質量ppm以下では、広い温度範囲で、高精細なPDPをシングルスキャン方式で駆動することができ、高温で動作させても電圧変動 ΔV_{AY} による黒ノイズが実用上問題ない。また、前記実施の形態1、2よりも単位時間当たりのリセット放電回数が少なくなるため、前記実施の形態1、2よりも更に高コントラストなプラズマディスプレイ装置が得られる。

[0359] 以上、本発明者によってなされた発明を、実施の基本形態、実施の形態1～3に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施の基本形態および実施の形態1～3に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることは言うまでもない。

[0360] [第2の技術の発明を実施するための形態]

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。本発明は以下の実施の形態に限定されるものではない。なお、実施の形態を説明する全図において、同一機能を有するものは同一符号を付け、その繰り返しの説明は省略する。

[0361] (実施の形態)

まず、図25に示した放電セルで構成されるプラズマディスプレイパネルを作製した。図25は本実施の形態によるPDPの構造を示す分解斜視図である。

[0362] 発明者らは、パネルサイズが50インチで、表示画素数が1920×1080のフルHDの高精細なPDPで検討しているが、パネルサイズが32インチ以上、表示画素数がHD以上の高精細なPDPであっても構わない。

[0363] 本実施の形態のようなAC面放電型カラープラズマディスプレイパネルのPDP2-200は、間隔をあけて対向配置された一对の前面基板2-1及び背面基板2-6と、前面基板2-1及び背面基板2-6の基板間に設けられ基板間の間隔を保持する隔壁2-7と、基板間に形成された放電空間2-11内に封入され放電により紫外線を発生する放電ガスと、前面基板2-1及び背面基板2-6の対向面の少なくとも一方の前面基板2-1上に配置されたサステイン電極(X電極)2-12とスキャン電極(Y電極)2-13とからなる表示電極対2-14と、他方の背面基板2-6上に配置されたアドレス電極(A電極)2-9とを備えている。前面基板2-1上には、表示電極対2-14を覆う誘電体層2-4と、この誘電体層2-4を覆う保護層2-5が配置されている。背面基板2-6上には、アドレス電極2-9を覆う誘電体層2-8と、この誘電体層2-8上に隔壁2-7及び蛍光体層2-10が配置されている。

[0364] 本実施の形態のようなAC面放電型カラープラズマディスプレイパネルのPDP2-200では、例えば、サステイン電極2-12とスキャン電極2-13で構成される表示電極対2-14のうち的一方(一般にスキャン電極2-13)に負の電圧を、アドレス電極2-9ともう一方の残りの表示電極に正の電圧(前記一方の表示電極に印加される電圧に比して正の電圧)を印加することによりアドレス放電が発生し、これにより、一对の表示電極の間で放電を開始するための補助となる壁電荷が形成される。この状態で一对の表示電極の間に、適当な逆の電圧を印加すると、誘電体層2-4及び保護層2-5を介して、表示電極対2-14の間の放電空間2-11で放電が発生する。

[0365] 放電終了後、前記表示電極対2-14に印加する電圧を逆にすると、新たに放電が発生する。これを繰り返すことにより継続的に放電が発生する。これをサステイン放電又は表示放電と呼ぶ。このサステイン放電により、放電空間2-11内に封入された放電ガスが紫外線を発生し、その紫外線で蛍光体層2-10を励起することで、蛍光体層2-10が可視発光してカラー表

示を行う。

- [0366] 本実施の形態のPDP2-200は、前面基板2-1上に、複数対のサステイン電極2-12とスキャン電極2-13がストライプ状に形成され、一对の表示電極対2-14が構成される。なお、表示電極対2-14を構成するサステイン電極2-12とスキャン電極2-13の材料には、透明電極2-2(2-2a、2-2b)の材料に、ITO(Indium Tin Oxide、酸化インジウムスズ)、あるいは酸化亜鉛(ZnO)など、バス電極2-3(2-3a、2-3b)の材料に、銀(Ag)の他、アルミニウム(Al)などからなる金属膜、または、クロム(Cr)/銅(Cu)/クロム(Cr)の積層膜なども適用可能である。
- [0367] 上記表示電極対2-14上には覆うようにしてガラス系の材料で構成される誘電体層2-4が形成される。当該誘電体層2-4を覆うようにして保護層2-5が形成される。保護層2-5は、MgOを主成分とし、不純物元素としてシリコン(Si)、スカンジウム(Sc)を添加して構成される。この保護層2-5の構成と形成方法については後述する。
- [0368] 背面基板2-6上には、銀などで構成されている複数並設されたアドレス電極2-9と、前記アドレス電極2-9を覆うようにして、ガラス系の材料で構成される誘電体層2-8が形成される。当該誘電体層2-4上には、同じくガラス系の材料で構成される隔壁材を厚膜印刷し、ブラストマスクを用いたブラスト除去により隔壁2-7が形成される。
- [0369] 次に、この隔壁2-7上に、赤(R)、緑(G)及び青(B)の各蛍光体層2-10を該当する隔壁2-7間の溝面を被覆する形で、順次ストライプ状に形成する。各蛍光体層2-10は、赤、緑及び青にそれぞれ対応し、赤蛍光体粒子を35重量部(ビヒクルを65重量部)、緑蛍光体粒子を35重量部(ビヒクルを65重量部)、青蛍光体粒子を35重量部(ビヒクルを65重量部)とし、それぞれビヒクルと混ぜて蛍光体ペーストとし、スクリーン印刷により塗布した後、乾燥及び焼成工程により蛍光体ペースト内の揮発成分の蒸発と有機物の燃焼除去を行って形成する。また、各蛍光体層2-1

Oの材料については、例えば、赤蛍光体は $(Y, Gd)BO_3:Eu$ 蛍光体、緑色蛍光体は $Zn_2SiO_4:Mn$ 、青蛍光体は $BaMgAl_{10}O_{17}:Eu$ 蛍光体を用いる。

[0370] 次に、上記表示電極対2-14、誘電体層2-4、及び保護層2-5を形成した前面基板2-1と、アドレス電極2-9、誘電体層2-8、隔壁2-7、及び蛍光体層2-10を形成した背面基板2-6を表示電極対2-14とアドレス電極2-9とが直交するように対向配置され、非表示領域をシール材でフリット封着することで、ボックス型に隔壁2-7で分けられてなる放電空間2-11が複数形成される。その後、当該放電空間2-11を真空状態にし、Ne、Xe、He等からなる放電用の混合ガスが封入されPDP2-200が完成する。放電ガスの封入圧力は、例えば、50～80kPa程度である。

[0371] 本実施の形態では放電ガスのXe組成比が12%以上を用いた。これは、プラズマディスプレイ装置の発光効率を増大させるためには、放電による紫外線の発生効率を増大させることが非常に重要なためであり、そのためにはXe組成比を高める必要がある。従来技術ではXe組成比が通常4%～10%である。本実施の形態では、さらにXe組成比を12%以上に高めて効率を上げている。

[0372] 次に、上述した保護層2-5の形成方法について説明する。本発明の保護層2-5の主成分はMgOであり、所定量のスカルジウム(Sc)及びシリコン(Si)を含んでいる。本発明では、この保護層2-5を電子ビーム蒸着法により成膜する。このとき、膜質を制御するために、酸素ガスや水素ガス、水蒸気等を供給しても構わない。また、MgOの成膜方法として、イオンアシスト蒸着法、スパッタリング法、化学蒸着(CVD)法等を用いても構わない。これらの成膜方法により保護層2-5は300nmから1000nmの厚さに形成される。

[0373] この保護層2-5の膜厚は700nmである。ただし、膜厚はこれに限定されるものではなく、保護層としての機能を有することができるものであれ

ば構わない。保護層の膜厚に関しては、本実施の形態に記載されているものだけに限定されず、保護層は500nm以上から2000nm以下であれば構わない。上述した膜厚範囲の場合、誘電体層2-4などの下地層の影響や、保護層2-5に発生する膜応力の影響などを受けない。500nm未満では耐スパッタ性が不十分なため、良好な放電応答性を得ることができない。また、2000nmを越える厚さでは、MgOの柱状結晶構造が成長し、その構造間に隙間ができるため、クラックの発生や不純物ガスの吸着といった問題が生じることもある。

[0374] 蒸着源には、粉末状のMgOにスカンジウム（Sc）化合物、シリコン（Si）化合物を混合してペレット状に成型したものをを用いるか、ペレット状のMgOとペレット状のスカンジウム（Sc）化合物、シリコン（Si）化合物を混合して用いるか、あるいはこれらのペレット状に成型したものの焼結体を用いる。この蒸着源中のスカンジウム（Sc）濃度は、MgOに対して5質量ppm以上5000質量ppm以下であり、シリコン（Si）濃度は、MgOに対して5質量ppm以上1000質量ppm以下である。ここで不純物濃度を5質量ppm以上に限定したのは、5ppm未満では濃度の安定制御が困難なためである。

[0375] これらの蒸着源は、MgOとスカンジウム（Sc）化合物、シリコン（Si）化合物を出発材料として作製されるが、本発明者らが検討した結果、出発材料に用いるMgO中の不純物の濃度は、多くてもMgOに対して200質量ppm以下であることが望ましい。これは、出発材料に用いるMgOの純度が低いと、スカンジウム（Sc）及びシリコン（Si）を添加することにより得られる効果が低減するためである。本発明で用いたMgOに含まれる不純物元素とその濃度を表2に示す。表2に示される不純物の濃度は高周波誘導結合プラズマ質量分析（以下、ICP-MSと記す）による分析結果である。Zn、Mn以外の不純物元素は、検出限界未満であった。

[0376]

[表2]

【表2】

不純物	含有量(質量ppm)	不純物	含有量(質量ppm)
Al	<5	Mn	4
As	<10	Mo	<5
B	<5	Na	<5
Ba	<1	Nb	<5
Be	<1	Ni	<5
Bi	<10	P	<10
Ca	<5	Pb	<10
Cd	<1	Sb	<10
Ce	<10	Se	<10
Co	<5	Si	<5
Cr	<5	Sn	<10
Cu	<5	Sr	<1
Fe	<5	Te	<10
Ga	<10	Ti	<5
Ge	<10	V	<5
Hf	<5	W	<10
In	<10	Y	<1
K	<5	Zn	30
La	<5	Zr	<1
Li	<1		

[0377] 上記スカンジウム化合物及びシリコン化合物は、それらの酸化物及び塩化物、硝酸塩または炭酸塩などの塩よりなる群から選択された1つ以上から由来する成分を含むことが出来る。例えば、 Sc_2O_3 、 $\text{Sc}(\text{NO}_3)_3$ 、 ScF_3 、 ScCl_3 、 SiO_2 などが含まれるが、これらに限定されるものではない。

[0378] 以上の方法により形成される保護層5の MgO に対するスカンジウム(Sc)及びシリコン(Si)の濃度は、ICP-MS、または二次イオン質量

分析装置（SIMS）を用いて測定することができる。

- [0379] このPDPに画像の階調表示方式としてADS（Address Display-Period Separation）を適用した場合について説明する。図26は階調表示方式であるADSにおける1TVフィールドとサブフィールドの構成を説明するための図である。図27は図26中のアドレス期間において、放電セルを選択してアドレス放電させる駆動方法を説明するための図である。なお、図27中のGNDは基準電圧（基準電位）である。
- [0380] 図26（i）で示されるように1フィールド（ $1/60\text{ s} \div 16.67\text{ ms}$ ）を所定の輝度比を有する複数のサブフィールドに分割している。それらのサブフィールドを画像に応じて選択的に発光させ、輝度の違いにより階調を表現している。各サブフィールドは、図26（ii）で示されるリセット期間、アドレス期間、サステイン期間で構成される。
- [0381] リセット期間では、表示電極間に放電開始電圧以上の電圧が印加され、全ての放電セルでリセット放電が起こる。これにより、全ての放電セル内の壁電圧、即ち帯電状態をほぼ均一に揃えることができる。
- [0382] アドレス期間では、画像データに基づき選択された放電セルのアドレス電極（A電極）とスキャン電極（Y電極）に電圧が印加される。図27は、3つの連続したスキャン電極（Y電極）であり、（ Y_i 電極）と（ Y_{i+2} 電極）が選択され、（ Y_{i+1} 電極）が選択されない時の、各電極に印加される電圧波形である。選択された放電セルの（ Y_i 電極）と（ Y_{i+2} 電極）には、 $-V_y$ のスキャンパルスが印加されるのと同期してアドレス電極（A電極）に電圧 V_a のアドレス電圧が印加されてアドレス放電（選択放電）が起こる。選択されアドレス放電が起こった放電セルでは、サステイン期間で行われるサステイン放電（表示放電）を行うのに必要な壁電荷が形成される。一方、選択されない放電セルの（ Y_{i+1} 電極）では、 $-V_y$ のスキャンパルスが印加される時にアドレス電極（A電極）にアドレス電圧が印加されないため、アドレス放電が起こらない。これにより表示放電を行うのに必要な壁電荷が形成されず、サステイン期間でサステイン放電が起こらない。各サブフィールドのA

ドレス期間を表示電極対数によらず一定とすると、表示電極対数が増加するとスキャンパルス幅が短くなる。そのため、表示電極対数が増加すると、許容されるアドレス遅れ時間 t_d も短くなる。

[0383] サステイン期間では、サステイン電極（X電極）とスキャン電極（Y電極）にサステインパルスが交互に印加され、選択された放電セルにおいてサステイン放電が起こる。例えば、2進法に基づく輝度の重みを持った8個のサブフィールドを設けると、赤（R）、緑（G）、青（B）の放電セルはそれぞれ 2^8 （＝256）階調の輝度表示が得られ、約1678万色の色表示が可能となる。

[0384] 図28は、PDPを備えたプラズマディスプレイ装置の構成を示す説明図である。プラズマディスプレイ装置2-23は、アドレス電極（A電極）2-9、サステイン電極（X電極）2-12、スキャン電極（Y電極）2-13を有するPDP2-20と、アドレス電極（A電極）2-9を駆動するためのアドレス駆動回路2-24と、サステイン電極（X電極）2-12を駆動するためのサステインパルス出力回路2-25と、スキャン電極（Y電極）2-13を駆動するためのスキャンパルス出力回路2-26と、これらの出力回路を制御する駆動制御回路2-27と、入力信号の処理を行う信号処理回路2-28と、PDP2-20などに電圧を印加する駆動電源2-21と映像信号を生成する映像源2-22からなる駆動装置を備えている。

[0385] プラズマディスプレイ装置2-23は、PDP2-20が完成した後、PDP2-20の電極とフレキシブル基板とを異方性導電フィルムによって接合する。その後、PDP2-20の変形を防ぎ、放熱性を良くするために例えばアルミニウムなどの板が取り付けられ、この板の上に、駆動電源2-21やアドレス駆動回路2-24などの駆動装置が組み込まれ、プラズマディスプレイモジュールが完成する。その後、さらに検査などを行い、外装ケースを取り付けることによって、プラズマディスプレイ装置2-23が完成する。

[0386] 次に、本発明者らが本発明に至った実験方法と解析手法について説明する

。前述したように、MgOにシリコン（Si）のみを添加した場合、各セルにおける放電遅れのバラツキが顕著になるという問題が生じることが知られている。また、MgOにスカンジウム（Sc）を添加することで放電遅れが改善することが示されているが、放電遅れの高温領域では温度依存性が悪化するという問題があることが明らかになっている。アドレス放電遅れ時間 t_d は、Y電極、X電極とA電極の印加電圧とリセット放電後の残留壁電荷に依存する形成遅れ時間 t_f 、並びに、プライミング電子がMgOから放出されるまでの統計遅れ時間 t_s の和で構成される。

[0387] 図29にスカンジウム（Sc）のみを添加したMgOを主成分とする保護層で構成されたPDPのパネル表面温度Tに対する統計遅れ時間 t_s の結果を示す。スカンジウム（Sc）が多くなるに従い、統計遅れ時間 t_s が改善されていることが分かる。しかしながら、パネル表面温度Tが上昇するに従い、統計遅れ時間 t_s は悪化していることが分かる。上記問題解決のため、MgOに高濃度にスカンジウム（Sc）を添加することで改善できる可能性はあるが、プライミング電子放出源数が許容限度を越えて多くなり、電圧変動 ΔV_{AY} が増大して表示特性に支障をきたす場合がある。

[0388] また、MgOにスカンジウム（Sc）とシリコン（Si）を共ドーピングすることが提案されているが、シリコン（Si）の濃度が1000質量ppmを超えると、放電遅れの休止期間依存性が悪化し、共ドーピングの効果が得られないことが明らかになっている。そのため、スカンジウム（Sc）濃度及びシリコン（Si）濃度の制御が重要となっており、本実施の形態において、スカンジウム（Sc）濃度及びシリコン（Si）濃度の最適化を行う。

[0389] まず、本発明者らが本発明に至った実験方法と解析手法について説明する。尚、以下の解析手法については前述したように非特許文献2にも記載されている。

[0390] アドレス放電遅れ時間 t_d は、Y電極、X電極とA電極の印加電圧とリセット放電後の残留壁電荷に依存する形成遅れ時間 t_f 、並びに、放電の種火となるプライミング電子が保護層から放出されるまでの統計遅れ時間 t_s の和で構

成される。

[0391] 保護層からプライミング電子が放電空間に放出されることは、統計現象のため、統計遅れ時間 t_s には揺らぎが生じる。図 30 は、同一放電セルにおけるアドレス放電遅れ時間を繰り返し計測した計測データを、アドレス放電遅れ時間毎に累積数（2-2001）で表示した放電遅れ時間の頻度分布の一例である。なお、2-2002 は既放電確率 G を示す。同一放電セルにもかかわらず、約 500 ns をピークに、放電時間が早い場合は 400 ns、放電時間が遅い場合は 1000 ns 以上を示しており、左右非対称な形状を示している。この繰り返し計測した計測データを用いて、以下の方法により保護層のプライミング電子放出特性を解析する。

[0392] 図 31 はプライミング電子放出特性の解析システム及び解析方法において、その構成及び手順の一例を示すブロック図、図 32 はその解析システムのハードウェア構成の一例を示すブロック図である。

[0393] まず、図 31 及び図 32 により、本発明に用いたプライミング電子放出特性の解析システムの構成を説明する。本発明に用いた解析システムは、保護層中の電子放出源に対する電子放出特性の解析システムとされ、パーソナルコンピュータ 2-2200 と、計算装置 2-102 などから構成されている。パーソナルコンピュータ 2-2200 は、記憶装置を含む入力装置 2-101 と、画像処理装置を含む出力装置 2-103 などから構成される。計算装置 2-102 は、CPU 装置 2-2201 と、記憶装置 2-2202 などから構成され、CPU 装置 2-2201 と記憶装置 2-2202 は、データ転送用結合バス 2-2204 により接続されている。

[0394] なお、図 32 では、複数の計算装置 2-102 が、データ転送用結合バス 2-2205 によりマトリクス状に接続される構成となっているが、これに限定されず、計算装置 2-102 は 1 つであってもよく、また、パーソナルコンピュータ 2-2200 内に設けてもよい。

[0395] 次に、図 31 及び図 32 により、本発明で用いた電子放出特性の解析システムについて、その動作例を説明する。計算装置 2-102 において、記憶

装置 2-2202 には電子放出特性の解析プログラムが記憶（保持）されており、パーソナルコンピュータ 2-2200 からの指示により、CPU 装置 2-2201 がそのプログラムを読み出して演算処理を行う。その演算処理の結果は、記憶装置 2-2202 に保存される。演算処理に必要なデータ類は、パーソナルコンピュータ 2-2200 から、データ転送用結合バス 2-2205 を介して送信される。また、計算装置 2-102 における演算処理の結果は、データ転送用結合バス 2-2205 を介して、パーソナルコンピュータ 2-2200 に送信される。また、パーソナルコンピュータ 2-2200 において、演算処理に必要なデータは入力装置 2-101 から入力され、演算処理の結果は出力装置 2-103 で出力・表示される。

[0396] 図 31 に示すように、計算装置 2-102 における演算処理は、以下の手順で実行される。

[0397] まず、ステップ S 2-102-1 において、PDP に対して計測した、サステイン電圧印加後からアドレス電圧印加までの休止期間 t_i と MgO の温度 T に対するアドレス放電遅れ時間 t_d の計測データを、入力装置 2-101 から計算装置 2-102 に入力する。尚、上記 MgO の温度 T はパネル表面温度としている。

[0398] 次に、ステップ S 2-102-2 において、計算装置 2-102 では、各休止期間 t_i と MgO 温度 T に対する計測データをもとに、アドレス放電遅れ時間毎の累積数を計算し、放電確率頻度 $P(t)$ を算出する。

[0399] 図 33 に、放電確率頻度の最大値を 1 に規格化した放電確率頻度 $P(t)$ 2-201 を示した。放電確率頻度 $P(t)$ は、短時間側ではガウス関数型であるが、長時間側はテールを引いた非対称な形状である。この放電確率頻度 $P(t)$ と式 (2-1) を用いて、既放電確率 $G(t)$ を算出する。図 33 には、既放電確率 $G(t)$ 2-202 を示した。既放電確率 $G(t)$ は、下に凸から上に凸の形状を示し、長時間側で傾きはなだらかになっている。

[0400]

[数25]

$$G(t) = \int_0^t P(t) dt \quad (2-1)$$

[0401] ステップS 2-102-3において、形成遅れ時間 t_f の揺らぎを取り除き、プライミング電子の電子放出時定数 $t_{s \text{ exp}}$ を求めるために、

[0402] [数26]

$$t \gg t_f^{\text{ave}} + \sigma_{t_f} + \sigma_{t_f}^2 / t_s^{\text{th}}$$

[0403] を満たす長時間領域における既放電確率 $G(t)$ とその時刻 t を用いる。ここで、 t_f^{ave} は形成遅れ時間 t_f の平均値、 σ_{t_f} は形成遅れ時間 t_f の分散値である。形成遅れ時間の平均値 t_f^{ave} と形成遅れ時間の分散値 σ_{t_f} は、アドレス電圧印加時にプライミング電子が存在するような短い休止期間 t_i の計測データに対して、そのアドレス放電遅れ時間の平均値と分散値から求めることができる。図33に示すように、

[0404] [数27]

$$t_a, t_b \gg t_f^{\text{ave}} + \sigma_{t_f} + \sigma_{t_f}^2 / t_s^{\text{th}}$$

[0405] の長時間領域 2-203 を満たす t_a 、 t_b 、その既放電確率 $G(t_a)$ と $G(t_b)$ 、並びに、式(2-2)を用いて、プライミング電子の電子放出時定数 $t_{s \text{ exp}}$ を算出する。

[0406]

[数28]

$$t_s^{\text{exp}} = (t_b - t_a) / \ln \frac{1 - G(t_a)}{1 - G(t_b)} \quad (2-2)$$

[0407] 例えば、 $t_i = 0.1 \text{ ms}$ 、 $T = 25^\circ\text{C}$ の短い休止期間に対するアドレス放電遅れ時間の計測データでは、アドレス放電遅れ時間の平均値 $t_f^{\text{ave}} = 0.59 \mu\text{s}$ 、分散値 $\sigma_{t_f} = 0.09 \mu\text{s}$ である。そして、解析対象の計測条件 $t_i = 50 \text{ ms}$ 、 $T = 25^\circ\text{C}$ における既放電確率 $G(t)$ が 63.2% と 95% となる時刻 $t_{63.2}$ と t_{95} は夫々に $0.84 \mu\text{s}$ と $1.45 \mu\text{s}$ である。式(2-2)を用いて得られた t_s^{exp} ($t_i = 50 \text{ ms}$ 、 $T = 25^\circ\text{C}$)は $0.31 \mu\text{s}$ である。よって、

[0408] [数29]

$$t_f^{\text{ave}} + \sigma_{t_f} + \sigma_{t_f}^2 / t_s^{\text{th}}$$

[0409] は $0.71 \mu\text{s}$ になることから、

[0410] [数30]

$$t_{63.2}, t_{95} \gg t_f^{\text{ave}} + \sigma_{t_f} + \sigma_{t_f}^2 / t_s^{\text{th}}$$

[0411] の長時間領域の条件を満たすことが分かる。

[0412] 次に、電子放出源の種類 j のエネルギー状態密度 $D_j(E)$ を解析する方法を述べる。計算から求められるプライミング電子の電子放出時定数 t_s^{th} は、式 (2-3) と (2-4) によりエネルギー状態密度 $D_j(E)$ と関係付けられる。

[0413] [数31]

$$t_s^{th-1}(t_i, T) = \sum_j \int D_j(E) W_j(E, t_i, T) dE \quad (2-3)$$

[0414] [数32]

$$W_j(E, t_i, T) = f_{ph,j} \exp \left\{ - \left[\frac{E}{k_B T} + t_i f_{ph,j} \exp \left(- \frac{E}{k_B T} \right) \right] \right\} \quad (2-4)$$

[0415] ここで、 E はプライミング電子放出源のエネルギー深さ（以下、エネルギーもしくはエネルギー準位とも称する）、 f_{ph} は電子放出源のフォノン振動数、 k_B はボルツマン定数である。また、 $W_j(E, t_i, T)$ は、休止期間 t_i と MgO の温度 T の計測条件に対して、

[0416] [数33]

$$E_m(t_i, T) = k_B T \ln(t_i f_{ph,j})$$

[0417] を中心に最大値 $e^{-1} t_i^{-1}$ とエネルギー幅 ± 数 $k_B T$ を有するウィンドウ関数である。計測条件として、休止期間 t_i を一定、 MgO の温度 T を変化させた計測では、ウィンドウ関数は、最大値 $e^{-1} t_i^{-1}$ を一定としてエネルギー $E_m(t_i,$

T) が推移する。一方、MgOの温度Tを一定、休止期間 t_i を変化させた計測では、 $E_m(t_i, T)$ が推移しながら、最大値 $e^{-1} t_i^{-1}$ も変化する。

[0418] 図34に、休止期間 $t_i = 0.01\text{ms}$ 、 0.1ms 、 1ms 、 10ms 、 100ms 、 1000ms とMgOの温度 $T = -10^\circ\text{C}$ (263.15K)、 0°C (273.15K)、 10°C (283.15K)、 25°C (298.15K)、 40°C (313.15K)、 60°C (333.15K) におけるウィンドウ関数が最大となるエネルギー

[0419] [数34]

$$E_m(t_i, T) = k_B T \ln(t_i f_{ph,j})$$

[0420] を示した。ここで、電子放出源のフォノン振動数 f_{ph} は $3.1 \times 10^{13}\text{Hz}$ とした。休止期間 $t_i = 0.01\text{ms}$ とMgOの温度 $T = -10^\circ\text{C}$ では、ウィンドウ関数が最大となるエネルギーは 443meV である。また、休止期間 $t_i = 1000\text{ms}$ とMgOの温度 $T = 60^\circ\text{C}$ では、ウィンドウ関数が最大となるエネルギーは 892meV を表している。

[0421] 図35に示すように、電子放出時定数 t_{th} の逆数は、未知なる電子放出源のエネルギー状態密度 $D_j(E)$ 2-401 と計測条件で決定するウィンドウ関数 $W_j(E, t_i, T)$ 2-402 のエネルギーに対する重なり積分を計算し、全電子放出源の種類 j について和を取ることに等しいことが分かる。

[0422] 図31に示したステップS2-102-4において、Scを含むMgOについて、第1種の電子放出源のエネルギー状態密度 $D_1(E)$ として、式(2-5)のガウス関数を設定した場合において、図36に従って、実効数 $N_{e,1}$ 、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,1}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,1}$ を求める。このとき、これらパラメータ値を探索するために入力する探索範囲と探索幅、及び、個数について述べる。

[0423]

[数35]

$$D_1(E) = \frac{N_{ee,1}}{\sqrt{2\pi}\sigma_{E,1}} \exp\left\{-\frac{(E - \Delta E_{a,1})^2}{2\sigma_{E,1}^2}\right\} \quad (2-5)$$

[0424] 第1種の電子放出源のフォノン振動数 $f_{ph,1}$ を $1.26 \times 10^{13} \text{ Hz}$ とし、計測条件 $t_i = 1 \text{ ms}$ 、 4 ms 、 10 ms 、 16 ms 、 26 ms 、 50 ms 、 $T = -20^\circ\text{C}$ 、 -10°C 、 0°C 、 10°C 、 20°C 、 40°C 、 60°C に対して、ウインドウ関数のエネルギー領域は $507 \text{ meV} \sim 780 \text{ meV}$ の範囲となる。ウインドウ関数のエネルギー幅の $3k_B T$ は約 75 meV なので、エネルギー領域は $430 \text{ meV} \sim 860 \text{ meV}$ となる。そこで、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,j}$ の探索範囲として、計測条件により決定する $E_m(t_i, T)$ の最小値 $-3k_B T$ から $E_m(t_i, T)$ の最大値 $+3k_B T$ を包含する $400 \text{ meV} \sim 900 \text{ meV}$ とした。活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,j}$ と活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,j}$ のエネルギーの探索幅を、 $E_m(t_i, T)$ のエネルギー間隔の平均値以下の 5 meV とした。

[0425] 次に、実効数 $N_{ee,1}$ は、計測条件の時間オーダー幅が2桁程度なので、実効数の探索範囲はその時間オーダー幅である2桁として、 1×10^n 個/セル $\sim 1 \times 10^{n+2}$ 個/セル ($n = 0 \sim 4$) を離散化した201個とした。以上より、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,1}$ に対する探索範囲は $400 \text{ meV} \sim 900 \text{ meV}$ を 5 meV 幅で離散化した101個の探索点、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,1}$ に対する探索範囲は $5 \sim 100 \text{ meV}$ を 5 meV 幅で離散化した20個の探索点、実効数 $N_{ee,1}$ に対する探索範囲は 1×10^4 個/セル $\sim 1 \times 10^6$ 個/セルを離散化した201個の探索点から構成され、探索範囲と探索幅、及び、全ての組み合わせとして約 4.1×10^5 個のパラメータ値を入力する。

[0426] ステップS2-102-5では、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,1}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,1}$ と実効数 $N_{ee,1}$ の各パラメータ値を設定した式（

2-5) を式 (2-3) に代入し、電子放出源のエネルギー状態密度 $D_1(E)$ とウインドウ関数 $W_1(E, t_i, T)$ のエネルギーに対する重なり積分を計算し、その逆数から $t_{1,s}^{th}(t_i, T)$ を求めることができる。

[0427] ステップ S 2-102-6 において、休止期間 t_i と MgO の温度 T の計測条件の総数 $N = 42$ に対して、式 (2-6) で表された計測データから求めた $t_s^{exp}(t_i, T)$ と計算から求めた $t_{1,s}^{th}(t_i, T)$ の平均二乗誤差 RMS D が最小となる活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,1}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,1}$ 、実効数 $N_{ee,1}$ を求める。

$$[0428] \quad \sum_{N=42} \{ t_s^{exp}(t_i, T) - t_{1,s}^{th}(t_i, T) \}^2 \quad (2-6)$$

このようにして、第 1 種の電子放出源のエネルギー状態密度 $D_1(E)$ に対して、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,1}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,1}$ 、実効数 $N_{ee,1}$ を出力装置 2-103 から出力・表示する。

[0429] 次に、第 2 種の電子放出源について、図 3-1 に示したステップ S 2-102-7 に従って、ステップ S 2-102-4 に戻り、第 2 種の電子放出源のエネルギー状態密度 $D_2(E)$ として、式 (2-7) のガウス関数を設定した場合において、図 3-6 に従って、実効数 $N_{ee,2}$ 、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,2}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,2}$ を求める。このとき、これらパラメータ値を探索するために入力すべき探索範囲と探索幅、及び、個数について述べる。

[0430] [数 36]

$$D_2(E) = \frac{N_{ee,2}}{\sqrt{2\pi}\sigma_{E,2}} \exp \left\{ -\frac{(E - \Delta E_{a,2})^2}{2\sigma_{E,2}^2} \right\} \quad (2-7)$$

[0431] 第 2 種の電子放出源のフォノン振動数 $f_{ph,2}$ を $1.2 \times 10^{13} \text{ Hz}$ として、計測条件 $t_i = 1 \text{ ms}$ 、 4 ms 、 10 ms 、 16 ms 、 26 ms 、 50 ms 、 $T = -20^\circ\text{C}$ 、 -10°C 、 0°C 、 10°C 、 20°C 、 40°C 、 60°C に対し

て、第1種の電子放出源に対して述べたと同様に、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,2}$ に対する探索範囲は $400\text{ meV} \sim 900\text{ meV}$ を 5 meV 幅で離散化した101個の探索点、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,2}$ に対する探索範囲は $5 \sim 100\text{ meV}$ を 5 meV 幅で離散化した20個の探索点、実効数 $N_{e,2}$ に対する探索範囲は 1×10^n 個／セル $\sim 1 \times 10^{n+2}$ 個／セル ($n=0 \sim 4$) を離散化した201個の探索点から構成され、探索範囲と探索幅、及び、全ての組み合わせとして約 4.1×10^5 個のパラメータ値を入力する。

[0432] ステップS2-102-5において、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,2}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,2}$ と実効数 $N_{e,2}$ の各パラメータ値を設定した式(2-7)を式(2-3)に代入し、電子放出源のエネルギー状態密度 $D_2(E)$ とウインドウ関数 $W_2(E, t_i, T)$ のエネルギーに対する重なり積分を計算し、その逆数から $t_{2,s}^{th}(t_i, T)$ を求めることができる。

[0433] ステップS2-102-6において、休止期間 t_i とMgOの温度 T の計測条件の総数 $N=18$ 個に対して、式(2-8)で表された計測データから求めた $t_s^{exp}(t_i, T)$ と計算から求めた $t_{1,s}^{th}(t_i, T)$ と $t_{2,s}^{th}(t_i, T)$ の和に対する平均二乗誤差RMSDが最小となる活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,2}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,2}$ 、実効数 $N_{e,2}$ を求める。

[0434]
$$\sum_{N=18} \{ t_s^{exp}(t_i, T) - t_{1,s}^{th}(t_i, T) - t_{2,s}^{th}(t_i, T) \}^2$$
 (2-8)

このようにして、第1種と第2種の電子放出源のエネルギー状態密度 $D_1(E)$ と $D_2(E)$ に対して、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,1}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,1}$ 、実効数 $N_{e,1}$ 、並びに、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,2}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,2}$ 、実効数 $N_{e,2}$ を出力装置2-103から出力・表示する。

[0435] スカンジウム(Sc)を含むMgOを基にして、更にシリコン(Si)を含むMgOについては、第3種の電子放出源として、第2種の電子放出源と同様に、図31に示したステップS2-102-7に従って、ステップS2-102-4に戻り、第3種の電子放出源のエネルギー状態密度 $D_3(E)$ と

して、式（２－７）のガウス関数を設定した場合において、図３６に従って、実効数 $N_{e,3}$ 、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,3}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,3}$ を求める。

[0436] MgOの温度 T をPDPの温度として、以上の実験方法と解析手法により得られた、本発明によるMgOからなる保護層のスカンジウム（Sc）、シリコン（Si）に起因した電子放出源のエネルギー状態密度 $D_1(E)$ 2-501、 $D_2(E)$ 2-502、 $D_3(E)$ 2-503を図３７に示す。これらのエネルギー状態密度 $D_j(E)$ はMgOからなる保護層に含まれる各元素の濃度に依存する。図３７の破線2-504は、PDPに要求される前記の動作保証温度範囲 $-20 \sim 60^\circ\text{C}$ と休止期間 $t_i = 1 \sim 50 \text{ ms}$ におけるウィンドウ関数のエネルギー領域 $430 \sim 860 \text{ meV}$ である。つまり、このウィンドウ関数のエネルギー領域にエネルギー状態密度が広く分布していることが望ましい。

[0437] 解析の結果、スカンジウム（Sc）を含む酸化マグネシウム（MgO）は第１種の電子放出源であるエネルギー準位（浅いエネルギー準位と称す）と第２種の電子放出源である第１種の電子放出源より比較的深いエネルギー準位（深いエネルギー準位と称す）のトラップ準位で構成されていることが明らかである。また、第１種の電子放出源である浅いエネルギー準位と第２種の電子放出源である深いエネルギー準位では、第１種の電子放出源である浅いエネルギー準位のエネルギー状態密度が大きい。そのため、パネル表面温度が上昇するに従い、エネルギー状態密度が減少することとなり統計遅れ時間 t_d は悪化する。

[0438] 一方、シリコン（Si）を含む酸化マグネシウム（MgO）は、第３種の電子放出源である深いエネルギー準位で構成される。そのため、パネル表面温度が上昇するに従い、統計遅れ時間は改善されることが明らかである。また、スカンジウム（Sc）の第２種の電子放出源とシリコン（Si）の第３種の電子放出源はほぼ同じ活性化エネルギーである。

[0439] このことから、スカンジウム（Sc）とシリコン（Si）に起因する第１

種、第2種及び第3種の電子放出源を組み合わせ、更にMgOからなる保護層に含まれる各元素の濃度を制御することにより、統計遅れ時間 t_s と電圧変動 ΔV_{AY} を制御できることが明らかである。

[0440] 図38は本発明の実施の形態のプラズマディスプレイ装置について、前記の動作保証温度範囲 $-10 \sim 60^\circ\text{C}$ と最大リセット間隔、即ち休止期間 $t_i = 1\text{ms}$ 、 $16.67\text{ms} (= 1/60\text{s})$ 、 $50\text{ms} (= 1/20\text{s})$ の駆動方法において、良好なアドレス放電を行うことができる酸化マグネシウム (MgO) に対するスカンジウム (Sc) とシリコン (Si) の濃度範囲をハッチングで表している。このハッチングした部分は、評価及び解析結果に加え、保護層の結晶性等に起因したプライミング電子放出源の生成率によるスカンジウム (Sc) とシリコン (Si) の濃度に対する特性の分布も加味している。

[0441] ハッチングした部分の(1)の範囲は、スカンジウム (Sc) 及びシリコン (Si) を含み、スカンジウム (Sc) の濃度が5質量ppm以上525質量ppm以下であり、シリコン (Si) の濃度が5質量ppm以上1000質量ppm以下であり、且つ、下記式(2-1)を満たすことを特徴とすることにより、休止期間 $t_i = 1\text{ms}$ において良好な放電特性を得ることができる。

$$[0442] \quad y \leq -3.5x + 1845 \quad (2-1)$$

但し、式(2-1)において、 y はシリコン (Si) 濃度、 x はスカンジウム (Sc) 濃度を示し、単位は質量ppmである。

[0443] また、ハッチングした部分の(2)の範囲は、スカンジウム (Sc) の濃度が7質量ppm以上217質量ppm以下であり、シリコン (Si) の濃度が5質量ppm以上405質量ppm以下であり、且つ、下記式(2-II)を満たすことを特徴とすることにより、休止期間 $t_i = 16.67\text{ms} (= 1/60\text{s})$ において良好な放電特性を得ることができる。

$$[0444] \quad -74x + 887 \leq y \leq -1.9x + 418 \quad (2-II)$$

但し、式(2-II)において、 y はシリコン (Si) 濃度、 x はスカンジ

ウム（Sc）濃度を示し、単位は質量ppmである。式（2-III）を満たす（2）の範囲では、休止期間 t_i 、即ち最大リセット間隔を1TVFに相当する16.67msとする駆動が可能であり、輝度とコントラスト向上のためにリセット回数を減らした駆動方法を実現することが出来る。これにより、高輝度、高コントラストなプラズマディスプレイ装置が得られる。

[0445] さらに、ハッチングした部分の（3）の範囲は、スカンジウム（Sc）の濃度が15質量ppm以上200質量ppm以下であり、シリコン（Si）の濃度が5質量ppm以上284質量ppm以下であり、且つ、下記式（2-III）、（2-IV）を満たすことを特徴とすることにより、休止期間 $t_i = 50\text{ms}$ （ $= 1/20\text{s}$ ）において良好な放電特性を得ることができる。

[0446] $-63x + 1227 \leq y \leq -1.5x + 306$ （2-III）

$-1.5x + 87 \leq y \leq -1.5x + 306$ （2-IV）

但し、式（2-III）及び（2-IV）において、 y はシリコン（Si）濃度、 x はスカンジウム（Sc）濃度で、単位は質量ppmであり、スカンジウム（Sc）濃度 x は式（2-III）において $15 \leq x < 19$ 、式（2-IV）において $19 \leq x \leq 200$ の範囲が適当である。式（2-III）及び（2-IV）を満たす（3）の範囲では、休止期間 t_i 、即ち最大リセット間隔を3TVFに相当する50msとする駆動が可能であり、輝度とコントラスト向上のためにリセット回数を大きく減らした駆動方法を実現することが出来る。これにより、更に高輝度、高コントラストなプラズマディスプレイ装置が得られる。

[0447] 以上から、本実施の形態において、保護層5のMgOに対するスカンジウム（Sc）の濃度を5質量ppm以上525質量ppm以下であり、シリコン（Si）の濃度を5質量ppm以上1000質量ppm以下とすることにより、 $-10 \sim 60^\circ\text{C}$ の広い温度範囲で最大リセット間隔を1～50msとしたときに、高精細なPDPを低コストなシングルスキャン方式で駆動することができ、高温で動作させても電圧変動 ΔV_{AY} による黒ノイズが実用上問題のないプラズマディスプレイ装置が得られる。

[0448] 本実施の形態では、不純物添加元素として、スカンジウム（S c）及びシリコン（S i）を挙げている。この放電遅れ改善の効果は、M g Oに不純物元素を添加したことによる伝導帯から0. 6 e V程度の深さの浅いところに存在するトラップ準位の形成により、プライミング電子が増大したためと考えられており、同様にトラップ準位を形成するその他、ランタン（L a）、サマリウム（S m）、イットリウム（Y）、水素（H）の内の少なくとも一種を含んだ不純物元素を含有させても構わない。

[0449] 以上、本発明者によってなされた発明を、実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることは言うまでもない。

[0450] [第3の技術の発明を実施するための形態]

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、実施の形態を説明するための全図において、同一の機能を有する部材には同一の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する場合がある。

[0451] <実施の基本形態>

（P D P基本構造）

まず、本発明の理解を容易にするために、本発明者らが検討したP D Pの一例としてA C面放電型P D Pの基本構造などについて説明する。なお、本願においてP D Pを構成する2つの基板の「前面板」と「背面板」は、両者を組み立ててパネル化した際に、蛍光体による発光が通過して表示面となる方を前面板、表示面とならない方を背面板として説明する。また、本願では、「前面板」および「背面板」はそれぞれガラス基板から構成される前面基板および背面基板をベースとして説明する。

[0452] 図39は本発明者らが検討したいわゆるボックス型のA C面放電型のP D P 3-15の要部を模式的に示す分解斜視図である。図40は組み立て後の図39の放電セル3-C Lのx-z平面の断面図である。図41は組み立て後の図39の放電セル3-C Lのy-z平面の断面図である。

[0453] まず、前面板3-12およびその形成方法について説明する。前面基板3

ー 1 上にストライプ状の透明電極 3-4 a、3-5 a とバス電極 3-4 b、3-5 b とで構成される表示電極 3-6 が配設され、表示電極 3-6 はサステイン電極（X 電極）3-4 とスキャン電極（Y 電極）3-5 の対からなる。透明電極 3-4 a、3-5 a は透明導電体である酸化インジウムスズ（ITO）からなる膜で形成され、その上に銀の単層膜からなるバス電極 3-4 b、3-5 b が透明電極 3-4 a、3-5 a より狭い幅で付設されている。なお、透明電極 3-4 a、3-5 a として酸化スズや酸化亜鉛等、バス電極 3-4 b、3-5 b としてアルミニウムの単層膜、またはクロム／銅／クロムの積層膜で形成しても構わない。

[0454] 表示電極 3-6 を構成する透明電極 3-4 a、3-5 a とバス電極 3-4 b、3-5 b は誘電体層 3-2 により覆われる。誘電体層 3-2 は誘電体ガラス膜で形成される。そして誘電体層 3-2 の表面上に保護層 3-3 が形成される。この保護層 3-3 の詳細については、各実施の形態で説明する。

[0455] 次に、背面板 3-1 3 およびその形成方法について説明する。背面基板 3-1 1 上に表示電極 3-6 と直交したストライプ状のアドレス電極（A 電極）3-1 0 が配設される。背面基板 3-1 1 はガラス基板であり、アドレス電極（A 電極）3-1 0 はアルミニウムの単層膜、またはクロム／銅／クロムの積層膜で形成される。

[0456] アドレス電極（A 電極）3-1 0 は誘電体層 3-9 によって覆われ、その上には放電距離維持と隣接セル間のクロストークを防止する隔壁 3-7 が形成される。誘電体層 3-9 は誘電体ガラス膜で形成される。隔壁 3-7 は前面板 3-1 2 の表示電極 3-6 とアドレス電極（A 電極）3-1 0 と平行に配設されており、アドレス電極（A 電極）3-1 0 は隔壁 3-7 間に位置する。表示電極 3-6 と対向する各隔壁 3-7 で囲まれた領域（空間）は放電空間 3-1 4 であり、この放電空間 3-1 4 に接するように誘電体層 3-9 上には蛍光体層 3-8 が形成される。蛍光体層 3-8 は赤色が $(Y, Gd)BO_4 : Eu^{2+}$ 、青色が $BaMgAl_{10}O_{17} : Eu^{2+}$ 、緑色が $Zn_2SiO_4 : Mn^{2+}$ で形成される。

[0457] 表示電極 3-6 とアドレス電極（A 電極） 3-10 を直交するように前面板 3-12 と背面板 3-13 を対向配置させ、両板の非表示領域を封着剤により封着する。これにより外気と隔離された放電空間 3-14 が形成される。放電空間 3-14 には、放電ガスとしてネオン（Ne）－キセノン（Xe）をガス基体とした混合ガスが所定の圧力及び分圧で封入される。本発明での放電ガスは、全圧が 450 Torr であり、組成比 8% 以上となる量で Xe を含んで構成されたガスである。

[0458] （PDP 装置）

図 42 は、PDP 3-15 を備えたプラズマディスプレイ装置（以下、PDP 装置とも記す） 3-20 の構成を示す説明図である。プラズマディスプレイ装置 3-20 は、アドレス電極（A 電極） 3-10、スキャン電極（Y 電極） 3-5、サステイン電極（X 電極） 3-4 を有する PDP 3-15 と、アドレス電極（A 電極） 3-10 を駆動するためのアドレス駆動回路 3-21 と、スキャン電極（Y 電極） 3-5 を駆動するためのスキャンパルス出力回路 3-22 と、サステイン電極（X 電極） 3-4 を駆動するためのサステインパルス出力回路 3-23 と、これらの出力回路を制御する駆動制御回路 3-24 と、入力信号の処理を行う信号処理回路 3-25 と、PDP 3-15 などに電圧を印加する駆動電源 3-26 と映像信号を生成する映像源 3-27 からなる駆動装置を備えている。

[0459] プラズマディスプレイ装置 3-20 は、PDP 3-15 が完成した後、PDP 3-15 の電極とフレキシブル基板とを異方性導電フィルムによって接合する。その後、PDP 3-15 の変形を防ぎ、放熱性を良くするために例えばアルミニウムなどの板が取り付けられ、この板の上に、駆動電源 3-26 やアドレス駆動回路 3-21 などの駆動装置が組み込まれ、プラズマディスプレイモジュールが完成する。その後、さらに検査などを行い、外装ケースを取り付けることによって、プラズマディスプレイ装置 3-20 が完成する。

[0460] （PDP 駆動方法）

PDP 3-15に画像の階調表示方式としてADS (Address Display-Period Separation) を適用した場合について説明する。図43は階調表示方式であるADSにおける1TVフィールドとサブフィールドの構成を説明するための図である。図44は図43中のアドレス期間において、放電セルを選択してアドレス放電させる駆動方法を説明するための図である。なお、図44中のGNDは基準電圧（基準電位）である。

[0461] 図43 (I) で示されるように1フィールド ($1/60\text{ s} \div 16.67\text{ ms}$) を所定の輝度比を有する複数のサブフィールドに分割している。それらのサブフィールドを画像に応じて選択的に発光させ、輝度の違いにより階調を表現している。各サブフィールドは、図43 (II) で示されるリセット期間、アドレス期間、サステイン期間で基本的に構成されている。

[0462] リセット期間では、表示電極間に放電開始電圧以上の電圧が印加され、全ての放電セルでリセット放電が起こる。これにより、全ての放電セル内の壁電圧、即ち帯電状態をほぼ均一に揃えることができる。

[0463] アドレス期間では、画像データに基づき選択された放電セルのアドレス電極 (A電極) とスキャン電極 (Y電極) に電圧が印加される。図43は、3つの連続したスキャン電極 (Y電極) であり、(Y_i 電極) と (Y_{i+2} 電極) が選択され、(Y_{i+1} 電極) が選択されない時の、各電極に印加される電圧波形である。選択された放電セルの (Y_i 電極) と (Y_{i+2} 電極) には、 $-V_y$ のスキャンパルスが印加されるのと同期してアドレス電極 (A電極) に電圧 V_a のアドレス電圧が印加されてアドレス放電 (選択放電) が起こる。選択されアドレス放電が起こった放電セルでは、サステイン期間で行われるサステイン放電 (表示放電) を行うのに必要な壁電荷が形成される。一方、選択されない放電セルの (Y_{i+1} 電極) では、 $-V_y$ のスキャンパルスが印加される時にアドレス電極 (A電極) にアドレス電圧が印加されないため、アドレス放電が起こらない。これにより表示放電を行うのに必要な壁電荷が形成されず、サステイン期間でサステイン放電が起こらない。スキャンパルスの幅は、各サブフィールドのアドレス期間を表示電極対数によらず一定とすると、

表示電極対数が増加するに従い短くなる。そのため、表示電極対数に応じて許容されるアドレス遅れ時間 t_d は異なる。

[0464] サステイン期間では、サステイン電極（X電極）とスキャン電極（Y電極）にサステインパルスが交互に印加され、選択された放電セルにおいてサステイン放電が起こる。例えば、2進法に基づく輝度の重みを持った8個のサブフィールドを設けると、赤（R）、緑（G）、青（B）の放電セルはそれぞれ 2^8 （=256）階調の輝度表示が得られ、約1678万色の色表示が可能となる。

[0465] 次に、本発明者らが本発明に至ったアドレス放電遅れ時間測定方法と解析手法について説明する。

[0466] （アドレス放電遅れ時間測定方法）

アドレス放電遅れ時間 t_d を図45に示す測定用駆動波形を用いて、PDPの管面温度 T を $-10 \sim 60^\circ\text{C}$ として測定する。この測定用駆動波形の繰返し周期は 100ms である。また、リセット放電期間と予備放電期間の各パルスの幅は $30\mu\text{s}$ である。

[0467] リセット放電期間では表示電極対を構成するサステイン電極（X電極）とスキャン電極（Y電極）間でリセット放電を発生させ、放電セル内の壁電圧、即ち帯電状態をほぼ均一に揃える。これにより、以前の放電による影響を除去する。予備放電期間では、測定する放電セルを選択するためにアドレス電極（A電極）に電圧を印加した後にサステイン電極（X電極）とスキャン電極（Y電極）に電圧を印加し、サステイン電極（X電極）とスキャン電極（Y電極）間で4回放電を発生させる。このとき、その後、サステイン電極（X電極）とスキャン電極（Y電極）に印加する電圧は、予備放電期間で測定する放電セルで安定した放電が発生する電圧値である。休止期間開始時に一度サステイン電極（X電極）とスキャン電極（Y電極）間で放電を発生させ、電圧を印加した状態で $10\mu\text{s} \sim 50\text{ms}$ の休止期間 t_i を経過した後に、アドレス放電期間にアドレス電極（A電極）に電圧を印加し、この電圧印加時から実際に放電が開始されるまでの時間を1000回測定する。このア

ドレス放電期間にアドレス電極（A電極）に印加する電圧は、測定セルで安定した放電が発生する電圧値である。

[0468] この測定用駆動波形において、保護層は各放電により励起されることで電子がトラップ準位に捕捉され、この電子の一部がプライミング電子として放電空間に放出される。

[0469] （解析方法）

アドレス放電遅れ時間 t_d は、Y電極、X電極とA電極の印加電圧とリセット放電後の残留壁電荷に依存する形成遅れ時間 t_f 、並びに、放電の種火となるプライミング電子が保護層から放出されるまでの統計遅れ時間 t_s の和で構成される。

[0470] 保護層からプライミング電子が放電空間に放出されることは統計現象であるため、統計遅れ時間 t_s には揺らぎが生じる。図46は、同一放電セルにおけるアドレス放電遅れ時間 t_d を繰り返し計測した計測データを、アドレス放電遅れ時間 t_d 毎に累積数（3-2001）で表示した放電遅れ時間の頻度分布の一例である。なお、3-2002は既放電確率Gを示す。同一放電セルにもかかわらず、約500nsをピークに、放電時間が早い場合は400ns、放電時間が遅い場合は1000ns以上を示しており、左右非対称な形状を示している。この繰り返し計測した計測データを用いて以下の方法により、統計遅れ時間 t_s に関係する保護層のプライミング電子放出特性を解析し、プライミング電子の放出時定数 $t_s^{th}(t_i, T)$ を算出する。

[0471] 図47はプライミング電子放出特性の解析システム及び解析方法において、その構成及び手順の一例を示すブロック図、図48はその解析システムのハードウェア構成の一例を示すブロック図である。

[0472] まず、図47及び図48により、本発明に用いたプライミング電子放出特性の解析システムの構成を説明する。本発明に用いた解析システムは、保護層中の電子放出源に対する電子放出特性の解析システムとされ、パーソナルコンピュータ3-2200と、計算装置3-102などから構成されている。パーソナルコンピュータ3-2200は、記憶装置を含む入力装置3-1

01と、画像処理装置を含む出力装置3-103などから構成される。計算装置3-102は、CPU装置3-2201と、記憶装置3-2202などから構成され、CPU装置3-2201と記憶装置3-2202は、データ転送用結合バス3-2204により接続されている。

[0473] なお、図48では、複数の計算装置3-102が、データ転送用結合バス3-2205によりマトリクス状に接続される構成となっているが、これに限定されず、計算装置3-102は1つであってもよく、また、パーソナルコンピュータ3-2200内に設けてもよい。

[0474] 次に、図47及び図48により、本発明で用いた電子放出特性の解析システムについて、その動作例を説明する。計算装置3-102において、記憶装置3-2202には電子放出特性の解析プログラムが記憶（保持）されており、パーソナルコンピュータ3-2200からの指示により、CPU装置3-2201がそのプログラムを読み出して演算処理を行う。その演算処理の結果は、記憶装置3-2202に保存される。演算処理に必要なデータ類は、パーソナルコンピュータ3-2200から、データ転送用結合バス3-2205を介して送信される。また、計算装置3-102における演算処理の結果は、データ転送用結合バス3-2205を介して、パーソナルコンピュータ3-2200に送信される。また、パーソナルコンピュータ3-2200において、演算処理に必要なデータは入力装置3-101から入力され、演算処理の結果は出力装置3-103で出力・表示される。

[0475] 図47に示すように、計算装置3-102における演算処理は、以下の手順で実行される。

[0476] まず、ステップS3-102-1において、PDPに対して計測した、サステイン電圧印加後からアドレス電圧印加までの休止期間 t_i とMgOの温度Tに対するアドレス放電遅れ時間 t_d の計測データを、入力装置3-101から計算装置3-102に入力する。尚、上記MgOの温度Tはパネル表面温度としている。

[0477] 次に、ステップS3-102-2において、計算装置3-102では、各

休止期間 t_i と MgO の温度 T に対する計測データをもとに、アドレス放電遅れ時間毎の累積数を計算し、放電確率頻度 $P(t)$ を算出する。

[0478] 図 49 に、放電確率頻度の最大値を 1 に規格化した放電確率頻度 $P(t)$ 3-201 を示した。放電確率頻度 $P(t)$ は、短時間側ではガウス関数型であるが、長時間側はテールを引いた非対称な形状である。この放電確率頻度 $P(t)$ と式 (3-1) を用いて、既放電確率 $G(t)$ を算出する。図 49 には、既放電確率 $G(t)$ 3-202 を示した。既放電確率 $G(t)$ は、下に凸から上に凸の形状を示し、長時間側で傾きはなだらかになっている。

[0479] [数37]

$$G(t) = \int_0^t P(t) dt \quad (3-1)$$

[0480] ステップ S 3-102-3 において、形成遅れ時間 t_f の揺らぎを取り除き、プライミング電子の電子放出時定数 t_{se}^{exp} を求めるために、

[0481] [数38]

$$t \gg t_f^{ave} + \sigma_{t_f} + \sigma_{t_f}^2 / t_s^{th}$$

[0482] を満たす長時間領域における既放電確率 $G(t)$ とその時刻 t を用いる。ここで、 t_f^{ave} は形成遅れ時間 t_f の平均値、 σ_{t_f} は形成遅れ時間 t_f の分散値である。形成遅れ時間の平均値 t_f^{ave} と形成遅れ時間の分散値 σ_{t_f} は、アドレス電圧印加時にプライミング電子が存在するような短い休止期間 t_i の計測データに対して、そのアドレス放電遅れ時間の平均値と分散値から求めることが

できる。図 4 9 に示すように、

[0483] [数39]

$$t_a, t_b \gg t_f^{ave} + \sigma_{t_f} + \sigma_{t_f}^2 / t_s^{th} \quad (3-2)$$

[0484] の長時間領域 3-203 を満たす t_a 、 t_b 、その既放電確率 $G(t_a)$ と $G(t_b)$ 、並びに、式 (3-2) を用いて、プライミング電子の電子放出時定数 t_s^{exp} を算出する。

[0485] [数40]

$$t_s^{exp} = (t_b - t_a) / \ln \frac{1 - G(t_a)}{1 - G(t_b)} \quad (3-3)$$

[0486] 例えば、 $t_i = 0.1 \text{ ms}$ 、 $T = 25^\circ\text{C}$ の短い休止期間に対するアドレス放電遅れ時間の計測データでは、アドレス放電遅れ時間の平均値 $t_f^{ave} = 0.59 \mu\text{s}$ 、分散値 $\sigma_{t_f} = 0.09 \mu\text{s}$ である。そして、解析対象の計測条件 $t_i = 50 \text{ ms}$ 、 $T = 25^\circ\text{C}$ における既放電確率 $G(t)$ が 63.2% と 95% となる時刻 $t_{63.2}$ と t_{95} は夫々に $0.84 \mu\text{s}$ と $1.45 \mu\text{s}$ である。式 (3-3) を用いて得られた t_s^{exp} ($t_i = 50 \text{ ms}$ 、 $T = 25^\circ\text{C}$) は $0.31 \mu\text{s}$ である。よって、

[0487] [数41]

$$t_f^{ave} + \sigma_{t_f} + \sigma_{t_f}^2 / t_s^{th}$$

[0488] は0.71 μ sになることから、

[0489] [数42]

$$t_{63.2}, t_{95} \gg t_f^{ave} + \sigma_{t_f} + \sigma_{t_f}^2 / t_s^{th}$$

[0490] の長時間領域の条件を満たすことが分かる。

[0491] 同様にして、図50には、 $t_i = 1\text{ms}$ 、 10ms 、 50ms と $T = -10^\circ\text{C}$ (263.15K)、 10°C (283.15K)、 25°C (298.15K)、 60°C (333.15K)の12個の計測条件に対する計測データから求めたプライミング電子の電子放出時定数 $t_{s,\text{exp}}$ をプロット3-301で示した。このようにして、休止期間 t_i とMgOの温度 T における電子放出時定数 $t_{s,\text{exp}}$ を求めることができる。

[0492] 次に、電子放出源の種類 j のエネルギー状態密度 $D_j(E)$ を解析する方法を述べる。計算から求められるプライミング電子の電子放出時定数 $t_{s,\text{th}}$ は、式(3-4)と(3-5)によりエネルギー状態密度 $D_j(E)$ と関係付けられる。

[0493] [数43]

$$t_s^{th-1}(t_i, T) = \sum_j \int D_j(E) W_j(E, t_i, T) dE \quad (3-4)$$

[0494] [数44]

$$W_j(E, t_i, T) = f_{ph,j} \exp \left\{ - \left[\frac{E}{k_B T} + t_i f_{ph,j} \exp \left(- \frac{E}{k_B T} \right) \right] \right\} \quad (3-5)$$

[0495] ここで、 E はプライミング電子放出源のエネルギー深さ（以下、エネルギー

とも称する)、 f_{ph} は電子放出源のフォノン振動数、 k_B はボルツマン定数である。また、 $W_j(E, t_i, T)$ は、休止期間 t_i と MgO の温度 T の計測条件に対して、

[0496] [数45]

$$E_m(t_i, T) = k_B T \ln(t_i f_{ph,j})$$

[0497] を中心に最大値 $e^{-1} t_i^{-1}$ とエネルギー幅 ± 数 $k_B T$ を有するウィンドウ関数である。計測条件として、休止期間 t_i を一定、MgO の温度 T を変化させた計測では、ウィンドウ関数は、最大値 $e^{-1} t_i^{-1}$ を一定としてエネルギー $E_m(t_i, T)$ が推移する。一方、MgO の温度 T を一定、休止期間 t_i を変化させた計測では、 $E_m(t_i, T)$ が推移しながら、最大値 $e^{-1} t_i^{-1}$ も変化する。

[0498] 図 5 1 に、休止期間 $t_i = 0.01 \text{ ms}$ 、 0.1 ms 、 1 ms 、 10 ms 、 100 ms 、 1000 ms と MgO の温度 $T = -10^\circ\text{C}$ (263.15 K)、 0°C (273.15 K)、 10°C (283.15 K)、 25°C (298.15 K)、 40°C (313.15 K)、 60°C (333.15 K) におけるウィンドウ関数が最大となるエネルギー

[0499] [数46]

$$E_m(t_i, T) = k_B T \ln(t_i f_{ph,j})$$

[0500] を示した。ここで、電子放出源のフォノン振動数 f_{ph} は $3.1 \times 10^{13} \text{ Hz}$ とした。休止期間 $t_i = 0.01 \text{ ms}$ と MgO の温度 $T = -10^\circ\text{C}$ では、ウイ

ンドウ関数が最大となるエネルギーは443 meVである。また、休止期間 $t_i = 1000 \text{ ms}$ とMgOの温度 $T = 60^\circ\text{C}$ では、ウインドウ関数が最大となるエネルギーは892 meVを表している。

[0501] 図52に示すように、電子放出時定数 $t_{e,th}$ の逆数は、未知なる電子放出源のエネルギー状態密度 $D_j(E)$ 3-401と計測条件で決定するウインドウ関数 $W_j(E, t_i, T)$ 3-402のエネルギーに対する重なり積分を計算し、全電子放出源の種類 j について和を取ることに等しいことが分かる。

[0502] ステップS3-102-4において、電子放出源のエネルギー状態密度 $D_j(E)$ として、式(3-6)のガウス関数を設定した場合において、図53の条件に従って、一つの電子放出源の種類 j に対して、実効数 $N_{ee,j}$ 、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,j}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,j}$ を求める。このとき、これらパラメータ値を探索するために入力すべき探索範囲と探索幅、及び、個数について述べる。

[0503] [数47]

$$D_j(E) = \frac{N_{ee,j}}{\sqrt{2\pi}\sigma_{E,j}} \exp\left\{-\frac{(E - \Delta E_{a,j})^2}{2\sigma_{E,j}^2}\right\} \quad (3-6)$$

[0504] 計測条件 $t_i = 1 \text{ ms}$ 、 10 ms 、 50 ms 、 $T = -10^\circ\text{C}$ 、 10°C 、 25°C 、 60°C に対して、ウインドウ関数が最大となるエネルギーは526 meV～778 meVの範囲となる。ウインドウ関数のエネルギー幅の $3k_B T$ は約75 meVなので、エネルギー領域は451 meV～853 meVとなる。そこで、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,j}$ の探索範囲として、計測条件により決定する $E_m(t_i, T)$ の最小値 $-3k_B T$ から $E_m(t_i, T)$ の最大値 $+3k_B T$ を包含する400 meV～900 meVとした。また、計測条件により決定する $E_m(t_i, T)$ のエネルギー間隔は、最小間隔は10.1 meV、最大間隔は52.2 meV、平均間隔は31.5 meVなので、実験精度は高々30 meV程度である。そこで、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,j}$

と活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,j}$ のエネルギーの探索幅を、 $E_m(t_i, T)$ のエネルギー間隔の平均値以下の 10 meV とした。さらに、実効数 $N_{e,j}$ は、計測条件 t_i の時間オーダー幅が 2 桁程度なので、実効数の探索範囲はその時間オーダー幅である 2 桁として、 1×10^5 個/セル $\sim 1 \times 10^7$ 個/セルとした。そこで、実効数 $N_{e,j}$ の探索点として、 1×10^5 個/セル、 1.1×10^5 個/セル、 2×10^5 個/セル、 2.1×10^5 個/セル、 1×10^6 個/セル、 1.1×10^6 個/セル、 2×10^6 個/セル、 2.1×10^6 個/セル、 1×10^7 個/セルの 201 個とした。以上より、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,j}$ に対する探索範囲は $400 \text{ meV} \sim 900 \text{ meV}$ を 10 meV 幅で離散化した 51 個の探索点、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,j}$ に対する探索範囲は $5 \sim 100 \text{ meV}$ を 10 meV 幅で離散化した 10 個の探索点、実効数 $N_{e,j}$ に対する探索範囲は 1×10^5 個/セル $\sim 1 \times 10^7$ 個/セルを離散化した 201 個の探索点から構成され、探索範囲と探索幅、及び、全ての組み合わせとして約 1×10^5 個のパラメータ値を入力する。

[0505] ステップ S3-102-5において、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,j}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,j}$ と実効数 $N_{e,j}$ の各パラメータ値を設定した式 (3-6) を式 (3-4) に代入し、電子放出源のエネルギー状態密度 $D_j(E)$ とウインドウ関数 $W_j(E, t_i, T)$ のエネルギーに対する重なり積分を計算し、その逆数から $t_s^{\text{th}}(t_i, T)$ を求めることができる。ここで、一つの電子放出源の種類 j のフォノン振動数 $f_{ph,j}$ を $1.19 \times 10^{13} \text{ Hz}$ とした。

[0506] ステップ S3-102-6において、休止期間 t_i と MgO の温度 T の計測条件の総数 $N=12$ 個に対して、式 (3-7) で表された計測データから求めた $t_s^{\text{exp}}(t_i, T)$ と計算から求めた $t_s^{\text{th}}(t_i, T)$ の平均二乗誤差 RMSD が最小となる活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,j}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,j}$ 、実効数 $N_{e,j}$ を求める。

$$[0507] \quad \sum_{N=12} \{ t_s^{\text{exp}}(t_i, T) - t_s^{\text{th}}(t_i, T) \}^2 \quad (3-7)$$

図54に、計測データから求めた $t_{s}^{exp}(t_i, T)$ をプロット3-301で、計算から求めた $t_{s}^{th}(t_i, T)$ を実線3-501で示した。両者は極めて良い一致を示している。結果的に、平均二乗誤差RMSDは最小値165 nsであり、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,j} = 760 \text{ meV}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,j} = 55 \text{ meV}$ 、実効数 $N_{e,j} = 1.3 \times 10^6$ 個/セルであることが求められた。

[0508] このようにして、図55に示すように、未知の電子放出源のエネルギー状態密度 $D_j(E)$ 3-601として、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,j} = 760 \text{ meV}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,j} = 55 \text{ meV}$ 、実効数 $N_{e,j} = 1.3 \times 10^6$ 個/セルを出力装置3-103から出力・表示する。

[0509] 次に、前記図47および図48に対し、保護層中に複数の電子放出源が存在すると考えられる場合の解析システム及び解析方法について述べる。図56は、このときの電子放出特性の解析システム及び解析方法において、その構成及び手順の一例を示すブロック図である。但し、電子放出特性の解析システムのハードウェア構成、及びその動作例は、前記図48に示した単一の電子放出源の解析システムと同一であるので、その説明を省略する。

[0510] 図56に示すように、複数の電子放出源の解析システムによる計算装置3-102における演算処理は、以下の手順で実行される。

[0511] ステップS3-102-1～S3-102-3は、前記実施の形態1と同じである。ステップS3-102-1において、PDPパネルに対して計測した、休止期間 t_i とMgOの温度 T に対するアドレス放電遅れ時間 t_d の計測データを入力装置3-101から計算装置3-102に入力する。ステップS3-102-2において、各休止期間 t_i とMgO温度 T に対する計測データをもとに、アドレス放電遅れ時間毎の累積数を計算し、放電確率頻度 $P(t)$ と既放電確率 $G(t)$ を算出する。ステップS3-102-3において、

[0512]

[数48]

$$t_a, t_b \gg t_f^{ave} + \sigma_{t_f} + \sigma_{t_f}^2 / t_s^{th}$$

[0513] の長時間領域を満たす t_a 、 t_b 、その既放電確率 $G(t_a)$ と $G(t_b)$ 、並びに、式(3-3)を用いて、プライミング電子の電子放出時定数 $t_{s^{exp}}$ を算出する。

[0514] 図57に、計測条件 $t_i = 1\text{ms}$ 、 10ms 、 50ms 、 $T = -10^\circ\text{C}$ 、 0°C 、 10°C 、 25°C 、 40°C 、 60°C において、18個の計測条件に対する計測データから求めたプライミング電子の電子放出時定数 $t_{s^{exp}}$ をプロット3-801で示した。

[0515] ステップS3-102-4において、第1種の電子放出源のエネルギー状態密度 $D_1(E)$ として、式(3-7)のガウス関数を設定した場合において、図53に従って、実効数 $N_{ee,1}$ 、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,1}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,1}$ を求める。このとき、これらパラメータ値を探索するために入力すべき探索範囲と探索幅、及び、個数について述べる。

[0516] [数49]

$$D_1(E) = \frac{N_{ee,1}}{\sqrt{2\pi}\sigma_{E,1}} \exp\left\{-\frac{(E - \Delta E_{a,1})^2}{2\sigma_{E,1}^2}\right\} \quad (3-8)$$

[0517] 計測条件 $t_i = 1\text{ms}$ 、 10ms 、 50ms 、 $T = -10^\circ\text{C}$ 、 0°C 、 10°C 、 25°C 、 40°C 、 60°C に対して、ウィンドウ関数のエネルギー領域は $451\text{meV} \sim 853\text{meV}$ の範囲となる。前記単一の電子放出源と同様に、

活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,1}$ の探索範囲として、 $400 \text{ meV} \sim 900 \text{ meV}$ とした。また、計測条件により決定する $E_m(t_i, T)$ のエネルギー間隔は、最小間隔は 0.5 meV 、最大間隔は 46.2 meV 、平均間隔は 14.8 meV なので、実験精度は高々 10 meV 程度である。そこで、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,1}$ と活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,1}$ のエネルギーの探索幅を、 $E_m(t_i, T)$ のエネルギー間隔の平均値以下の 5 meV とした。

[0518] 次に、実効数 $N_{ee,1}$ は、計測条件の時間オーダー幅が 2 桁程度なので、実効数の探索範囲はその時間オーダー幅である 2 桁として、 1×10^5 個／セル $\sim 1 \times 10^7$ 個／セルを離散化した 201 個とした。以上より、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,1}$ に対する探索範囲は $400 \text{ meV} \sim 900 \text{ meV}$ を 5 meV 幅で離散化した 101 個の探索点、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,1}$ に対する探索範囲は $5 \sim 100 \text{ meV}$ を 5 meV 幅で離散化した 20 個の探索点、実効数 $N_{ee,1}$ に対する探索範囲は 1×10^5 個／セル $\sim 1 \times 10^7$ 個／セルを離散化した 201 個の探索点から構成され、探索範囲と探索幅、及び、全ての組み合わせとして約 4.1×10^5 個のパラメータ値を入力する。

[0519] ステップ S3-102-5 では、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,1}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,1}$ と実効数 $N_{ee,1}$ の各パラメータ値を設定した式 (3-8) を式 (3-4) に代入し、電子放出源のエネルギー状態密度 $D_1(E)$ とウインドウ関数 $W_1(E, t_i, T)$ のエネルギーに対する重なり積分を計算し、その逆数から $t_{1,s}^{th}(t_i, T)$ を求めることができる。ここで、第 1 種の電子放出源のフォノン振動数を $1.19 \times 10^{13} \text{ Hz}$ とした。

[0520] ステップ S3-102-6 において、休止期間 t_i と MgO の温度 T の計測条件の総数 $N=18$ に対して、式 (3-9) で表された計測データから求めた $t_s^{exp}(t_i, T)$ と計算から求めた $t_{1,s}^{th}(t_i, T)$ の平均二乗誤差 RMSD が最小となる活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,1}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,1}$ 、実効数 $N_{ee,1}$ を求める。

[0521]
$$\sum_{N=18} \{ t_s^{exp}(t_i, T) - t_{1,s}^{th}(t_i, T) \}^2 \quad (3-9)$$

9)

図58に、計測データから求めた $t_{s}^{exo}(t_i, T)$ をプロット3-801、計算から求めた $t_{1,s}^{th}(t_i, T)$ を実線3-901で示した。両者は比較的良い一致を示している。結果的に、平均二乗誤差RMSDは最小値115 nsであり、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,1} = 780 \text{ meV}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,1} = 95 \text{ meV}$ 、実効数 $N_{ee,1} = 1.0 \times 10^6$ 個/セルであることが求められた。

[0522] このようにして、図59に示すように、第1種の電子放出源のエネルギー状態密度 $D_1(E)$ の実線3-1001に対して、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,1} = 780 \text{ meV}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,1} = 95 \text{ meV}$ 、実効数 $N_{ee,1} = 1.0 \times 10^6$ 個/セルを出力装置3-103から出力・表示する。

