

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4226651号
(P4226651)

(45) 発行日 平成21年2月18日(2009.2.18)

(24) 登録日 平成20年12月5日(2008.12.5)

(51) Int.Cl.

H01J 9/02 (2006.01)

F I

H01J 9/02

B

請求項の数 19 (全 48 頁)

(21) 出願番号 特願平10-500698
 (86) (22) 出願日 平成9年6月5日(1997.6.5)
 (65) 公表番号 特表2000-512067(P2000-512067A)
 (43) 公表日 平成12年9月12日(2000.9.12)
 (86) 国際出願番号 PCT/US1997/009198
 (87) 国際公開番号 WO1997/047021
 (87) 国際公開日 平成9年12月11日(1997.12.11)
 審査請求日 平成16年5月19日(2004.5.19)
 (31) 優先権主張番号 660,536
 (32) 優先日 平成8年6月7日(1996.6.7)
 (33) 優先権主張国 米国(US)
 (31) 優先権主張番号 660,538
 (32) 優先日 平成8年6月7日(1996.6.7)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人
 弁理士 大島 陽一
 (74) 代理人
 弁理士 西山 恵三
 (72) 発明者 ルドウィグ、ポール・エヌ
 アメリカ合衆国カリフォルニア州9455
 O・リバモア・アスターレーン 1209
 (72) 発明者 ヘイブン、ドゥエイン・エイ
 アメリカ合衆国オレゴン州97486・ア
 ンプカ・ティーロード 10246

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子放出デバイスを製作するための方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電子放出デバイスを製作するための方法であって、
 構造体における電子放出デバイスを形成する主要面側を上側とし、その裏面側を下側とし、
 前記方法は、
 多数の粒子を構造体上に分布させる過程と、
 前記粒子を用いて、前記構造体内の電氣的絶縁性の絶縁層上に設けられる電氣的非絶縁ゲート層を貫通して延在する多数のゲート開口部に対する位置を確定する過程と、
 前記ゲート層を貫通する前記ゲート開口部を形成する過程と、
 前記ゲート開口部の側面を概ね覆うが、前記絶縁層まで延在するアパーチャを残すように、前記ゲート開口部内にスペーサ材料を設ける過程と、
 前記アパーチャを通して前記絶縁層をエッチングし、前記絶縁層を貫通して前記絶縁層の下側に設けられる下側電氣的非絶縁領域に至る誘電体開口部を形成する過程と、
 前記誘電体開口部内に電氣的非絶縁エミッタ材料を導入し、前記下側電氣的非絶縁領域上に電子放出素子を形成する過程とを有し、
 前記電子放出素子を形成する過程が、前記エミッタ材料を導入した後に、前記スペーサ材料を除去する過程を含み、
 前記スペーサ材料を設ける過程が、前記ゲート開口部内に前記スペーサ材料を選択的に堆積させる過程を有することを特徴とする方法。

10

20

【請求項 2】

前記電子放出素子を形成する過程が、前記エミッタ材料を導入した後に、前記電子放出素子となる電子放出フィラメントの周囲に誘電体開口空間を形成するために前記ゲート開口部を通して前記絶縁層をエッチングする過程をさらに有することを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記誘電体開口部内に形成されている前記電子放出素子が、前記誘電体開口部のための前記ゲート開口部の前記側面に沿って配置される前記スペーサ材料と接触するとき、前記各誘電体開口部に対する前記エミッタ材料の導入が自動的に終了することを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 4】

前記粒子を分布させる過程が、前記絶縁層及び前記ゲート層の 1 つの表面上に直接前記粒子を分布させる過程を有することを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記粒子を分布させる過程が、前記絶縁層上に前記粒子を分布させる過程を有し、前記ゲート開口部に対する位置を確定する過程がさらに、少なくとも前記粒子間の空間内にある前記絶縁層上に電氣的非絶縁ゲート材料を設ける過程と、残りのゲート材料が前記ゲート層を貫通して延在する前記ゲート開口部を有する前記ゲート層を形成するように、前記粒子と前記粒子の上側をなす概ねすべての材料とを除去する過程とを有することを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 6】

前記粒子を分布させる過程が、前記ゲート層上に前記粒子を分布させる過程を有し、前記ゲート開口部に対する位置を確定する過程が、少なくとも前記粒子間の空間内にある前記ゲート層上に追加の材料を設ける過程と、前記追加の材料を貫通して前記ゲート層を露出する追加材料開口部を形成するように、前記粒子と前記粒子の上側をなす概ねすべての材料とを除去する過程と、前記追加材料開口部を通して前記ゲート層をエッチングし、前記ゲート層を貫通するゲート開口部を形成する過程とを有することを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記粒子を分布させる過程に先行して、前記構造体の前記絶縁層上にパターン転写層を設ける過程をさらに有し、前記粒子を分布させる過程が前記パターン転写層上に前記粒子を分布させる過程を有し、前記ゲート開口部に対する位置を確定する過程が、前記粒子により覆われていない前記パターン転写層の材料を除去することにより、前記パターン転写層から柱状部を形成する過程と、少なくとも前記柱状部間の空間内にある前記絶縁層上に電氣的非絶縁ゲート材料を堆積させる過程と、残りのゲート材料が前記ゲート層を形成するように、前記柱状部と、前記柱状部の上側をなす、前記粒子を含む概ねすべての材料を除去する過程とを有することを特徴する請求項 1 に記載の方法。

30

40

【請求項 8】

電子放出デバイスを製作するための方法であって、構造体における電子放出デバイスを形成する主要面側を上側とし、その裏面側を下側とし、前記方法は、多数の粒子を構造体上に分布させる過程と、前記粒子を用いて、前記構造体内の電氣的絶縁層上に設けられる電氣的非絶縁ゲート層を貫通して延在する多数のゲート開口部に対する位置を確定する過程と、前記ゲート層を貫通する前記ゲート開口部を形成する過程と、

50

前記ゲート開口部の側面を概ね覆うが、前記絶縁層まで延在するアパーチャを残すように、前記ゲート開口部内にスペーサ材料を設ける過程と、
前記アパーチャを通して前記絶縁層をエッチングし、前記絶縁層を貫通して前記絶縁層の下側に設けられる下側電気的非絶縁領域に至る誘電体開口部を形成する過程と、
前記誘電体開口部内に電気的非絶縁エミッタ材料を導入し、前記下側電気的非絶縁領域上に電子放出素子を形成する過程と、
前記スペーサ材料を除去する過程とを有し、
前記粒子を分布させる過程が前記絶縁層上に前記粒子を分布させる過程を有し、
前記ゲート開口部に対する位置を確定する過程とスペーサ材料を設ける過程が、
前記粒子間の空間内にある前記絶縁層上に電気的非絶縁ゲート材料を堆積し、前記粒子の
前記位置において前記ゲート開口部を有するゲート層を形成する過程と、
前記絶縁層の上にある前記粒子の下側の前記ゲート開口部において前記スペーサ材料を設ける過程と、
前記粒子と前記粒子の上側をなす概ねすべての材料を除去する過程とを有することを特徴とする方法。

10

【請求項 9】

前記ゲート開口部に対する位置を確定する過程が、前記各ゲート開口部が対応する一次開口部に垂直に整列されるように、前記ゲート開口部に対応する多数の前記一次開口部を有し、前記ゲート層上に形成される一次層を設ける過程を有することを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 10】

前記粒子を分布させる過程が、前記絶縁層、前記ゲート層並びに前記一次層の 1 つの層の上に前記粒子を分布させる過程を有することを特徴とする請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

前記粒子を分布させる過程が前記絶縁層上に前記粒子を分布させる過程を有し、
前記ゲート開口部に対する位置を確定する過程がさらに、
少なくとも前記粒子間の空間内にある前記絶縁層上に電気的非絶縁ゲート材料を設ける過程と、
少なくとも前記粒子間の空間内にある前記ゲート層上に一次材料を設ける過程と、

(a) 残りの一次材料が一次層を貫通して延在する前記一次開口部を有する前記一次層を形成し、また (b) 残りのゲート材料が前記ゲート層を貫通して延在する前記ゲート開口部を有する前記ゲート層を形成するように、前記粒子と前記粒子の上側をなす概ねすべての材料を除去する過程とを有することを特徴とする請求項 9 に記載の方法。

30

【請求項 12】

前記粒子を分布させる過程が前記ゲート層上に前記粒子を分布させる過程を有し、前記ゲート開口部に対する位置を確定する過程がさらに、
少なくとも前記粒子間の空間内にある前記ゲート層上に一次材料を設ける過程と、
残りの一次材料が一次層を貫通して延在する前記一次開口部を有する前記一次層を形成するように、前記粒子と前記粒子の上側をなす概ねすべての材料を除去する過程と、
前記一次開口部を通して前記ゲート層をエッチングし、前記ゲート開口部を形成する過程とを有することを特徴とする請求項 9 に記載の方法。

40

【請求項 13】

前記粒子を分布させる過程が前記一次層上に前記粒子を分布させる過程を有し、前記ゲート開口部に対する位置を確定する過程がさらに、
少なくとも前記粒子間の空間内にある前記一次層上に追加の材料を設ける過程と、
前記追加の材料を貫通して前記一次層を露出する追加材料開口部を形成するように、前記粒子と前記粒子の上側をなす概ねすべての材料を除去する過程と、
前記追加材料開口部を通して前記一次層をエッチングし、前記一次開口部を形成する過程と、
前記一次開口部を通して前記ゲート層をエッチングし、前記ゲート開口部を形成する過程

50

とを有することを特徴とする請求項 9 に記載の方法。

【請求項 14】

前記電子放出素子が概ねフィラメントの形状をなして形成されることを特徴とする請求項 1 乃至 8 の何れか一項に記載の方法。

【請求項 15】

電子放出デバイスを製作するための方法であって、
構造体における電子放出デバイスを形成する主要面側を上側とし、その裏面側を下側とし、
前記方法は、

電氣的絶縁層上に多数の粒子を分布させる過程と、
下側カバー材料が前記粒子間の空間を覆い、さらに前記絶縁層の上側の前記粒子の下側の空間内に概ね延在するように前記絶縁層上に前記下側カバー材料を設け、前記粒子のそれぞれに対応する位置に下側開口部を有する下側カバー層を形成する過程と、
前記粒子間の空間内にある前記下側カバー層上に上側カバー材料を設け、前記粒子のそれぞれに対応する位置に前記下側開口部より大きい直径を有する上側開口部を備える上側カバー層を形成する過程と、

前記粒子と前記粒子の上側をなす概ねすべての材料を除去する過程と、
前記上側開口部及び前記下側開口部を通して、前記絶縁層をエッチングして、前記絶縁層を貫通して前記絶縁層の下側に設けられた下側電氣的非絶縁領域に至る誘電体開口部を形成する過程と、

前記誘電体開口部内に電氣的非絶縁エミッタ材料を導入し、前記下側電氣的非絶縁領域上に電子放出素子を形成する過程とを有し、
前記電子放出素子を形成する過程が、前記エミッタ材料を導入した後に、前記下側カバー層の前記上側開口部により露出された環状の部分を除去する過程を更に含むことを特徴とする方法。

【請求項 16】

前記カバー層の少なくとも 1 つが、ゲート層を形成する電氣的非絶縁ゲート材料からなることを特徴とする請求項 15 に記載の方法。

【請求項 17】

電子放出デバイスを製作するための方法であって、
構造体における電子放出デバイスを形成する主要面側を上側とし、その裏面側を下側とし、
前記方法は、

電氣的絶縁性の絶縁層上に多数の粒子を分布させる過程と、
少なくとも前記粒子間の空間内にある前記絶縁層上に電氣的非絶縁ゲート材料を設ける過程であって、前記粒子がゲート開口部の位置を確定する、該過程と、
前記ゲート材料上にスペーサ材料である一次材料を設ける過程であって、前記一次材料の一部が前記粒子の下の前記ゲート開口部内の前記絶縁層上に堆積し、前記一次材料に前記ゲート開口部より小さい直径を有する一次開口部が形成されるように行う、該過程と、
前記粒子と前記粒子の上側をなす概ねすべての材料とを除去する過程であって、残りの一次材料が前記一次開口部を有する一次層を形成するように行う、該過程と、

前記一次開口部を通して前記絶縁層をエッチングして、概ね前記絶縁層を貫通して下側をなす下側電氣的非絶縁領域に至る誘電体開口部を形成する過程と、
前記誘電体開口部及び前記一次開口部内に電氣的非絶縁エミッタ材料を導入し、各電子放出素子に対応する前記誘電体開口部に少なくとも部分的に配置されるように、前記下側電氣的非絶縁領域上に多数の電子放出素子を形成する過程とを有し、
前記電子放出素子を形成する過程が、前記エミッタ材料を導入した後に、前記一次層を除去する過程を含み、

前記電子放出素子を形成する過程が、
前記電氣的非絶縁エミッタ材料を前記一次開口部から溢れさせることにより、前記一次開

10

20

30

40

50

口部のそれぞれから外側に延在するキャップ部分を形成する過程であって、前記キャップ部分のそれぞれは互いに接触しないように形成される、該過程と、前記キャップ部分を除去する過程とを含むことを特徴とする方法。

【請求項 18】

前記電子放出素子により放出される電子を集めるために前記電子放出素子の上面にあり、かつ離れて配置されたアノード手段を設ける過程をさらに有することを特徴とする請求項 1 乃至 8 並びに請求項 17 の何れか一項に記載の方法。

【請求項 19】

前記電子放出素子から放出された電子が衝突した場合、光を放出するために、前記アノード手段が発光素子を有する発光構造体の一部として設けられることを特徴とする請求項 1 8 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

関連特許出願の相互参照

本発明は、Haven 等による同時出願の国際特許出願 PCT/US 97/09196 に一部類似の主題を扱っている。

技術分野

本発明は、通常カソードと呼ばれ、フラットパネルタイプの陰極線管 (CRT) ディスプレイのような製品に用いるのに適当な電子放出デバイスの製作に関連する。

背景技術

電界放出カソードは、十分に強い電界をかけると、電子を放出する。電界は、カソードと電極、すなわち一般にアノード或いはゲート電極と呼ばれ、カソードから短い距離だけ隔離した電極、との間に適当な電圧を加えることにより生成される。

フラットパネル CRT ディスプレイにおいて電界放出カソードを用いるとき、カソードから相当大きな面積に渡って電子が放出される。電子放出面積は、通常電子放出部の 2 次元配列に分割され、それぞれが対応する発光部の向かい側に配置され、ピクチャエレメント (画素) の一部或いは全てを形成する。各電子放出部により放出された電子は対応する発光部に衝突し、発光部が可視光を放出できるようにする。

一般に各発光部の面積に渡ってイルミネーションが均一である (一様である) ことが望まれる。一様なイルミネーションを達成するための方法の 1 つは、電子が対応する電子放出部の面積に渡って一様に放出されるように配列することである。これには一般的に、電子放出部を多くの小さな、近接して配置された電子放出素子として製作することが必要となる。

小さく、近接して配置された電子放出素子を含む電子放出デバイスを製造するために、種々の技術が研究されている。Spindt 等による「Research in Micron-Sized Field-Emission Tubes」(IEEE Conf.Rec.1966 Eighth Conf.Tube Techniques、1996 年 9 月 20 日、pp.143-147) は、小さく、ランダムに分布した球形の粒子を用いて、平坦な電界放出カソードに備える円錐形の電子放出素子に対する位置を確定する方法を記載する。球形粒子の大きさは、円錐形の電子放出素子の底面直径により決められる。

第 1 a ~ 1 g 図 (集合的に「第 1 図」とする) は、厚みのあるアノードを有する電子放出ダイオードを製作するために、Spindt 等が用いた球体に基づくプロセスを示す。第 1 a 図において、起点はサファイア基板 20 である。下側モリブデン層 22、絶縁層 24 並びに上側モリブデン層 26 からなるサンドウィッチ構造体が基板 20 上に配置される。

ポリスチレン球体 28 は、第 1 b 図にその 1 つが示されているが、モリブデン層 26 の上面に渡って散乱する。層 26 の覆われていない部分の上にレジスト層 30 A を形成するために、「レジスト」を堆積させる。第 1 c 図を参照されたい。レジストの部分 30 B は、典型的にはアルミナ (酸化アルミニウム) であり、レジスト堆積中に、球形粒子 28 上に蓄積される。その後球体 28 は除去され、それによりレジスト部分 30 B も除去される。第 1 d 図においては、レジスト層 30 A を貫通して、除去された球体 28 の位置に開口部 32 が延在する。

モリブデン層 26 の露出部は、レジスト開口部 32 を通してエッチングされ、モリブデン

10

20

30

40

50

層 2 6 を貫通する開口部 3 4 が形成され、残りの部分が第 1 e 図において成形体 2 6 A として示される。同様に、絶縁層 2 4 の露出した部分は、開口部 3 4 を通してエッチングされ、残された絶縁層 2 4 A を貫通する空洞 3 6 を形成する。第 1 f 図を参照されたい。レジスト層 3 0 A は、一般に空洞エッチング中に除去される。

最終的に、モリブデンが構造体の上面及び空洞 3 6 内に蒸着される。蒸着は、開口部を通りモリブデンが空洞 3 6 内に蓄積され、その開口部が徐々に閉じるように実行される。第 1 g 図において示されるように、円錐形のモリブデン電子放出素子 3 8 A が空洞 3 6 内に形成され、一方連続するモリブデン層 3 8 B はモリブデン層 2 6 A の上面に形成される。層 3 8 B 及び 2 6 A は共にダイオードに対するアノードを形成する。

Spindt 等が用いた電子放出素子の位置及び底面寸法を確定するために球形の粒子を利用する方法は、電子放出デバイスを形成する独創的なアプローチである。しかしながら素子 3 8 A により放出される電子はアノード 2 6 A / 3 8 B に集められるため、直接発光領域を活性化するためには用いられない。球形の粒子を用いて、概ね一様に、フラットパネルデバイスの発光素子を直接活性化するために利用できる電子を放出する、小さく、近接して配置された電子放出素子のための位置を確定することが望まれることになる。

発明の開示

本発明は一連の製作プロセスを提供し、そのプロセスでは典型的に球形の粒子が、ゲート型電子放出デバイス (gated electron-emitting device) を製造する際に用いられる。その粒子がゲート型電子エミッタの電子放出素子の位置を確定する。重要なことは、本発明の製作プロセスにより、電子放出素子により放出される電子を、フラットパネルデバイスの発光領域のような素子を直接活性化するために利用できるようになるということである。

粒子の表面密度は、電子放出素子の表面密度を定義する (表面密度に等しい)。粒子の表面密度は容易に高い値に設定することができる。従って、電子放出素子の高い表面密度を容易に達成することができる。粒子、すなわち電子放出素子は互いに対して非常にランダムに配置させることができるが、単位面積あたりの電子放出素子の数は全電子放出面積に渡って比較的一様になる。

また粒子は、厳密な粒度分布を有するように、すなわち平均粒子直径の標準偏差がかなり小さくなるように容易に選択することができる。厚さのようないくつかの寸法に関するパラメータの値を適当に調整することにより、電子放出素子は概ね同等になるように形成することができる。そして最終的な結果は、本発明の製造プロセスに従って粒子を用いることにより、概ね一様な電子放出を達成することができ、それにより発光領域を概ね一様な状態で直接活性化することができる。

本発明のゲート型電子エミッタを製作する際に、多くの粒子が適当な初期構造体上に分布される。重要なことは、初期構造体の横方向面積の大きさが典型的には、初期構造体上に比較的一様に (概ねランダムにすることにより) 粒子を分布させることに関してほとんど影響を与えないという点である。従って、本発明の製作プロセスは、大面積の電子エミッタを形成するために容易に用いることができる。

粒子は典型的には球形である。初期構造体上に分布させた後、その粒子を利用して、その構造体の電氣的絶縁層上に設けられる電氣的非絶縁ゲート層を貫通して延在する、対応するゲート開口部に対する位置を確定する。以下に議論するように、「電氣的非絶縁性」は、電氣的導電性或いは電氣的抵抗性を意味する。

粒子は、絶縁層上或いはゲート層上に分布させることができるが、そのいずれかにより粒子を利用してゲート開口部を画定するための順序が異なる。粒子が絶縁層上に分布するとき、電氣的非絶縁ゲート材料は、絶縁層上、すなわち少なくとも粒子間の空間内に設けられる。その後粒子は除去される。粒子の除去中に、粒子の上側をなす全てのゲート材料が同時に除去される。残りのゲート材料はゲート層を形成し、そのゲート層を貫通して除去された粒子の位置にゲート開口部が延在する。

粒子がゲート層上に分布するとき、さらに多くの材料がゲート層上、少なくとも粒子間の空間に設けられる。その後粒子は除去され、それにより粒子の上側をなす追加の材料も同

10

20

30

40

50

時に除去される。その後残りの材料を貫通して除去された粒子の位置にアパーチャが延在する。ゲート層は残りの材料における開口部を通して概ねエッチングされ、ゲート開口部が形成される。

一次層をゲート層上に形成することができる。この一次層は典型的には無機誘電体材料からなる。もし追加の材料も存在するのであれば、一次層はゲート層とその材料との間に配置される。多数の一次開口部が一次層を貫通して延在する。各ゲート開口部は、対応する一次開口部の1つに垂直に整列される。一次層を用いて本発明によるゲート型電子エミッタを製作するとき、その粒子を絶縁層、ゲート層、或いは一次層上に分布させることができる。この3つの層の何れの層上に粒子が分布するかによって、その粒子を利用して、前述の2つの段落において記載されたのと同じ種類の一連のプロセスによりゲート開口部を

10

画定する。パターン転写層を絶縁層上に設けることができる。その際、粒子はパターン転写層上に分布され、その後粒子により覆われていないパターン転写層の部分を除去することにより柱状部がパターン転写層から形成される。ゲート材料は、絶縁層上、少なくとも柱状部間の空間内に堆積する。柱状部、及び粒子を含む、あらゆる上側をなす材料は除去される。残りのゲート材料がゲート層を形成し、除去された柱状部の位置にゲート開口部がそのゲート層を貫通して延在する。

粒子を用いてどのようにゲート開口部を画定するかにかかわらず、一般にフラメントの形状をなす電子放出素子を容易に製造するために、さらに追加のプロセスを実行することができる。例えば、スペーサ材料がゲート開口部内に設けられ、ゲート開口部の側面端部を覆うようにすることができるが、スペーサ材料を貫通し絶縁層まで延在する対応する開口部は残される。絶縁層はスペーサ材料内のアパーチャを通して概ねエッチングされ、概ね絶縁層を貫通してその絶縁層の下に設けられる下側非絶縁領域に至る対応する誘電体開口部を形成する。別法では、絶縁層はゲート開口部を通してエッチングされ、その絶縁層を貫通する誘電体開口部を形成することができる。その後スペーサ材料が誘電体開口部内に設けられ、概ねその側面端部を覆うが、スペーサ材料を貫通して下側非絶縁領域まで延在する対応するアパーチャは残される。

20

電子放出素子は、その絶縁層がゲート開口部を通してエッチングされるか、或いはスペーサ材料内のアパーチャを通してエッチングされるかのいずれかによって、電気的非絶縁エミッタ材料を誘電体開口部内か、或いはスペーサ材料を貫通するアパーチャ内のいずれかに導入することにより下側非絶縁領域上に形成される。その結果、電子放出素子は典型的にはフラメントとして成形される。スペーサ材料はゲート層と各電子放出素子との間にある横方向空間を制御する。