[0523] 次に、新しい電子放出源が存在すると考えられる場合は、図56に示したステップS3-102-7に従って、ステップS3-102-4に戻り、第2種の電子放出源のエネルギー状態密度 $D_2(E)$ として、式(3-10)のガウス関数を設定した場合において、図53に従って、実効数 $N_{ee,2}$ 、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,2}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,2}$ を求める。このとき、これらパラメータ値を探索するために入力すべき探索範囲と探索幅、及び、個数について述べる。

[0524] [数50]

$$D_2(E) = \frac{N_{ee,2}}{\sqrt{2\pi}\sigma_{E,2}} \exp\left\{-\frac{(E - \Delta E_{a,2})^2}{2\sigma_{E,2}^2}\right\} \quad (3-10)$$

[0525] 計測条件 $t_i = 1 \text{ ms}$ 、 10 ms 、 50 ms 、 $T = -10^\circ\text{C}$ 、 0°C 、 10°C 、 25°C 、 40°C 、 60°C に対して、第1種の電子放出源に対して述べたと同様に、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,2}$ に対する探索範囲は 400 meV

～900 meVを5 meV幅で離散化した101個の探索点、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E, 2}$ に対する探索範囲は5～100 meVを5 meV幅で離散化した20個の探索点、実効数 $N_{ee, 2}$ に対する探索範囲は 1×10^5 個／セル～ 1×10^7 個／セルを離散化した201個の探索点から構成され、探索範囲と探索幅、及び、全ての組み合わせとして約 4.1×10^5 個のパラメータ値を入力する。

[0526] ステップS3-102-5において、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a, 2}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E, 2}$ と実効数 $N_{ee, 2}$ の各パラメータ値を設定した式(3-10)を式(3-4)に代入し、電子放出源のエネルギー状態密度 $D_2(E)$ とウィンドウ関数 $W_2(E, t_i, T)$ のエネルギーに対する重なり積分を計算し、その逆数から $t_{2,s}^{th}(t_i, T)$ を求めることができる。ここで、第2種の電子放出源のフォノン振動数を 3.1×10^{13} Hzとした。

[0527] ステップS3-102-6において、休止期間 t_i とMgOの温度 T の計測条件の総数 $N=18$ 個に対して、式(3-11)で表された計測データから求めた $t_s^{exp}(t_i, T)$ と計算から求めた $t_{1,s}^{th}(t_i, T)$ と $t_{2,s}^{th}(t_i, T)$ の和に対する平均二乗誤差RMSDが最小となる活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a, 2}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E, 2}$ 、実効数 $N_{ee, 2}$ を求める。

[0528]
$$\sum_{N=18} \{ t_s^{exp}(t_i, T) - t_{1,s}^{th}(t_i, T) - t_{2,s}^{th}(t_i, T) \}^2$$
 (3-11)

図60に、計測データから求めた $t_s^{exp}(t_i, T)$ をプロット3-801、計算から求めた $t_s^{th}(t_i, T) = t_{2,s}^{th}(t_i, T) + t_{1,s}^{th}(t_i, T)$ を実線3-1001で示した。両者は極めて良い一致を示している。結果的に、平均二乗誤差RMSDは最小値95 nsに減少しており、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a, 2} = 500$ meV、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E, 2} = 20$ meV、実効数 $N_{ee, 2} = 2.0 \times 10^5$ 個／セルであることが求められた。

[0529] このようにして、図61に示すように第1種と第2種の電子放出源のエネルギー状態密度 $D_1(E)$ の実線3-1001と、 $D_2(E)$ の実線3-1201に対して、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a, 1} = 780$ meV、活性化エ

エネルギーの分散値 $\sigma_{E,1} = 95 \text{ meV}$ 、実効数 $N_{ee,1} = 1.0 \times 10^6$ 個/セル、並びに、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,2} = 500 \text{ meV}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,2} = 20 \text{ meV}$ 、実効数 $N_{ee,2} = 2.0 \times 10^5$ 個/セルを出力装置 3-103 から出力・表示する。

[0530] 更に電子放出源が存在する場合には、第2種の電子放出源と同様に、図56に示したステップS3-102-7に従って、ステップS3-102-4に戻り、第n種の電子放出源のエネルギー状態密度 $D_n(E)$ として、式(3-8)のガウス関数を設定した場合において、図53に従って、実効数 $N_{ee,n}$ 、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,n}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,n}$ を求める。

[0531] 以下において、前記実施の基本形態に基づいた、各実施の形態を具体的に説明する。

[0532] <実施の形態1>

本発明の実施の形態1のPDPについて説明する。本実施の形態1ではパネルサイズが50インチで、表示画素数が 1280×1080 のHDのPDPで検討している。本実施の形態1のPDPに充填されている放電ガスは、全圧が 450 Torr であり、組成比18%となる量でXeを含んで構成されたガスである。また、本実施の形態1のPDPの駆動方法は図5のADSに対応しており、アドレスパルス幅とスキャンライン数で決定されるアドレス期間も 1 ms 以内である。

[0533] 本実施の形態1のPDPでは、コントラスト向上のためにリセット放電回数を減らしており、放電セルが黒表示時にはリセット放電回数が2TVフィールド ($1/60 \text{ s}$) に1回である。即ち、本実施の形態1での休止期間 t_i は最大でも 33.3 ms 以内である。

[0534] 本実施の形態1の保護層3-3の主成分はMgOであり、所定量のScを含んでいる。本実施の形態1では、この保護層3-3を通常の電子ビーム蒸着法により成膜する。このとき、蒸着は結晶性といった膜質を制御するために、酸素雰囲気下で行う。これらの成膜方法により、保護層3-3は成膜速

度 $5 \sim 6 \text{ \AA/s}$ として 300 nm から 1000 nm の厚さに形成される。

[0535] 蒸着源には、粉末状の MgO に Sc 化合物を混合してペレット状に成型したものを用いるか、ペレット状の MgO とペレット状の Sc 化合物を混合して用いるか、あるいはこれらのペレット状に成型したものの焼結体を用いる。この蒸着源中の Sc 濃度は、 MgO に対して 5 ppm 以上 5000 ppm 以下である。

[0536] この保護層 3-3 の膜厚は 700 nm であり、保護層中の Sc 濃度は 60 ppm である。但し、膜厚はこれに限定されるものではなく、保護層としての機能を有することができるものであれば構わない。保護層の膜厚に関しては、本実施の形態 1 に記載されているものだけに限定されず、保護層は 500 nm 以上から 2000 nm 以下であれば構わない。上述した膜厚範囲の場合、誘電体層 3-4 などの下地層の影響や、保護層 3-5 に発生する膜応力の影響などが小さい。 500 nm 未満では耐スパッタ性が不十分なため、良好な放電応答性を長時間駆動させた場合に得ることができない。また、 2000 nm を越える厚さでは、 MgO の柱状結晶構造が成長し、その構造間に隙間ができるため、クラックの発生や不純物ガスの吸着といった問題が生じることもある。

[0537] 図 6 2 はアドレス放電遅れ時間測定方法から、式 (3-2) を満たす本実施の形態 1 の PDP の統計遅れ、即ちプライミング電子の電子放出時定数 $t_{s,e}^{xp}(t_i, T)$ の計測データである。

[0538] 図 6 3 は本実施の形態 1 の $t_{s,e}^{xp}$ の計測データについて、本実施の形態 1 の保護層 3-3 を 2 種類の電子放出源とし、フォノン振動数 $f_{ph,j}$ について第一の電子放出源 ($j=1$) を $1.26 \times 10^{13} \text{ Hz}$ 、第二の電子放出源 ($j=2$) を $1.2 \times 10^{13} \text{ Hz}$ として解析して求められた $t_{s,e}^{th}(t_i, T)$ を実線にて示している。図 6 3 から両者は極めて良い一致を示している。

[0539] このようにして、図 6 4 に示すように第一種と第二種の電子放出源のエネルギー状態密度 $D_1(E)$ の実線 3-501 と、 $D_2(E)$ の実線 3-502 に対して、第一の電子放出源が活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,1} = 645 \text{ meV}$

e V、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E, 1} = 20 \text{ meV}$ 、プライミング電子放出源の実効数 $N_{e, 1} = 6.0 \times 10^4$ 個/セル、第二の電子放出源が活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a, 2} = 875 \text{ meV}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E, 2} = 95 \text{ meV}$ 、プライミング電子放出源の実効数 $N_{e, 2} = 4.5 \times 10^5$ 個/セルである。

[0540] また図 6 4 に示すように、S c は保護層である Mg O 中に伝導帯底部から $500 \sim 900 \text{ meV}$ の実用動作条件に相当するエネルギー範囲 $3 - 503$ に熱励起可能な深さにプライミング電子放出源を形成する。

[0541] 保護層中の伝導帯底部から $400 \sim 1200 \text{ meV}$ の深さに存在するプライミング電子放出源の実効数の総数の $N_{e, j}$ は 5.1×10^5 個/セルである。本実施の形態 1 では表示画素数が 1280×1080 である 50 インチの HD の PDP で検討しており、放電セルにおいて隔壁との交差部分を除く保護層の放電空間に接する面積が $1.3 \times 10^{-7} \text{ m}^2$ であり、単位面積あたりの実効数の総数 $N_{e, j}$ は 4.0×10^{12} 個/ m^2 となる。更に、保護層の厚さは 700 nm であるから、単位体積あたりの実効数の総数 $N_{e, j}$ は 5.7×10^{18} 個/ m^3 となる。

[0542] 図 6 5 に示すように保護層の主成分である Mg O に対する S c 濃度とプライミング電子放出源の実効数 $N_{e, j}$ には濃度依存性がある。この関係は原点を含めて、S c 濃度が増加するとプライミング電子放出源の実効数 $N_{e, j}$ が増加するという関係にある。そのため、プライミング電子放出源の実効数 $N_{e, j}$ 及び実効数の総数 $N_{e, j}$ は、例えば保護層中の S c 濃度等の膜質を制御することで調節することができる。

[0543] 図 6 6 は本実施の形態 1 の PDP を用いた PDP 装置について、前記の動作保証温度範囲 $-20 \sim 60^\circ\text{C}$ としたとき、良好なアドレス放電を行うことのできる保護層中のプライミング電子放出源の実効数の総数 $N_{e, j}$ の範囲を表している。尚、このときのプライミング電子放出源の実効数の総数 $N_{e, j}$ は前記実施の基本形態に示した実験方法と解析方法に従って求められる値である。このとき、実効数の総数 $N_{e, j}$ の上限値は、電圧変動 ΔV_{AY} に起因するとみ

られる黒ノイズや不灯ラインが出現しない条件である。

[0544] 保護層中の伝導帯底部から $400 \sim 1200 \text{ meV}$ の深さに存在するプラ
イミング電子放出源の実効数の総数 N_e は $5 \cdot 4 \times 10^5$ 個／セル以上 $1 \cdot$
 5×10^6 個／セル以下で良好なアドレス放電を行うことができる。

[0545] 従って、 MgO に対する Sc 濃度を調製し、所定量以上のエネルギー状態
密度とすれば、 $-20 \sim 60^\circ\text{C}$ という広い温度範囲という 1 TV フィールド
以上黒表示を行ったとしても安定したアドレス放電を行うことができる。

[0546] <実施の形態 2>

本発明の実施の形態 2 の PDP について説明する。本実施の形態 2 ではパ
ネルサイズが 50 インチで、表示画素数が 1980×1080 のフル HD の
PDP で検討している。本実施の形態 2 の PDP の駆動方法も図 43 の AD
S に対応しており、アドレスパルス幅とスキャンライン数で決定されるアド
レス期間も 1 ms 以内である。

[0547] 本実施の形態 2 の PDP では、コントラスト向上のためにリセット放電回
数を減らしており、放電セルが黒表示時においてはリセット放電回数が 3 TV
フィールド ($1/60 \text{ s}$) に 1 回である。即ち、本実施の形態 2 での休止
期間 t_i は最大でも 50 ms 以内である。

[0548] 本実施の形態 2 の保護層 3-3 の主成分は MgO であり、所定量の Sc を
含んでいる。本実施の形態 2 では、この保護層 3-3 をプラズマガンにより
成膜する。蒸着は、結晶性といった膜質を制御するために、 O_2 を 250 scc
 cm から 350 sccm で蒸着装置内に流通させて O_2 雰囲気下で行う。これ
らの成膜方法により、保護層 3 は成膜速度を $20 \text{ \AA/s}$ から $140 \text{ \AA/s}$ と
して 300 nm から 1000 nm の厚さに形成される。

[0549] 蒸着源には、粉末状の MgO に Sc 化合物を混合してペレット状に成型し
たものを用いるか、ペレット状の MgO とペレット状の Sc 化合物を混合し
て用いるか、あるいはこれらのペレット状に成型したものの焼結体を用いる
。この蒸着源中の Sc 濃度は、 MgO に対して 5 質量 ppm 以上 5000 質
量 ppm 以下である。

- [0550] この保護層 3-3 の膜厚は 700 nm であり、保護層中の S c 濃度は 40 質量 ppm である。但し、膜厚はこれに限定されるものではなく、保護層としての機能を有することができるものであれば構わない。
- [0551] 図 67 はアドレス放電遅れ時間測定方法から、本実施の形態 2 の PDP の統計遅れ、即ちプライミング電子の電子放出時定数 $t_{s,exp}(t_i, T)$ について、式 (3-2) を満たす計測データである。図 67 に示すように本実施の形態 2 の PDP のライミング電子の電子放出時定数 $t_{s,exp}$ は、管面温度 T が室温付近で減少する傾向がある。
- [0552] 図 68 は本実施の形態 2 の $t_{s,exp}$ の計測データについて、前記実施の形態 1 と同じく、保護層 3-3 を 2 種類の電子放出源とし、フォノン振動数 $f_{ph,j}$ について第一の電子放出源 ($j=1$) を $1.26 \times 10^{13} \text{ Hz}$ 、第二の電子放出源 ($j=2$) を $1.2 \times 10^{13} \text{ Hz}$ として解析して求められた $t_{s,th}(t_i, T)$ を実線にて示している。図 68 から両者は極めて良い一致を示している。
- [0553] このようにして、図 69 に示すように第一種と第二種の電子放出源のエネルギー状態密度 $D_1(E)$ の実線 3-504 と、 $D_2(E)$ の実線 3-505 に対して、第一の電子放出源が活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,1} = 650 \text{ meV}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,1} = 30 \text{ meV}$ 、プライミング電子放出源の実効数 $N_{e,e,1} = 7.4 \times 10^5 \text{ 個/セル}$ 、第二の電子放出源が活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,2} = 785 \text{ meV}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,2} = 45 \text{ meV}$ 、プライミング電子放出源の実効数 $N_{e,e,2} = 2.1 \times 10^5 \text{ 個/セル}$ である。
- [0554] 図 69 に示すように本実施の形態 2 の保護層は、前記実施の形態 1 と同様に伝導帯底部から 500 ~ 900 meV の実用動作条件に相当するエネルギー範囲 3-503 に熱励起可能な深さに S c に起因したプライミング電子放出源を形成する。
- [0555] 保護層中の伝導帯底部から 400 ~ 1200 meV の深さに存在するプライミング電子放出源の実効数の総数の $N_{e,e}$ は $9.5 \times 10^5 \text{ 個/セル}$ である。

実効数の総数 N_{eff} は、本実施の形態2では表示画素数が 1980×1080 である50インチのフルHDのPDPで検討しており、放電セルにおいて隔壁との交差部分を除く保護層の放電空間に接する面積が $7.7 \times 10^{-8} \text{m}^2$ であり、単位面積あたりの実効数の総数 N_{eff} は $1.2 \times 10^{13} \text{個}/\text{m}^2$ となる。更に、保護層の厚さは 700nm であるから、単位体積あたりの実効数の総数 N_{eff} は $1.7 \times 10^{19} \text{個}/\text{m}^3$ となる。

[0556] しかしながら本実施の形態2は保護層中のSc濃度が40質量ppmであり、前記実施の形態1の60質量ppmと低いにもかかわらず、前記実施の形態1よりもプライミング電子放出源の実効数 $N_{\text{eff},j}$ が極めて多い。このことから、本実施の形態2の保護層は、保護層中のScのプライミング電子放出源の形成効率が極めて高いことが分かる。

[0557] 図70は本実施の形態2のPDPを用いたPDP装置について、前記の動作保証温度範囲 $-20 \sim 60^\circ\text{C}$ としたとき、良好なアドレス放電を行うことのできる保護層中のプライミング電子放出源の実効数の総数 N_{eff} の範囲を表している。尚、このときのプライミング電子放出源の実効数の総数 N_{eff} は前記実施の基本形態に示した実験方法と解析方法に従って求められる値である。このとき、実効数の総数 N_{eff} の上限値は、電圧変動 ΔV_{AY} に起因するとみられる黒ノイズや不灯ラインが出現しない条件である。

[0558] 保護層中の伝導帯底部から $400 \sim 1200 \text{meV}$ の深さに存在するプライミング電子放出源の実効数の総数 N_{eff} は $1.1 \times 10^6 \text{個}/\text{セル}$ 以上 $5.4 \times 10^6 \text{個}/\text{セル}$ 以下で良好なアドレス放電を行うことができる。

[0559] 従って、MgOに対するSc濃度を調製し、所定量以上のエネルギー状態密度とすれば、 $-20 \sim 60^\circ\text{C}$ という広い温度範囲と休止期間 $t_i = 50 \text{ms}$ 以上、即ち3TVフィールド以上黒表示を行ったとしても安定したアドレス放電を行うことができ、高精細で高コントラストなPDPを得ることができる。

[0560] このとき、主成分であるMgOに対する保護層中のSc濃度は45質量ppm以上520質量ppm以下である。

[0561] <実施の形態 3>

本発明の実施の形態 3 の PDP について説明する。本実施の形態 3 ではパネルサイズが 50 インチで、表示画素数が 1980×1080 のフル HD の PDP で検討している。本実施の形態 3 の PDP の駆動方法も図 43 の ADS に対応しており、アドレスパルス幅とスキャンライン数で決定されるアドレス期間も 1 ms 以内である。

[0562] 本実施の形態 3 の PDP では、コントラスト向上のためにリセット放電回数を減らしており、放電セルが黒表示時においてはリセット放電回数が 3 TV フィールド ($1/60$ s) に 1 回である。即ち、本実施の形態 3 での休止期間 t_i は最大でも 50 ms 以内である。

[0563] 本実施の形態 3 の保護層 3-3 の主成分は MgO であり、所定量の Sc を含んでいる。本実施の形態 3 では、この保護層 3-3 をプラズマガンにより成膜する。蒸着は、結晶性といった膜質を制御するために H_2O を 250 sccm から 350 sccm で流通させて H_2O 雰囲気下で行う。これらの成膜方法により、保護層 3-3 は成膜速度を $20 \text{ \AA/s}$ から $140 \text{ \AA/s}$ として 300 nm から 1000 nm の厚さに形成される。

[0564] 蒸着源には、粉末状の MgO に Sc 化合物を混合してペレット状に成型したものを用いるか、ペレット状の MgO とペレット状の Sc 化合物を混合して用いるか、あるいはこれらのペレット状に成型したものの焼結体を用いる。この蒸着源中の Sc 濃度は、MgO に対して 5 質量 ppm 以上 5000 質量 ppm 以下である。

[0565] この保護層 3-3 の膜厚は 700 nm であり、保護層中の Sc 濃度は 50 質量 ppm である。但し、膜厚はこれに限定されるものではなく、保護層としての機能を有することができるものであれば構わない。

[0566] 図 71 はアドレス放電遅れ時間測定方法から、本実施の形態 3 の PDP の統計遅れ、即ちプライミング電子の電子放出時定数 $t_{se}^{\text{exp}}(t_i, T)$ について、式 (3-2) を満たす計測データである。図 71 に示すように本実施の形態 3 の PDP のライミング電子の電子放出時定数 t_{se}^{exp} は、管面温度 T が室

温付近で減少する傾向がある。

[0567] 図 7 2 は本実施の形態 3 の t_s^{exp} の計測データについて、前記実施の形態 1 と同じく、保護層 3-3 を 2 種類の電子放出源とし、フォノン振動数 $f_{ph,j}$ について第一の電子放出源 ($j=1$) を $1.26 \times 10^{13} \text{ Hz}$ 、第二の電子放出源 ($j=2$) を $1.2 \times 10^{13} \text{ Hz}$ として解析して求められた $t_s^{\text{th}} (t_i, T)$ を実線にて示している。図 7 2 から両者は極めて良い一致を示している。

[0568] このようにして、図 7 3 に示すように第一種と第二種の電子放出源のエネルギー状態密度 $D_1(E)$ の実線 3-506 と、 $D_2(E)$ の実線 3-507 に対して、第一の電子放出源が活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,1} = 650 \text{ meV}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,1} = 20 \text{ meV}$ 、プライミング電子放出源の実効数 $N_{ee,1} = 7.3 \times 10^5$ 個/セル、第二の電子放出源が活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,2} = 845 \text{ meV}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,2} = 110 \text{ meV}$ 、プライミング電子放出源の実効数 $N_{ee,2} = 5.2 \times 10^5$ 個/セルである。

[0569] 図 7 3 に示すように本実施の形態 3 の保護層は、前記実施の形態 1 と同様に伝導帯底部から $500 \sim 900 \text{ meV}$ の実用動作条件に相当するエネルギー範囲 3-503 に熱励起可能な深さに S_c に起因したプライミング電子放出源を形成する。

[0570] 保護層中の伝導帯底部から $400 \sim 1200 \text{ meV}$ の深さに存在するプライミング電子放出源の実効数の総数の N_{ee} は 1.3×10^6 個/セルである。実効数の総数 N_{ee} は、本実施の形態 3 では表示画素数が 1980×1080 である 50 インチのフル HD の PDP で検討しており、放電セルにおいて隔壁との交差部分を除く保護層の放電空間に接する面積が $7.7 \times 10^{-8} \text{ m}^2$ であり、単位面積あたりの実効数の総数 N_{ee} は 1.6×10^{13} 個/ m^2 となる。更に、保護層の厚さは 700 nm であるから、単位体積あたりの実効数の総数 N_{ee} は 2.3×10^{19} 個/ m^3 となる。

[0571] しかしながら本実施の形態 3 は保護層中の S_c 濃度が 50 質量 ppm であ

り、前記実施の形態1の60質量ppmと低いにもかかわらず、前記実施の形態1よりもプライミング電子放出源の実効数 N_{eff} が極めて多い。このことから、本実施の形態3の保護層は、保護層中のScのプライミング電子放出源の形成効率が極めて高いことが分かる。

[0572] 図74は本実施の形態3のPDPを用いたPDP装置について、前記の動作保証温度範囲 $-20\sim 60^{\circ}\text{C}$ としたとき、良好なアドレス放電を行うことのできる保護層中のプライミング電子放出源の実効数の総数 N_{eff} の範囲を表している。尚、このときのプライミング電子放出源の実効数の総数 N_{eff} は前記実施の基本形態に示した実験方法と解析方法に従って求められる値である。このとき、実効数の総数 N_{eff} の上限値は、電圧変動 ΔV_{AY} に起因するとみられる黒ノイズや不灯ラインが出現しない条件である。

[0573] 保護層中の伝導帯底部から $400\sim 1200\text{meV}$ の深さに存在するプライミング電子放出源の実効数の総数 N_{eff} は 1.4×10^6 個/セル以上 8.1×10^6 個/セル以下で良好なアドレス放電を行うことができる。

[0574] 従って、MgOに対するSc濃度を調製し、所定量以上のエネルギー状態密度とすれば、 $-20\sim 60^{\circ}\text{C}$ という広い温度範囲と休止期間 $t_i=50\text{ms}$ 以上、即ち3TVフィールド以上黒表示を行ったとしても安定したアドレス放電を行うことができ、高精細で高コントラストなPDPを得ることができる。

[0575] 更に本実施の形態3では、前記実施の形態2よりも安定したアドレス放電を行えるプライミング電子放出源の実効数の総数 N_{eff} の最大値が大きく、保護層の壁電荷保持力及び壁電荷の形成状態が優れているとみられる。

[0576] このとき、主成分であるMgOに対する保護層中のSc濃度は55質量ppm以上735質量ppm以下である。

[0577] <実施の形態4>

本発明の実施の形態4のPDPについて説明する。本実施の形態4では保護層3-3の主成分はMgOであるが、所定量の不純物元素を含んでいる。

[0578] 前記実施の形態1～3で記したように放電遅れを改善するには、保護層中

の伝導帯底部から $400 \sim 1200 \text{ meV}$ の深さ、特に改善を期するには $500 \sim 900 \text{ meV}$ の実用動作条件で熱励起可能な深さにプライミング電子放出源を形成しなければならない。

[0579] このような、伝導帯底部から $500 \sim 900 \text{ meV}$ 付近にプライミング電子放出源を形成する不純物元素として、前記実施の形態 1～3 で示した Sc 以外に、 Si 、 Al 、 Y 、 Ce 、 Ca 、 La 、 Sm 、 Sn 、 H が挙げられ、これらの保護層中の濃度を制御することで、プライミング電子放出源の実効数 $N_{\text{eff}, j}$ 及びその総数 N_{eff} を調整することができる。選定方法として、前記実施の形態 1～3 と同様に放電遅れ時間を測定し、プライミング電子放出源を解析する方法がある。

[0580] 保護層 3-3 の主成分が MgO であり、最大で 50 質量 ppm の Si を含んでいる PDP について解析する。 Si を含む保護層 3 は電子ビーム蒸着法により 300 nm から 1000 nm の厚さに形成される。

[0581] 蒸着源にはペレット状に成型したものの焼結体を用い、蒸着源中の Si 濃度は MgO に対して 5 質量 ppm 以上 1000 質量 ppm 以下である。

[0582] 図 75 はアドレス放電遅れ時間測定方法から、本実施の形態 4 の PDP の統計遅れ、即ちプライミング電子の電子放出時定数 $t_{\text{se}}^{\text{exp}}(t_i, T)$ について、式 (3-2) を満たす計測データである。図 75 に示すように本実施の形態 4 の PDP では、全休止期間についてプライミング電子の電子放出時定数 $t_{\text{se}}^{\text{exp}}$ は、管面温度 T が上昇すると減少する。

[0583] 図 76 は本実施の形態 4 の $t_{\text{se}}^{\text{exp}}$ の計測データについて、保護層 3-3 を H と Si の電子放出源とし、フォノン振動数 $f_{\text{ph}, j}$ について H に起因した電子放出源 ($j=1$) を $3.1 \times 10^{13} \text{ Hz}$ 、 Si に起因した電子放出源 ($j=2$) を $1.19 \times 10^{13} \text{ Hz}$ として解析して求められた $t_{\text{se}}^{\text{th}}(t_i, T)$ を実線にて示している。尚、電子放出源の一つを H としたのは、 H が浅い準位を形成するのと、蒸着といった PDP 作製過程で保護層中に含まれるからである。図 76 から両者は極めて良い一致を示している。

[0584] このようにして解析により求められた 2 種類の電子放出源の準位構造は図

77に示すように、Hに起因した電子放出源が活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,1} = 570 \text{ meV}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,1} = 5 \text{ meV}$ 、プライミング電子放出源の実効数 $N_{ee,1} = 2.0 \times 10^3$ 個/セル、Siに起因した電子放出源が活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,2} = 845 \text{ meV}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,2} = 90 \text{ meV}$ 、プライミング電子放出源の実効数 $N_{ee,2} = 5.2 \times 10^5$ 個/セルである。

[0585] この解析結果からSiとHは、本実施の形態4の保護層は、前記実施の形態1～3と同様に伝導帯底部から500～900 meVの実用動作条件で熱励起可能な深さにプライミング電子放出源を形成するため、プライミング電子放出源の実効数 $N_{ee,j}$ 及び実効数の総数 N_{ee} は、例えば保護層中のSiとHの濃度、空孔等の欠陥濃度や結晶性等の膜質を制御することで調節することができる。これにより、放電遅れをといた各種特性を良好なものとすることが可能となる。

[0586] このような、伝導帯底部から500～900 meVの実用動作条件で熱励起可能な深さにプライミング電子放出源を形成する不純物元素としては、MgO以外にもAl、Y、Ce、Ca、La、Sm、Snがある。このことから、Al、Y、Ce、Ca、La、Sm、SnもSc、Siと保護層中のSiとHの濃度、空孔等の欠陥濃度や結晶性等の膜質を制御することでプライミング電子放出源を調節することができ、放電遅れを改善することが可能となる。

[0587] 以上、本発明者によってなされた発明を、前記実施の基本形態、前記実施の形態1～4に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施の基本形態および前記実施の形態1～4に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることは言うまでもない。

[0588] [第4の技術の発明を実施するための形態]

本願発明を詳細に説明する前に、本願における用語の意味を説明すると次の通りである。

[0589] PDPとは、対向配置される一対の基板の間に形成された放電セル内で気

体放電を発生させ、この際に発生する励起光で蛍光体を励起させて、所望の画像を形成する略平板状の表示パネルである。PDPの内部構造や構成材料は、要求性能あるいは駆動方式に応じて種々の構成例があるが、原理的に明らかに適用できない構成を除き、これら全ての構成例を含む。

[0590] プラズマディスプレイモジュール（PDPモジュール）は、PDPと、PDPの表示面の反対側に配置されてPDPを支持するシャーシと、シャーシの背面（PDPとの対向面の反対側に位置する面）側に配置され、PDPを駆動、制御する、あるいはPDPに電源を供給するための各種電気回路が形成された回路基板とを備えたモジュールであって、各種電気回路とPDPとが電氣的に接続されたものである。なお、PDPモジュールの実施態様としては、上記した各種電気回路が形成された回路基板の一部または全部が取り付けられず、該回路基板の取り付け予定位置に取り付け用治具が形成された構造もある。本願では、このような実施態様もPDPモジュールに含まれる。

[0591] プラズマディスプレイセット（PDPセット）は、PDPモジュールを外部筐体でカバーした表示装置である。また、PDPモジュールを例えばスタンドなどの支持構造物に固定した表示装置もこれに含まれる。また、PDPセットをテレビ受像機として用いる場合には、PDPモジュールとチューナとが電氣的に接続されるが、このチューナを含むものもPDPセットに含まれる。

[0592] プラズマディスプレイ装置（PDP装置）には、上記したPDP、PDPモジュールおよびPDPセットが含まれる。

[0593] 以下の実施の形態では、本実施の形態を説明するための全図において同一機能を有するものは同一の符号を付すようにし、その繰り返しの説明は原則として省略する。また、本実施の形態を説明するための全図においては、各部材の構成をわかりやすくするために、平面図あるいは斜視図であってもハッチングや模様を付す場合がある。以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。

[0594] < P D P の基本構造および製造方法 >

まず、本発明者らが検討した P D P の一例として A C 面放電型 P D P の基本構造などについて説明する。なお、本実施の形態において P D P を構成する一対の基板である「前面板」および「背面板」は、両者を組み立ててパネル化した際に、蛍光体による発光が通過して表示面となる側を前面板、表示面の反対側に位置する側を背面板として説明する。また、「前面板」および「背面板」は、それぞれガラス基板からなる前面基板および背面基板を基材とし、基材に後述する各部材を形成した基板構造体として説明する。

[0595] 図 7 8 は本発明者らが検討したいわゆるボックス型の A C 面放電型の P D P の要部を模式的に示す要部拡大分解斜視図である。図 7 9 は図 7 8 に示す P D P を組み立てた後の放電セルの x - z 平面の断面図である。図 8 0 は図 7 8 に示す P D P を組み立てた後の放電セルの y - z 平面の断面図である。

[0596] まず、前面板 4 - 1 2 およびその形成方法について説明する。前面板 4 - 1 2 の基材となる前面基板 4 - 1 の内面側には、ストライプ状に延在する透明電極 4 - 4 a、4 - 5 a と、透明電極 4 - 4 a、4 - 5 a 上に接合されるバス電極 4 - 4 b、4 - 5 b とで構成される複数の表示電極対 4 - 6 が配設される。表示電極対 4 - 6 はサステイン電極（X 電極）4 - 4 とスキャン電極（Y 電極）4 - 5 の対からなり、サステイン電極 4 - 4 とスキャン電極 4 - 5 間で、維持放電（表示放電）を行う。つまり、表示電極対 4 - 6 は P D P 4 - 1 5 における行方向（図 7 8 に示す y 方向）の表示ラインを構成する。したがって、図 7 8 では、2 対の表示電極対 4 - 6 を示しているが、表示ライン数に応じた本数の表示電極対 4 - 6 が形成されている。

[0597] 透明電極 4 - 4 a、4 - 5 a は透明導電体である酸化インジウムスズ（I T O）からなる膜で形成され、その上に銀の単層膜からなるバス電極 4 - 4 b、4 - 5 b が付設されている。このバス電極 4 - 4 b、4 - 5 b は、P D P 4 - 1 5 を駆動する際の電気抵抗を低減する観点から、銀など、透明電極 4 - 4 a、4 - 5 a よりも電気伝導率の高い金属材料で構成される。

[0598] 一方、透明電極 4 - 4 a、4 - 5 a は、表示電極対 4 - 6 の電極間距離を

近づけて維持放電を形成し易くする観点から、バス電極 4-4 b、4-5 b よりも広い幅で形成されている。このため、透明電極 4-4 a、4-5 a を可視光に対して透明な材料で構成することにより、放電セル 4-C L 内で発生した光を効率的に前面基板 4-1 側に取り出す構造となっている。なお、表示電極対 4-6 の形状や材質には種々の変形例を適用することができる。例えば、透明電極 4-4 a、4-5 a として酸化スズや酸化亜鉛等、バス電極 4-4 b、4-5 b として黒色銀と銀の積層膜、アルミニウムの単層膜、またはクロム／銅／クロムの積層膜で形成することができる。

[0599] 前面基板 4-1 上に表示電極対 4-6 を形成する工程は例えば以下のように行う。すなわち、スクリーン印刷のような厚膜形成技術、あるいは、蒸着法やスパッタ法などの薄膜形成技術とエッチング技術とを用いることにより、所定の本数、厚さ、幅および間隔で形成することができる。

[0600] また、複数の表示電極対 4-6（サステイン電極 4-4、スキャン電極 4-5）は、主に SiO_2 などの誘電体ガラス材料で構成される誘電体層 4-2 で被覆されている。表示電極対 4-6 を被覆するように誘電体層 4-2 を形成する工程は例えば以下のように行う。すなわち、誘電体層 4-2 は、例えば低融点ガラス粉末を主成分とするフリットペーストを、前面基板 4-1 上にスクリーン印刷法で塗布し、焼成することにより形成している。他に、いわゆるグリーンシートと呼ばれるシート状の誘電体シートを貼り付けて焼成する方法で形成することもできる。あるいは、プラズマ CVD 法で SiO_2 膜を成膜することにより形成してもよい。

[0601] 誘電体層 4-2 の内面側には、表示の際の放電（主に維持放電）により生じるイオンの衝突による衝撃から誘電体層 4-2 を保護する、保護膜 4-3 が形成されている。このため保護膜 4-3 は誘電体層 4-2 の表面を被覆するように形成されている。この保護膜 4-3 の詳細な構造、機能、および誘電体層 4-2 の表面に保護膜 4-3 を形成する工程の詳細については後述する。

[0602] 次に、背面板 4-1 3 およびその形成方法について説明する。背面板 4-

13は、例えばガラス基板である背面基板4-11を有している。背面基板4-11の内面（前面板4-12と対向する面）側には、表示電極対4-6と交差（直交）する方向に延在する複数のアドレス電極（A電極）4-10が配設される。このアドレス電極4-10と、前面板4-12に形成されたスキャン電極4-5は、放電セル4-CLの点灯／非点灯を選択するための放電であるアドレス放電を行うための電極対を構成する。つまり、スキャン電極4-5は維持放電用の電極としての機能とアドレス放電用の電極（走査電極）としての機能とを併せ持っている。このようにアドレス電極4-10と、表示電極対4-6を交差させることにより、放電セル4-CL毎に点灯／非点灯を選択することができる。つまり、PDP4-15は、表示電極対4-6とアドレス電極4-10の交差毎に放電セル4-CLを有している。

[0603] アドレス電極4-10は銀、アルミニウムの単層膜、またはクロム／銅／クロムの積層膜で形成される。背面基板4-11上にアドレス電極4-10を形成する工程は、前記したバス電極4-4b、4-5bを形成する方法と同様であるため、説明は省略する。

[0604] アドレス電極4-10は、誘電体層4-9で被覆されている。誘電体層4-9は前面基板4-1上の誘電体層4-2と同じ材料、同じ方法を用いて形成することができる。誘電体層4-9上には背面板4-13の内面側を複数の放電セル4-CLに区画する複数の隔壁4-7が形成されている。この複数の隔壁4-7は、前面基板4-1と背面基板4-11の間に配置され、各放電セル4-CLにおける放電距離を維持する機能を有している。また、隣り合って配置される放電セル4-CL間におけるクロストークを防止ないしは抑制する機能を有している。本実施の形態では、隔壁4-7は、図78に示すx方向（アドレス電極4-10の延在方向）に沿って延在する隔壁4-7aと、y方向（表示電極対4-6の延在方向）に沿って延在する隔壁4-7bとを有している。複数の隔壁4-7a、4-7bはそれぞれ交差し、背面板4-13の内面側に形成される放電空間4-14をマトリクス状（格子状）に区画している。このように各放電セル4-CLをマトリクス状に区画

するように複数の隔壁 4-7 を形成した構造は、ボックスリブ構造と呼ばれ、x 方向に沿って隣り合う放電セル 4-C L の間に隔壁 4-7 b を形成することにより、当該放電セル 4-C L 間でのクロストークを効果的に防止ないしは抑制することができるので、PDP の高精細化に好適な構造である。

[0605] なお、隔壁 4-7 の形成方法は、図 78 に示す構造に限定されず、例えば、図 78 に示す x 方向（アドレス電極 4-10 の延在方向）に沿って延在する複数の隔壁 4-7 a をストライプ状に形成し、隔壁 4-7 b は形成しない構造（ストライプリブ構造と呼ばれる）とすることもできる。このストライプリブ構造の場合、背面板 4-13 に形成される隔壁 4-7 の数が少ないので、放電空間 4-14 内のガスを給排気する際のコンダクタンスを低減することができる。

[0606] 隔壁 4-7 を形成する工程は、サンドブラスト法、フォトエッチング法などにより形成することができる。例えば、サンドブラスト法では、低融点ガラスフリット、バインダー樹脂、溶媒などからなるフリットペーストを誘電体層 4-9 上に塗布して乾燥させた後、そのフリットペースト層上に隔壁パターンの開口を有する切削マスクを設けた状態で切削粒子を吹き付けて、マスクの開口部に露出したフリットペースト層を切削し、さらに焼成することにより形成する。また、フォトエッチング法では、切削粒子で切削することに代えて、バインダー樹脂に感光性の樹脂を使用し、マスクを用いた露光および現像の後、焼成することにより形成する。

[0607] アドレス電極 4-10 上の誘電体層 4-9 の上面、および隔壁 4-7 の側面には、真空紫外線により励起されて可視光を発光する蛍光体 4-8 が形成されている。本実施の形態の PDP 4-10 は、カラー表示を行う PDP なので、蛍光体 4-8 は、真空紫外線により励起されて赤（R）、緑（G）、青（B）の各色の可視光を発生する蛍光体 4-8 r、4-8 g、4-8 b がそれぞれ所定の放電セル 4-C L に形成されている。R、G、B の各色を発光する蛍光体の構成材料としては、例えば、蛍光体 4-8 r として $(Y, Gd)BO_4 : Eu^{2+}$ 、蛍光体 4-8 g として $Zn_2SiO_4 : Mn^{2+}$ 、蛍光体 4

— 8 b として $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}^{2+}$ を例示することができる。カラー表示 PDP においては、蛍光体 4-8 r、4-8 g、4-8 b が形成された放電セル 4-CL のセットにより画素（ピクセル）が構成される。

[0608] 隔壁 4-7 で区画された領域に蛍光体 4-8 r、4-8 g、4-8 b を形成する工程は例えば以下のように行う。まず、各色の発光特性を有する蛍光体粉末とバインダー樹脂と溶媒とを含む蛍光体ペーストをそれぞれ準備する。この蛍光体ペーストを隔壁で区切られた放電空間内にスクリーン印刷またはディスペンサを用いた方法などで塗布し、これを発光色毎に繰り返した後、焼成することにより形成している。

[0609] PDP 4-15 は、上記した前面板 4-12 の表示電極対 4-6 を形成した面と、背面板 4-13 を、放電空間 4-14 を介して対向配置して組み立てることにより得られる。つまり、PDP 4-15 は、放電ガスを封入して形成された放電空間 4-14 を介して対向する一対の基板構造体である前面板 4-12 と背面板 4-13 とを有している。この組み立て工程には、前面板 4-12 と背面板 4-13 の位置合わせ工程、各板（前面板 4-12 および背面板 4-13）の外周に配置される非表示領域を例えばシールフリットと呼ばれる低融点ガラス材料からなる封着剤を用いて封着する封着工程、PDP 4-15 の内部空間（放電空間 4-14 など）に残るガスを排気して、放電ガスを導入する工程が含まれる。

[0610] 放電空間 4-14 に導入する放電ガスとしては、希ガスを含む混合ガス、例えば He-Xe 、 Ne-Xe 、 He-Ne-Xe 等の混合ガスで構成することができる。本実施の形態では、放電ガスとしてネオン（ Ne ）—キセノン（ Xe ）をガス基体とした混合ガスを例えば Xe の分圧比が数%～数十%に調整して封入している。

[0611] PDP 4-15 では、蛍光体 4-8 を発光させるための励起源として、主に 147 nm と 172 nm の波長を有する真空紫外線を用いている。147 nm の真空紫外線は、放電によりイオン化された Xe イオンが基底状態に遷移する際に発生する。172 nm の紫外線は主に Xe_2 エキシマから発生し、

放電ガス中のXeの分圧を高くすることにより紫外線発生効率が高くなり、蛍光体4-8を励起する紫外線を多く発生させることができるので、PDP 4-15の発光効率を向上させることができる。

[0612] なお、図78ではアドレス電極4-10を背面板4-13に形成する例について示したが、アドレス電極4-10を前面板4-12に形成することもできる。この場合、図78に示す誘電体層4-2を複数層構造として、第1層目の誘電体層で表示電極対4-6を被覆し、この第1層目と第2層目の誘電体層の間にアドレス電極4-10を形成することができる。

[0613] <保護膜の詳細構造、機能および形成方法>

次に、図78～図80に示す保護膜4-3の詳細構造、機能および形成方法について説明する。図78～図80において、放電時に電離したイオンが、直接、誘電体層4-2に衝突すると、誘電体層4-2が劣化してPDP 4-15は所定の特性が得られなくなる。保護膜4-3は、誘電体層4-2の劣化を防止するため、放電時のイオンの衝撃から誘電体層4-2を保護する機能を有している。したがって、保護膜4-3自体がイオンの衝撃により削られてしまうと、誘電体層4-2が露出してしまうこととなるので、保護膜4-3には、放電時のイオンの衝撃に対する耐スパッタ性が要求される。特に紫外線発生効率を高めるため、Xe分圧を高くした場合は、放電開始電圧が上昇するため、保護膜4-3の更なる耐スパッタ性が要求される。

[0614] 保護膜4-3には、蒸着法により作製したMgO蒸着膜が一般に用いられる。MgOは耐スパッタ性に優れた材料であるが、その蒸着膜はMgO単結晶に比べて密度が低く、耐スパッタ性をさらに向上させるためには、膜密度をより高めることが求められる。

[0615] ここで、MgO膜の膜密度 ρ と屈折率 n には、ローレンツ・ローレンスの式から、

$$\rho = K (n^2 - 1) / (n^2 + 2) \quad (4-1)$$

の関係があることが知られている。ここでKは比例定数である。本式で求められるMgO膜の膜密度と屈折率（波長632.8nmにおける値）の関係

を図 8 1 に示す。PDP の保護膜として一般に用いられる MgO 膜は、図 8 1 に比較例の MgO 膜として示すように、屈折率は 1.6 ~ 1.7 程度であり、膜密度で 3.0 ~ 3.4 g/cm³ 程度である。これに対し、MgO 単結晶の密度 3.65 g/cm³ に対応する屈折率は 1.76 である。つまり、比較例の MgO 膜の膜密度、および屈折率は、MgO 単結晶のそれよりも低い。また、図 8 1、あるいは (4-1) 式に示すように、MgO 膜の膜密度と屈折率には、比例関係が成り立っており、膜密度の改善効果を確認する指標として、屈折率による評価を用いることができることが判る。

[0616] また、保護膜 4-3 は放電空間 4-14 に露出して形成されるため、保護膜 4-3 を放電空間 4-14 に電子を放出しやすい材料で構成すると、放電電圧の低減、あるいはアドレス放電の高速化の観点から好ましい。

[0617] 例えば、放電時に、電離したイオンが保護膜 4-3 に衝突することにより、放電空間 4-14 に 2 次電子を放出すると、該 2 次電子が放電空間 4-14 内の放電ガスに衝突してイオン化させ易くなる。つまり、2 次電子放出係数が高い程、放電させるために必要な電圧（放電電圧）を低減することができる。

[0618] また、例えば、保護膜 4-3 中に Si などの添加材料をドーピングすることで、PDP 4-15 の周囲温度や駆動時の熱により保護膜 4-3 の添加材料起因のトラップ準位から励起された電子を放電空間 4-14 に放出し、放電（アドレス放電）のトリガとなる種電子（プライミング電子）を供給する。アドレス放電を行う際に、放電空間 4-14 内に存在するプライミング電子の量が増加すると、各放電セル 4-CL において、電圧を印加してからアドレス放電が形成されるまでの時間（形成遅れと呼ばれる）を短くすることができる。また、複数の放電セル 4-CL について、順次スキャンしながらアドレス放電を発生させる場合に、放電セル 4-CL 毎のアドレス放電が形成されるまでの時間のばらつき（統計遅れと呼ばれる）を小さくすることができる。つまり、保護膜 4-3 のプライミング電子の放出性能を向上させることにより、形成遅れと統計遅れの和として表わされるアドレス放電遅れを低減

し、アドレス放電を高速化することができる。

[0619] このように、保護膜 4-3 は、耐スパッタ性とプライミング電子放出能力を併せ持つ必要がある。本発明者はこの点を鑑み、屈折率すなわち膜密度が高く、かつ良好なプライミング電子放出能力を持つ保護膜 4-3 を得る方法について検討した。

[0620] まず、MgO 膜中にプライミング電子源となる添加材料、ここでは Sc、Ga、In、Ge、あるいは、Si をドーブした膜をガラス基板上に蒸着し、それぞれ形成した。蒸着源は上記添加材料を添加した MgO 焼結ペレットを用いた。蒸着装置は EB (Electron Beam: 電子ビーム) ガンを用いており、ベース真空度 1×10^{-4} Pa で、蒸着を行った。図 82 に MgO 膜のドーブ元素種とその濃度 (原子量 ppm、atom ppm) を振り、屈折率を測定 (波長 632 nm で測定) した結果を示す。添加材料をドーブしていない pure MgO 膜に比べ、添加材料をドーブすると屈折率が向上し、特に 10000 atom ppm 添加した場合は、屈折率が軒並み 1.7 以上となる。

[0621] しかしながら、図 83 に示す放電遅延時間の測定結果を見ると、添加材料ドーブ量が 10 atom ppm 以上 ~ 1000 atom ppm 以下であれば、pure MgO 膜に比べてアドレス放電が高速化しているが、10000 atom ppm では、いずれも pure MgO 膜に比べて却ってアドレス放電遅延が大きくなっており、1.7 以上への屈折率向上による膜密度向上とアドレス放電遅延の改善が両立していないことが分かる。

[0622] また、図 84 に示す放電電圧の測定結果も、添加材料ドーブ量が 10 atom ppm 以上 ~ 1000 atom ppm 以下であれば pure MgO 膜に比べて放電電圧が低下しているが、10000 atom ppm 以上では、pure MgO 膜と同程度に放電電圧が高く、やはり膜密度向上と放電電圧低下が両立していない。ここで、放電電圧は図 85 に図示した PDP の電流電圧特性のヒステリシス曲線のマージンセンタ V_{sc} で定義した。

[0623] さらに図 86 に Sc、Ga、In 等の 3 価元素、および Ge、Si 等の 4

価元素をドーピングしたMgO膜の耐スパッタ性を評価した結果を示す。評価はRFマグネトロンスパッタ装置を用い、100W/4インチφの投入電力で1PaのAr放電雰囲気で行った。この結果、3価元素をドーピングしたMgO膜では10000 atom・ppmを超えた辺り、4価元素をドーピングしたMgO膜では5000 atom ppmを超えた辺りから、スパッタ耐性が劣化している。これは、過剰な添加材料ドーピングによりMgO膜の電荷中性条件を保つための欠陥が増えていくためと考えられている。屈折率が高いにも関わらず、耐スパッタ性が劣化するのは、1000 atom ppmを超える過剰な添加材料ドーピング条件では(4-1)式が成立しておらず、大量の添加材料の添加による材料の変質により屈折率が増加していると考えられる。

[0624] そこで、本発明者は、添加材料の添加量はアドレス放電遅延の低減、放電電圧の低減に効果のある10~1000 atom ppmとし、かつ屈折率を高め、膜密度が向上する方法について種々検討を行った。その結果、蒸着方法を工夫することで、添加材料の添加によるアドレス放電性能や放電電圧性能を維持しつつ、かつ屈折率を1.7(波長632.8nmにおける値)より大きくする手法を見出した。

[0625] 具体的には、保護膜4-3となるMgO膜を形成する工程において、蒸着方法としてH₂Oを添加した雰囲気中で、Sc、Ga、In、Ge、Si等の添加材料をドーピングしたペレットを蒸着することにより、保護膜4-3を形成する。蒸着雰囲気中にH₂Oを添加すると、電子線の照射等によりH₂Oから解離したOイオンやOHイオンが蒸着膜であるMgOの酸化を促進するため、酸素欠損ができにくくなり、密度が向上する。また、EBガンの代わりに圧力勾配型プラズマガンを用いれば、プラズマ中でH₂Oの解離が促進され、より多くのOイオンやOHイオンが発生し蒸着膜のMgOの酸化を促進するため、さらに密度が向上する。

[0626] 次に、図83に示すように本実施の形態で用いた添加材料のなかでも放電遅延低減効果が特に大きいScドーピングペレットを用い、蒸着時に酸素、またはH₂Oを添加したScドーピングMgO膜(保護膜4-3)を作成し、屈折率お

よびパネルの放電遅延、放電電圧の測定を行った結果を示す。Scで特に放電遅延抑制効果が大きいのは、Scのイオン半径が母体のMgのイオン半径と非常に近く、効果的に添加材料起因の準位を形成するためである。

[0627] 図87は屈折率の測定結果である（波長632.8nmの光を用いて測定した値）。酸素添加した膜、H₂O添加した膜をそれぞれ3枚測定した。酸素添加の場合は、図81に示した比較例のMgO膜の平均的な屈折率である1.62～1.66程度であるが、H₂Oを添加した場合は1.75以上でほぼ単結晶MgOと同等の高い屈折率を得ることができた。

[0628] 図88は、蒸着時にO₂またはH₂Oを添加した雰囲気中で作製したpure MgO蒸着膜と50 atom ppmのSc添加MgO蒸着膜、および比較例として、ガスを添加しないで成膜したpure MgO蒸着膜と50 atom ppmのSc添加MgO蒸着膜の屈折率nと、それらの膜を用いたPDP装置の放電遅延時間t_sおよび放電電圧V_{s_c}（維持放電電圧のマージンセンタ）を比較測定した結果をまとめた表である。

[0629] 図88において、O₂添加して成膜したpure MgO膜およびScドープMgO蒸着膜、およびガスを添加せずに蒸着したScドープMgO蒸着膜の屈折率（波長632.8nmで測定した値）は1.63～1.65であるのに対し、H₂O添加したpure MgO蒸着膜およびScドープMgO蒸着膜の屈折率（波長632.8nmで測定した値）は1.75～1.77と高い。

[0630] 一方、アドレス放電遅延時間は今回の成膜条件には関わらず、pure MgO膜に比べ、ScドープMgO膜が6～7%まで短縮しており、大幅に改善している。また放電電圧V_sマージンセンタ（V_{s_c}）は、Scを添加した方が低い傾向があり、O₂を添加して成膜した膜より、H₂Oを添加した膜の方が低い傾向がある。以上の結果から、Scをドープしたペレットを用い、かつ、H₂Oを添加した雰囲気中で蒸着したMgO膜とすることにより、屈折率を向上させ、かつ、アドレス放電遅延時間および放電電圧を低減することができることが判った。

[0631] 図89は、図88に示す比較例のScドーピングMgO蒸着膜と、H₂O添加したScドーピングMgO蒸着膜の耐スパッタ性を比較した結果である。評価はRFマグネトロンスパッタ装置を用い、100W/4インチφの投入電力で1PaのAr放電雰囲気で行った。横軸にスパッタ時間、縦軸にスパッタ膜厚（膜削れ量）をプロットしたものである。この図から、H₂Oを添加したScドーピングMgO蒸着膜は、比較例のScドーピングMgO蒸着膜に比べ、スパッタレートが50～75%程度と低く、耐スパッタ性が向上していることが判る。つまり、図88では、耐スパッタ性の評価指標として、屈折率（波長632.8nmで測定した値）を用いた結果を示したが、図89に示す結果より、耐スパッタ性が向上していることを実験的に確認した。

[0632] 図90は、ScドーピングMgO蒸着膜を成膜する際に添加するH₂O流量（SCCM: standard cc/min、1気圧、25℃の流量）を変え、屈折率を種々変化させて上記と同じ実験方法でスパッタレートを測定した結果である。H₂O流量を300SCCM（本実施例で用いた真空チャンバにおけるH₂O分圧は 3×10^{-3} Pa）、屈折率は1.72を境に、スパッタレートが急激に低下することが判る。ScドーピングMgO蒸着膜の屈折率を1.72（膜密度換算3.47g/cm³）以上とすることで、耐スパッタ性を大幅に向上させることができることを実験的に確認した。また、保護膜4-3を形成する工程において、蒸着法を用いる場合には、蒸着雰囲気中のH₂O分圧を 3×10^{-3} Paとすることにより、特に耐スパッタ性を向上させることができることが判る。

[0633] なお、図90では、Scドーピングを用いた場合の実験結果を示したが、10～1000atom ppmの範囲のGa、In、Si、GeをドーピングしたMgO膜を用いた場合も同様に、屈折率（波長632.8nmで測定した値）を1.72（膜密度換算3.47g/cm³）以上とすることで、耐スパッタ性を大幅に向上させることができることを確認した。また、屈折率（波長632.8nmで測定した値）が1.72となる際の、蒸着雰囲気中のH₂O分圧を 3×10^{-3} Paであったことから、前記した、屈折率およびH₂O分圧

の条件は、S c 以外の添加材料（G a、I n、S i あるいはG e）を添加する場合にも適用することができる。

[0634] このように、蒸着時にH₂Oを添加して作製した添加材料ドーピングMgO膜は、添加材料ドーピングによるアドレス放電遅延の低減、放電電圧低減の効果を損なうことなく、屈折率の高い、すなわち膜密度の高い膜を形成することができる、耐スパッタ性を向上させることができる。従って、消費電力が低く、低コストで、長寿命のPDP装置を作製することができる。

[0635] 以上、本願発明者によってなされた発明を実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることは言うまでもない。

[0636] 例えば、本実施の形態では、PDP装置の例として、PDPを例示して説明したが、例えば図78に示すPDP4-15にPDP4-15を支持するシャーシ、およびPDP4-15を駆動、あるいは制御する回路基板を取り付けて、PDPモジュール、あるいはPDPセットとして適用することもできる。

[0637] ここで、PDPモジュールあるいは、PDPセットにおいては、PDPを駆動するための駆動回路が取り付けられる。例えば、アドレス放電を駆動するためのアドレスドライバICなどである。アドレス放電動作では、PDP4-15の表示ライン（走査線）と交差する方向に、図78に示す表示ライン（スキャン電極4-5）を順次スキャンしながら、画像情報に従ってアドレス電極4-10にアドレスパルスを印加し、各放電セルの点灯／非点灯を選択する。しかし、近年、PDP装置の高精細化が進み、例えばHD（High Definition）と呼ばれる規格では、表示ラインが1080本以上となる。このように表示ラインが増加すると、1本の表示ライン当たりのアドレス時間が短くなるため、アドレス放電遅延が長いPDPでは、所定のアドレス時間内にアドレス動作を行うことができないため、点灯/非点灯の選択を失敗し、ちらつきなどの画像不良を起こす。そこで1080本の表示ラインをパネルの上下で2分割してそれぞれ540本ずつの2ブロックとし、それぞれのブ

ロックから1本ずつ、計2本を同時にスキャンしてアドレス時間を2倍確保する必要が生じる（デュアルスキャンと呼ばれる）。この場合、アドレスドライバICは、上下で2分割した表示ライン毎に必要となるため、パネルの上下に配置しなければならない、2倍の数のアドレスドライバが必要となる。そのため、アドレスドライバの消費電力が2倍になる分、PDP装置の消費電力が上昇し、またアドレスドライバやその実装材料等の材料の使用量も増加する。

[0638] しかし、本実施の形態で説明したPDP4-15を組み込んだPDPモジュール、あるいはPDPセットにおいては、アドレス放電時間を短縮することができるので、表示ラインを分割することなく、全ての表示ラインをスキャンすることができる（シングルスキャン）。したがってアドレスドライバICは、パネルの上下いずれか片側にのみ配置すれば良い。したがって、アドレスドライバICの数を、デュアルスキャンの場合と比較して、半減することができるので消費電力を低減し、実装材料等の材料の使用量も半減することができる。

[0639] [第5の技術の発明を実施するための形態]

本願発明を詳細に説明する前に、本願における用語の意味を説明すると次の通りである。

[0640] PDPとは、対向配置される一对の基板の間に形成された放電セル内で気体放電を発生させ、この際に発生する励起光で蛍光体を励起させて、所望の画像を形成する略平面板状の表示パネルである。PDPの内部構造や構成材料は、要求性能あるいは駆動方式に応じて種々の構成例があるが、原理的に明らかに適用できない構成を除き、これら全ての構成例を含む。

[0641] プラズマディスプレイモジュール（PDPモジュール）は、PDPと、PDPの表示面の反対側に配置されてPDPを支持するシャーシと、シャーシの背面（PDPとの対向面の反対側に位置する面）側に配置され、PDPを駆動、制御する、あるいはPDPに電源を供給するための各種電気回路が形成された回路基板とを備えたモジュールであって、各種電気回路とPDPと

が電氣的に接続されたものである。なお、PDPモジュールの実施態様としては、上記した各種電気回路が形成された回路基板の一部または全部が取り付けられず、該回路基板の取り付け予定位置に取り付け用治具が形成された構造もある。本願では、このような実施態様もPDPモジュールに含まれる。

[0642] プラズマディスプレイセット（PDPセット）は、PDPモジュールを外部筐体でカバーした表示装置である。また、PDPモジュールを例えばスタンドなどの支持構造物に固定した表示装置もこれに含まれる。また、PDPセットをテレビ受像機として用いる場合には、PDPモジュールとチューナとが電氣的に接続されるが、このチューナを含むものもPDPセットに含まれる。

[0643] プラズマディスプレイ装置（PDP装置）には、上記したPDP、PDPモジュールおよびPDPセットが含まれる。

[0644] 以下の実施の形態では、本実施の形態を説明するための全図において同一機能を有するものは同一の符号を付すようにし、その繰り返しの説明は原則として省略する。また、本実施の形態を説明するための全図においては、各部材の構成をわかりやすくするために、平面図あるいは斜視図であってもハッチングや模様を付す場合がある。以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。

[0645] <PDPの基本構造および製造方法>

まず、本発明者らが検討したPDPの一例としてAC面放電型PDPの基本構造などについて説明する。なお、本実施の形態においてPDPを構成する一対の基板である「前面板」および「背面板」は、両者を組み立ててパネル化した際に、蛍光体による発光が通過して表示面となる側を前面板、表示面の反対側に位置する側を背面板として説明する。また、「前面板」および「背面板」は、それぞれガラス基板からなる前面基板および背面基板を基材とし、基材に後述する各部材を形成した基板構造体として説明する。

[0646] 図91は本発明者らが検討したいわゆるボックス型のAC面放電型のPDP

Pの要部を模式的に示す分解斜視図である。図92は図91に示すPDPを組み立てた後の放電セルのx-z平面の断面図である。図93は図91に示すPDPを組み立てた後の放電セルのy-z平面の断面図である。

[0647] まず、前面板5-12およびその形成方法について説明する。前面板5-12の基材となる前面基板5-1の内面側には、ストライプ状に延在する透明電極5-4a、5-5aと、透明電極5-4a、5-5a上に接合されるバス電極5-4b、5-5bとで構成される複数の表示電極対5-6が配設される。表示電極対5-6はサステイン電極(X電極)5-4とスキャン電極(Y電極)5-5の対からなり、サステイン電極5-4とスキャン電極5-5間で、維持放電(表示放電)を行う。つまり、表示電極対5-6はPDP5-15における行方向(図91に示すy方向)の表示ラインを構成する。したがって、図91では、2対の表示電極対5-6を示しているが、表示ライン数に応じた本数の表示電極対5-6が形成されている。

[0648] 透明電極5-4a、5-5aは透明導電体である酸化インジウムスズ(ITO)からなる膜で形成され、その上に銀の単層膜からなるバス電極5-4b、5-5bが付設されている。このバス電極5-4b、5-5bは、PDP5-15を駆動する際の電気抵抗を低減する観点から、銀など、透明電極5-4a、5-5aよりも電気伝導率の高い金属材料で構成される。

[0649] 一方、透明電極5-4a、5-5aは、表示電極対5-6の電極間距離を近づけて維持放電を形成し易くする観点から、バス電極5-4b、5-5bよりも広い幅で形成されている。このため、透明電極5-4a、5-5aを可視光に対して透明な材料で構成することにより、放電セル5-CL内で発生した光を効率的に前面基板5-1側に取り出す構造となっている。なお、表示電極対5-6の形状や材質には種々の変形例を適用することができる。例えば、透明電極5-4a、5-5aとして酸化スズや酸化亜鉛等、バス電極5-4b、5-5bとして黒色銀と銀の積層膜、アルミニウムの単層膜、またはクロム/銅/クロムの積層膜で形成することができる。

[0650] 前面基板5-1上に表示電極対5-6を形成する工程は例えば以下のように

に行う。すなわち、スクリーン印刷のような厚膜形成技術、あるいは、蒸着法やスパッタ法などの薄膜形成技術とエッチング技術とを用いることにより、所定の本数、厚さ、幅および間隔で形成することができる。

[0651] また、複数の表示電極対 5-6（サステイン電極 5-4、スキャン電極 5-5）は、主に SiO_2 などの誘電体ガラス材料で構成される誘電体層 5-2 で被覆されている。表示電極対 5-6 を被覆するように誘電体層 5-2 を形成する工程は例えば以下のように行う。すなわち、誘電体層 5-2 は、例えば低融点ガラス粉末を主成分とするフリットペーストを、前面基板 5-1 上にスクリーン印刷法で塗布し、焼成することにより形成している。他に、いわゆるグリーンシートと呼ばれるシート状の誘電体シートを貼り付けて焼成する方法で形成することもできる。あるいは、プラズマ CVD 法で SiO_2 膜を成膜することにより形成してもよい。

[0652] 誘電体層 5-2 の内面側には、表示の際の放電（主に維持放電）により生じるイオンの衝突による衝撃から誘電体層 5-2 を保護する、保護膜 5-3 が形成されている。このため保護膜 5-3 は誘電体層 5-2 の表面を被覆するように形成されている。この保護膜 5-3 の詳細な構造、機能、および誘電体層 5-2 の表面に保護膜 5-3 を形成する工程の詳細については後述する。

[0653] 次に、背面板 5-13 およびその形成方法について説明する。背面板 5-13 は、例えばガラス基板である背面基板 5-11 を有している。背面基板 5-11 の内面（前面板 5-12 と対向する面）側には、表示電極対 5-6 と交差（直交）する方向に延在する複数のアドレス電極（A 電極）5-10 が配設される。このアドレス電極 5-10 と、前面板 5-12 に形成されたスキャン電極 5-5 は、放電セル 5-CL の点灯／非点灯を選択するための放電であるアドレス放電を行うための電極対を構成する。つまり、スキャン電極 5-5 は維持放電用の電極としての機能とアドレス放電用の電極（走査電極）としての機能とを併せ持っている。このようにアドレス電極 5-10 と、表示電極対 5-6 を交差させることにより、放電セル 5-CL 毎に点灯

／非点灯を選択することができる。つまり、PDP 5-15は、表示電極対5-6とアドレス電極5-10の交差毎に放電セル5-CLを有している。

[0654] アドレス電極5-10は銀、アルミニウムの単層膜、またはクロム／銅／クロムの積層膜で形成される。背面基板5-11上にアドレス電極5-10を形成する工程は、前記したバス電極5-4b、5-5bを形成する方法と同様であるため、説明は省略する。

[0655] アドレス電極5-10は、誘電体層5-9で被覆されている。誘電体層5-9は前面基板5-1上の誘電体層5-2と同じ材料、同じ方法を用いて形成することができる。誘電体層5-9上には背面板5-13の内面側を複数の放電セル5-CLに区画する複数の隔壁5-7が形成されている。この複数の隔壁5-7は、前面基板5-1と背面板5-11の間に配置され、各放電セル5-CLにおける放電距離を維持する機能を有している。また、隣り合って配置される放電セル5-CL間におけるクロストークを防止ないしは抑制する機能を有している。本実施の形態では、隔壁5-7は、図91に示すX方向（アドレス電極5-10の延在方向）に沿って延在する隔壁5-7aと、Y方向（表示電極対5-6の延在方向）に沿って延在する隔壁5-7bとを有している。複数の隔壁5-7a、5-7bはそれぞれ交差し、背面板5-13の内面側に形成される放電空間5-14をマトリクス状（格子状）に区画している。このように各放電セル5-CLをマトリクス状に区画するように複数の隔壁5-7を形成した構造は、ボックスリブ構造と呼ばれ、X方向に沿って隣り合う放電セル5-CLの間に隔壁5-7bを形成することにより、当該放電セル5-CL間でのクロストークを効果的に防止ないしは抑制することができるので、PDPの高精細化に好適な構造である。

[0656] なお、隔壁5-7の形成方法は、図91に示す構造に限定されず、例えば、図91に示すX方向（アドレス電極5-10の延在方向）に沿って延在する複数の隔壁5-7aをストライプ状に形成し、隔壁5-7bは形成しない構造（ストライプリブ構造と呼ばれる）とすることもできる。このストライプリブ構造の場合、背面板5-13に形成される隔壁5-7の数が少ないの

で、放電空間 5-14 内のガスを給排気する際の排気抵抗を低減することができる。

[0657] 隔壁 5-7 を形成する工程は、サンドブラスト法、フォトエッチング法などにより形成することができる。例えば、サンドブラスト法では、低融点ガラスフリット、バインダー樹脂、溶媒などからなるフリットペーストを誘電体層 5-9 上に塗布して乾燥させた後、そのフリットペースト層上に隔壁パターンの開口を有する切削マスクを設けた状態で切削粒子を吹き付けて、マスクの開口部に露出したフリットペースト層を切削し、さらに焼成することにより形成する。また、フォトエッチング法では、切削粒子で切削することに代えて、バインダー樹脂に感光性の樹脂を使用し、マスクを用いた露光および現像の後、焼成することにより形成する。

[0658] アドレス電極 5-10 上の誘電体層 5-9 の上面、および隔壁 5-7 の側面には、真空紫外線により励起されて可視光を発光する蛍光体 5-8 が形成されている。本実施の形態の PDP 5-15 は、カラー表示を行う PDP なので、蛍光体 5-8 は、真空紫外線により励起されて赤 (R)、緑 (G)、青 (B) の各色の可視光を発生する蛍光体 5-8r、5-8g、5-8b がそれぞれ所定の放電セル 5-CL に形成されている。R、G、B の各色を発光する蛍光体の構成材料としては、例えば、蛍光体 5-8r として $(Y, Gd)BO_4 : Eu^{2+}$ 、蛍光体 5-8g として $Zn_2SiO_4 : Mn^{2+}$ 、蛍光体 5-8b として $BaMgAl_{10}O_{17} : Eu^{2+}$ を例示することができる。カラー表示 PDP においては、蛍光体 5-8r、5-8g、5-8b が形成された放電セル 5-CL のセットにより画素 (ピクセル) が構成される。

[0659] 隔壁 5-7 で区画された領域に蛍光体 5-8r、5-8g、5-8b を形成する工程は例えば以下のように行う。まず、各色の発光特性を有する蛍光体粉末とバインダー樹脂と溶媒とを含む蛍光体ペーストをそれぞれ準備する。この蛍光体ペーストを隔壁で区切られた放電空間内にスクリーン印刷またはディスペンサを用いた方法などで塗布し、これを発光色毎に繰り返した後、焼成することにより形成している。

- [0660] PDP 5-15は、上記した前面板5-12の表示電極対5-6を形成した面と、背面板5-13を、放電空間5-14を介して対向配置して組み立てることにより得られる。つまり、PDP 5-15は、放電ガスを封入して形成された放電空間5-14を介して対向する一对の基板構造体である前面板5-12と背面板5-13とを有している。この組み立て工程には、前面板5-12と背面板5-13の位置合わせ工程、各板（前面板5-12および背面板5-13）の外周に配置される非表示領域を例えばシールフリットと呼ばれる低融点ガラス材料からなる封着剤を用いて封着する封着工程、PDP 5-15の内部空間（放電空間5-14など）に残るガスを排気して、放電ガスを導入する工程が含まれる。
- [0661] 放電空間5-14に導入する放電ガスとしては、希ガスを含む混合ガス、例えばHe-Xe、Ne-Xe、He-Ne-Xe等の混合ガスで構成することができる。本実施の形態では、放電ガスとしてネオン（Ne）-キセノン（Xe）をガス基体とした混合ガスを例えばXeの分圧比が数%～数十%に調整して封入している。
- [0662] PDP 5-15では、蛍光体5-8を発光させるための励起源として、主に147nmと172nmの波長を有する真空紫外線を用いている。147nmの真空紫外線は、放電によりイオン化されたXeイオンが基底状態に遷移する際に発生する。172nmの紫外線は主にXe₂エキシマから発生し、放電ガス中のXeの分圧を高くすることにより紫外線発生効率が高くなり、蛍光体5-8を励起する紫外線を多く発生させることができるので、PDP 5-15の発光効率を向上させることができる。
- [0663] なお、図91ではアドレス電極5-10を背面板5-13に形成する例について示したが、アドレス電極5-10を前面板5-12に形成することもできる。この場合、図91に示す誘電体層5-2を複数層構造として、第1層目の誘電体層で表示電極対5-6を被覆し、この第1層目と第2層目の誘電体層の間にアドレス電極5-10を形成することができる。
- [0664] <保護膜の詳細構造、機能および形成方法>

次に、図 9 1 ～図 9 3 に示す保護膜 5 - 3 の詳細構造、機能および形成方法について説明する。図 9 1 ～図 9 3 において、放電時に電離したイオンが、直接、誘電体層 5 - 2 に衝突すると、誘電体層 5 - 2 が劣化して PDP 5 - 1 5 は所定の特性が得られなくなる。保護膜 5 - 3 は、誘電体層 5 - 2 の劣化を防止するため、放電時のイオンの衝撃から誘電体層 5 - 2 を保護する機能を有している。したがって、保護膜 5 - 3 自体がイオンの衝撃により削られてしまうと、誘電体層 5 - 2 が露出してしまうこととなるので、保護膜 5 - 3 には、放電時のイオンの衝撃に対する耐スパッタ性が要求される。

[0665] また、保護膜 5 - 3 は、放電空間 5 - 1 4 に露出して形成されるため、保護膜 5 - 3 を放電空間 5 - 1 4 に電子を放出しやすい材料で構成すると、放電電圧の低減、あるいはアドレス放電の高速化の観点から好ましい。

[0666] 例えば、放電時に、電離したイオンが保護膜 5 - 3 に衝突することにより、放電空間 5 - 1 4 に 2 次電子を放出すると、該 2 次電子が放電空間 5 - 1 4 内の放電ガスに衝突してイオン化させ易くなる。つまり、2 次電子放出係数が高い程、放電させるために必要な電圧（放電電圧）を低減することができる。

[0667] また、例えば、PDP 5 - 1 5 の周囲温度や駆動時の熱により保護膜 5 - 3 で励起された電子が放電空間 5 - 1 4 に放出される場合、この放出された電子は放電（アドレス放電）のトリガとなる種電子（プライミング電子）となる。アドレス放電を行う際に、放電空間 5 - 1 4 内に存在するプライミング電子の量が増加すると、各放電セル 5 - CL において、電圧を印加してからアドレス放電が形成されるまでの時間（形成遅れと呼ばれる）を短くすることができる。また、複数の放電セル 5 - CL について、順次スキャンしながらアドレス放電を発生させる場合に、放電セル 5 - CL 毎のアドレス放電が形成されるまでの時間のばらつき（統計遅れと呼ばれる）を小さくすることができる。つまり、保護膜 5 - 3 のプライミング電子の放出性能を向上させることにより、形成遅れと統計遅れの和として表わされるアドレス放電遅れを低減し、アドレス放電を高速化することができる。

- [0668] 前記した通り、放電電圧の低減、あるいは、アドレス放電の高速化は、PDP 5-15の消費電力や材料の使用量を低減する観点から特に有効な手段である。
- [0669] 本実施の形態では、保護膜 5-3 は、アルカリ土類金属酸化物からなる母材、および母材に添加される添加元素を有している。また、添加元素は、母材を構成するアルカリ土類金属酸化物と異なるイオン価数を有している。また、添加元素の 6 配位イオン半径は、それぞれ、母材を構成する金属のイオン半径 $\pm 0.1 \text{ \AA}$ 以内としている。
- [0670] このように、アルカリ土類金属酸化物からなる母材に母材と異なるイオン価数を有する添加元素を添加することにより、母材の結晶中に不純物準位が形成されるので、添加元素を添加しない場合と比較して保護膜 5-3 の 2 次電子放出係数を向上させることができる。あるいは、放電のトリガとなるプライミング電子の放出性能を向上させることができる。以下、そのメカニズムを説明するが、まず、母材中に、母材を構成するアルカリ土類金属と異なるイオン価数を有する 1 種類の添加元素を添加した場合について、図 9 4 ~ 図 9 6 を用いて説明する。なお、以下の説明において、母材を構成するアルカリ土類金属酸化物の例として MgO を取り上げて説明する。
- [0671] 図 9 4 ~ 図 9 6 は、保護膜のバンド構造を示す模式図であって、図 9 4 は、添加元素を有しない母材のみで構成される保護膜のバンド構造、図 9 5 は、図 9 4 に示す保護膜に 1 価のイオン価数を有する添加元素を添加した保護膜のバンド構造、図 9 6 は図 9 4 に示す保護膜に 3 価乃至 5 価のイオン価数を有する添加元素を添加した保護膜のバンド構造を示している。
- [0672] まず、図 9 4 に示すように、母材に添加元素を添加しない場合には、保護膜（母材）のフェルミ準位 5-24 の位置はバンドギャップ 5-20 の略中央となる。
- [0673] ここで、母材を構成するアルカリ土類金属のイオン価数よりも低いイオン価数、すなわち、1 価のイオン価数を有する添加元素を添加した場合、MgO の金属イオンである Mg を添加元素に置換し、かつ、酸素欠損形成による

電荷補償がされないと電子が1個不足する。したがって、図95に示すように、2価酸化物であるMgOのバルクのバンドギャップ5-20中において、価電子帯5-21側にアクセプタ準位5-25を形成しやすい。アクセプタ準位5-25が形成されると、フェルミ準位5-24がアクセプタ準位5-25まで低下する。このため、バンドギャップ5-20の略中央に存在した(図94参照)表面準位5-26から、アクセプタ準位5-25に向かって電子が移動するので、母材の表面は正に帯電する。それにより伝導帯5-22のバンドも湾曲するため、それに引きずられて真空準位5-28が低下する。この結果、真空準位5-28とバルク中の伝導帯5-22底の間の障壁高さ、すなわち、電子親和力5-29が実質的に図94に示す場合と比較して低下した状態となる(例えば、電子親和力5-29が負となる場合もある)。この場合に、例えば、放電により発生した紫外線5-23などの励起源が照射されると、伝導帯5-22に励起された電子が真空中に放出されやすくなる。つまり、図92および図93に示す保護膜5-3から放電空間5-14中に電子が放出されやすくなる。

[0674] また、1価の添加元素のうち、特に、アルカリ金属イオンを添加する場合には、表面で電子を放出しやすいアルカリ金属イオンからMgO表面への電子が移動することにより真空側が正でMgO側が負の電気二重層が形成されるので、前記効果に加えて、さらに表面の電子親和力(仕事関数)の低減する効果が得られる。このため、さらに電子放出が容易となる。

[0675] そのため、イオン中和やイオン脱励起による2次電子放出を容易にするので、2次電子放出係数が向上し、放電電圧(放電を発生、あるいは維持するために必要な電圧)を低減することができる。また、放電空間中に電子を放出しやすくすることにより、アドレス放電の種電子となる、プライミング電子が増加することとなるので、アドレス放電の高速化(放電遅れの低減)が可能となる。

[0676] 一方、母材を構成するアルカリ土類金属のイオン価数よりも高いイオン価数、すなわち、3価乃至5価のイオン価数を有する添加元素を添加した場合

、MgOの金属イオンであるMgを置換し、かつ金属欠損形成による電荷補償がされないと電子が1個以上余る。このため図96に示すように、2価酸化物であるMgOのバンドギャップ中の伝導帯5-22側にドナー準位5-27を形成しやすい。このドナー準位5-27は、それ自身が電子放出源となる。また、放電により発生した紫外線5-23などの励起源が照射された場合に、価電子帯5-21から伝導帯5-22に励起された電子のトラップ源ともなる。

[0677] このうちドナー準位（トラップ準位）の伝導帯5-22底からの深さが1 eV以下の浅いドナー準位5-27aの場合は、熱励起により徐々に電子を放出するため、良好なプライミング電子源となり、アドレス放電の高速化が可能となる。また深さが1 eV以上の深いドナー準位5-27bの場合には、価電子帯よりも高いエネルギー準位からのイオン中和やイオン脱励起が起こるため良好な2次電子放出源となり、放電電圧を低減させることができる。一般に、1種の添加元素を添加した場合であっても複数のトラップ準位深さを形成することができるので、アドレス放電の高速化と放電電圧の低減を両立することができる。

[0678] 次に図97～図101を用いて、母材に一種類の添加元素を添加した場合における放電電圧の低減効果、およびアドレス放電の高速化（アドレス放電遅れの短縮化）効果について本発明者が実験的に確認した結果について説明する。図97は、PDPの放電電圧を定量比較するための定義を説明する説明図、図98は、添加元素を有しない母材のみで構成される保護膜と、母材に1価のイオン価数を有する添加元素を添加した保護膜の放電電圧の比較結果を示す説明図、図99は、添加元素を有しない母材のみで構成される保護膜と、母材に1価のイオン価数を有する添加元素を添加した保護膜のアドレス放電遅れの比較結果を示す説明図である。また、図100は、添加元素を有しない母材のみで構成される保護膜と、母材に3価あるいは4価のイオン価数を有する添加元素を添加した保護膜の放電電圧の比較結果を示す説明図、図101は、添加元素を有しない母材のみで構成される保護膜と、母材に

3価あるいは4価のイオン価数を有する添加元素を添加した保護膜のアドレス放電遅れの比較結果を示す説明図である。

[0679] なお、図98～図101において、母材としては、 MgO を用いている。また、図98および図99では、添加物として、 Li_2O を0.01原子量%（以下at%と記す）ドーピングしたもの、図99および図100では、添加物として、 Sc_2O_3 、 Ga_2O_3 、 In_2O_3 、 SnO_2 を0.01at%添加した4種の実験区について示している。保護膜の形成方法としては、電子ビーム蒸着法を用い、ターゲット材（蒸着源）として、粉末状の MgO と添加元素の化合物を混合した後、ペレット状に成形したものを用いた。また、PDPに電圧を印加した際には、電流電圧特性が、図97に示すようなヒステリシス曲線を描くので、図98および図100では、ヒステリシスのマージンセンタ V_{s_c} で評価した。また、図99および図101においては、放電後の休止時間を1msとし、休止時間後のアドレス放電遅れ（アドレス放電電圧印加後に放電が発生するまでの時間）を母材のみで構成されるPDP（図99および図101ではpureとして示す）における値で規格化した比で示している。

[0680] 図98および図100に示す結果より、母材である MgO に母材と異なるイオン価数を有する添加元素を0.01at%添加した保護膜を形成することにより、放電電圧は7V～10V程度低減できることが判った。また、図99および図101に示す結果より、母材である MgO に母材と異なるイオン価数を有する添加元素を0.01at%添加した保護膜を形成することにより、母材のみで保護膜を形成した場合と比較してアドレス放電遅れを $1/3 \sim 1/100$ とすることができる。このように、母材である MgO に母材と異なるイオン価数を有する添加元素を添加した保護膜を形成することは、放電電圧低減、アドレス放電遅れの低減に有効であることが判った。

[0681] しかし、本発明者がさらに検討した結果、添加元素の選択、あるいは、添加量によっては、十分に、放電電圧低減、あるいはアドレス放電遅れの低減の効果が得られない場合があることが判明した。

[0682] 例えば、母材を構成するアルカリ土類金属であるMgと比較して添加元素のイオン半径が小さすぎる場合、MgO格子間に添加元素が挿入され、得られる保護膜の結晶構造が歪んでしまう原因となる。一方、母材を構成するアルカリ土類金属であるMgと比較して添加元素のイオン半径が大きすぎる場合、母材の結晶に取り込まれず、結晶粒界に析出してしまい、やはり得られる保護膜の結晶構造が乱され、耐スパッタ性の低下を招く。また、このような格子間元素や析出元素は失活してしまうため、MgOのバンドギャップ内に2次電子放出源やプライミング電子放出源となるような有効な不純物準位を形成し難い。

[0683] また、添加量については、添加量を過剰に多くすると十分な効果が得られず、逆に性能が低下する場合もある。また、不純物の添加量が増加すると、保護膜の結晶構造が乱され、耐スパッタ性の低下を招く場合もある。

[0684] したがって、放電電圧低減、アドレス放電遅れの低減などの効果が十分に得られ、かつ、耐スパッタ性の低下を抑制するためには、母材の結晶をできるだけ歪ませず、有効な不純物準位を形成する観点から、Mgイオンのサイトを置換できる元素の選定が重要である。そこで、本発明者は、この点を鑑み、まず、Mgイオンを効率よく置換できる添加元素イオンの条件を検討した。図102は母材に添加する添加元素のイオン半径と、添加元素により形成されるトラップ準位の熱発光スペクトルのピーク強度の関係を示す説明図、図103は図102に示す熱発光スペクトルの発生機構についてバンド構造を用いて模式的に示す説明図である。

[0685] 図102では、母材としてMgOを用い、これに様々な元素を一定原子量添加した際のトラップ準位の熱発光スペクトルの強度を純粋なMgOの発光強度を1として縦軸に、添加元素の6配位イオン半径とMgイオン半径の差を横軸にプロットしている。イオン半径は配位数により異なるが、母材のアルカリ土類金属酸化物は岩塩型の結晶構造をしているので、6配位のイオン半径差を横軸にとった。また、熱発光スペクトルは図103に示すように、母材のバンドギャップ中のトラップ準位5-30から熱励起された電子が緩

和する際の発光5-TLを観察するもので、その強度はトラップ準位密度や発光中心密度等に関係し、母材のバンドギャップ中の不純物準位がどの程度効率よく形成されているかを表す。

[0686] 図102から分かるように、添加元素の6配位イオン半径を母材であるMgOのMgイオン半径($0.72 \text{ \AA}$) $\pm 0.1 \text{ \AA}$ 以内とすると、母材のみで構成される保護膜の10倍以上の高いスペクトル強度が得られることから、効率よく不純物準位を形成していることが分かる。特にSc、Ga、In、Sn、は高いスペクトル強度が得られ、特に好ましい。

[0687] このように、添加元素の6配位イオン半径を、母材を構成するアルカリ土類金属の6配位イオン半径と近づけることで、添加元素を効率よく、かつ、母材の結晶構造に発生する歪みを抑制して導入することが可能である。しかし、母材に1種類の添加元素を添加する場合には、添加量が多くなると、スパッタ耐性が低下する。また、放電電圧が上昇する、あるいは、アドレス放電時間が増大し、性能が低下する。以下、図104～図106を用いて、母材に1種類の添加元素を添加する場合における、添加量の変化に応じた耐スパッタ性、放電電圧、アドレス放電遅れの特性変化について説明する。

[0688] 図104は添加元素の添加量(at%)をパラメータとし、保護膜の耐スパッタ性を評価した説明図である。評価はRFマグネトロンスパッタ装置を用い、100W/4インチφの投入電力で1PaのAr放電雰囲気で行った。また、保護膜の母材としては、MgOを用い、イオン価数の異なる添加元素を添加した5種類の保護膜を形成し、評価した。各添加元素の6配位イオン半径は、それぞれ、Mgの6配位イオン半径 $\pm 0.1 \text{ \AA}$ 以内のものを用いている。

[0689] 図104に示すように、添加元素の添加量が一定量を超えると、耐スパッタ性が劣化することが判る。添加元素が1価(Li)や3価(Sc)のイオン価数を有する場合、添加量が1at%を超えると、耐スパッタ性が劣化していくことから、添加量は1at%以下に抑える必要がある。また、添加元素が、4価(Sn)や5価(Ta)のイオン価数を有する場合、1価(Li)

）や3価（S c）の場合と比較して母材を構成するM gのイオン価数（2価）との価数差が大きい。したがって、1価（L i）や3価（S c）の場合と同様に、例えば、1 a t %の添加元素を添加した場合であっても、欠陥数が増えるため、耐スパッタ性が劣化する。そこで、4価（S n）や5価（T a）の場合には、添加元素量は1 / （母材と添加元素イオンの価数差） a t %の範囲とする必要がある。

[0690] 図105は、添加元素の添加量を変化させた場合の放電電圧の変化を示す説明図、図106は添加元素の添加量を変化させた場合のアドレス放電遅れの変化を示す説明図である。なお、図105および図106に示す実験において採用した添加元素および母材の種類、放電電圧、アドレス放電遅れの評価方法、および保護膜の形成方法については、図98～図101に示す実験と同様であるため、詳細な説明は省略する。また、図105および図106においては、L i₂Oの添加量を0.0001 a t %～5 a t %の範囲で、G a₂O₃、I n₂O₃、S nO₂については0.0001 a t %～1 a t %の範囲で変化させた。

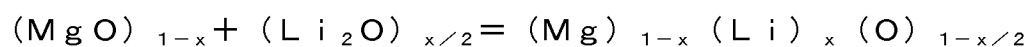
[0691] 図105において、1価のイオン価数を有するL iを添加した場合、0.001 a t %～1 a t %の範囲では、添加量の増加とともに放電電圧を低減することができる。しかし、添加量が0.0001 a t %の場合には、母材であるM g Oのみで構成される保護膜（p u r e）と比較して放電電圧の低減効果を確認することができず、5 a t %の場合には、逆に放電電圧が1 a t %の場合よりも上昇することが判った。また、3価あるいは4価のイオン価数を有するG a、I n、S nを添加した場合には、0.001 a t %～0.1 %の範囲で放電電圧低減効果が確認され、0.01 a t %の場合が最も放電電圧が低くなることが判った。しかし、添加量が0.0001 a t %の場合には、母材であるM g Oのみで構成される保護膜（p u r e）と比較して放電電圧の低減効果を確認することができず、1 a t %の場合にも、放電電圧が母材のみで構成される保護膜と同程度まで上昇してしまうことが判った。

[0692] また、図 106 に示す結果より、アドレス放電遅れについても、放電電圧の変化と略同様な変化を示すことが判った。すなわち、Li を添加した場合、0.001 at % ~ 1 at % の範囲では、アドレス放電遅れを低減する効果が確認できたが、0.0001 at %、あるいは 5 at % の場合には、母材である MgO のみで構成される保護膜 (pure) と比較してアドレス放電遅れを低減する顕著な効果は確認できなかった。また、Ga、In、Sn を添加した場合には、0.01 at % の場合にアドレス放電遅れが最も低くなり、添加量の増加とともにアドレス放電遅れが増大することが判った。

[0693] 図 104 ~ 図 106 に示す結果となる理由について図 107 を用いて説明する。図 107 は、保護膜を構成する母材中に、1 価あるいは 3 価の添加元素を添加した場合の結晶中の欠損の状態を模式的に示す説明図である。

[0694] 図 107 に示すように、保護膜 5-3 を構成する母材に含まれるアルカリ土類金属である Mg イオン 5-3 1 と異なるイオン価数を有する添加元素 (1 価イオン 5-3 2、あるいは 3 価イオン 5-3 3) を添加すると、電荷中性条件を保つために酸素欠損 5-3 4、あるいは金属欠損 5-3 5 が発生し易くなる、この酸素欠損 5-3 4、あるいは金属欠損 5-3 5 は、以下の理由により発生し易くなる。すなわち、異なるイオン価数の添加元素を添加すると、電荷中性条件を保とうとする。この電荷中性条件を保つ手段は、単純に Mg イオン 5-3 1 を置換して、ホールあるいは電子を放出してアクセプタ準位あるいはドナー準位を形成する方法のみではなく、酸素欠損 5-3 4、あるいは金属欠損 5-3 5 を形成することにより電荷中性条件を保とうとする場合に発生する。

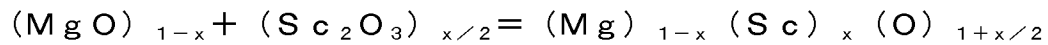
[0695] 例えば、母材である MgO に 1 価の金属イオン酸化物である Li₂O を添加し、ホールの生成がないとすると、



となり、金属イオン (Mg イオンおよび Li イオン) の合計量が $1-x+x=1$ であるのに対し、酸素イオン 5-3 6 の合計量は $1-x/2$ となって、 $x/2$ だけ不足する。すなわち、ホールの放出がなければ酸素欠損 5-3 4

が発生し易い。

[0696] 一方、母材であるMgOに3価の金属イオン酸化物であるSc₂O₃を添加し、自由電子の生成がないとすると、



となり、金属イオン(MgイオンおよびScイオン)の合計量が $1 - x + x = 1$ であるのに対し、酸素イオンの合計量は $1 + x/2$ となっており、金属イオンが $x/2$ だけ不足する。すなわち、電子の放出がなければ金属欠損5-35が発生しやすい。

[0697] このように、母材の金属イオンの価数とは異なる価数のイオンを添加する場合、酸素欠損5-34や金属欠損5-35などの欠陥が発生し易く、この結果、保護膜の結晶構造が乱され、耐スパッタ性の低下を招く。また、このような欠陥が増加すると、添加元素によって形成した2次電子放出源、プライミング電子源からの電子が失活しやすくなるため、逆に放電電圧の上昇、放電遅延の増大を招くこととなる。

[0698] なお、図104～図106に示す結果から1価のイオン価数を有するLiを添加する場合、3価あるいは4価のイオン価数を有する元素を添加した場合よりも、多く添加しても性能低下が少ないが、これは以下の理由による。すなわち、第1に、添加量を増加させることにより、表面電子親和力を低減させることができるからである。また、第2に、保護膜5-3の酸素欠損5-34は、負に帯電し易いため、正に帯電する金属欠損5-35と比較して、2次電子放出源、プライミング電子放出源から放出される電子が失活し難いからである。

[0699] 以上より、保護膜5-3を母材と、母材に添加する添加元素で構成し、添加元素の6配位イオン半径を母材の金属イオン半径+0.1Å以内とし、かつ、母材を構成するアルカリ土類金属と異なるイオン価数を有する添加元素を添加することにより、放電電圧の低減効果、あるいはアドレス放電遅れの低減効果が得られることが判った。しかし、1種類の添加元素を添加する場合、耐スパッタ性の低下を抑制しつつ、上記効果を得るためには、添加元素

の添加量は所定の範囲に限定されることが判った。例えば、添加元素が1価のイオン価数を有するLiである場合には、添加量は0.001at%~1at%の範囲である。また、例えば、添加元素が3価あるいは4価のイオン価数を有する場合には、0.001~0.1at%の範囲である。つまり、1種類の添加元素のみを添加する方法では、材料の選択および、添加量を調整することにより、放電電圧やアドレス放電遅れなどの性能向上をさせることができるが、性能向上の程度には限界がある。

[0700] そこで、本発明者は、耐スパッタ性の低下を抑制しつつ、放電電圧をさらに低減する、あるいは、アドレス放電遅れをさらに低減することのできる技術について検討した。具体的には、前述の実験結果から、耐スパッタ性を劣化させる要因、および放電電圧やアドレス放電遅れの低減効果の阻害要因である、酸素欠損や金属欠損などの欠陥を減らすことが重要である点に着目し、特に好ましい以下の構成を見出した。すなわち、保護膜5-3は、アルカリ土類金属酸化物からなる母材、および母材に添加される添加元素を有している。また、添加元素は、1価のイオン価数を有する第1添加元素、および3価乃至5価のイオン価数を有する第2添加元素からなる。換言すれば、母材に添加される添加元素は、母材を構成するアルカリ土類金属よりも小さいイオン価数を有する第1添加元素と、母材を構成するアルカリ土類金属よりも大きいイオン価数を有する第2添加元素からなる。

[0701] 前記した通り、1価のイオン価数を有する第1添加元素は、保護膜5-3表面の電子親和力を低減する効果が大きく、一方、3価乃至5価のイオン価数を有する第2添加元素は、プライミング電子源あるいは2次電子放出源となるトラップ準位（ドナー準位）を形成し易い。このため、これらを同時に添加することにより、放電電圧、あるいはアドレス放電遅れをさらに低減することができる。

[0702] また、第1添加元素と第2添加元素は、母材を構成する2価のイオンに対して電荷を補償し合うため、電荷中性条件を保ちやすくすることができる。この結果、各々を単独で添加する場合と比較して添加量を増やしても欠陥（

酸素欠損や金属欠損)の生成を抑制することが可能である。図108は、保護膜を構成する母材中に、1価および3価の添加元素をそれぞれ等量ずつ添加した場合の結晶中の状態を模式的に示す説明図である。図108に示すように1価イオン $5-32$ と3価イオン $5-33$ を等量添加した場合、母材の金属イオン(Mgイオン $5-31$)も含めた陽イオンの平均価数は2となり、電荷中性条件を完全に保つことができる。

[0703] また、第1添加元素と第2添加元素を同時に添加すると、欠陥の発生を抑制することができるが、添加量を増やすと、第1添加元素を添加すると酸素欠損が、第2添加元素を添加すると金属欠損が発生する場合がある。酸素欠損は金属欠損と比較して、2次電子放出源やプライミング電子放出源から放出された電子を失活し難い。したがって、添加量を増やす場合には、第1添加元素の添加量を第2添加元素の添加量よりも多くすることにより、放電電圧やアドレス放電遅れの低減効果に対する阻害要因を抑制することができる。また、この場合、第1添加元素の添加量の方が多いので、金属欠損が相殺されて極めて発生し難くなる。したがって、第2添加元素の添加量を、例えば、1at%程度まで増やした場合であっても、前記したような金属欠損に伴う性能(放電電圧やアドレス放電遅れ)劣化を防止し、さらに多くのトラップ準位が形成されることにより、トラップ準位の高密度化が行われ、放電電圧やアドレス放電遅れを低減することができる。

[0704] また、第1添加元素と第2添加元素を異なる添加量で添加する場合には、耐スパッタ性の劣化を防止する観点から、母材を構成する金属イオン(Mgイオン $5-31$)を含めた陽イオンの平均イオン価数を、母材を構成するアルカリ土類金属のイオン価数(2価)に近づけることが好ましい。本発明者が検討した所、第1添加元素、第2添加元素、および母材を構成するアルカリ土類金属を含めた平均イオン価数が、 $+1.99 \sim +2.0$ の範囲内であれば、少なくとも、図104に示した1価(Li)イオンを1at%添加した場合と同程度の耐スパッタ性が得られることが判った。

[0705] 次に、図109および図110を用いて、第1添加元素と第2添加元素を

共に添加した場合の性能向上について実験的に確認した結果について説明する。図109は、第1添加元素と第2添加元素を共に添加した場合の放電電圧についての評価結果を示す説明図、図110は、第1添加元素と第2添加元素を共に添加した場合のアドレス放電遅れの評価結果を示す説明図である。なお、図109および図110に示す実験において採用した放電電圧、アドレス放電遅れの評価方法、および保護膜の形成方法については、図98～図101に示す実験と同様であるため、詳細な説明は省略する。また、図109および図110に示す実験において、保護膜を構成する母材にはMgOを用い、第1添加元素としては、Li (Li₂O) を2 at %添加した。また、第2添加元素として、Sc (Sc₂O₃)、Ga (Ga₂O₃)、In (In₂O₃)、を1 at %添加したもの、および、Sn (SnO₂) を0.5 at %添加したものをそれぞれ準備した。

[0706] 図109に示すように、放電電圧については、母材のみで構成した保護膜 (pure) に対して、準備した全ての実験区について約20V程度の低減効果を確認した。これは、図98あるいは図99に示す1種類の添加元素を添加した場合と比較しても、2倍以上の低減効果である。したがって、母材中に、第1添加元素と第2添加元素を共に添加することにより、保護膜中の欠陥 (酸素欠損や金属欠損) の発生を抑制しつつ、表面電子親和力の低減、およびトラップ準位密度の高密度化が行われたことを実験的に確認できた。

[0707] また、図110に示すように、アドレス放電遅れについては、母材のみで構成した保護膜に対して、1/50～1/200に短縮できる効果を確認した。これは、図100および図101に示す、1種類の添加元素を添加した場合と比較してもさらに低減されており、1種類の添加元素を添加する場合の性能向上の限界を超えて、さらに向上していることがわかる。したがって、図110に示す実験によっても、母材中に、第1添加元素と第2添加元素を共に添加することにより、保護膜中の欠陥 (酸素欠損や金属欠損) の発生を抑制しつつ、表面電子親和力の低減、およびトラップ準位密度の高密度化が行われたことを確認した。

- [0708] また、図 109 および図 110 に示す各実験区について保護膜の耐スパッタ性の評価を行った。耐スパッタ性の評価方法は、図 104 を用いて説明した方法と同様であるので、詳細な説明は省略する。図 109 および図 110 に示す各実験区の保護膜は、何れも第 1 添加元素、第 2 添加元素、および母材を構成するアルカリ土類金属を含めた平均イオン価数が、 $+1.99 \sim +2.0$ の範囲内となっている。したがって、準備した全ての実験区について、少なくとも、図 104 に示した 1 価 (Li) イオンを 1 at % 添加した場合と同等以上の耐スパッタ性が確認できた。なお、耐スパッタ性の劣化を抑制する観点からは、前記の通り、添加元素の 6 配位イオン半径を母材の 6 配位イオン半径 $\pm 0.1 \text{ \AA}$ 以内とすることが好ましい。母材の結晶構造に発生する歪みを抑制して導入することができるからである。図 109 および図 110 に示す各実験区で用いた添加元素は、何れも母材を構成するアルカリ土類金属である Mg の 6 配位イオン半径 ($0.72 \text{ \AA}$) $\pm 0.1 \text{ \AA}$ 以内となっている。したがって、この点も各実験区の耐スパッタ性の劣化防止に寄与している。
- [0709] 以下に本発明者の検討および各種実験により見出した保護膜の構成およびその効果のうち、代表的なものの概要をまとめる。
- [0710] すなわち、保護膜を、アルカリ土類金属酸化物からなる母材、および母材に母材を構成するアルカリ土類金属のイオン価数と異なるイオン価数を有する添加元素を添加することにより、PDP の放電電圧、あるいはアドレス放電遅れを低減することができる。
- [0711] また、添加元素の 6 配位イオン半径を、母材を構成するアルカリ土類金属のイオン半径 $\pm 0.1 \text{ \AA}$ 以内とすることにより、保護膜の結晶構造の歪みを抑制することができるので、耐スパッタ性の劣化を抑制することができる。
- [0712] ただし、母材に 1 種類の添加元素のみを添加する場合、添加元素の添加量を増やしすぎると保護膜中に酸素欠損や金属欠損などの欠陥が多く発生するため、放電電圧、あるいはアドレス放電遅れが逆に増大してしまう場合もある。また、欠陥が多く発生すると、保護膜の耐スパッタ性も劣化する。した

がって、この場合には、添加元素の添加量は限定される。添加元素のイオン価数が母材を構成するアルカリ土類金属のイオン価数よりも小さい場合には、 $0.001 \text{ at} \%$ 以上、 $1 \text{ at} \%$ 以下である。また、添加元素のイオン価数が母材を構成するアルカリ土類金属のイオン価数よりも大きい場合には、 $0.001 \text{ at} \%$ 以上、 $0.1 \text{ at} \%$ 以下である。この結果、母材に1種類の添加元素のみを添加する場合には、放電電圧あるいはアドレス放電遅れを低減する効果の程度に限界がある。

[0713] ところが、母材を構成するアルカリ土類金属のイオン価数よりも小さい第1添加元素と、母材を構成するアルカリ土類金属のイオン価数よりも小さい第2添加元素とを共に母材に添加した場合には、母材を構成する2価のイオンに対して電荷を補償し合うため、電荷中性条件を保ちやすくすることができる。この結果、添加量を増加させた場合であっても、酸素欠損や金属欠損などの欠陥が発生し難くなり、耐スパッタ性の劣化を抑制することができる。また、欠陥が発生し難い環境下においては、放電電圧あるいはアドレス放電遅れを低減する効果は、添加量増加に伴って増大するので、前記した1種類の添加元素のみを添加する場合の限界を超えて、さらに大幅に低減することができる。

[0714] また、第1添加元素を添加することに起因して発生する酸素欠損は、第2添加元素を添加することに起因して発生する金属欠損と比較して、2次電子、あるいはプライミング電子を失活し難いので、放電電圧あるいはアドレス放電遅れを低減に対する阻害要因となり難い。そこで、第1添加元素の添加量を第2添加元素の添加量よりも多くすることで、金属欠損の発生を抑制しつつ、第2添加元素の添加量を増やすことができる。ただし、第2添加元素の添加量が極端に多くなると、保護膜の結晶構造が乱れる場合があるので、第2添加元素の添加量は、 $1 / (\text{前記母材を構成するアルカリ土類金属と前記第2添加元素のイオン価数差}) \text{ at} \%$ 以下とすることが好ましい。したがって、第2添加元素として3価のイオン価数を有する元素とした場合、添加量を増やせるという点で好ましい。

- [0715] また、耐スパッタ性の劣化を抑制するという観点から、保護膜を構成する第1添加元素、第2添加元素、および母材を構成するアルカリ土類金属を含めた陽イオンの平均イオン価数を2に近づけることが好ましい。具体的には、 $+1.99 \sim +2.0$ の範囲内とすることが特に好ましい。なお、第2添加元素の添加量を $1 / (\text{前記母材を構成するアルカリ土類金属と前記第2添加元素のイオン価数差}) \text{ at \%}$ とした場合に、平均イオン価数を $+1.99 \sim +2.0$ の範囲内とする場合、第1添加元素の添加量は $2 \text{ at \%}$ 以下となる。
- [0716] また、第1および第2添加元素の添加量が極端に少なすぎる場合、2次電子源、あるいはプライミング電子源となるトラップ準位を十分に形成できない場合があるので、第1および第2添加元素の添加量はそれぞれ $0.01 \text{ at \%}$ 以上とすることが好ましい。
- [0717] このように、本実施の形態によれば、耐スパッタ性の劣化を抑制しつつ、放電電圧、あるいはアドレス放電遅れを低減することができるので、PDP 5-15は消費電力を低減することができる。
- [0718] また、消費電力低減の観点からは、放電ガスに含まれるXeの分圧を増やすことも好ましい。Xeガスの分圧を増やすと、放電によって保護膜が削られやすくなるため、PDPの製品寿命の観点から耐スパッタ性が悪いPDPにおいては、十分に増やすことができず、例えば数%程度である。しかし、PDP 15では、耐スパッタ性の劣化を抑制することができるので、例えば、Xeの分圧を10%以上とした場合であっても、十分な製品寿命が得られることとなる。また、Xeガスの分圧を増やすと放電電圧が上昇することとなるが、PDP 5-15では、放電電圧を大幅に低減することができるので、Xeの分圧上昇に伴う放電電圧の上昇を軽減することができる。そして、Xeの分圧を10%以上とすることにより、PDP 5-15の発光効率を上昇させることができるので、PDP装置全体の消費電力を大幅に低減することができる。
- [0719] なお、本実施の形態では、保護膜を構成する各材料について、母材をMg

Oとし、添加元素として、Li、Sc、Ga、In、Snを例として取り上げて説明したが、本実施の形態で説明した放電電圧やアドレス放電遅れを低減するメカニズム、あるいは耐スパッタ性の劣化を抑制するメカニズムは、他の材料にも適用することができる。

[0720] 例えば、母材となるアルカリ土類金属酸化物としては、MgOの他、CaO、SrO、BaOなどを用いることができる。MgOは、他のアルカリ土類金属酸化物と比較すると、水分や炭酸ガスなどの不純物を吸着し難い特性を有している。したがって、製造工程中の不純物ガスの吸着を抑制することができるので、PDP装置の信頼性という観点から好ましい。一方、CaOやSrOは、MgOよりも2次電子放出係数がさらに高いので、放電電圧をさらに低減することができる点で好ましい。

[0721] また、本実施の形態では、母材を構成するアルカリ土類金属は、1種類のアルカリ土類金属酸化物(MgO)を用いる場合について説明したが、複数種類のアルカリ土類金属酸化物を含む複合酸化物とすることもできる。ただし、保護膜中の金属イオンの6配位イオン半径を揃える観点からは、1種類のアルカリ土類金属酸化物で母材を構成する方がより好ましい。なお、保護膜の母材を1種類のアルカリ土類金属酸化物で構成する、とは、母材に含まれる、主なアルカリ土類金属酸化物が1種類であるという意味である。したがって、例えば、原料由来などで、添加元素の添加量よりも少ない微量の不純物が含まれることを排除するものではない。

[0722] 次に、添加元素について説明する。本実施の形態では、本発明者が実験を行った結果、放電電圧やアドレス放電遅れを低減する効果が特に高かった材料を示している。しかし、以下に示す材料についても、添加元素を添加しないMgOのみからなる保護膜と比較すると、放電電圧やアドレス放電遅れを低減することができる。

[0723] まず、母材がMgOあるいはMgOを含む複合酸化物の場合、1価のイオン価数を有する第1添加元素は、Li、Cuの群から選ばれた1種または複数種の元素である。また、第2添加元素としては、イオン価数が3価であれ

ば、S c、T i、V、C r、M n、F e、G a、R u、R h、I n、S b、4価であれば、Z r、N b、M o、T c、S n、T b、H f、T a、W、R e、O s、I r、P t、P b、5価であれば、N b、T a、W、B iの群から選ばれた1種または複数種の元素である。

[0724] また、母材がC a OあるいはC a Oを含む複合酸化物の場合、1価のイオン価数を有する第1添加元素は、N aである。また、第2添加元素としては、イオン価数が3価であれば、Y、L a、C e、P r、N d、P m、S m、E u、G d、T b、D y、H o、B i、4価であれば、T e、5価であれば、Iの群から選ばれた1種または複数種の元素である。

[0725] また、母材がS r OあるいはS r Oを含む複合酸化物の場合、1価のイオン価数を有する第1添加元素は、A gである。また、第2添加元素としては、イオン価数が3価であるL a、B iの群から選ばれた1種または複数種の元素である。

[0726] また、母材がB a OあるいはB a Oを含む複合酸化物の場合、1価のイオン価数を有する第1添加元素は、Kである。ただし、B a Oの場合、3価乃至5価のイオン価数を有する添加元素として、母材を構成するB a Oのイオン半径 $\pm 0.1 \text{ \AA}$ 以内の条件を満たす材料が見つからないため、B a Oを用いる場合には、Kを添加することとなる。

[0727] 最後に、図9 1～図9 3に示す保護膜5-3の形成方法について母材をM g Oとする場合を例に取り上げて説明する。本実施の形態では保護膜5-3は例えば、電子ビーム蒸着法により成膜することができる。また、得られる保護膜5-3の膜質を制御するために、酸素ガスや水素ガス、水蒸気等を供給することもできる。また、成膜方法としては、イオンアシスト蒸着法、スパッタリング法、化学蒸着（CVD）法等を用いることもできる。ただし、母材に添加する添加元素の添加量を容易に調整する観点から、蒸着源となるターゲット材を気化させて誘電体層5-2上に堆積させる方法を用いることが特に好ましい。ターゲット材に含まれる添加元素の添加量を予め調整することにより、得られる保護膜5-3中の添加元素の添加量を容易に調整する

ことができるからである。

[0728] 蒸着源となるターゲット材は、母材の原料となるアルカリ土類金属酸化物と、添加元素の原料となる化合物（例えば前記した各種添加元素の金属酸化物）を予め混合しておく。ターゲット材の性状は、例えば、粉末状のMgOに添加元素の化合物を混合してペレット状に成形したものをを用いることができる。また、ペレット状のMgOとペレット状の添加元素の化合物を混合して用いる方法、あるいはこれらのペレット状に成型したものを焼結した焼結体を用いる方法とすることもできる。

[0729] 本実施の形態では、上記成膜法により、保護膜5-3を、例えば300nm～1000nm程度の厚さで形成する。なお、保護膜5-3を構成するアルカリ土類金属酸化物は雰囲気中の水分などを吸着しやすい性質を有している。このため、保護膜5-3を形成する工程は、真空（減圧）雰囲気中で行い、保護膜5-3への水分の付着を防止ないしは抑制することが好ましい。

[0730] 以上、本発明者によってなされた発明を実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることは言うまでもない。

[0731] 例えば、本実施の形態では、PDP装置の例として、PDPを例示して説明したが、例えば図9-1に示すPDP5-15にPDP5-15を支持するシャーシ、およびPDP5-15を駆動、あるいは制御する回路基板を取り付けて、PDPモジュール、あるいはPDPセットとして適用することもできる。

[0732] ここで、PDPモジュールあるいは、PDPセットにおいては、PDPを駆動するための駆動回路が取り付けられる。例えば、アドレス放電を駆動するためのアドレスドライバICなどである。アドレス放電動作では、PDP5-15の表示ライン（走査線）と交差する方向に、図9-1に示す表示ライン（スキャン電極5-5）を順次スキャンしながら、画像情報に従ってアドレス電極5-10にアドレスパルスを印加し、各放電セルの点灯／非点灯を選択する。しかし、近年、PDP装置の高精細化が進み、例えばHD（High

Definition) と呼ばれる規格では、表示ラインが 1080 本以上となる。このように表示ラインが増加すると、1 本の表示ライン当たりのアドレス時間が短くなるため、アドレス放電遅延が長い PDP では、所定のアドレス時間内にアドレス動作を行うことができないため、点灯/非点灯の選択を失敗し、ちらつきなどの画像不良を起こす。そこで 1080 本の表示ラインをパネルの上下で 2 分割してそれぞれ 540 本ずつの 2 ブロックとし、それぞれのブロックから 1 本ずつ、計 2 本を同時にスキャンしてアドレス時間を 2 倍確保する必要がある（デュアルスキャンと呼ばれる）。この場合、アドレスドライバ IC は、上下で 2 分割した表示ライン毎に必要となるため、パネルの上下に配置しなければならない、2 倍の数のアドレスドライバが必要となる。そのため、アドレスドライバの消費電力が 2 倍になる分、PDP 装置の消費電力が上昇し、またアドレスドライバやその実装材料等の材料の使用量も増加する。

[0733] しかし、本実施の形態で説明した PDP 5-15 を組み込んだ PDP モジュール、あるいは PDP セットにおいては、アドレス放電時間を短縮することができるので、表示ラインを分割することなく、全ての表示ラインをスキャンすることができる（シングルスキャン）。したがってアドレスドライバ IC は、パネルの上下いずれか片側にのみ配置すれば良い。したがって、アドレスドライバ IC の数を、デュアルスキャンの場合と比較して、半減することができるので消費電力を低減し、実装材料等の材料の使用量も半減することができる。

[0734] [第 6 の技術の発明を実施するための形態]

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、実施の形態を説明するための全図において、同一の機能を有する部材には同一の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する場合がある。

[0735] （実施の基本形態）

まず、本発明の理解を容易にするために、本発明者らが検討した PDP の一例として AC 面放電型 PDP の基本構造などについて説明する。なお、本

願においてPDPを構成する2つの基板の「前面板」と「背面板」は、両者を組み立ててパネル化した際に、蛍光体による発光が通過して表示面となる方を前面板、表示面とならない方を背面板として説明する。また、本願では、「前面板」および「背面板」はそれぞれガラス基板から構成される前面基板および背面基板をベースとして説明する。

[0736] 図111は本発明者らが検討したいわゆるボックス型のAC面放電型のPDP6-15の要部を模式的に示す分解斜視図である。図112は組み立て後の図111の放電セル6-CLのx-z平面の断面図である。図113は組み立て後の図111の放電セル6-CLのy-z平面の断面図である。

[0737] まず、前面板6-12およびその形成方法について説明する。前面基板6-1上にストライプ状の透明電極6-4a、6-5aとバス電極6-4b、6-5bとで構成される表示電極6-6が配設され、表示電極6-6はサステイン電極(X電極)6-4とスキャン電極(Y電極)6-5の対からなる。透明電極6-4a、6-5aは透明導電体である酸化インジウムスズ(ITO)からなる膜で形成され、その上に銀の単層膜からなるバス電極6-4b、6-5bが透明電極6-4a、6-5aより狭い幅で付設されている。なお、透明電極6-4a、6-5aとして酸化スズや酸化亜鉛等、バス電極6-4b、6-5bとしてアルミニウムの単層膜、またはクロム／銅／クロムの積層膜で形成しても構わない。

[0738] 表示電極6-6を構成する透明電極6-4a、6-5aとバス電極6-4b、6-5bは誘電体層6-2により覆われる。誘電体層6-2は誘電体ガラス膜で形成される。そして誘電体層6-2の表面上に保護層6-3が形成される。この保護層6-3の形成方法の詳細については、後で詳しく説明する。

[0739] 次に、背面板6-13およびその形成方法について説明する。背面基板6-11上に表示電極6-6と直交したストライプ状のアドレス電極(A電極)6-10が配設される。背面基板6-11はガラス基板であり、アドレス電極(A電極)6-10はアルミニウムの単層膜、またはクロム／銅／クロ

ムの積層膜で形成される。

[0740] アドレス電極（A電極）6-10は誘電体層6-9によって覆われ、その上には放電距離維持と隣接セル間のクロストークを防止する隔壁6-7が形成される。誘電体層6-9は誘電体ガラス膜で形成される。隔壁6-7は前面板6-12の表示電極6-6とアドレス電極（A電極）6-10と平行に配設されており、アドレス電極（A電極）6-10は隔壁6-7間に位置する。表示電極6-6と対向する各隔壁6-7で囲まれた領域（空間）は放電空間6-14であり、この放電空間6-14に接するように誘電体層6-9上には蛍光体層6-8が形成される。蛍光体層6-8は赤色が $(Y, Gd)BO_4 : Eu^{2+}$ 、青色が $BaMgAl_{10}O_{17} : Eu^{2+}$ 、緑色が $Zn_2SiO_4 : Mn^{2+}$ で形成される。

[0741] 表示電極6-6とアドレス電極（A電極）6-10を直交するように前面板6-12と背面板6-13を対向配置させ、両板の非表示領域を封着剤により封着する。これにより外気と隔離された放電空間6-14が形成される。放電空間6-14には、放電ガスとしてネオン（Ne）－キセノン（Xe）をガス基体とした混合ガスが所定の圧力及び分圧で封入される。

[0742] 保護層6-3の形成方法について説明する。本発明の保護層6-3の主成分は MgO であり、所定量の Sc を含んでいる。本発明では、この保護層6-3を電子ビーム蒸着法により成膜する。このとき、膜質を制御するために、酸素ガスや水素ガス、水蒸気等を供給しても構わない。また、 MgO の成膜方法として、イオンアシスト蒸着法、スパッタリング法、化学蒸着（CVD）法等を用いても構わない。これらの成膜方法により保護層6-3は300nmから1000nmの厚さに形成される。

[0743] 蒸着源には、粉末状の MgO に Sc 化合物を混合してペレット状に成型したものを用いるか、ペレット状の MgO とペレット状の Sc 化合物を混合して用いるか、あるいはこれらのペレット状に成型したものの焼結体を用いる。この蒸着源中の Sc 濃度は、 MgO に対して5質量ppm以上5000質量ppm以下である。

[0744] これらの蒸着源は、MgOとSc化合物を出発材料として作製されるが、本発明者らが検討した結果、出発材料に用いるMgOの純度が低く、不純物を多く含んでいると、Scを添加することにより得られる効果が低減することが分かっている。そのため、出発材料に用いるMgO中の不純物の濃度は、耐スパッタ性や低コスト化のニーズに対応するため、多くてもMgOに対して200質量ppm以下であることが望ましい。従って、Sc濃度は、MgOに対して5質量ppm以上200質量ppm以下が望ましい。表3は、本発明で用いたMgOに含まれる不純物元素とその濃度の高周波誘導結合プラズマ質量分析（以下、ICP-MSと記す）による分析結果である。Zn、Mn以外の不純物元素は、検出限界未満であった。

[0745]

[表3]

【表3】

不純物	含有量(質量ppm)	不純物	含有量(質量ppm)
Al	<5	Mn	4
As	<10	Mo	<5
B	<5	Na	<5
Ba	<1	Nb	<5
Be	<1	Ni	<5
Bi	<10	P	<10
Ca	<5	Pb	<10
Cd	<1	Sb	<10
Ce	<10	Se	<10
Co	<5	Si	<5
Cr	<5	Sn	<10
Cu	<5	Sr	<1
Fe	<5	Te	<10
Ga	<10	Ti	<5
Ge	<10	V	<5
Hf	<5	W	<10
In	<10	Y	<1
K	<5	Zn	30
La	<5	Zr	<1
Li	<1		

[0746] Sc化合物としては、酸化スカンジウム、炭酸スカンジウム、酢酸スカンジウム、硝酸スカンジウム、シュウ酸スカンジウム、ハロゲン化スカンジウム (ScX_3 ; $X=F, Cl, Br$) 等を用いることができ、これらについても、高純度なものが望ましい。

[0747] 以上の方法により形成される保護層6-3のMgOに対するSc濃度は、ICP-MSを用いて測定することができる。

[0748] このPDP6-15に画像の階調表示方式としてADS (Address Display

-Period Separation) を適用した場合について説明する。図 1 1 4 は階調表示方式である A D S における 1 フィールドとサブフィールドの構成を説明するための図である。図 1 1 5 は図 1 1 4 中のアドレス期間において、放電セルを選択してアドレス放電させる駆動方法を説明するための図である。なお、図 1 1 5 中の G N D は基準電圧（基準電位）である。

[0749] 図 1 1 4 (I) で示されるように 1 フィールド（16. 67ms または 1/60s）を所定の輝度比を有する複数のサブフィールドに分割している。それらのサブフィールドを画像に応じて選択的に発光させ、輝度の違いにより階調を表現している。各サブフィールドは、図 1 1 4 (II) で示されるリセット期間、アドレス期間、サステイン期間で構成される。

[0750] リセット期間では、表示電極間に放電開始電圧以上の電圧が印加され、全ての放電セルでリセット放電が起こる。これにより、全ての放電セル内の壁電圧をほぼ均一に揃えることができる。

[0751] アドレス期間では、画像データに基づき選択された放電セルのアドレス電極（A 電極）とスキャン電極（Y 電極）に電圧が印加される。図 1 1 5 は、3つの連続したスキャン電極（Y 電極）であり、（Y_i 電極）と（Y_{i+2} 電極）が選択され、（Y_{i+1} 電極）が選択されない時の、各電極に印加される電圧波形である。選択された放電セルの（Y_i 電極）と（Y_{i+2} 電極）には、 $-V_y$ のスキャンパルスが印加されるのと同期してアドレス電極（A 電極）に電圧 V_a のアドレス電圧が印加されてアドレス放電（選択放電）が起こる。選択されアドレス放電が起こった放電セルでは、サステイン期間で行われるサステイン放電（表示放電）を行うのに必要な壁電荷が形成される。一方、選択されない放電セルの（Y_{i+1} 電極）では、 $-V_y$ のスキャンパルスが印加される時にアドレス電極（A 電極）にアドレス電圧が印加されないため、アドレス放電が起こらない。これにより表示放電を行うのに必要な壁電荷が形成されず、サステイン期間でサステイン放電が起こらない。スキャンパルスの幅は、各サブフィールドのアドレス期間を表示電極対数によらず一定とすると、表示電極対数が増加するとスキャンパルス幅が短くなる。そのため、表示

電極対数に応じて許容されるアドレス遅れ時間 t_d は異なる。

- [0752] サステイン期間では、サステイン電極（X電極）とスキャン電極（Y電極）にサステインパルスが交互に印加され、選択された放電セルにおいてサステイン放電が起こる。例えば、2進法に基づく輝度の重みを持った8個のサブフィールドを設けると、赤（R）、緑（G）、青（B）の放電セルはそれぞれ 2^8 （＝256）階調の輝度表示が得られ、約1678万色の色表示が可能となる。
- [0753] 図116は、PDP6-15を備えたプラズマディスプレイ装置6-20の構成を示す説明図である。プラズマディスプレイ装置6-20は、アドレス電極（A電極）6-10、スキャン電極（Y電極）6-5、サステイン電極（X電極）6-4を有するPDP6-15と、アドレス電極（A電極）6-10を駆動するためのアドレス駆動回路6-21と、スキャン電極（Y電極）6-5を駆動するためのスキャンパルス出力回路6-22と、サステイン電極（X電極）6-4を駆動するためのサステインパルス出力回路6-23と、これらの出力回路を制御する駆動制御回路6-24と、入力信号の処理を行う信号処理回路6-25とを備えている。また、プラズマディスプレイ装置6-20は、PDP6-15などに電圧を印加する駆動電源6-26と映像信号を生成する映像源6-27を備えている。
- [0754] プラズマディスプレイ装置6-20は、PDP6-15が完成した後、PDP6-15の電極とフレキシブル基板とを異方性導電フィルムによって接合する。その後、PDP6-15の変形を防ぎ、放熱性を良くするために例えばアルミニウムなどの板が取り付けられ、この板の上に、駆動電源6-26やアドレス駆動回路6-21などの駆動回路が組み込まれ、プラズマディスプレイモジュールが完成する。その後、さらに検査などを行い、外装ケースを取り付けることによって、プラズマディスプレイ装置6-20が完成する。
- [0755] 次に、本発明者らが本発明に至った実験方法と解析手法について説明する。

- [0756] アドレス放電遅れ時間 t_d は、Y 電極、X 電極と A 電極の印加電圧とリセット放電後の残留壁電荷に依存する形成遅れ時間 t_f 、並びに、放電の種火となるプライミング電子が保護層から放出されるまでの統計遅れ時間 t_s の和で構成される。
- [0757] 保護層からプライミング電子が放電空間に放出されることは統計現象であるため、統計遅れ時間 t_s には揺らぎが生じる。図 117 は、同一放電セルにおけるアドレス放電遅れ時間 t_d を繰り返し計測した計測データを、アドレス放電遅れ時間 t_d 毎に累積数で表示した放電遅れ時間の頻度分布の一例である。同一放電セルにもかかわらず、約 500 ns をピークに、放電時間が早い場合は 400 ns、放電時間が遅い場合は 1000 ns 以上を示しており、左右非対称な形状を示している。この繰り返し計測した計測データを用いて、以下の方法により保護層のプライミング電子放出特性を解析する。
- [0758] 図 118 はプライミング電子放出特性の解析システム及び解析方法において、その構成及び手順の一例を示すブロック図、図 119 はその解析システムのハードウェア構成の一例を示すブロック図である。
- [0759] まず、図 118 及び図 119 により、本発明に用いたプライミング電子放出特性の解析システムの構成を説明する。本発明に用いた解析システムは、保護層中の電子放出源に対する電子放出特性の解析システムとされ、パーソナルコンピュータ 6-2200 と、計算装置 6-102 などから構成されている。パーソナルコンピュータ 6-2200 は、記憶装置を含む入力装置 6-101 と、画像処理装置を含む出力装置 6-103 などから構成される。計算装置 6-102 は、CPU 装置 6-2201 と、記憶装置 6-2202 などから構成され、CPU 装置 6-2201 と記憶装置 6-2202 は、データ転送用結合バス 6-2204 により接続されている。
- [0760] なお、図 119 では、複数の計算装置 6-102 が、データ転送用結合バス 6-2205 によりマトリクス状に接続される構成となっているが、これに限定されず、計算装置 6-102 は 1 つであってもよく、また、パーソナルコンピュータ 6-2200 内に設けてもよい。

[0761] 次に、図 1 1 8 及び図 1 1 9 により、本発明で用いた電子放出特性の解析システムについて、その動作例を説明する。計算装置 6-102 において、記憶装置 6-2202 には電子放出特性の解析プログラムが記憶（保持）されており、パーソナルコンピュータ 6-2200 からの指示により、CPU 装置 6-2201 がそのプログラムを読み出して演算処理を行う。その演算処理の結果は、記憶装置 6-2202 に保存される。演算処理に必要なデータ類は、パーソナルコンピュータ 6-2200 から、データ転送用結合バス 6-2205 を介して送信される。また、計算装置 6-102 における演算処理の結果は、データ転送用結合バス 6-2205 を介して、パーソナルコンピュータ 6-2200 に送信される。また、パーソナルコンピュータ 6-2200 において、演算処理に必要なデータは入力装置 6-101 から入力され、演算処理の結果は出力装置 6-103 で出力・表示される。

[0762] 図 1 1 8 に示すように、計算装置 6-102 における演算処理は、以下の手順で実行される。

[0763] まず、ステップ S 6-102-1 において、PDP に対して計測した、サステイン電圧印加後からアドレス電圧印加までの休止時間 t_i と MgO の温度 T に対するアドレス放電遅れ時間 t_d の計測データを、入力装置 6-101 から計算装置 6-102 に入力する。

[0764] 次に、ステップ S 6-102-2 において、計算装置 6-102 では、各休止時間 t_i と MgO の温度 T に対する計測データをもとに、アドレス放電遅れ時間毎の累積数を計算し、放電確率頻度 $P(t)$ を算出する。

[0765] 図 1 2 0 に、放電確率頻度の最大値を 1 に規格化した放電確率頻度 $P(t)$ 6-201 を示した。放電確率頻度 $P(t)$ は、短時間側ではガウス関数型であるが、長時間側はテールを引いた非対称な形状である。この放電確率頻度 $P(t)$ と式 (6-1) を用いて、既放電確率 $G(t)$ を算出する。図 1 2 0 には、既放電確率 $G(t)$ 6-202 を示した。既放電確率 $G(t)$ は、下に凸から上に凸の形状を示し、長時間側で傾きはなだらかになっている。

[0766] [数51]

$$G(t) = \int_0^t P(t) dt \quad (6-1)$$

[0767] ステップS 6－1 0 2－3において、形成遅れ時間 t_f の揺らぎを取り除き、プライミング電子の電子放出時定数 t_{se}^{exp} を求めるために、

[0768] [数52]

$$t \gg t_f^{ave} + \sigma_{t_f} + \sigma_{t_f}^2 / t_s^{th}$$

[0769] を満たす長時間領域における既放電確率 $G(t)$ とその時刻 t を用いる。ここで、 t_f^{ave} は形成遅れ時間 t_f の平均値、 σ_{t_f} は形成遅れ時間 t_f の分散値である。形成遅れ時間の平均値 t_f^{ave} と形成遅れ時間の分散値 σ_{t_f} は、アドレス電圧印加時にプライミング電子が存在するような短い休止時間 t_i の計測データに対して、そのアドレス放電遅れ時間の平均値と分散値から求めることができる。図 1 2 0 に示すように、

[0770] [数53]

$$t_a, t_b \gg t_f^{ave} + \sigma_{t_f} + \sigma_{t_f}^2 / t_s^{th}$$

[0771] の長時間領域 6－2 0 3 を満たす t_a 、 t_b 、その既放電確率 $G(t_a)$ と $G(t_b)$ 、並びに、式 (6－2) を用いて、プライミング電子の電子放出時定数 t_{se}^{exp} を算出する。

[0772]

[数54]

$$t_s^{\text{exp}} = (t_b - t_a) / \ln \frac{1 - G(t_a)}{1 - G(t_b)} \quad (6-2)$$

[0773] 例えば、 $t_i = 0.1 \text{ ms}$ 、 $T = 25^\circ\text{C}$ の短い休止時間に対するアドレス放電遅れ時間の計測データでは、アドレス放電遅れ時間の平均値 $t_f^{\text{ave}} = 0.59 \mu\text{s}$ 、分散値 $\sigma_{t_f} = 0.09 \mu\text{s}$ である。そして、解析対象の計測条件 $t_i = 50 \text{ ms}$ 、 $T = 25^\circ\text{C}$ における既放電確率 $G(t)$ が 63.2% と 95% となる時刻 $t_{63.2}$ と t_{95} は夫々に $0.84 \mu\text{s}$ と $1.45 \mu\text{s}$ である。式(6-2)を用いて得られた t_s^{exp} ($t_i = 50 \text{ ms}$ 、 $T = 25^\circ\text{C}$)は $0.31 \mu\text{s}$ である。よって、

[0774] [数55]

$$t_f^{\text{ave}} + \sigma_{t_f} + \sigma_{t_f}^2 / t_s^{\text{th}}$$

[0775] は $0.71 \mu\text{s}$ になることから、

[0776] [数56]

$$t_{63.2}, t_{95} \gg t_f^{\text{ave}} + \sigma_{t_f} + \sigma_{t_f}^2 / t_s^{\text{th}}$$

[0777] の長時間領域の条件を満たすことが分かる。

[0778] 同様にして、図 121 には、 $t_i = 1\text{ ms}$ 、 10 ms 、 50 ms と $T = -10^\circ\text{C}$ (263.15 K)、 10°C (283.15 K)、 25°C (298.15 K)、 60°C (333.15 K) の 12 個の計測条件に対する計測データから求めたプライミング電子の電子放出時定数 $t_{s,\text{exp}}$ をプロット 6-301 で示した。このようにして、休止時間 t_i と MgO の温度 T における電子放出時定数 $t_{s,\text{exp}}$ を求めることができる。

[0779] 次に、電子放出源の種類 j のエネルギー状態密度 $D_j(E)$ を解析する方法を述べる。計算から求められるプライミング電子の電子放出時定数 $t_{s,\text{th}}$ は、式 (6-3) と (6-4) によりエネルギー状態密度 $D_j(E)$ と関係付けられる。

[0780] [数57]

$$t_{s,\text{th}}^{-1}(t_i, T) = \sum_j \int D_j(E) W_j(E, t_i, T) dE \quad (6-3)$$

[0781] [数58]

$$W_j(E, t_i, T) = f_{ph,j} \exp \left\{ - \left[\frac{E}{k_B T} + t_i f_{ph,j} \exp \left(- \frac{E}{k_B T} \right) \right] \right\} \quad (6-4)$$

[0782] ここで、 f_{ph} は電子放出源のフォノン振動数、 k_B はボルツマン定数である。また、 $W_j(E, t_i, T)$ は、休止時間 t_i と MgO の温度 T の計測条件に対して、

[0783]

[数59]

$$E_m(t_i, T) = k_B T \ln(t_i f_{ph,j})$$

[0784] を中心に最大値 $e^{-1} t_i^{-1}$ とエネルギー幅±数 $k_B T$ を有するウィンドウ関数である。計測条件として、休止時間 t_i を一定、MgOの温度 T を変化させた計測では、ウィンドウ関数は、最大値 $e^{-1} t_i^{-1}$ を一定としてエネルギー $E_m(t_i, T)$ が推移する。一方、MgOの温度 T を一定、休止時間 t_i を変化させた計測では、 $E_m(t_i, T)$ が推移しながら、最大値 $e^{-1} t_i^{-1}$ も変化する。

[0785] 図122に、休止時間 $t_i = 0.01\text{ms}$ 、 0.1ms 、 1ms 、 10ms 、 100ms 、 1000ms とMgOの温度 $T = -10^\circ\text{C}$ (263.15K)、 0°C (273.15K)、 10°C (283.15K)、 25°C (298.15K)、 40°C (313.15K)、 60°C (333.15K)におけるウィンドウ関数が最大となるエネルギー

[0786] [数60]

$$E_m(t_i, T) = k_B T \ln(t_i f_{ph,j})$$

[0787] を示した。ここで、電子放出源のフォノン振動数 f_{ph} は $3.1 \times 10^{13}\text{Hz}$ とした。休止時間 $t_i = 0.01\text{ms}$ とMgOの温度 $T = -10^\circ\text{C}$ では、ウィンドウ関数が最大となるエネルギーは 443meV である。また、休止時間 $t_i = 1000\text{ms}$ とMgOの温度 $T = 60^\circ\text{C}$ では、ウィンドウ関数が最大と

なるエネルギーは 892 meV を表している。

[0788] 図 1 2 3 に示すように、電子放出時定数 t_{e}^{th} の逆数は、未知なる電子放出源のエネルギー状態密度 $D_j(E)$ 6-401 と計測条件で決定するウィンドウ関数 $W_j(E, t_i, T)$ 6-402 のエネルギーに対する重なり積分を計算し、全電子放出源の種類 j について和を取ることに等しいことが分かる。

[0789] 本発明の実施の形態の S_c を含む MgO の電子放出源のエネルギー状態密度解析について以下に記す。

[0790] 図 1 1 8 に示したステップ $S_{6-102-4}$ において、第 1 種の電子放出源のエネルギー状態密度 $D_1(E)$ として、式 (6-5) のガウス関数を設定した場合において、図 1 2 4 に従って、実効数 $N_{ee,1}$ 、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,1}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,1}$ を求める。このとき、これらパラメータ値を探索するために入力する探索範囲と探索幅、及び、個数について述べる。

[0791] [数61]

$$D_1(E) = \frac{N_{ee,1}}{\sqrt{2\pi}\sigma_{E,1}} \exp\left\{-\frac{(E - \Delta E_{a,1})^2}{2\sigma_{E,1}^2}\right\} \quad (6-5)$$

[0792] 第 1 種の電子放出源のフォノン振動数 $f_{ph,1}$ を $1.26 \times 10^{13} \text{ Hz}$ として、計測条件 $t_i = 1 \text{ ms}$ 、 4 ms 、 10 ms 、 16 ms 、 26 ms 、 50 ms 、 $T = -20^\circ\text{C}$ 、 -10°C 、 0°C 、 10°C 、 20°C 、 40°C 、 60°C に対して、ウィンドウ関数が最大となるエネルギーは $507 \text{ meV} \sim 780 \text{ meV}$ の範囲となる。ウィンドウ関数のエネルギー幅の $3k_B T$ は約 75 meV なので、エネルギー領域は $430 \text{ meV} \sim 860 \text{ meV}$ となる。そこで、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,j}$ の探索範囲として、計測条件により決定する $E_m(t_i, T)$ の最小値 $-3k_B T$ から $E_m(t_i, T)$ の最大値 $+3k_B T$ を包含する $400 \text{ meV} \sim 900 \text{ meV}$ とした。活性化エネルギーの平均値 ΔE_a

$\sigma_{E,j}$ と活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,j}$ のエネルギーの探索幅を、 $E_m(t_i, T)$ のエネルギー間隔の平均値以下の 5 meV とした。

[0793] 次に、実効数 $N_{ee,1}$ は、計測条件の時間オーダー幅が2桁程度なので、実効数の探索範囲はその時間オーダー幅である2桁として、 1×10^n 個/セル $\sim 1 \times 10^{n+2}$ 個/セル ($n=0\sim 4$)を離散化した201個とした。以上より、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,1}$ に対する探索範囲は $400\text{ meV} \sim 900\text{ meV}$ を 5 meV 幅で離散化した101個の探索点、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,1}$ に対する探索範囲は $5 \sim 100\text{ meV}$ を 5 meV 幅で離散化した20個の探索点、実効数 $N_{ee,1}$ に対する探索範囲は 1×10^4 個/セル $\sim 1 \times 10^6$ 個/セルを離散化した201個の探索点から構成され、探索範囲と探索幅、及び、全ての組み合わせとして約 4.1×10^5 個のパラメータ値を入力する。

[0794] ステップS6-102-5では、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,1}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,1}$ と実効数 $N_{ee,1}$ の各パラメータ値を設定した式(6-5)を式(6-3)に代入し、電子放出源のエネルギー状態密度 $D_1(E)$ とウインドウ関数 $W_1(E, t_i, T)$ のエネルギーに対する重なり積分を計算し、その逆数から $t_{1,s}^{th}(t_i, T)$ を求めることができる。

[0795] ステップS6-102-6において、休止時間 t_i とMgOの温度 T の計測条件の総数 $N=42$ に対して、式(6-6)で表された計測データから求めた $t_s^{exp}(t_i, T)$ と計算から求めた $t_{1,s}^{th}(t_i, T)$ の平均二乗誤差RMSDが最小となる活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,1}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,1}$ 、実効数 $N_{ee,1}$ を求める。

$$[0796] \quad \sum_{N=42} \{ t_s^{exp}(t_i, T) - t_{1,s}^{th}(t_i, T) \}^2 \quad (6-6)$$

このようにして、第1種の電子放出源のエネルギー状態密度 $D_1(E)$ に対して、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,1}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,1}$ 、実効数 $N_{ee,1}$ を出力装置6-103から出力・表示する。

[0797] 次に、新しい電子放出源が存在すると考えられる場合は、図118に示したステップS6-102-7に従って、ステップS6-102-4に戻り、

第2種の電子放出源のエネルギー状態密度 $D_2(E)$ として、式(6-7)のガウス関数を設定した場合において、図124に従って、実効数 $N_{ee,2}$ 、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,2}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,2}$ を求める。このとき、これらパラメータ値を探索するために入力すべき探索範囲と探索幅、及び、個数について述べる。

[0798] [数62]

$$D_2(E) = \frac{N_{ee,2}}{\sqrt{2\pi}\sigma_{E,2}} \exp\left\{-\frac{(E - \Delta E_{a,2})^2}{2\sigma_{E,2}^2}\right\} \quad (6-7)$$

[0799] 第2種の電子放出源のフォノン振動数 $f_{ph,2}$ を $1.2 \times 10^{13} \text{ Hz}$ として、計測条件 $t_i = 1 \text{ ms}$ 、 4 ms 、 10 ms 、 16 ms 、 26 ms 、 50 ms 、 $T = -20^\circ\text{C}$ 、 -10°C 、 0°C 、 10°C 、 20°C 、 40°C 、 60°C に対して、第1種の電子放出源に対して述べたと同様に、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,2}$ に対する探索範囲は $400 \text{ meV} \sim 900 \text{ meV}$ を 5 meV 幅で離散化した101個の探索点、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,2}$ に対する探索範囲は $5 \sim 100 \text{ meV}$ を 5 meV 幅で離散化した20個の探索点、実効数 $N_{ee,2}$ に対する探索範囲は $1 \times 10^n \text{ 個/セル} \sim 1 \times 10^{n+2} \text{ 個/セル}$ ($n = 0 \sim 4$)を離散化した201個の探索点から構成され、探索範囲と探索幅、及び、全ての組み合わせとして約 4.1×10^5 個のパラメータ値を入力する。

[0800] ステップS6-102-5において、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a,2}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E,2}$ と実効数 $N_{ee,2}$ の各パラメータ値を設定した式(6-7)を式(6-3)に代入し、電子放出源のエネルギー状態密度 $D_2(E)$ とウインドウ関数 $W_2(E, t_i, T)$ のエネルギーに対する重なり積分を計算し、その逆数から $t_{2,sth}(t_i, T)$ を求めることができる。

[0801] ステップS6-102-6において、休止時間 t_i とMgOの温度 T の計測条件の総数 $N = 18$ 個に対して、式(6-8)で表された計測データから求

めた $t_{s, \text{exp}}(t_i, T)$ と計算から求めた $t_{1, s, \text{th}}(t_i, T)$ と $t_{2, s, \text{th}}(t_i, T)$ の和に対する平均二乗誤差 RMSD が最小となる活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a, 2}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E, 2}$ 、実効数 $N_{e, 2}$ を求める。

$$[0802] \quad \sum_{N=18} \{ t_{s, \text{exp}}(t_i, T) - t_{1, s, \text{th}}(t_i, T) - t_{2, s, \text{th}}(t_i, T) \}^2 \quad (6-8)$$

このようにして、第1種と第2種の電子放出源のエネルギー状態密度 $D_1(E)$ と $D_2(E)$ に対して、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a, 1}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E, 1}$ 、実効数 $N_{e, 1}$ 、並びに、活性化エネルギーの平均値 $\Delta E_{a, 2}$ 、活性化エネルギーの分散値 $\sigma_{E, 2}$ 、実効数 $N_{e, 2}$ を出力装置 6-103 から出力・表示する。

[0803] MgO の温度 T を PDP の温度として、以上の実験方法と解析手法により得られた、本発明による S_c を含む MgO からなる保護層のエネルギー状態密度 $D_1(E)$ 6-501 と $D_2(E)$ 6-502 を図 125 に示す。図 125 の破線 6-503 は、 PDP に要求される前記の動作保証温度範囲 -20°C から 60°C と休止期間 $t_i = 1 \sim 50 \text{ ms}$ におけるウィンドウ関数のエネルギー領域 $430 \sim 860 \text{ meV}$ である。つまり、このウィンドウ関数のエネルギー領域にエネルギー状態密度が広く分布していることが望ましい。

[0804] 本発明の実施の形態の S_c を含む MgO は、ウィンドウ関数のエネルギー領域に少なくとも2つの電子放出源が存在している。1つはウィンドウ関数のエネルギー領域の中心付近である伝導帯底部から 660 meV の深さを中心に分布しており、エネルギー状態密度が非常に大きい。もう一つはウィンドウ関数のエネルギー領域の高エネルギー側の 785 meV を中心に分布している。

[0805] 従って、 MgO に対する S_c 濃度を調製し、所定量以上のエネルギー状態密度とすれば、 -20°C から 60°C という広い温度範囲と休止期間 $t_i = 50 \text{ ms}$ という 3 TV フィールド以上黒表示を行ったとしても安定したアドレス放電を行うことができる。

[0806] 以上、不純物として S_c を挙げて説明したが、エネルギー状態密度の形状

は電圧変動 ΔV_{AY} が 1 以下となる条件と、アドレス放電遅れ時間が所望の駆動条件を満足する条件であれば、他の不純物材料でも可能となり、数種類の不純物の組み合わせでウィンドウ関数のエネルギー領域にエネルギー状態密度を広く分布させることも可能となる。

[0807] 一方、MgO を主成分とする保護層の寿命、即ち、スパッタ耐性を維持させるため、不純物のドーピング量は出来るだけ全体としては少なくした方が良い。そのため、MgO 膜中の不純物の組み合わせで必要なウィンドウ関数のエネルギー領域にエネルギー状態密度が分布するように設計する必要がある。

[0808] 以下において、前記実施の基本形態に基づいた、各実施の形態を具体的に説明する。

[0809] (実施の形態 1)

本実施の形態では、最適な不純物の組み合わせにおけるエネルギー状態密度形状について説明する。

[0810] PDP ではコントラスト向上のためにリセット放電回数を減らして駆動する方法がとられている。本実施の形態では、一例として、リセット放電回数は 3 TV フィールドあたり最少で一回である場合について、即ち、休止期間 t_i の最大値である 50 ms での -20°C から 60°C の温度範囲におけるアドレス放電遅れ時間駆動条件を満足し、高温で動作させても電圧変動 ΔV_{AY} により黒ノイズが発生しない形態について説明する。

[0811] 図 126 はエネルギー準位に対して 3 種類の不純物をドーピングした場合の状態密度分布を示す。図中のエネルギー状態密度 $D_3(E)_{6-503}$ と $D_4(E)_{6-504}$ 、 $D_5(E)_{6-505}$ は、水素 (H)、スカンジウム (Sc)、珪素 (Si) を不純物としてドーピングした結果である。統計遅れ時間 t_s はアドレス放電遅れ時間 t_d を複数回計測結果より式 (6-2) と、図 126 のエネルギー状態密度 $D_3(E)_{6-503}$ と $D_4(E)_{6-504}$ 、 $D_5(E)_{6-505}$ を基にして、休止時間 t_i と温度 T の計測条件より式 (6-3) から得られる。なお、本実施の形態では、水素、スカンジウム、珪素を不純物としてドーピングしたが、同じようなエネルギー状態密度の形状をとる不純物で

あれば、他の不純物でも代用できる。

[0812] 図 1 2 7 に、 -20°C から 60°C (253.15 K から 333.15 K) の管面温度 T での統計遅れ時間 t_s の温度依存性を示す。図 1 2 7 において、統計遅れ時間 t_s は、シングルスキャン方式を実現するために従来品の MgO の統計遅れ時間 t_s の $1/3$ となる $0.35\mu\text{s}$ ($3.0\text{E}-07\text{ s}$) 以下になる必要がある。図 1 2 7 でわかるように、休止期間 t_i が 1 ms から 50 ms において統計遅れ時間が $0.35\mu\text{s}$ 以下になっていることがわかる。また、統計遅れ時間の温度依存性が -20°C から 60°C の範囲において良好であることがわかる。一方、高温で動作させたときにおいて、壁電荷の減少に伴う電圧変動 ΔV_{AY} は、黒ノイズが発生しない、従来品と同等もしくはそれ以下になっていることがわかった。統計遅れ時間は、図 1 2 6 で示す状態密度をエネルギー準位で積分した値（面積）を増加させるほど短くなるが、状態密度の積分値が増加するほど、電圧変動 ΔV_{AY} が大きくなるため、出来るだけ少ない状態密度の積分値で、シングルスキャン方式を実現でき、温度特性を満足する統計遅れ時間になる必要があり、本実施の形態は状態密度の形状を最適化することにより実現している。

[0813] 以上から、本実施の形態では、保護層のウィンドウ関数のエネルギー領域 $400\text{ meV} \sim 1000\text{ meV}$ において、1 種類以上の電子放出源のエネルギー状態密度関数が分布することによって、広い温度範囲において、高精細な PDP をシングルスキャン方式で駆動することができ、高温で動作させても電圧変動 ΔV_{AY} により黒ノイズが発生しないことが実現できた。特に、本実施の形態では 3 種類の電子放出源になりうる不純物をドーピングしたものである。 MgO を主成分とする保護層へ実施し、ウィンドウ関数のエネルギー領域 $500\text{ meV} \sim 850\text{ meV}$ において、電子放出源のエネルギー状態密度関数の形状がウィンドウ関数のエネルギー領域において、状態密度が最大値の 50% 以上の値をもって一定であることで、統計遅れ時間の温度特性が良好な保護層を実現できた。

[0814] 尚、本実施の形態では、一例としてリセット放電回数は 3 TV フィールド

あたり最少で一回（休止期間 t_i が 50 ms 程度）である場合について説明したが、コントラスト向上できるブラックマトリックス技術等を導入することにより、休止期間 t_i が短い条件で最適解を求めてもよい。その場合は、エネルギー状態密度の数は少なくても済み、より電圧変動 ΔV_{AY} も少なく済む。不純物のドーピング量が少なくても済むと、MgO を主成分とする保護層の結晶性（より硬い保護層となる）が良好となり、PDP の寿命を長くできる利点がある。