30

上述の一次層を用いるプロセスの流れでは、一般に円錐形の形状の電子放出素子を容易に生成するように、一次層、ゲート層並びに絶縁層を有する構造体上で、さらに追加のプロセスを実行することができる。詳細には、絶縁層は一次開口部及びゲート開口部を通してエッチングされ、絶縁層を貫通して絶縁層の下側に設けられる下側電気的非絶縁領域に至る対応する誘電体開口部を形成することができる。各一次開口部は通常、対応するゲート開口部より大きくはない。従って、一次開口部が（後に形成される）電子放出素子の横方向寸法を確定する。典型的な場合として厳密な粒度分布を有する粒子を選択することにより、その一次開口部の粒度分布は第一次近似の範囲で、同様に厳密になる。

40

電気的非絶縁エミッタ材料が、一次開口部及びゲート開口部を通り一次層上に、さらには誘電体開口部内に堆積し、下側非絶縁領域上に対応する電子放出素子を形成する。電子放出素子は典型的にはコーン（円錐形状体）として成形される。一次開口部は典型的には厳密な粒度分布を有するため、電子放出素子に占有される横方向面積は典型的には概ね等しくなる。その後一次層は、一次層上に蓄積される余分なエミッタ材料を剥離するように除去される。

Spindt等が行った方法とは異なり、本発明により製作された電子エミッタ内の電子放出素子により放出された電子の動きは、通常絶縁層上に堆積した電気的導電性材料により妨げられることはない。その電子は電子エミッタを越えて移動し、電子エミッタの上側に適当

50

な距離において配置される発光用蛍光体領域のような素子を活性化させることができる。要するに、本発明は、フラットパネルCRTデバイス、特に大型フラットパネルCRTディスプレイに容易に組み込むことができる高性能電子エミッタを製造するための一連の経済的なプロセスを提供する。

本発明の重要な特徴の1つは、本製作プロセスのいくつかのプロセスにおいてゲート材料として用いられる材料が、小さな、典型的にはサブミクロン大の開口部を正確にエッチングすることが通常難しいとされる金属を含むということである。詳細には、ゲート材料が粒子上に堆積するとき、ゲート材料堆積中にゲート開口部はその堆積した粒子の位置に形成される。ゲート開口部を形成するためにエッチングを行う必要はない。従ってゲート材料はエッチングが難しいとされる金属であってもよい。

10

【図面の簡単な説明】

第1a - 1g図は、ダイオードフィールドエミッタを製造するための従来技術のプロセスにおけるステップを表す断面構造図である。

第2a - 2g図は、円錐形の電子放出素子を有するゲート型フィールドエミッタを製造するための本開示に従ったプロセスにおける一連のステップを示す断面構造図である。

第3a - 3i図は、円錐形の電子放出素子を有する電子エミッタを製造するための本開示に従った別のプロセスにおける一連のステップを示す断面構造図である。

第4a - 4f図並びに第4g1図及び第4g2図は、本発明に従ったゲート型電子エミッタを製造するためのプロセスの一連のフロントエンドステップを示す断面構造図である。

第4a - 4f図のフロントエンドプロセスの流れは、第4g1図のステップか或いは第4g2図のステップで完了することができる。電子エミッタは、第2d - 2g図のバックエンドステップか或いは第3f - 3h図のバックエンドステップを第4a - 4f図並びに第4g1図或いは第4g2図のフロントエンドステップに加えることにより本発明に従った円錐形の電子放出素子を備えることができる。

20

第5a - 5g図は、一連のバックエンドステップを示す断面構造図であり、その一連のステップにより第4e図、第4f図或いは第4g1図のフロントエンド構造体はさらにフィラメント状の電子放出素子を備えるゲート型フィールドエミッタを製造するために本発明に従って処理される。別法では、第2d図或いは第3e図のフロントエンド構造体は第5b - 5g図のバックエンドステップを用いることにより本発明に従ってさらに処理され、フィラメント状の電子放出素子を有するゲート型フィールドエミッタを製造することができる。

30

第6a - 6h図は、別の一連のバックエンドステップを示す断面構造図である。そのステップにより第4e図、第4f図或いは第4g1図のフロントエンド構造体はさらに本発明に従って処理され、フィラメント状の電子放出素子を有するゲート型フィールドエミッタを製造する。別法では、第2d図或いは第3e図のフロントエンド構造図は第6a - 6h図のバックエンドステップを用いることによりさらに本発明に従って処理され、フィラメント状の電子放出素子を有するゲート型フィールドエミッタを製造することができる。

第7a - 7j図は、フィラメント状の電子放出素子を有するゲート型フィールドエミッタを製造するための本発明に従ったプロセスにおける一連のステップを表す断面構造図である。

40

第8a図及び第8b図は、電子放出素子の1つを製作するために中心となる第7f図及び7h図の部分の拡大断面構造図である。

第9a - 9c図は、本発明に従ったフィラメント状の電子放出素子を有するゲート型フィールドエミッタを製作する際に第7h - 7j図のステップの代わりに用いることができる一連のステップを表す拡大断面構造図である。

第10a - 10g図は、一連のバックエンドステップを表す断面構造図であり、その一連のステップにより第3f図（或いは第3e図）のフロントエンド構造体が、フィラメント状の電子放出素子を有するゲート型フィールドエミッタを製造するためにさらに本発明に従って処理される。別法では、第2d図（或いは第2c図）、第4g1図或いは第4g2図のフロントエンド構造体は第10a - 10g図のバックエンドステップを用いることに

50

よりさらに本発明に従って処理され、フィラメント状の電子放出素子を有するゲート型フィールドエミッタを製造することができる。

第11a - 11h図は、フィラメント状の電子放出素子を有するゲート型フィールドエミッタを製造するための本発明に従った別のプロセスにおける一連のステップを表す断面構造図である。

第12a - 12i図は、フィラメント状の電子放出素子を有するゲート型フィールドエミッタを製造するための本発明に従ったさらに別のプロセスにおける一連のステップを表す断面構造図である。

第13a - 13g図は、本発明に従ったゲート型フィールドエミッタを製造ためのプロセスにおける一連のフロントエンドステップを表す断面構造図である。第13a - 13g図のフロントエンドプロセスの流れは、例えば第7e - 7j図のバックエンドプロセスの流れに従って完了することができる。

第14図は、下側非絶縁領域が電氣的抵抗性部分及び電氣的導電性部分からなるとき、第2a図、第3a図、第4a図、第7a図或いは第12a図の初期構造体がいかに実現されるかを示す断面構造図である。

第15.1図及び第15.2図は、下側非絶縁領域が電氣的抵抗性部分及び電氣的導電性部分からなるとき、第2g図及び第5g図の最終的な電界放出構造体がいかに実現されるかを示す断面構造図である。

第16図は、本発明に従って製作された第5g図のエミッタのようなゲート型フィールドエミッタを組み込んだフラットパネルCRTディスプレイの断面構造図である。

図面及び好適な実施例の記載において用いられる同じ参照番号は、同一の或いは非常に類似の部材を表す。

好適な実施例の説明

全般的な考察

本発明は、構造体の表面上に分布した粒子を利用して、ゲート型電界放出カソードのためのゲート電極開口部を画定する。本発明に従って製作される各フィールドエミッタは、フラットパネル型テレビ或いはパーソナルコンピュータ、ラップトップコンピュータ或いはワークステーション用のフラットパネル型映像モニタのようなフラットパネルデバイスの陰極線管におけるフェースプレート上の蛍光領域を励起するために適切である。

本発明は、典型的には球形の粒子を用いてゲート開口部を画定するための様々な異なる方法を提供する。また本発明はそのようにして画定されたゲート開口部を用いて、コーン及びフィラメントのような種々の形状の電子放出素子を製造するための様々な方法を提供する。各電子放出素子是对應するゲート開口部の1つを通して電子を放出する。粒子がゲート開口部の位置を確定するため、その粒子は電子放出素子の位置も確定することになる。いくつかの例では、粒子がいくつかのフロントエンドプロセスの流れの任意の1つに従って用いられ、その部分的に仕上げられた構造体においてゲート開口部を画定し、その構造体はゲート型電子放出カソードを製造するためにいくつかのバックエンドプロセスの流れの任意の1つに従って完成することができる。その部分的に仕上げられた構造体は円錐形の電子放出素子或いはフィラメント状の電子放出素子の何れかを形成する際に用いられる場合が多い。こうして本発明は、いくつかのフロントエンド部の製作の流れの任意の1つが、いくつかのバックエンド部の製作の流れの任意の1つと組み合わせられ、特定の要件及び特定の材料の選択に適合したフィールドエミッタを製造する有効な全フィールドエミッタ製造プロセスを形成することができるという選択組合せ(mix-and-match)方式を提供する。

以下の記載において、用語「電氣的絶縁性」(或いは「誘電性」)は、一般的に $10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ より大きい抵抗率を有する材料に適用される。用語「電氣的非絶縁性」は従って $10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ より低い抵抗率を有する材料に適用される。電氣的非絶縁材料は、(a)抵抗率が $1 \Omega \cdot \text{cm}$ より小さい電氣的導電性材料と、(b)抵抗率が $1 \Omega \cdot \text{cm}$ から $10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ の範囲にある電氣的抵抗性材料に区別される。このカテゴリは、わずか $1 \text{ V} / \mu \text{m}$ の電界で決定される。

電氣的導電性材料（或いは電氣導体）の例は、金属、金属半導体化合物（金属けい化物のような）、並びに金属半導体共晶体である。また電氣的導電性材料は、通常に或いは高レベルにドーブされた（*n*型或いは*p*型）半導体を含む。電氣的抵抗性材料は、真性半導体及び軽くドーブされた半導体（*n*型或いは*p*型）を含む。電氣的抵抗性材料のさらに別の例は、（*a*）サーメット（金属粒子を埋め込まれたセラミック）のような金属絶縁体複合材、（*b*）グラファイト、非晶質炭素並びに改質された（例えばドーブされた或いはレーザ改質された）ダイヤモンドのような炭素の形成体、（*c*）シリコン - 炭素 - 窒素のようなシリコン - 炭素化合物がある。

他の方法により示される場合を除いて、以下のプロセスは、本発明の製作プロセスにおいて実行される異方性エッチングに適用される。全ての異方性エッチングは主に一方向性であり、エミッタ/ゲート中間電極誘電体層の上側表面に概ね垂直な方向にイオンを移動させる。従って、異方性エッチング中にアンダーカットはほとんど生じない。全ての異方性エッチングは、プラズマを用いて実行されるドライエッチングか或いは反応性イオンエッチングである。

電子放出コーンを有するフィールドエミッタの製作

図面を参照すると、第2 a - 2 g 図（集成的には「第2 図」とする）は、球形粒子を利用して、本発明の開示内容に従った円錐形の電子放出素子のためのゲート開口部を画定しているゲート型電界放出カソードを製造するためのプロセスを示す。第2 図の製作プロセスにおいては、開始点は典型的にはセラミック或いはガラスを用いて形成された電氣的絶縁体基板40である。第2 a 図を参照されたい。基板40は、フィールドエミッタを支持し、プレートとして形成される。フラットパネルCRTディスプレイでは、基板40は少なくともバックプレートの一部を構成する。

下側の電氣的非絶縁エミッタ領域42は基板40の上面に沿って延在する。下側非絶縁領域42は様々な方法で形成することができる。少なくとも非絶縁領域42の一部は、行電極と呼ばれる一連の概ね平行なエミッタ電極ラインに典型的にパターン化される。非絶縁領域42がそのように形成されるとき、最終的な電界放出カソードは平面CRTディスプレイの発光用蛍光素子を励起するために特に適切である。それでも非絶縁領域42は他の形状にパターン化されたり、或いはパターン化されないようにもできる。

概ね同じ構造の電氣的絶縁層44が構造体の上面に設けられる。絶縁層44は典型的には酸化シリコンから構成される。別法では、層44は窒化シリコンを用いて形成することもできる。第2 a 図には示されていないが、絶縁層44の下側表面部分は下側非絶縁領域42の形状に従って基板40に接触するようになる。絶縁層44の一部は、後にエミッタ/ゲート電極間誘電体になる。

絶縁層44の厚さは十分に厚くされ、後に形成される電子放出素子がコーンとして成形され、その先端部のみが層44の上面の上側にわずかに突出するようにする。各電子放出コーンの高さはその底面直径に依存し、以下に記載するようにその底面直径は電子放出コーンのためのゲート開口部を画定する際に用いられる球形粒子の直径により決定される。絶縁層44の厚さは、通常球形粒子の直径の1 ~ 2 倍である。絶縁層の厚さの典型的な範囲は、0 . 1 ~ 3 μm である。

固形の球形粒子46は、ランダムな状態、或いは概ねランダムな状態で、第2 b 図に示されるような絶縁層44の上面に渡って分布する。球形粒子46は典型的にはポリスチレンから構成される。粒子46として用いる別の材料は、ガラス（例えば酸化シリコン）、ポリスチレン以外のポリマ（例えばラテックス）並びにアルコール（水酸）基、（有機）酸基、アミド基及びスルホン酸基のような官能基でコーティングされたポリマを含む。

粒子46がポリスチレンから構成されるとき、その平均直径は0 . 1 ~ 3 μm の範囲、典型的には0 . 3 μm である。平均粒子直径の標準偏差は通常非常に小さく、10 % より小さい値であり、典型的には2 % である。絶縁層44の表面上に分布した粒子46の平均表面密度は $10^6 \sim 10^{10}$ 粒子 / cm^2 の範囲にあり、 $10^7 \sim 10^9$ 粒子 / cm^2 であることが好ましい。典型的な値は 10^8 粒子 / cm^2 である。平均的な粒子46間の空間は、典型的には平均粒子直径の2 ~ 3 倍である。表面密度は 10^8 粒子 / cm^2 で直径が0 . 3 μm

10

20

30

40

50

の粒子の場合、平均的な空間はおおよそ $0.6 \sim 0.9 \mu\text{m}$ である。

球形粒子 46 は絶縁層 44 に非常に強く密着する。Van der Waals 力が、少なくとも部分的に密着機構を実現するものと考えられる。球体 46 がポリスチレンから構成されるとき、球形粒子 46 の一部或いは全てが、例えば負に帯電される。ポリスチレンの場合、各球体 46 は典型的に少なくとも 1ヶ所に二重の負の電荷を帯びるが、この各二重の負の電荷はその球体 46 にカルボキシル基を付着させることによりもたらされる。初期構造体 40 / 42 / 44 上の反対極性の電荷は、密着機構を助力するものとなる。何れの場合においても、一旦絶縁層 44 に引きつけられると、粒子 46 は層 44 の上側表面上で容易に動かないようになる。

種々の技術を用いて、絶縁層 44 上に球形粒子 46 を分布させることができる。ある技術においては、適当な小さなポリスチレン球体を含む脱イオン水が、まずピーカにおいて試薬用アルコールと結合する。アルコールは典型的にはイソプロパノールである。別法では、アルコールとしてエタノールを用いることもできる。

イソプロパノールの場合、イソプロパノールと水とを混合した水溶液はそのほとんどをイソプロパノールが占め、典型的にはその体積中の 99% 以上がイソプロパノールである。ポリスチレン球体はイソプロパノール水溶液中に懸濁される。溶液中の球体の分布をより均一にするために、窒素を用いて溶液を泡立てる。別法では、その溶液は超音波で攪拌され、溶液中の球体の一様性を改善することができる。

概ね円形のウエハの形状をなして製造される初期構造体 40 / 42 / 44 を用いる場合、そのウエハはス回転チャンバ内に配置される。ウエハがチャンバ内にあるとき、懸濁されたポリスチレン球体を含むイソプロパノール水溶液の量を調整して、上側ウエハ表面の選択された部分を覆うが、ウエハの上面から流れ出さないようにウエハの表面上に堆積させる。その後ウエハは短時間の間回転し、ほとんどの水溶液が除去される。その回転速度は $200 \sim 2000 \text{ rpm}$ であり、典型的には 750 rpm である。その回転時間は $5 \sim 120$ 秒であり、典型的には 20 秒である。

回転中に、残りのイソプロパノール水溶液のほとんど全ての量が蒸発し、ポリスチレン球体 46 が残される。イソプロパノール水溶液がいくらかでも残る場合には、ウエハを乾燥し、残りのイソプロパノール水溶液を蒸発させる。その乾燥作業は、例えば窒素を噴射することにより行なうことができる。乾燥作業を行うか否かにかかわらず、その後ウエハは回転チャンバ内から取り出される。このようにして第 2 b 図の構造体が製造される。

電気的非絶縁ゲート材料は絶縁層 44 及び球形粒子 46 上に堆積する。ゲート材料の堆積は、通常、蒸着或いはコリメートスパッタリングのような技術を用いて層 44 の上側表面に概ね垂直な方向に行われる。ゲート材料は粒子 46 間の空間内にある層 44 上に蓄積し、比較的一様な厚さの電気的非絶縁ゲート層 48 A を形成する。第 2 c 図を参照されたい。ゲート材料の部分 48 B は、粒子 46 の上側半分（半球形）上に同時に蓄積する。ゲート材料は、通常クロム、ニッケル、モリブデン、チタン、タングステン或いは金のような金属である。

ここで一次材料と呼ぶ適当にエッチング可能な材料を、ゲート層 48 A 及びゲート材料部分 48 B 上に堆積させる。ゲート材料を堆積させる場合のように、一次材料の堆積は、再び蒸着或いはコリメートスパッタリングのような技術を用いて、通常電極間誘電体層 44 の上側表面に概ね垂直な方向に処理される。一次材料は球形粒子 46 間の空間内にあるゲート層 48 A 上に蓄積し、第 2 c 図に示されるような比較的一様な厚さの一次層 50 A を形成する。一次材料の部分 50 B が、球体 46 上に設けられるゲート材料部分 48 B 上に同時に蓄積する。一次材料部分 50 B が一次層 50 A とブリッジになるのを避けるために、ゲート層 48 A 及び一次層 50 A の全厚は、通常、球体 46 の平均半径より小さい。

一次材料は典型的には、窒化シリコン、酸化アルミニウム並びにまた酸化シリコンのような無機誘電体材料からなる。一次層 50 A は、第 2 図のプロセスにおいて並びに以下に記載するいくつかのプロセスの変形例において、後にリフトオフ層として用いられる。以下に記載されるいくつかの他のプロセスの変形例では、層 50 A はリフトオフ機能を実行しない。層 50 A がリフトオフ層として機能するとき、一次材料は選択的にアルミニウム、

10

20

30

40

50

タングステン、或いは金のような金属であってよい。また一次材料は、層 50 A がリフトオフ層として機能するとき、金属誘電体複合材或いは、フッ化マグネシウム、塩化マグネシウム或いは塩化ナトリウムのような塩類であることもできる。

ここで球形粒子 46 は除去される。粒子 46 の除去中に、ゲート材料部分 48 B 及び一次材料部分 50 B が同時に除去され、第 2 d 図に示される構造体が形成される。一次開口部 52 は、除去された粒子 46 の位置に一次層 50 A を貫通して延在する。同様にゲート開口部 54 は、除去された粒子 46 の位置にゲート層 48 A を貫通して延在する。このようにして、粒子 46 が、一次開口部 52 及びゲート開口部 54 の両方の位置を直接画定する。ゲート開口部 54 の形成は、粒子 46 上にゲート材料の堆積中に行われ、ゲート材料をエッチングすることにより達成されるわけではないので、ゲート材料用の候補材料は、後に電子放射コーンを露出させる小さな開口部、すなわち典型的には $1\text{ }\mu\text{m}$ より小さい直径を有する開口部をエッチングすることが困難である金を含む。同様のことが、第 2 a 図のプロセスの一次材料にも適用される。

各ゲート開口部 54 は、対応する一次開口部 52 の中心に垂直に配置され、従って対応する一次開口部 52 に垂直に整列される。除去された粒子 46 は球形であるため、一次開口部 52 は概ね円形である。層 48 A 及び 50 A を形成するための堆積が、絶縁層 44 の上側表面に概ね垂直に実行された場合には、対応する開口部 50 及び 52 の各組の直径は概ね同じになり、従って対応する除去された球体 46 の直径に概ね等しくなる。

球形粒子 46 を除去するために一般に機械的プロセスが用いられる。例えば、粒子 46 は超音波 / メガソニック操作により除去することができる。ほとんどの球体 46 は除去操作の超音波操作過程中に除去される。除去操作は典型的には、Valtron SP2200 アルカリ性洗浄剤 (2 - ブチルキシエタノール (2-butylxyethanol) 及び非イオン界面活性剤) を小さな体積 % (例えば 1 %) で含む脱イオン水の浴に水を入れ、一般に超音波周波数にその浴をさらすことにより行われる。メガソニック操作は、通常超音波操作後に行われ、球体 46 の残りの部分を除去するものであり、典型的には Valtron 2200 アルカリ性洗浄剤を小さな重量 % (例えば 0.5 %) で含む脱イオン水の別の浴に水を入れ、メガソニック周波数にその浴をさらすことにより行う。

粒子 46 上の電荷を概ね中和する洗浄剤を、メガソニック及び超音波操作の両方の操作間に Valtron 2200 洗浄剤の代わりに用いることができる。電荷中和洗浄剤は典型的にはイオン性界面活性剤を含む。別法では、球体 46 を除去するために高圧のウォータジェットを用いることもできる。

一次層 50 A をエッチングマスクとして用いるとき、絶縁層 44 は一次開口部 52 及びゲート開口部 54 を介してエッチングされ、層 44 を貫通して下側非絶縁エミッタ領域 42 に至る対応する誘電体開口部 (或いは誘電体開口空間) 56 を形成する。第 2 e 図を参照すると、成形体 44 A は絶縁層 44 の残りの部分である。一次層 50 A は、誘電体開口部 56 を形成するために用いられるエッチング剤によりわずかに侵蝕される場合もあるが、侵蝕の量は通常一次開口部 52 の大きさ或いは形状に著しく影響を与えるほどではない。従って、各一次開口部 52 は、対応するゲート開口部 54 とはわずかに異なる直径であったとしても、概ね円形のままである。

誘電体開口空間 56 を形成するために電極間誘電体エッチングは、通常誘電体開口部 56 がゲート層 48 A を幾分アンダーカットするように行われる。アンダーカットの量は、後に堆積されるエミッタコーン材料が誘電体開口部 56 の側壁 (或いは側面端部) 上に蓄積し、電子放出素子とゲート層 48 A との間に電氣的な漏れ経路を形成することを十分に避けるように選択される。

電極間誘電体エッチングは以下のような種々の方法により実行することができる。(a) 一種類、或いはそれ以上の化学エッチング剤を用いる等方性ウェットエッチング、(b) アンダーカット (及び従って不完全に異方性の) ドライエッチング、(c) アンダーカットウェットエッチング或いはドライエッチングが後続する非アンダーカット (完全に異方性の) ドライエッチングがある。絶縁層 44 及び一次層 50 A がそれぞれ酸化シリコン及び窒化シリコンからなるとき、エッチングは 2 段階で行われることが好ましい。四ふっ化

10

20

30

40

50

炭素を用いて異方性プラグマエッチングを行い、絶縁層 4 4 を貫通する概ね垂直な開口部を形成し、その後緩衝ふっ化水素酸 (buffered hydrofluoric acid) を用いて等方性ウェットエッチングを行い、初期の開口部を広げ、誘電体開口部 5 6 を形成する。

電気的非絶縁エミッタコーン材料は、絶縁層 4 4 A の上側表面に概ね垂直な方向において構造体の上側表面上に蒸着される。エミッタコーンは一次層 5 0 A 上に蓄積し、さらにゲート開口部 5 4 を通過し、誘電体開口空間 5 6 内の下側非絶縁領域 4 2 上に堆積する。コーン材料を一次層 5 0 A 上に蓄積することにより、コーン材料が通過する開口空間 5 6 は徐々に閉じる。その堆積は、これらの開口部が完全に閉じるまで実行される。その結果、コーン材料は誘電体開口空間 5 6 内に蓄積し、第 2 f 図に示されるように対応する円錐形の電子放出素子 5 8 A を形成する。同時にコーン材料の連続層 5 8 B が一次層 5 0 A 上に形成される。コーン材料は通常モリブデン、ニッケル、クロミウム或いはニオブ、或いはチタンカーバイドを含む耐火金属炭化物のような金属である。

その後一次層 5 0 A は適当なエッチング剤を用いて除去される。層 5 0 A の除去中に、余分なコーン材料層 5 8 B も同時に剥離される。第 2 g 図はその結果生じた電子エミッタを示す。コーン材料の堆積が絶縁層 4 4 A に概ね垂直に実行されたため、各電子放出コーン 5 8 A は対応する一次開口部 5 2 の中心に垂直に配置され、また対応するゲート開口部 5 4 の中心に配置される。

ゲート層 4 8 A は、下側非絶縁領域 4 2 のエミッタ行電極に垂直に走る一連のゲートラインにパターン化される。そのときゲートラインは列電極として機能する。ゲート層 4 8 A に適当なパターンを形成すると共に、第 2 g 図のフィールドエミッタは、ゲート層 4 8 A の部分に接触して、行電極に垂直に走る、個別の列電極が選択的に設けられる場合もある。このゲートパターン形成及び個別の列電極形成は、典型的には誘電体開口部 5 6 を形成するために絶縁層 4 4 をエッチングする前に行われるが、そのプロセスの後段階で行なってもよい。

絶縁層 4 4 の上面に渡って分布した球形粒子 4 6 を用いてゲート開口部を画定する代わりに、ゲート開口部はゲート層上に分布した球形粒子により画定することもできる。そうすることにより、ゲート層の厚さに加わる粒子直径により生じた上述の制約を緩和することができる。

第 3 図はプロセスの一例を示しており、そのプロセスでは本発明に従ってそのように球形粒子を用いて、円錐形の電子放出素子を有するゲート型電界放出カソードを形成する。第 3 図のプロセスでは、基板 4 0、下側非絶縁領域 4 2 並びに絶縁層 4 4 からなる初期構造体が、第 2 図のプロセスと概ね同じように形成される。第 3 a 図は、第 2 a 図の繰り返しであり、第 3 図のプロセスの場合の初期構造体 4 0 / 4 2 / 4 4 を示す。

電気的非絶縁ゲート材料は絶縁層 4 4 上に堆積し、比較的一様な厚さの電気的非絶縁ゲート層 6 0 を形成する。第 3 b 図を参照されたい。第 3 a 図のプロセスのゲート材料は、通常クロム、ニッケル、モリブデン、チタン或いはタングステンのような金属である。ゲート材料の堆積は、蒸着、スパッタリング並びに化学気相成長 (CVD) のような多くの堆積技術の任意のものを用いて行うことができる。第 2 図のプロセスとは対照的に、第 3 図のプロセスのゲート材料の堆積は、電極間誘電体層 4 4 の上側表面に概ね垂直に行われる必要はない。以下で議論される理由により、所定の球体直径では、第 3 図のプロセスのゲート層 6 0 は第 2 図のプロセスのゲート層 4 8 A の最大許容可能厚より厚くなってもよい。

固形の球形粒子 4 6 が第 3 c 図に示されるようにゲート層 6 0 の上側表面上に分布する。球形粒子 4 6 は同じように典型的にはポリスチレンからなる。粒子分布ステップは、典型的には第 2 図のプロセスと同じように実行される。粒子 4 6 の分布は、ゲート層 6 0 の上側表面に渡って、ランダムであるか或いは概ねランダムである。第 3 図のプロセスにおける球体 4 6 は、通常、第 2 図のプロセスと、平均直径及び平均直径の標準偏差を含む同じ特性を有する。

適当にエッチング可能な材料は、ここで再び一次材料と呼ぶが、ゲート層 6 0 及び球形粒子 4 6 上に堆積する。第 3 図のプロセスの一次材料の堆積は、蒸着或いはコリメートスバ

10

20

30

40

50

ッタリングのような技術を用いて電極間誘電体 4 4 の上側表面に概ね垂直な方向に実行される。第 2 図の方法と同様に、第 3 図の方法の一次材料は、粒子 4 6 間の空間にあるゲート層 6 0 上に蓄積し、比較的一様な厚さの一次層 6 2 A を形成する。第 3 b 図を参照されたい。一次層 6 2 A は、後に第 3 図のプロセスのリフトオフ層としての役割をする。一次層の部分 6 2 B は、同時に球体 4 6 の上側半分上に蓄積する。

第 2 図のプロセスのように、ここで一次材料は典型的には、窒化シリコン、酸化アルミニウム並びにまた酸化シリコンのような無機誘電体材料からなる。同様に、一次層 6 2 A がリフトオフ機能を果たすとき、一次層は、(a) アルミニウムのような金属、(b) 金属 / 誘電体複合材、或いは (c) ふっ化マグネシウム、塩化マグネシウム或いは塩化ナトリウムのような塩類である。

10

一次材料部分 6 2 B が一次層 6 2 A とブリッジするのを防ぐために、一次層 6 2 A の厚さは通常球体 4 6 の平均半径より小さくなる。第 2 図ではゲート層 4 8 A 及び一次層 5 0 A を合わせた全ての厚さは通常不要なブリッジを避けるために球体 4 6 の平均半径より小さくしなければならなかったが、第 2 図のプロセスと比べると、第 3 図のプロセスでは不要なブリッジを避けるためにゲート層の厚さに加えられる制約は少なくなる。これは、以下に記載するように、層 6 2 A をエッチングマスクとして用いて層 6 0 を通してゲート開口部をエッチングして形成する間に、一次層 6 2 A に対するゲート層 6 0 をエッチング選択性が高い (すなわち層 6 0 が層 6 2 A よりも多量にエッチングされる) ときに、特に当てはまる。所与の球体直径の場合、従ってゲート層 6 0 はゲート層 4 8 A より厚くすることができる。

20

実際に、第 3 図のプロセスのゲート層 6 0 は第 2 図のプロセスのゲート層 4 8 A より相当厚くすることができる。例えば、ゲート層 6 0 A の厚さは球体 4 6 の平均半径、さらには平均直径さえも越えることができる。第 2 a 図及び第 3 a 図の全製造プロセスの比較検証が示すように、第 3 図の方法は、第 2 図の方法よりわずかに多くの処理を必要とする。要するに、第 2 図の方法に比べて、第 3 図の方法はわずかに多くの製作プロセスと引き替えにゲート層の厚さに対する制約を十分に緩和している。

第 3 図のプロセスに戻ると、球形粒子 4 6 は第 2 図のプロセスと同じ方法により除去される。球体の除去中に、一次材料部分 6 2 B は同時に除去され、第 3 e 図の構造体を形成する。一次開口部 6 4 は除去された粒子 4 6 の位置に一次層 6 2 A を貫通して延在する。粒子 4 6 が球形であるため、一次開口部 6 4 は概ね円形である。また、各一次開口部 6 4 の直径は対応する除去された球体 4 6 の直径と概ね同じになる。

30

一次層 6 2 A をエッチングマスクとして用いるとき、ゲート層 6 0 は一次開口部 6 4 を通してエッチングされ、ゲート層 6 0 を通り絶縁層 4 4 に至る対応するゲート開口部 6 6 を形成する。第 3 f 図を参照されたい。成形体 6 0 A はゲート層 6 0 の残りの部分である。ゲート開口部 6 6 を形成するためにエッチングは異方性エッチングにより実行される。そのとき各ゲート開口部 6 6 の直径は対応する一次開口部 6 4 の直径と概ね等しくなる。別法では、後に堆積させるエミッタコーン材料が開口部 6 6 に沿ってゲート層 6 0 A の側面端部上に蓄積するのを十分に避けるために、ゲート開口部 6 6 が一次層 6 2 A をアンダーカットするような方法でゲート開口部エッチングが実行される場合もある。第 3 f 図はアンダーカットの例を示しており、各ゲート開口部 6 6 の直径が対応する一次開口部 6 4 の直径より大きくなっている。

40

ゲート開口部のエッチングがどのような方法で行われるかに関わらず、各ゲート開口部 6 6 は対応する一次開口部 6 4 の中心に配置され、それゆえ対応する一次開口部 6 4 に垂直に整列される。一次開口部 6 4 は除去された球体 4 6 の位置に配置されるため、粒子 4 6 はゲート開口部 6 6 及び一次開口部 6 4 の位置を画定する。一次開口部 6 4 が円形であるため、ゲート開口部 6 6 も概ね円形になる。

ここで第 3 図のプロセスは第 2 図のプロセスと概ね同じ方法で完了する。一次層 6 2 A をエッチングマスクとして用いるとき、絶縁層 4 4 は開口部 6 4 及び 6 6 を通してエッチングされ、層 4 4 を通り下側非絶縁領域 4 2 に至る対応する誘電体開口部 (或いは誘電体開口空間) 6 8 を形成する。第 3 g 図を参照すると、成形体 4 4 B は絶縁層 4 4 の残りの部

50

分である。誘電体開口空間 6 8 は、後に堆積されるエミッタコーン材料が誘電体開口部 6 8 の側壁上に蓄積し、電子放出素子をゲート層 6 0 A と短絡するのを十分に避けるために、層 6 0 A 及び 6 2 A をアンダーカットする。誘電体開口部 6 8 を形成するためのエッチングは、第 2 図のプロセスの電極間誘電体エッチングの場合において上記した方法の任意のもので行われる。

電気的非絶縁エミッタコーン材料は、絶縁層 4 4 B の上側表面に概ね垂直な方向において構造体の上側表面上に蒸着される。エミッタコーン材料は再び通常、モリブデン、ニッケル、クロム或いはニオブ或いはチタンカーバイドを含む耐火金属炭化物のような金属である。

コーン材料は一次層 6 2 A 上に蓄積し、さらに誘電体開口空間 6 8 内にある下側非絶縁領域 4 2 上に蓄積するため、開口部 6 4 及び 6 6 を通過する。第 2 図のプロセスと同様に、コーン材料が開口空間 6 8 に至るために通過する開口部は、一連のコーン材料を堆積中に徐々に閉じる。その堆積は、これらの開口部が完全に閉じるまで同様に実行される。その結果、コーン材料は開口空間 6 8 内に蓄積し、第 3 h 図に示されるような対応する円錐形の電子放出素子 7 0 A を形成する。コーン材料の連続層 7 0 B が同時に一次層 6 0 A 上に形成される。

その後一次層 6 2 A は除去される。その除去中に、余分なコーン材料層 7 0 B は剥離される。その結果形成される電子エミッタが第 3 i 図に示される。コーン材料の堆積は絶縁層 4 4 B に概ね垂直に実行されたという事実を考慮すると、各円錐形の電子放出素子 7 0 A は、垂直に対応する一次開口部 6 4 の中心に配置され、従って対応するゲート開口部 6 6 の中心に配置される。

ゲート層 6 0 A を、下側非絶縁領域 4 2 のエミッタ行電極に垂直に走る列電極にパターン化することは、第 2 図の方法においてゲート層 4 8 A をパターン化したのと同じ方法で行われる。同様に、ゲート層 6 0 A に適当なパターンを形成すると共に、第 3 i 図のフィールドエミッタは、ゲート層 6 0 A の部分に接触し、行電極に垂直に走る個別の列電極を選択的に形成されてもよい。

第 2 図及び第 3 図のプロセスの代替例として、ゲート開口部は、一次層と呼ばれるゲート層上に形成された層に渡って分布した球形粒子により画定することができる。この場合には、一次層の厚さに球体直径が加えられることにより生じた制約は、ゲート層の厚さに球体直径が加えられることにより生じた厚さの制約と共に、概ね低減される。

第 4 a - 4 f 図並びに、第 4 g 1 図或いは第 4 g 2 図の何れか（集合的に「第 4 図」とする）は、ゲート型電界放出カソードを製造するためのプロセスのフロントエンド部分を示しており、その中でそのような一次層上に堆積する球形粒子を用いて、本発明に従ってゲート開口部を画定する。円錐形の電子放出素子を有する電子エミッタを実現するために、第 4 図のプロセスは、本発明に従って第 2 d - 2 g 図のバックエンドステップ或いは第 3 f - 3 i 図のバックエンドステップの何れかを用いて後処理して完了できる。

第 4 図のプロセスでは、初期構造体は基板 4 0、下側非絶縁領域 4 2 並びに絶縁層 4 4 からなり、概ね上述の方法において形成される。第 4 a 図を参照すると、第 2 a 図の繰り返しである。

第 4 b 図を参照すると、電気的非絶縁ゲート層 6 0 は、第 3 図の方法において上述した任意の堆積技術を用いて絶縁層 4 4 上に形成される。所与の球体直径の場合、ゲート層 6 0 は、第 2 図の方法のゲート層 4 8 A より厚くなってもよい。同様に、ここではゲート層 6 0 は、通常クロム、ニッケル、モリブデン、チタン或いはタングステンのような金属である。

一次材料と呼ばれる適当にエッチング可能な材料をゲート層 6 0 上に堆積させ、比較的に様な厚さの一次層上 7 2 を形成する。第 4 図の一連のフロントエンドプロセスを第 2 d - 2 g 図或いは第 3 f - 3 i 図のバックエンドステップと組み合わせるとき、一次層 7 2 は後にリフトオフ層として用いられる。ここで一次材料の候補材料としては、第 3 図のプロセスにおいて示した一次材料である。

第 4 図の一連のフロントエンドにおける一次材料の堆積は、スパッタリング、蒸着、C V

10

20

30

40

50

D、電気化学めっき（一次層 7 2 が電気化学的にめっき可能である場合）、スピニング並びにスクリーン印刷のような種々の方法により実行することができる。第 2 図及び第 3 図のプロセスとは対照的に、第 4 図のプロセスの一次材料の堆積は、絶縁層 4 4 の上側表面に概ね垂直な方向に実行される必要はない。以下に議論される理由により、所定の球体直径では、一次層 7 2 は第 2 図及び第 3 図の方法の一次層 5 0 A 及び 6 2 A の何れよりも厚くすることができる。これは、例えば絶縁層 4 4 内の隆起のような要因により生じるゲート層 6 0 の隆起部を覆うために、一次層の厚さを厚くする必要があるとき特に有利である。

固形の球形粒子 4 6 は、第 4 c 図に示されるような一次層 7 2 の上側表面上に分布される。粒子分布ステップは、典型的には上述した方法において行われる。従って球体 4 6 の分布は、一次層 7 2 の上側表面に渡ってランダムか或いは概ねランダムである。粒子 4 6 は典型的にはポリスチレンからなり、上述の他の特性を有する。

適当にエッチング可能な材料がさらに一次層 7 2 及び球形粒子 4 6 上に堆積する。さらに加えられる材料の堆積は、蒸着或いはコリメートスパッタリングのような技術を用いて絶縁層 4 4 の上側表面に概ね垂直な方向に実行される。さらに加えられる材料は粒子 4 6 間の空間内に蓄積し、さらに加わる層 7 4 A を形成する。第 4 d 図を参照されたい。さらに加えられた材料の部分 7 4 B は球体 4 6 の上側半分上に同時に蓄積する。

材料部分 7 4 B が層 7 4 A とブリッジするのを防ぐために、7 4 A の厚さは通常平均球体半径より小さくなる。しかしながら、球体 4 6 の表面に沿って生じる不要なブリッジの回避は、第 2 図及び第 3 図のプロセスより第 4 図のプロセスの流れにおいて、一次層の厚さについての制約を少なくする。これは、以下に記載するように、追加した 7 4 A をエッチングマスクとして用いて層 7 2 を通して一次開口部を形成する間に、追加した層 7 4 A に対する一次層 7 2 のエッチング選択性が高い（すなわち層 7 2 は層 7 4 A より多量にエッチングされる）ときに、特に当てはまる。所与の球体直径の場合、従って一次層 7 2 は第 2 図のプロセスにおける一次層 5 0 A 或いは第 3 図のプロセスにおける一次層 6 2 A よりも厚くすることができる。同様に、そのような不要なブリッジを避けるために必要とされるゲート層の厚さに対する制約は、第 2 図或いは第 3 図のプロセスより第 4 図のプロセスの流れにおいて低減される。

第 4 図の一連のフロントエンドプロセスが第 2 d - 2 g 図のバックエンドステップ或いは第 3 f - 3 i 図のバックエンドステップにより完了するとき、その完了したプロセスは第 2 図及び第 3 図の各完了したプロセスよりわずかに多くの処理操作を必要とする。これは、一次層の厚さにおける制約を低減すること、並びに第 2 図のプロセスに比べて、ゲート層の厚さにおける制約を低減することと引き替えになる。

追加の層 7 4 A を形成するために用いられる材料は、一次層 7 2 A をエッチングするためのエッチングマスクとして用いることができ、かつ層 7 2 A に対して選択的にエッチングされることができる材料でもある。追加材料は典型的には金属である。ゲート材料がクロムであるとき追加材料は典型的にはニッケルであり、またその逆であってもよい。しかしながら、フィールドエミッタを製作する際に用いられる他の材料の選択によっては、追加材料は電氣的に抵抗性或いは電氣的に絶縁性であってもよい。

ここで球形粒子 4 6 は、典型的には上述の方法において除去される。球体除去中に、追加材料部分 7 4 B は同時に除去され、第 4 e 図の構造体を形成する。追加の開口部 7 6 は、除去された粒子 4 6 の位置に追加の層 7 4 A を貫通して延在する。粒子 4 6 が球形であったため、追加の開口部 7 6 は概ね円形である。各追加の開口部 7 6 の直径は、対応する除去された球体 4 6 の直径と概ね同じである。

追加の層 7 4 A をエッチングマスクとして用いるとき、一次層 7 2 は追加の開口部 7 6 を通して異方性エッチングされ、層 7 2 を通りゲート層 6 0 に至る対応する一次開口部 7 8 を形成する。第 4 f 図を参照すると、成形体 7 2 A は一次層 7 2 の残りの部分である。各一次開口部 7 8 は対応する追加の開口部 7 6 の中心に配置され、開口部 7 6 と概ね同じ直径からなる。追加の開口部 7 6 が除去された球体 4 6 の位置に配置されるため、一次開口部 7 8 の位置は粒子 4 6 により画定される。また一次開口部 7 8 は追加の開口部 7 6 と概

10

20

30

40

50

ね同じ形状をなし、それゆえ概ね円形である。

さらにエッチングマスクとして機能する追加の層 7 4 A を用いて、ゲート層 6 0 は追加の開口部 7 6 及び一次開口部 7 8 を通して異方性エッチングされ、層 6 0 を通り絶縁層 4 4 に至る対応するゲート開口部 8 0 を形成する。第 4 g 1 図はその結果の構造体を示す。成形体 6 0 B はゲート層 6 0 の残りの部分である。エッチングが異方性であるため、各ゲート開口部 8 0 の直径は対応する（上側をなす）開口部の組 7 8 及び 7 6 の直径と概ね等しくなる。ゲート開口部のエッチングは、一次開口部のエッチングに引き続いて或いは異なる異方性エッチング剤を用いて個別のステップとして実行することができる。

各ゲート開口部 8 0 は、対応する一次開口部 7 8 及び対応する追加の開口部 7 6 の両方の中心に垂直に配置され、従ってその両方に垂直に整列される。追加の開口部 7 6 が除去された球体 4 6 の位置に配置されるため、ゲート開口部 8 0 の位置は粒子 4 6 により画定される。またゲート開口部 8 0 は概ね円形になる。

ここで図 4 g 1 図の追加の層 7 4 A は除去され、符号が一部異なり、ゲート層及び一次層の厚さが異なるかもしれないという点を除いて、第 2 図の構造体に概ね同一の構造体を形成することができる。第 4 g 1 図の成形体 6 0 B、7 2 A、7 8 並びに 8 0 はそれぞれ第 2 図の成形体 4 8 A、5 0 A、5 2 並びに 5 4 に対応する。この符号が異なることを前提として、第 4 図の一連のフロントエンドプロセスは、第 2 b 図の構造体から第 2 g 図の最終的な構造体に導く上述のバックエンドステップに従って完了される。こうして円錐形の電子放出素子 5 8 A はゲート開口部 5 2 (8 0) を通してそのように完了したフィールドエミッタのゲート層 4 8 A (6 0 B) に延在する。

別法では、第 4 図の一連のフロントエンドプロセスに第 2 図の方法のバックエンド部分を適用するとき、誘電体開口部 5 6 は、追加の層 7 4 A が、なお適所に存在し、エッチングマスクとして機能するとき、絶縁層 4 4 に形成されることができる。この場合には、追加の層 7 4 A は第 2 f 図のコーン材料の堆積の直前に除去される。

さらに別の代替例として、第 4 f 図に示される段階で一次開口部 7 8 を形成した直後に、それゆえ第 4 g 1 図に示される段階でゲート開口部 8 0 を形成する前に除去されてもよい。一次開口部 7 8 A をエッチングマスクとして用いるとき、ゲート開口部 8 0 は一次開口部 7 8 を通してゲート層 6 0 を異方性エッチングすることにより形成され、第 2 d 図の構造体を形成するが、ただし一部符号が異なること（第 4 図のゲート開口部 8 0 が第 2 図のゲート開口部 5 4 になる）並びにゲート層及び一次層の厚さが異なるかもしれないということが前提である。第 2 d 図の構造体から第 2 g 図の構造体に導く処理ステップが、フィールドエミッタを形成するために上記したような方法で実行される。

開口部 7 6 及び 7 8 を通して異方性エッチング、それゆえ非アンダーカットエッチングを実行する代わりに、開口部 7 6 及び 7 8 を通してアンダーカットエッチングが第 4 f 図のゲート層 6 0 において実行され、層 6 0 を通り絶縁層 4 4 に至る対応するゲート開口部 8 2 を形成することができる。第 4 g 2 図を参照すると、成形体 6 0 C はここではゲート層 6 0 の残りの部分である。一次層 7 2 A をアンダーカットするゲート開口部 8 2 を用いて、各ゲート開口部 8 2 の直径は、対応する（上側をなす）開口部の組 7 8 及び 7 6 の直径より大きくなる。各ゲート開口部 8 2 は概ね円形であり、対応する開口部の組 7 8 及び 7 6 の中心に垂直に配置される。追加の開口部 7 6 が除去された球体 4 6 の位置に配置されるため、球形粒子 4 6 はゲート開口部 8 2 の位置を確定する。

第 4 g 2 図の追加の層 7 4 A は除去され、一部符号が異なり、一次層の厚さが異なるかもしれないという点を除いて、第 3 f 図の構造体に概ね同一の構造体を形成することができる。第 4 g 2 図の成形体 6 0 C、7 2 A、7 8 及び 8 2 はそれぞれ第 3 f 図の成形体 6 0 A、6 2 A、6 4 及び 6 6 に対応する。この符号の異なることを前提にして、ここで第 4 図の一連のフロントエンドプロセスは第 3 f 図の構造体から第 3 i 図の構造体に導く上述のバックエンドステップに従って完了される。円錐形の電子放出素子 7 0 A はこうしてゲート開口部 6 6 (8 2) を通してそのように完了したフィールドエミッタのゲート層 6 0 A (6 0 C) 内に露出される。

第 4 図の一連のフロントエンドプロセスに第 3 図のプロセスのバックエンド部分を適用す

る際のさらに別の代替例として、追加の層 7 4 A は、第 4 f 図に示される段階で一次開口部 7 8 を形成した直後に除去されてもよい。一次層 7 2 A をエッチングマスクとして用いるとき、ゲート開口部 8 2 は一次開口部 7 8 を通してゲート層 6 0 上でアンダーカットエッチングを実行することにより形成され、第 3 f 図の構造体を形成するが、再び一部符号が異なり（第 4 図のゲート開口部 8 2 が第 3 図のゲート開口部 6 6 になる）、一次層の厚さが異なるかもしれないということが条件となる。第 3 f 図の構造体から第 3 i 図の構造体に導く処理ステップは上述の方法においてフィールドエミッタを完成するために実行される。