[0815] （実施の形態 2）

前記実施の形態 1 では連続的にエネルギー状態密度が分布した場合であるが、本実施の形態では離散的に分布した場合について説明する。

[0816] 図 128 にはエネルギー準位に対して 3 種類の不純物をドーピングした場合の状態密度分布を示す。図中のエネルギー状態密度 $D_6(E)$ 6-506 と $D_7(E)$ 6-507、 $D_8(E)$ 6-508 は、電子放出源のエネルギー状態密度関数の形状がウィンドウ関数のエネルギー領域において、状態密度が最大値の 10% 以上の値をもってピークを少なくとも 2 種類以上もって、離散的に分布している。

[0817] 図 129 は、図 128 の状態密度分布を持った MgO を主成分とする保護層において、 -20°C から 60°C (253.15 K から 333.15 K) の管面温度 T での統計遅れ時間 t_s の温度依存性を示す。図 129 において、統計遅れ時間 t_s は、シングルスキャン方式を実現するために従来品の MgO の統計遅れ時間 t_s の $1/3$ となる $0.35\text{ }\mu\text{s}$ ($3.0 \times 10^{-7}\text{ s}$) 以下になる必要がある。図 129 でわかるように、休止期間 t_i が 1 ms から 50 ms において統計遅れ時間が $0.35\text{ }\mu\text{s}$ 以下になっていることがわかる。また、統計遅れ時間の温度依存性が -20°C から 60°C の範囲において良好であることがわかる。一方、高温で動作させたときにおいて、壁電荷の減少に伴う電圧変動 ΔV_{AY} は、黒ノイズが発生しない、従来品と同等もしくはそれ以下になっていることがわかった。

[0818] 前記実施の形態 1 の図 126 では連続的に状態密度を分布させることによ

り、統計遅れ時間と電圧変動 ΔV_{AY} の両方を満足させていたが、本実施の形態では、離散的に分布した場合でもウィンドウ関数のエネルギー領域 $400\text{ meV} \sim 1000\text{ meV}$ において、1種類以上の電子放出源のエネルギー状態密度関数が分布することによって実現している。但し、統計遅れ時間の温度特性は図129では、図127と比較すると、休止時間が大きい方（ 50 ms と 26 ms ）では変動が少しある。これはエネルギー状態密度関数が離散的に分布している影響である。

[0819] （実施の形態3）

前記実施の形態1と2における前面板の構成と形成方法が異なるPDPについて、図130を用いて説明する。

[0820] 前面板6-12は前面基板6-1上にアドレス電極（A電極）6-10と直交したストライプ状のサステイン電極（X電極）6-4とスキャン電極（Y電極）6-5の対からなる表示電極6-6が複数形成される。表示電極6-6は透明電極6-4a、6-5aとバス電極6-4b、6-5bとで構成される。表示電極6-6上には誘電体層6-2が形成される。この誘電体層6-2の表面上には、第1の保護層6-16と第2の保護層6-17からなる保護層6-3が 300 から 1000 nm の厚さで形成される。

[0821] 第1の保護層6-16は水素、Sc、Siなどを含まないMgOからなり、 150 nm から 850 nm の厚さに形成してある。なお、第1の保護層6-16は不純物元素を含むMgOやその他の金属酸化物で形成しても構わない。

[0822] 第2の保護層6-17は水素、Sc、Siなどを含むMgOからなり、第1の保護層6-16上に 50 nm から 150 nm 積層される。この第2の保護層6-17は、MgOに対するSc濃度が 10 質量ppm以上 240 ppm 以下である。

[0823] 次に、本実施の形態の保護層を形成する手法について図131を用いて説明する。本実施の形態による保護層は、2つの蒸着室6-31a、6-31bを有する真空蒸着装置を用いて、電子ビーム蒸着により形成される。まず

、表示電極と誘電体層が形成された前面板 6-12 を、誘電体層が形成された面が蒸着源に対向する向きで所定のホルダーに装着し、準備室 6-32 に水平に配置する。次に、仕切り扉 6-33 を閉じて準備室 6-32 を真空ポンプにより排気し、 $1 \times 10^{-3} \text{ Pa}$ 以下の真空状態にし、ヒーターにより前面板 6-12 を約 250°C まで加熱して表面に吸着された水分等を除去する。

[0824] 次に、準備室 6-32 と第 1 の蒸着室 6-31a の仕切り扉 6-34 を開け、温度と真空状態を維持しながら前面板 6-12 を第 1 の蒸着室 6-31a に導入する。導入後、準備室 6-32 と第 1 の蒸着室 6-31a の仕切り扉 6-34 を閉じる。第 1 の蒸着室 6-31a のハース 6-30a には、Sc を含まない MgO のペレット状の蒸着源が充填される。蒸着は、熱電子を蒸着源に照射して加熱、蒸発させて誘電体層上に第 1 の保護層 6-16 が形成される。このとき、前面板 6-12 はヒーターにより $200 \sim 300^{\circ}\text{C}$ に加熱されている。また、第 1 の蒸着室 6-31a には酸素ガスが約 $1 \times 10^{-2} \text{ Pa}$ の圧力となるように導入される。

[0825] 第 1 の保護層 6-16 を形成後、第 1 の蒸着室 6-31a と搬送室 6-35 の仕切り扉 6-36 を開け、搬送室 6-35 に前面板 6-12 を移動させた後に仕切り扉 6-36 を閉め、搬送室 6-35 と第 2 の蒸着室 6-31b の仕切り扉 6-37 を開けて前面板 6-12 を第 2 の蒸着室 6-31b に導入する。第 2 の蒸着室 6-31b は第 1 の蒸着室 6-31a と基本的に同構造であるが、蒸着源のハース 6-30b には基本形態と同じく Sc を含む MgO からなるペレット状の蒸着源が充填され、第 1 の保護層 6-16 と同様な条件で第 1 の保護層 6-16 上に第 2 の保護層 6-17 が形成される。

[0826] 第 2 の保護層 6-17 を形成後、前面板 6-12 を冷却室 6-38 に導入し、第 2 の蒸着室 6-31b と冷却室 6-38 の仕切り扉 6-39 を閉め、前面板 6-12 を室温付近まで冷却し、冷却室 6-38 に不活性ガスを導入して真空状態から大気圧にする。冷却室 6-38 が大気圧になったら前面板 6-12 を搬出する。

- [0827] 本実施の形態では、第1の保護層6-16と第2の保護層6-17を電子ビーム蒸着法により形成したが、イオンアシスト蒸着法、スパッタリング法、化学蒸着（CVD）法等により形成しても構わない。
- [0828] 統計遅れ時間 t_s 及び電圧変動 ΔV_{AY} は保護層6-3のプライミング電子の放出特性に関係する。本実施の形態では、水素、Sc、Siなどを含むMgOからなる第2の保護層6-17が選択的に放電空間に面して形成されており、所望のプライミング電子の放出特性を得ることができる。さらに、水素、Sc、Siなどが第2の保護層6-17にしか含まれておらず、コストを低減することが可能となる。
- [0829] （実施の形態4）
前記実施の形態1から3における前面板の構成と形成方法が異なるPDPについて、図132を用いて説明する。
- [0830] 前面板6-12は前面基板6-1上にアドレス電極（A電極）6-10と直交したストライプ状のサステイン電極（X電極）6-4とスキャン電極（Y電極）6-5の対からなる表示電極6-6が複数形成される。表示電極6-6は透明電極6-4a、6-5aとバス電極6-4b、6-5bとで構成される。表示電極6-6上には誘電体層6-2が形成される。この誘電体層6-2の表面上には、第1の保護層6-16と第2の保護層6-17からなる保護層6-3が形成される。
- [0831] 第1の保護層6-16はMgOを主成分としており、基本形態と同様に誘電体層6-2上に300nmから1000nmの厚さで形成される。第2の保護層6-17は、第1の保護層6-16上にScを含むMgOの粒子を付着させることにより形成される。
- [0832] この第2の保護層6-17の形成方法について説明する。第2の保護層6-17は、水素、Sc、Siなどを含むMgOの粒子を分散媒に分散させた懸濁液を第1の保護層6-16の表面に散布し、その後、前記分散媒を蒸発させることにより形成される。
- [0833] 最初に、MgOに対してSc濃度が1000ppmとなるように、MgO

粉末とS c化合物の粉末を秤量して十分混合する。このM g O粉末は、不純物の濃度が多くても200重量ppm以下であることが望ましい。S c化合物の粉末についても、高純度なものが望ましい。また、S c化合物としては、酸化スカンジウム、炭酸スカンジウム、酢酸スカンジウム、硝酸スカンジウム、シュウ酸スカンジウム、ハロゲン化スカンジウム（ $S c X_3$ ； $X = F, Cl, Br$ ）等を用いることができる。

[0834] このM g OとS c化合物の混合粉末をアルミナ坩堝に入れ、1000から1600℃で焼成を大気雰囲気下で行う。焼成後に得られた焼成物をアルミナ坩堝から取り出し、ほぐすことによりS cを含むM g O粉末が得られる。

[0835] なお、水素、S c、S iなどを含むM g O粉末を本実施の形態のような固相法ではなく、溶液法、気相法を用いて作製しても構わない。

[0836] 水素、S c、S iなどを含むM g O粒子は、水素、S c、S iなどを含むM g O粉末を分散媒に入れて攪拌により分散させるか、超音波により分散させることによって得られる。分散させる分散媒の種類は、第1の保護層6-16との反応性が低く、揮発性の高いエタノール、特に炭素数1～5の低級アルコールが望ましい。

[0837] この水素、S c、S iなどを含むM g O粒子が分散した懸濁液をスプレー法、スクリーン印刷法、オフセット印刷法、ディスペンサ法、インクジェット法、ロールコート法、静電塗布法等により第1の保護層6-16上へ散布することにより、第2の保護層6-17が得られる。

[0838] 保護層6-3の形成には、一般に蒸着法が用いられている。しかし、蒸着源と保護層6-3とでは目的とする不純物元素の濃度が異なることがあり、濃度を制御することが困難である。本実施の形態では、水素、S c、S iなどを含むM g Oからなる第2の保護層6-17を蒸着法ではなく前面板に直接散布しており、水素、S c、S iなどを含むM g O粒子のS c濃度や第2の保護層6-17による被覆率を制御することで、所望の効果を容易に得ることができる。

[0839] また、本発明者らが検討した結果、水素、S c、S iなどを含むM g Oを

蒸着する場合、S c 濃度が蒸着源よりも保護層 6-3の方が少なくなることがわかっている。本実施の形態では、保護層 6-3中のS c濃度を考慮して、高コストなS cを蒸着源に過剰に添加する必要がなく、コストを低減することが可能となる。

[0840] (実施の形態5)

図133に本実施の形態1から4のいずれかの保護層のPDPを用いた画像表示装置の一例を示す。本実施の形態の保護層のPDPを用いた画像表示装置6-1602は、プラズマディスプレイパネル6-1600、駆動回路6-1601、映像源6-1603等から構成され、プラズマディスプレイパネル6-1600へ駆動回路6-1601を経由して映像源6-1603から信号を送信することによって駆動することができる。

[0841] 以上、本発明者によってなされた発明を、実施の基本形態、実施の形態1から5に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施の基本形態および形態1から5に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることは言うまでもない。

産業上の利用可能性

[0842] [第1の技術の産業上の利用可能性]

本発明は、プラズマディスプレイ装置、特に、高精細なAC面放電型PDPに有効で、映像機器産業、宣伝機器産業、医療機器産業、プラズマディスプレイ装置の製造業といった産業に幅広く利用されるものである。

[0843] [第2の技術の産業上の利用可能性]

本発明は、プラズマディスプレイパネル及びプラズマディスプレイ装置に関し、特に、高画質で高効率なプラズマディスプレイパネルに適用して有効で、映像機器産業、宣伝機器産業、医療機器産業、プラズマディスプレイ装置の製造業といった産業に幅広く利用されるものである。すなわち、広い温度範囲で放電応答性が良好なプラズマディスプレイ装置を提供することができ、さらには、放電応答性が良好なプラズマディスプレイ装置の製造方法を提供することができるため、高画質と低コストを両立する高品位なPDP表

示装置への適用効果大きい。

[0844] [第3の技術の産業上の利用可能性]

本発明は、プラズマディスプレイ装置、特に、高精細なAC面放電型PDPに有効で、映像機器産業、宣伝機器産業、医療機器産業、プラズマディスプレイ装置の製造業といった産業に幅広く利用されるものである。

[0845] [第4の技術の産業上の利用可能性]

本発明は、プラズマディスプレイ装置、特に、高精細なAC面放電型PDPに適用して有効であり、映像機器産業、宣伝機器産業、プラズマディスプレイ装置の製造業といった産業に幅広く利用することができる。

[0846] [第5の技術の産業上の利用可能性]

本発明は、プラズマディスプレイ装置、特に、高精細なAC面放電型PDPに適用して有効であり、映像機器産業、宣伝機器産業、プラズマディスプレイ装置の製造業といった産業に幅広く利用することができる。

[0847] [第6の技術の産業上の利用可能性]

本発明は、プラズマディスプレイ装置、特に、高精細なAC面内放電型PDPに有効で、映像機器産業、宣伝機器産業、プラズマディスプレイ装置の製造業といった産業に幅広く利用されるものである。

符号の説明

[0848] [第1の技術の符号の説明]

- 1-1 前面基板
- 1-2 誘電体層
- 1-3 保護層
- 1-4 サステイン電極(X)
- 1-4 a 透明電極
- 1-4 b バス電極
- 1-5 スキャン電極(Y)
- 1-5 a 透明電極
- 1-5 b バス電極

- 1-6 表示電極
- 1-7 隔壁
- 1-8 蛍光体層
- 1-9 誘電体層
- 1-10 アドレス電極 (A)
- 1-11 背面基板
- 1-12 前面板
- 1-13 背面板
- 1-14 放電空間
- 1-15 PDP
- 1-20 プラズマディスプレイ装置
- 1-21 アドレス駆動回路
- 1-22 スキャンパルス出力回路
- 1-23 サステインパルス出力回路
- 1-24 駆動制御回路
- 1-25 信号処理回路
- 1-26 駆動電源
- 1-27 映像源
- 1-101 入力装置
- 1-102 計算装置
- 1-103 出力装置
- 1-2200 パーソナルコンピュータ
- 1-2201 CPU装置
- 1-2202 記憶装置
- 1-2204 データ転送用結合バス
- 1-2205 データ転送用結合バス
- 1-CL 放電セル

[第2の技術の符号の説明]

- 2-1 前面基板
- 2-2、2-2 a、2-2 b 透明電極
- 2-3、2-3 a、2-3 b バス電極
- 2-4 誘電体層
- 2-5 保護層
- 2-6 背面基板
- 2-7 隔壁
- 2-8 誘電体層
- 2-9 アドレス電極（A電極）
- 2-10 蛍光体層
- 2-11 放電空間
- 2-12 サステイン電極（X電極）
- 2-13 スキャン電極（Y電極）
- 2-14 表示電極対
- 2-20 プラズマディスプレイパネル
- 2-21 駆動電源
- 2-22 映像源
- 2-23 プラズマディスプレイ装置
- 2-24 アドレス駆動回路
- 2-25 サステインパルス出力回路
- 2-26 スキャンパルス出力回路
- 2-27 駆動制御回路
- 2-28 信号処理回路
- 2-100、2-200 PDP
- 2-101 入力装置
- 2-102 計算装置
- 2-103 出力装置
- 2-2200 パーソナルコンピュータ

2-2201 CPU装置

2-2202 記憶装置

2-2204、2205 データ転送用結合バス

[第3の技術の符号の説明]

3-1 前面基板

3-2 誘電体層

3-3 保護層

3-4 サステイン電極 (X)

3-4a 透明電極

3-4b バス電極

3-5 スキャン電極 (Y)

3-5a 透明電極

3-5b バス電極

3-6 表示電極

3-7 隔壁

3-8 蛍光体層

3-9 誘電体層

3-10 アドレス電極 (A)

3-11 背面基板

3-12 前面板

3-13 背面板

3-14 放電空間

3-15 PDP

3-20 プラズマディスプレイ装置

3-21 アドレス駆動回路

3-22 スキャンパルス出力回路

3-23 サステインパルス出力回路

3-24 駆動制御回路

- 3-25 信号処理回路
- 3-26 駆動電源
- 3-27 映像源
- 3-101 入力装置
- 3-102 計算装置
- 3-103 出力装置
- 3-2200 パーソナルコンピュータ
- 3-2201 CPU装置
- 3-2202 記憶装置
- 3-2204 データ転送用結合バス
- 3-2205 データ転送用結合バス
- 3-CL 放電セル

[第4の技術の符号の説明]

- 4-1 前面基板
- 4-2 誘電体層
- 4-3 保護膜
- 4-4 サステイン電極（X電極）
- 4-4a、4-5a 透明電極
- 4-4b、4-5b バス電極
- 4-5 スキャン電極（Y電極）
- 4-6 表示電極対
- 4-7、4-7a、4-7b 隔壁
- 4-8、4-8b、4-8g、4-8r 蛍光体
- 4-9 誘電体層
- 4-10 アドレス電極
- 4-11 背面基板
- 4-12 前面板
- 4-13 背面板

4-14 放電空間

4-15 PDP（プラズマディスプレイ装置）

4-CL 放電セル

V_{s_c} マージンセンタ

[第5の技術の符号の説明]

5-1 前面基板

5-2 誘電体層

5-3 保護膜

5-4 サステイン電極（X電極）

5-4a、5-5a 透明電極

5-4b、5-5b バス電極

5-5 スキャン電極（Y電極）

5-6 表示電極対

5-7、5-7a、5-7b 隔壁

5-8、5-8b、5-8g、5-8r 蛍光体

5-9 誘電体層

5-10 アドレス電極

5-11 背面基板

5-12 前面板

5-13 背面板

5-14 放電空間

5-15 PDP（プラズマディスプレイ装置）

5-20 バンドギャップ

5-21 価電子帯

5-22 伝導帯

5-23 紫外線

5-24 フェルミ準位

5-25 アクセプタ準位

- 5-26 表面準位
- 5-27 ドナー準位
- 5-27a 浅いドナー準位
- 5-27b 深いドナー準位
- 5-28 真空準位
- 5-29 電子親和力
- 5-30 トラップ準位
- 5-31 Mg イオン (アルカリ土類金属イオン)
- 5-32 1価イオン (第1添加元素イオン)
- 5-33 3価イオン (第2添加元素イオン)
- 5-34 酸素欠損
- 5-35 金属欠損
- 5-36 酸素イオン
- 5-CL 放電セル
- 5-TL 発光
- Vs_c マージンセンタ

[第6の技術の符号の説明]

- 6-1 前面基板
- 6-2 誘電体層
- 6-3 保護層
- 6-4 サステイン電極 (X)
- 6-4a 透明電極
- 6-4b バス電極
- 6-5 スキャン電極 (Y)
- 6-5a 透明電極
- 6-5b バス電極
- 6-6 表示電極
- 6-7 隔壁

- 6-8 蛍光体層
- 6-9 誘電体層
- 6-10 アドレス電極 (A)
- 6-11 背面基板
- 6-12 前面板
- 6-13 背面板
- 6-14 放電空間
- 6-15 PDP
- 6-16 第1の保護層
- 6-17 第2の保護層
- 6-20 プラズマディスプレイ装置
- 6-21 アドレス駆動回路
- 6-22 スキャンパルス出力回路
- 6-23 サステインパルス出力回路
- 6-24 駆動制御回路
- 6-25 信号処理回路
- 6-26 駆動電源
- 6-27 映像源
- 6-30a、6-30b ハース
- 6-31a、6-31b 蒸着室
- 6-32 準備室
- 6-33、6-34、6-36、6-37、6-39 仕切り扉
- 6-35 搬送室
- 6-38 冷却室
- 6-101 入力装置
- 6-102 計算装置
- 6-103 出力装置
- 6-1600 プラズマディスプレイパネル

- 6-1601 駆動回路
- 6-1602 画像表示装置
- 6-1603 映像源
- 6-2200 パーソナルコンピュータ
- 6-2201 CPU装置
- 6-2202 記憶装置
- 6-2204、6-2205 データ転送用結合バス
- 6-CL 放電セル

請求の範囲

[請求項1]

一対の基板が対向に配置されて放電空間を形成し、一方の基板上に複数の電極と前記電極上に誘電体層と前記誘電体層を覆う保護層が形成され、前記放電空間には放電ガスが充填されたプラズマディスプレイパネルと、

前記プラズマディスプレイパネルの表示面全体の帯電状態を揃えるリセット期間、表示放電を行う放電セルを選択するアドレス期間、表示放電を行うサステイン期間からなる駆動方法を実現する駆動装置とを有し、

前記保護層は、MgOを主成分とし、不純物元素としてScを含み、前記MgOに対する前記Scの濃度が10質量ppm以上740質量ppm以下であり、且つ、 $0.22x + 12 \leq y \leq 1 / (8.0 \times 10^{-4} \ln x + 1.9 \times 10^{-3}) \cdots (1 - I)$ 、（但し、式（1 - I）において、yは前記MgOに対して含まれる前記Scの濃度であり、単位は質量ppmで示され、xは前記駆動方法における最大リセット間隔で、単位はmsであり、 $0.5 \leq x \leq 50$ の範囲の値である）、を満たすことを特徴とするプラズマディスプレイ装置。

[請求項2]

一対の基板が対向に配置されて放電空間を形成し、一方の基板上に複数の電極と前記電極上に誘電体層と前記誘電体層を覆う保護層が形成され、前記放電空間には放電ガスが充填されたプラズマディスプレイパネルであって、

前記保護層は、MgOを主成分とし、不純物元素としてScを含み、前記MgOに対する前記Scの濃度は、10質量ppm以上525質量ppm以下であることを特徴とするプラズマディスプレイパネル。

[請求項3]

請求項2記載のプラズマディスプレイパネルにおいて、

前記保護層は、MgOを主成分とし、不純物元素としてScを含み、前記MgOに対する前記Scの濃度は、15質量ppm以上240

質量 p p m 以下であることを特徴とするプラズマディスプレイパネル。
。

[請求項4] 請求項2記載のプラズマディスプレイパネルにおいて、
前記保護層は、M g O を主成分とし、不純物元素として S c を含み、
前記 M g O に対する前記 S c の濃度は、25質量 p p m 以上200
質量 p p m 以下であることを特徴とするプラズマディスプレイパネル。
。

[請求項5] 請求項2から4のいずれか1項に記載のプラズマディスプレイパネルと、
前記プラズマディスプレイパネルを駆動する駆動装置とからなる
ことを特徴とするプラズマディスプレイ装置。

[請求項6] 間隔をあけて対向配置された一对の基板と、前記一对の基板間に設
けられ前記一对の基板間の間隔を保持する隔壁と、前記一对の基板間
に形成された空間内に封入され放電により紫外線を発生する放電ガス
と、前記一对の基板の対向面の少なくとも一方の上に配置された電極
とを備え、前記電極を覆う誘電体層と、前記誘電体層を覆う保護層が
配置されたプラズマディスプレイパネルであって、

前記保護層は、酸化マグネシウム (M g O) を主成分とし、不純物
元素としてスカンジウム (S c) 及びシリコン (S i) を含み、前記
スカンジウム (S c) の濃度が5質量 p p m 以上525質量 p p m 以
下であり、前記シリコン (S i) の濃度が5質量 p p m 以上1000
質量 p p m 以下であり、且つ、前記スカンジウム (S c) の濃度を x
(単位は質量 p p m)、前記シリコン (S i) の濃度を y (単位は質
量 p p m) とした場合に、 $y \leq -3.5x + 1845 \cdots (2-1)$ 、
を満たすことを特徴とするプラズマディスプレイパネル。

[請求項7] 請求項6記載のプラズマディスプレイパネルにおいて、
前記保護層は、前記スカンジウム (S c) の濃度が7質量 p p m 以
上217質量 p p m 以下であり、前記シリコン (S i) の濃度が5質
量 p p m 以上405質量 p p m 以下であり、且つ、 $-74x + 887$

$\leq y \leq -1.9x + 418 \cdots (2-II)$ 、を満たすことを特徴とするプラズマディスプレイパネル。

[請求項8]

請求項6記載のプラズマディスプレイパネルにおいて、

前記保護層は、前記スカンジウム (Sc) の濃度が15質量ppm以上200質量ppm以下であり、前記シリコン (Si) の濃度が5質量ppm以上284質量ppm以下であり、且つ、 $-63x + 1227 \leq y \leq -1.5x + 306 \cdots (2-III)$ 、 $-1.5x + 87 \leq y \leq -1.5x + 306 \cdots (2-IV)$ 、(但し、式(2-III)において $15 \leq x < 19$ 、式(2-IV)において $19 \leq x \leq 200$ の範囲である)、を満たすことを特徴とするプラズマディスプレイパネル。

[請求項9]

請求項6～8のいずれか1項に記載のプラズマディスプレイパネルの製造方法であって、

前記放電ガスを封入する工程は、組成比10%以上となる量でXeを含んで構成されたガスを封入する段階を含むことを特徴とするプラズマディスプレイパネルの製造方法。

[請求項10]

請求項6～8のいずれか1項に記載のプラズマディスプレイパネルと、前記プラズマディスプレイパネルを駆動する駆動装置とからなることを特徴とするプラズマディスプレイ装置。

[請求項11]

一対の基板が対向に配置されて放電空間を形成し、一方の基板上に複数の電極と前記電極上に誘電体層と前記誘電体層を覆う保護層が形成され、前記放電空間には放電ガスが充填されたプラズマディスプレイパネルであって、

前記保護層は、プライミング電子放出源の実効数の総数を 1.1×10^6 個/セル以上、 8.1×10^6 個/セル以下含むことを特徴とするプラズマディスプレイパネル。

[請求項12]

請求項11記載のプラズマディスプレイパネルにおいて、

前記保護層は、MgOを主成分とし、不純物元素として少なくともScを含むことを特徴とするプラズマディスプレイパネル。

- [請求項13] 請求項 1 1 記載のプラズマディスプレイパネルにおいて、
前記保護層は、MgOを主成分とし、不純物元素としてScを含み、
前記MgOに対する前記Scの濃度は、45質量ppm以上、735質量ppm以下であることを特徴とするプラズマディスプレイパネル。
- [請求項14] 請求項 1 1 記載のプラズマディスプレイパネルにおいて、
前記保護層は、MgOを主成分とし、不純物元素としてSi、Al、Y、Ce、Ca、La、Sm、Sn、Hの中から選択される少なくとも1種を含むことを特徴とするプラズマディスプレイパネル。
- [請求項15] 請求項 1 1 ～ 1 4 のいずれか1項に記載のプラズマディスプレイパネルにおいて、
前記放電ガスは、組成比8%以上となる量でXeを含んで構成されることを特徴とするプラズマディスプレイパネル。
- [請求項16] 請求項 1 1 ～ 1 5 のいずれか1項に記載のプラズマディスプレイパネルを製造するプラズマディスプレイパネルの製造方法であって、
前記保護層を形成する工程においては、プラズマガンを使用することを特徴とするプラズマディスプレイパネルの製造方法。
- [請求項17] 請求項 1 6 記載のプラズマディスプレイパネルの製造方法において、
前記保護層を形成する工程においては、蒸着室内にO₂を流通させながら蒸着することを特徴とするプラズマディスプレイパネルの製造方法。
- [請求項18] 請求項 1 6 記載のプラズマディスプレイパネルの製造方法において、
前記保護層を形成する工程においては、蒸着室内にH₂Oを流通させながら蒸着することを特徴とするプラズマディスプレイパネルの製造方法。

- [請求項19] 請求項11～15のいずれか1項に記載のプラズマディスプレイパネルと、前記プラズマディスプレイパネルを駆動する駆動装置とからなることを特徴とするプラズマディスプレイ装置。
- [請求項20] 対向配置される前面板および背面板の間に形成され、内部に放電ガスが充填された放電空間を有し、
前記前面板の内面側には、複数の表示電極対、前記複数の表示電極対を覆う誘電体層、および前記誘電体層を覆う保護膜が順次積層され、
前記保護膜は、Sc、Ga、In、Si、Geの群から選ばれる少なくとも1種の添加材料を10～1000atom ppmの範囲で含むMgO膜で、かつ、波長632.8nmにおける屈折率が1.72以上であることを特徴とするプラズマディスプレイ装置。
- [請求項21] 請求項20に記載のプラズマディスプレイ装置において、
前記添加材料には、Scが含まれることを特徴とするプラズマディスプレイ装置。
- [請求項22] 請求項20または請求項21に記載のプラズマディスプレイ装置において、
前記保護膜は、膜密度が3.47g/cm³以上であることを特徴とするプラズマディスプレイ装置。
- [請求項23] 前面板の第1の面に、複数の表示電極対、前記複数の表示電極対を覆う誘電体層、および前記誘電体層を覆う保護膜を順次積層する工程、
背面板を準備して、前記前面板の前記第1の面と前記背面板の第2の面を、放電空間を介して対向配置する工程、
前記放電空間内に放電ガスを充填する工程、を有し、
前記保護膜を形成する工程では、
Sc、Ga、In、Si、Geの群から選ばれる少なくとも1種の添加材料を10～1000atom ppmの範囲で含むMgOから

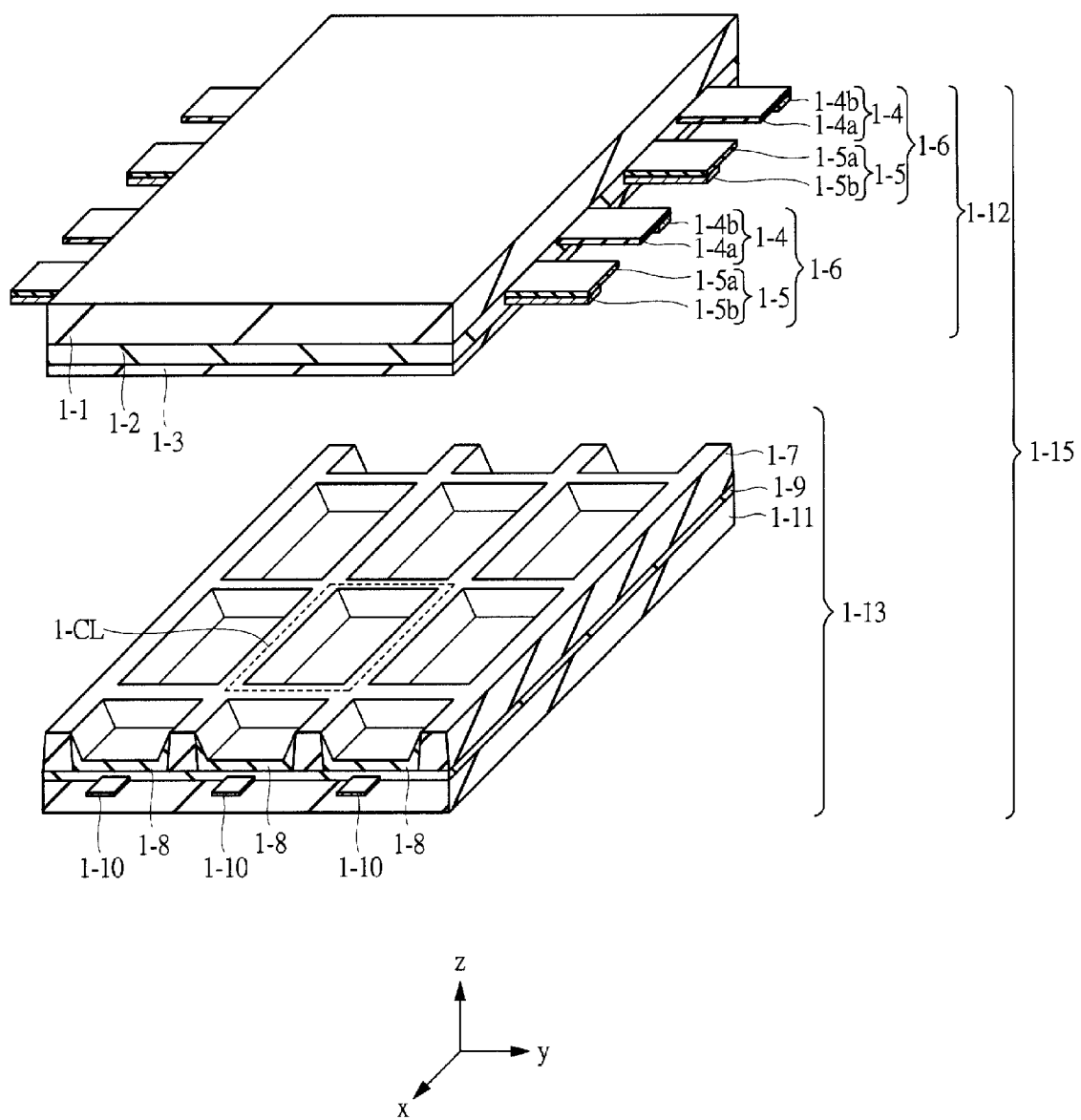
なる蒸着源ペレットを、 H_2O を含む雰囲気中で蒸着することにより、前記保護膜を形成することを特徴とするプラズマディスプレイ装置の製造方法。

[請求項24] 請求項23に記載のプラズマディスプレイ装置の製造方法において、

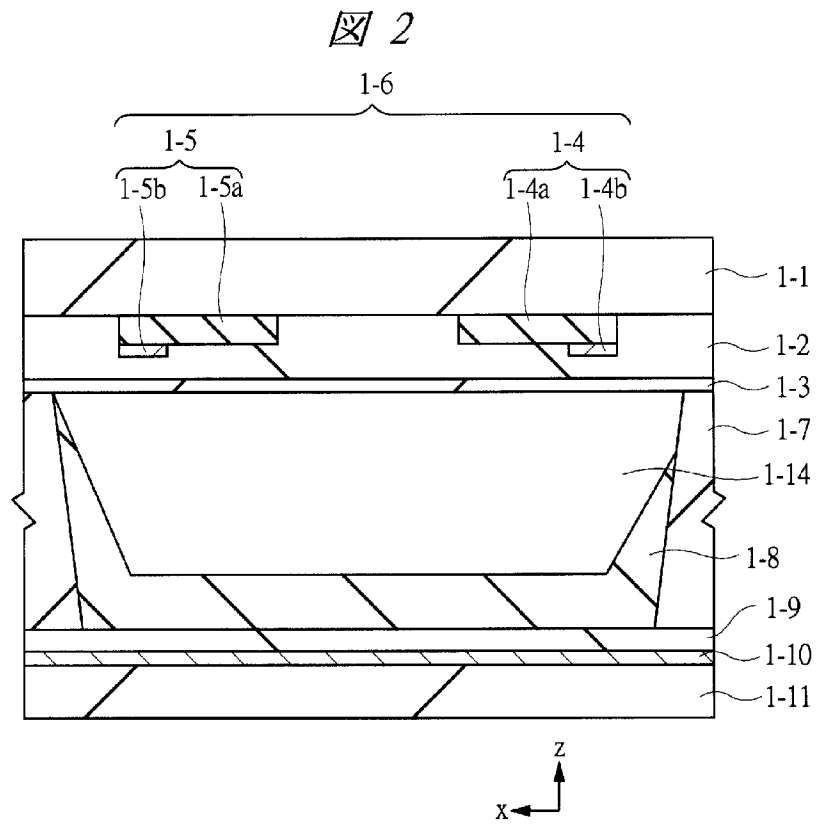
前記保護膜を蒸着する際の雰囲気中の H_2O の分圧は、 3×10^{-3} Pa以上であることを特徴とするプラズマディスプレイ装置の製造方法。

[図1]

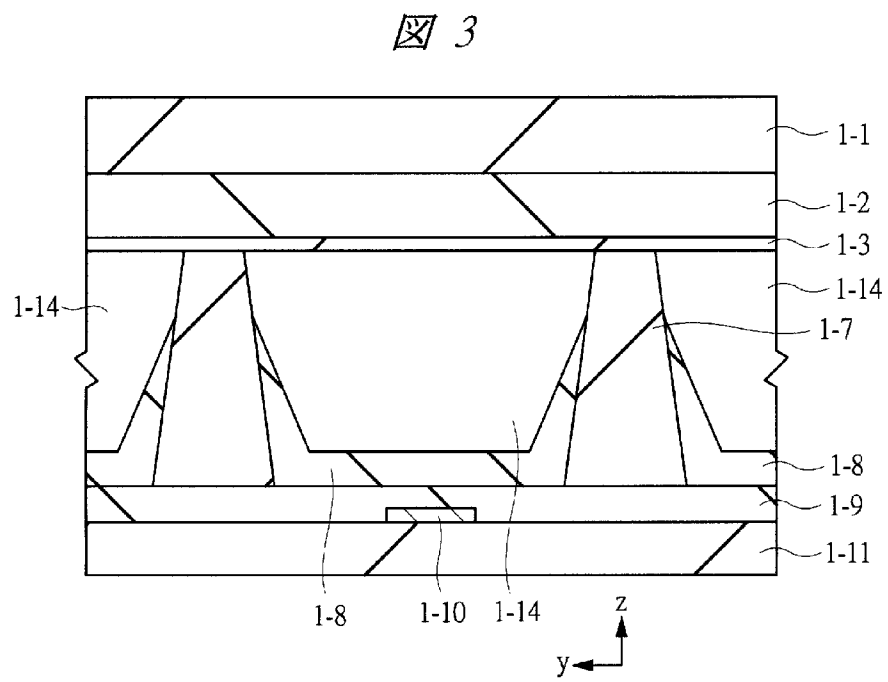
図 1



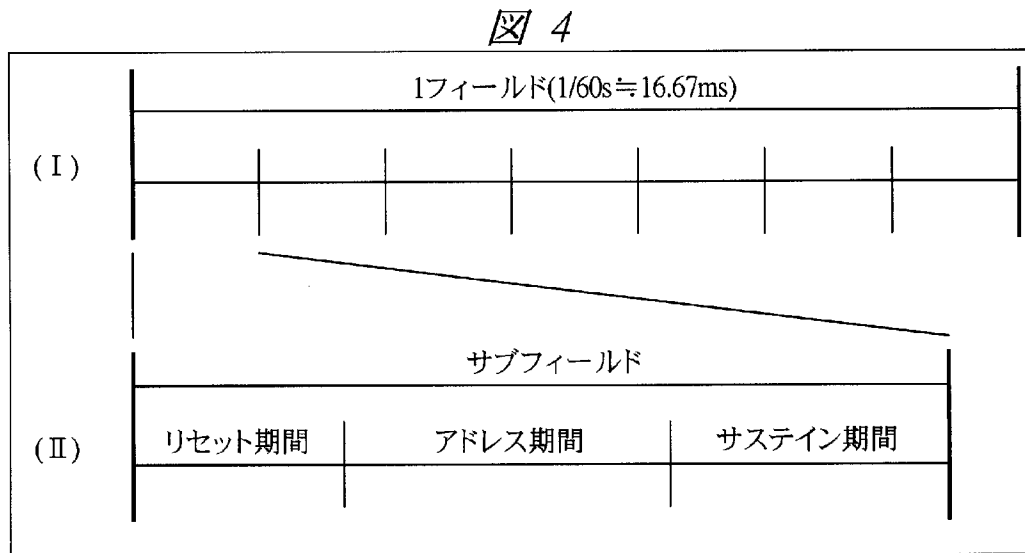
[図2]



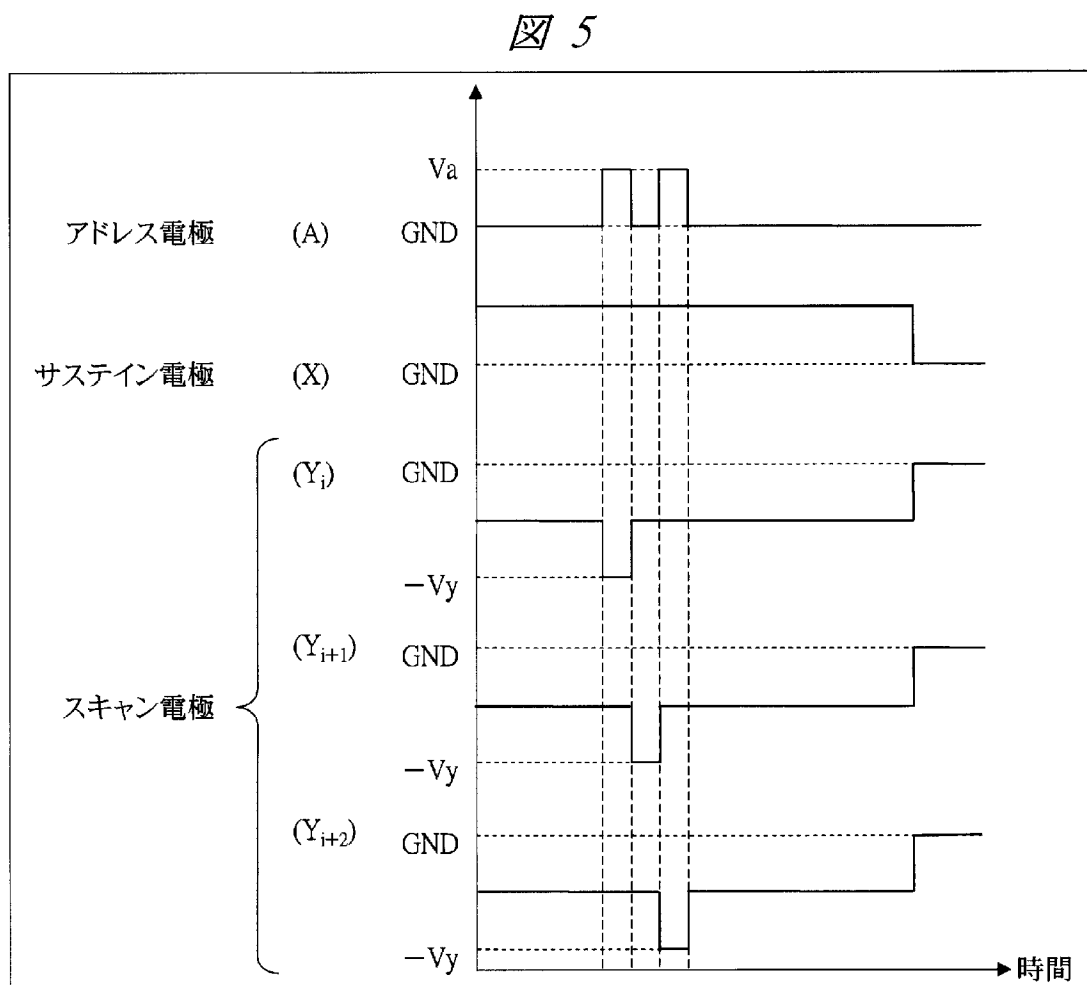
[図3]



[図4]

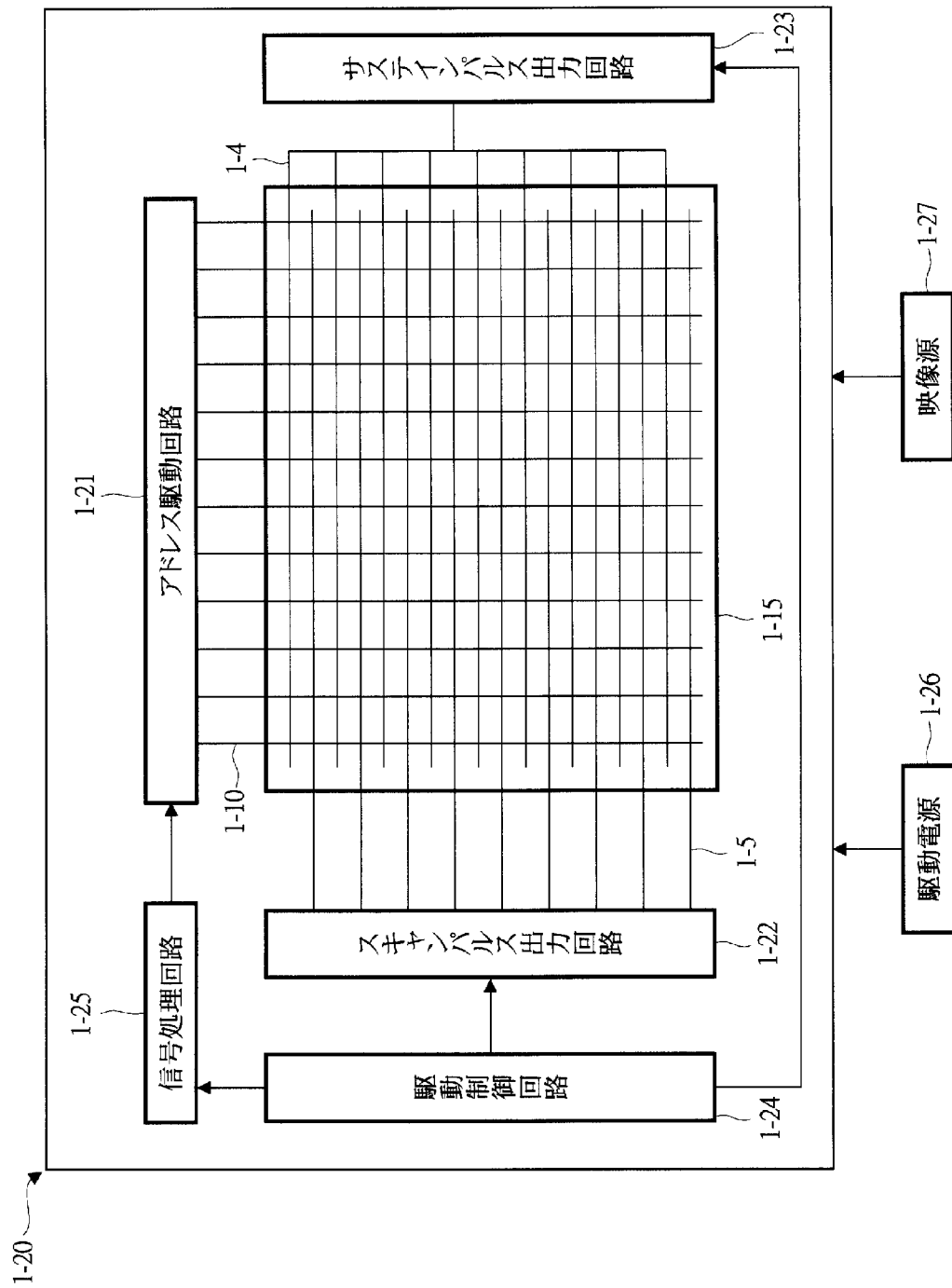


[図5]



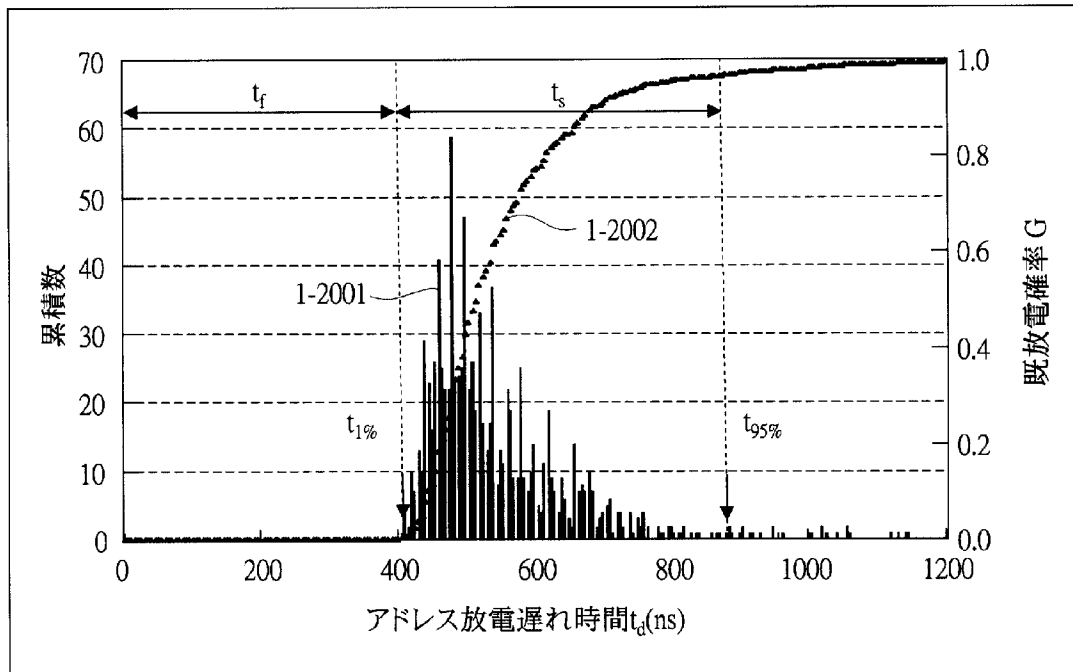
[図6]

図 6



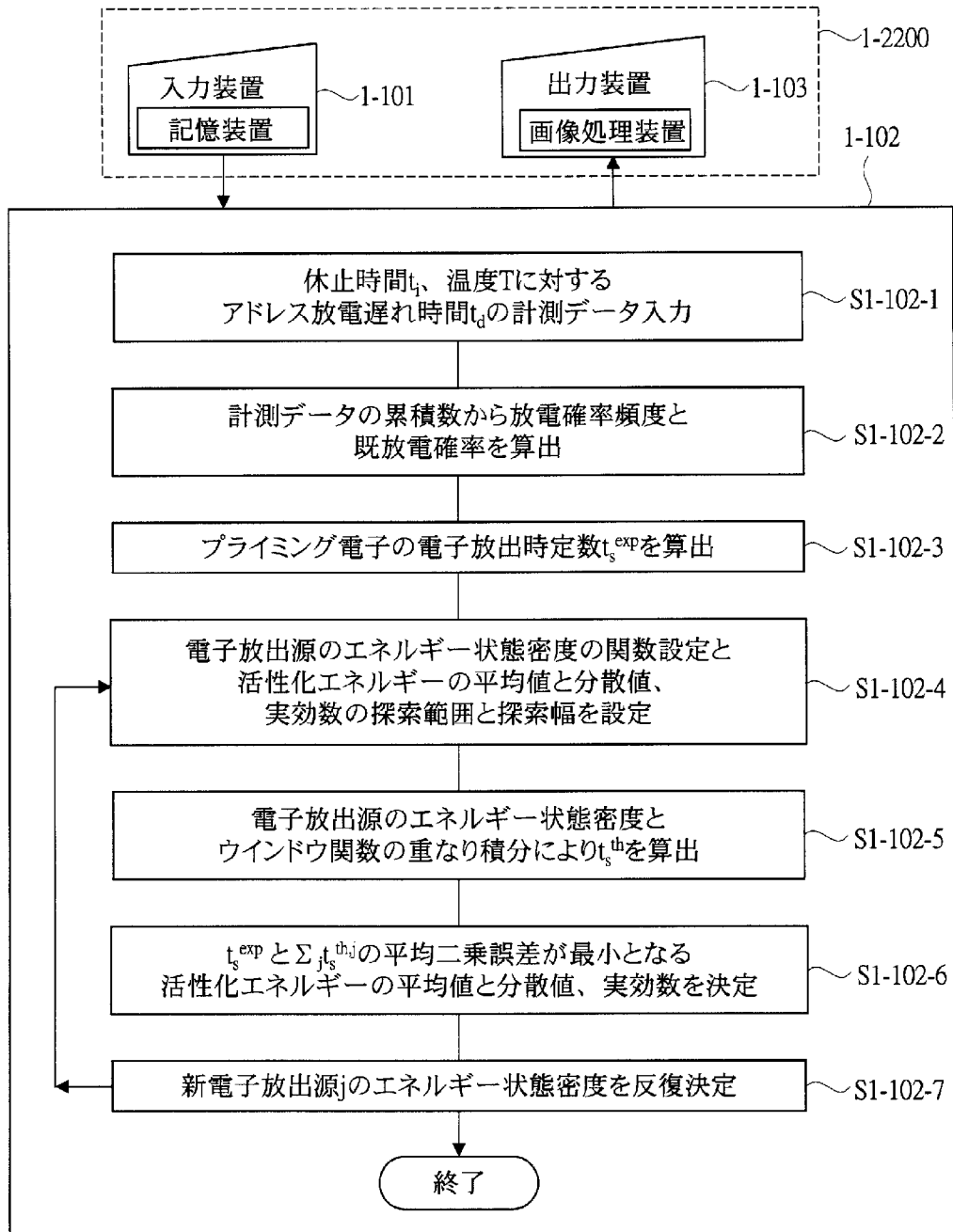
[図7]

図 7



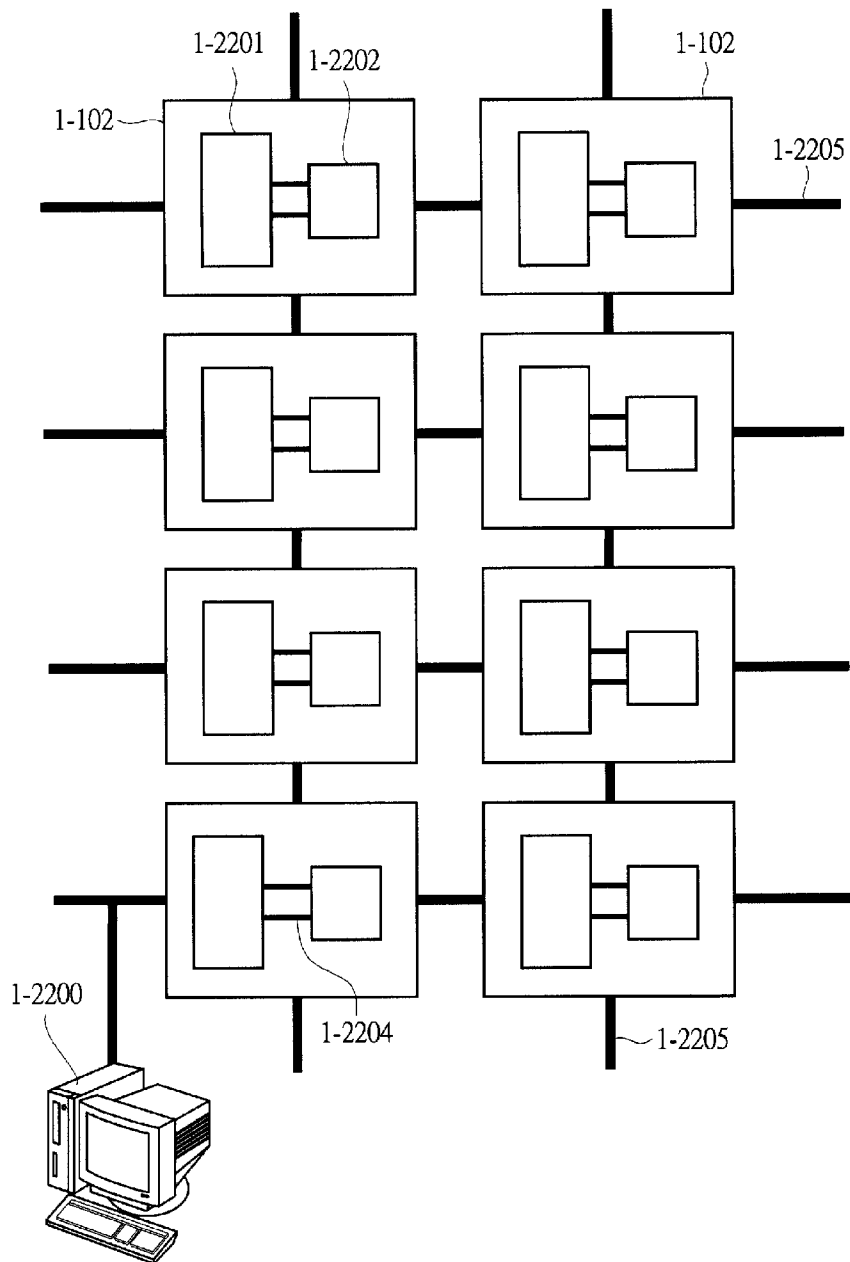
[図8]

図 8



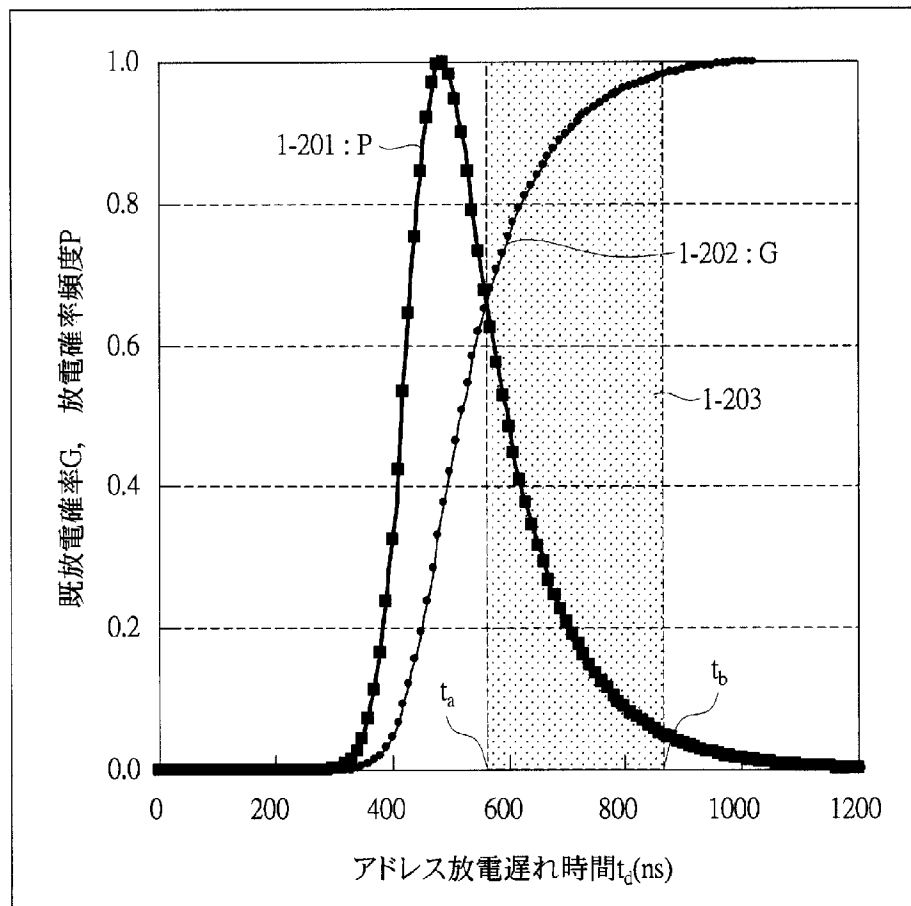
[図9]

図 9



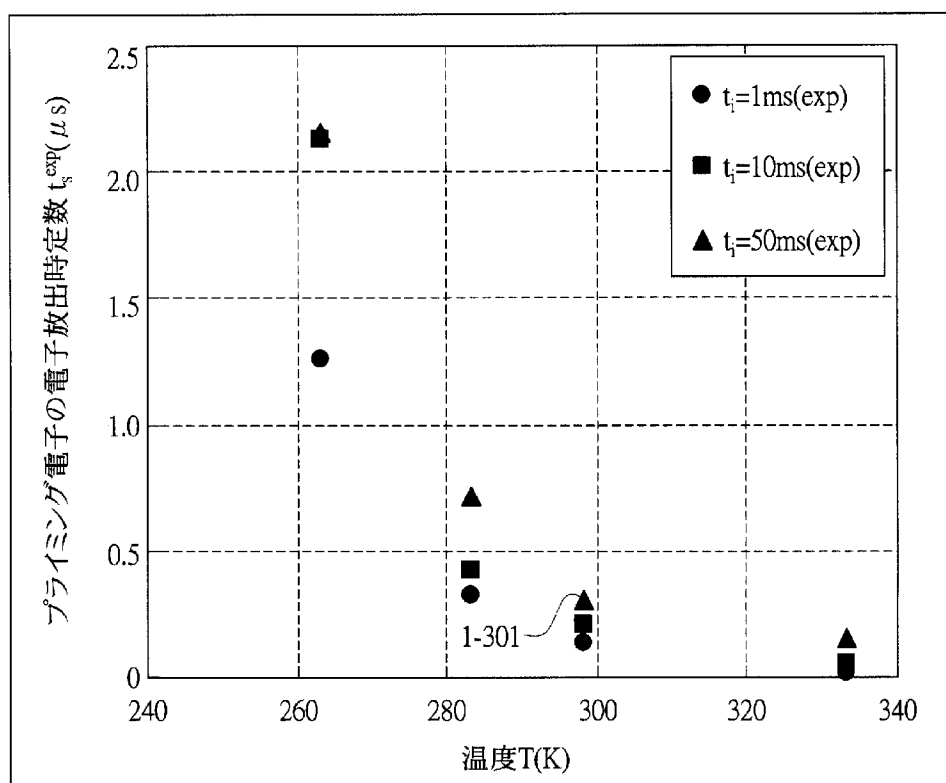
[図10]

図 10



[図11]

図 11



[図12]

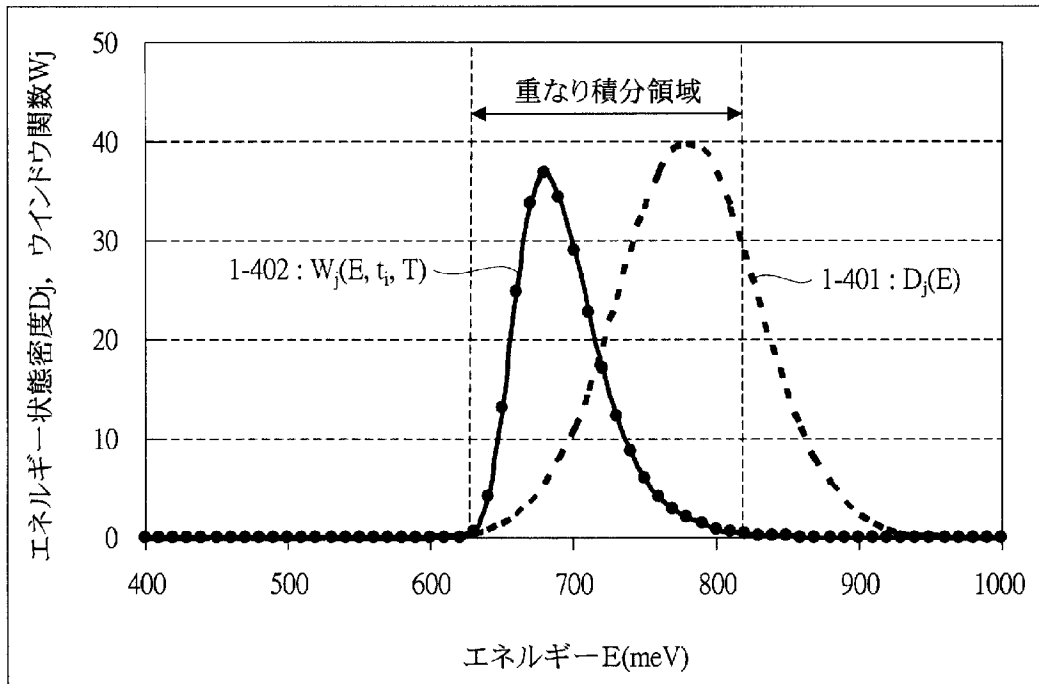
図 12

エネルギー単位はmeV、 $f_{\text{ph}}=3.1 \times 10^{13}\text{Hz}$

$T(\text{K})/t_i(\text{s})$	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	10^0
263.15	443	496	548	600	652	705
273.15	460	514	569	623	677	731
283.15	477	533	590	646	702	758
298.15	502	562	621	680	739	798
313.15	528	590	652	714	776	838
333.15	561	627	694	760	826	892

[図13]

図 13



[図14]

図 14

①活性化エネルギーの平均値 ΔE_a の探索範囲と探索幅

$\text{Min}\{k_B T \ln(t_i f_{ph})\} - 3k_B T$ 以下から $\text{Max}\{k_B T \ln(t_i f_{ph})\} + 3k_B T$ 以上
 $k_B T \ln(t_i f_{ph})$ の平均値以下

②活性化エネルギーの分散値 σ_E の探索範囲

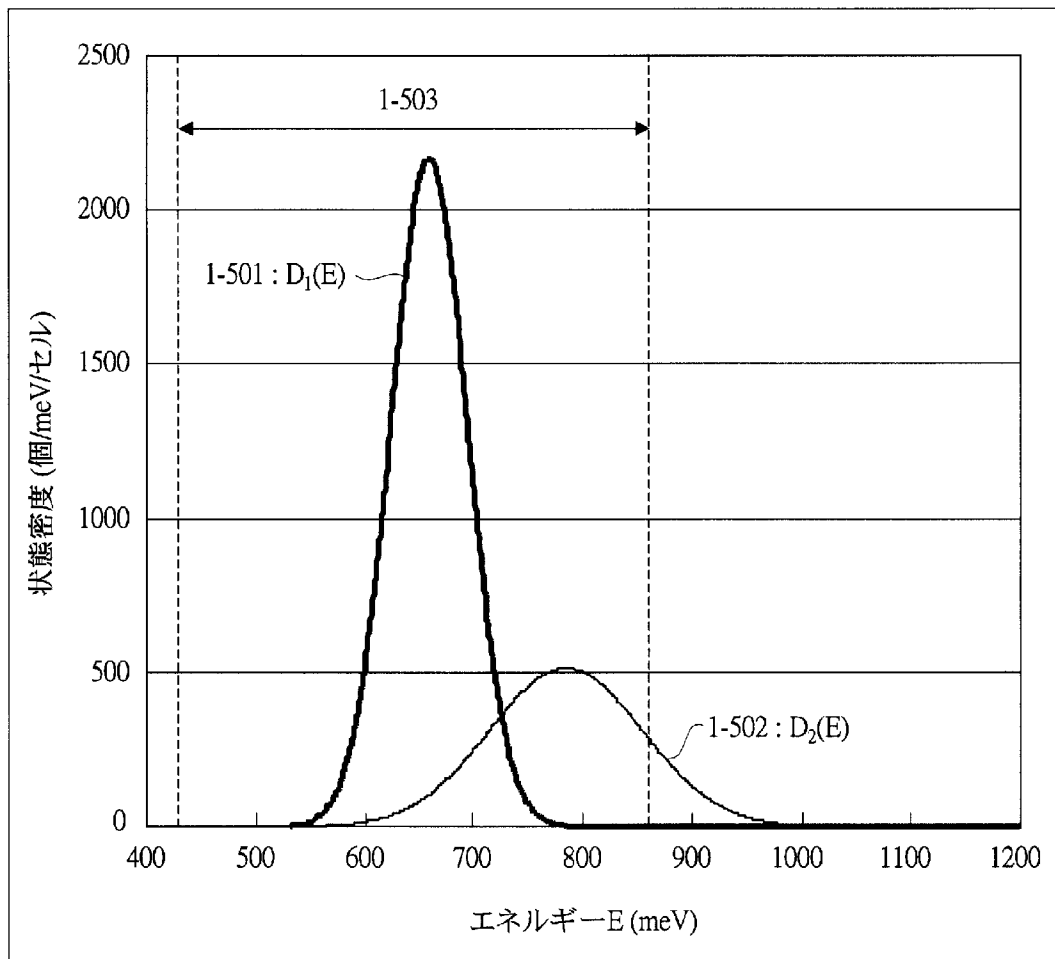
$k_B T \ln(t_i f_{ph})$ の平均値以下

③実効数 N_{ee} の探索範囲

計測条件 t_i における時間オーダー幅

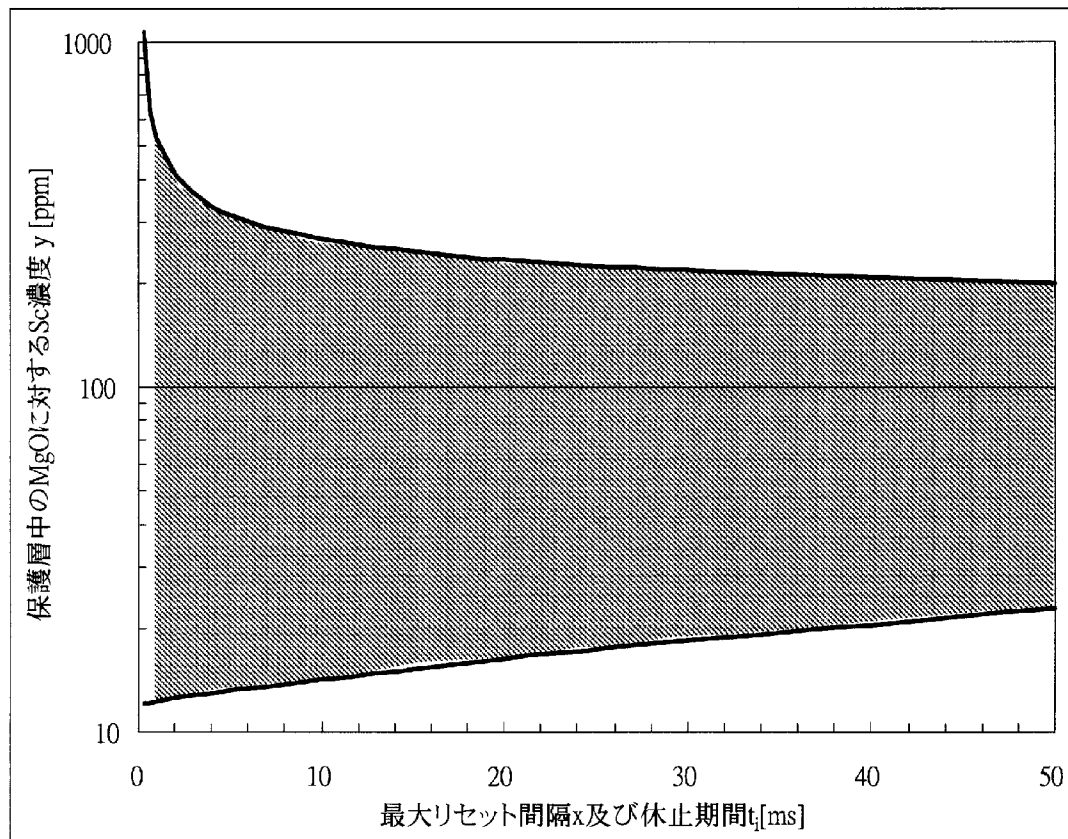
[図15]

図 15



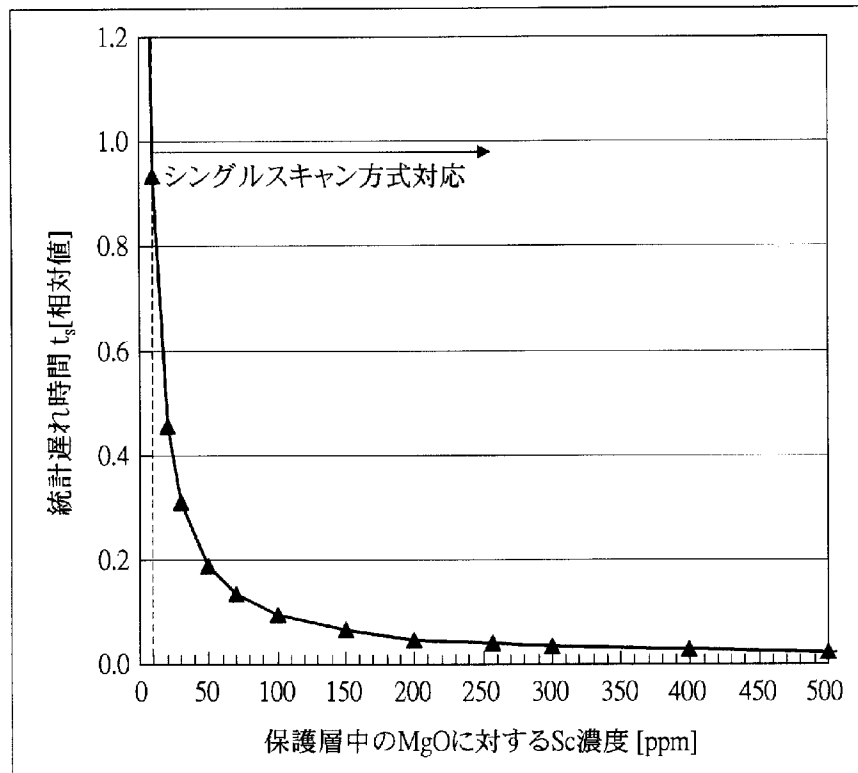
[図16]

図 16



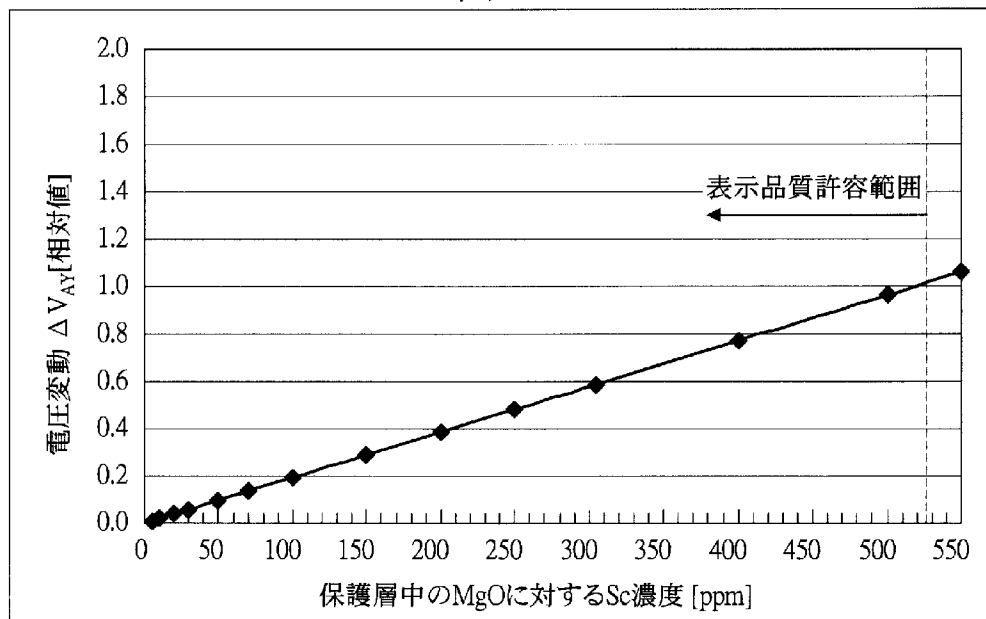
[図17]