上述の変形例を含む第 2 図 - 第 4 図の製作ステップに従って製造された種々のフィールドエミッタをみると、コーン 5 8 A 或いは 7 0 A のような円錐形の電子放出素子の位置は、開口部 5 2、6 4 或いは 7 8 のような一次開口部の位置により決定される。一次開口部の位置は球形粒子 4 6 の位置により（直接或いは間接に）決定されるため、電子放出コーンの位置は粒子 4 6 により確定される。

粒子 4 6 の表面分布がランダム或いは概ねランダムであるため、電子放出コーンは互いに対してランダム或いは概ねランダムな位置に配置される。それにもかかわらず、単位面積あたりの電子放出コーンの数は全電子放出面積に渡って場所によってほとんど変化しない。

第 2 図 - 第 4 図の製作ステップ（再び上述のプロセス変形例を含む）に従って製造された電子エミッタの各電子放出コーンの底面直径は、対応する一次開口部の底面直径と概ね同じであり、従って対応する除去された球体 4 6 の直径と概ね同じである。従って、電子放出コーンの平均底面直径は、粒子 4 6 の平均直径を調整することにより制御される。平均粒子直径を減らすことにより、平均コーン直径が概ね等しい量だけ減少するようになり、その逆も同様である。このようにして粒子 4 6 は電子放出コーンにより占有される横方向面積を確定する。球体 4 6 が電子放出コーンの位置を確定するため、コーン間の平均空間は、球体 4 6 の平均表面密度及び平均直径を調整することにより制御される。

上記したように、粒子 4 6 の平均直径の標準偏差は平均粒子直径に比べて非常に小さくなる。従って電子放出コーンの平均底面直径の標準偏差は、一次近似の範囲で、平均コーン底面直径に比べて同様に小さくなる。粒子 4 6 が球形であるため、各電子放出コーンの底面は概ね円形になる。コーンにより占有される横方向面積は概ね等しくなる。電極間誘電体層 4 4 の厚さのようなパラメータを適切に調整することにより、概ね一樣な大きさ及び形状からなる電子放出素子を実現することができる。

電子放出素子は、小さくかつ互いに近接して配置されるように製作されることが好ましい。これは適当に小さな平均球形直径からなる球体を利用することにより、かつ球体受容表面に渡って球体 4 6 を適当に高い密度で分布することにより達成することができる。特定のエリア電子エミッタ（area electron emitter）に対して個々の電子放出コーンの大きさ及び形状の変動がほとんどない場合、電子放出は、電子放出面積に渡って比較的一様になる。重要なことは、この強く望まれる特徴が、主に粒子 4 6 の大きさ及び表面密度を制御することにより達成され、それにより電子の流れをうまく制御できるような点である。

電子放出フィラメントを有するフィールドエミッタの製作

コーンではなくフィラメントのような形状をなす電子放出素子を有するゲート型電子放出カソードは、本発明の開示内容に従って、適当な一連のバックエンドフィラメント用プロセスを用いて、第 4 g 1 図により終了するような第 4 図の一連のフロントエンドプロセスを完了するか、或いは第 2 図及び第 3 図の何れかのプロセスのフロントエンド部分を完了することにより形成することができる。第 5 a - 5 g 図（集合的に「第 5 図」とする）は、第 4 a - 4 f 図及び第 4 g 1 図の一連のフロントエンドステップに上記のように適用され、本発明に基づくスペーサを用いて、フィラメント状の電子放出素子を有するゲート型フィールドエミッタを形成する一連のバックエンドプロセスを示す。第 4 g 1 図を参照すると、追加の層 7 4 をエッチングマスクとして用いて、追加の開口部 7 6、一次開口部 7 8 並びにゲート開口部 8 0 を通して異方性エッチングが絶縁層 4 4 上で行われ、層 4 4 を

通り下側非絶縁領域 4 2 に至る対応する誘電体開口部 1 0 0 を形成する。これは第 5 a 図の構造体に導かれ、そこでは成形体 4 4 C は絶縁層 4 4 の残りの部分である。各誘電体開口部 1 0 0 は、対応する 3 組の開口部 7 6、7 8 並びに 8 0 の中心に垂直に配置され、その 3 組の開口部と概ね同じ直径からなる。また誘電体開口部 1 0 0 は概ね円形である。

追加の層 7 4 A は、一次層 7 2 A 或いはその構造体のあらゆる他の部分をあまり侵蝕しないエッチング剤を用いて除去される。第 5 b 図はその結果の構造体を示す。

適当にエッチング可能なスペーサ（或いはコーティング）材料は、一次層 7 2 A 上、かつ下側非絶縁領域 4 2 に至る複合的な開口部 7 8 / 8 0 / 1 0 0 内に均等に堆積し、第 5 c 図に示されるようなブランケットスペーサ（或いはコーティング）層 1 0 2 を形成する。スペーサ層 1 0 2 は構造体の上面を覆うが、開口部 7 8 / 8 0 / 1 0 0 を完全に満たすわけではない。凹部 1 0 4 が開口部 7 8 / 8 0 / 1 0 0 の満たされていない部分に存在する。各凹部 1 0 4 は、対応する複合的な開口部 7 8 / 8 0 / 1 0 0 の中心に垂直に配置される。

10

典型的にはスペーサ材料を堆積するために C V D が用いられる。従って、各複合開口部 7 8 / 8 0 / 1 0 0 に沿って存在する層 7 2 A、6 0 B 並びに 4 4 C の側面端部に沿ったスペーサ層 1 0 2 の厚さは、任意の所定の高さで比較的一様（一定）になる。

スペーサ材料には典型的には、層 7 2 A の一次材料と共にエッチング可能であるような材料が選択される。またスペーサ材料は、電極間誘電体（ここでは層 4 4 C）に対して高いエッチング選択性を有することが好ましい。詳細には、スペーサ材料は典型的には、一次材料と同じであり、電極間誘電体とは異なる。例えば、（a）一次材料が窒化シリコンからなり、（b）電極間誘電体が酸化シリコンからなるとき、スペーサ材料は通常窒化シリコンである。

20

異方性エッチングが実行されスペーサ層 1 0 2 の概ね全領域を除去するが、（a）一次開口部 7 8 に沿った一次層 7 2 A の側面端部、（b）ゲート開口部 8 0 に沿ったゲート層 6 0 B の側面端部並びに（c）誘電体開口部 1 0 0 に沿った絶縁層 4 4 C の側面端部を覆う部分 1 0 2 A は除く。第 5 d 図を参照されたい。誘電体開口部 1 0 0 の底面におけるスペーサ層 1 0 2 の中央部分がエッチング中に除去されるため、凹部 1 0 4 は下側非絶縁領域 4 2 まで延在し、わずかに広げられ（第 5 d 図には示されない）、対応するアパーチャ 1 0 4 A になる。凹部 1 0 4 が複合開口部 7 8 / 8 0 / 1 0 0 の中心に垂直に配置されたため、各アパーチャ 1 0 4 A は対応する複合開口部 7 8 / 8 0 / 1 0 0 の中心に配置される。

30

電気的非絶縁エミッタフィラメント材料はアパーチャ 1 0 4 A 内に電気化学的に堆積（電気めっき）され、下側非絶縁領域 4 2 と接触する対応する先駆電子放出素子 1 0 6 を形成する。第 5 e 図はその結果の構造体を示す。電気化学めっき中、一次層 7 2 A、スペーサ部分 1 0 2 A 並びに絶縁層 4 4 C の結合体はゲート層 6 0 B を封入し（おそらく構造体の横方向外周に沿った部分は除く）、先駆電子放出素子 1 0 6 が層 6 0 B と接触することを防ぐ。ゲート層 6 0 B と先駆素子 1 0 6 との間の横方向空間はスペーサ 1 0 2 A の厚さにより確定される。

エミッタフィラメント材料は通常ニッケル或いはプラチナのような金属である。先駆フィラメント 1 0 6 は後に電解研磨技術を用いて鋭利にされるとき、フィラメント材料は通常ゲート材料とは異なる。

40

電子化学めっきは典型的には、Spindt 等による米国特許第 5, 564, 959 号に記載されるように行われ、その内容をここで参照して本明細書の一部としている。電気化学めっき中、下側非絶縁領域 4 2 は析出陰極として機能する。析出陽極は、一次層 7 2 A の上に短い距離だけ離隔されためっき電解液内に配置される。

電気化学めっきはアパーチャ 1 0 4 A を溢れさせるように十分に長い時間行われるが、先駆電子放出素子 1 0 6 が一次層 7 2 A の上面において互いに接触しないようにする。従って、各先駆電子放出素子 1 0 6 は、対応するアパーチャ 1 0 4 A から外側に延在するキャップ部分 1 0 6 A を有する。アパーチャ 1 0 4 A から溢れさせることにより、フィラメント材料を核形成並びに成長における違いにより、高さがあまり異ならなることがないよう

50

にする。

一次層 72A 及びスペーサ 102A は、絶縁層 44C をあまり侵蝕しないエッチング剤を用いて除去されることが好ましい。第 5 f 図を参照されたい。エッチングの結果として、先駆電子放出素子 106 は、円筒形アパーチャ 108 の分だけゲート層 60B 及び絶縁層 44C から隔離される。

一次層 72A 及びスペーサ 102A が同一の材料（例えば窒化シリコン）からなるとき、エッチングは典型的にはウェット化学エッチングを用いて単一ステップで行われる。別法では、エッチングを行うために等方性成分を有するプラグマを用いることもできる。層 72A 及びスペーサ 102A が異なる材料を用いて形成されるとき、エッチングは 2 段階で行うことができる。

その後先駆素子 106 は処理され、キャップ 106A が除去され、少なくとも部分的にゲート開口部 80A を通って延在する鋭利な先端部が残りのフィラメント状部分に設けられる。第 5 g 図は最終的なゲート型フィールドエミッタを示しており、そこでは鋭利にされたフィラメント状電子放出素子 106B が先駆素子 106 の残りの部分である。アパーチャ 104A が複合開口部 78 / 80 / 100 の中心に垂直に配置されたため、各電子放出フィラメント 106B は対応するゲート開口部 80 の中心に垂直に配置される。

先駆電子放出素子 106 を電子放出フィラメント 106B に変換することは、上記した米国特許第 5,564,959 号に記載される種類の電解研磨 / 研削に従って電気化学的に行われることが好ましい。先駆素子 106 と関連する下側非絶縁エミッタ領域 42 は電解研磨 / 研削操作中に陽極として機能する。ゲート層 60B は陰極として機能する。電解研磨 / 研削操作中に、先駆素子 106 の材料はゲート層 60B の平面に沿って概ね除去され、素子 106 は削り取られ、鋭利な先端部を形成するようになる。キャップ部分 106A が電解研磨 / 研削電解液において侵蝕され、第 5 g 図に示されるように電子放出フィラメント 106B が残される。

ゲート開口部 80 は追加の開口部 76 と垂直に同心円をなしているため、各ゲート開口部 80 は対応する除去された球体 46 の位置の中心に垂直に配置される。従って、電子放出フィラメント 106B の位置は球形粒子 46（の位置）により確定される。

また各アパーチャ 104A の直径は、対応する複合開口部 70 / 80 / 100 の直径から対応するスペーサ 102A の厚さの 2 倍を引いた値に等しい。各複合開口部の直径が概ね対応する除去された球体 46 の直径と同じであるため、フィラメント 106B により占有される横方向面積は球体 46 の大きさ及びスペーサ 102A の厚さにより制御される。

スペーサの厚さは異なるスペーサ 102A 間でほとんど変化しない。上述のように、球形粒子 46 の大きさは粒子 46 毎にほとんど変化しない。球体 46 の表面密度は一次層 72 上でほとんど変化しないため、球体の大きさ及び球面密度を、スペーサの厚さと共に適当に調整することにより、フィラメント 106B は、電子流の大きさを制御可能な状態で、電子放出面積に渡ってほぼ一様な電子放出を実現することができる。

第 4 g 1 図の構造体から第 5 図の一連のバックエンドプロセスを開始する代わりに、追加の層 74A は第 4 f 図に示されるステップの直後に取り除くことができる。ここでエッチングマスクとして機能する一次層 72A を用いて、ゲート層 60 及び絶縁層 44 は一次開口部 78（及び層 44 の場合ゲート開口部 80）を通して異方性エッチングされ、第 5 b 図の構造体を形成する。典型的には 2 段階のエッチングプロセスが用いられており、第 1 の段階が層 60 に対して、第 2 の段階が層 44 に対して用いられている。この時点から、第 5 b 図の構造体は第 5 c - 5 g 図の場合に上記された方法においてさらに処理される。第 2 図及び第 3 図の方法のフロントエンド部分は、上記したのと同様の方法において第 5 図の一連のバックエンドプロセスと組み合わせることができる。第 2 d 図の構造体から開始するとき、一次層 50A をエッチングマスクとして用いて開口部 52 及び 54 を通して層 44 上で異方性エッチングを実行することにより、誘電体開口部 100 は絶縁層 44 を貫通して形成することができる。一部符号が異なり、一次層及びゲート層の厚さが異なるかもしれないという点を除けば、第 5 b 図の構造体が形成される。

同様に、第 3 e 図の構造体から開始するとき、ゲート開口部 80 及び誘電体開口部 100

10

20

30

40

50

は、一次層 6 2 A をエッチングマスクとして用いて一次開口部 6 4 を通してゲート層 6 0 及び絶縁層 4 4 を異方性エッチングすることにより形成することができる。異方性エッチングは典型的には 2 段階で行われ、第 1 段階は層 6 0 に対して、第 2 段階は層 4 4 に対して実行される。一部符号が異なり、一次層の厚さが異なるかもしれないということを前提として、第 5 b 図の構造体が再び形成される。

前述の 3 つの段落において記載した代替例では、ゲート開口部が一次開口部 7 8、6 4 或いは 5 2 と垂直に同心円をなしていたため、各ゲート開口部 8 0、6 6 或いは 5 4 は対応する除去された球体 4 6 の位置の中心に垂直に配置される。それゆえ球体 4 6 は電子放出フィラメント 1 0 6 B の位置を確定する。また球体 4 6 及びスペーサ 1 0 2 を組み合わせることにより、フィラメント 1 0 6 B により占有される横方向面積が制御される。従って、スペーサの厚さと共に、球体の大きさ及び表面密度を適当に調整することにより、フィラメント 1 0 6 B は、大きさを制御可能な状態で、ほぼ様な電子放出を実現することができる。

10

第 6 図はさらに別の一連のバックエンドプロセスを示しており、それは第 4 a - 4 f 図及び第 4 g 1 図の一連のフロントエンドプロセスに適用され、本発明に基づくスペーサを用いて、フィラメント状の電子放出素子を有するゲート型電界放出カソードを形成する。第 4 g 1 図の構造体を形成した後、追加の層 7 4 A が除去される。これにより第 6 a 図の構造体に導かれる。

適当にエッチング可能なスペーサ（或いはコーティング）材料が、一次層 7 2 A 上並びに複合開口部 7 8 / 8 0 の内部に均等に堆積され、第 6 b 図に示されるようなブランケットスペーサ（或いはコーティング）層 1 1 0 を形成する。スペーサ層 1 1 0 は構造体の上面を覆うが、開口部 7 8 / 8 0 を完全に満たすわけではない。凹部 1 1 2 が開口部 7 8 / 8 0 の満たされていない部分に存在する。各凹部 1 1 2 は対応する複合開口部 7 8 / 8 0 の中心に垂直に配置される。

20

通常 C V D を用いてスペーサ材料を堆積する。各複合開口部 7 8 / 8 0 に沿って存在する層 7 2 A 及び 6 0 B の側面端部に沿ったスペーサ層 6 0 の厚さは、任意の所与の高さで比較的一様になる。第 6 図の一連のプロセスにおけるスペーサ材料は、第 5 図の一連のプロセスにおける一次材料及び電極間誘電体と同じ特性を有する。

異方性エッチングが行われ、スペーサ層 1 1 0 の概ね全ての領域が除去されるが、（ a ）一次開口部 7 8 に沿った一次層 7 2 A の側面端部並びに（ b ）ゲート開口部 8 0 に沿ったゲート層 6 0 B の側面端部を覆う環状部分 1 1 0 A は除く。第 6 c 図を参照されたい。こうして凹部 1 1 2 は絶縁層 4 4 に至るまで延在し、わずかに広げられ（第 6 c 図には示されない）、対応するアパーチャ 1 1 2 A になる。凹部 1 1 2 が開口部 7 8 / 8 0 の中心に垂直に配置されたため、各アパーチャ 1 1 2 A は対応する開口部 7 8 / 8 0 の中心に垂直に配置される。

30

一次層 7 2 A 及び環状スペーサ部分 1 1 0 A をエッチングマスクとして用いて、絶縁層 4 4 はアパーチャ 1 1 2 A を通して異方性エッチングされ、層 4 4 を通り下側非絶縁領域 4 2 に至る誘電体開口部 1 1 4 を形成する。第 6 d 図を参照されたい。成形体 4 4 D は絶縁層 4 4 の残りの部分である。

電気的非絶縁エミッタフィラメント材料は複合開口部（或いはアパーチャ）の 1 1 2 A / 1 1 4 内に電気化学めっきされ、非絶縁領域 4 2 と接触する先駆電子放出フィラメント 1 1 6 を形成する。その結果の構造体が第 6 e 図に示される。電気化学めっき中に、一次層 7 2、スペーサ 1 1 0 A 並びに絶縁層 4 4 D の結合体はゲート層 6 0 B を封入し（構造体の横方向周囲に沿った部分を除く場合がある）、先駆電子放出素子 1 1 6 がゲート層 6 0 B に接触するのを防ぐ。スペーサ 1 1 6 A がゲート層 6 0 B と先駆素子 1 1 6 との間の横方向空間を画定する。エミッタフィラメント材料は再び通常ニッケル或いはプラチナのよ

40

うな金属である。

電気化学めっきは、第 5 図の一連のプロセスの場合に上記されたように実行される。めっき時間は開口部 1 1 2 A / 1 1 4 を溢れさせるほど十分に長い時間であるが、典型的には先駆素子 1 1 6 が一次層 7 2 A の表面において互いに接触するほど長い時間ではない。こ

50

うして各先駆電子放出素子 1 1 6 は対応するアパーチャ 1 1 2 A / 1 1 4 から外側に延在するキャップ部分 1 1 6 A を有する。第 5 図の一連のプロセスにおいて行われるように、溢れさせることにより、フィラメント材料の核形成及び成長において生じる違いから、著しく高さの違う電子放出フィラメントを形成してしまう可能性は低減される。

一次層 7 2 A 及びスペーサ 1 1 0 A は、絶縁層 4 4 D 或いはゲート層 6 0 B をあまり侵蝕しないエッチング剤を用いて除去されることが好ましい。第 6 f 図を参照されたい。それによりゲート開口部 8 0 の外側部分は再度開口される。ここでゲート開口部 8 0 のこれらの部分は先駆素子 1 1 6 をゲート層 6 0 B から分離する。一次層 7 2 A 及びスペーサ 1 1 0 A が同じ材料を用いて形成されるとき、エッチングは、典型的には等方性成分を有するウェット化学エッチング或いはプラズマエッチングを用いて単一ステップで行われる。層 7 2 A 及びスペーサ 1 1 0 A が異なる材料からなるとき、2 段階のエッチングプロセスが通常用いられる。

先駆電子放出素子 1 1 6 を処理して、キャップ部分 1 0 6 A を除去し、少なくとも部分的にゲート開口部 8 0 を通って延在する鋭利な先端部を有する残りのフィラメント状部分を形成する。第 6 g 図を参照すると、鋭利なフィラメント状電子放出素子 1 1 6 B は、先駆素子 1 1 6 の残りの部分である。電子放出フィラメント 1 1 6 B は、第 5 図の一連のプロセスにおいて電子放出フィラメント 1 1 6 B を形成するために利用したのと概ね同じ方法において電解研磨 / 研削技術により先駆素子 1 1 6 から形成される。従って、各電子放出フィラメント 1 1 6 B は対応するゲート開口部 8 0 の中心に垂直に配置される。

ゲート層 6 0 B をエッチングマスクとして用いる場合、絶縁層 4 4 B はアンダーカット、典型的には等方性を有するような方法においてゲート開口部 8 0 を通してエッチングされ、電子放出フィラメント 1 1 6 B の周囲に対応する誘電体開口空間 1 1 8 を形成する。第 6 h 図はその結果の構造体を示す。成形体 4 4 E が絶縁層 4 4 B の残りの部分である。誘電体開口空間 1 1 8 は絶縁層 4 4 E を通して部分的に或いは完全に延在する。第 6 h 図は完全にエッチングした場合を示す。

電解研磨 / 研削ステップは、誘電体開口空間 1 1 8 を形成する前に実行することができる。最終的な構造体は第 6 b 図に示されるのと概ね同じになる。別法では、誘電体開口空間 1 1 8 は、ゲート層 6 0 B をほとんどアンダーカットしないように異方性エッチングにより形成することができる。

対応する除去された球体 4 6 の位置の中心に垂直に配置される各ゲート開口部 8 0 を用いる場合、球形粒子 4 6 の位置が電子放出フィラメント 1 1 6 B の位置を確定する。第 5 図のプロセスと同様に、フィラメント 1 1 6 B により占有される横方向面積は球体 4 6 及びスペーサ 1 1 0 により制御される。

第 4 g 1 図の構造体で第 6 図の一連のバックエンドプロセスを開始する代わりに、一連のバックエンドプロセスを第 4 f 図の構造体で開始することもできる。追加の層 7 4 A は除去される。一次層 7 2 A をエッチングマスクとして用いるとき、ゲート層 6 0 は一次開口部 7 8 を通して異方性エッチングされ、第 6 a 図の構造体を形成する。

第 2 図及び第 3 図の各プロセスのフロントエンド部分が本発明に従って第 6 図の一連のバックエンドプロセスを用いて終了し、フィラメント状の電子放出素子を有するゲート型フィールドエミッタを形成することもできる。一部符号が異なり、一次層及びゲート層の厚さが異なるかもしれないことを前提として、第 6 a 図の構造体は第 2 d 図の構造体の繰返しであり、第 2 図のプロセスのフロントエンド部分と第 6 図の一連のバックエンドプロセスとをつなげる役割を果たす。

第 3 e 図の構造体は、第 2 図のプロセスのフロントエンド部分と第 6 図の一連のバックエンドプロセスとをつなげる役割を果たす。第 3 e 図を参照すると、ゲート開口部 8 0 は、一次層 6 2 A をエッチングマスクとして用いて一次開口部 6 4 を通してゲート層 6 0 を異方性エッチングすることにより形成される。一部符号が異なり、一次層の厚さが異なるかもしれないということを前提として、第 6 a 図の構造体が再び形成される。

前述の 2 つの段落において記載された代替例において、フィラメント 1 1 6 B の位置は再び粒子 4 6 により確定される。同様に粒子 4 6 及びスペーサ 1 1 0 がフィラメント 1 1 6

10

20

30

40

50

Bにより占有される横方向面積を制御する。そのとき粒子の大きさ及び表面密度を、スペーサの厚さと共に適当に変化させることにより、フィラメント116Bが、電子流の大きさを制御できる状態で、ほぼ様な電子放出を実現する。

第7a-7j図(集合的に「第7図」とする)は、ゲート型電界放出カソードを製造するための全プロセスの一例を示しており、その電界放出カソードは球形粒子を用いてゲート開口部を画定し、本発明に従ってスペーサを利用して、フィラメント状の電子放出素子を形成する。第7図のプロセスでは、基板40、下側非絶縁領域42並びに絶縁層44からなる初期構造体は第2図のプロセスと概ね同様の方法を用いて形成される。第2a図の繰り返しになるが、第7a図のプロセスの場合の構造体40/42/44を示す。同様に、第7b図に示されるように、固形の球形粒子46が絶縁層44の上側表面上に分布する。球体の堆積は、第2図のプロセスの場合に上記したランダム或いは概ねランダム化する技術を用いて実行される。