図 17



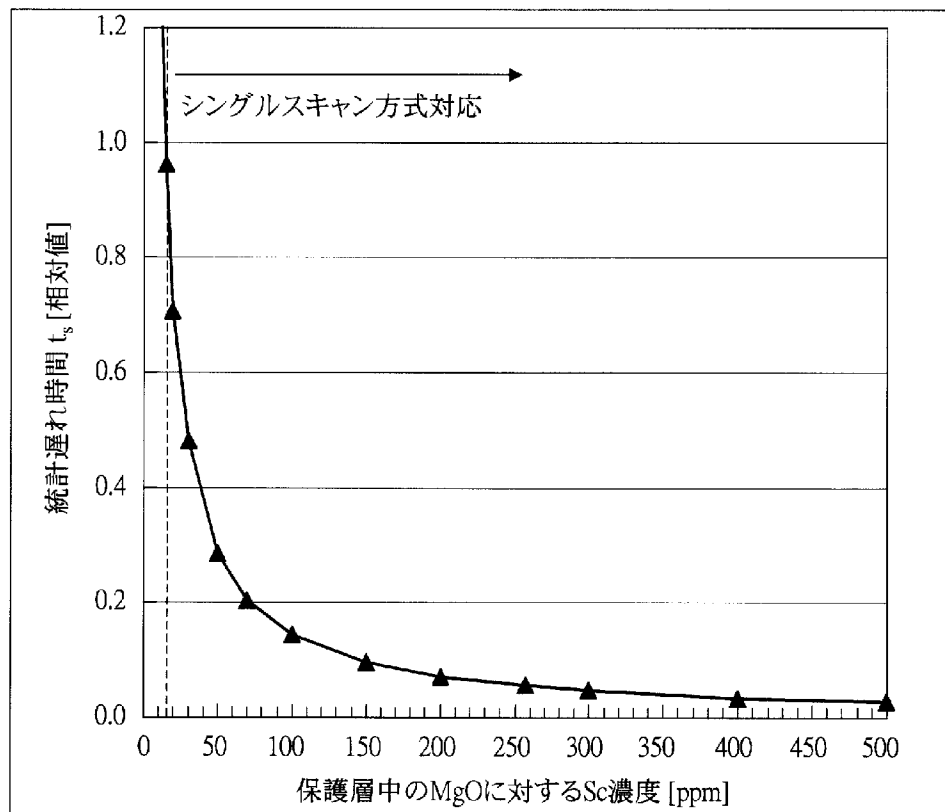
[図18]

図 18



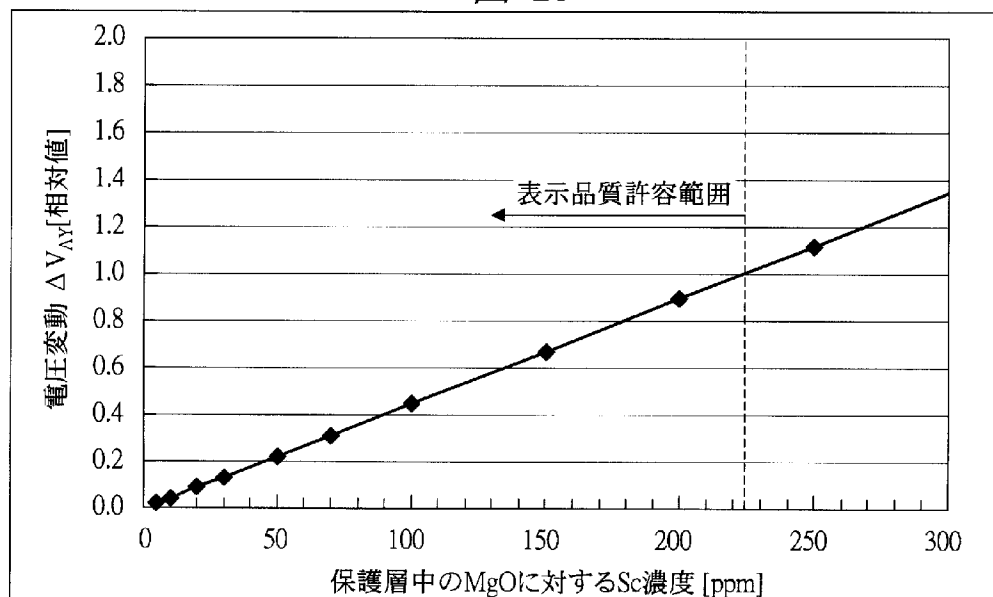
[図19]

図 19



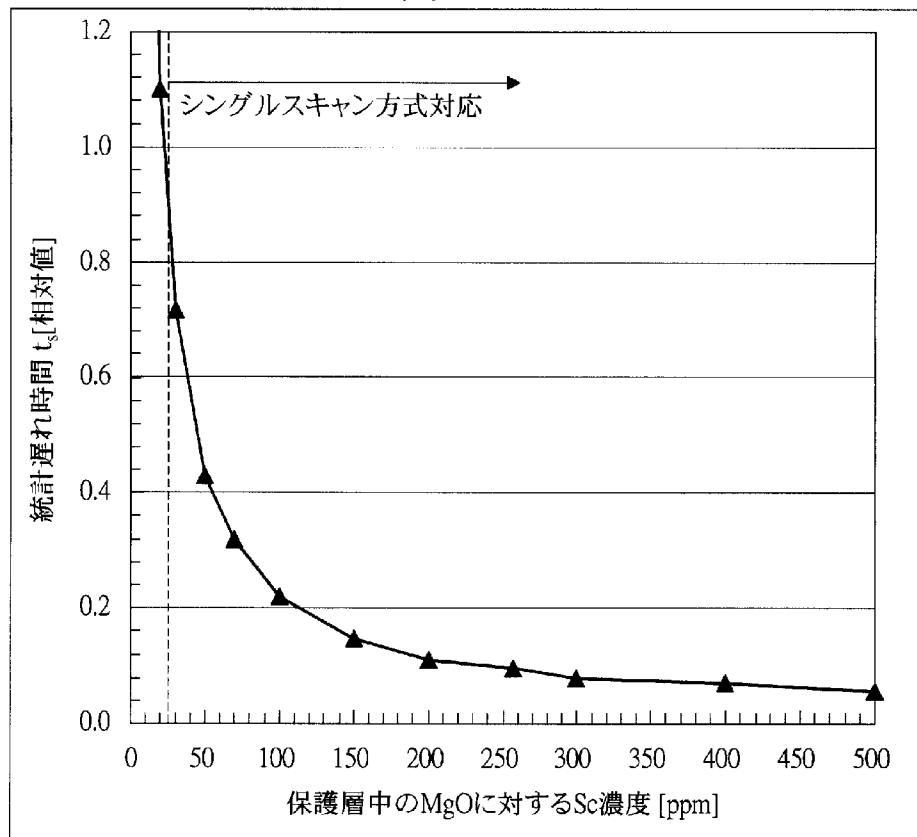
[図20]

図 20



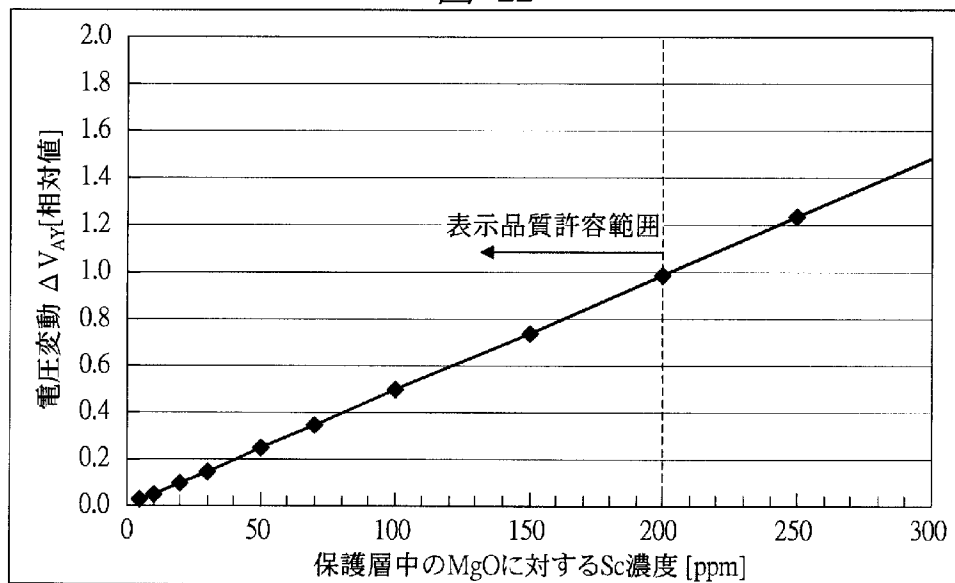
[図21]

図 21

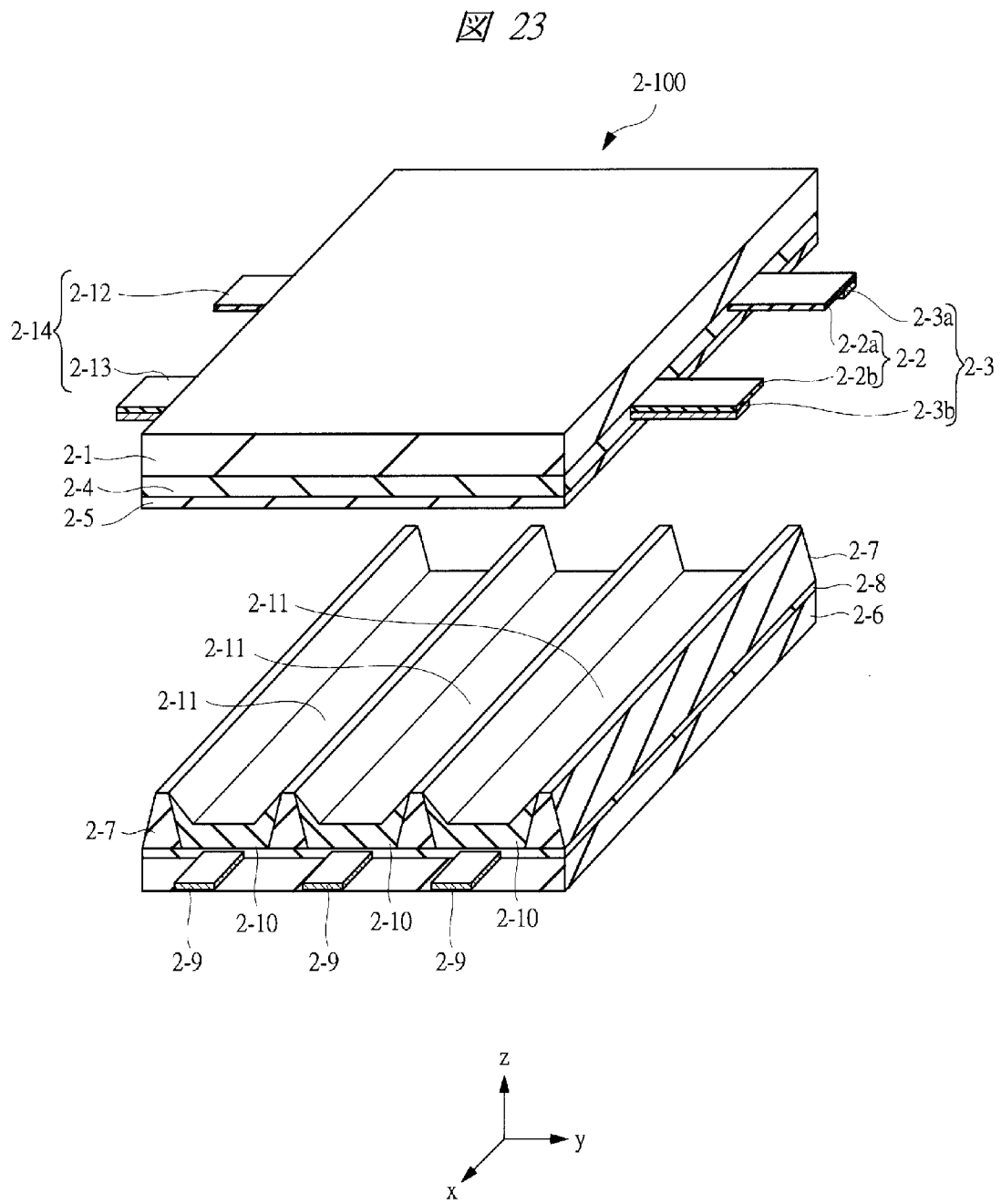


[図22]

図 22

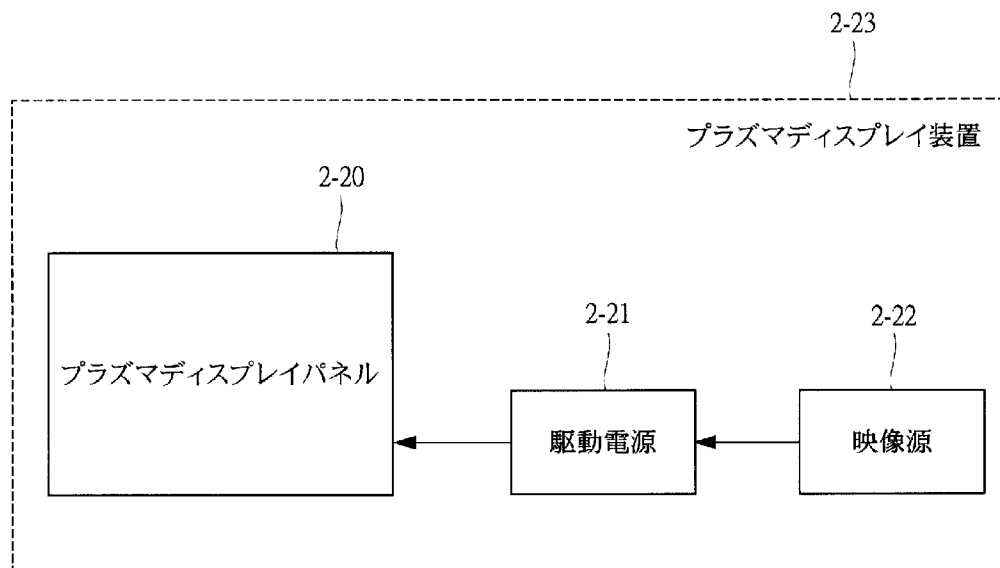


[図23]



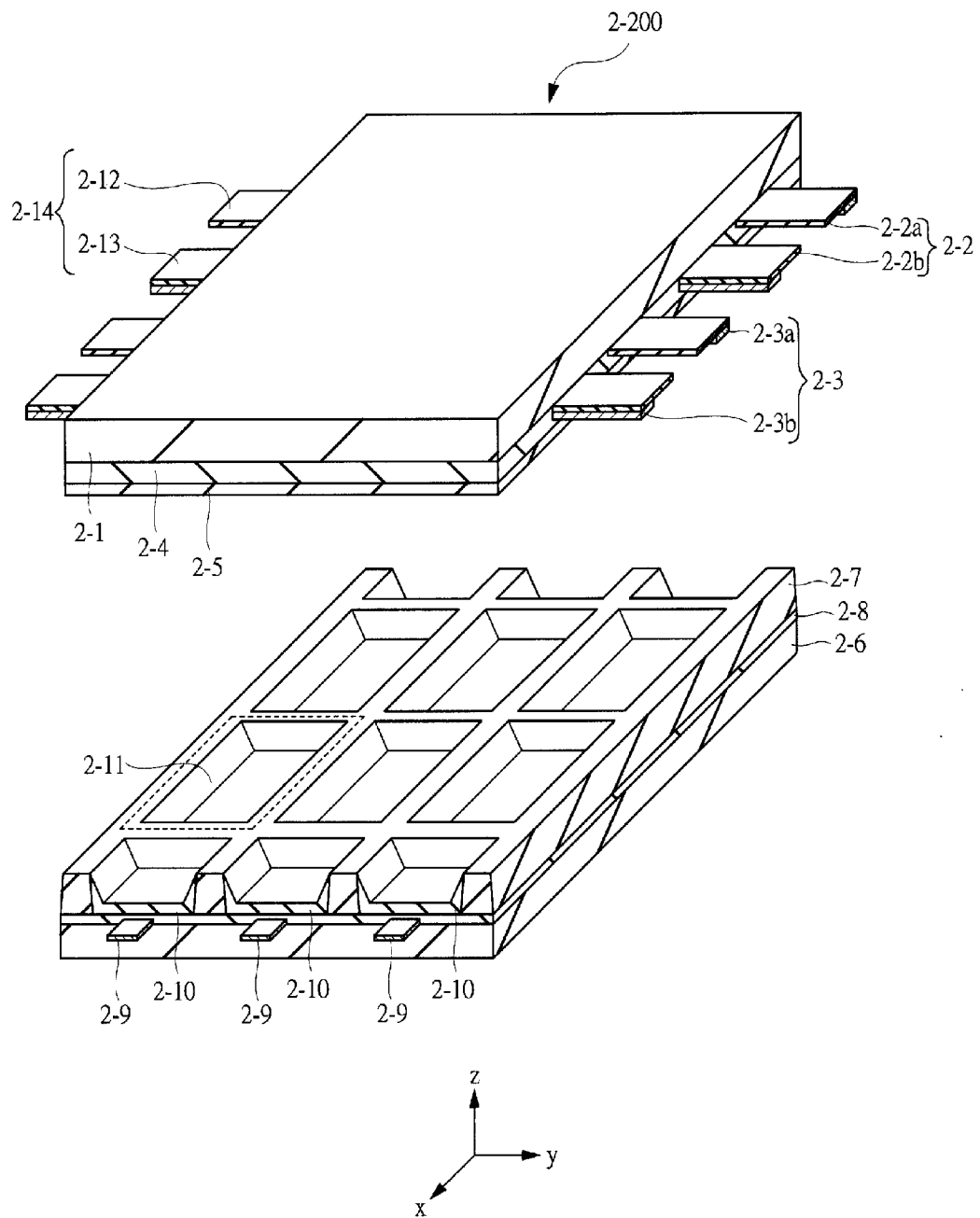
[図24]

図 24



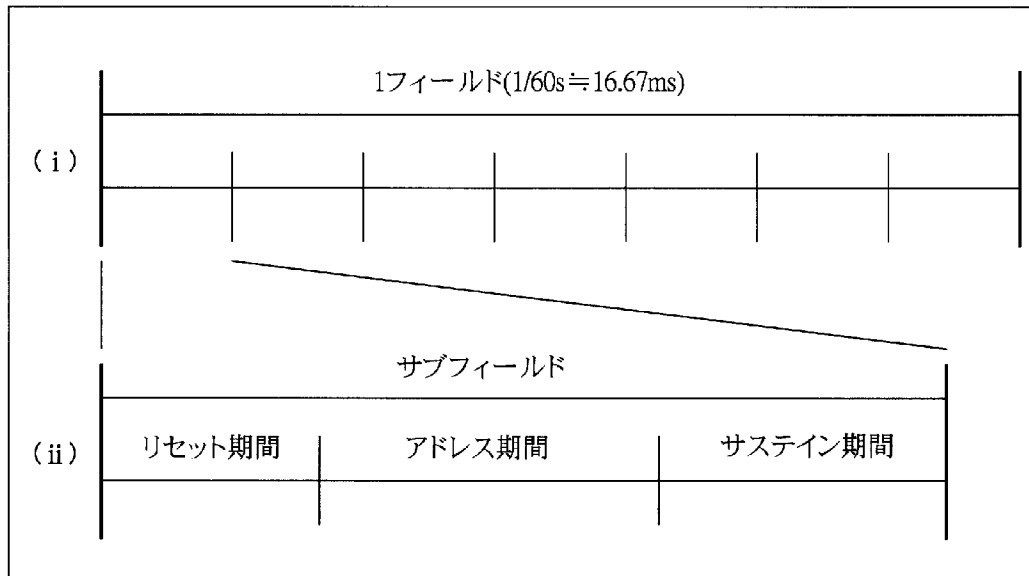
[図25]

図 25



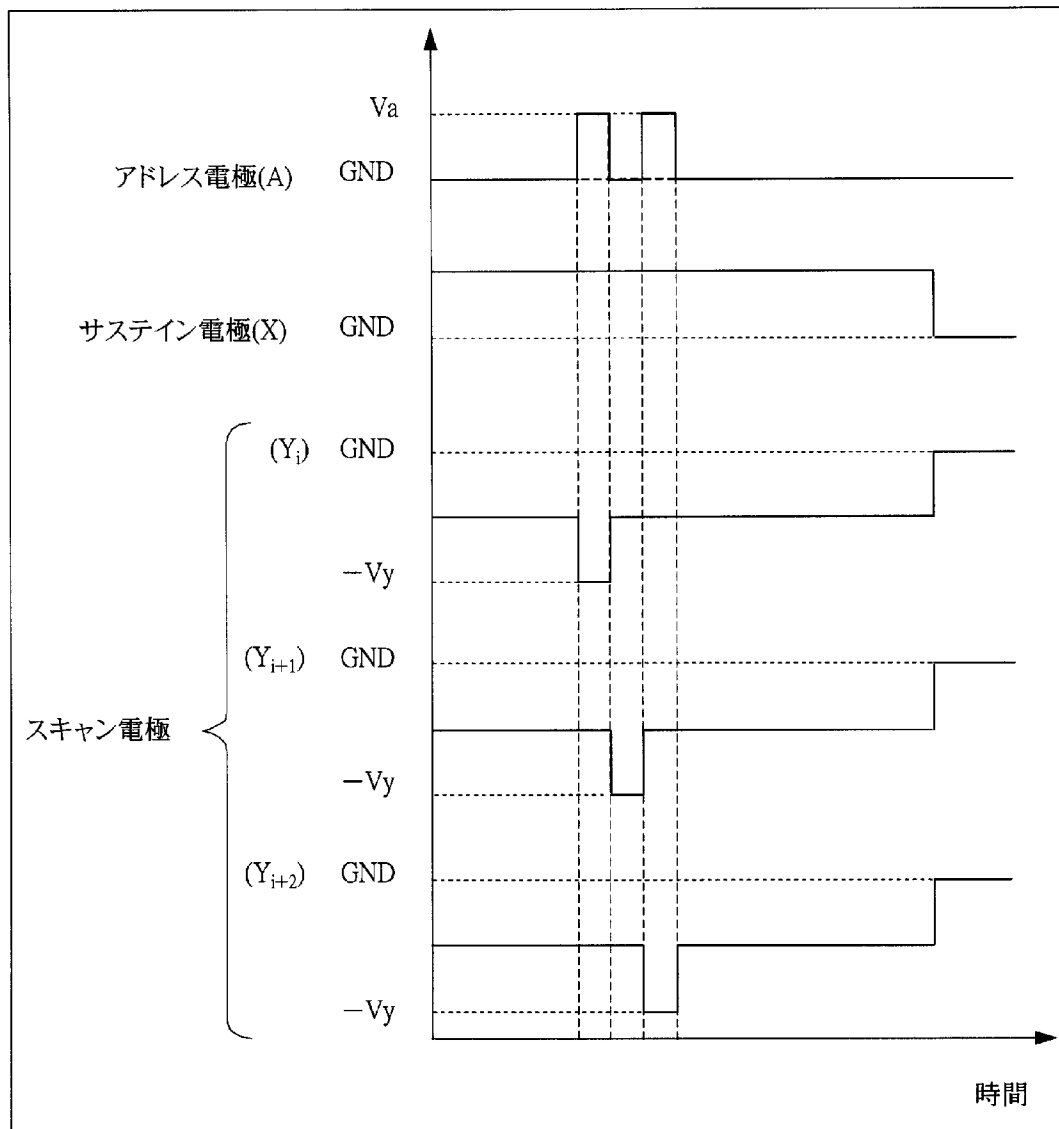
[図26]

図 26



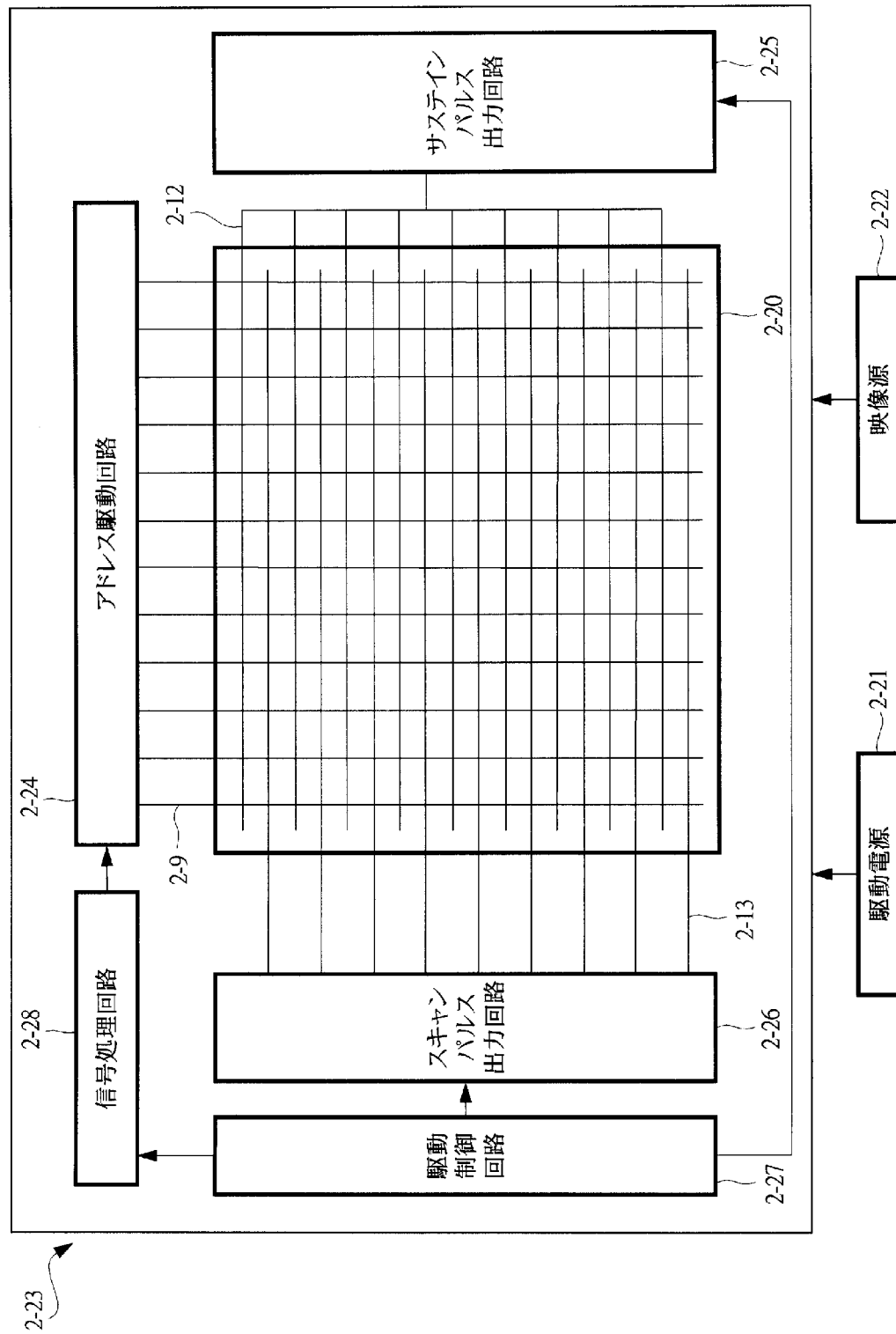
[図27]

図 27



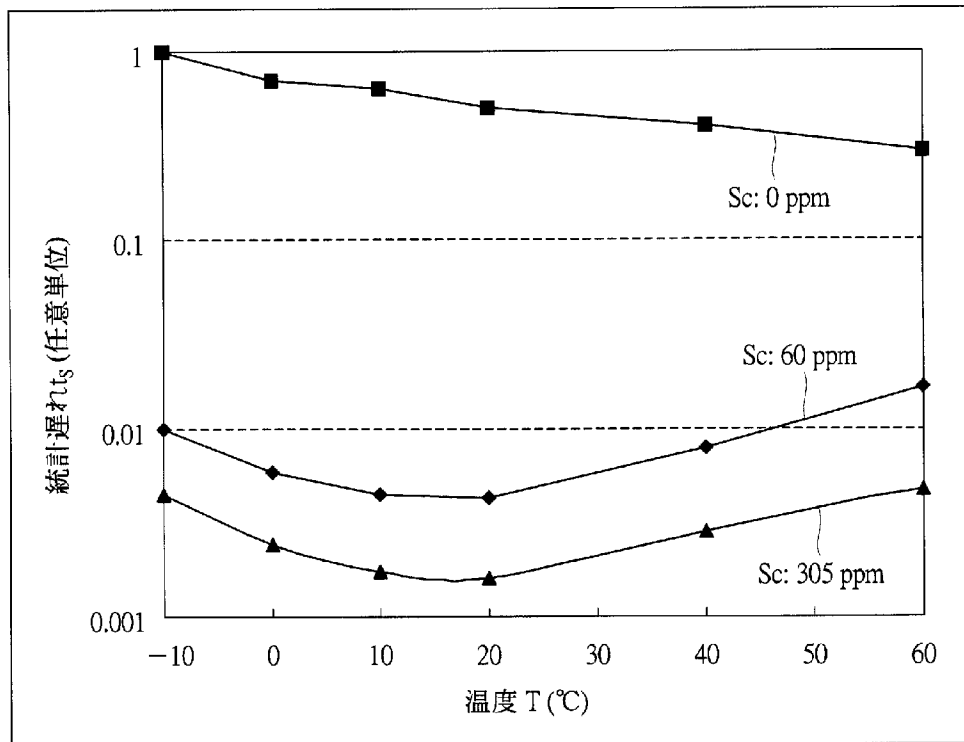
[図28]

図 28



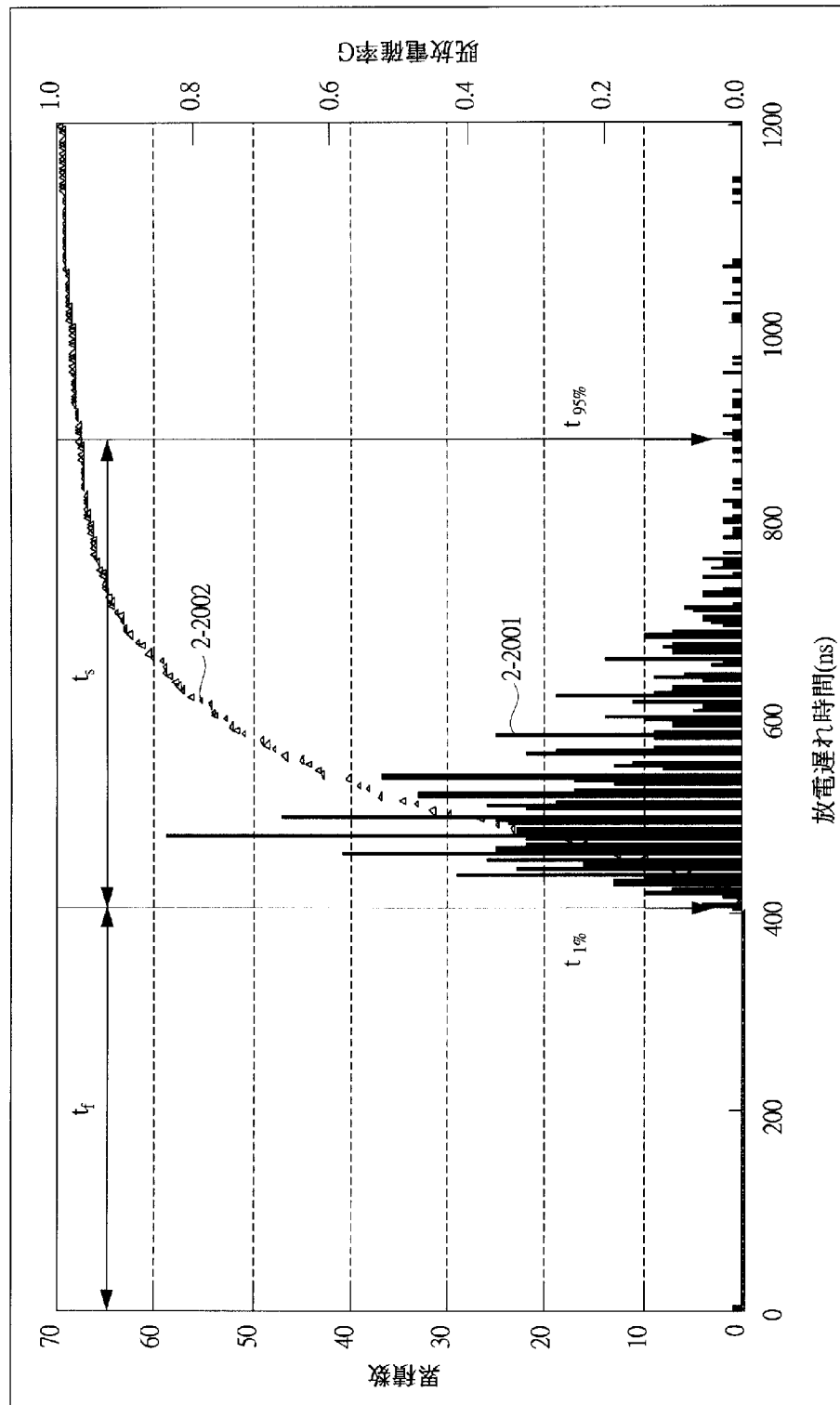
[図29]

図 29

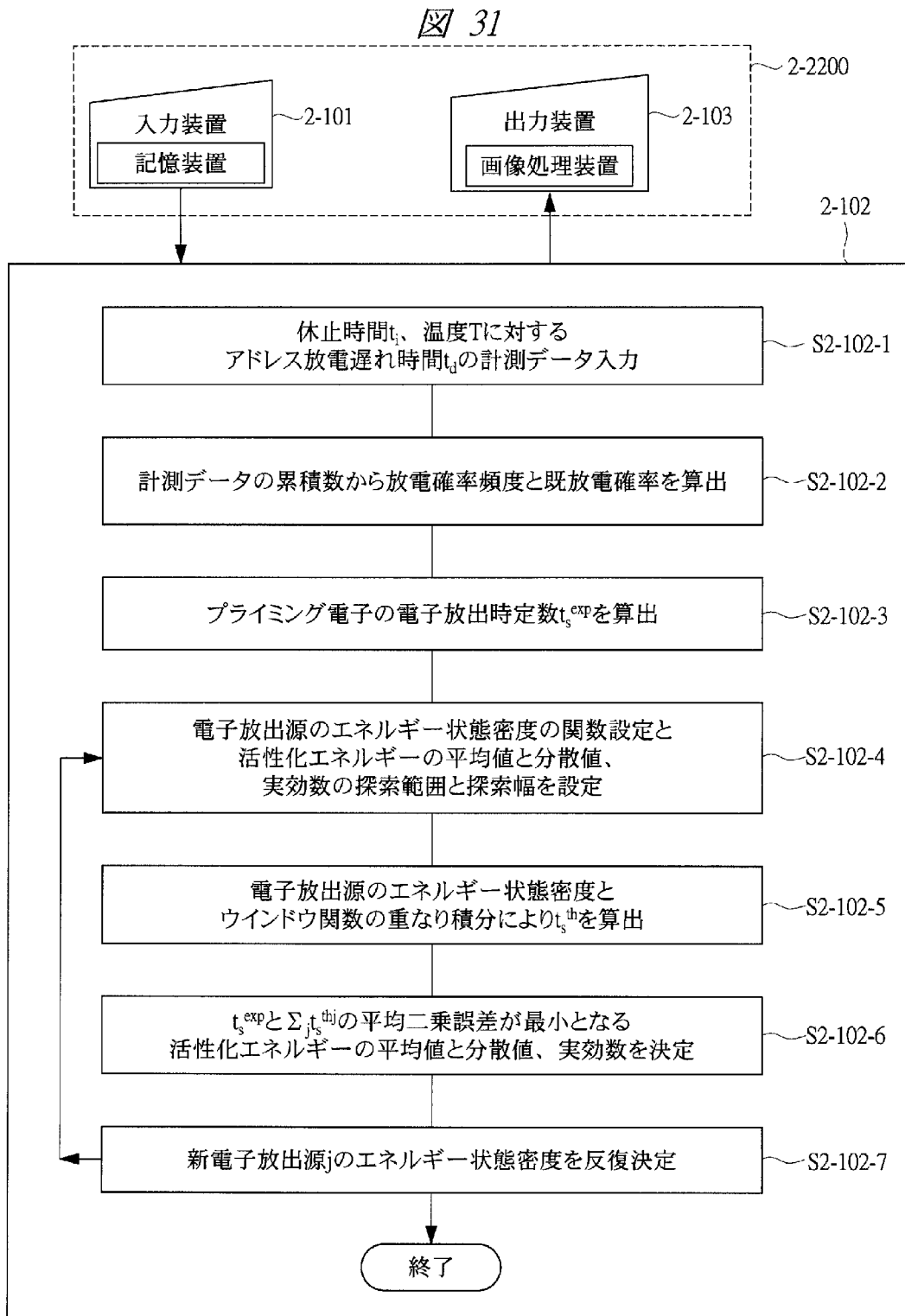


[図30]

図 30

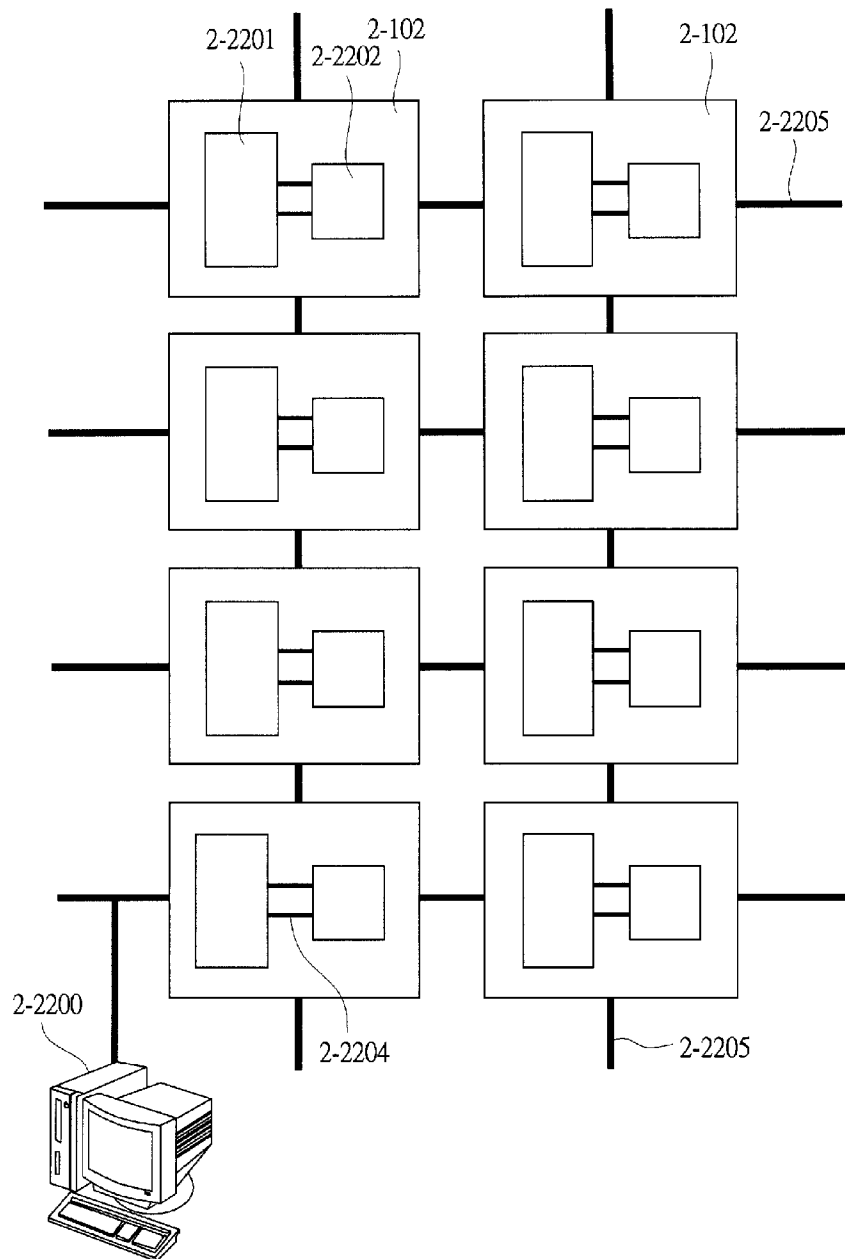


[図31]



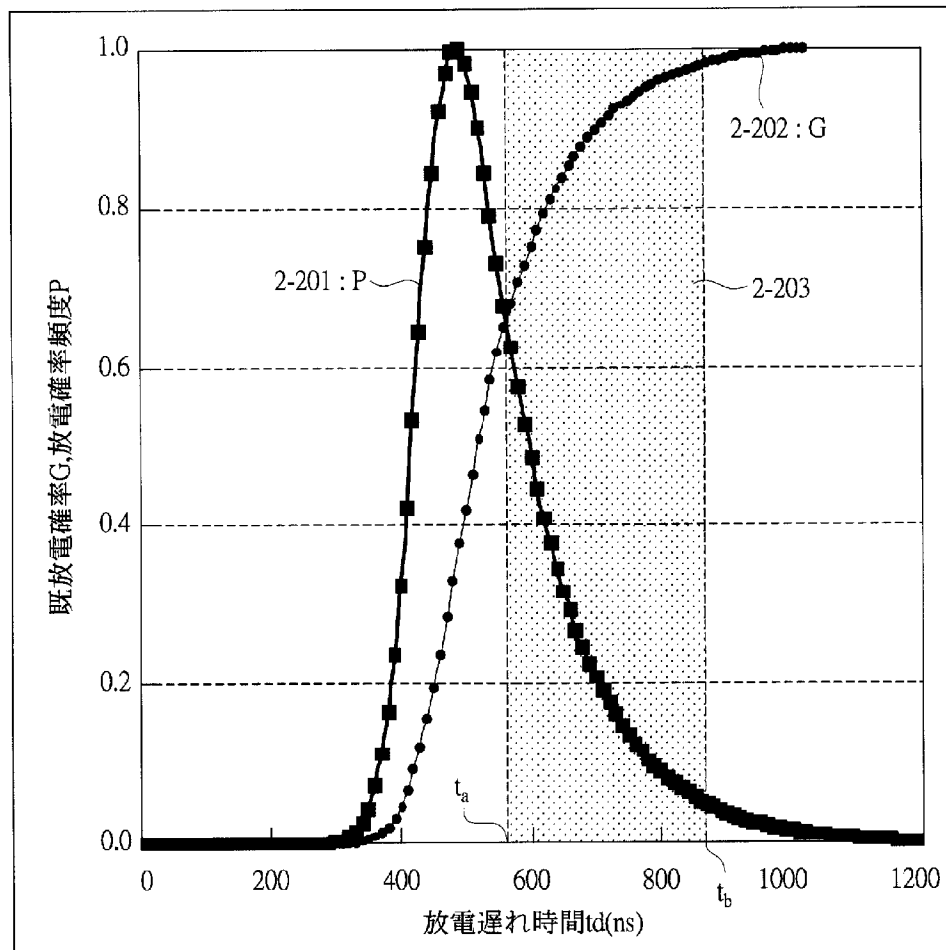
[図32]

図 32



[図33]

図 33



[図34]

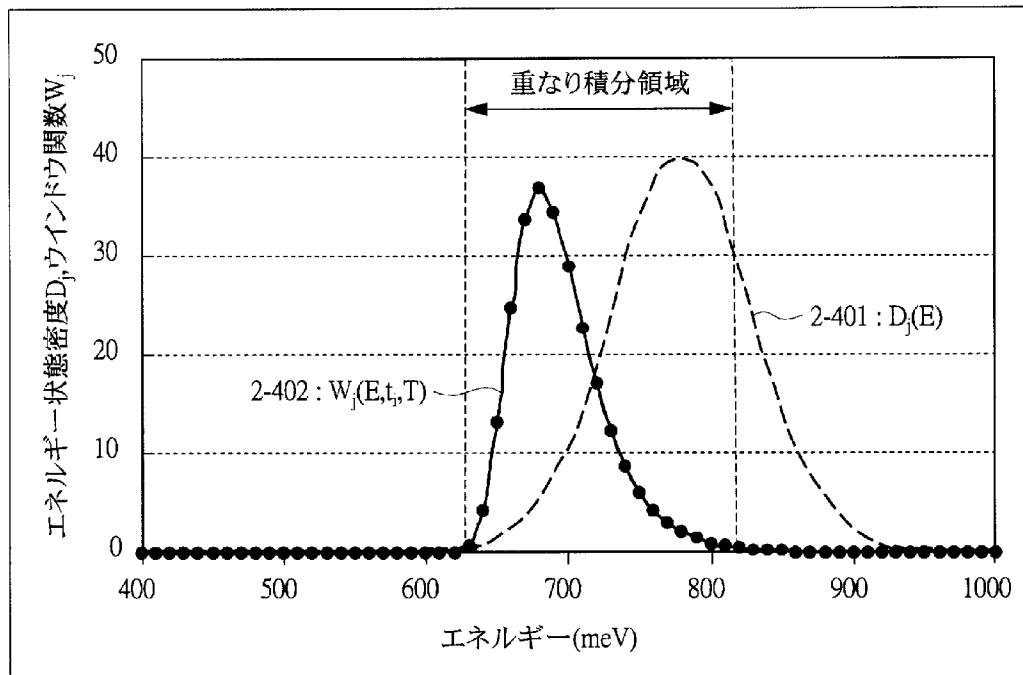
図 34

エネルギー単位はmeV, $f_{ph}=3.1 \times 10^{13}$ Hz

$T(K)/t_i(s)$	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	10^0
263.15	443	496	548	600	652	705
273.15	460	514	569	623	677	731
283.15	477	533	590	646	702	758
298.15	502	562	621	680	739	798
313.15	528	590	652	714	776	838
333.15	561	627	694	760	826	892

[図35]

図 35



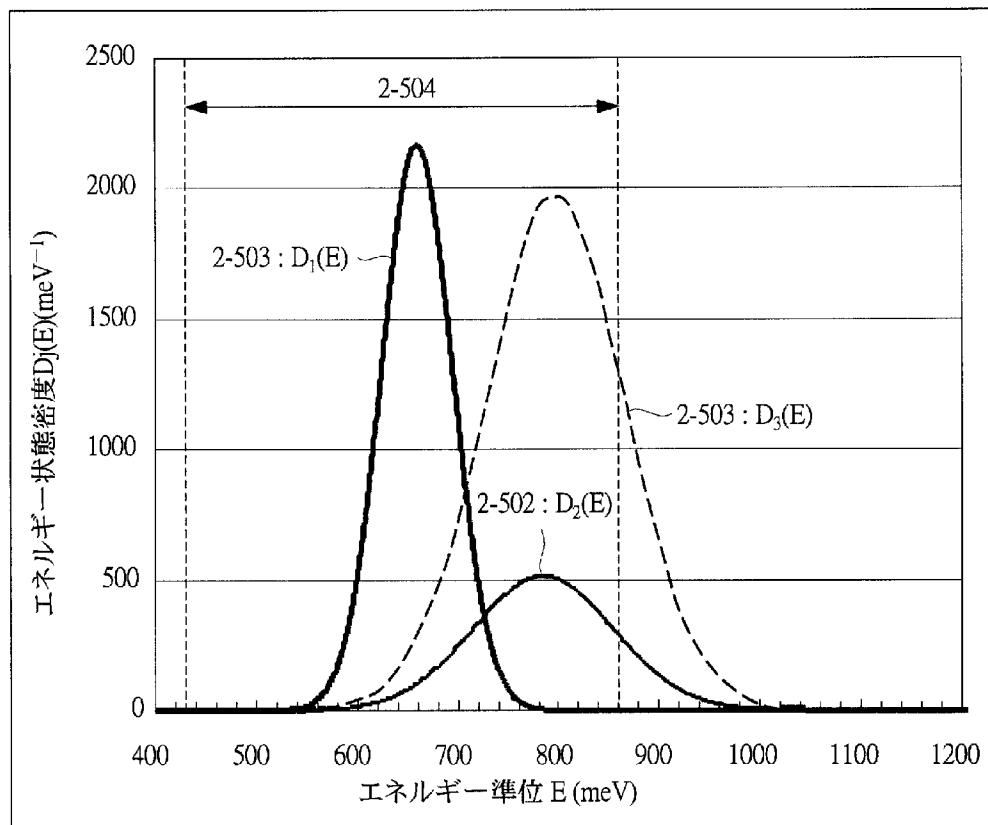
[図36]

図 36

① 活性化エネルギーの平均値 ΔE_a の探索範囲と探索幅 $Min\{k_B T \ln(t_i f_{ph})\} - 3k_B T$ 以下から $Max\{k_B T \ln(t_i f_{ph})\} + 3k_B T$ 以上 $k_B T \ln(t_i f_{ph})$ の平均値以下
② 活性化エネルギーの分散幅 σ_E の探索範囲 $k_B T \ln(t_i f_{ph})$ の平均値以下
③ 実効数 N_{ee} の探索範囲 計測条件 t_i における時間オーダー幅

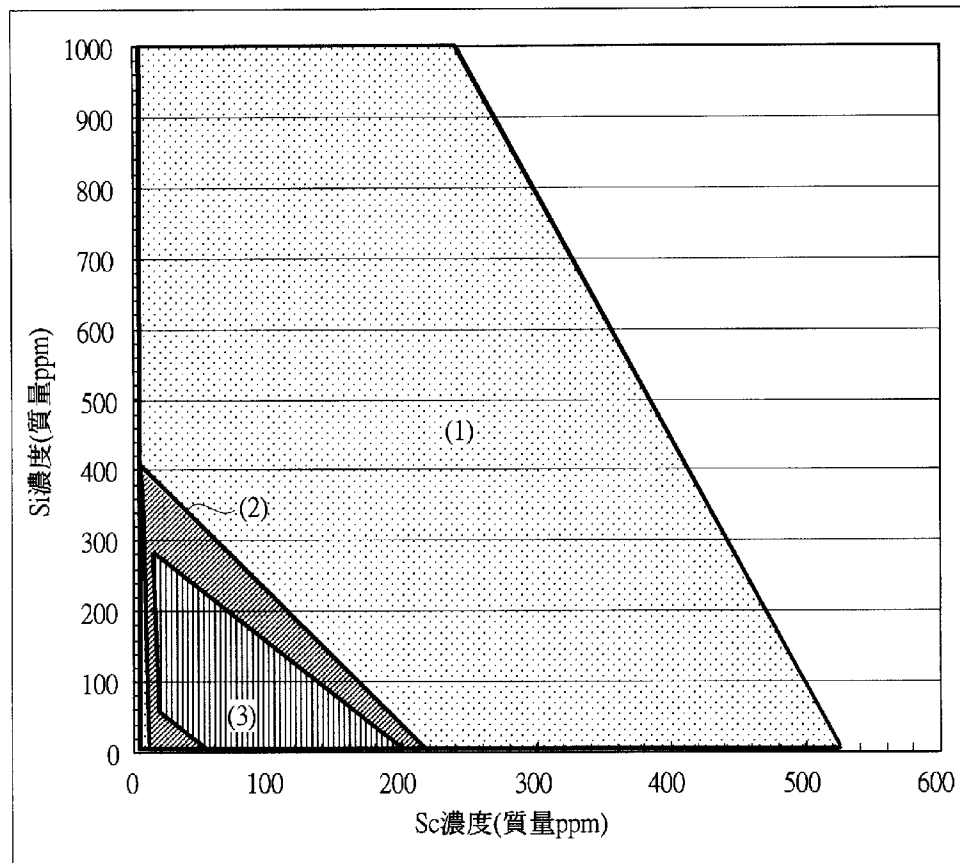
[図37]

図 37



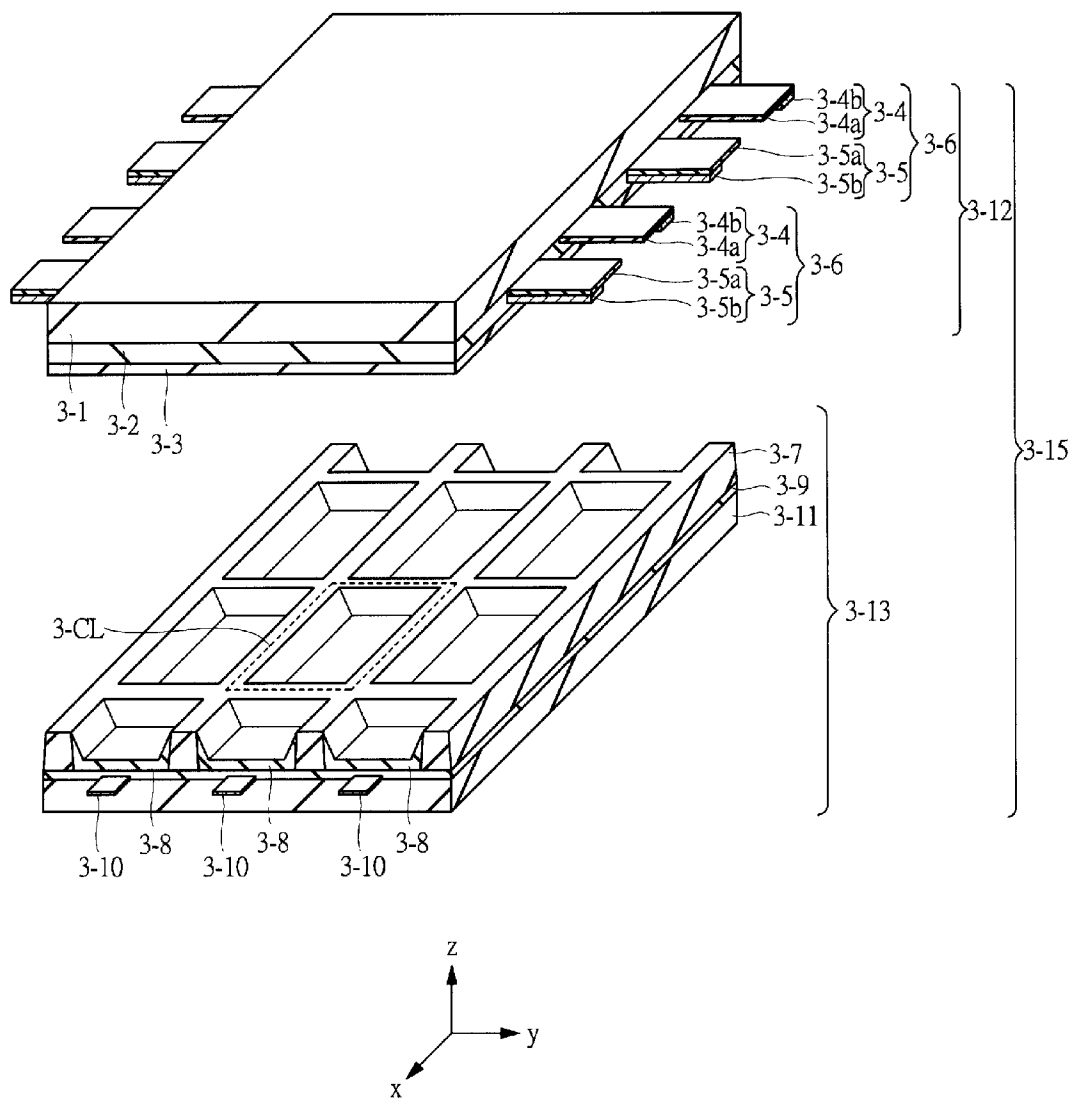
[図38]

図 38

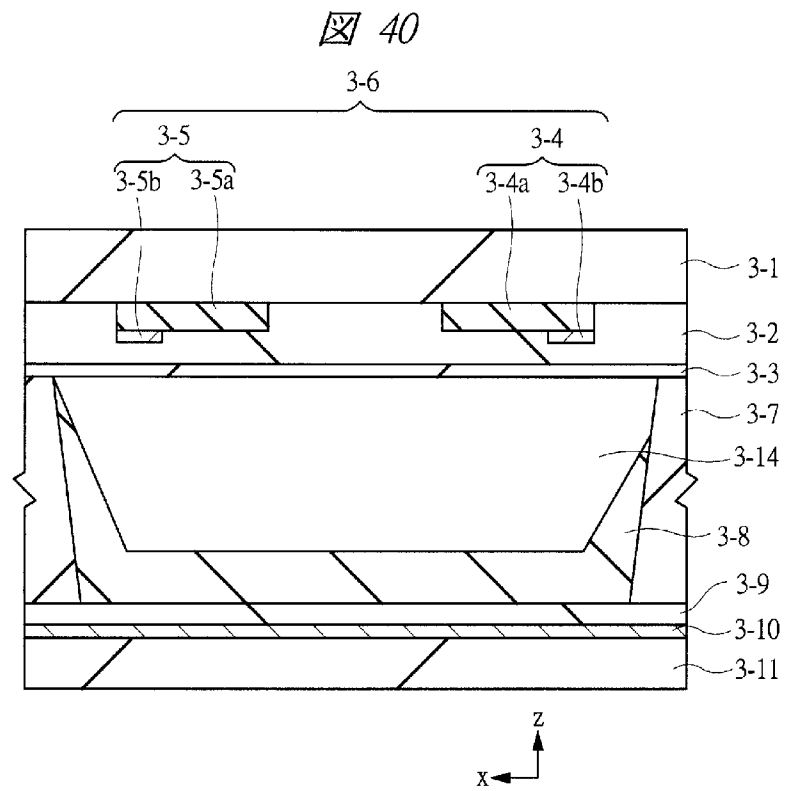


[図39]

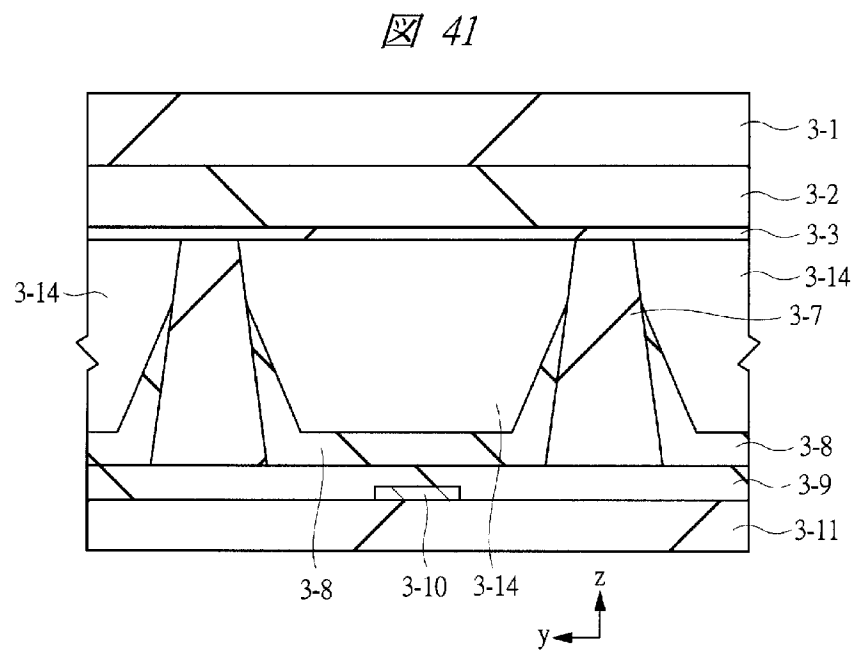
図 39



[図40]

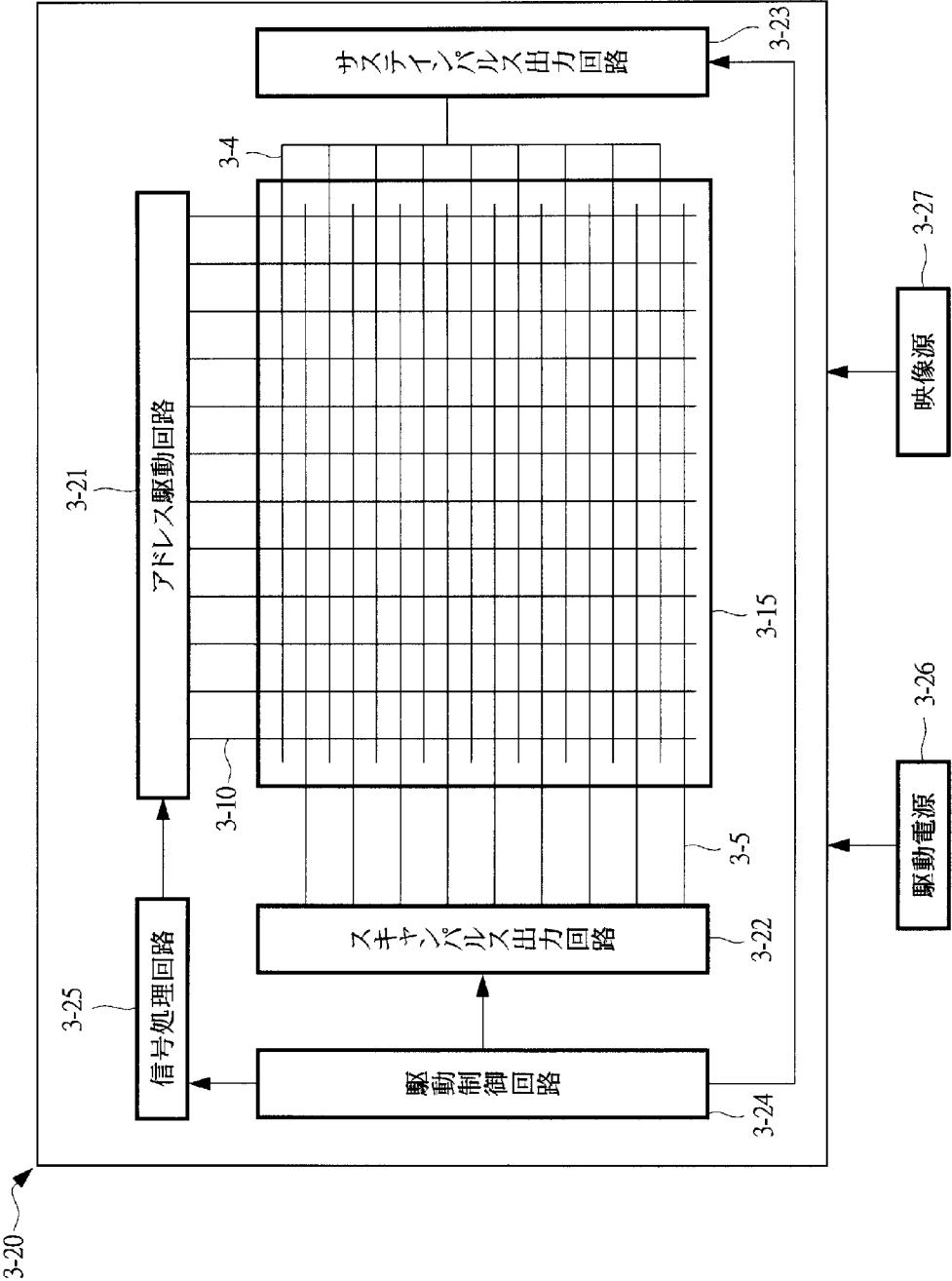


[図41]

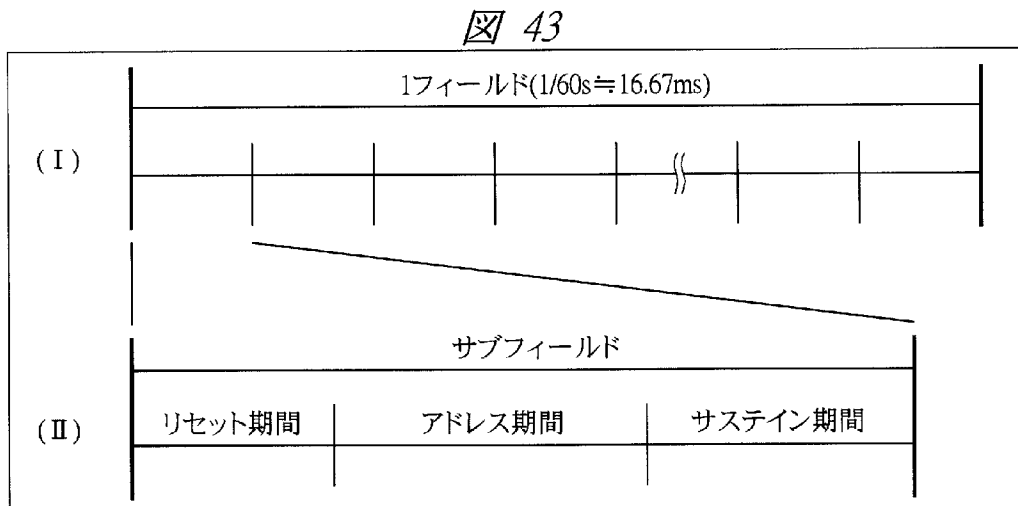


[図42]

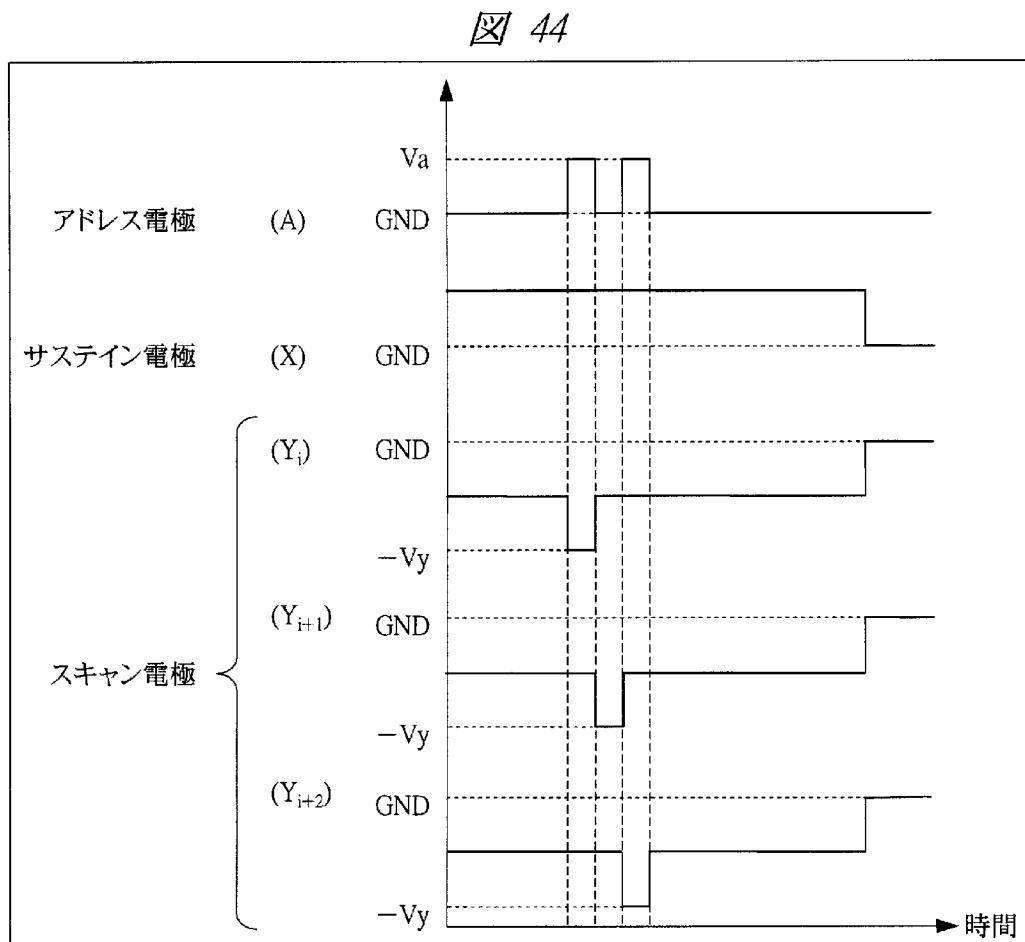
図 42



[図43]

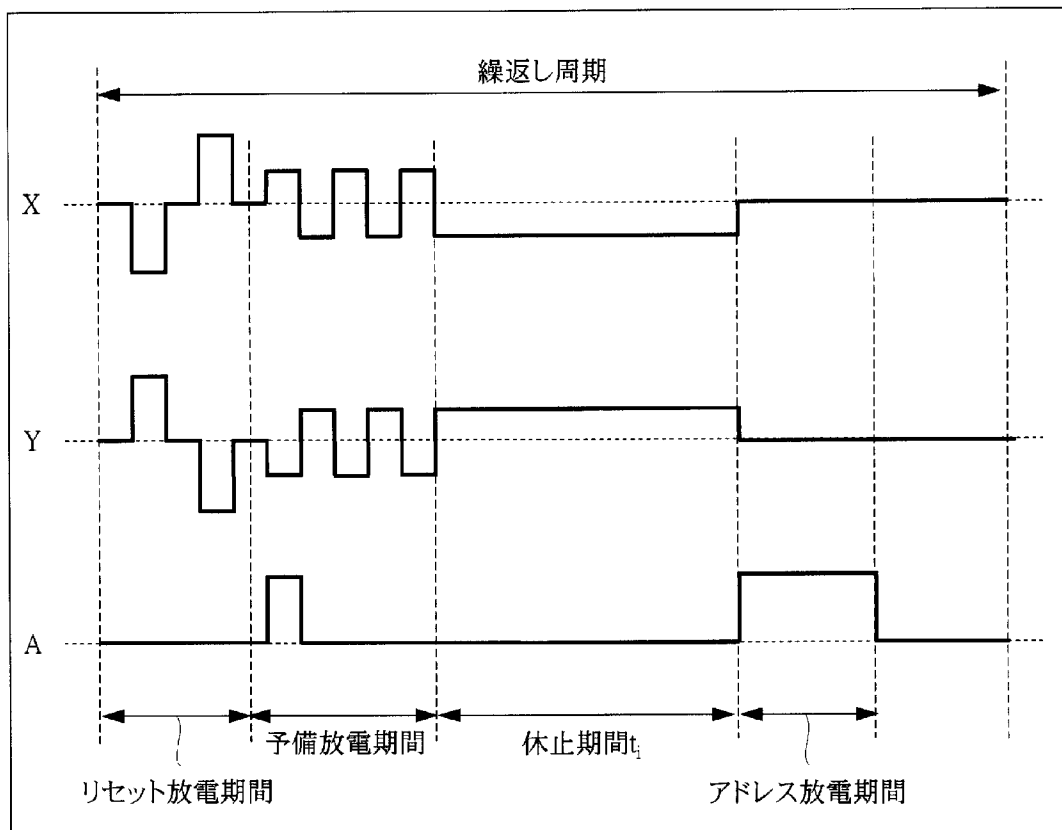


[図44]



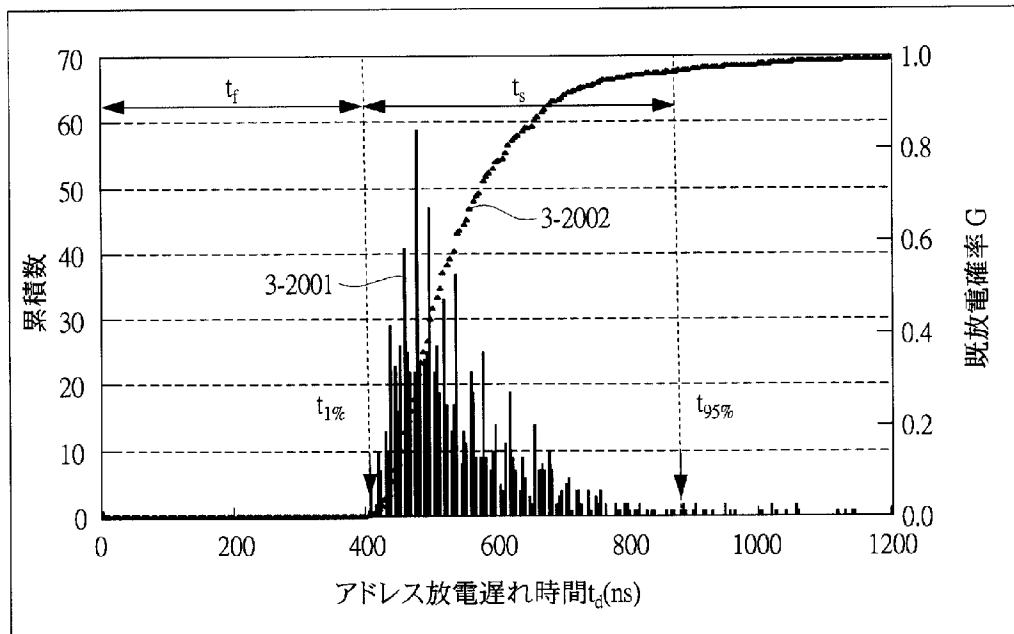
[図45]

図 45



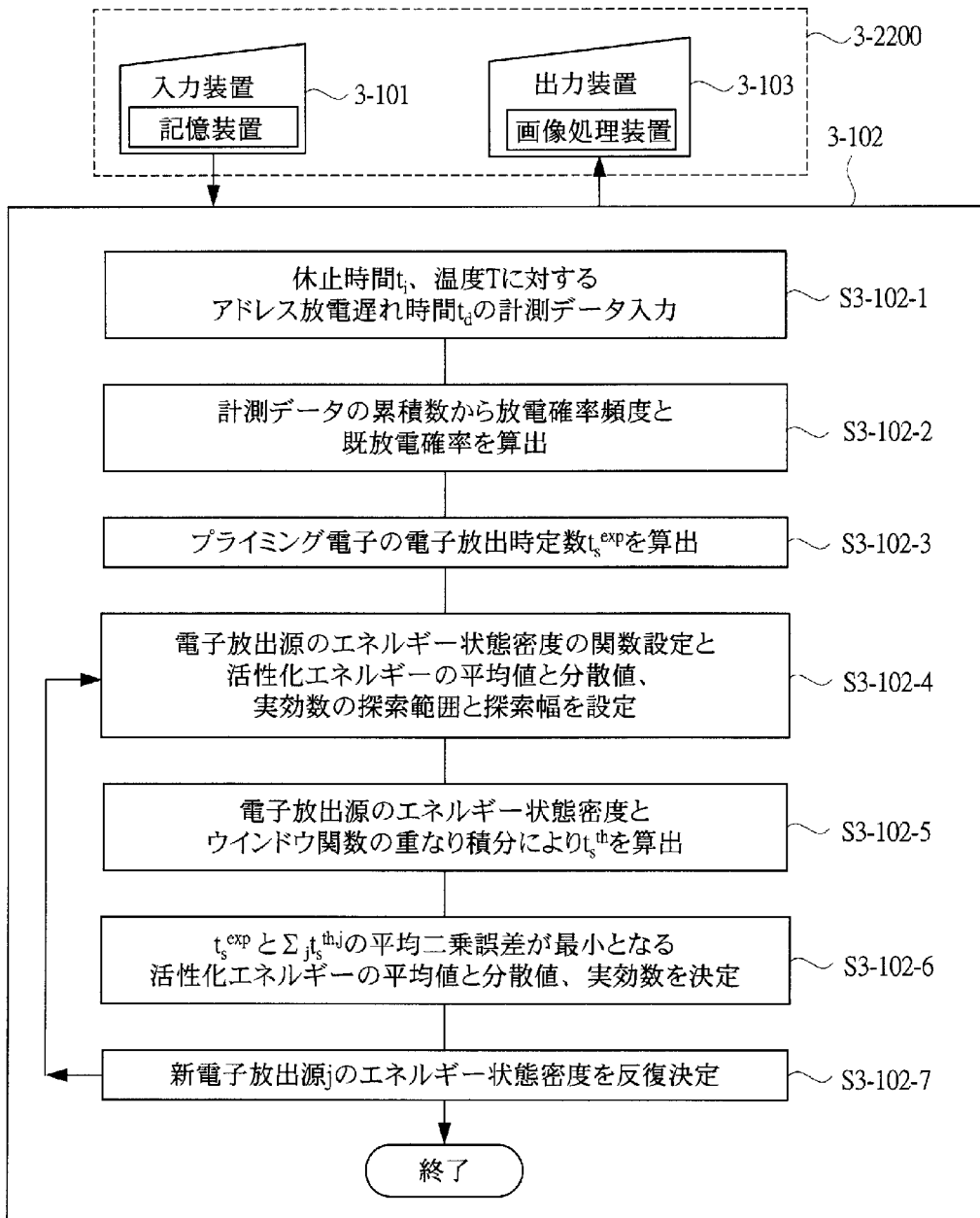
[図46]

図 46



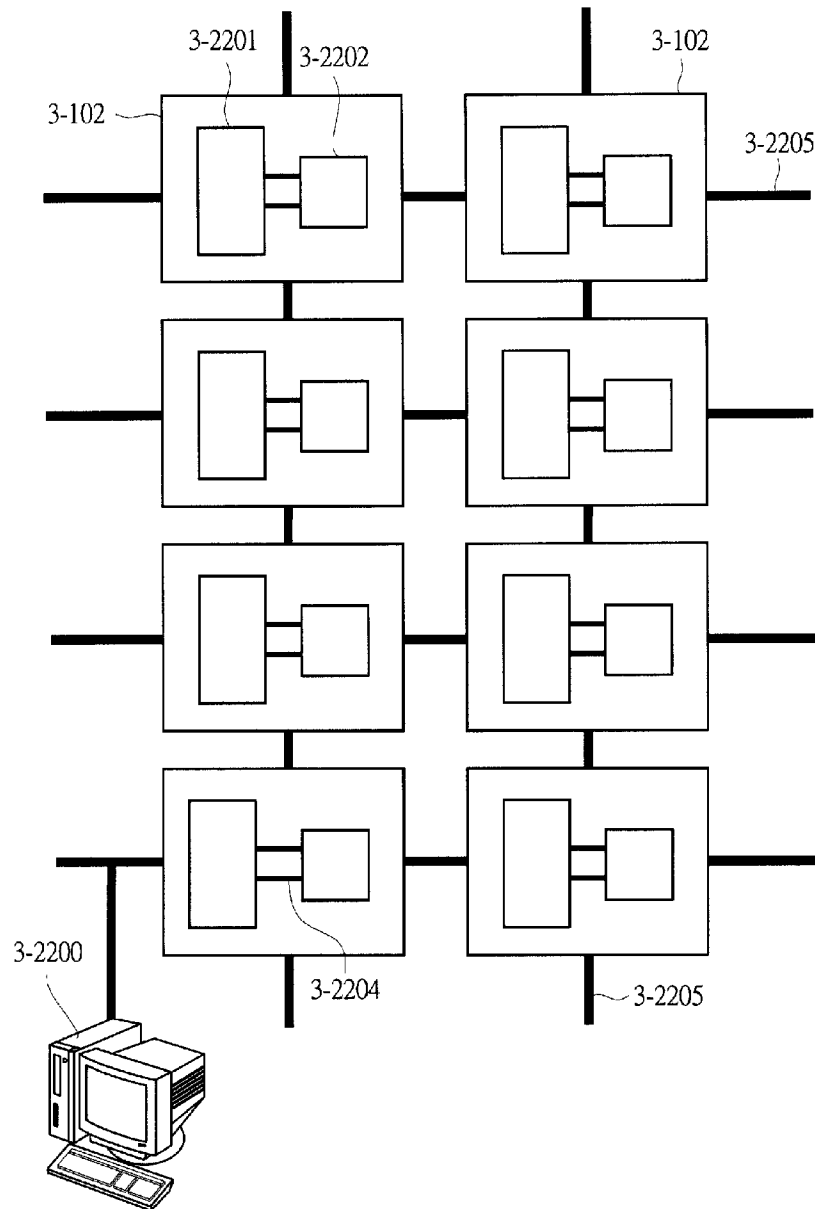
[図47]

図 47



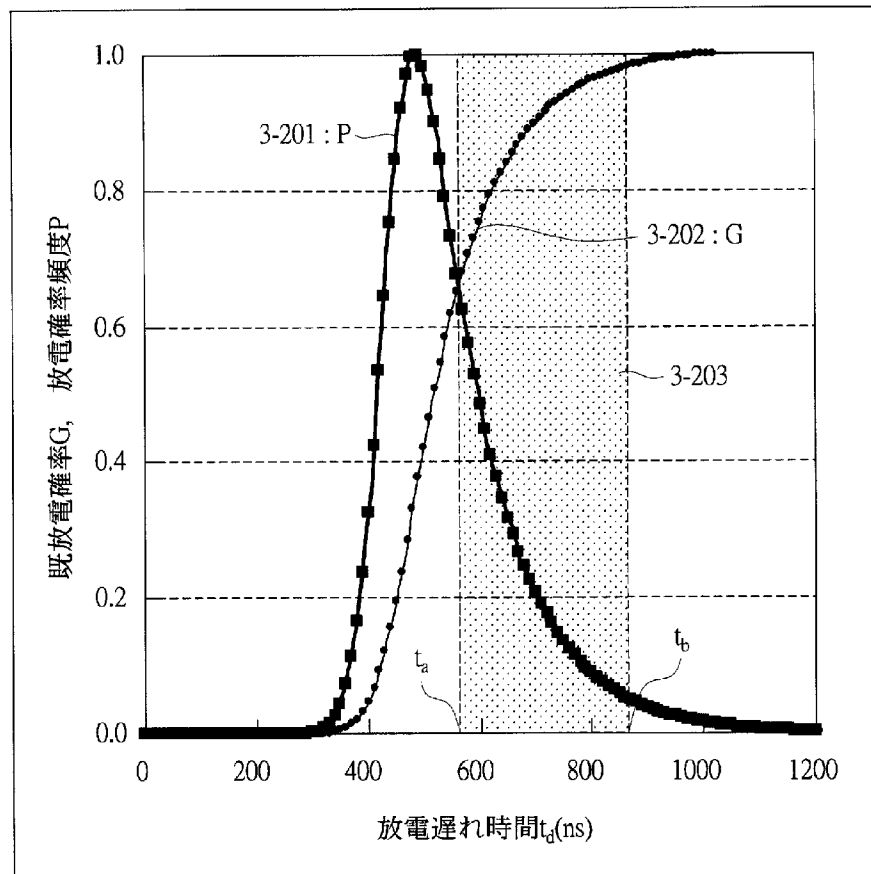
[図48]

図 48



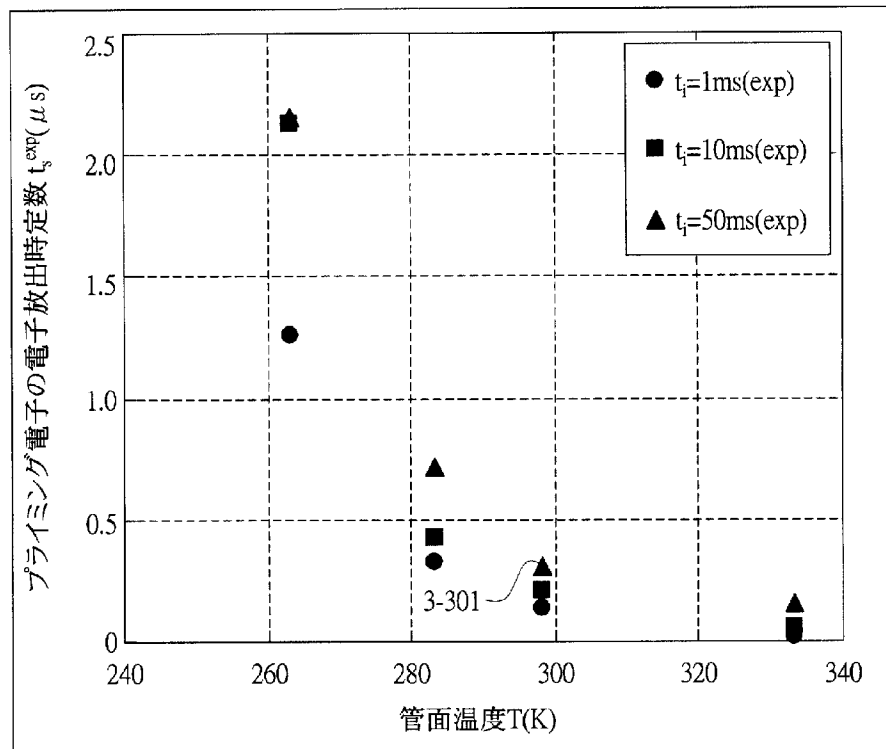
[図49]

図 49



[図50]

図 50



[図51]

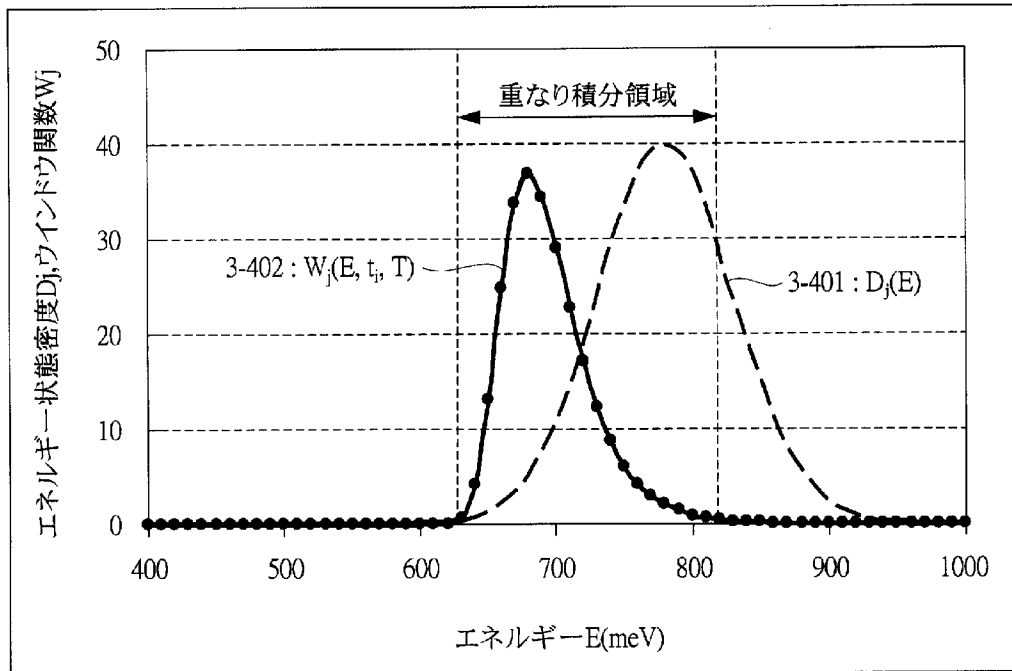
図 51

エネルギー単位はmeV、 $f_{ph}=3.1 \times 10^{13} \text{Hz}$

$T(K)/t_i(s)$	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	10^0
263.15	443	496	548	600	652	705
273.15	460	514	569	623	677	731
283.15	477	533	590	646	702	758
298.15	502	562	621	680	739	798
313.15	528	590	652	714	776	838
333.15	561	627	694	760	826	892

[図52]

図 52



[図53]

図 53

①活性化エネルギーの平均値 ΔE_a の探索範囲と探索幅

$\text{Min}\{k_B T \ln(t_i f_{ph})\} - 3k_B T$ 以下から $\text{Max}\{k_B T \ln(t_i f_{ph})\} + 3k_B T$ 以上
 $k_B T \ln(t_i f_{ph})$ の平均値以下

②活性化エネルギーの分散値 σ_E の探索範囲

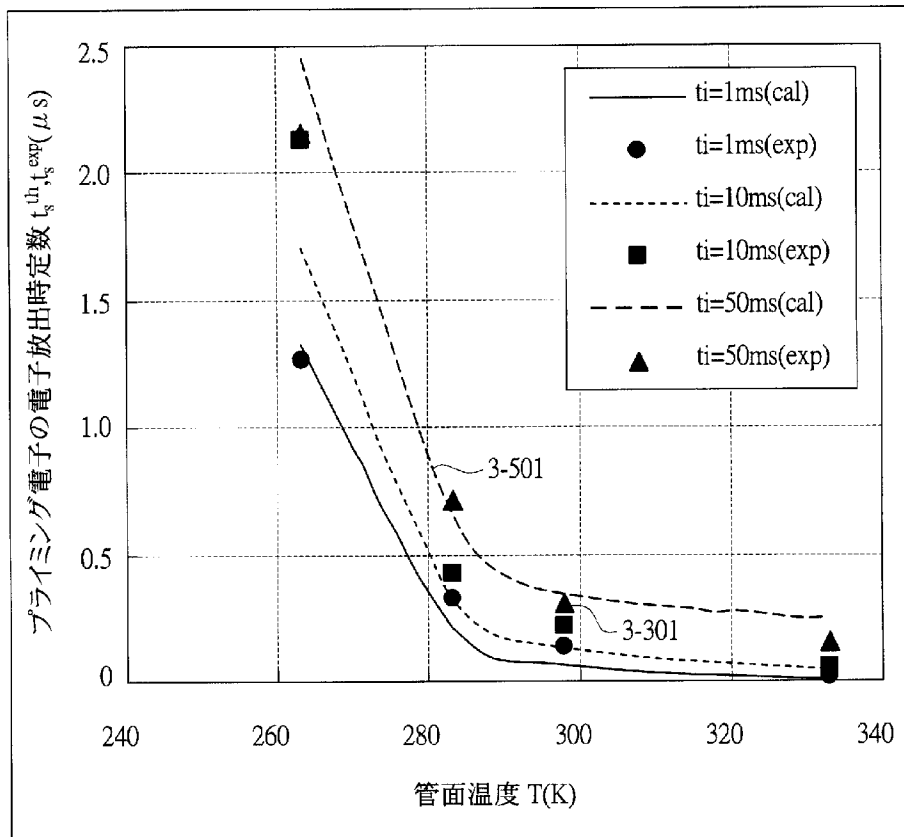
$k_B T \ln(t_i f_{ph})$ の平均値以下

③実効数 N_{ee} の探索範囲

計測条件 t_i における時間オーダー幅

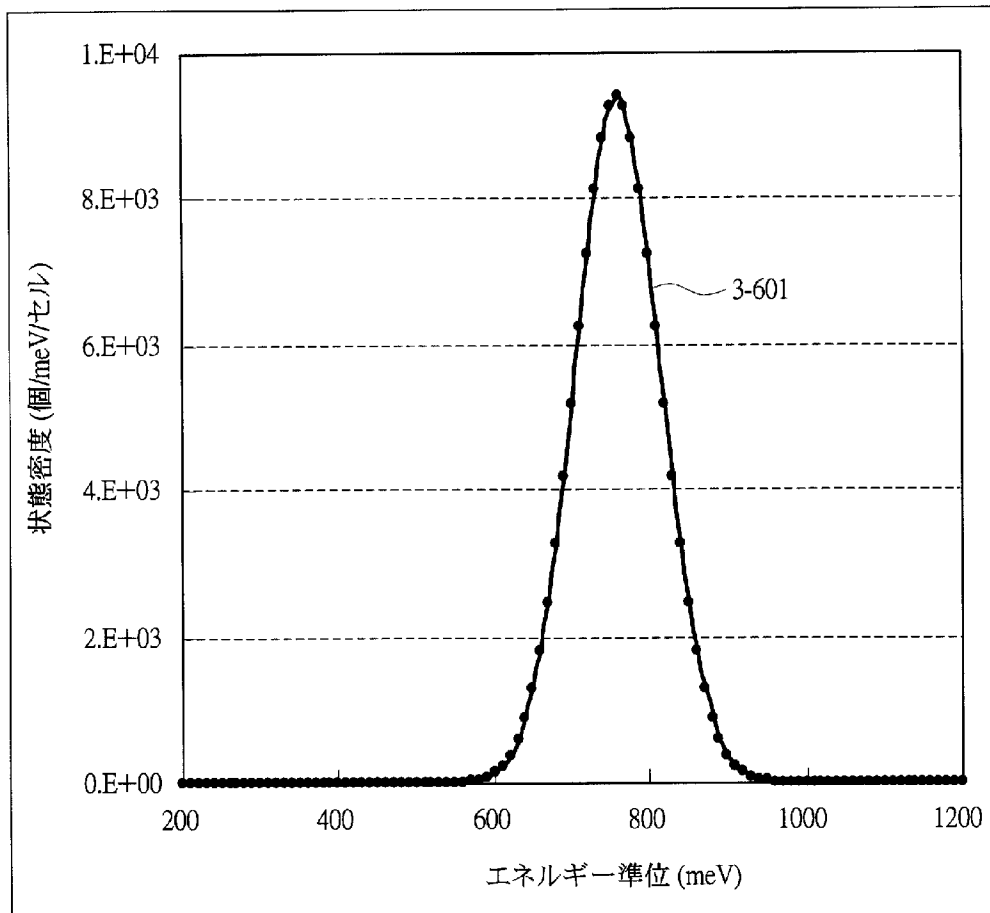
[図54]

図 54



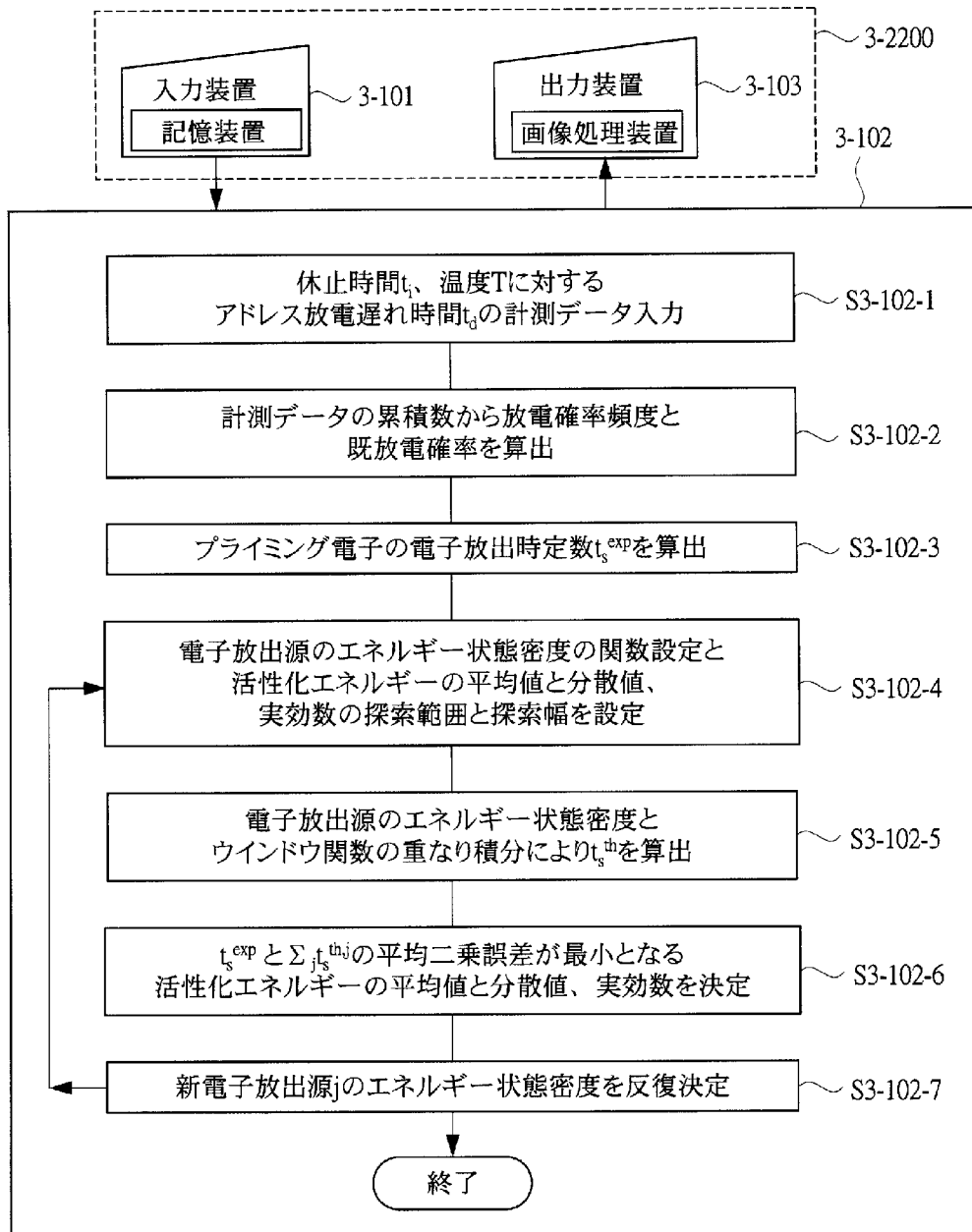
[図55]

図 55



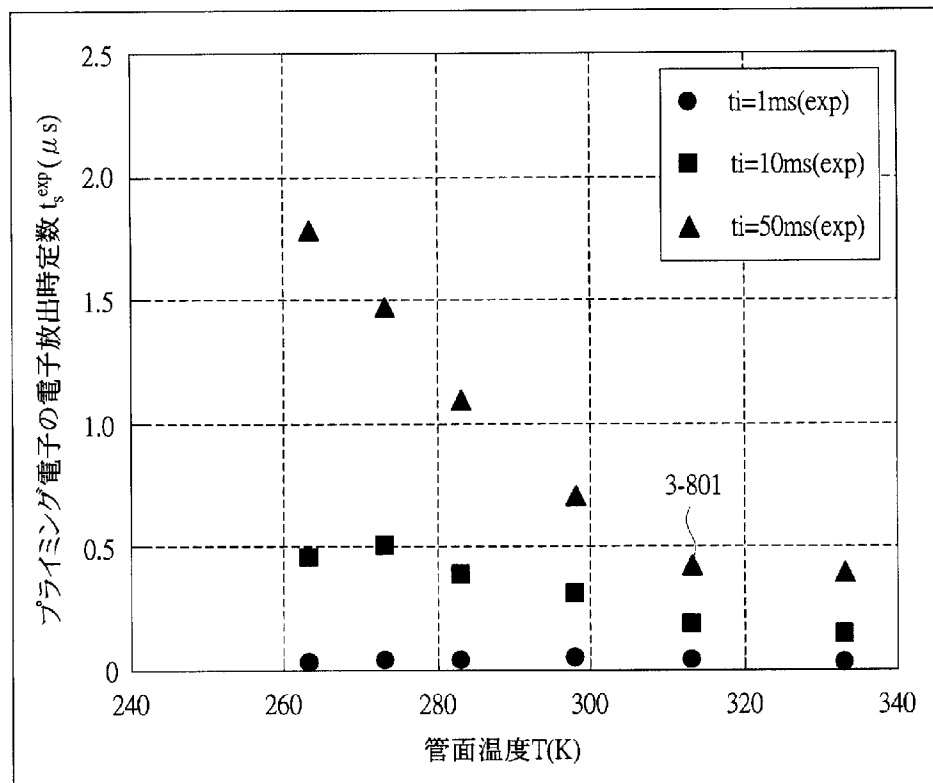
[図56]

図 56



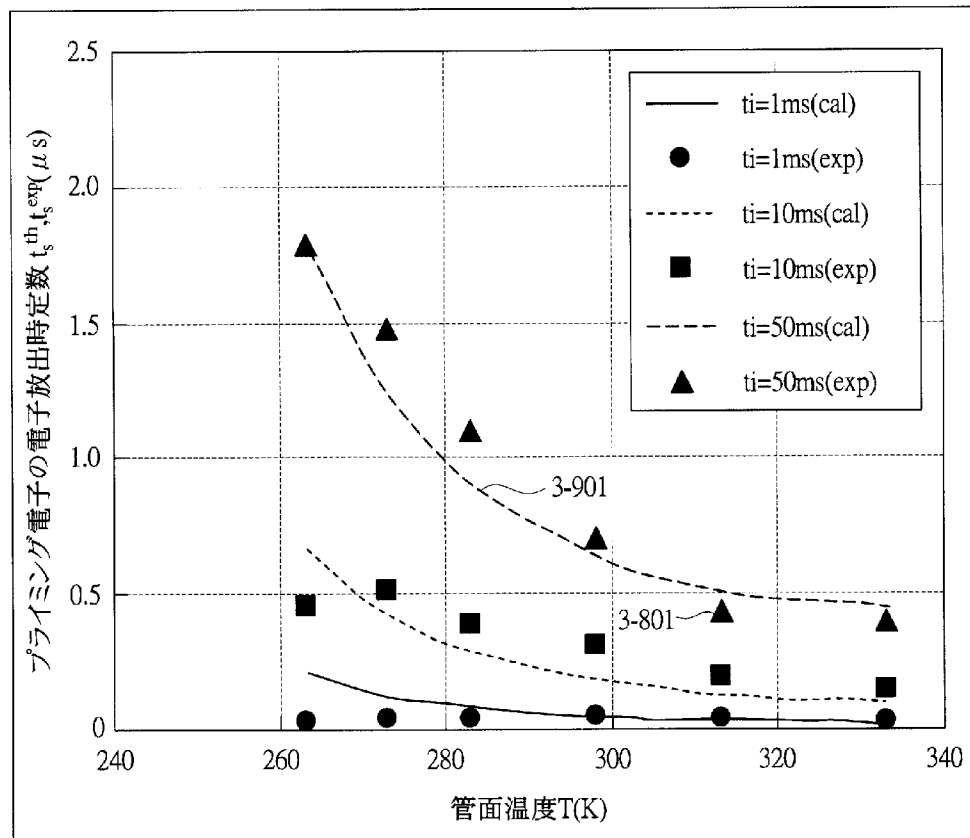
[図57]

図 57



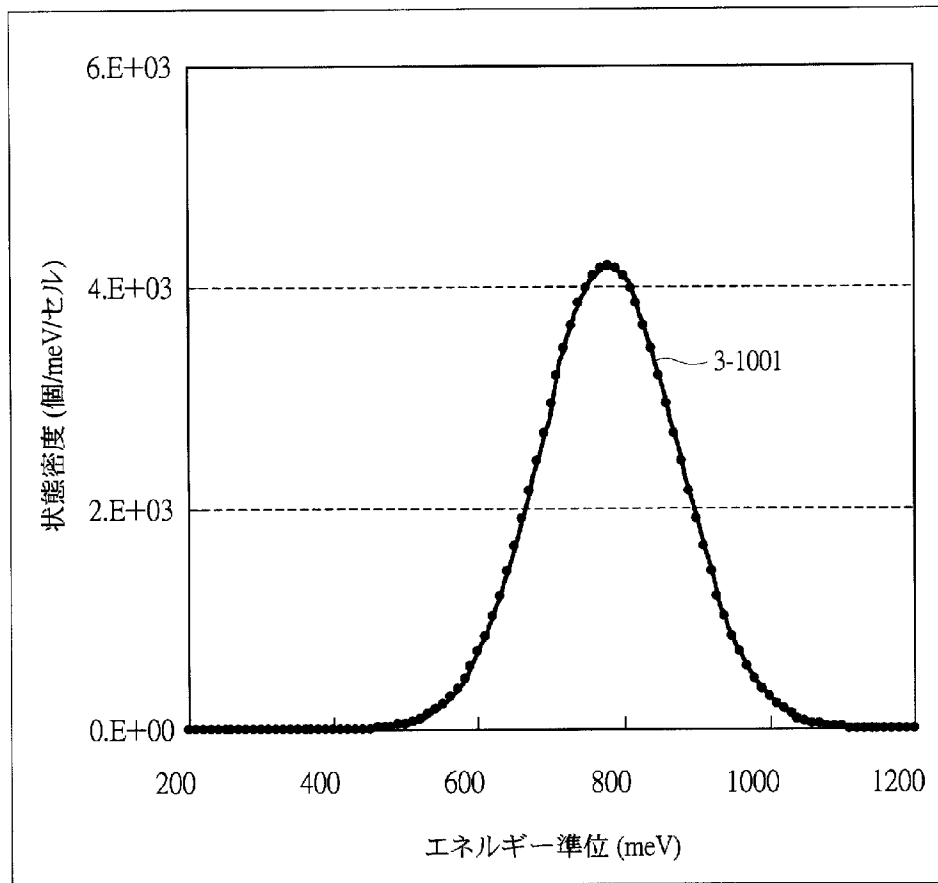
[図58]

図 58



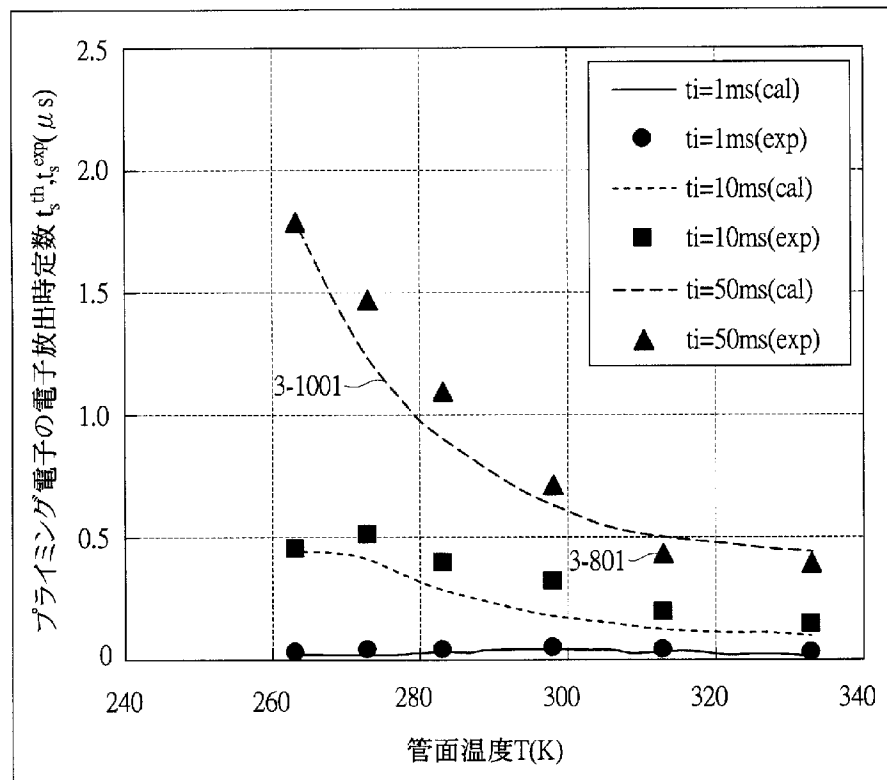
[図59]

図 59



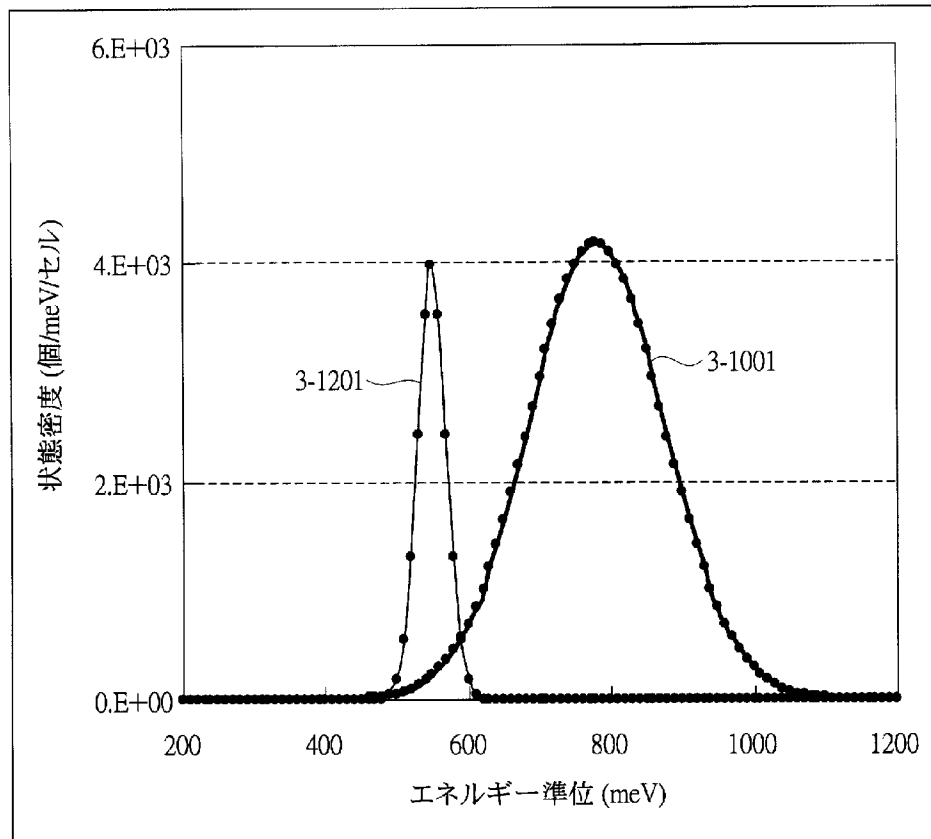
[図60]

図 60



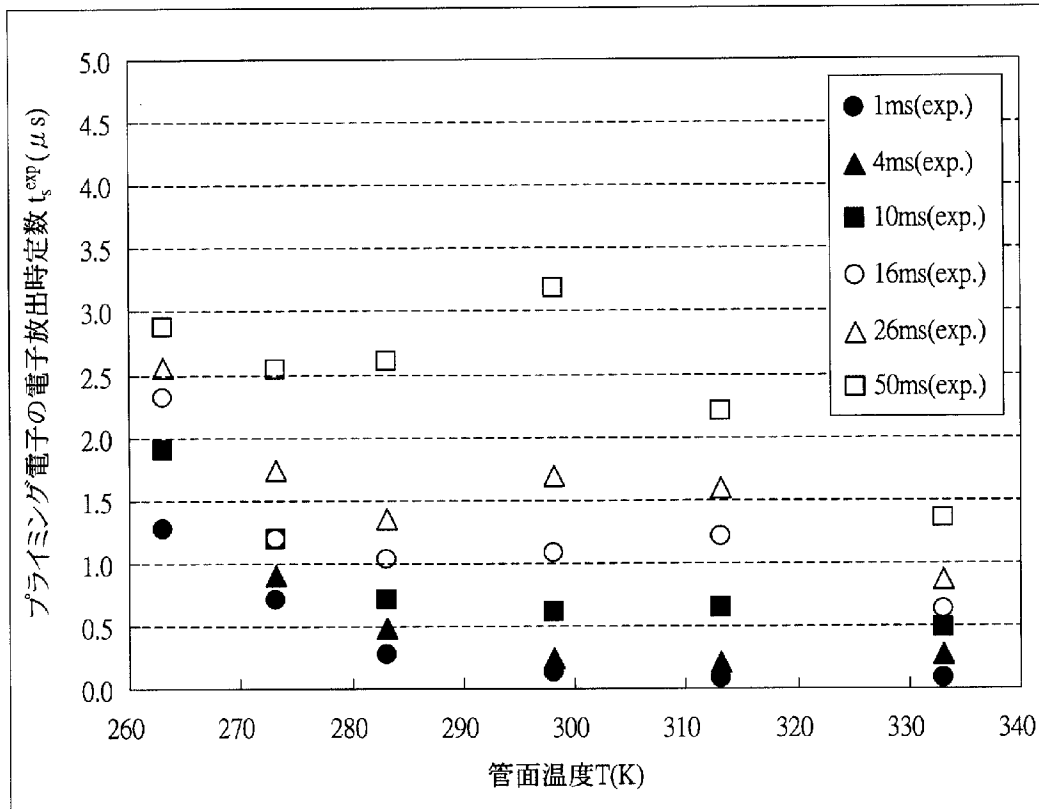
[図61]

図 61



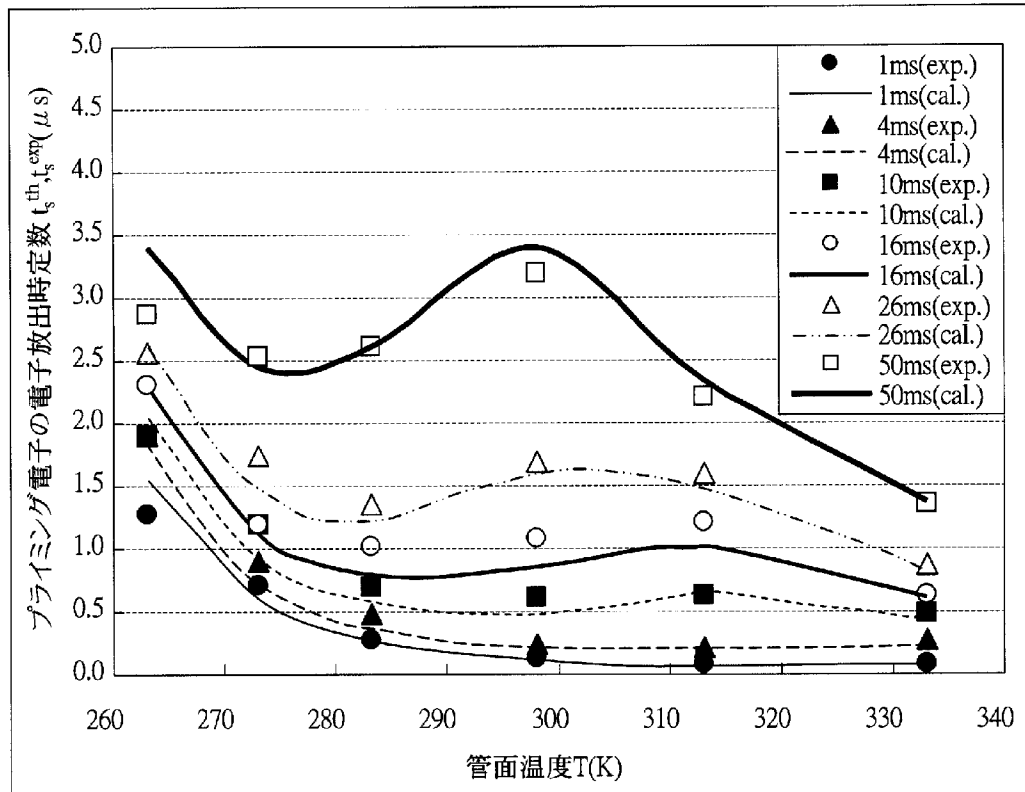
[図62]

図 62



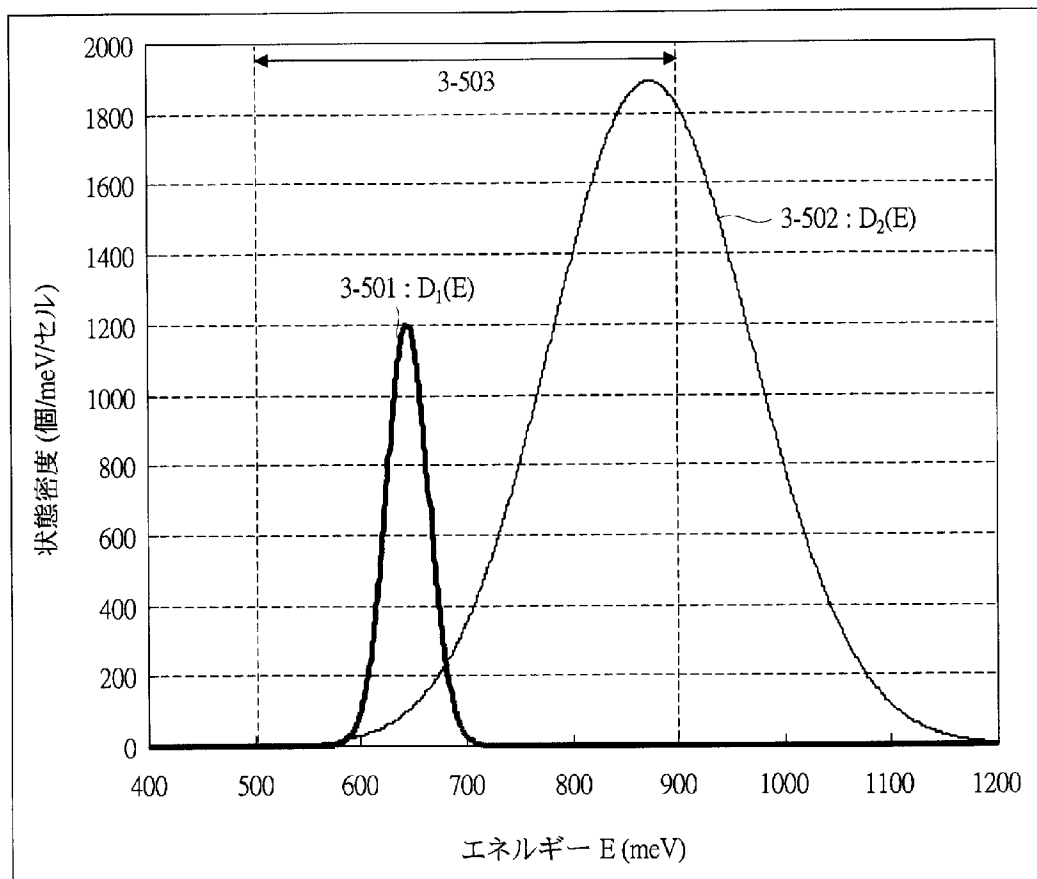
[図63]

図 63



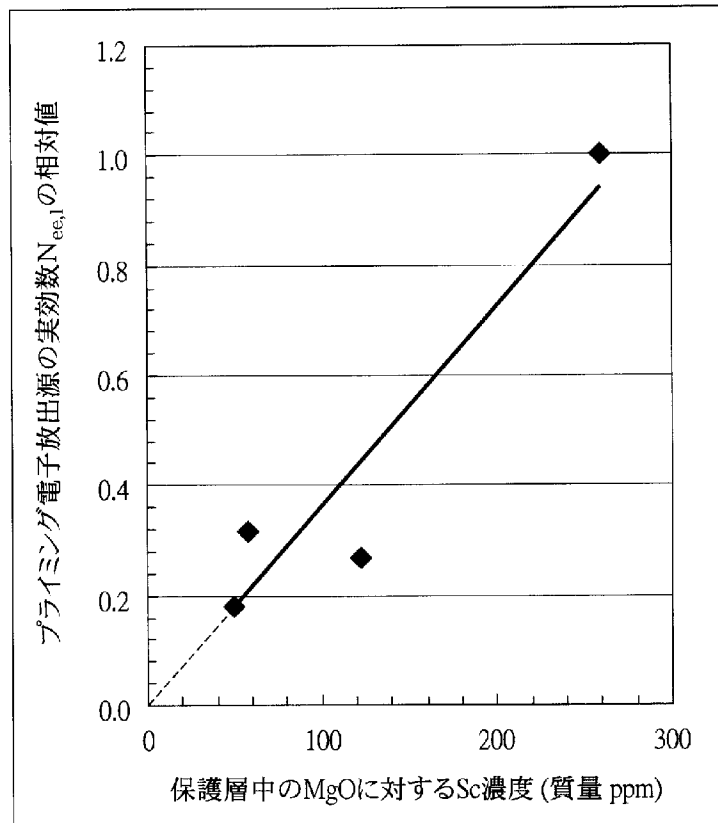
[図64]

図 64



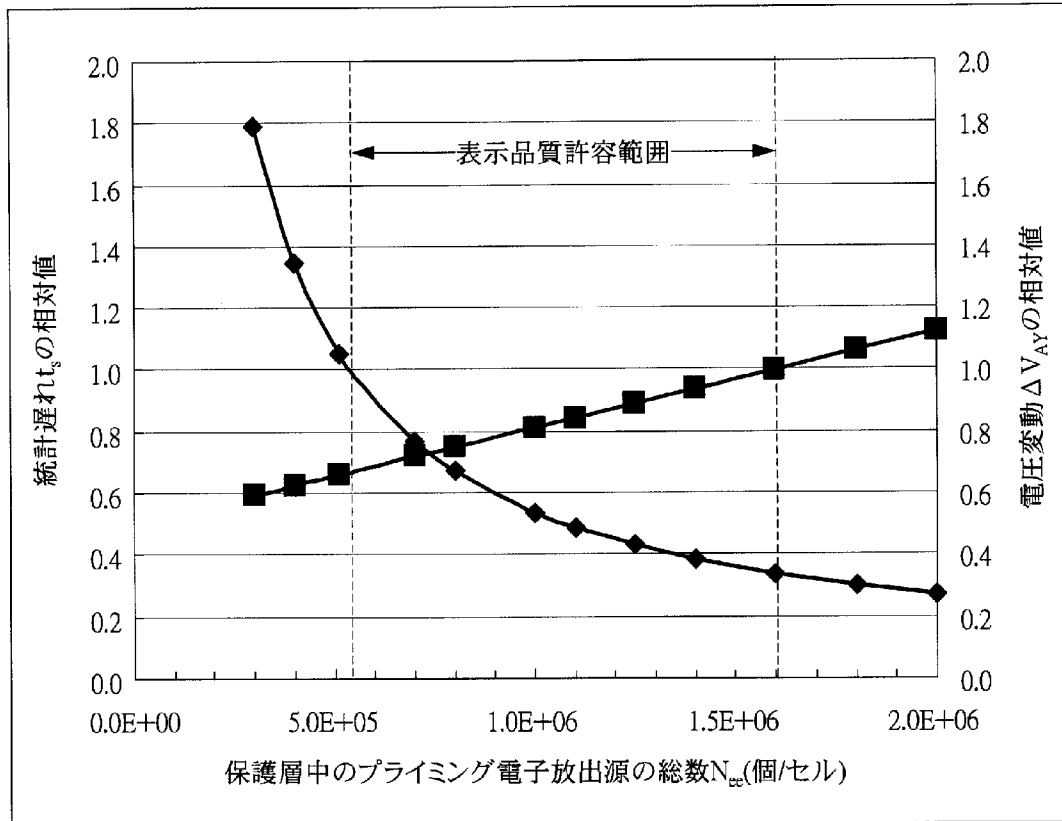
[図65]

図 65



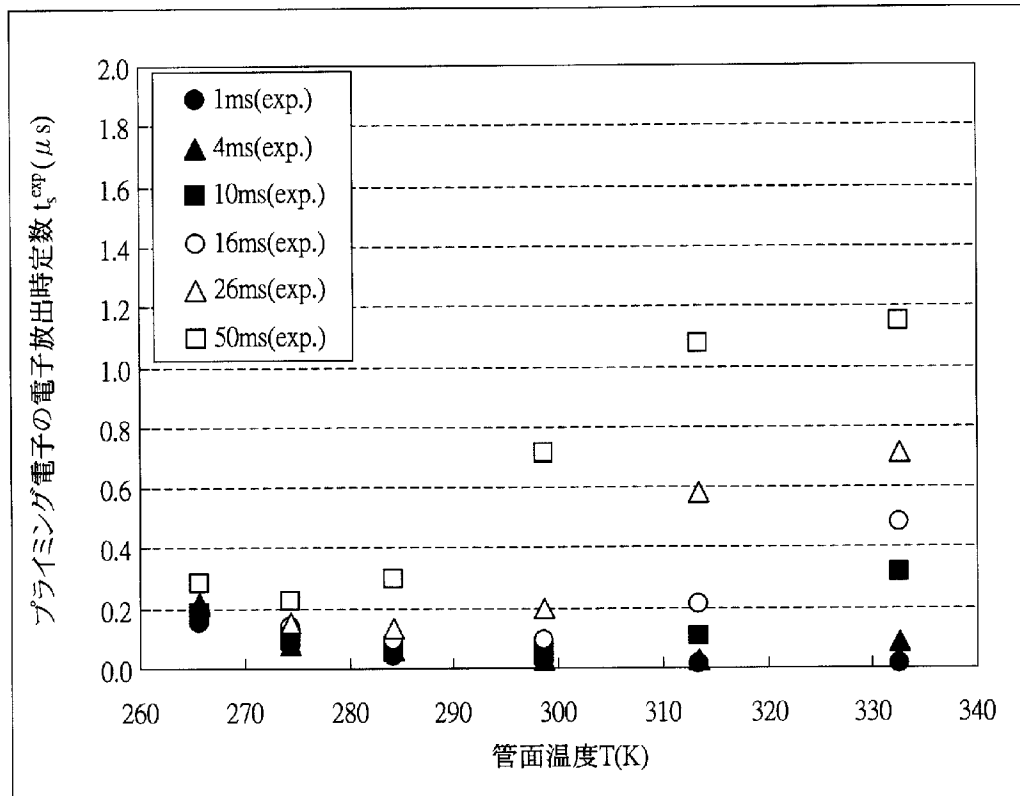
[図66]

図 66



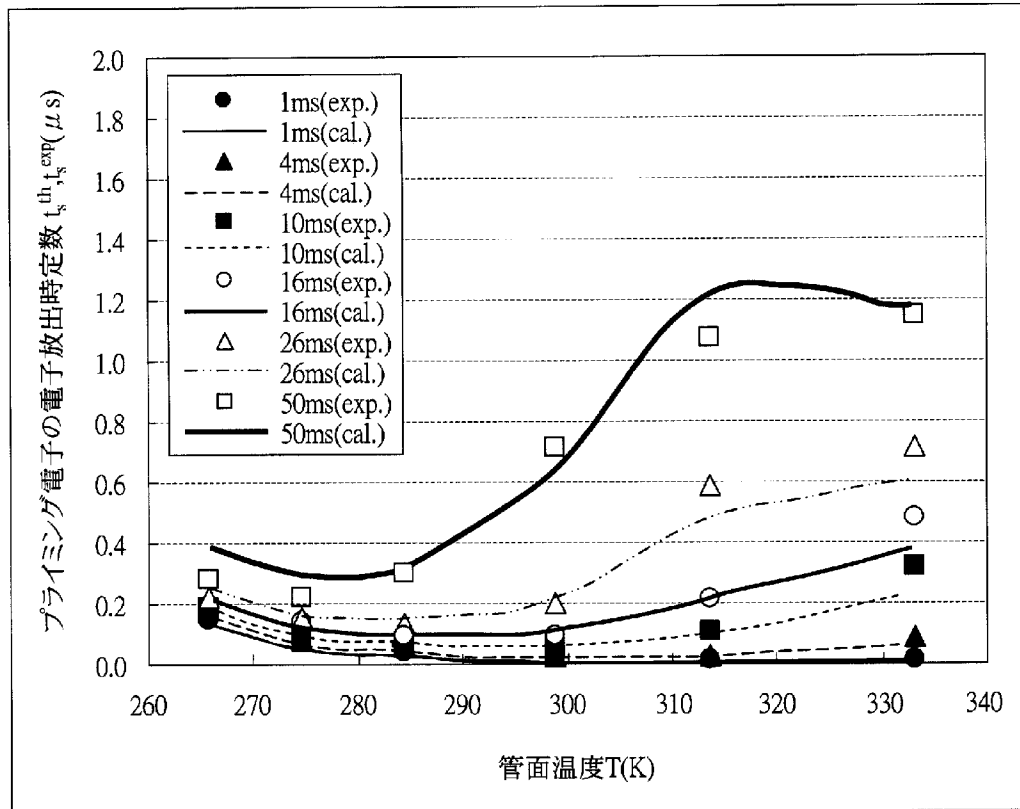
[図67]

図 67



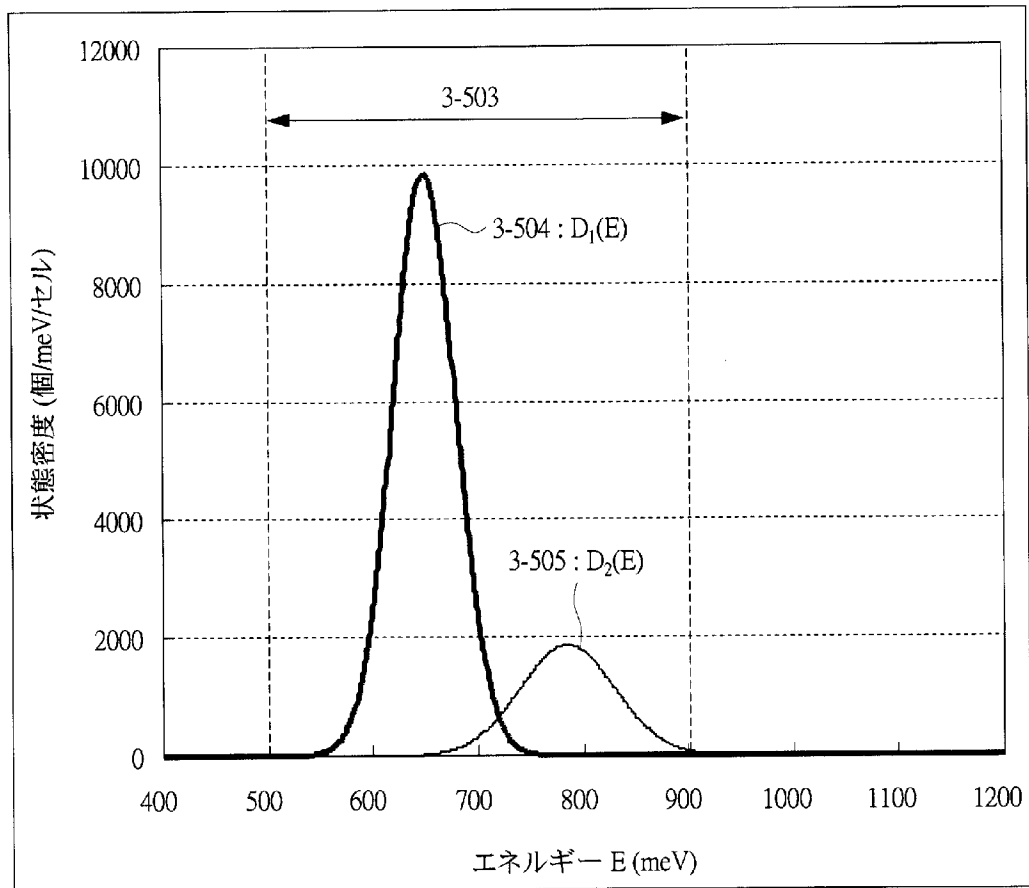
[図68]

図 68



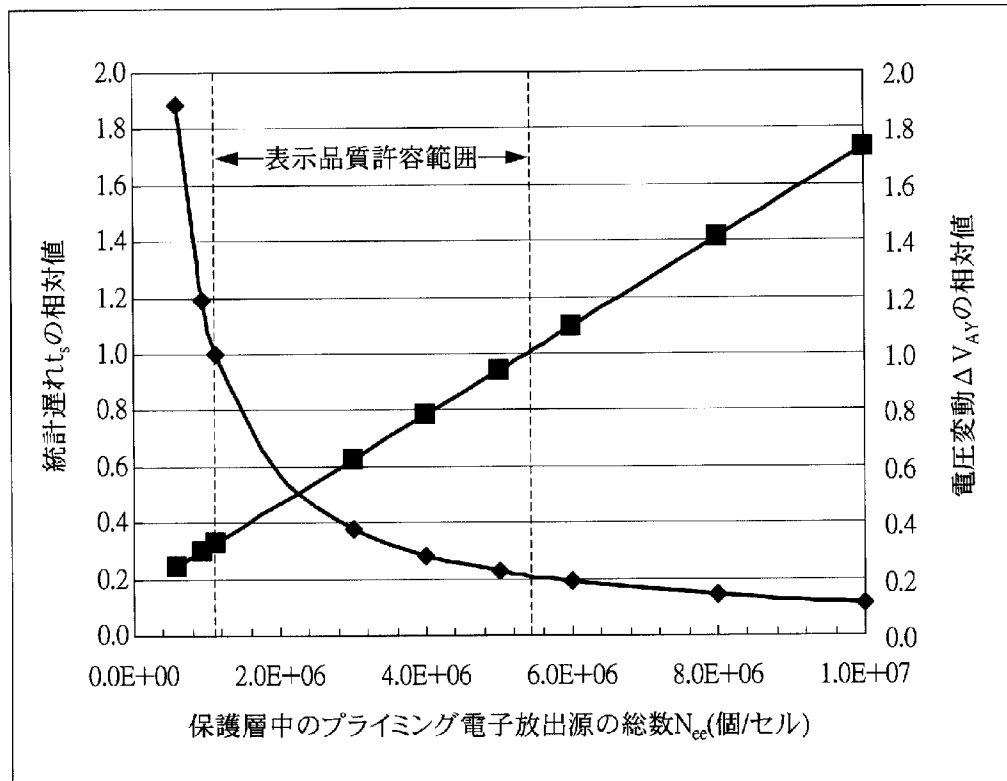
[図69]

図 69



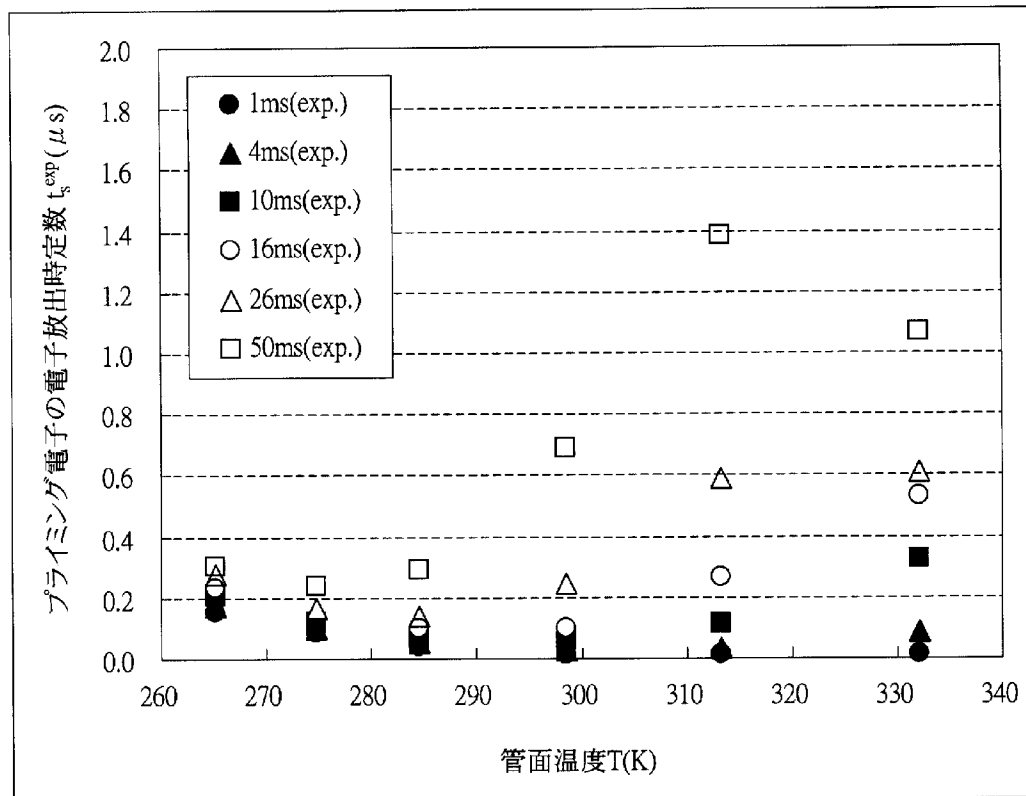
[図70]

図 70



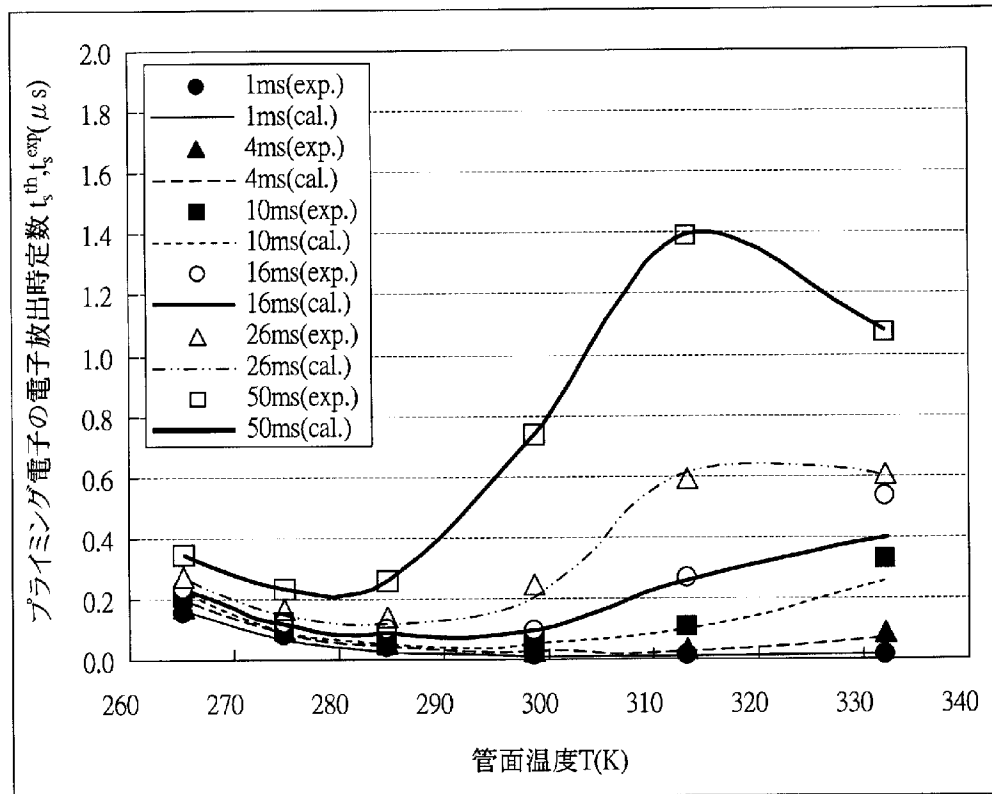
[図71]

図 71



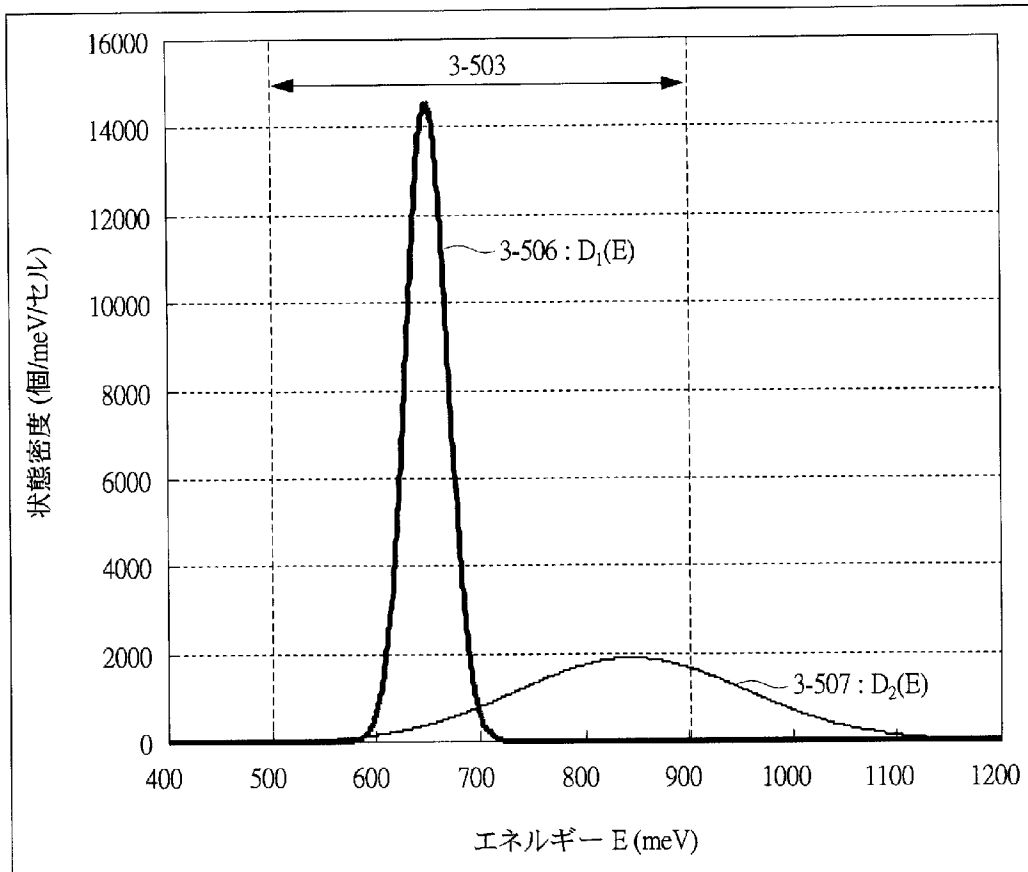
[図72]

図 72



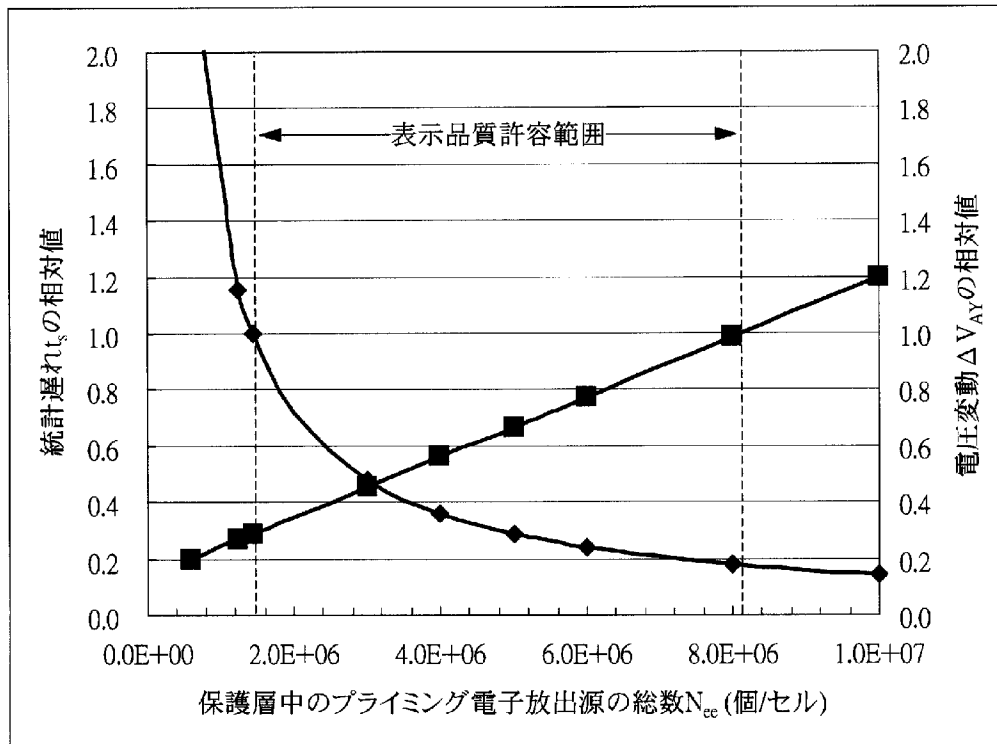
[図73]

図 73



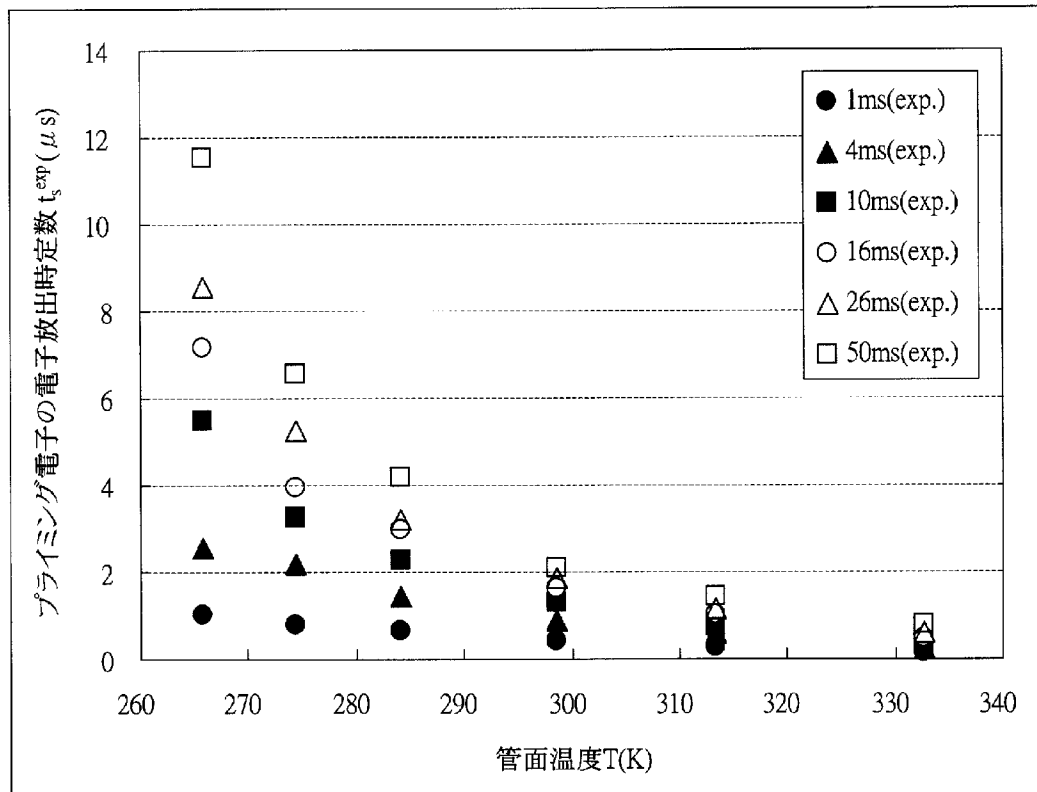
[図74]

図 74



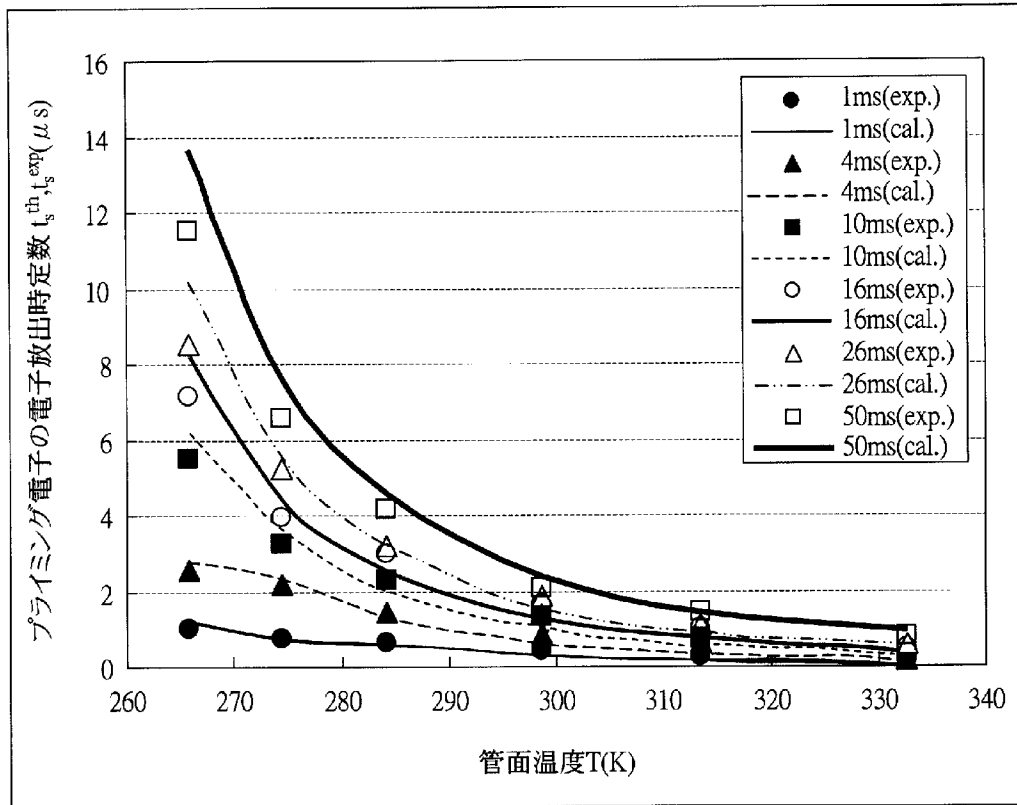
[図75]