10

電気的非絶縁ゲート材料は絶縁層44及び球形粒子46上に堆積するが、蒸着或いはコリメートスパッタリングのような技術を用いて層44の上側表面に概ね垂直な方向に堆積されることが好ましい。ゲート材料は粒子46間の空間内の絶縁層44上に蓄積し、比較的一様な厚さの電気的非絶縁ゲート層120Aを形成する。第7c図を参照されたい。ゲート材料の部分120Bは球体46の上側半分上に同時に蓄積する。ゲート材料部分120Bがゲート層120Aにブリッジするのを避けるために、ゲート層120Aの厚さは通常平均球体半径より小さくする。ゲート材料は典型的にはクロム、ニッケル、モリブデン、チタン、タングステン或いは金のような金属からなる。

20

球体46は典型的には、第2図のプロセスにおいて用いた技術により除去される。球体の除去中に、ゲート材料部分120Bは除去され、第7d図の構造体を形成する。ゲート開口部122は、除去された粒子46のそれぞれの位置にゲート層120Aを通して延在する。ゲート開口部122は、粒子46が球形であるため概ね円形になる。各ゲート開口部122の直径は、対応する除去された球体46の直径と概ね同じになる。ゲート開口部122が、ゲート層をエッチングすることなくゲート層120Aの堆積中に形成されるため、ここでゲート材料に金を用いることができる。

適当にエッチング可能なスペーサ(或いはコーティング)材料は、典型的には均等にゲート層120A上及び絶縁層44に至るゲート開口部122内に堆積し、第7e図に示されるようなブランケットスペーサ(或いはコーティング)層124を形成する。スペーサ層124は構造体の上面を覆うが、ゲート開口部122を完全には満たさない。凹部126がゲート開口部122の満たされていない部分に存在する。各凹部126は対応するゲート開口部122の中心に垂直に配置される。

30

CVDを用いてスペーサ材料を堆積させる場合、各ゲート開口部122に沿って延在するゲート層120の側面端部におけるスペーサ層124の厚さは、任意の所与の高さで比較的一様になる。スペーサ材料は、ゲート材料及び電極間誘電体に関して選択的にエッチング可能であるように選択される。スペーサ材料は典型的には窒化シリコンのような絶縁体(第7e図に示される場合)であるが、電気的非絶縁体、例えばアルミニウムのような金属であってもよい。スペーサ材料が金属からなる場合、スペーサ材料は電気化学めっきすることができる。この場合、そのめっきは典型的には構造体の上側表面に渡って均等ではない。

40

異方性エッチングが実行され、概ねスペーサ層124の全体が除去されるが、ゲート開口部122に沿ったゲート層120Aの側面端部を覆う部分124Aは除く。第7f図を参照されたい。ゲート開口部122の底面におけるスペーサ層124の中央部分はエッチング中に除去されるため、凹部126はスペーサ層124を通り絶縁層44まで延在し、わずかに広げられ(第7f図には示されない)、アパーチャ126Aになる。

各スペーサ部分124Aは第7f図では非常に小さく描かれている。スペーサ124Aをより明確に示すために、第8a図は左側の電子放出素子に対する目的の位置の周囲を中心とした第7f図の構造体部分の拡大図を示す。

ゲート層120A及びスペーサ124Aをエッチングマスクとして用いて、絶縁層44は

50

アパーチャ 1 2 6 A を通して異方性エッチングされ、層 4 4 を通り下側非絶縁領域 4 2 に至る対応する誘電体開口部 1 2 8 を形成する。第 7 g 図を参照されたい。成形体 4 4 F は絶縁層 4 4 の残りの部分である。凹部 1 2 6 はゲート開口部 1 2 2 の中心に垂直に配置されたため、各複合開口部 1 2 6 A / 1 2 8 は対応するゲート開口部 1 2 2 の中心に垂直に配置される。

電気的非絶縁フィラメント材料は複合開口部（或いはアパーチャ）1 2 6 A / 1 2 8 内に電気化学めっきされ、下側非絶縁領域 4 2 と接触する先駆電子放出素子 1 3 0 を形成する。第 7 h 図はその結果の構造体を示す。再び電気化学めっきは典型的には上記の米国特許第 5, 5 6 4, 9 5 9 号に記載される方法により実行される。同様に、エミッタフィラメント材料は典型的にはニッケル或いはプラチナのような金属である。

めっき時間は、誘電体開口部 1 2 8 が完全に満たされ、かつアパーチャ 1 2 6 A の一部が満たされるほど十分に長い時間であるが、各先駆電子放出素子 1 3 0 がそのスペーサ 1 2 4 A を越えて横方向に延在するほど長い時間ではない。従って先駆素子 1 3 0 はスペーサ部分 1 2 4 A（の厚さ）によりゲート層 1 2 0 A から横方向に隔離される。スペーサ 1 2 4 A は第 7 h 図では小さく描かれているため、第 8 b 図では左側の先駆素子 1 3 0 を中心とした第 7 h 図の構造体の一部の拡大図を示す。

スペーサ部分 1 2 4 A はゲート層 1 2 0 A をほとんど侵蝕しないエッチング剤を用いて除去される。ゲート層 1 2 0 A をエッチングマスクとして用いるとき、絶縁層 4 4 F は、アンダーカット、典型的には等方性を有するようにゲート開口部 1 2 2 を通してエッチングされ、先駆電子放出素子 1 3 0 の周囲に対応する誘電体開口空間 1 3 2 を形成する。第 7 i 図を参照すると、成形体 4 4 G は絶縁層 4 4 F の残りの部分である。誘電体開口空間 1 3 2 は絶縁層 4 4 G を部分的に或いは完全に通って延在する。第 7 i 図は部分的に通る場合を示している。

電解研磨 / 研削操作が行われ、鋭利な先端部を有する先駆電子放出素子 1 3 0 を形成する。第 7 j 図はその結果の構造体を示す。フィラメント状電子放出素子 1 3 2 A は先駆素子 1 3 0 の鋭利にされた残りの部分である。再び電解研磨 / 研削操作は、米国特許第 5, 5 6 4, 9 5 9 号に記載される種類の技術に従って実行される。

第 7 i 図及び第 7 j 図に示される操作は逆であってもよい。すなわち先駆物質 1 3 0 が電解研磨 / 研削され、電子放出フィラメント 1 3 0 A を形成し、その後誘電体開口空間 1 3 2 を素子 1 3 0 A の周囲に形成することもできる。また開口空間 1 3 2 は、ゲート層 1 2 0 A をほとんどアンダーカットしないように異方性エッチングにより形成されてもよい。何れの場合においても、ゲート開口部 1 2 2 の中心に垂直に配置される複合開口部 1 2 6 A / 1 2 8 を用いる場合、各フィラメント状電子放出素子 1 3 0 A は対応するゲート開口部 1 2 2 の中心に垂直に配置される。各ゲート開口部 1 2 2 が対応する除去された球体 4 6 の中心に垂直に配置されるため、球形粒子 4 6 がフィラメント 1 3 0 A の位置を確定する。フィラメント 1 3 0 A により占有される横方向面積は球体 4 6 の直径とスペーサ層 1 2 4 の厚さにより制御される。それゆえフィラメント 1 3 0 B は、スペーサの厚さと共に球体の大きさ及び表面密度を適切に調整することにより、制御された大きさで、ほぼ様な電子放出を実現するように配列することができる。

第 9 a - 9 c 図（集散的に「第 9 図」とする）は、本発明に従ったフィラメント状電子放出素子を有するゲート型電界放出カソードを製作する際に、第 7 g 図の構造体に適用することができる一連のプロセスの拡大図を示す。第 7 a - 7 g 図及び第 9 図のプロセスでは、スペーサ部分 1 2 4 A は電気的非絶縁材料で、通常は金属からなり、エミッタフィラメント材料及びゲート材料の両方に関して選択的にエッチング可能である。例えば、（a）ゲート材料がクロムであり、（b）フィラメント材料がニッケルであるとき、部分 1 2 4 A のスペーサ材料は典型的にはアルミニウムである。また第 1 4 図と共に以下に、より完全に記載されるように、第 9 図の一連のプロセスにおける下側非絶縁エミッタ領域 4 2 は下側電氣的導電性層及び上側電氣的抵抗性層からなる。

第 7 g 図の構造体から開始するとき、エミッタフィラメント材料は複合アパーチャ 1 2 6 A / 1 2 8 内に電気化学めっきされ、先駆フィラメント状電子放出素子 1 3 4 を形成する

10

20

30

40

50

。電気化学めっき中に、ゲート層 120A は制御電極としての役割を果たす。非絶縁スペース 124A はゲート層 120A と接触し、その後制御電極の一部として機能する。析出陽極はめっき電解液内に配置される。下側非絶縁エミッタ領域 42 は析出陰極である。誘電体開口部 126A 内にめっきされるフィラメント材料が下側非絶縁領域 42 に接触するため、アパーチャ 126A / 128 内に蓄積するフィラメント材料は析出陰極の一部として機能する。

下側非絶縁領域 42 の下側導電性層は、エミッタフィラメント材料が非絶縁領域 42 の上側抵抗性層上の誘電体開口部 126A 内に電気化学めっきされるように十分に高い電圧に保持される。一方ゲート層 120A は、フィラメント材料がゲート層 120A 及び非絶縁スペース 124A を用いて形成される制御電極上に電気化学めっきされることのない電圧に保持される。

10

誘電体開口部 126A 内のフィラメント材料の蓄積は、第 9 図の点 136 に示されるように先駆電子放出フィラメント 134A が非絶縁スペース 124A に接触するまで継続する。各先駆フィラメント 134A が非絶縁スペース 124A に接触するとき、そのフィラメント 134 は、ゲート層 120A 及び非絶縁スペース 124A を用いて形成された制御電極に電氣的に短絡される。そうして短絡された各フィラメント 134 の電圧はそのとき、フィラメント材料を電気化学めっきするのに十分な析出陰極値からフィラメント材料をめっきするには不十分な制御電極値に変化する。従ってそのフィラメント 134 の電気化学めっきは終了する。

先駆フィラメント 134 が制御電極に電氣的に短絡されるとき、制御電極電流はフィラメント 134 及び下側非絶縁領域 42 内の上側抵抗性層の上側をなす部分を通して流れる。そのように短絡されたフィラメント 134 及び上側抵抗性層の上側をなす部分の合成抵抗 R_D により、フィラメント 134 及び下側抵抗性層の上側をなす部分の間で電圧降下 V_D が生じるようになる。

20

電氣的に短絡された各フィラメント 134 の場合、合成抵抗 R_D の値は十分に高くなっており、十分な大きさの電圧降下 V_D が生じることになり、非絶縁領域 42 の下側導電性層の析出陰極電圧が、フィラメント材料を電気化学めっきするのに十分な電圧値に変化するのを防ぐ。従って 1 つの先駆フィラメント 134 のめっきの終了は、別の先駆フィラメント 134 のめっきにほとんど影響を与えない。全ての先駆フィラメント 134 のめっきは、フィラメントのそれぞれが独立に非絶縁スペース 124A に接触するときに概ね終了する。従ってフィラメント材料はアパーチャ 126A から突出することはできず、先駆フィラメント 134 がゲート層 120A にブリッジすることはない。

30

ゲート層 120A あるいは先駆電子放出フィラメント 134 をあまり侵蝕しない適当なエッチング剤を用いて、スペース部分 124 は除去され、第 9b 図の構造体を形成する。電解研磨 / 研削操作が行われ、第 9c 図に示されるように、先駆素子を鋭利なフィラメント状の電子放出素子に変換する。

エッチングマスクとして機能するゲート層 120A を用いて、絶縁層 44 はアンダーカット、典型的には等方性を有するようにゲート開口部 122 を通してエッチングされ、電子放出フィラメント 134A の周囲に対応する誘電体開口空間 138 を形成する。第 9c 図に示される成形体 44H は絶縁層 44F の残りの部分である。電解研磨 / 研削操作を行うのは、誘電体開口空間 138 を形成するためにエッチングを行う前或いは後のいずれでもよい。何れの場合においても、第 9c 図の構造体は上述したようにさらに処理される。

40

誘電体開口空間 138 が電解研磨 / 研削操作の前後何れにおいて形成されるかに関わらず、各フィラメント状電子放出素子 134A は対応するゲート開口部 122 の中心に垂直に配置される。従って球体 46 が電子放出フィラメント 134A の位置を確定する。また球体 46 及びスペース 124A はフィラメント 134A により占有される横方向面積を制御する。フィラメント 134A からの電子放出の一様性及び大きさは、スペースの厚さと共に球体の大きさ及び表面密度を適当に変更することにより制御される。

第 9 図の一連のプロセスにおいてフィラメント材料の電気化学めっきを自動的に終了するために用いられる技術は、第 6a - 6d 図の一連のプロセスを含むプロセスに適用するこ

50

とができる。この場合には、環状スペーサ部分 1 1 0 A は電気的非絶縁材料であり、通常金属からなり、フィラメント及びゲート材料に関して選択的にエッチング可能である。またスペーサ部分 1 1 0 A は典型的には一次材料に関しても選択的にエッチング可能である。一次層 7 2 A は電気的非絶縁材料であり、再び通常アルミニウムのような金属からなることができ、フィラメント及びゲート材料に関して選択的にエッチング可能である。下側非絶縁領域 4 2 は、さらに第 1 4 図に関連して以下に記載されるような下側導電性層及び上側抵抗性層からなる。

第 6 d 図の構造体で開始するとき、エミッタフィラメント材料の電気化学めっきは電気化学セルを用いて実行され、その中でゲート層 6 0 B が制御電極として機能する。スペーサ部分 1 1 0 A がゲート層 6 0 B と接触するため、スペーサ 1 1 0 A は制御電極の一部として機能する。めっき電解液内に配置された析出陽極を用いる場合、下側非絶縁領域 4 2 が析出陰極である。誘電体開口部 1 1 4 内にめっきされたフィラメント材料は領域 4 2 と接触し、従って析出陰極の一部として機能する。

10

各誘電体開口部 1 1 4 内に蓄積するフィラメント材料が対応するスペーサ部分 1 1 0 A と接触するとき、その開口部 1 1 4 内に形成される電子放出フィラメント 1 1 6 用の析出陰極は、制御電極に電気的に短絡される。これによりフィラメント材料の開口部 1 1 4 への電気化学めっきが終了する。第 9 a 図の先駆フィラメント 1 3 4 に類似の形状を有する先駆電子放出フィラメントが、誘電体開口部 1 1 4 内に形成される。

その後一次層 7 2 A 及びスペーサ部分 1 1 0 A は除去される。電解研磨ステップが各電子放出フィラメントを鋭利にするために実行され、エッチングがフィラメントの周囲に誘電体開口空間を形成するためにゲート開口部 1 8 0 を通して実行される。第 6、7 並びに 9 図の一連のプロセスにおいて示されるように、これらのステップのうち何れを最初に行ってもよい。その結果の構造体が全般的に第 6 h 図或いは第 7 j 図に示されており、誘電体開口空間は絶縁層 4 4 を完全に貫通して延在するか、或いは部分的に通って延在するかによって異なっている。

20

第 5 - 7 図の一連のプロセスでは、スペーサ材料のブランケット層を堆積し、その後ブランケット層の不要な部分を除去することによりスペーサが形成される。しかしながらスペーサはある場合には、選択的な堆積技術により形成する必要がある。典型的にそうするのが必須の状況となるのは、ゲート層がその側面端部に沿って露出するが、その上側或いは下側表面に沿って露出しない場合である。

30

第 1 0 a - 1 0 g 図（集合的に「第 1 0 図」とする）は一連のバックエンドプロセスを示しており、第 3 a - 3 f 図の一連のフロントエンドプロセスに適用され、本発明に従った選択的なスペーサ堆積を利用して、フィラメント状の電子放出素子を有するゲート型電界放出カソードを形成する。第 1 0 a 図に示されるように、第 3 f 図を繰り返すことにはなるが、各ゲート開口部 6 6 は一次層 6 2 A をわずかにアンダーカットするために、第 1 0 図の一連のバックエンドプロセスにおける対応する一次開口部 6 4 よりわずかに大きい。それにも関わらず各ゲート開口部 6 6 は対応する一次開口部 6 4 と概ね同じ直径になってもよい。ゲート開口部 6 6 が一次層 6 2 A をアンダーカットするか否かに関わらず、ゲート層 6 0 A の側面端部のみが露出する。

電気化学的技術を用いて、適当にエッチング可能な電気的非絶縁スペーサ（或いはコーティング）材料がゲート開口部 6 6 に沿ったゲート層 6 0 の露出した端部に選択的に堆積し、環状の電気的非絶縁スペーサ 1 4 0 を形成する。第 1 0 b 図を参照されたい。アパーチャ 1 4 2 はそれぞれ環状のスペーサ 1 4 0 を通って延在する。各アパーチャ 1 4 2 は対応する環状スペーサ 1 4 0 に垂直に整列される。十分に長い時間、電気化学めっきが実行され、各アパーチャ 1 4 2 の直径は対応するゲート開口部 6 4 の直径よりもかなり小さくなる。

40

スペーサの電気化学めっき中、ゲート層 6 0 A が析出陰極となる。スペーサ 1 4 0 はゲート層 6 0 A に接触するため、ゲート端部に沿って成長するスペーサ 1 4 0 は陰極の一部を形成する。析出陽極はめっき電解液内に配置される。

スペーサ 1 4 0 は、後にゲート層 6 2 A、絶縁層 4 4 並びに電子放出フィラメントを形成

50

する際に用いられる材料に関して選択的にエッチング可能である。スペーサ材料は通常銅或いはニッケルのような材料であり、ゲート材料とは異なり、またフィラメント材料とは異なることが前提となる。

ゲート層 6 2 A 及びスペーサ 1 4 0 をエッチングマスクとして用いるとき、絶縁層 4 4 はゲート開口部 6 4 及びアパーチャ 1 4 2 を通して異方性エッチングされ、絶縁層 4 4 を通り下側非絶縁領域 4 2 に至る対応する誘電体開口部 1 4 4 を形成する。第 1 0 c 図はその結果の構造体を示す。成形体 4 4 I は絶縁層 4 4 の残りの部分である。誘電体開口部 1 4 4 の側壁は概ね垂直である。各アパーチャ 1 4 2 が対応するゲート開口部 6 4 より小さな直径からなるため、各アパーチャ 1 4 4 の直径は対応する誘電体開口部 1 4 2 の直径と概ね等しくなる。

10

電気的非絶縁エミッタフィラメント材料が誘電体開口部 1 4 4 内に電気化学めっきされ、下側非絶縁領域 4 4 と接触する先駆電子放出フィラメント 1 4 6 を形成する。第 1 0 d 図を参照されたい。フィラメントのめっきは、先駆フィラメント 1 4 6 がスペーサ 1 4 2 に接触するか、或いはほぼ接触するまで行われる。フィラメントの電気化学めっきは典型的には全般に米国特許第 5, 5 6 4, 9 5 9 号に記載される技術により実行される。フィラメントめっきは、所定のめっき時間を過ぎるか、或いは第 9 図の一連のプロセスにおいて利用される自動化技術かの何れかにより終了される。

フィラメントの電気化学めっき中、一次層 6 2 A、スペーサ 1 4 0 並びに絶縁層 4 4 I の結合体がゲート層 6 0 A を封入し（再び構造体の横方向周囲に沿った部分を除く場合がある）、先駆電子放出フィラメント 1 4 6 がゲート層 6 0 A に接触するのを防ぐ。スペーサ 1 4 0 が先駆フィラメント 1 4 6 とゲート層 6 0 A との間の横方向空間を画定する。各フィラメント 1 4 6 は対応する一次開口部 6 4 の中心に垂直に配置され、従って対応する除去された球体 4 6 の位置の中心に垂直に配置される。

20

一次層 6 2 A 及びスペーサ 1 4 0 が除去され、第 1 0 e 図に示される構造体が形成される。一次層 6 2 A は、スペーサ 1 4 0 を除去する前に除去されても、或いはその逆でもよい。別法では、スペーサ及び一次材料の両方をエッチングするエッチング剤が利用可能であるとき、一次層 6 2 A 及びスペーサ 1 4 0 は同時に除去されてもよい。何れの場合においても、除去操作は、ゲート層 6 0 A、或いは先駆電子放出フィラメント 1 4 6 をほとんど侵蝕しないエッチング剤を用いて行われる。こうしてゲート開口部 6 6 は再度開口される。各再度開口されたゲート開口部 6 6 及び対応する誘電体開口部 1 4 6 は対応する一次開口部 6 4 の中心に配置されたため、各フィラメント 1 4 6 は対応するゲート開口部 6 6 の中心に垂直に配置される。

30

ゲート層 6 0 A をエッチングマスクとして用いるとき、絶縁層 4 4 I はゲート開口部 6 6 を通してエッチングされ、第 1 0 f 図に示されるような先駆電子放出フィラメント 1 4 6 の周囲に対応する誘電体開口空間 1 4 8 を形成する。成形体 4 4 J は絶縁層 4 4 I の残りの部分である。エッチングは等方性を有するように実行されることができ、その状態が第 1 0 f 図に示される。別法では、エッチングは、誘電体開口空間 1 4 8 がゲート層 6 0 A をアンダーカットするように部分的に或いは全体的に等方性を有するように実行されてもよい。開口空間 1 4 8 は絶縁層 4 4 J を部分的に通るか、或いは完全に貫通して延在する。第 1 0 f 図は完全に貫通した状態を示す。

40

電解研磨 / 研削操作が先駆電子放出フィラメント 1 4 6 上で行われ、フィラメントに鋭利な先端部を設ける。第 1 0 g 図を参照されたい。成形体 1 4 6 A は先駆フィラメント 1 4 6 の鋭利にされた残りの部分である。また再び、電解研磨 / 研削操作は、米国特許第 5, 5 6 4, 9 5 9 号に記載される種類の技術に従って実行される。

第 3 a - 3 f 図及び第 1 0 図のプロセスは種々の方法において変更されることができる。第 2 a - 2 d 図の一連のフロントエンドプロセスは第 3 a - 3 f 図の一連のフロントエンドプロセスと入れ替えることができる。同様に第 4 図の一連のフロントエンドプロセス（第 4 g 1 図のバージョン或いは第 4 g 2 図のバージョン何れであってもよい）は、追加の層 7 4 A の除去を伴うが、第 3 a - 3 f 図の一連のプロセスの代わりに用いることができる。先駆電子放出フィラメント 1 4 6 における電解研磨 / 研削操作は、誘電体開口空間 1

50

48を形成する前に行われてもよい。

最終的な構造体では、各電子放出フィラメント146は対応するゲート開口部66の中心に垂直に配置される。除去された球体46がゲート開口部66の位置を確定するため、除去された球体46はフィラメント146Aの位置も確定する。各電子放出フィラメント146Aの横方向面積は、対応する除去された球体46の直径及び対応するスペーサ140の横方向の厚さにより制御される。スペーサの厚さと共に球体の大きさ及び粒子の表面密度を適当に調整することにより、フィラメント146Aは概ね一樣な電子放出を実現することができる。

第2a図及び第7a図のプロセスでは、ゲート開口部54及び122は、球形粒子46を除去した後に残されるゲート材料内に存在するように記載されている。しかしながら、ゲート開口部54及び122は実際にはゲート材料がめっきされたのと同時にゲート層48A及び120A内に形成される。同様のことが第3図のプロセスにおける一次開口部64及び第4図の一連のプロセスにおける追加の開口部76にも当てはまる。