図 75



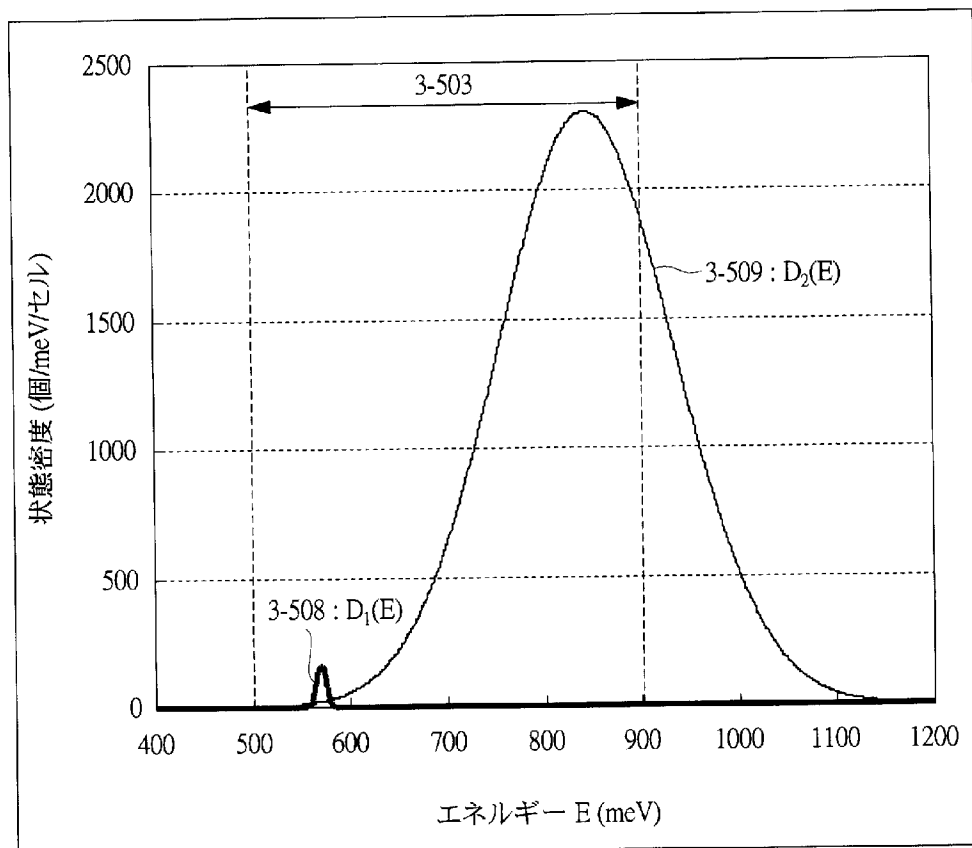
[図76]

図 76

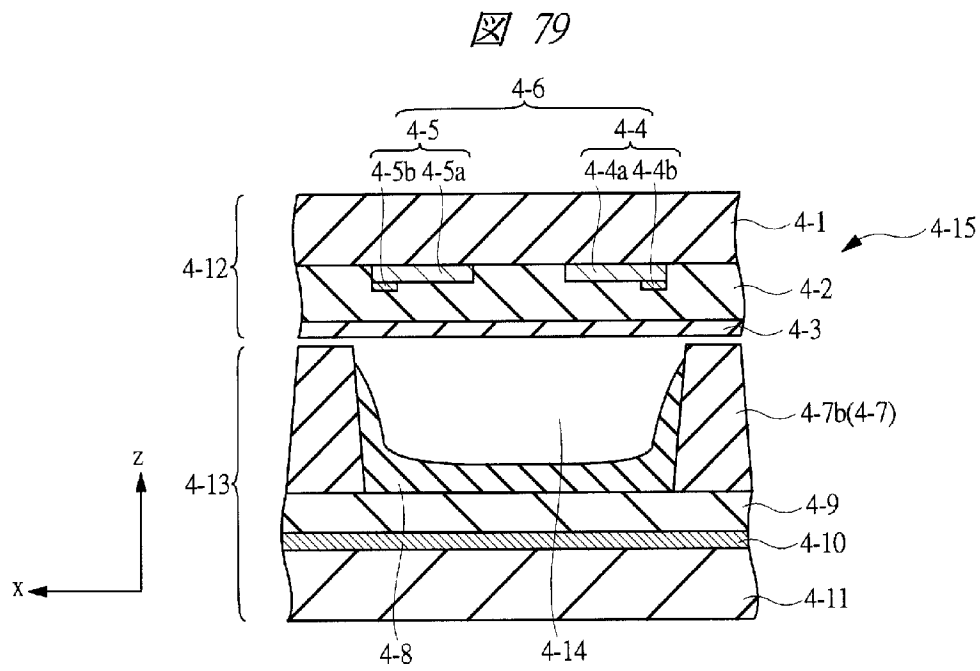


[図77]

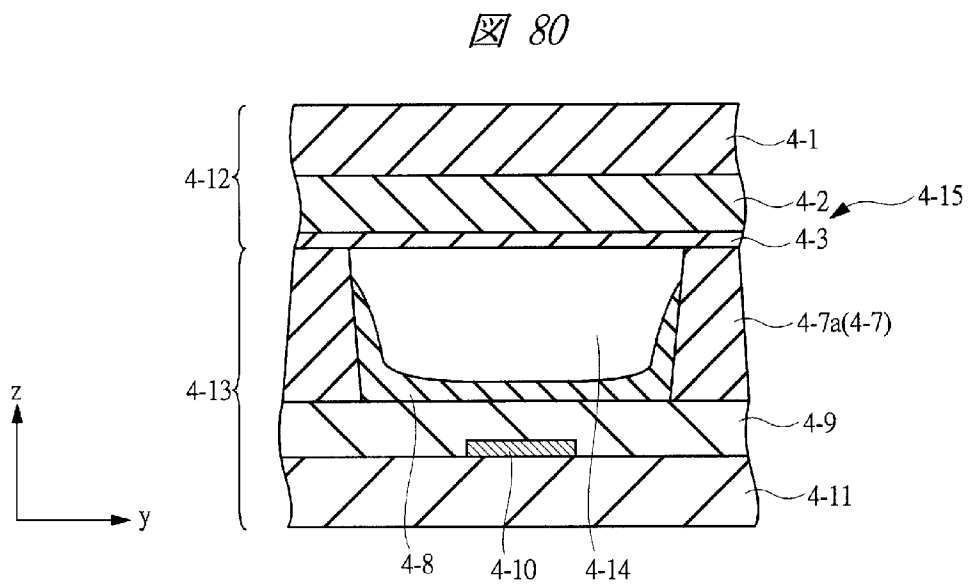
図 77



[図79]

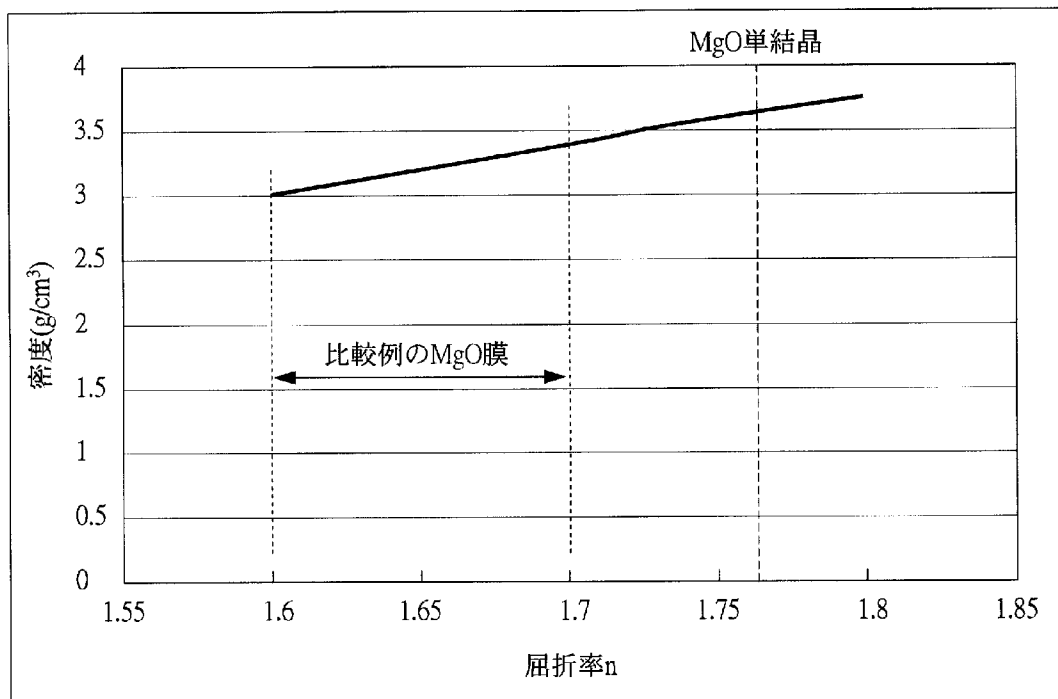


[図80]



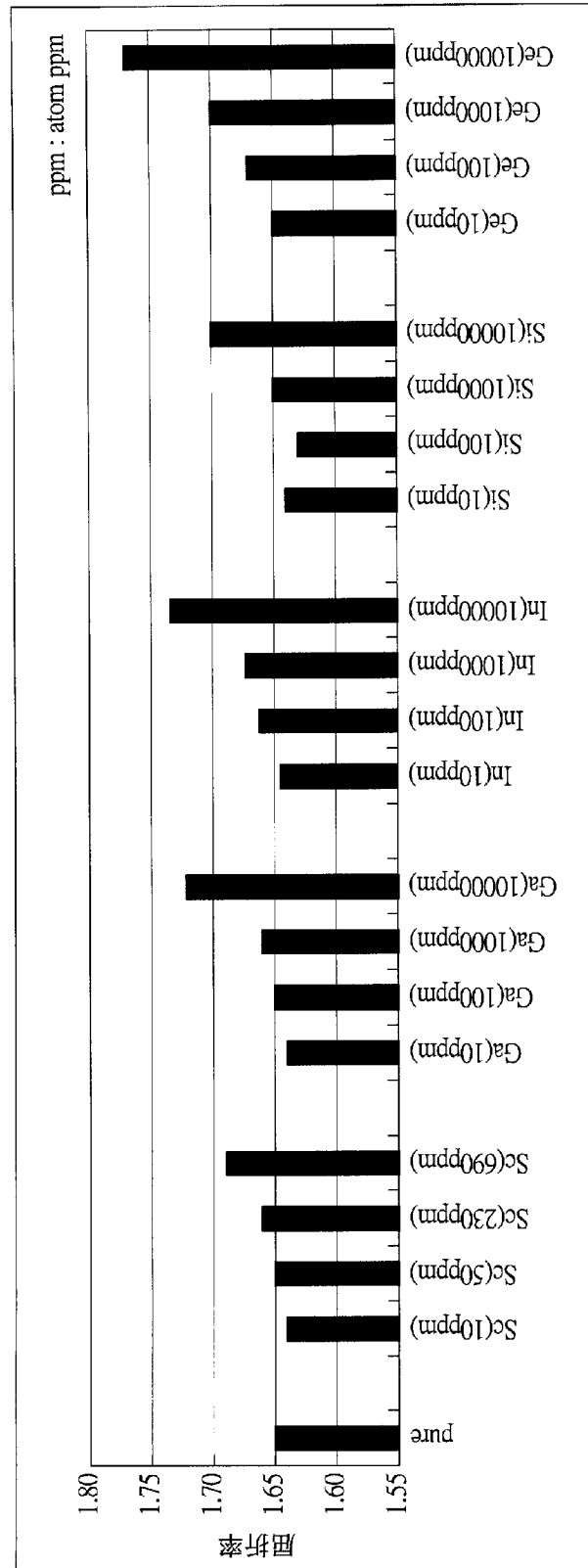
[図81]

図 81



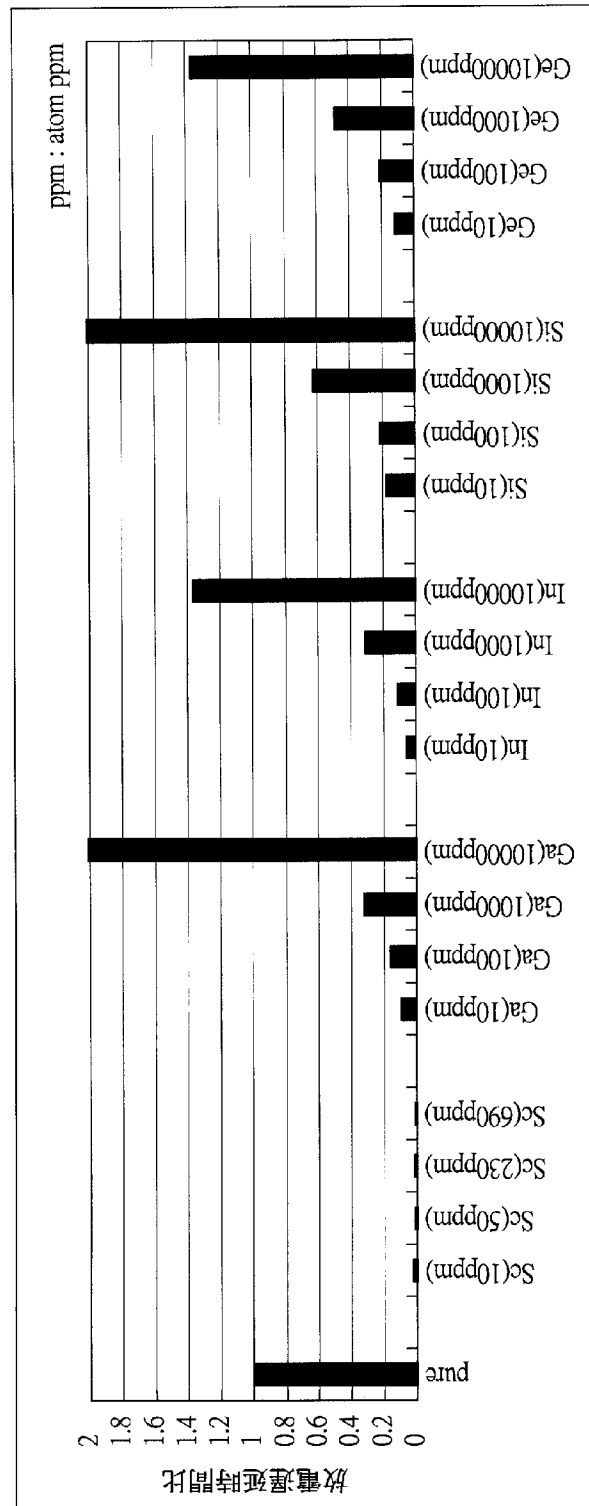
[図82]

図 82



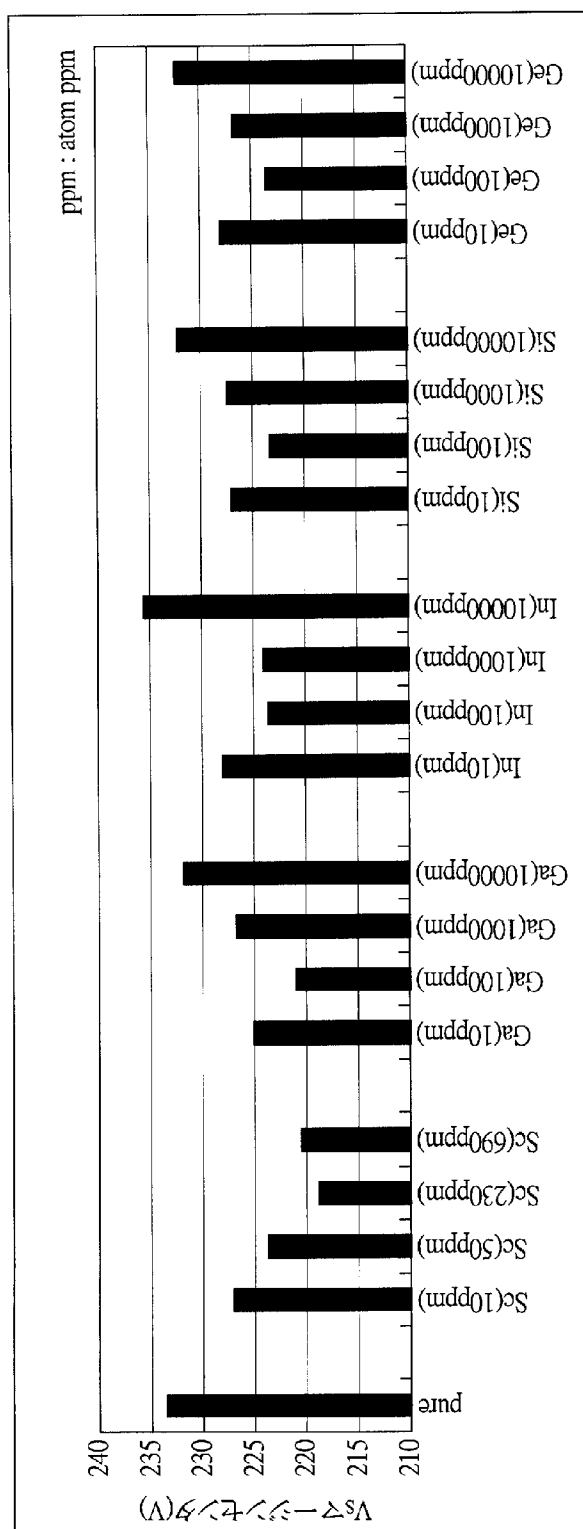
[図83]

図 83



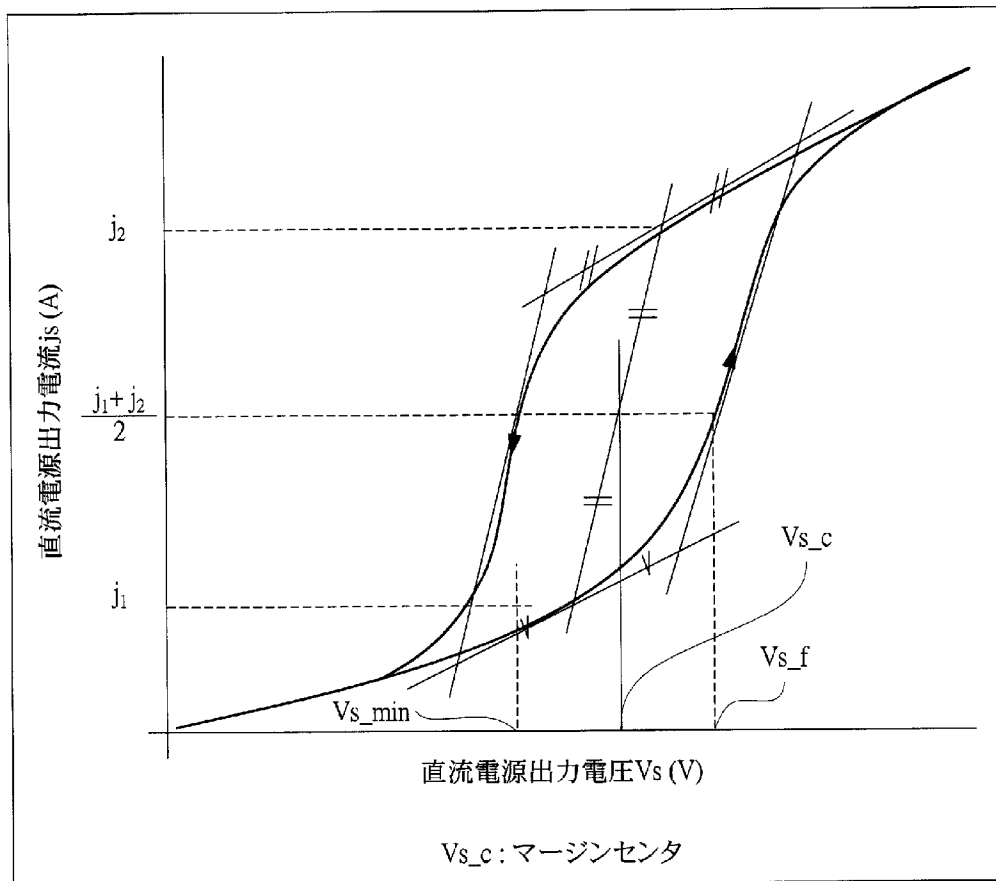
[図84]

図 84



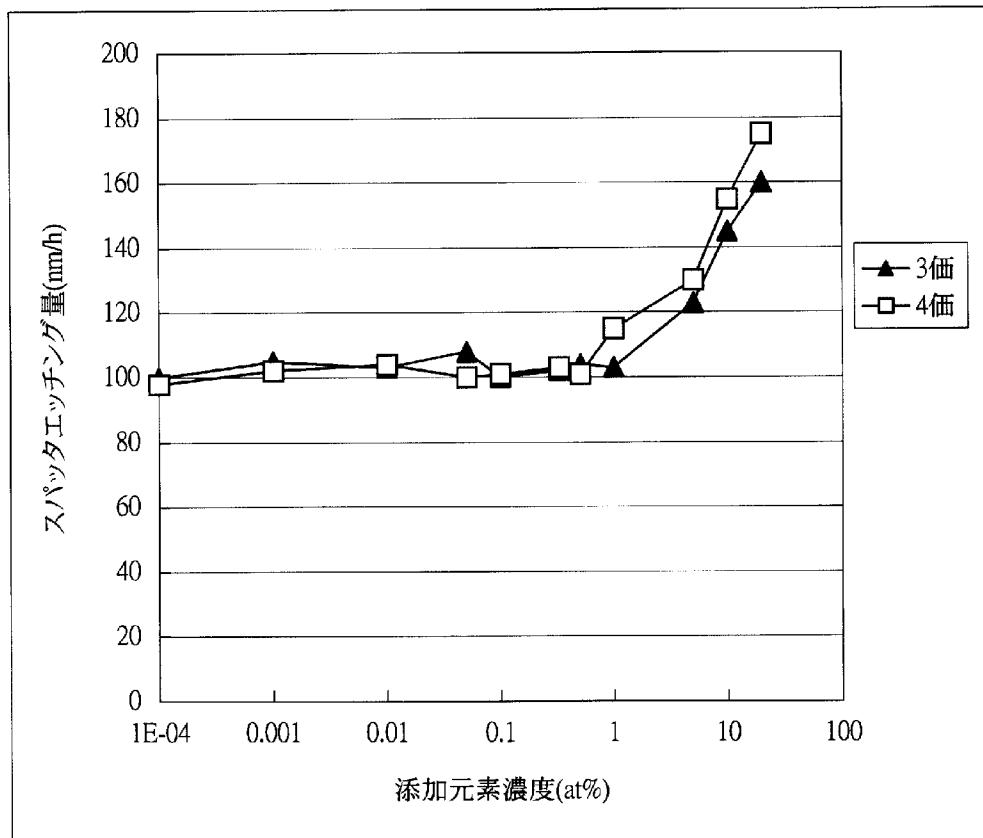
[図85]

図 85

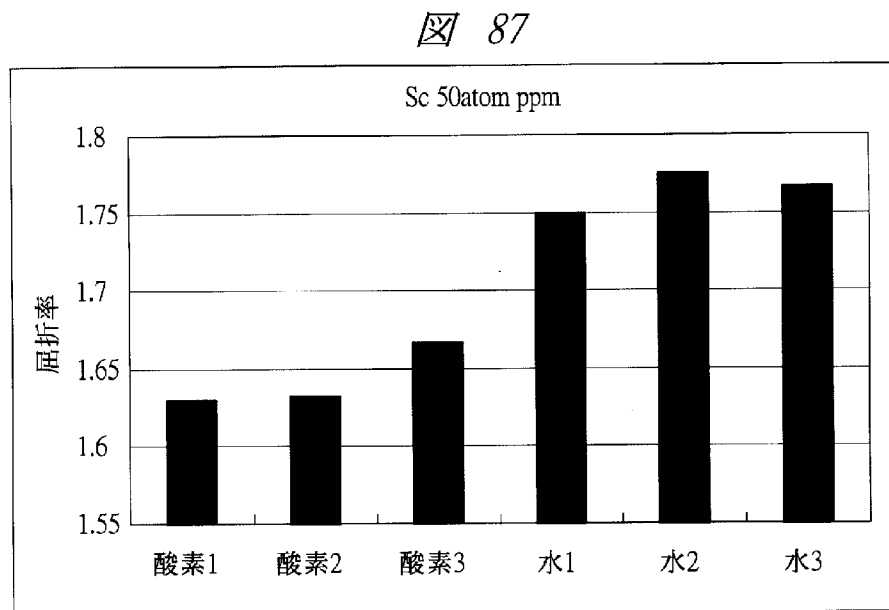


[図86]

図 86



[図87]



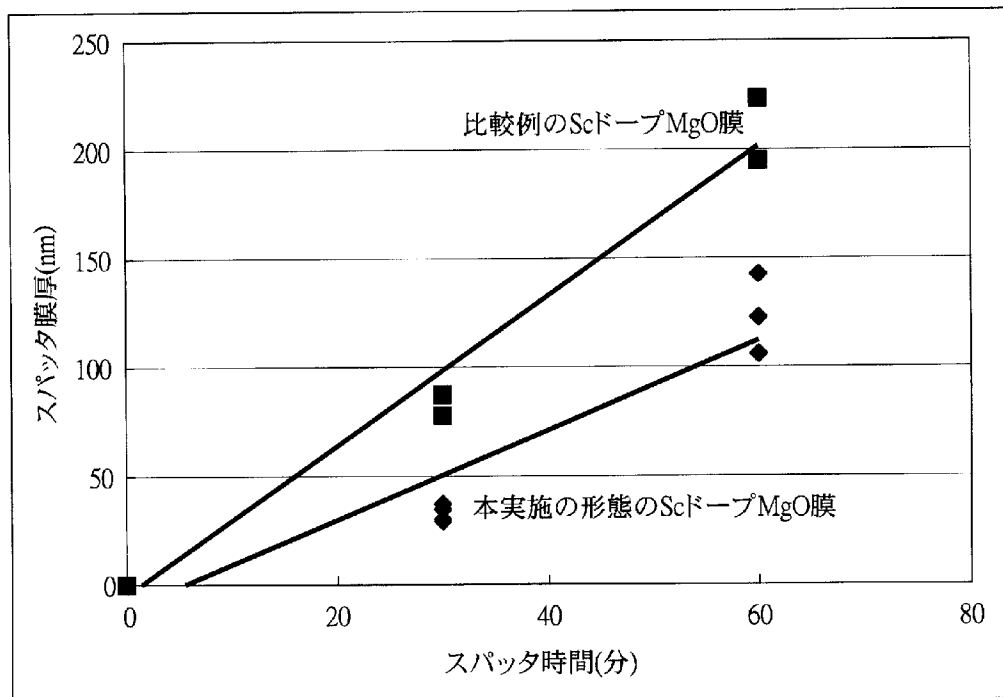
[図88]

図 88

	屈折率	放電遅延ts	放電電圧Vs_c
比較例 添加元素なし：成膜中のガス添加なし	1.63	1	233
MgO 添加元素なし：成膜中O ₂ 添加	1.64	1.05	235
MgO 添加元素なし：成膜中H ₂ O添加	1.75	1.12	231
比較例 Sc50ppm添加：成膜中のガス添加なし	1.65	0.07	224
MgO Sc50ppm添加：成膜中O ₂ 添加	1.65	0.07	232
MgO Sc50ppm添加：成膜中H ₂ O添加	1.77	0.06	226

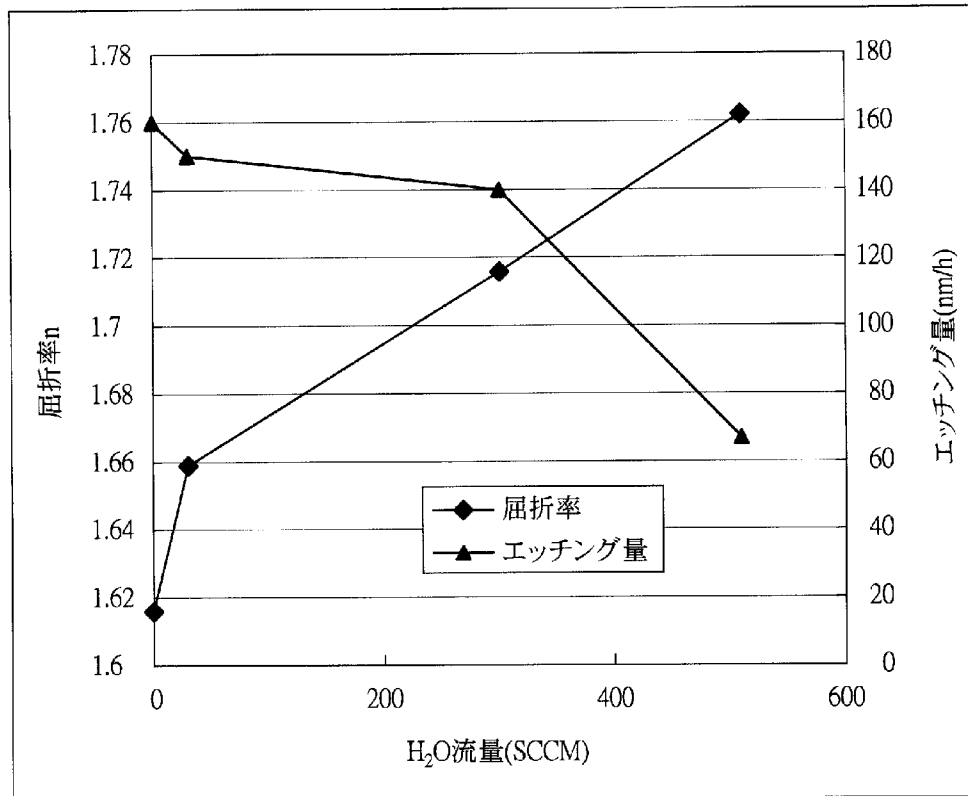
[図89]

図 89



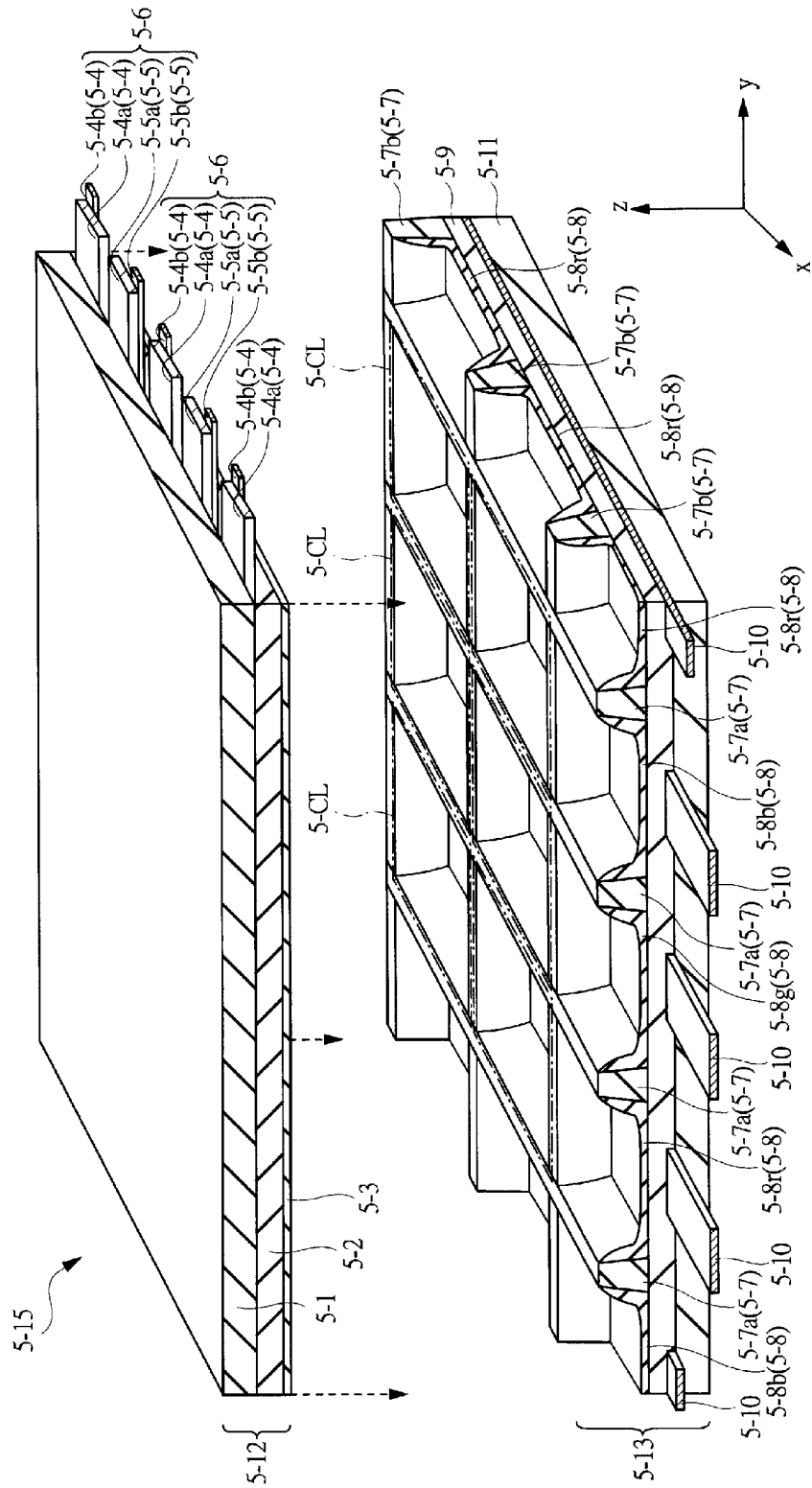
[図90]

図 90

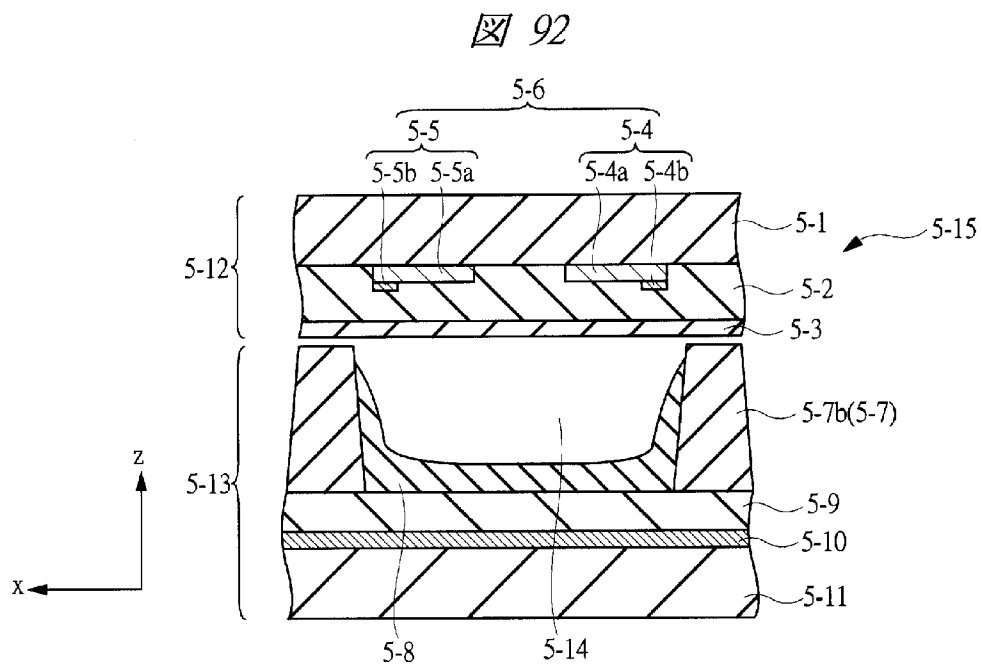


[図91]

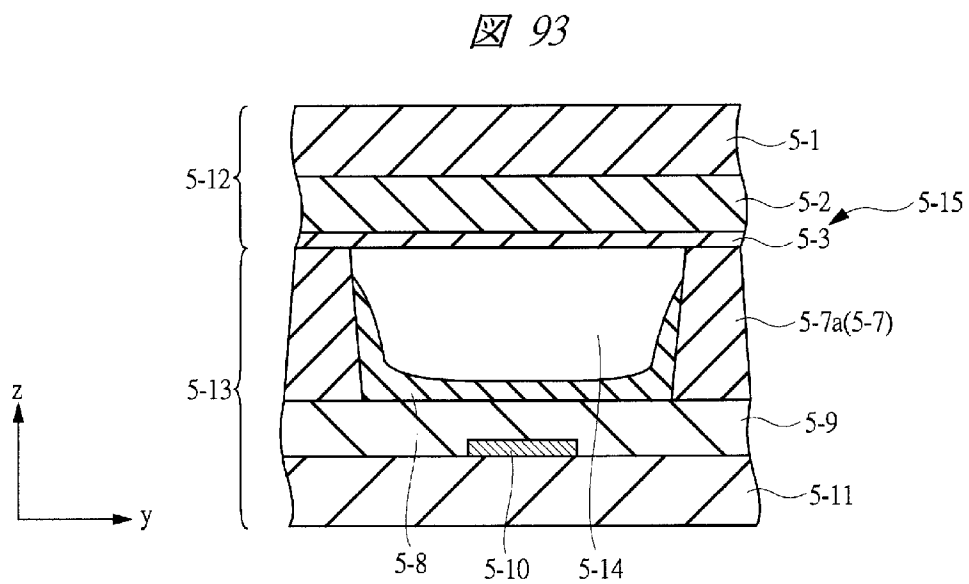
図 91



[図92]

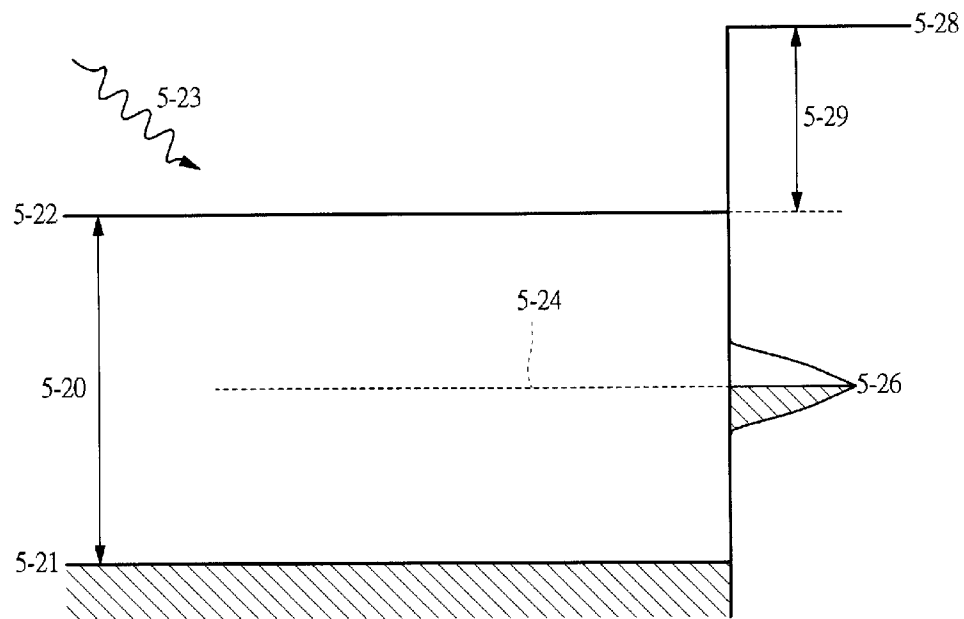


[図93]



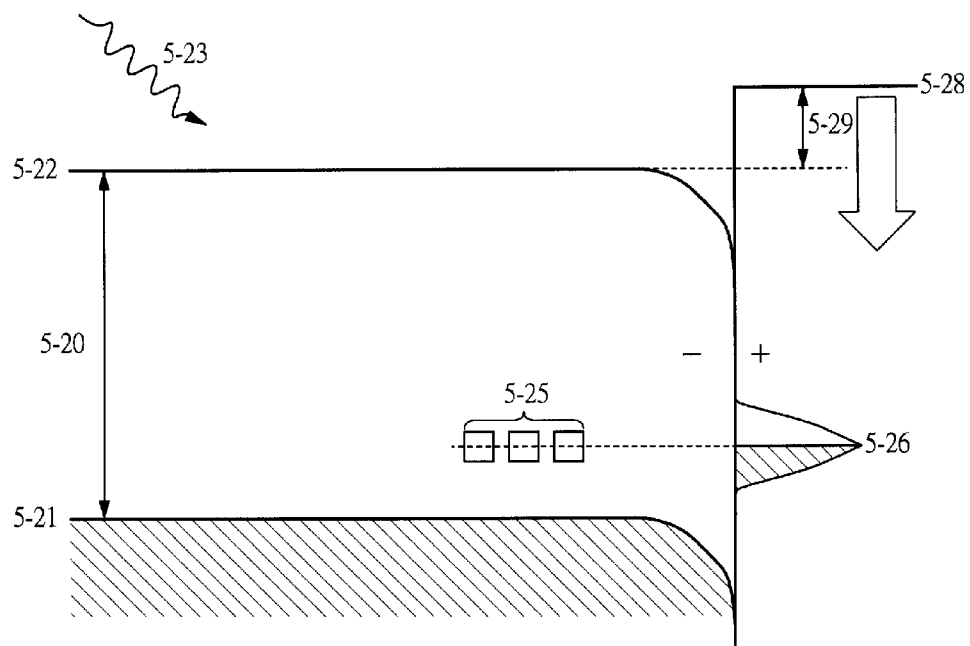
[図94]

図 94



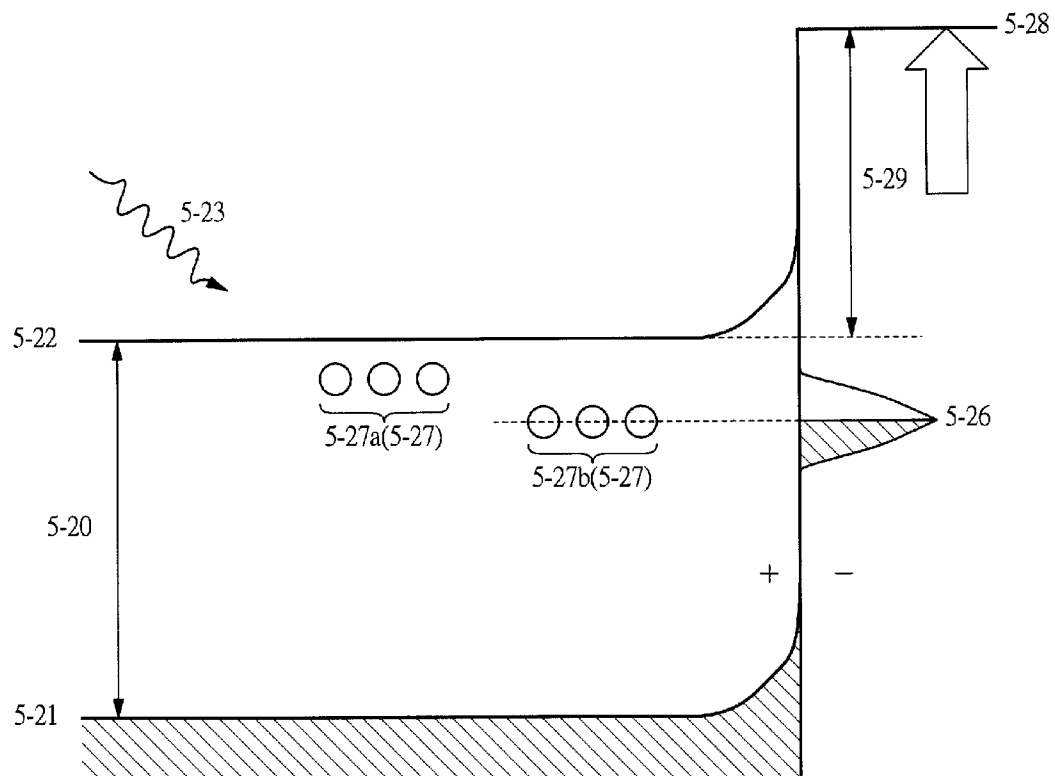
[図95]

図 95



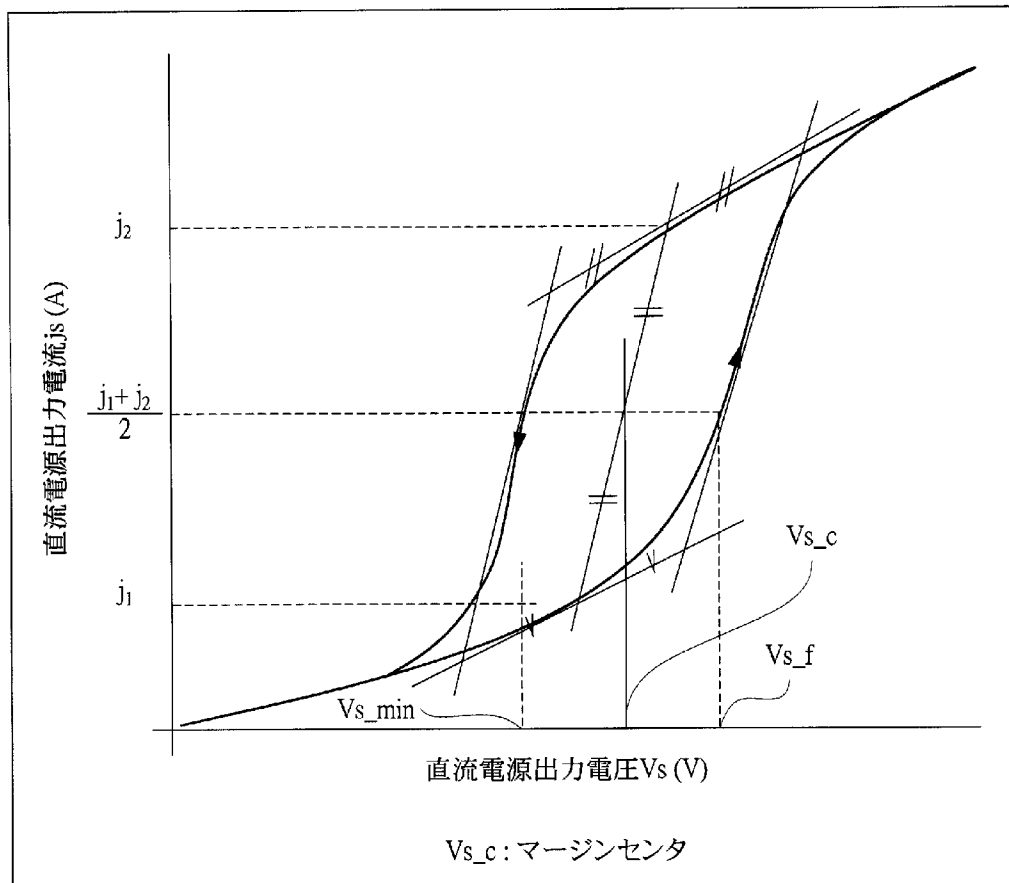
[図96]

図 96



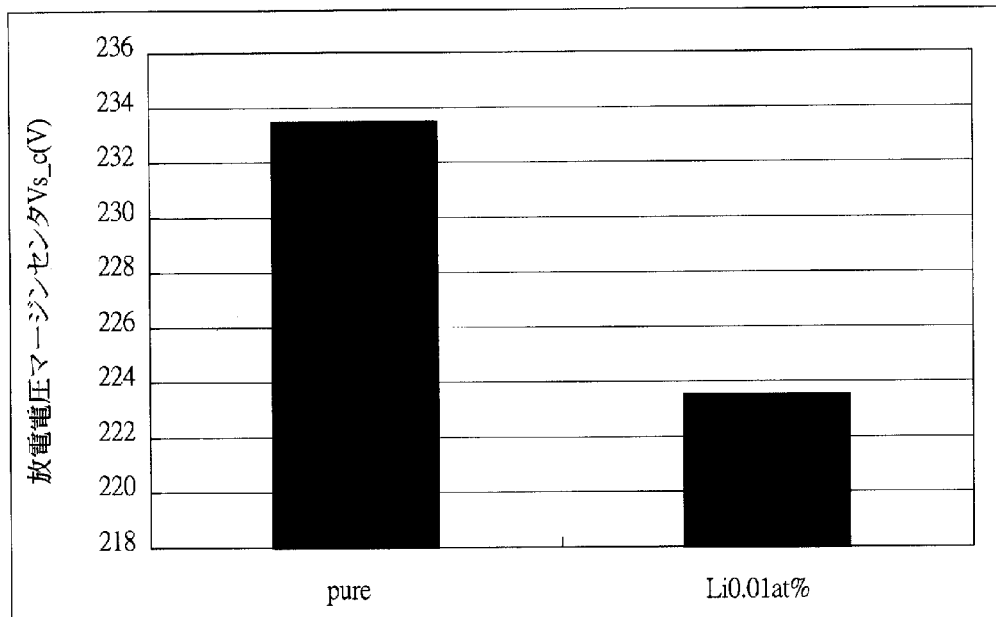
[図97]

図 97



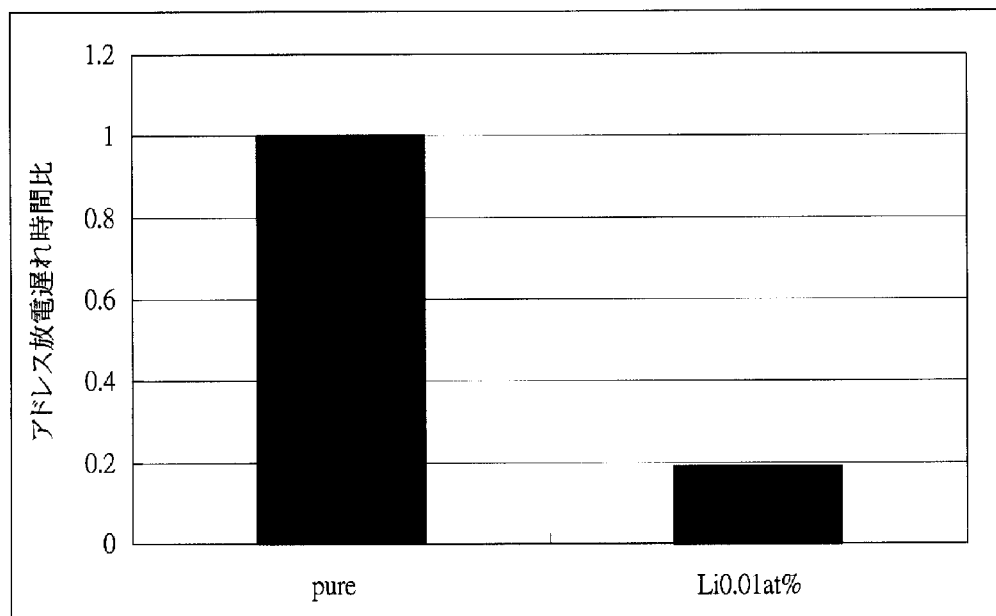
[図98]

図 98



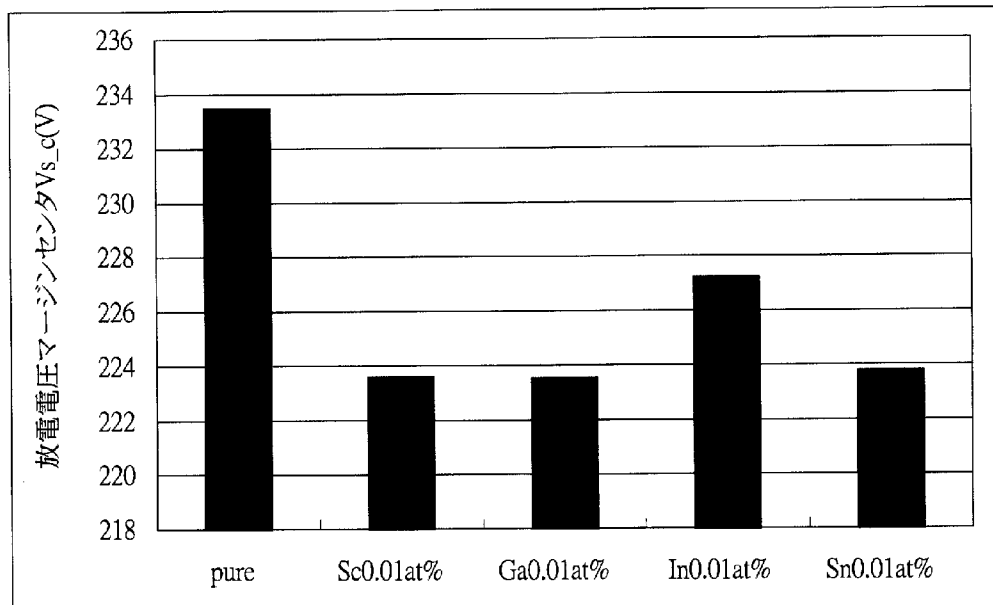
[図99]

図 99



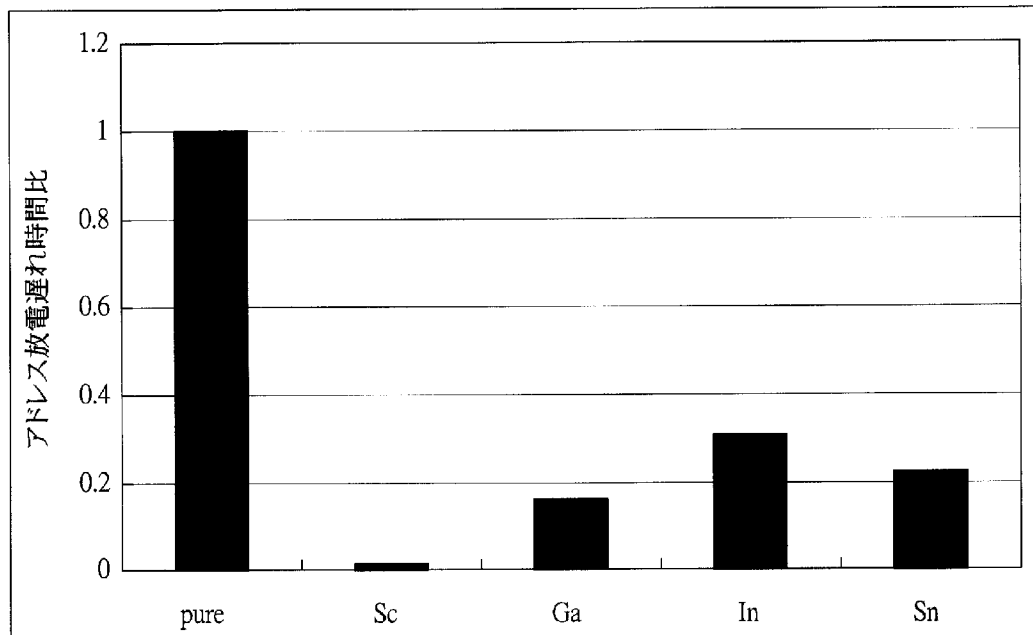
[図100]

図 100



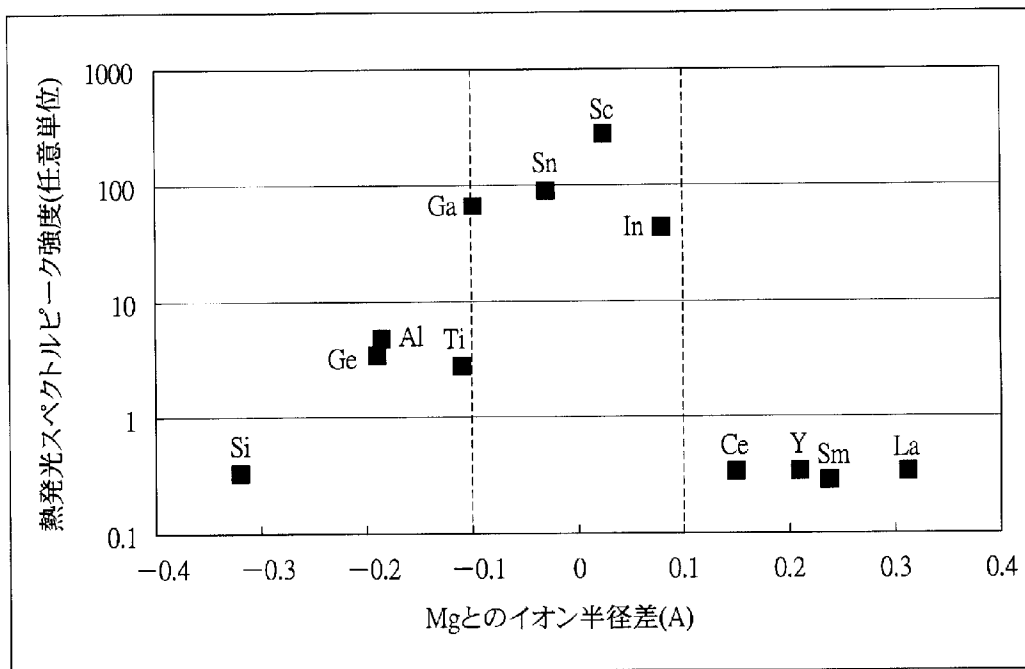
[図101]

図 101



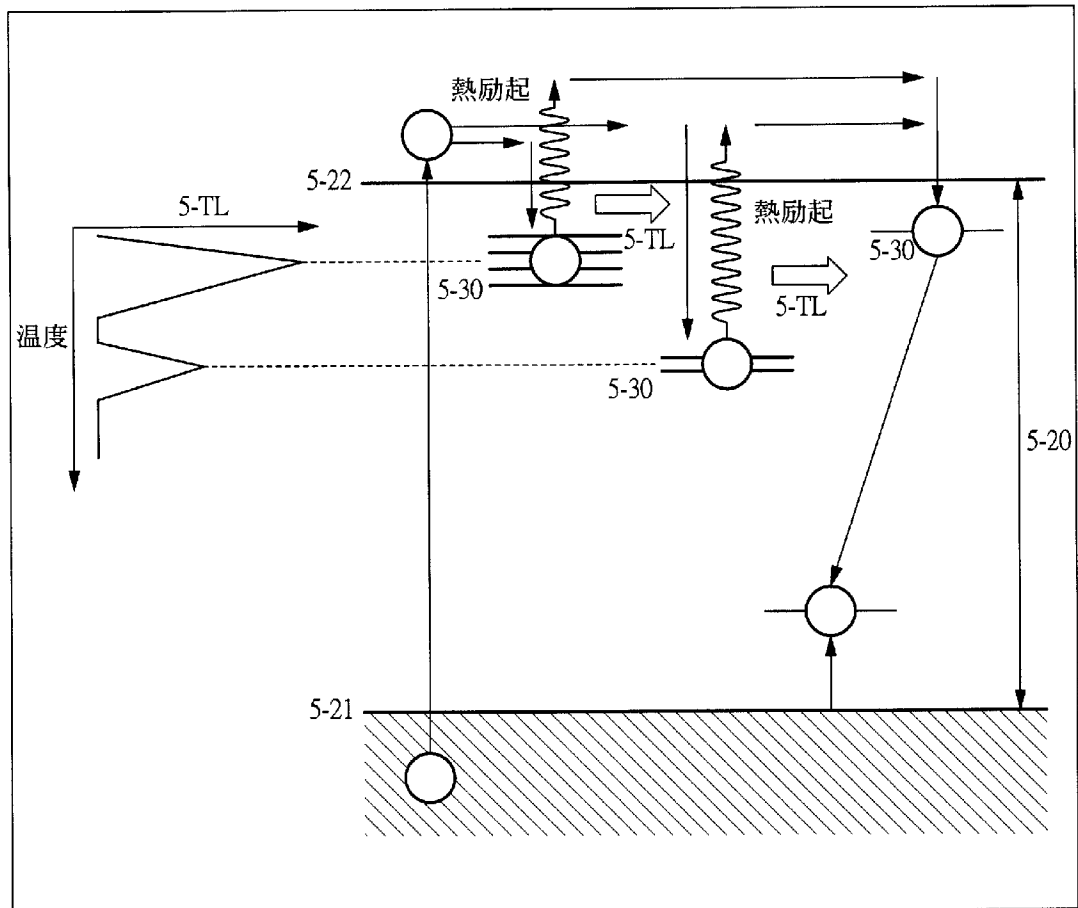
[図102]

図 102



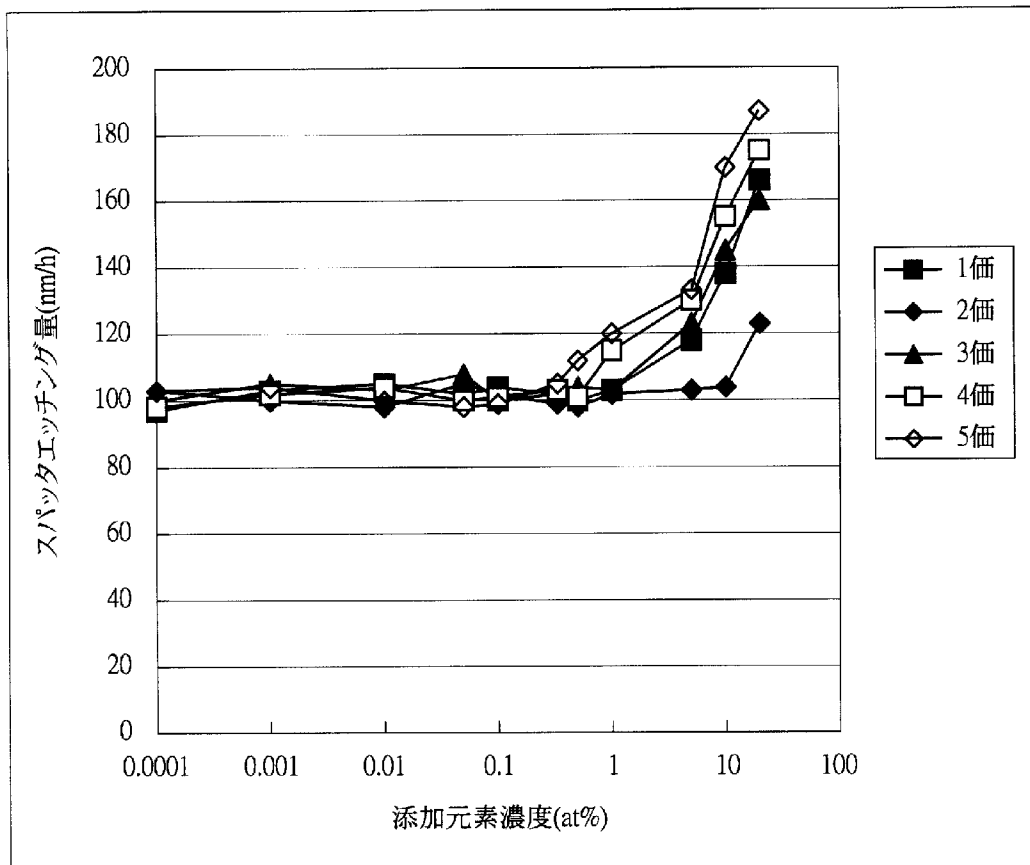
[図103]

図 103



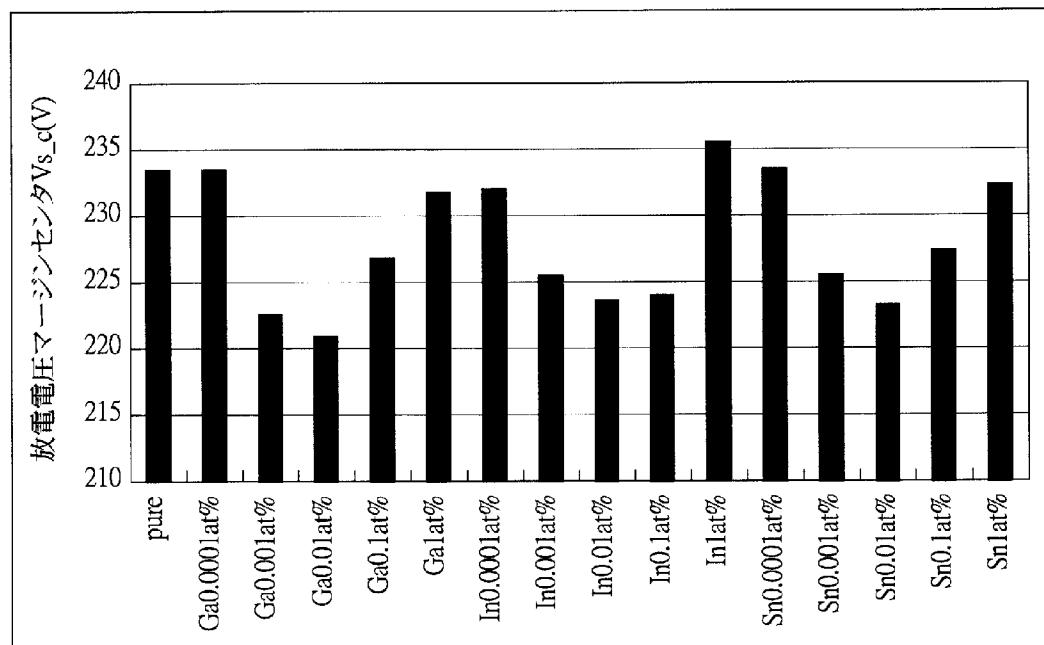
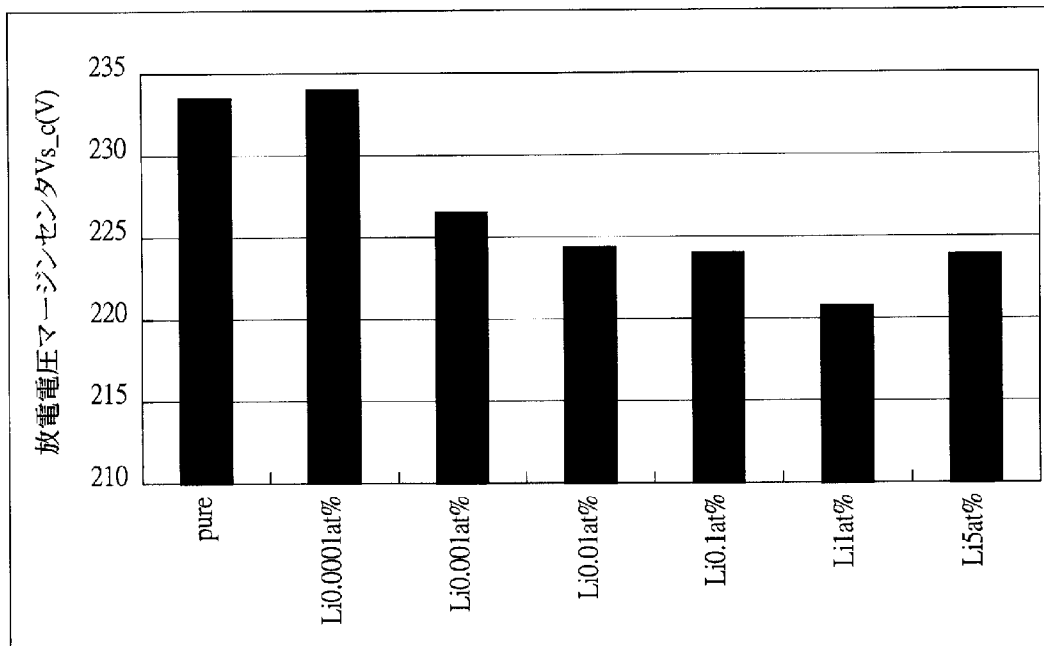
[図104]

図 104



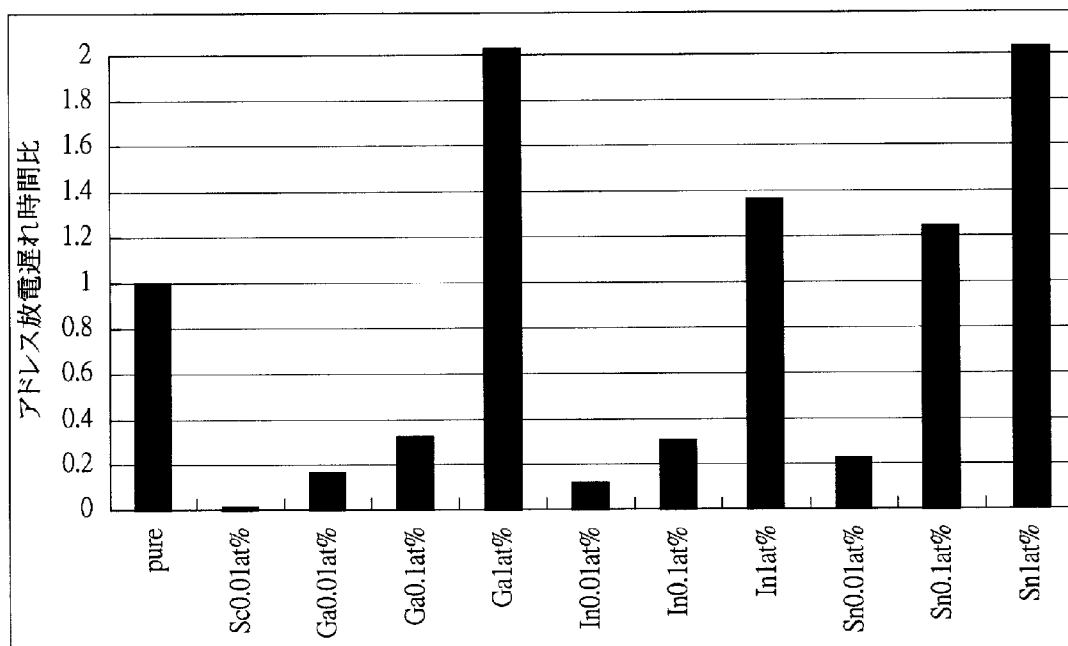
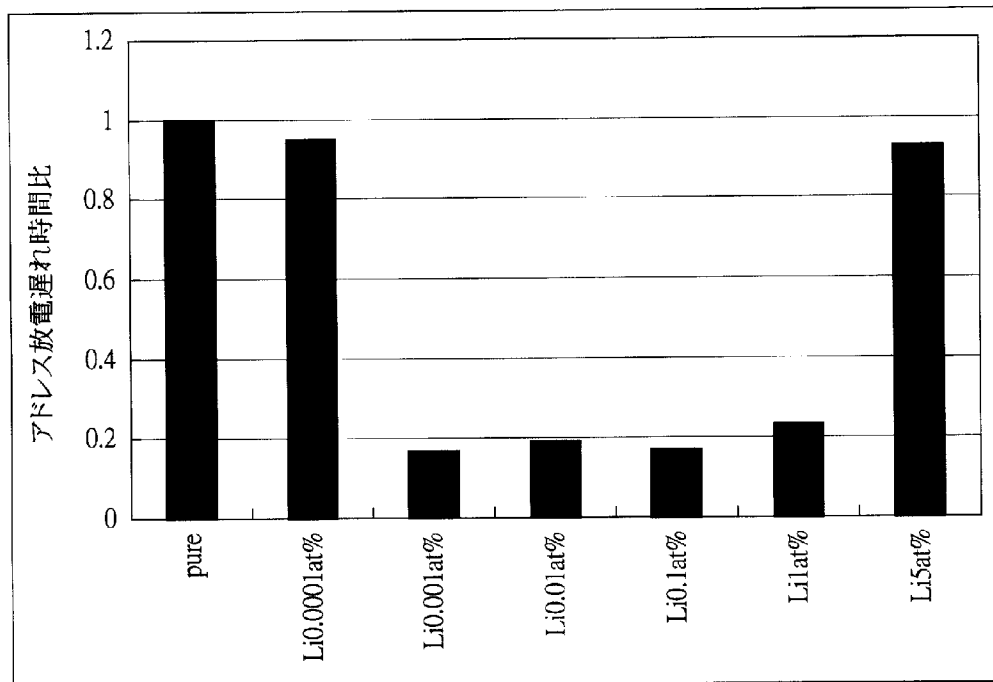
[図105]

図 105



[図106]