第11a-11h図(集合的に「第11図」とする)は、一連のプロセスを示しており、そのプロセスでは本発明に従ったゲート型電子放出カソードを製造する際に球形粒子46を用いてゲート開口部を画定し、またスペーサ材料が球体46を除去する前にゲート開口部内に堆積する。第11図の一連のプロセスに対する開始点は第7a図の構造体40/42/44である。球体46は第7b図に示されるように絶縁層44の上面に堆積され、その後ゲート材料の堆積が層44の上側表面に概ね垂直な方向に実行され、ゲート層120及び余分なゲート材料部分120Bを形成する。この結果第7c図の構造体が形成されるが、第11a図としてここで繰り返す。ゲート層120内のゲート開口部122は第11a図に明確に示される。第11a図のゲート層の厚さは典型的には第7a図の製作プロセスのゲート層の厚さより薄い。

適当にエッチング可能なスペーサ材料は、典型的には絶縁体であり、その構造の上面に堆積し、第11b図に示されるようなゲート層120A上にスペーサ(或いはカバー)層150Aを形成する。スペーサ層150Aは球体46間の空間内に配置される。スペーサ材料の堆積は、スペーサ層150Aの環状部分150Bが粒子46の下側の絶縁層44上のゲート開口部122内に形成されるように実行される。スペーサ材料の部分150Cは球体46上に配置されるゲート材料部分120B上に同時に蓄積する。余分なスペーサ材料部分150Cがスペーサ層150Aとブリッジするのを避けるために、層150A及び120Aの全体の厚さは通常球体46の平均半径より小さくなる。

スペーサ材料の堆積は典型的には、非コリメートスパッタリング(すなわちスパッタリングされた材料の衝突原子の自然入射角に実質的に広がりがあるスパッタリング)或いはプラズマCVDのような一樣な非コリメート技術により実行される。非コリメートスパッタリング中、圧力は概ね10~100mtorrである。また非コリメート式のスペーサ材料堆積は、角度付き回転スパッタリング(angled rotational sputtering)或いは角度付き回転蒸着(angled rotational evaporation)のような角度付き回転技術により実行することができる。角度付き回転堆積の場合、構造体40/42/44を、層44の上側表面に概ね垂直な軸の周囲をスペーサ材料の材料源に対して回転させると同時に、絶縁層44の上側表面に対して90°より相当小さい角度で、スペーサ材料が絶縁層44上に堆積する。衝突するスペーサ材料の原子は角度付き回転堆積中に即座にコリメートビームを形成するが、スペーサ材料源に対して構造体40/42/44が角度付きの回転をすることにより、全堆積が非コリメート化されるようになる。

スペーサ材料の堆積が一樣な非コリメート技術で行われ、粒子46の下側の空間に堆積されるとき、環状のスペーサ部分150Bの横方向厚さ、すなわちスペーサ層150Aが球体46により垂直方向に覆われる面積に延在する半径方向の距離は、平均球体半径の20~80%に容易に等しくすることができ、典型的には平均球体半径の50%よりわずかに大きい。

粒子46は再び典型的には第2図のプロセスにおいて利用された技術を用いて除去される。球体46の除去中、余分なゲート材料部分120B及び余分なスペーサ材料部分150

10

20

30

40

50

Cは同時に除去され、第11c図の構造体が形成される。ここでアパーチャ152はスペーサ層150Aを貫通して除去された球体46の位置に延在する。詳細には、アパーチャ152はゲート開口部122内に配置される環状スペーサ部分150Bを貫通して延在する。粒子46が概ね球形であるため、アパーチャ152は概ね円形になる。各アパーチャ152は対応するゲート開口部122の中心に垂直に配置される。

スペーサ材料150Aをエッチングマスクとして用いるとき、絶縁層44はアパーチャ152を通して異方性エッチングされ、層44を通り下側非絶縁領域42に至る対応する誘電体開口部154を形成する。第11b図を参照すると、成形体44Kは絶縁層44の残りの部分である。アパーチャ152がゲート開口部122の中心に配置されるため、各誘電体開口部154は対応するゲート開口部122の中心に垂直に配置される。

10

電気的非絶縁エミッタフィラメント材料は複合開口部（或いはアパーチャ）152/154内に電気化学めっきされ、下側非絶縁エミッタ領域42と接触する先駆フィラメント状電子放出素子156を形成する。第11e図はその結果の構造体を示す。ここで再びフィラメントの電気化学めっきは典型的には米国特許第5,546,959号に記載される方法において実行される。同様にエミッタフィラメント材料は通常ニッケル或いはプラチナのような金属である。

フィラメントの電気化学めっき中、絶縁層44及びスペーサ部分150Bを含むスペーサ層150Aの結合体がゲート層120Aを封入し（再び構造体の横方向外周部に沿った部分は除く場合がある）、先駆電子放出フィラメント156がゲート層120Aと接触するのを防ぐ。スペーサ150Bはゲート層120Aと先駆フィラメント156との横方向空間を画定する。

20

電気化学めっきは典型的には複合開口部152/154を溢れさせるほど十分に長い時間行われるが、電子放出フィラメント156がスペーサ層158の上側表面において互いに接触するほど長くはない。こうして各電子放出フィラメント156は複合開口部152/154から突出するキャップ部分156Aを有する。このように溢れさせることにより、フィラメント材料の核形成及び成長における違いに起因して、著しく異なるタイプの電子放出フィラメントを形成する可能性が低減される。

スペーサ部分150Bを含むスペーサ層150Aは除去される。第11f図を参照されたい。スペーサ材料の除去は、絶縁層44K或いはゲート層120Aをあまり侵蝕しないエッチング剤を用いて行われることが好ましい。結果として、ゲート開口部122の外側部分は再度開口される。スペーサ材料をエッチングするために、典型的には等方性成分を有するウェット化学エッチング或いはプラズマエッチングが用いられる。

30

ゲート層120Aをエッチングマスクとして用いるとき、絶縁層44Kはアンダーカット、典型的には等方性を有するようにゲート開口部122を通してエッチングされ、電子放出フィラメント156の周囲に対応する誘電体開口空間158を形成する。第11g図を参照されたい。成形体44Lは絶縁層44Kの残りの部分である。誘電体開口空間158は絶縁層44Lを部分的に通るか、或いは貫通して延在する。第11g図は貫通する場合を示す。

先駆電子放出フィラメント156は、キャップ156Aを除去して、少なくとも一部がゲート開口部122を通過して延在する鋭利にされた先端部を有する残りのフィラメント状部分を形成するように処理される。第11f図はその結果の構造体を示しており、その中で鋭利な電子放出フィラメント156Bはフィラメント156の残りの部分である。鋭利にされたフィラメント156Bは、第5図の一連のプロセスにおける鋭利にされたフィラメント116Bを形成する場合に上記した電解研磨/研削技術を用いて、先駆フィラメント156から形成される。こうして各電子放出フィラメント156Bは対応するゲート開口部122の中心に垂直に配置される。

40

電解研磨/研削操作は、誘電体開口空間158を形成した後に行なうことができる。第11f図の構造体が再び形成される。また異方性エッチングを用いて、ゲート層120Aがあまりアンダーカットされないように開口空間158を形成することができる。別法では、開口空間158の形成は削除することができる。フィラメント材料の電気化学めっきを

50

自動的に終了させるために第9図の一連のプロセスにおいて用いられた技術が、第9図の一連のプロセスにおいてフィラメントのめっきを自動的に終了させたのと同じように第11図のプロセスに適用されてもよい。

(a) 電子放出フィラメント156Bがゲート開口部122の中心に垂直に配置され、(b) 開口部122が除去された球体46の中心に配置されるため、フィラメント156Bの位置は球体46により確定される。フィラメント156Bの横方向面積は球体46の直径及びスペーサ部分150Bの横方向の厚さにより制御される。従って、フィラメント156Bは、球体の大きさ、球体の表面密度並びにスペーサ150Bの横方向の厚さを適当に調整することにより概ね一樣な電子放出を実現することができる。

フィラメント状電子放出素子を有する電子エミッタを製造するために第5-7図、第10図並びに第11図の一連のプロセスでは、スペーサ材料がゲート開口部内に堆積することが必要となる。しかしながらフィラメント位置を確定する球体46の平均直径より著しく小さい平均直径を有する電子放出フィラメントを備えるゲート型電子エミッタは、スペーサ材料をゲート開口部内に堆積させなくても製作することができる。第12a-12i図(集合的に「第12図」とする)は、本発明に従って、ゲート型電子放出カソードが如何に製造されるかの一例を示す。

第12図のプロセスでは、初期構造体40/42/44は第2図のプロセスの場合に上記したのと概ね同じ方法において形成される。第12a図を参照されたい。第12a図は第2a図の繰り返しである。固形の球形粒子46は、第2図のプロセスにおいて利用されたランダム或いは概ねランダムにする技術を用いて同様に絶縁層44の上面に分布される。第12b図は、第2b図の繰り返しであるが、この時点での構造体を示す。

下側(或いは第1の)カバー材料がその構造体の上面に堆積され、第12c図に示されるように絶縁層44上に下側カバー層160Aを形成する。下側カバー層160Aは粒子46間の空間内に配置される。カバー層160Aの堆積は、カバー層160Aの環状部分160Bが層44の上にある粒子46の下側の空間内に形成されるように行われる。下側カバー材料の部分160Cが球体46の上側半分上に同時に蓄積する。

下側カバー材料の堆積は典型的には第11図のプロセスにおけるスペーサ材料の堆積と概ね同じように行われる。下側カバー材料は典型的には絶縁体である。別法では、下側カバー材料は電気的非絶縁体であり、典型的にはクロム、ニッケル、モリブデン、チタン或いはタングステンのような金属であってもよい。この場合にはカバー層160Aの一部は後にゲート層の一部を形成する。

上側(或いは第2の)カバー材料は絶縁層44の上側表面に概ね垂直な方向に構造体の上面に堆積し、球形粒子46間の空間内の下側カバー層160A上に上側カバー層162Aを形成する。第12d図を参照されたい。上側カバー材料は、下側カバー材料部分160Bの上の球体46の下側の空間内にはほとんど(ほぼ全く)蓄積されない。しかしながら上側カバー材料の部分162Bは下側カバー部分160C上に同時に蓄積する。カバー層160A及び162Aの全体の厚さは通常球体46の平均半径より小さい。これにより余分なカバー材料部分162Bがカバー層160Aにブリッジするのを避けられる。

上側カバー層162Aは通常電子エミッタに対するゲート層の少なくとも一部分を形成する。その場合には、上側カバー材料は電気的非絶縁ゲート材料であり、典型的にはクロム、ニッケル、モリブデン、チタン、タングステン或いは金のような金属からなる。別法では、上側カバー材料は、下側カバー層160Aが後にゲート層になる場合には、絶縁体から形成されることができる。

ここで球形粒子46は、典型的には第2図のプロセスにおいて用いられた技術により除去される。球体46を除去する際に、余分なカバー材料部分160C及び162Bは同時に除去され、第12e図の構造体が形成される。上側開口部164は、典型的にはゲート開口部を構成し、上側カバー層162Aを貫通して、除去された球体46の位置に延在する。下側開口部166は同様に下側カバー層160Aを貫通し、詳細には層160Aのカバー部分160Bを貫通して除去された球体46の位置に延在する。各下側カバー開口部166は対応する上側カバー開口部164の直径より小さい。粒子46が概ね球形であるた

10

20

30

40

50

め、カバー開口部 1 6 4 及びカバー開口部 1 6 6 は概ね円形になる。各下側開口部 1 6 6 は対応する上側開口部 1 6 4 の中心に配置される。

カバー層 1 6 0 A 及び 1 6 2 A をエッチングマスクとして用いるとき、絶縁層 4 4 はカバー開口部 1 6 4 及び 1 6 6 を通して異方性エッチングされ、層 4 4 を通り下側非絶縁エミッタ領域 4 2 に至る対応する誘電体開口部 1 6 8 が形成される。第 1 2 f 図を参照されたい。成形体 4 4 M は絶縁層 4 4 の残りの部分である。各下側カバー開口部 1 6 6 が対応する上側開口部 1 6 4 より小さいため、各誘電体開口部 1 6 8 の直径は対応する下側カバー開口部 1 6 6 の直径にほぼ等しくなる。また各誘電体開口部 1 6 8 は対応するカバー開口部 1 6 4 の中心に垂直に配置される。

電気的非エミッタフィラメント材料が複合開口部（或いはアパーチャ）1 6 6 / 1 6 8 内に電気化学めっきされ、下側非絶縁エミッタ領域 4 2 と接触する先駆電子放出フィラメント 1 7 0 を形成する。第 1 2 g 図を参照されたい。めっき時間は誘電体開口部 1 6 8 が完全に満たされるだけの十分に長い時間であるが、フィラメント 1 7 0 のいかなる部分も上側カバー層 1 6 2 と接触しない程度の長さの時間である。フィラメントのめっきは、第 9 図の一連のプロセスの場合に上記したように自動的に終了させることができる。ここで再びフィラメント材料は通常ニッケル或いはプラチナのような金属である。

上側カバー層 1 6 2 A をエッチングマスクとして用いるとき、下側カバー層 1 6 0 A は上側カバー開口部 1 6 4 を通してエッチングされ、環状カバー部分 1 6 0 B が除去される。こうして下側カバー開口部 1 6 6 は広げられ、第 1 2 h 図に示されるような下側カバー開口部 1 7 2 になる。成形体 1 6 0 D は下側カバー層 1 6 0 A の残りの部分である。広げられた下側カバー開口部 1 7 2 が上側カバー層 1 6 2 A をアンダーカットしないように、エッチングは典型的には異方性を有するように行われる。

カバー層 1 6 2 A 及び 1 6 0 A をエッチングマスクとして用いるとき、絶縁層 4 4 M はカバー開口部 1 6 4 及び 1 6 6 を通して異方性エッチングされ、下側非絶縁領域 4 2 に至る対応する誘電体開口空間 1 7 4 が形成される。再び第 1 2 h 図を参照されたい。成形体 4 4 N は絶縁層 4 4 M の残りの部分である。誘電体開口空間 1 7 4 は絶縁層 4 4 N を部分的に通るか、或いは貫通して延在し、第 1 2 h 図は貫通する場合を示す。

電解研磨 / 研削操作が先駆フィラメント 1 7 0 上で行われ、フィラメント 1 7 0 に下側カバー開口部 1 7 2 を一部通って延在する鋭利にされた先端部を与える。その結果の構造体が第 1 2 i 図に示される。電子放出フィラメント 1 7 0 A は先駆フィラメント 1 7 0 の鋭利にされた残りの部分である。電解研磨 / 研削操作は典型的には第 5 図のプロセスの場合に上記したように行われる。

第 1 2 i 図では、上側カバー層 1 6 2 A は通常ゲート層である。別法では、上側カバー層 1 6 2 A 及び下側カバー層 1 6 0 D の両方が共にゲート層としての役割を果たすことができる。さらに別の代替例として、下側カバー層 1 6 0 D がゲート層であることができる。この場合には上側カバー層 1 6 2 A は典型的には絶縁材料か或いは除去される材料かの何れかの材料からなる。

電解研磨 / 研削操作は、誘電体開口空間 1 7 4 を形成する前に行うことができる。等方性成分を有するエッチングを用いて、カバー層 1 6 0 D 及び 1 6 2 A をアンダーカットするように開口空間 1 7 4 を形成することができる。開口空間 1 7 4 の形成は削除することでもできる。そのときは鋭利にされたフィラメント 1 7 0 A は絶縁層 4 4 N に横方向に当接する。

誘電体開口空間 1 7 4 が形成されるか否かに関わらずまた、ゲート層がカバー層 1 6 2 A 及び 1 6 0 D の 1 つ或いは両方を用いて形成されるか否かに関わらず、各電子放出フィラメント 1 7 0 A は、対応する上側カバー開口部 1 6 4 及び対応する下側カバー開口部 1 7 2 の両方の中心に垂直に配置される。上側カバー開口部 1 6 4 が除去された球体 4 6 の位置に配置されるため、フィラメント 1 7 0 A の位置は球体 4 6 の位置により確定される。フィラメント 1 7 0 A により占有される横方向面積は、球体 4 6 の直径及び環状カバー材料部分 1 6 0 B の横方向の幅により制御される。球体の大きさ、球体の表面密度並びに環状カバー部分 1 6 0 B の横方向の厚さを適当に調整することにより、第 1 2 i 図の電子工

10

20

30

40

50

ミッタは概ね一様な電子放出を達成することができるようになる。

前述の一連のプロセスでは、球形粒子46を用いて、ゲート開口部を直接画定するか、或いはゲート開口部を画定するために利用される開口部を画定することができる。しかしながら、粒子46を用いて、まずゲート開口部のための所望の横方向形状を有する固体領域をまず画定することができる。これらの固体領域は、通常円形であり、後にゲート開口部を画定するために用いられる。

第13a - 13g図(集合的に「第13図」とする)は、そのような製作プロセスのフロントエンド部分の一例を示しており、ゲート型電界放出カソードに対するゲート開口部が固体領域から形成され、その固体領域の形状は本発明に従った球形粒子により確定される。そのように形成されたゲート開口部は通常急峻な端部を有する。従って第13図の一連のフロントエンドプロセスは第7e - 7j図のような一連のバックエンドプロセスに従って完了するのに特に適しており、その中で電子放出素子の形成は、ゲート開口部内にスペーサ材料を設ける必要がある。第13図の一連のプロセスは第2a図の構造体40/42/44を用いて開始するが、ここで第13a図として繰り返される。

電気的非絶縁中間層180は、後にゲート層の下側部分として機能し、第13b図に示されるような絶縁層44上に堆積する。中間非絶縁層180は典型的にはクロム或いはチタンのような金属からなる。パターン転写層182が中間層180上に形成される。パターン転写層182はフォトレジスト或いは無機誘電体材料のような種々の材料からなる。

粒子46は、第1図のプロセスの場合に上記したランダム概ねランダムにする技術を用いてパターン転写層182の上側表面上に分布される。第13c図はこの時点での構造体を示す。粒子46により影にならない、すなわち垂直方向に覆われないパターン転写層182の部分が第13d図に示されるように除去される。概ね円形の柱状部182Aが層182の残りの部分として形成される。各柱状部182Aは対応する1つの粒子46の下側をなす。パターン転写層182がフォトレジストからなるとき、層182は化学線、典型的には紫外線に露光されるが、球形粒子46を露光マスクとして用いて、粒子46の下側のフォトレジスト部分が化学線に露光されるのを防ぐ。露光されたフォトレジストは化学組成が変化する。この後その構造体上で現像操作が行われ、露光されたフォトレジストが除去され、第13d図に示される構造体が導かれる。層182が無機誘電体材料からなるとき、粒子46をエッチングマスクとして用いて、絶縁層44の上側表面に概ね垂直な方向にある層182上で、異方性エッチングが行われる。層182の覆われていない部分はエッチング中に除去され、再び第13d図に示される構造体が導かれる。

電気的非絶縁ゲート材料が構造体の上側表面に堆積する。ゲート材料の堆積は、非絶縁中間層180を析出陰極として用いて電気化学的技術により行われることが好ましい。析出陽極は粒子46の上のめっき電解液内に配置される。化学電気めっき中、ゲート材料が中間層180の露出した部分上に蓄積し、第13e図に示される電気的非絶縁上側ゲートサブレイヤ184が形成される。

柱状部182A及び粒子46は除去され、第13f図に示される構造体が形成される。上側ゲート開口部186は、上側ゲートサブレイヤ184通り、粒子46の下側の除去された柱状部182Aの位置に延在する。柱状部182A及び粒子46の除去は、種々の方法において実行することができる。例えば、柱状部182Aを適当な化学或いはプラズマエッチング剤を用いて除去し、それにより同時に粒子46を除去することができる。別法では、粒子46が除去され、この後柱状部182Aが除去されてもよい。

上側ゲートサブレイヤ184をエッチングマスクとして用いるとき、非絶縁中間層180は上側ゲート開口部186を通して異方性エッチングされ、中間層180を通り絶縁層44に至る対応する中間開口部188が形成される。第13g図を参照されたい。各中間開口部188は上側をなす上側ゲート開口部186と同心円をなして垂直に配置され、開口部186と概ね同じ直径からなる。ここで中間層180の残りの部分180Aが下側ゲートサブレイヤであり、それにより中間開口部188が下側ゲート開口部となる。従って、ゲートサブレイヤ180A及び184は複合ゲート層を構成し、その複合ゲート層において対応するゲート開口部186及び188の各組が複合ゲート開口部を形成する。

第 1 3 g 図の構造体におけるゲート層がサブレイヤ 1 8 0 A 及び 1 8 4 からなるという事実は別にして、また関連する符号が異なるという点を除いて、第 1 3 g 図の構造体は第 7 d 図の構造体と概ね同一である。第 1 3 g 図における成形体 1 8 0 A / 1 8 4 及び 1 8 6 / 1 8 8 はそれぞれ、第 1 d 図の成形体 1 2 0 A 及び 1 2 2 に対応する。これらの符号が異なることを前提すると、第 1 3 g 図の構造体は第 7 e - 7 j 図のスペーサを利用した一連のバックエンドプロセスに従って完了することができる。別法では、ゲート層 1 8 0 A / 1 8 4 をエッチングマスクとして用いるとき、絶縁層 4 4 をゲート開口部 1 8 6 / 1 8 8 を通してエッチングし、層 4 4 を通り下側非絶縁領域 4 2 に至る対応する誘電体開口空間を形成することができる。スペーサ材料は、典型的には絶縁体であり、誘電体開口空間内のスペーサ材料凹部、すなわち第 5 c 図の凹部 1 0 4 と類似の凹部を残すように、構造体の上面及び誘電体開口空間の内部に均等に堆積させることができる。誘電体開口空間の底面においてスペーサ材料は除去され、凹部を非絶縁領域 4 2 まで延在するアパーチャに変換し、その後フィラメント状電子放出素子とそのアパーチャ内に形成される。球体の大きさ、球体の表面密度並びにスペーサ材料の厚さを適当に調整することにより、その結果生じる電子放出デバイスは、概ね様な電子放出を実現することができる。

フィラメント 1 0 6 B、1 1 6 B、1 3 0 A、1 3 4 A、1 4 6 A、1 5 6 B 或いは 1 7 0 A のようなフィラメント状電子放出素子を有する各電子エミッタにおいては、ゲート層が円錐形の電子放出素子を作り出す場合に上述したプロセスにおいてパターニングされるのと同じように、ゲート層 6 0 B、1 2 0 A 或いは 1 6 2 A のようなゲート層は、下側非絶縁領域 4 2 のエミッタ行電極に垂直に走る列電極ラインにパターニングされる。電子放出フィラメントを有する各電子エミッタのゲート層に適当なパターニングを適用する場合、電子エミッタは、電子放出コーンを有する電子エミッタの場合に上述したように、ゲート層の部分に接触し、行電極に垂直に走る個別の列電極を選択的に設けられることもできる。

電子放出素子 1 0 6 B、1 1 6 B、1 3 0 A、1 3 4 A、1 4 6 A、1 5 6 B 並びに 1 7 0 A は厳密なフィラメントであり、その場合最大直径に対する長さの比は少なくとも 2 であり、通常は少なくとも 3 である。長さ対最大直径値は 5 或いはそれ以上であることが好ましい。それぞれの先端部の下側にあるフィラメント 1 0 6 B、1 1 6 B、1 3 0 A、1 3 4 A、1 4 6 A、1 5 6 B 並びに 1 7 0 A の部分は、典型的には円形の横断面の柱状体である。それにもかかわらず、横断面はわずかに非円形であってもよい。何れの場合においても、各フィラメント 1 0 6 B、1 1 6 B、1 3 0 A、1 3 4 A、1 4 6 A、1 5 6 B 並びに 1 7 0 A に対する最大直径対最小直径の比は、通常わずかに 2 である。

変形例及び代表的な応用例

第 1 4 図は、本フィールドエミッタ装置を製造するための開始点を示しており、その中で下側非絶縁エミッタ領域 4 2 は、電気的抵抗性層 4 2 B の下側に配置される電気的導電性層 4 2 A からなる。導電性層 4 2 A は通常ニッケル或いはクロムのような金属からなる。抵抗性層 4 2 B は典型的にはサーメット、軽くドーブされた多結晶シリコン或いはシリコン - 炭素 - 窒素化合物を用いて形成される。

導電性層 4 2 A が多数の平行なエミッタ行電極にパターニングされるとき、抵抗性層 4 2 B も同じ数の抵抗性ラインにパターニングされ、それぞれが対応する行電極の 1 つの上側をなす。別法では、導電性層 4 2 A が平行なラインにパターニングされた場合であっても、抵抗性層 4 2 B はブランケット（連続）層であってもよい。

第 1 5 . 1 図及び第 1 5 . 2 図は、下側非絶縁領域 4 2 が導電性層 4 2 A 及び抵抗性層 4 2 B からなるとき、第 2 g 図及び第 5 g 図の最終的な構造体が如何なる状態になるかを示す。電子放出素子 5 8 A 及び 1 0 6 B の下側端部は抵抗性層 4 2 B に接触する。各電子放出素子と導電性層 4 2 A との間の抵抗は、少なくとも $10^6 \Omega$ 、典型的には $10^8 \Omega$ 或いはそれ以上である。

第 1 6 図は、本発明に従って製造されたエリアフィールドエミッタ（area field emitter）を利用するフラットパネル CRT ディスプレイのコーンアクティブ領域の典型的な例を示す。基板 4 0 は CRT ディスプレイに対するバックプレートを形成する。下側非絶縁領

10

20

30

40

50

域 4 2 はバックプレート 4 0 の内側表面に沿って配置され、ここでは導電性層 4 2 A 及び上側をなす抵抗性層 4 2 A からなる。導電性層 4 2 A は、第 1 6 図の平面において横方向に延在するエミッタ電極ライン（行電極）に分割される。

一連の列電極 1 9 0 は、その 1 つが第 1 6 図に示されており、ゲート層上に配置されており、ゲート層はここで例えば、第 5 g 図のフィールドエミッタのゲート層 6 0 B として示される。列電極 1 9 0 は第 1 6 図の平面に垂直に走る。列電極開口部 1 9 2 は、その 1 つが同様に第 1 6 図に示されており、列電極 1 9 0 を通りゲート層まで延在する。各列電極開口部 1 9 2 は多数の電子放出素子を露出し、ここでは第 5 g 図の電子エミッタの電子放出フィラメント 1 0 6 B として示されている。

透明な、典型的にはガラスからなるフェースプレート 1 9 4 はバックプレート 4 0 の向かい側に配置される。発光用蛍光領域 1 9 6 は、第 1 6 図にその 1 つが示されており、対応する列電極開口部 1 9 2 のすぐ向かい側にあるフェースプレート 1 9 4 の内側表面上に配置される。薄い電氣的導電性の光反射層 1 9 8 は、典型的にはアルミニウムであり、フェースプレート 1 9 4 の内側表面に沿った蛍光領域 1 9 6 の上側をなす。電子放出素子により放出された電子は光反射層 1 9 8 を通り、蛍光領域 1 9 6 が、光を放出できるようにし、その光がフェースプレート 1 9 4 の外側表面上に可視画像を形成する。

フラットパネル C R T ディスプレイのコーンアクティブ領域は典型的には第 1 6 図には示されない他の構成要素を含む。例えば、フェースプレート 1 9 4 の内側表面に沿って配置されるブラックマトリックス（black matrix）は典型的には各蛍光領域 1 9 6 の周囲をなし、その蛍光領域を他の蛍光領域 1 9 6 から横方向に分離する。電極間誘電体層上に設けられる集光用隆起部は、電子の軌道を制御する。スペーサ壁を用いて、バックプレート 4 0 とフェースプレート 1 9 4 との間の空間を比較的一定に保持する。

第 1 6 図に示される種類のフラットパネルディスプレイに組み込まれるとき、本発明に従って製造された電子エミッタは以下の方法において操作される。光反射層 1 9 8 が電界放出カソードに対するアノードとして機能する。アノードは、ゲート及びエミッタラインに比べて高い正の電圧に保持される。

（a）下側非絶縁エミッタ領域 1 4 2 内の選択された 1 つのエミッタ行電極と（b）ゲート層の部分を用いて形成されるか、或いはゲート層の部分と接触する、選択された 1 つの列電極との間に適当な電圧が加えられるとき、そのように選択されたゲート部分は、2 つの選択された電極の交点において電子放出素子から電子を抽出し、その結果生じる電子の流れの大きさを制御する。蛍光領域 1 9 6 が高電圧蛍光体であるときにフラットパネルディスプレイの蛍光体被覆フェースプレートにおいて測定する場合、印加されるゲート - エミッタ平行板電界が、 $1 \text{ mA} / \text{cm}^2$ の電流密度で $20 \text{ V} / \mu\text{m}$ 以下に達するとき、典型的な所望の電子放出レベルが生じる。抽出された電子が衝突する場合、蛍光領域が光を放射する。

「上側」、「下側」、「下方」のような方向に関する用語並びに同様の用語が本発明を記述する際に用いられているが、それは座標系を確定しており、その座標系により読者が、本発明の種々の部分が、互いに如何に係合するかを容易に理解できるようにするものである。実際には、電子放出デバイスの構成要素はここで用いられる方向に関する用語により示されるものとは異なる位置関係に配置される場合もある。同じことが本発明において実行される製作ステップにも当てはまる。方向に関する用語を便宜的に用いて記述を簡単にするため、本発明は、位置関係がここで用いられる方向に関する用語により含まれるものとは厳密には異なる実施例を含む。

本発明は特定の実施例を参照して記載されているが、本記載は例示にすぎず、以下の請求項に記載される本発明の範囲を制限するものと見なすべきではない。例えば、球形粒子 4 6 がポリスチレンではなくガラスからなるとき、高い処理温度で、粒子 4 6 の堆積からその粒子の除去に至るステップを実行することができる。電極間誘電体層、ゲート層、或いは一次層に渡る粒子 4 6 の分布は、電気泳動或いは誘電泳動（dielectrophoretically）を用いて、典型的にはHaven等による同時出願の国際特許出願 P C T / U S 9 7 / 0 9 1 9 7 に記載される技術により実行することもできる。電解研磨操作は、ゲート開口部にお

10

20

30

40

50

けるゲート層の端部を丸めるために用いることができる。

種々の機能を実行する１つ或いはそれ以上の薄い中間層は、絶縁層４４とゲート層との間に設けることができる。そのような中間層は密着機能を実現することもできる。すなわちゲート材料が電極間誘電体材料に付着しないとき、中間層が電極間誘電体４４とゲート層と両方に十分に密着するようになる。その後中間層は、ゲート開口部に対応する中間開口部の形成を含むゲート層に適用されたのと類似の処理ステップにかけられる。

フェースプレート１９４と蛍光体１９６との間に配置され、例えばインジウム－すず酸化物からなる透過性を有する電氣的非絶縁層は、光反射層１９８の代わりにアノードとして用いることができる。もし下側非絶縁領域４２が構造体を支持するだけの十分な厚さからなる連続層であるなら、基板４０は削除することができる。絶縁層基板４０は、複合基板と入れ替えることができ、その中では薄い絶縁層が、構造体を支持する比較的厚い非絶縁層の上側をなす。

10

大面積のゲート型電子エミッタを製造する際に、円形のプレートを、電子放出素子の形成後に、１つ或いはそれ以上の長方形のプレートに分割するのではなく、長方形のプレートを用いることもできる。電子放出素子はコーン及びフィラメント以外の形状をとることもできる。

ゲート開口部がゲート層を通る下側非絶縁エミッタ領域４２の上にある絶縁層４４まで延在するような構造体を形成した後、ゲート層の厚さは、ゲート層上に電氣的非絶縁ゲート材料をさらに選択的に堆積することにより増加することができる。追加のゲート材料の堆積は電気化学的技術により実行することができる。一般に、追加のゲート材料の堆積は、

20

粒子４６を除去する前、或いは後のいずれにおいても実行することができる。第９図に関連して記載された堆積終了技術を用いて、フィラメント位置が球体を用いない機構により確定されるエリア電子エミッタにおいて、電子放出フィラメントの電気化学めっきを自動的に終了することができる。例えば、第９図の自動終了技術は、フォトリソグラフィエッチング技術により形成される開口部或いはMacaulay等による、米国特許第５，４６２，４６７号における荷電粒子軌道により確定される開口部内にめっきされるフィラメントに適用することができる。

本発明の製造プロセスにより製造されたエリア電子エミッタはフラットパネルＣＲＴディスプレイ以外のフラットパネルデバイスを製造するために用いることができる。詳細には、本電子エミッタは、ゲート型電子源を必要とする一般的な真空環境において用いることができる。添付の請求項において確定するような本発明の範囲及び精神から逸脱することなく、当業者はさらに種々の変形例及び変更例を実施することができるであろう。