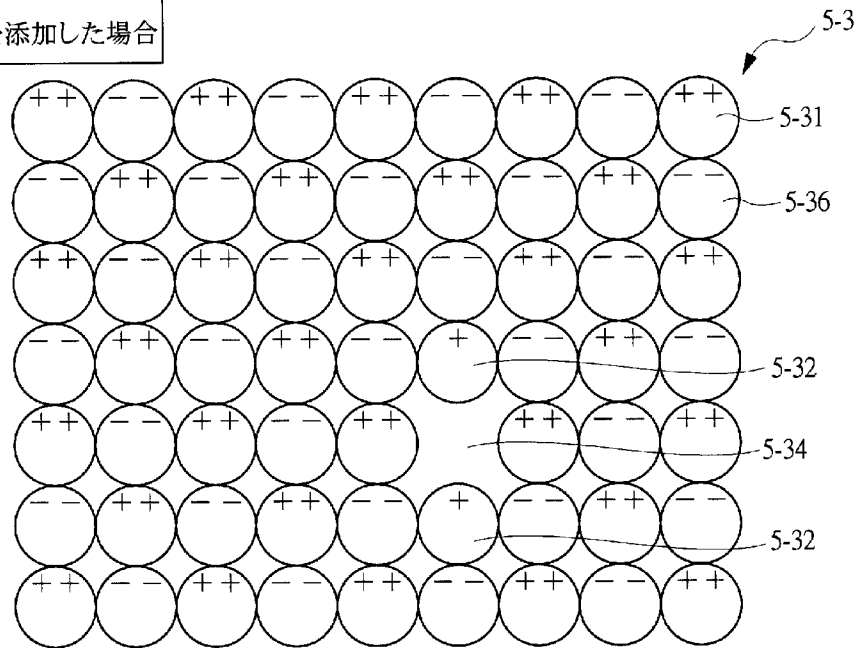
図 106



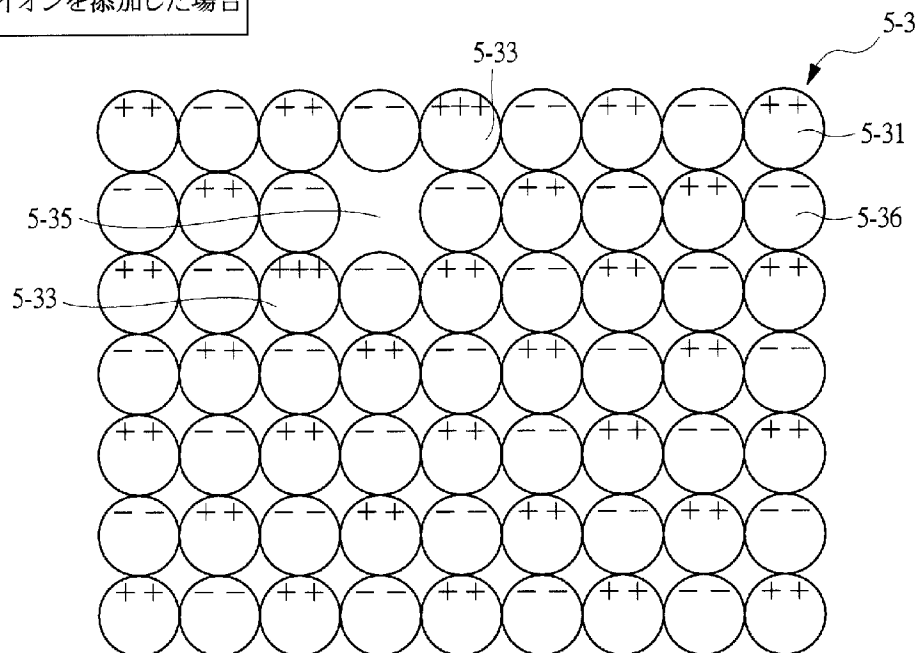
[図107]

図 107

1価イオンを添加した場合

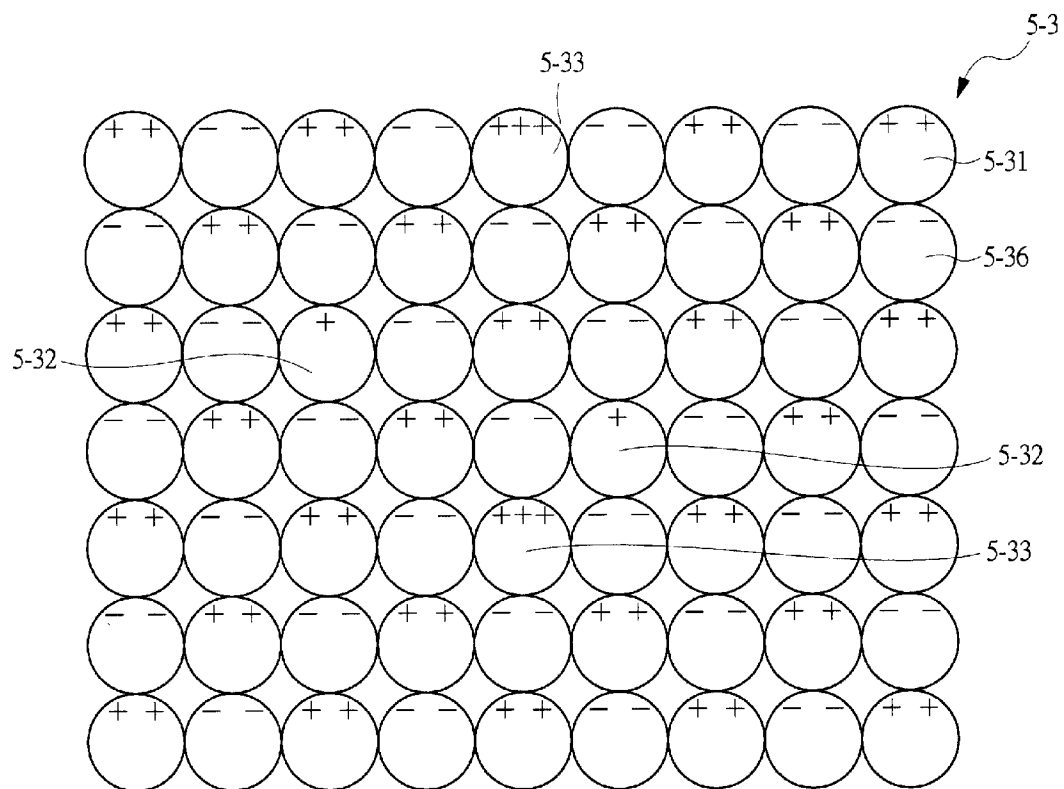


3価イオンを添加した場合



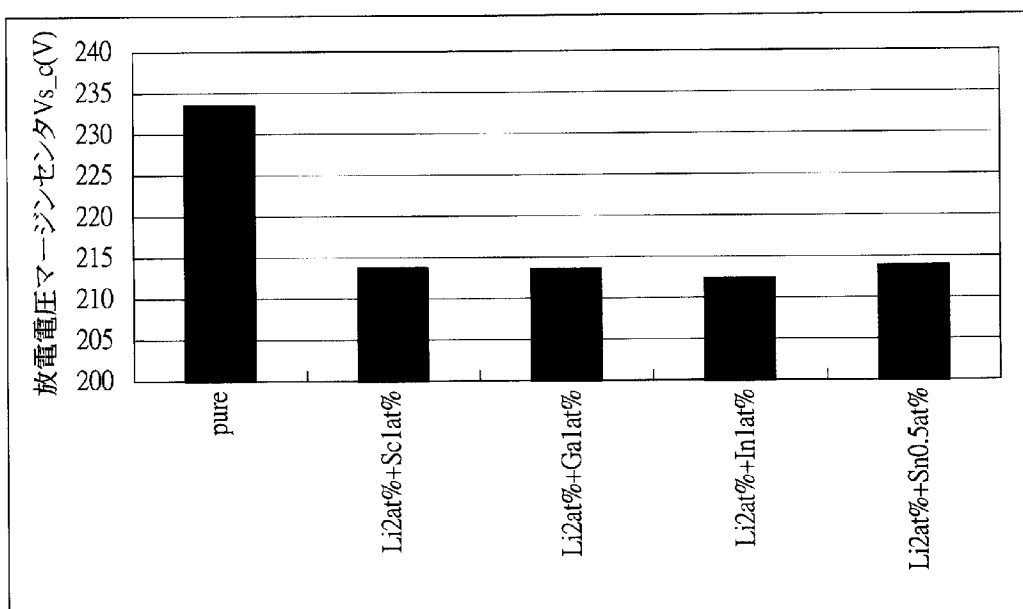
[図108]

図 108



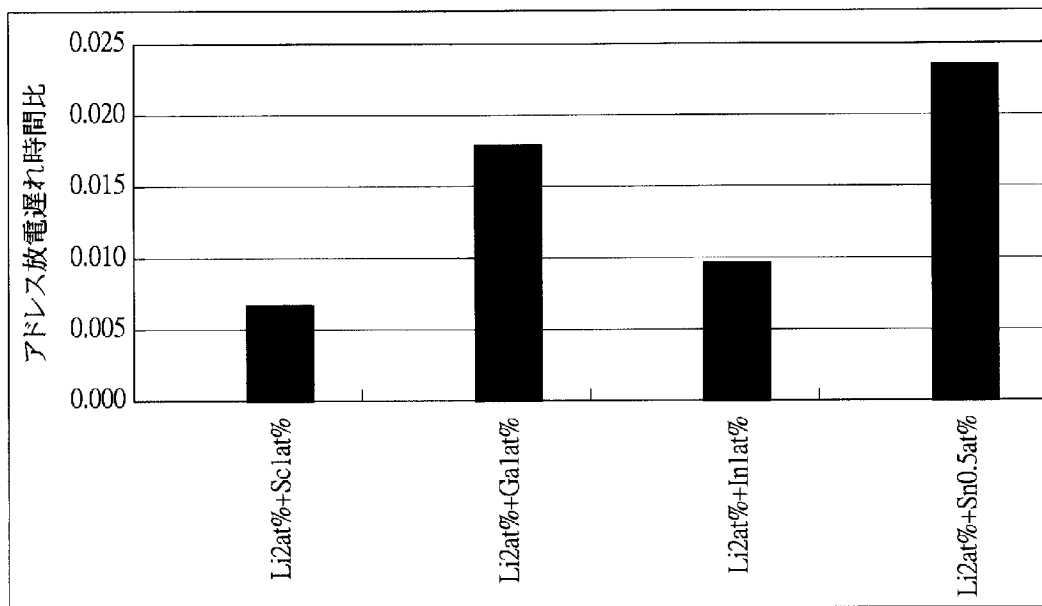
[図109]

図 109



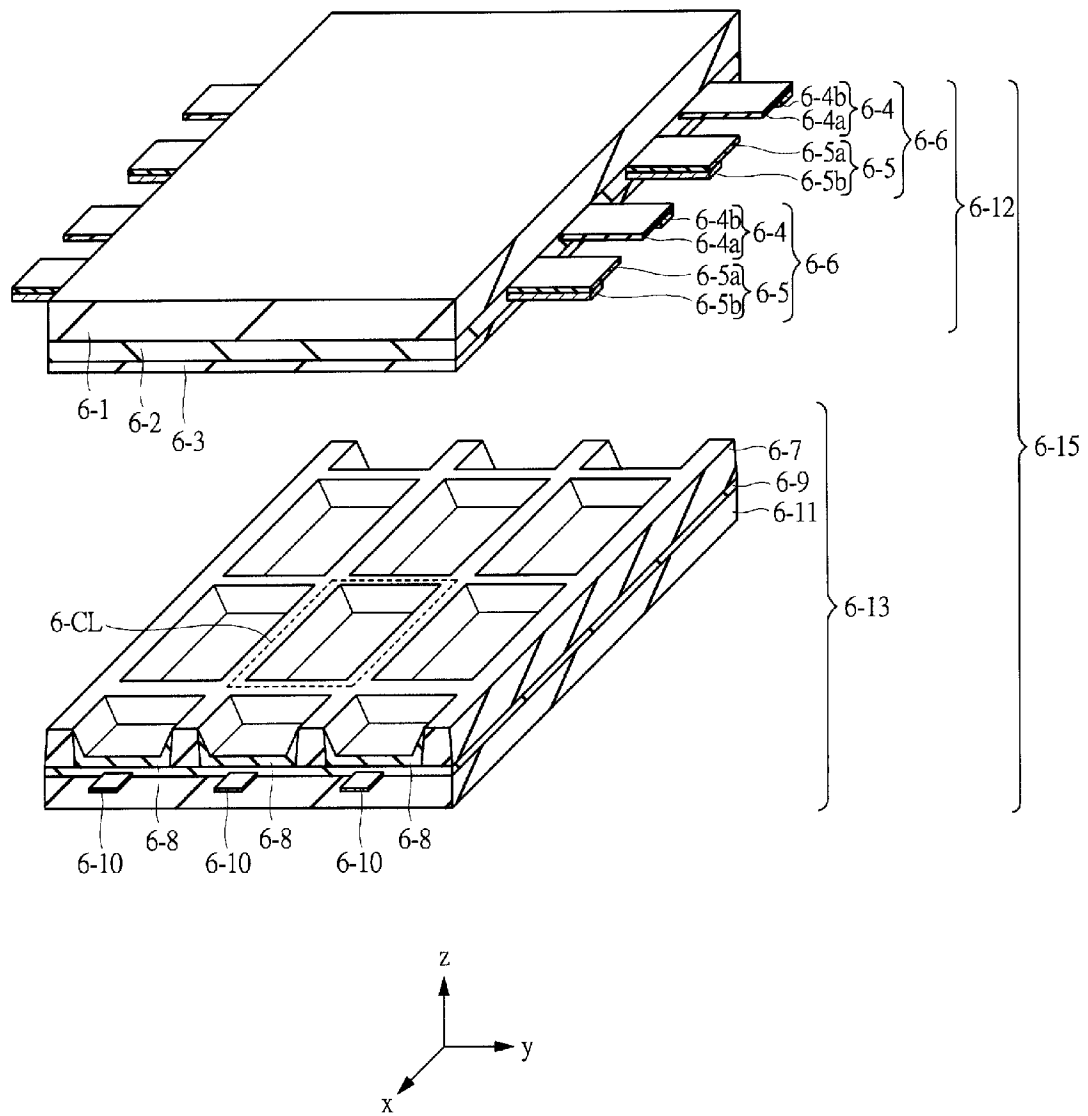
[図110]

図 110

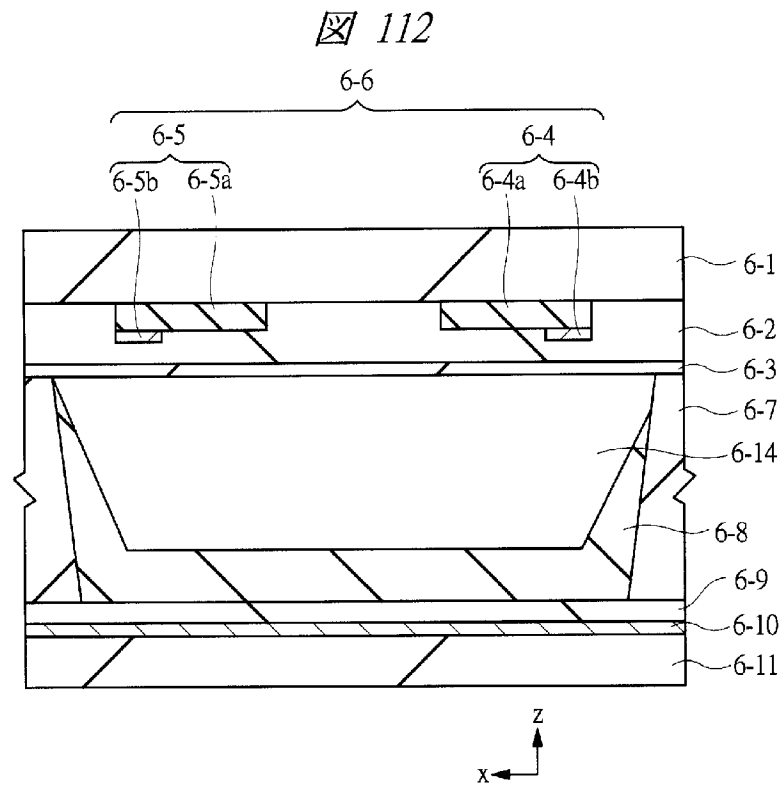


[図111]

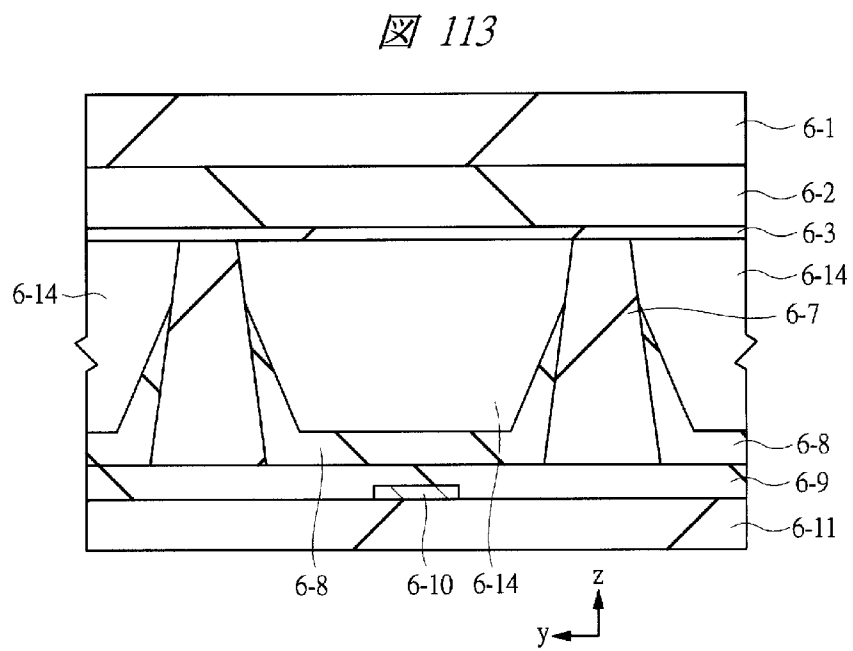
図 111



[図112]

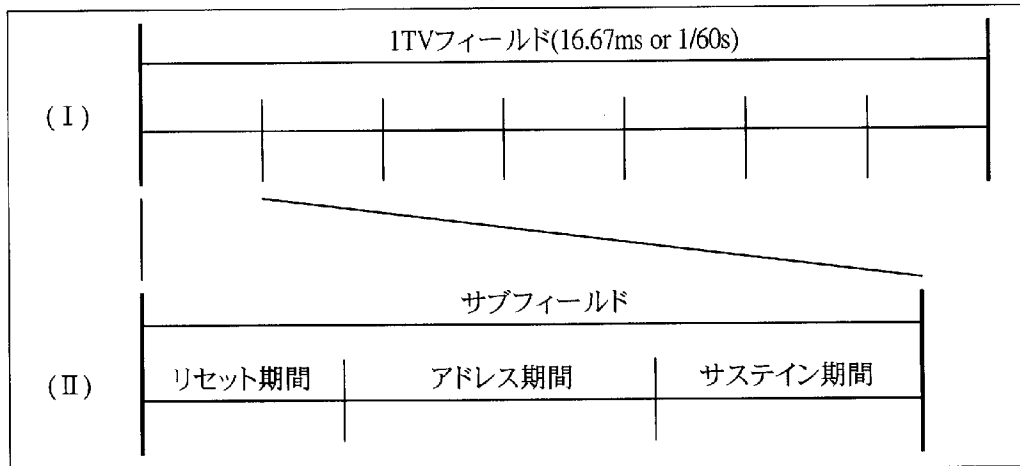


[図113]



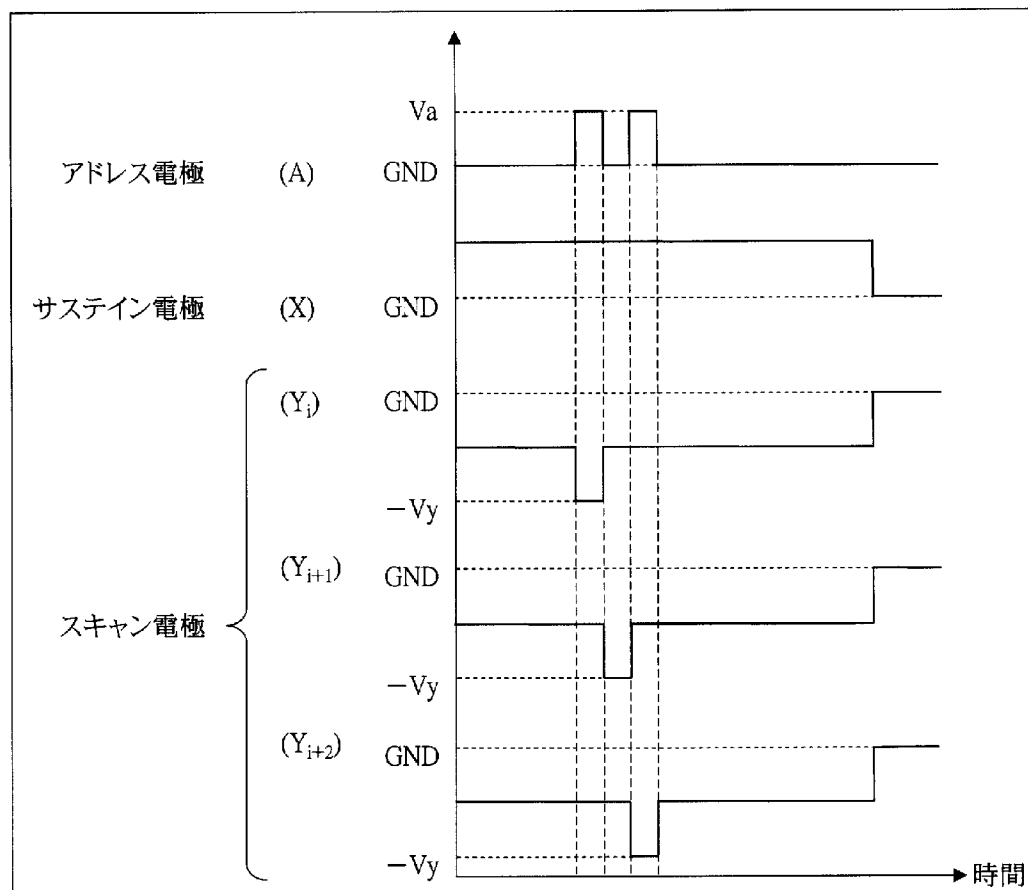
[図114]

図 114

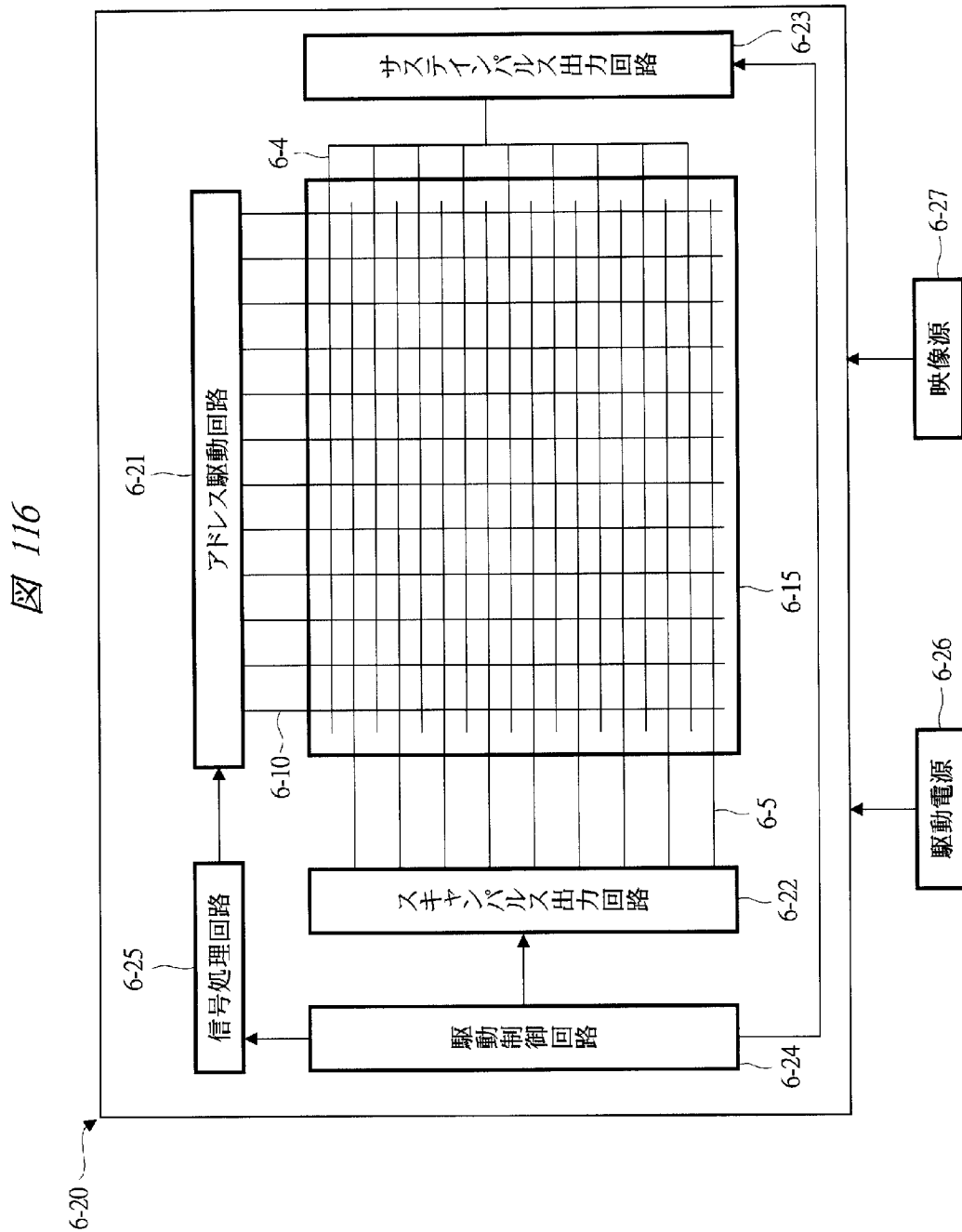


[図115]

図 115

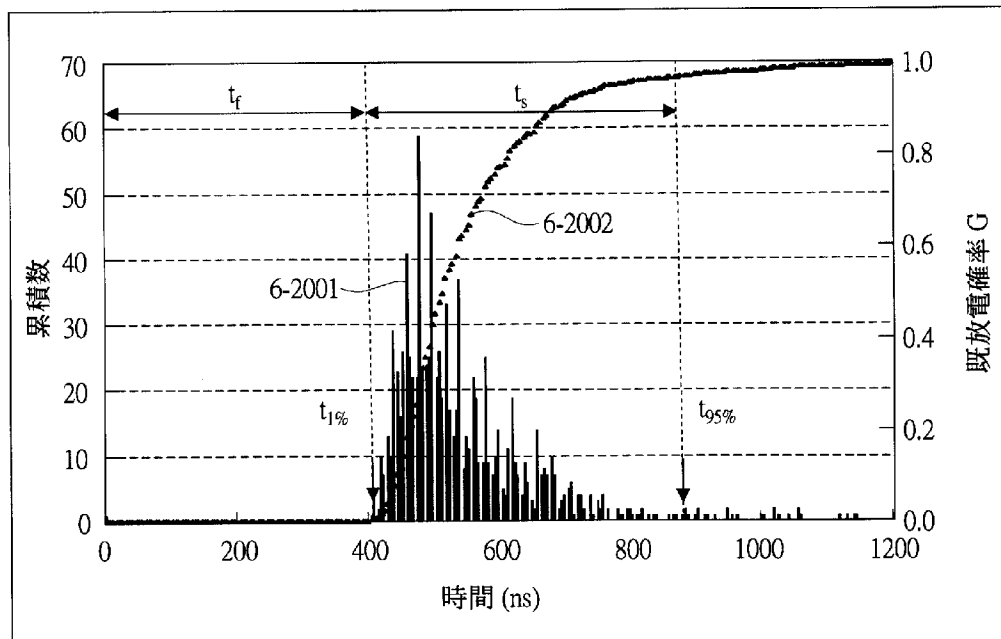


[図116]



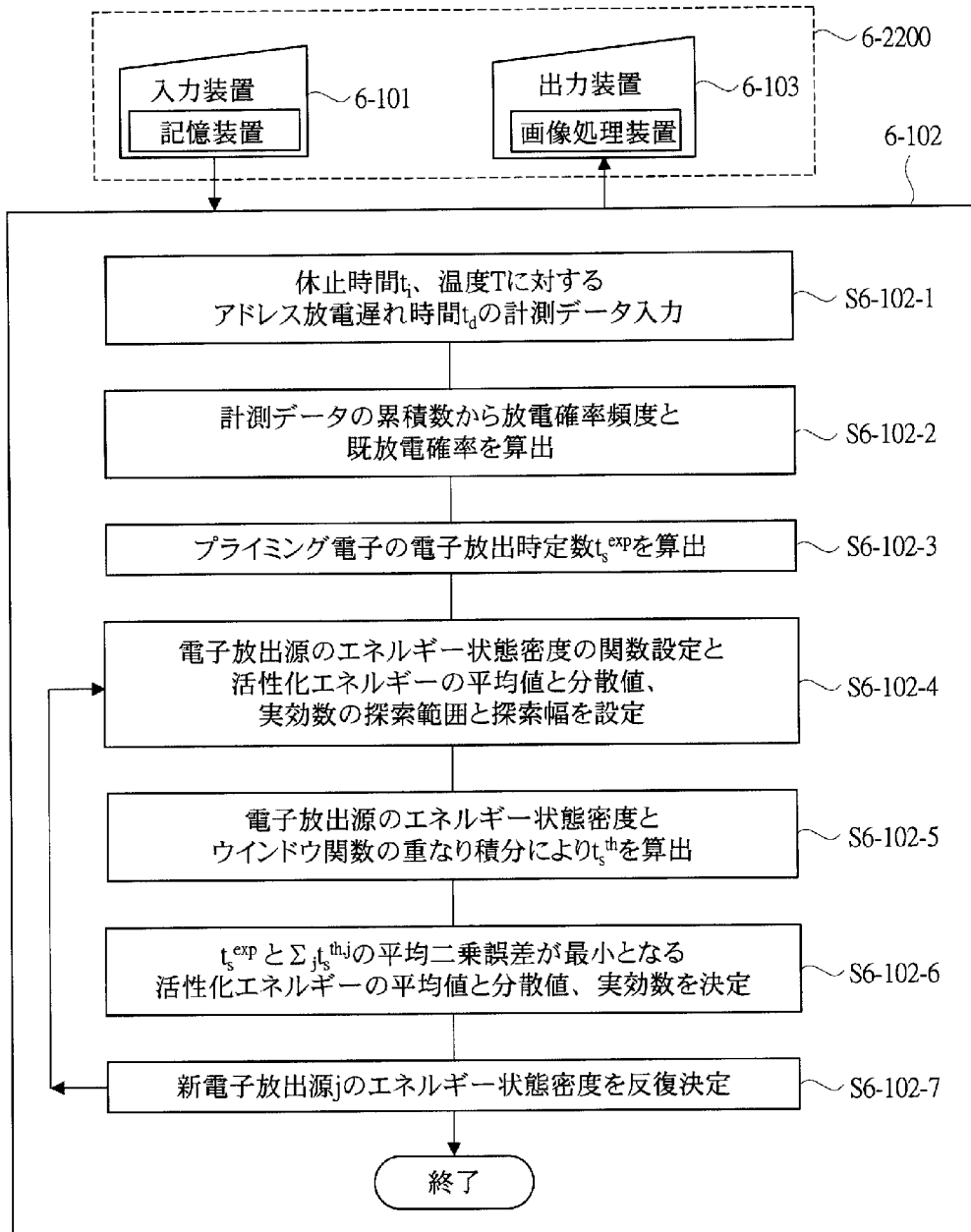
[図117]

図 117



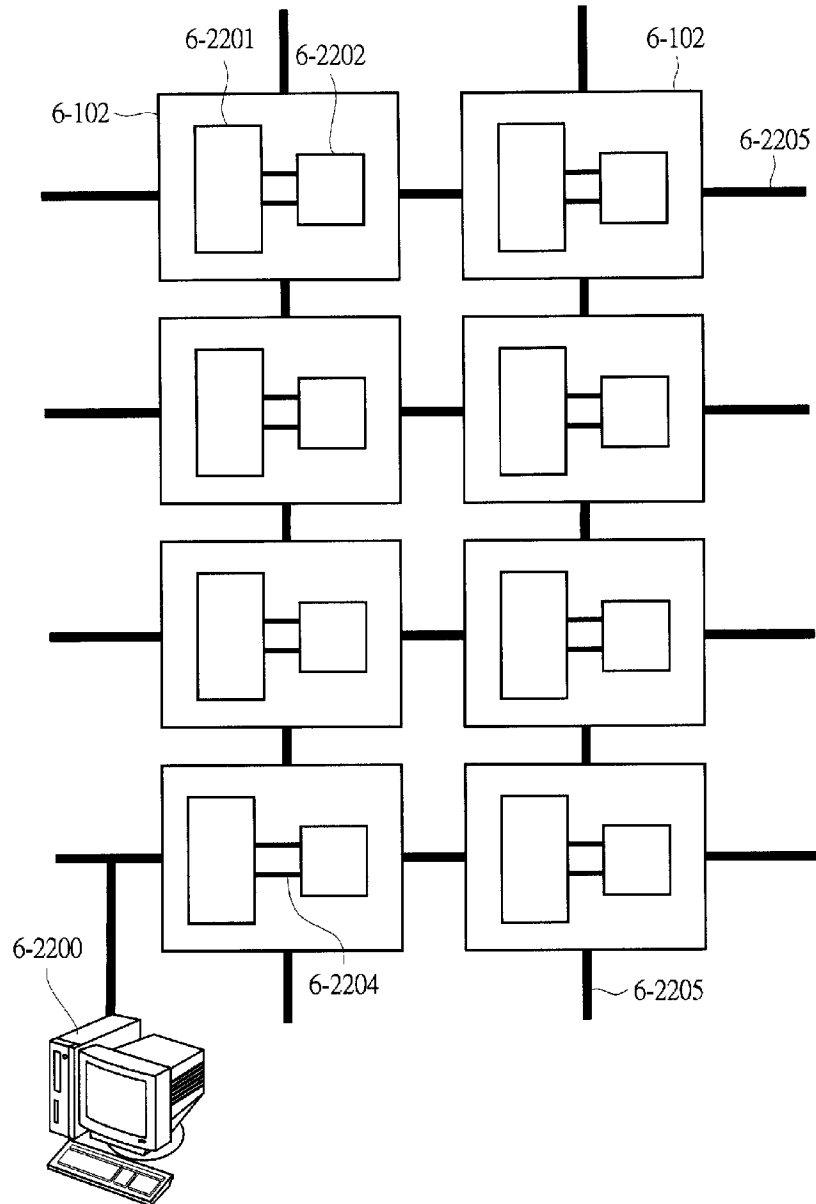
[図118]

図 118



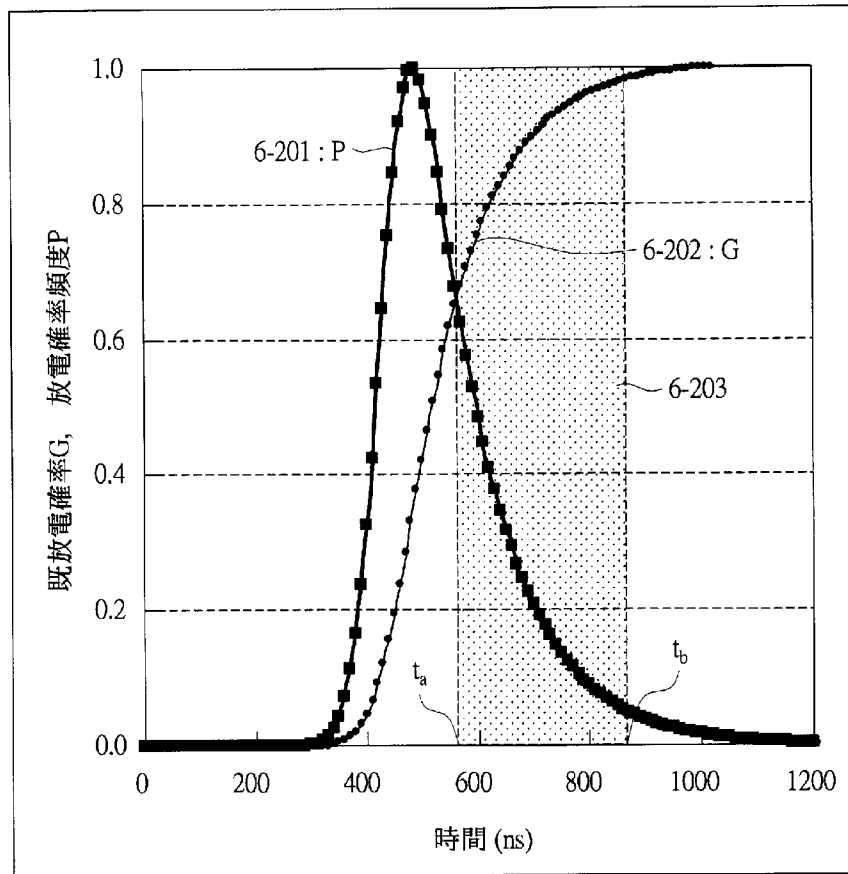
[図119]

図 119



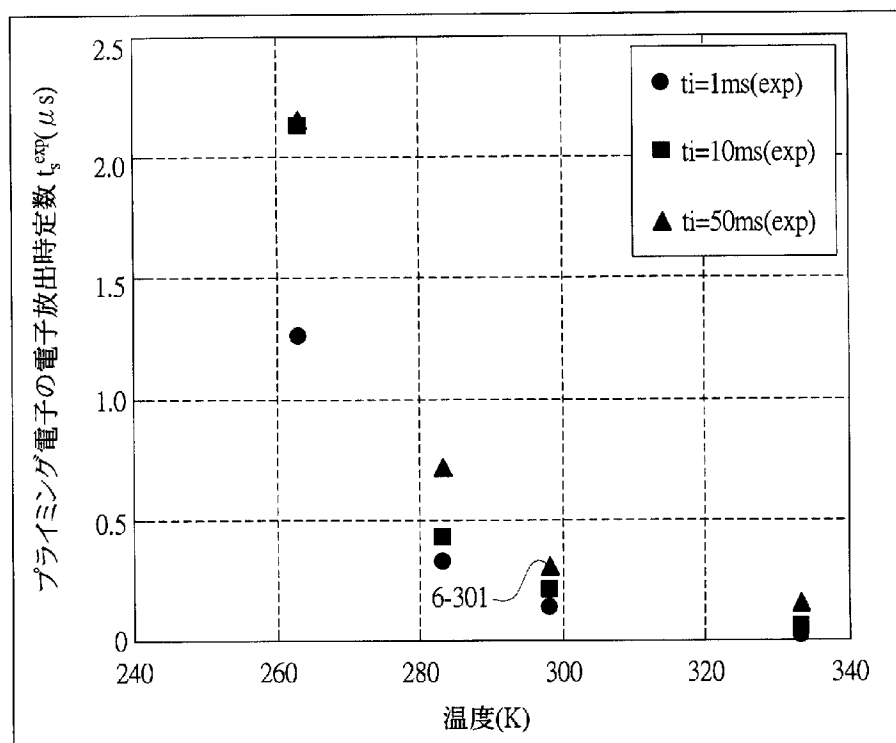
[図120]

図 120



[図121]

図 121



[図122]

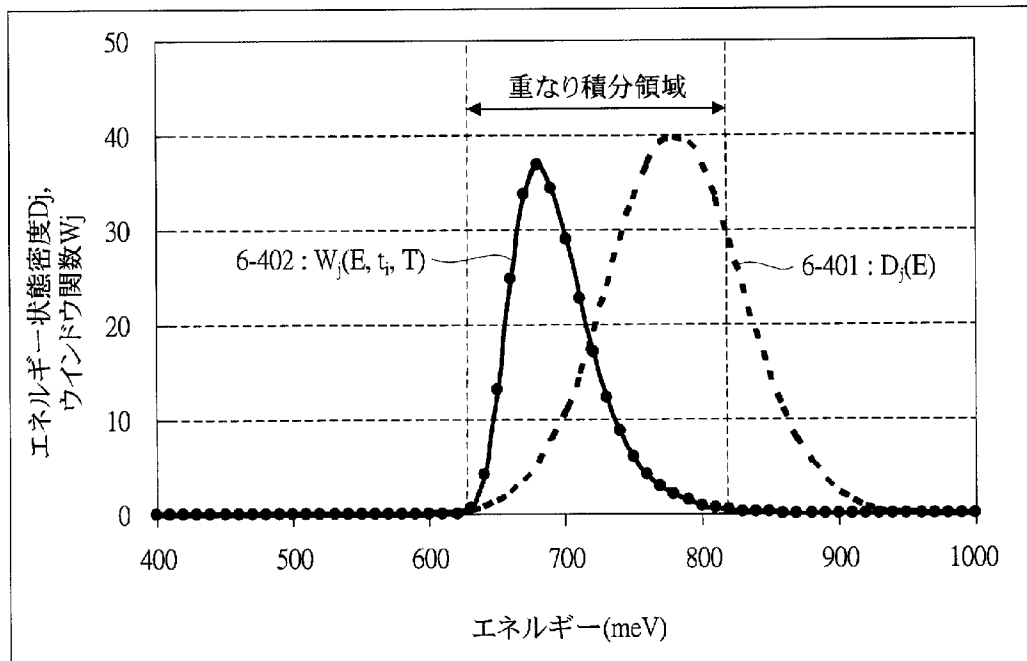
図 122

エネルギー単位はmeV、 $f_{\text{ph}}=3.1 \times 10^{13}\text{Hz}$

T(K)/ t_i (s)	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	10^0
263.15	443	496	548	600	652	705
273.15	460	514	569	623	677	731
283.15	477	533	590	646	702	758
298.15	502	562	621	680	739	798
313.15	528	590	652	714	776	838
333.15	561	627	694	760	826	892

[図123]

図 123



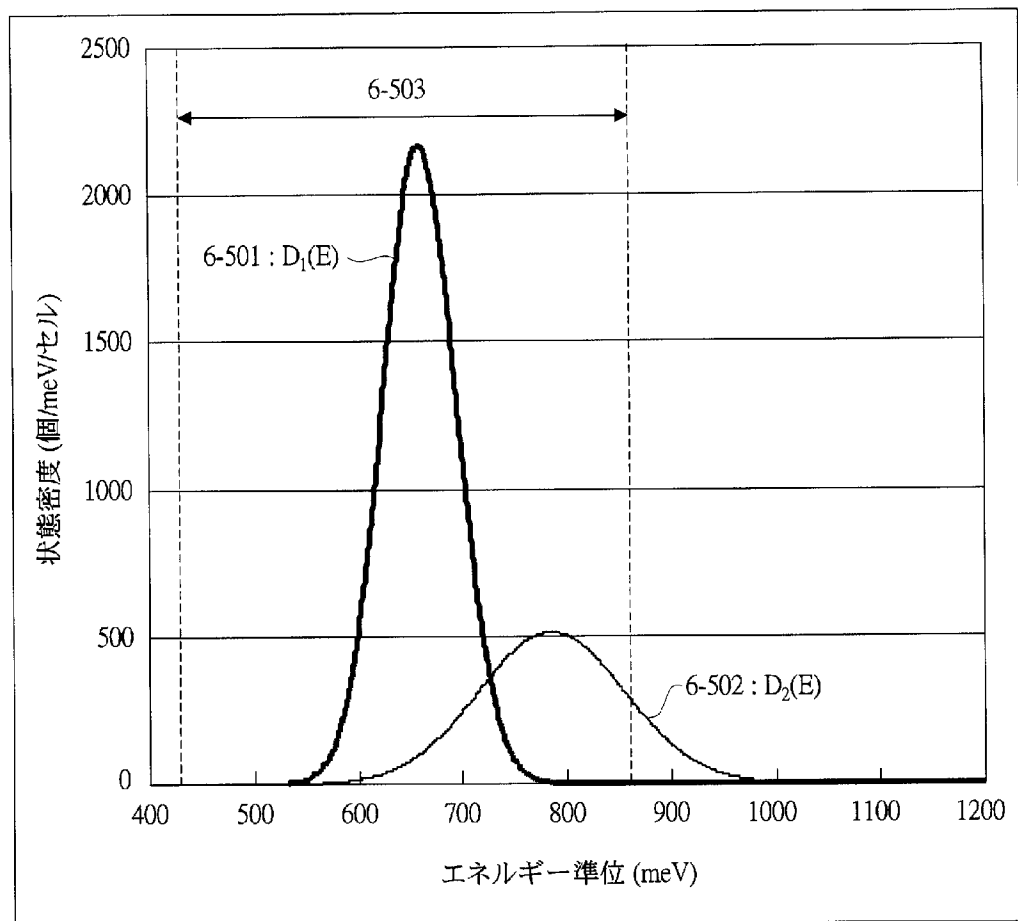
[図124]

図 124

①活性化エネルギーの平均値 ΔE_a の探索範囲と探索幅 $\text{Min}\{k_B T \ln(t_i f_{ph})\} - 3 k_B T$ 以下から $\text{Max}\{k_B T \ln(t_i f_{ph})\} + 3 k_B T$ 以上 $k_B T \ln(t_i f_{ph})$ の平均値以下
②活性化エネルギーの分散幅 σ_E の探索範囲 $k_B T \ln(t_i f_{ph})$ の平均値以下
③実効数 N_{ce} の探索範囲 計測条件 t_i における時間オーダー幅

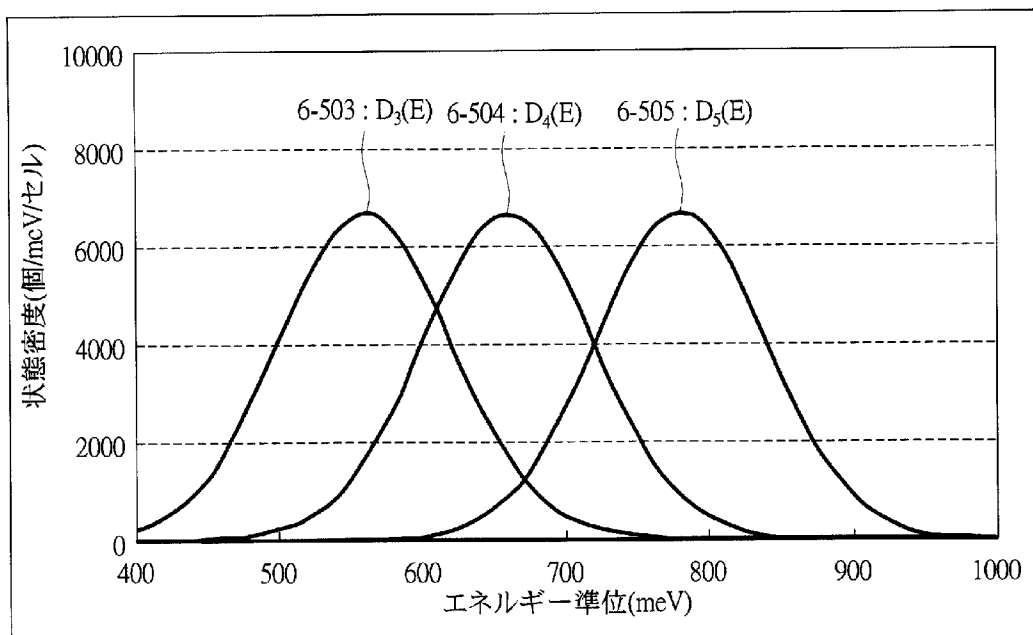
[図125]

図 125



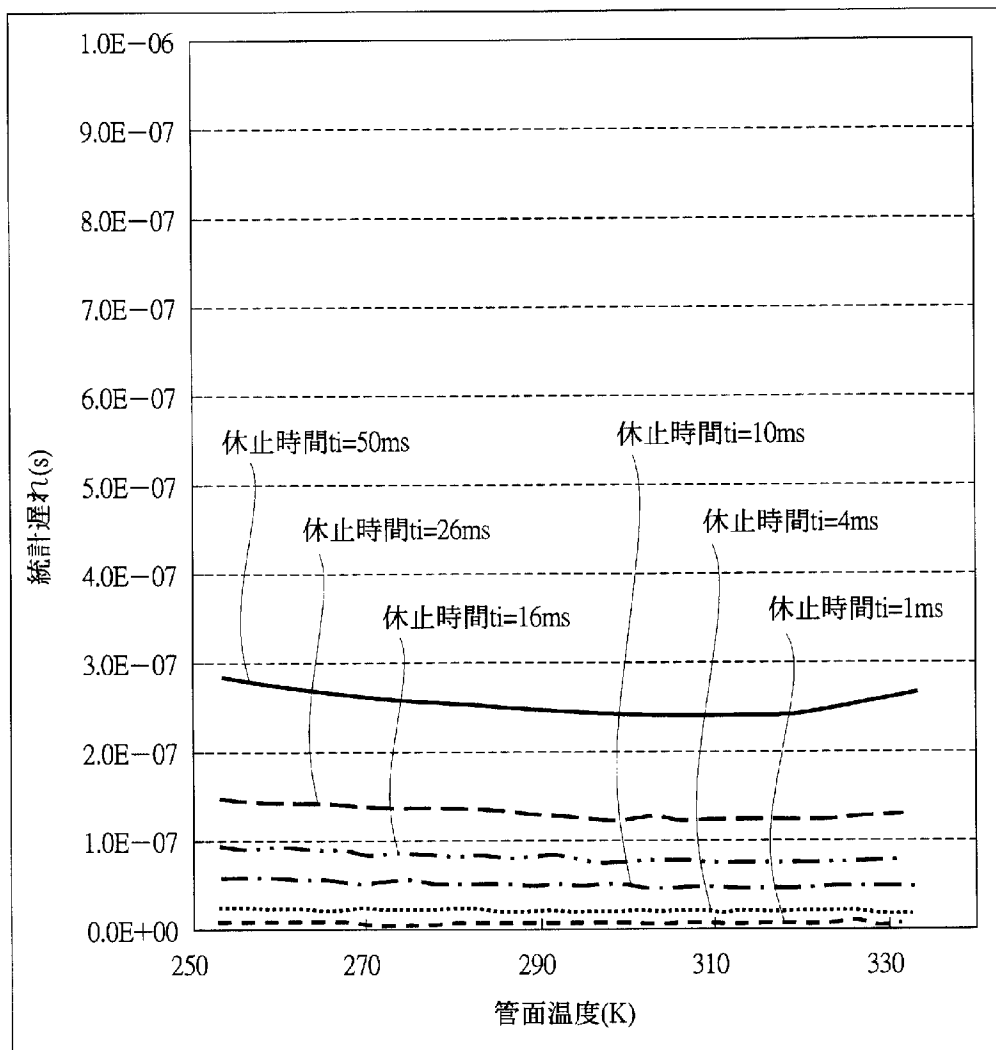
[図126]

図 126



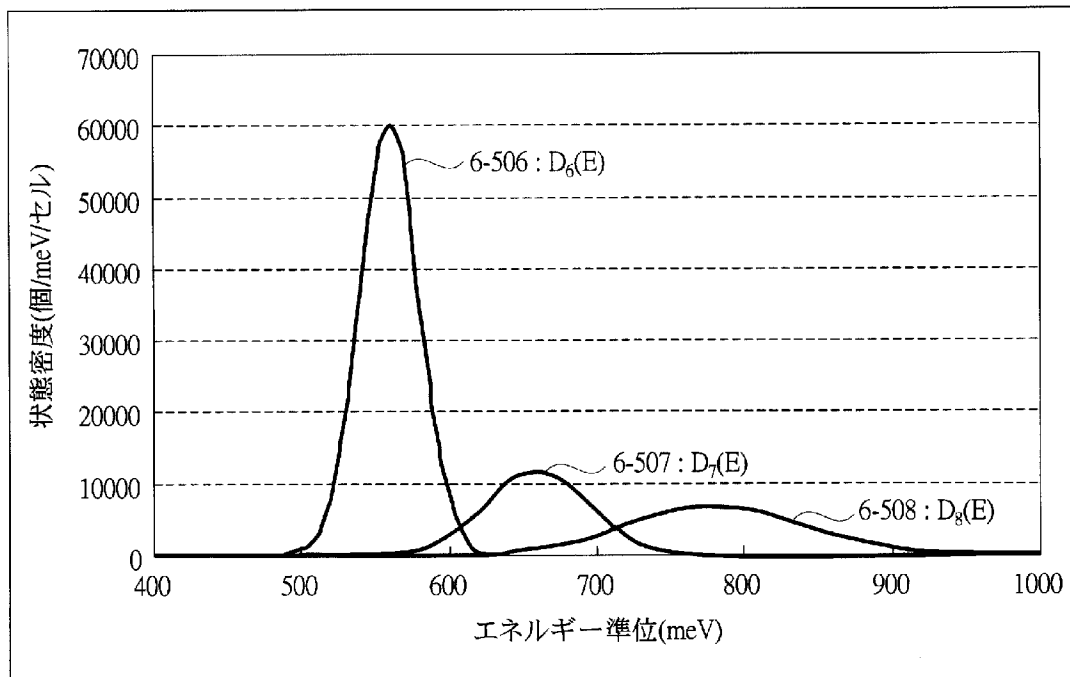
[図127]

図 127



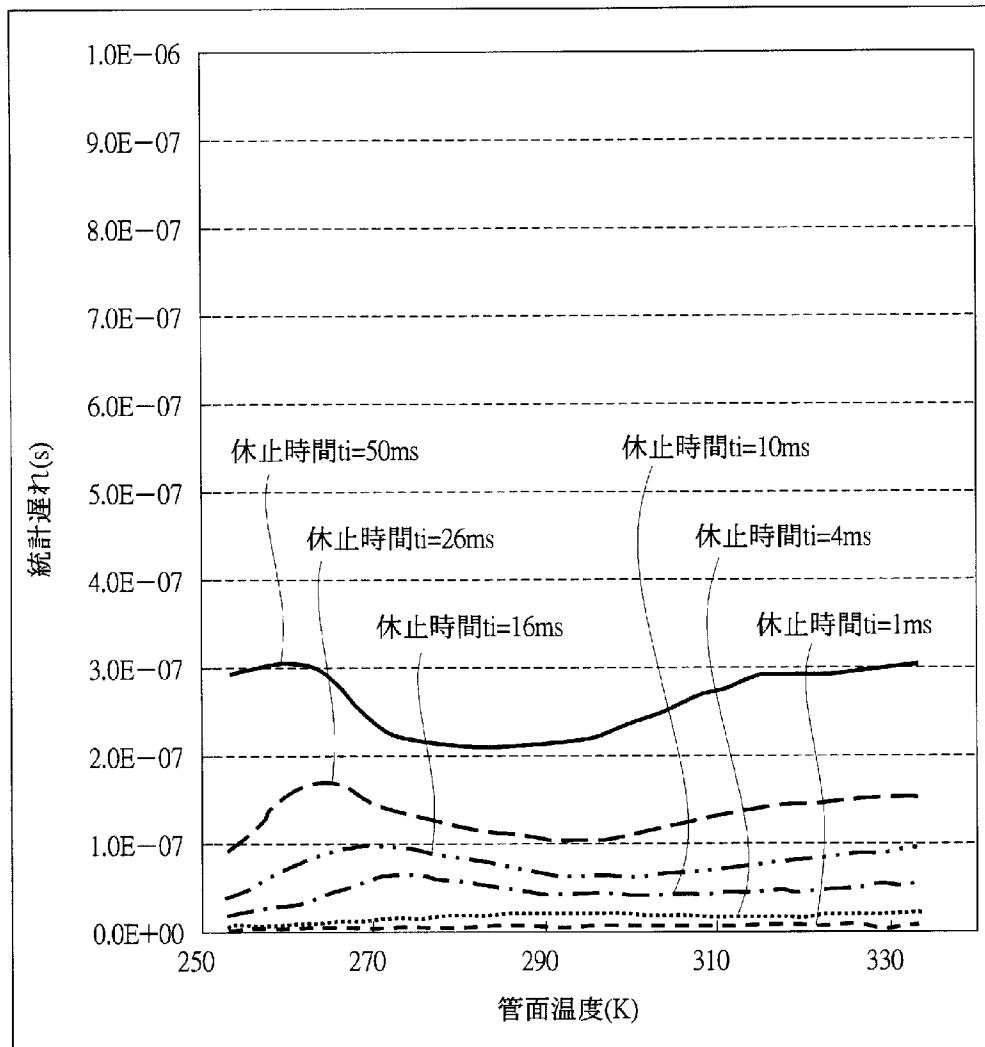
[図128]

図 128



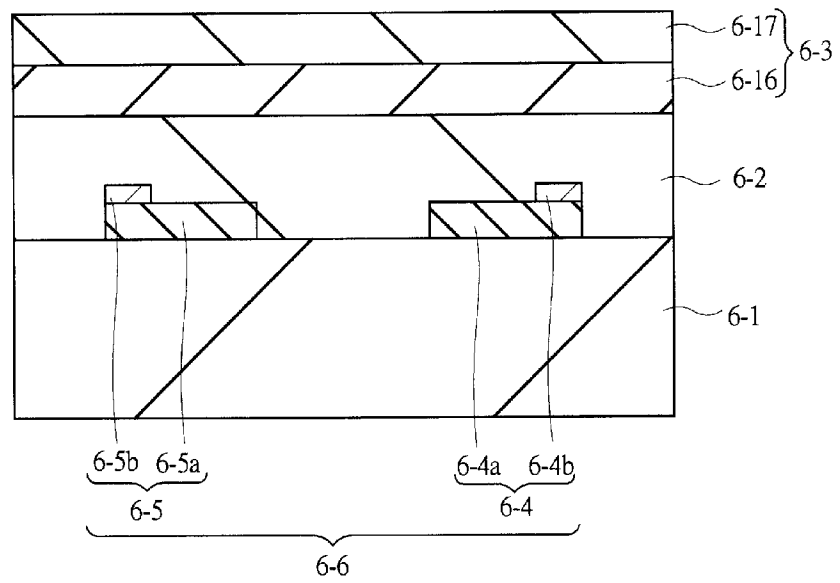
[図129]

図 129



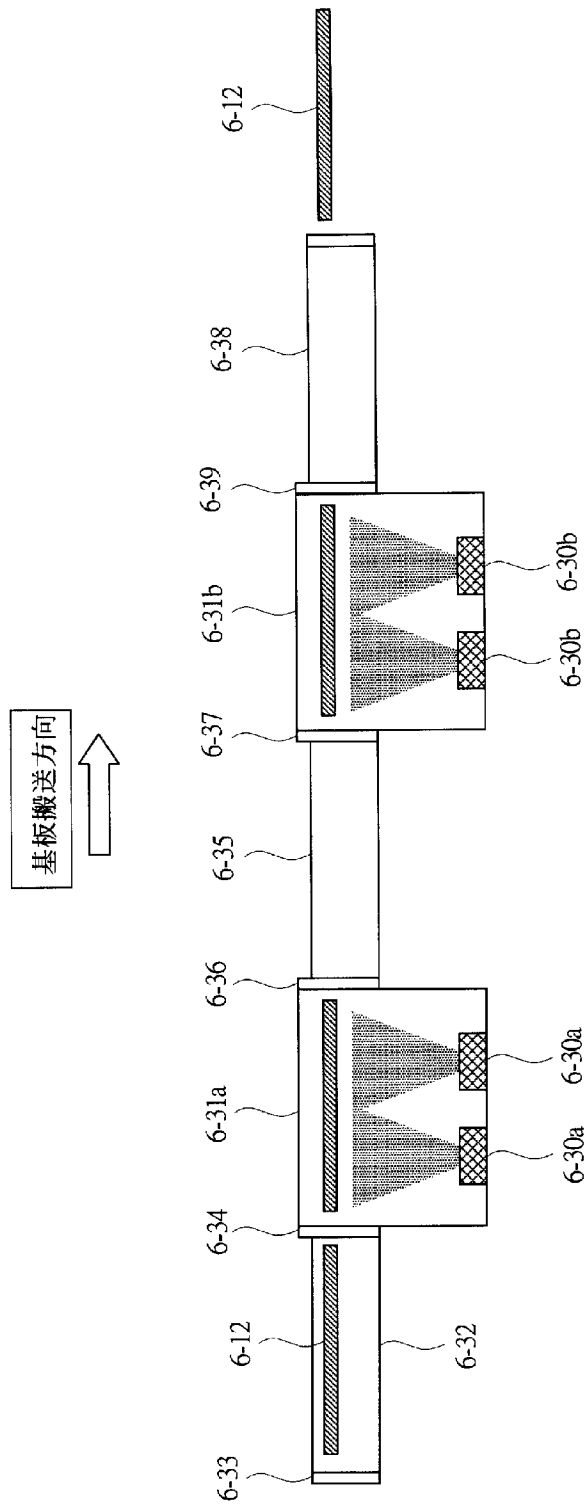
[図130]

図 130



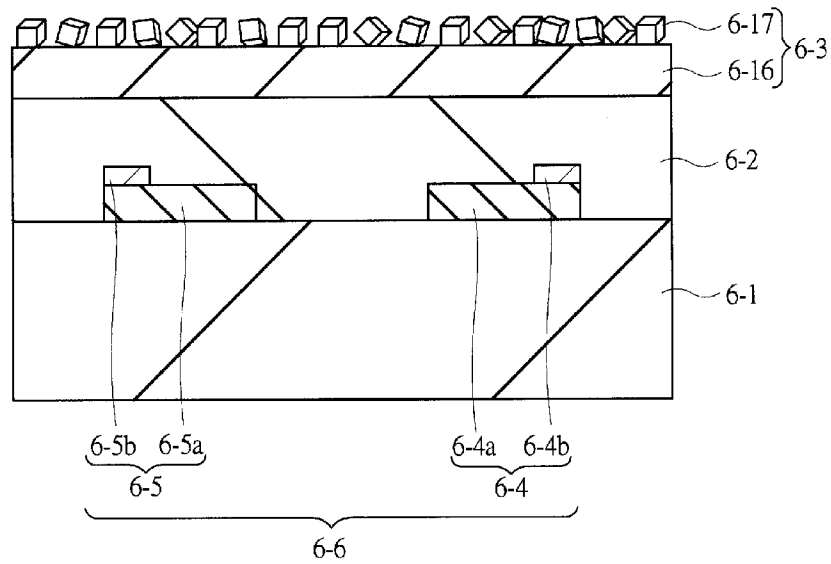
[図131]

図 131



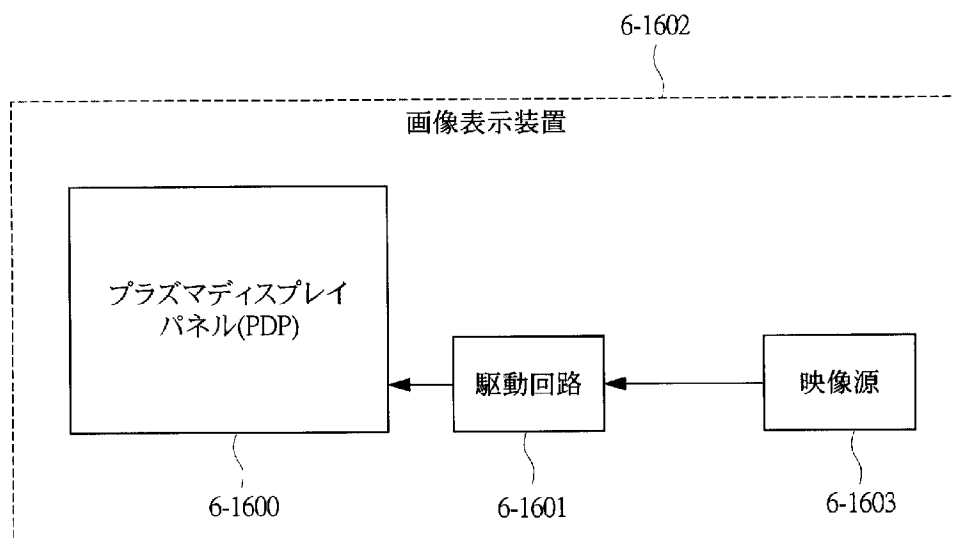
[図132]

図 132



[図133]

図 133



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/050842

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01J11/02 (2006.01) i, H01J9/02 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01J11/02, H01J9/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2010

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2010 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2008-521173 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 19 June 2008 (19.06.2008), paragraphs [0002] to [0006], [0009] to [0011]; fig. 1, 2 & US 2006/0103307 A1 & WO 2006/135450 A2 & KR 10-2007-0083508 A & CN 101438370 A	1
Y	JP 2006-169636 A (Samsung SDI Co., Ltd.), 29 June 2006 (29.06.2006), paragraphs [0012], [0087] to [0094] & US 2006/0134437 A1 & EP 1672667 A2 & DE 602005013478 D & KR 10-2006-0069573 A & KR 10-2006-0082180 A & CN 1821136 A	1



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 April, 2010 (15.04.10)

Date of mailing of the international search report

27 April, 2010 (27.04.10)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/050842

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006-207013 A (Mitsubishi Materials Corp.), 10 August 2006 (10.08.2006), entire text; all drawings & JP 2006-207014 A & US 2007/0281185 A1 & US 2008/0003460 A1 & EP 1777318 A1 & EP 1777319 A1 & WO 2006/006627 A1 & WO 2006/006633 A1 & KR 10-2007-0060068 A & CN 1985020 A & CN 101018883 A	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/050842

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
See extra sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
Claim 1

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/050842

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet(2)

For the following reasons, this application is considered to involve five inventions which do not comply with the requirement of unity of invention.

A matter common among the inventions in claims 1-24 is "a plasma display including a plasma display panel which comprises a pair of substrates disposed face to face to form a discharge space therebetween, a plurality of electrodes formed on one substrate, a dielectric layer formed on the electrodes, and a protective layer covering the dielectric layer, the discharge space being filled with a discharge gas, the protective layer comprising MgO as the main component and containing scandium as an impurity".

However, as a result of a search, it has become obvious that the plasma display device is not novel because it is disclosed in document 1 and document 2.

Document 1: JP 2008-521173 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 19 June 2008 (19.06.2008), [0002]-[0006], [0009]-[0011], [fig. 1], [fig. 2] & US 2006/0103307 A1 & WO 2006/135450 A2 & KR 10-2007-0083508 A & CN 101438370 A

Document 2: JP 2006-169636 A (Samsung SDI Co., Ltd.), 29 June 2006 (29.06.2006), [0012], [0087]-[0094] & US 2006/0134437 A1 & EP 1672667 A2 & DE 602005013478 D & KR 10-2006-0069573 A & KR 10-2006-0082180 A & CN 1821136 A

Consequently, the plasma display does not make a contribution over the prior art. That common matter (the plasma display) is hence not regarded as a special technical feature in the meaning of the second sentence of PCT Rule 13.2.

Therefore, there is no matter common among all of the inventions in claims 1-24.

Any other common matter is not considered to be a special technical feature in the meaning of the second sentence of PCT Rule 13.2. No technical relationship in the meaning of PCT Rule 13 can hence be found among those different inventions.

From the above, the inventions in claims 1-24 clearly do not comply with the requirement of unity of invention.

In view of the above, the inventions in claims 1-24 are classified into the following five inventions.

Main invention: Claim 1

An invention having a special technical feature which resides in "the scandium concentration is 10-740 mass ppm of the MgO, and the protective layer satisfies the relationship $0.22x+12 \leq y \leq 1/(8.0 \times 10^{-4} \ln x + 1.9 \times 10^{-3})$ (1-I) (wherein y is the scandium concentration in the MgO, the unit thereof being mass ppm, and x , indicating the maximum reset interval in the driving mode, is a value in the range of $0.5 \leq x \leq 50$, the unit thereof being ms)".

Second invention: Claims 2-5

An invention having a special technical feature which resides in "the scandium concentration is 10-525 mass ppm of the MgO".

Third invention: Claims 6-10

An invention having a special technical feature which resides in "scandium (Sc) and silicon (Si) are contained as impurity elements, the
(Continued to the next extra sheet)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/050842

scandium (Sc) concentration is 5-525 mass ppm, the silicon (Si) concentration is 5-1,000 mass ppm, and when the scandium (Sc) concentration is expressed by x (unit, mass ppm) and the silicon (Si) concentration is expressed by y (unit, mass ppm), then the relationship $y \leq -3.5x + 1845$ (2-I) is satisfied".

Fourth invention: Claims 11-19

An invention having a special technical feature which resides in "the protective layer contains priming-electron emission sources in a total number of 1.1×10^6 to 8.1×10^6 per cell in terms of effective number".

Fifth invention: Claims 20-24

An invention having a special technical feature which resides in "the protective film is an MgO film containing at least one additive selected from a group consisting of Sc, Ga, In, Si, and Ge in an amount in the range of 10-1,000 atom ppm and has a refractive index at a wavelength of 632.8 nm of 1.72 or higher".

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H01J11/02(2006.01)i, H01J9/02(2006.01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H01J11/02, H01J9/02			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1 9 2 2－1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1－2 0 1 0 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6－2 0 1 0 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4－2 0 1 0 年			
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	
Y	JP 2008-521173 A（松下電器産業株式会社）2008.06.19, [0002]－[0006], [0009]－[0011], [図1], [図2] & US 2006/0103307 A1 & WO 2006/135450 A2 & KR 10-2007-0083508 A & CN 101438370 A	1	
Y	JP 2006-169636 A（三星エスディアイ株式会社）2006.06.29, [0012], [0087]－[0094] & US 2006/0134437 A1 & EP 1672667 A2 & DE 602005013478 D & KR 10-2006-0069573 A & KR 10-2006-0082180 A & CN 1821136 A	1	
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 1 5 . 0 4 . 2 0 1 0		国際調査報告の発送日 2 7 . 0 4 . 2 0 1 0	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官（権限のある職員） 野田 華代 電話番号 03-3581-1101 内線 3226	2 G 4 4 5 5

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2006-207013 A (三菱マテリアル株式会社) 2006.08.10, 全文・ 全図 & JP 2006-207014 A & US 2007/0281185 A1 & US 2008/0003460 A1 & EP 1777318 A1 & EP 1777319 A1 & WO 2006/006627 A1 & WO 2006/006633 A1 & KR 10-2007-0060068 A & CN 1985020 A & CN 101018883 A	1

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（P C T 17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってP C T規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところこの国際調査機関は認めた。
特別ページ参照

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

請求項 1

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

以下の理由により、この出願は発明の単一性を満たさない5の発明を含む。

請求項1－24に係る発明に共通する事項は、「一對の基板が対向に配置されて放電空間を形成し、一方の基板上に複数の電極と前記電極上に誘電体層と前記誘電体層を覆う保護層が形成され、前記放電空間には放電ガスが充填されたプラズマディスプレイパネルと、保護層は、MgOを主成分とし、不純物としてScを含む、プラズマディスプレイ」である。

しかしながら、調査の結果、上記プラズマディスプレイ装置は、文献1及び文献2に開示されているので、新規でないことが明らかになった。

文献1：JP 2008-521173 A（松下電器産業株式会社）2008.06.19, [0002]－[0006], [0009]－[0011], [図1], [図2] & US 2006/0103307 A1 & WO 2006/135450 A2 & KR 10-2007-0083508 A & CN 101438370 A

文献2：JP 2006-169636 A（三星エスディアイ株式会社）2006.06.29, [0012], [0087]－[0094] & US 2006/0134437 A1 & EP 1672667 A2 & DE 602005013478 D & KR 10-2006-0069573 A & KR 10-2006-0082180 A & CN 1821136 A

結果として、上記プラズマディスプレイは、先行技術の域を出ないから、PCT規則13.2の第2文の意味において、この共通事項（上記プラズマディスプレイ）は特別な技術的特徴ではない。

それ故、請求項1－24に係る発明全てに共通する共通する事項はない。

PCT規則13.2の第2文の意味において特別な技術的特徴と考えられる他の共通する事項は存在しないので、それらの相違する発明の間にPCT規則13の意味における技術的関連を見いだすことはできない。

よって、請求項1－24に係る発明は、発明の単一性の要件を満足していないことが、明らかである。

したがって、請求項1－24に係る発明は、次の5つの発明からなる。

主発明：請求項1

「MgOに対する前記Scの濃度が10質量ppm以上740質量ppm以下であり、且つ、 $0.22x + 1.2 \leq y \leq 1 / (8.0 \times 10^{-4} \ln x + 1.9 \times 10^{-3}) \cdots (1-I)$ 、（但し、式(1-I)において、yは前記MgOに対して含まれる前記Scの濃度であり、単位は質量ppmで示され、xは前記駆動方法における最大リセット間隔で、単位はmsであり、 $0.5 \leq x \leq 50$ の範囲の値である）、を満たすこと」を特別な技術的特徴とする発明。

第2発明：請求項2－5

「MgOに対する前記Scの濃度は、10質量ppm以上525質量ppm以下であること」を特別な技術的特徴とする発明。

第3発明：請求項6－10

「不純物元素としてスカンジウム(Sc)及びシリコン(Si)を含み、前記スカンジウム(Sc)の濃度が5質量ppm以上525質量ppm以下であり、前記シリコン(Si)の濃度が5質量ppm以上1000質量ppm以下であり、且つ、前記スカンジウム(Sc)の濃度をx（単位は質量ppm）、前記シリコン(Si)の濃度をy（単位は質量ppm）とした場合に、 $y \leq -3.5x + 1845 \cdots (2-I)$ 、を満たすこと」を特別な技術的特徴とする発明。

第4発明：請求項11－19

「保護層は、プライミング電子放出源の実効数の総数を 1.1×10^6 個／セル以上、 8.1×10^6 個／セル以下含むこと」を特別な技術的特徴とする発明。

第5発明：請求項20－24

「保護膜は、Sc、Ga、In、Si、Geの群から選ばれる少なくとも1種の添加材料を10～1000atom ppmの範囲で含むMgO膜で、かつ、波長632.8nmにおける屈折率が1.72以上であること」を特別な技術的特徴とする発明。