30

【図 1 a】

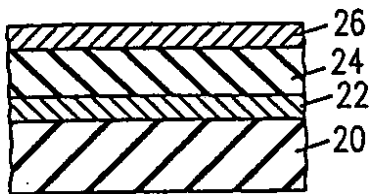


FIG. 1a

【図 1 b】

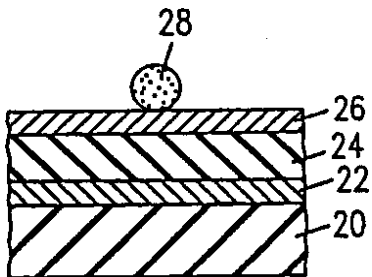


FIG. 1b

【図 1 c】

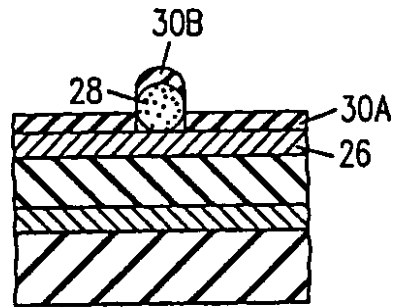


FIG. 1c

【図 1 d】

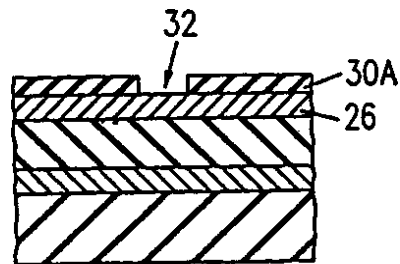


FIG. 1d

【図 1 e】

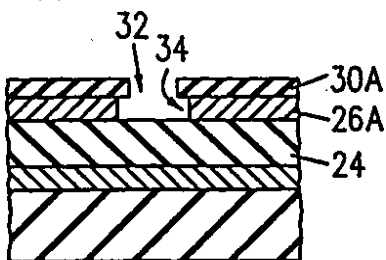


FIG. 1e

【図 1 f】

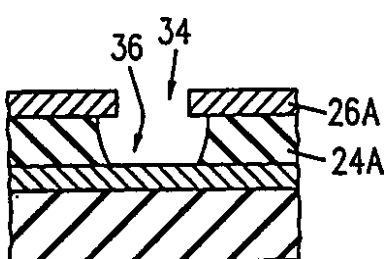


FIG. 1f

【図 1 g】

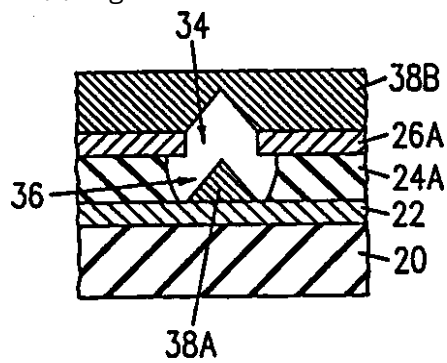


FIG. 1g

【図 2 a】

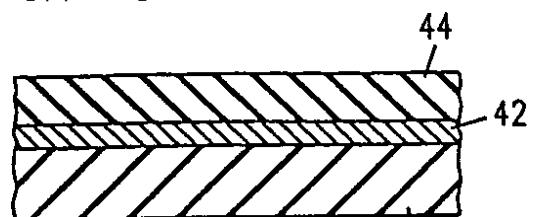


FIG. 2a

【図 2 b】

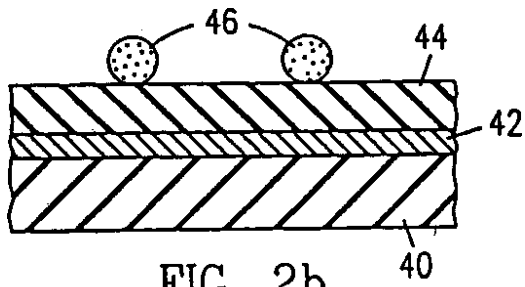


FIG. 2b

【図 2 d】

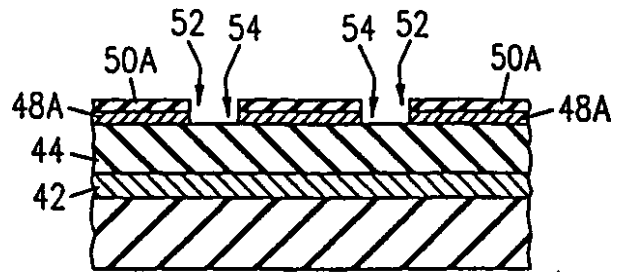


FIG. 2d

【図 2 c】

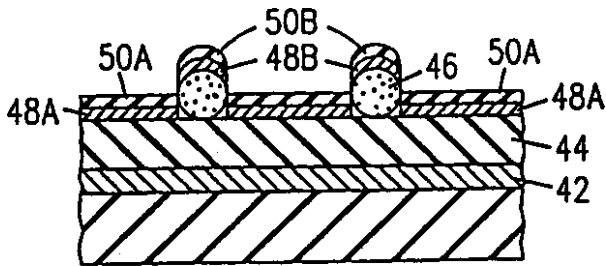


FIG. 2c

【図 2 e】

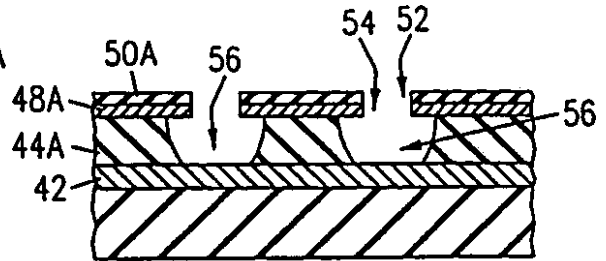


FIG. 2e

【図 2 f】

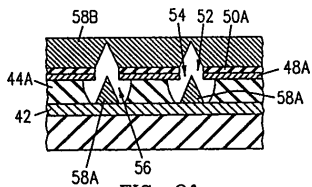


FIG. 2f

【図 3 a】

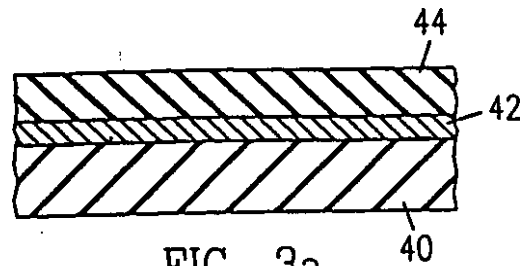


FIG. 3a

【図 2 g】

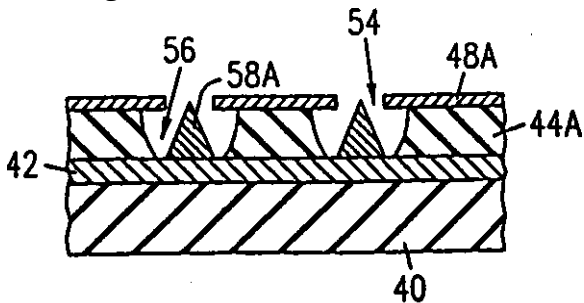


FIG. 2g

【図 3 b】

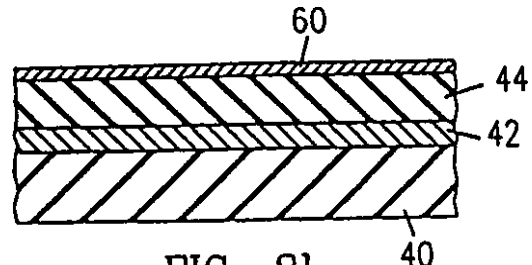


FIG. 3b

【図 3 c】

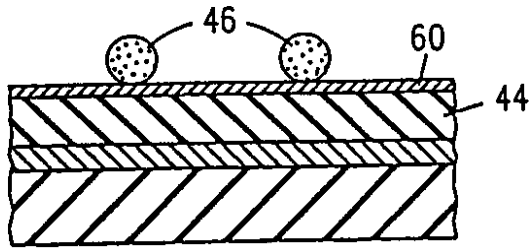


FIG. 3c

【図 3 d】

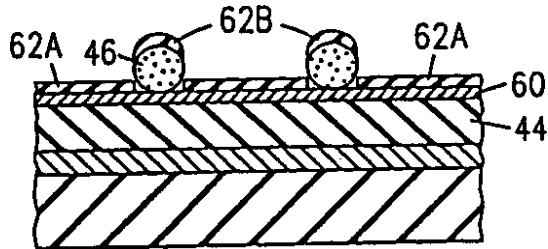


FIG. 3d

【図 3 e】

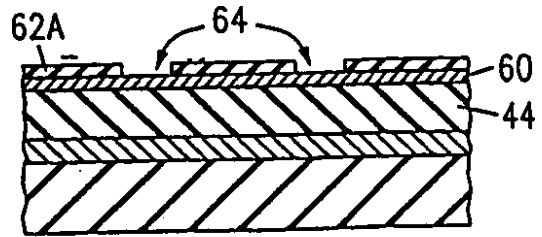


FIG. 3e

【図 3 f】

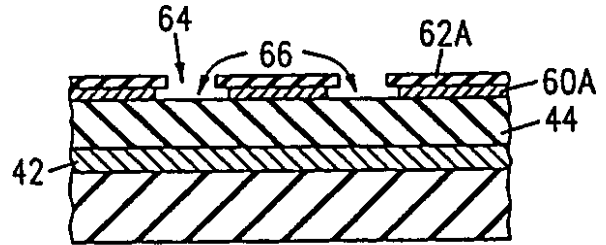


FIG. 3f

【図 3 g】

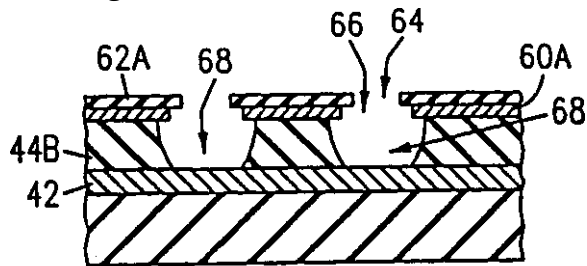


FIG. 3g

【図 3 i】

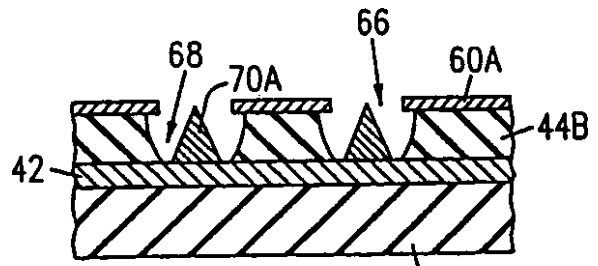


FIG. 3i

【図 3 h】

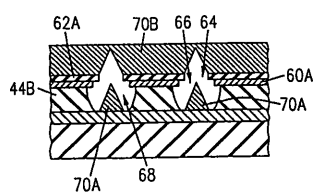


FIG. 3h

【図 4 a】

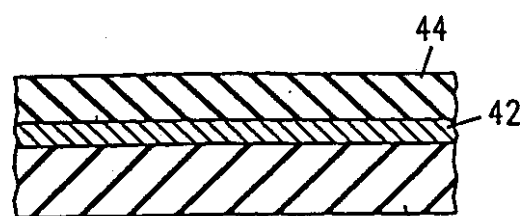


FIG. 4a

【図 4 b】

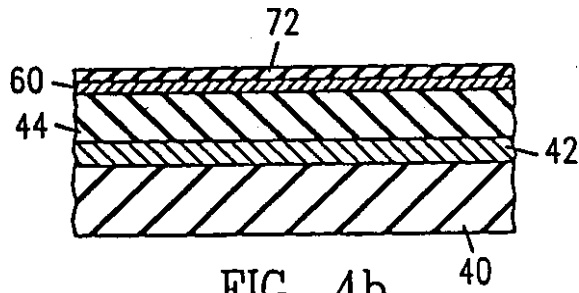


FIG. 4b

【図 4 d】

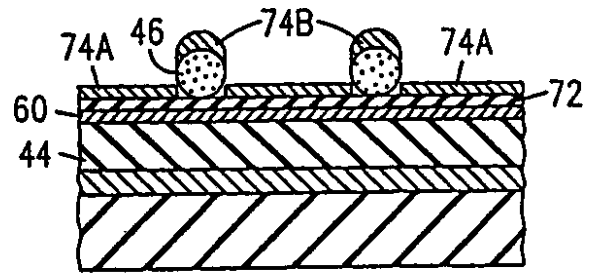


FIG. 4d

【図 4 c】

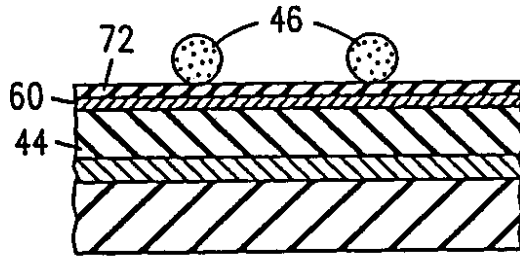


FIG. 4c

【図 4 e】

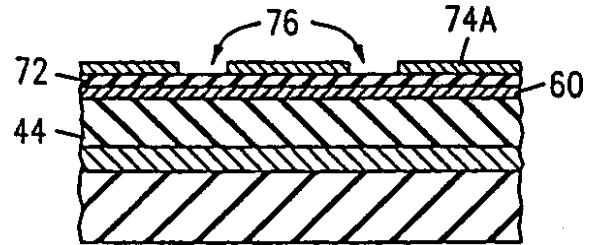


FIG. 4e

【図 4 f】

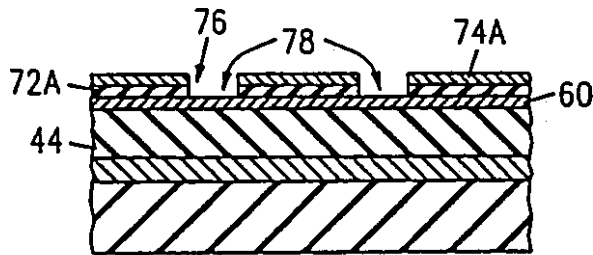


FIG. 4f

【図 4 g 2】

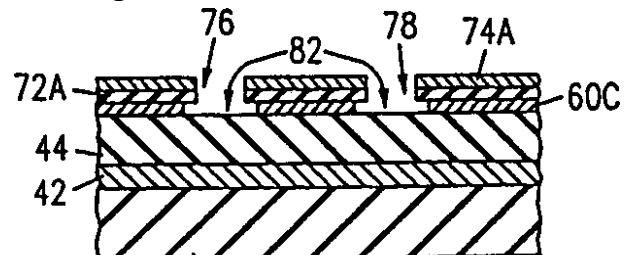


FIG. 4g2

【図 4 g 1】

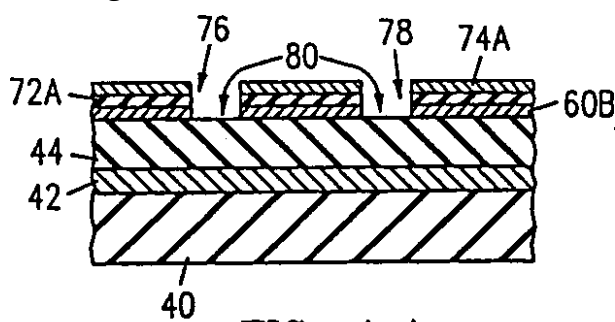


FIG. 4g1

【図 5 a】

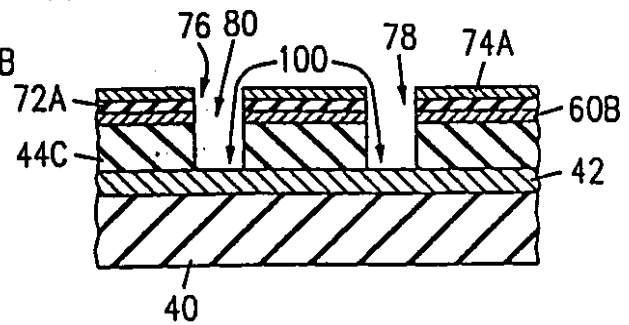


FIG. 5a

【図 5 b】

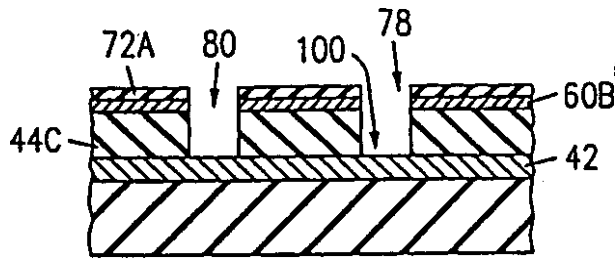


FIG. 5b

【図 5 e】

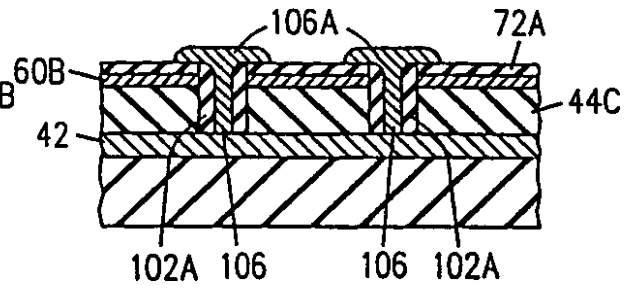


FIG. 5e

【図 5 c】

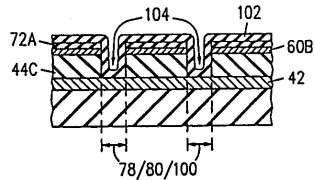


FIG. 5c

【図 5 f】

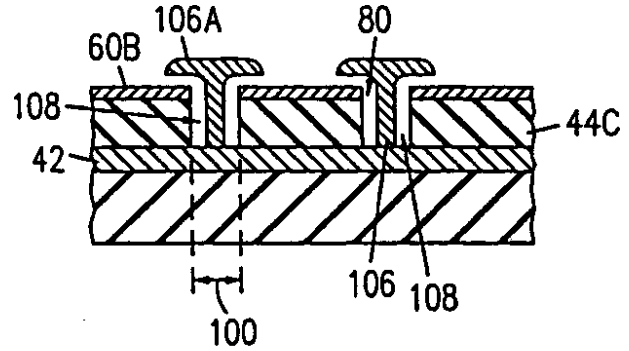


FIG. 5f

【図 5 d】

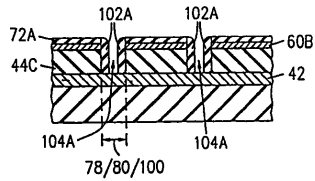


FIG. 5d

【図 5 g】

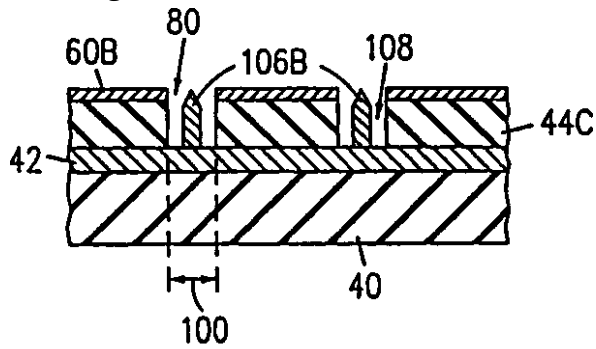


FIG. 5g

【図 6 b】

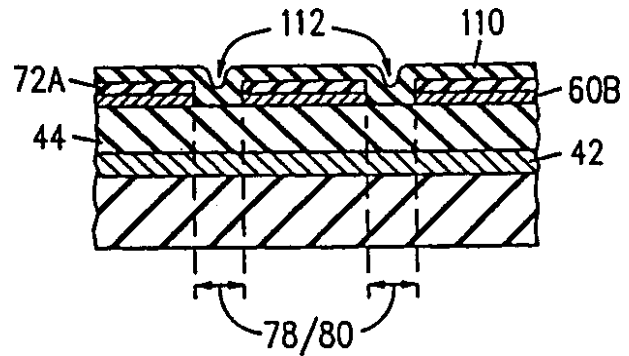


FIG. 6b

【図 6 a】

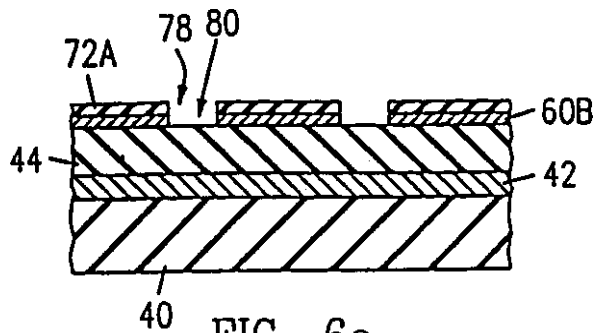


FIG. 6a

【図 6 c】

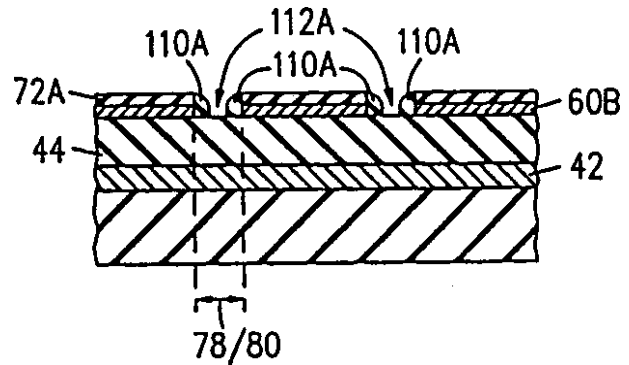


FIG. 6c

【図 6 d】

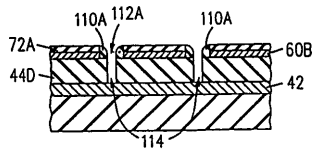


FIG. 6d

【図 6 e】

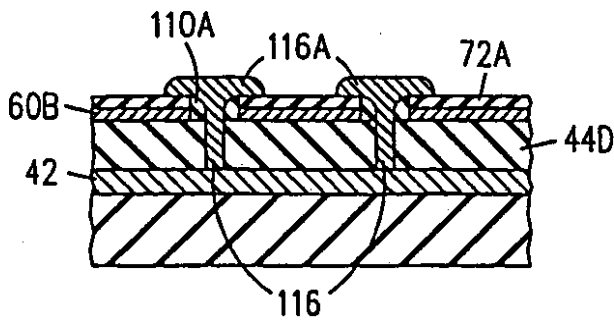


FIG. 6e

【図 6 f】

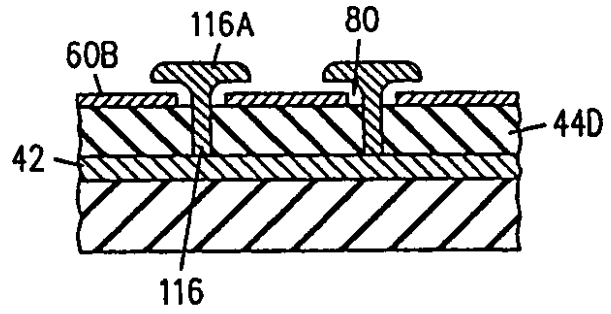


FIG. 6f

【図 6 g】

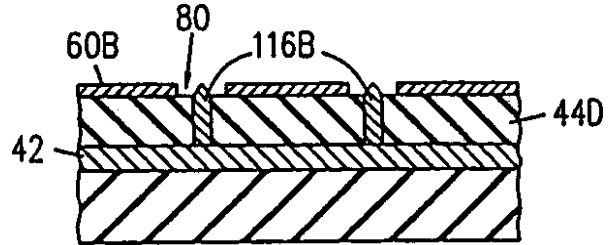


FIG. 6g

【図 6 h】

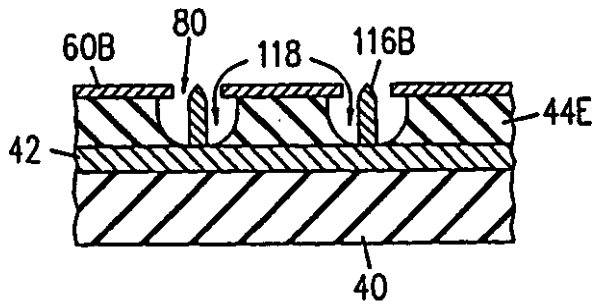


FIG. 6h

【図 7 b】

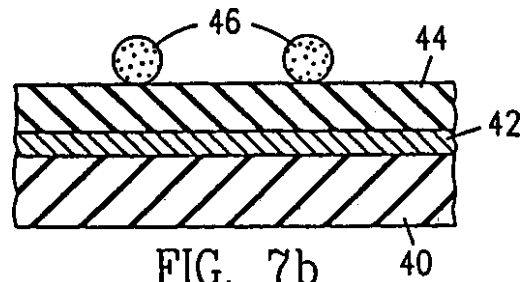


FIG. 7b

【図 7 a】

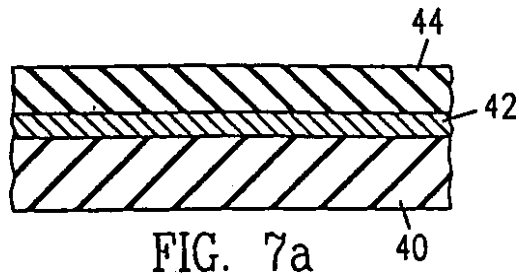


FIG. 7a

【図 7 c】

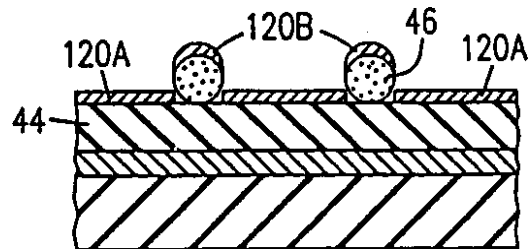


FIG. 7c

【図 7 d】

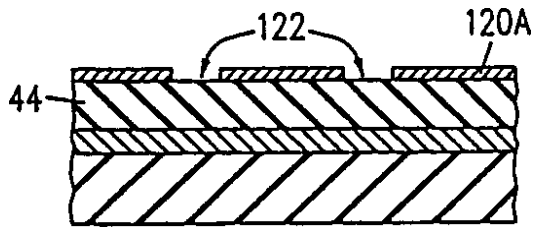


FIG. 7d

【図 7 e】

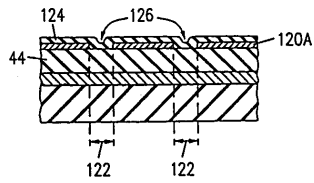


FIG. 7e

【図 7 f】

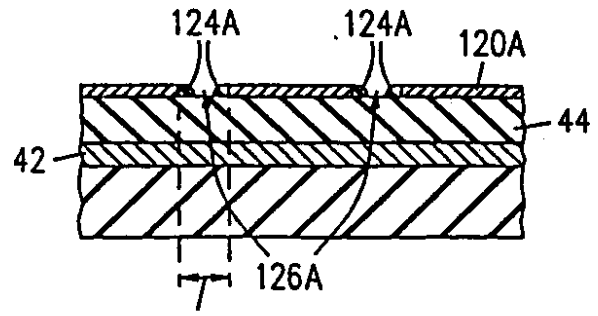


FIG. 7f

【図 7 g】

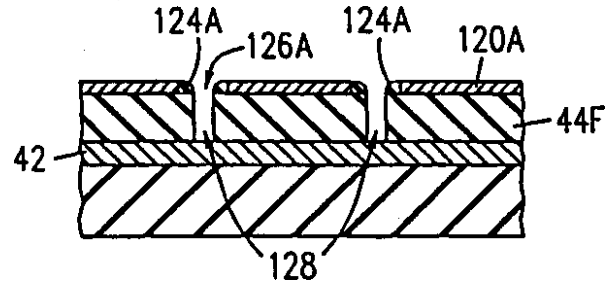


FIG. 7g

【図 7 h】

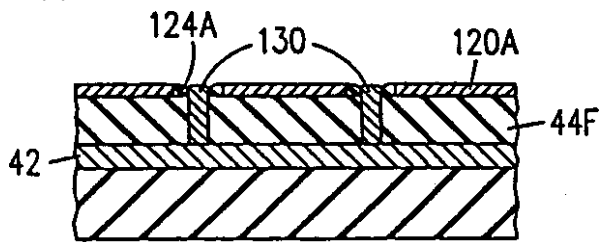


FIG. 7h

【図 7 j】

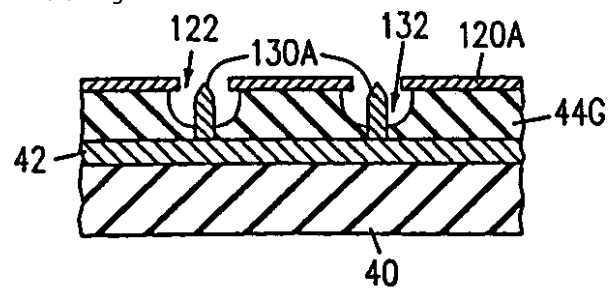


FIG. 7j

【図 7 i】

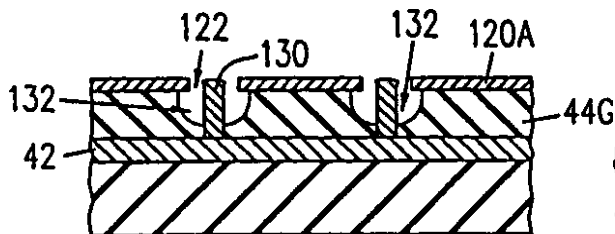


FIG. 7i

【図 8 a】

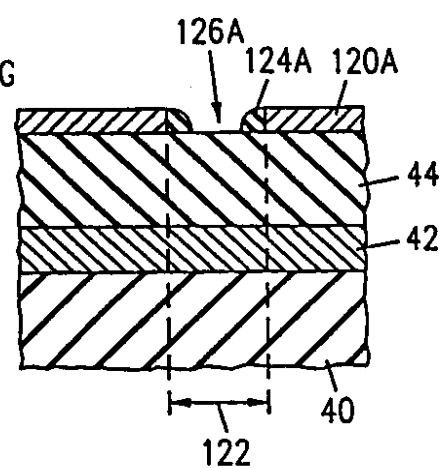


FIG. 8a

【図 8 b】

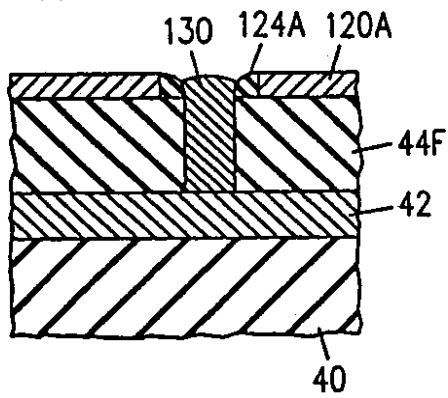


FIG. 8b

【図 9 a】

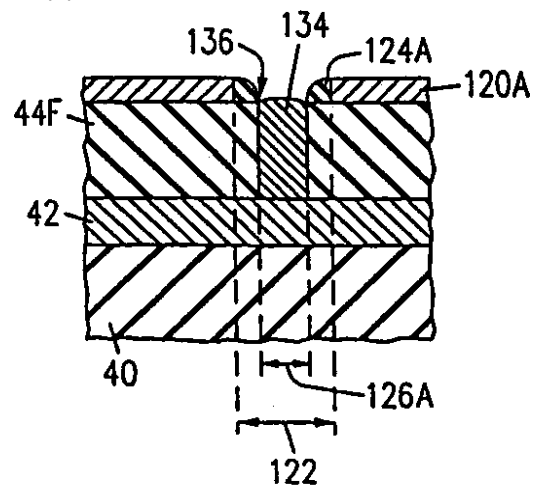


FIG. 9a

【図 9 b】

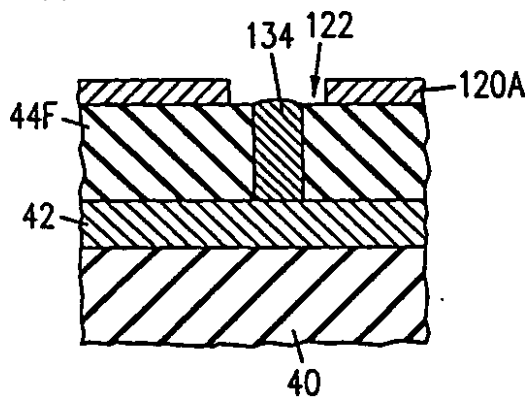


FIG. 9b

【図 9 c】

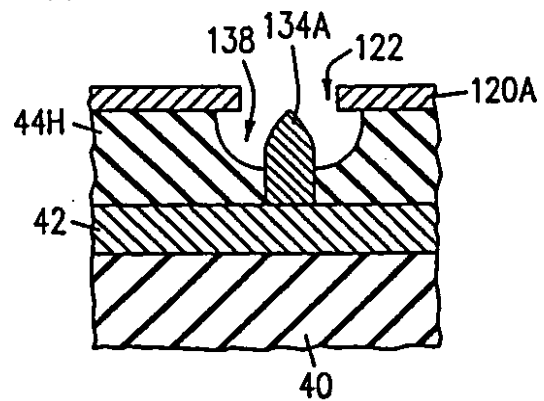


FIG. 9c

【図 10 a】

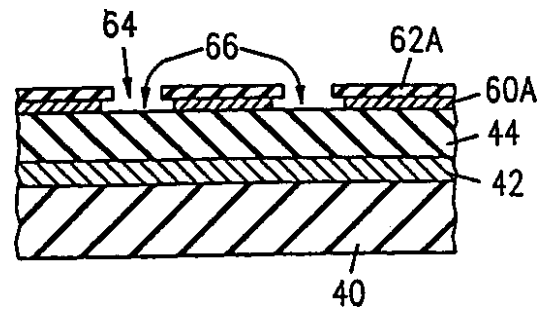


FIG. 10a

【図10b】

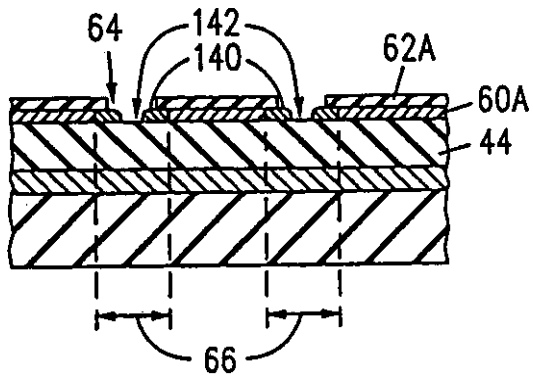


FIG. 10b

【図10c】

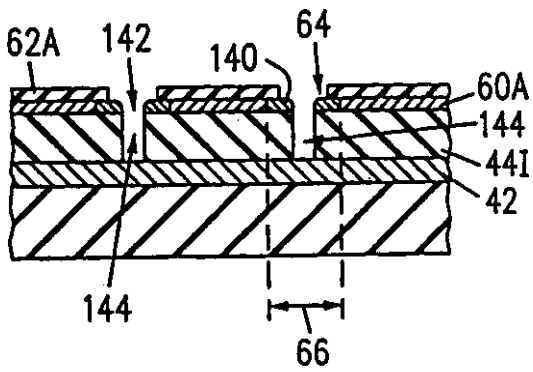


FIG. 10c

【図10f】

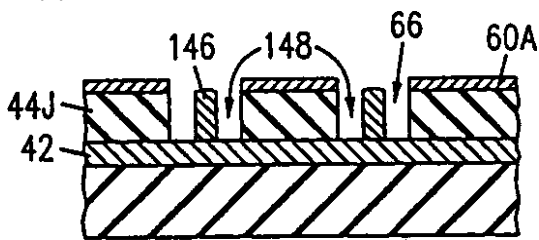


FIG. 10f

【図10g】

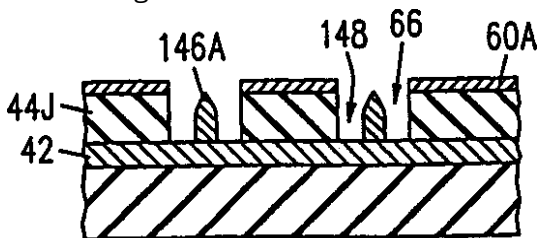


FIG. 10g

【図10d】

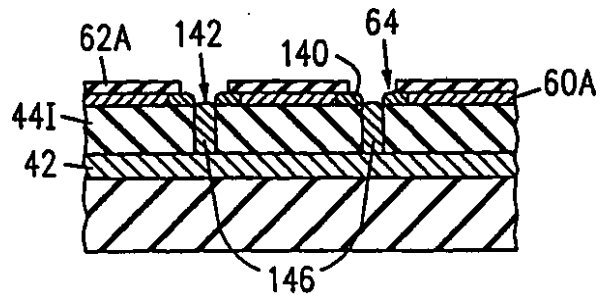


FIG. 10d

【図10e】

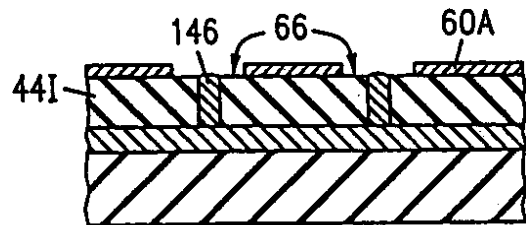


FIG. 10e

【図11a】

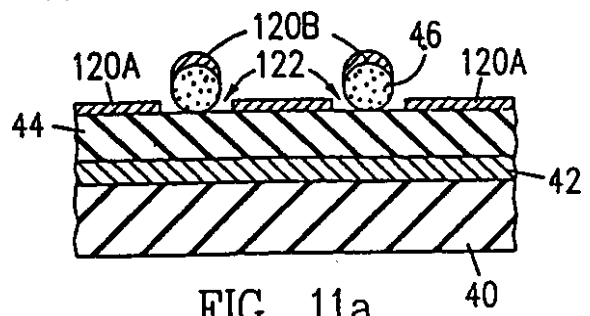


FIG. 11a

【図11b】

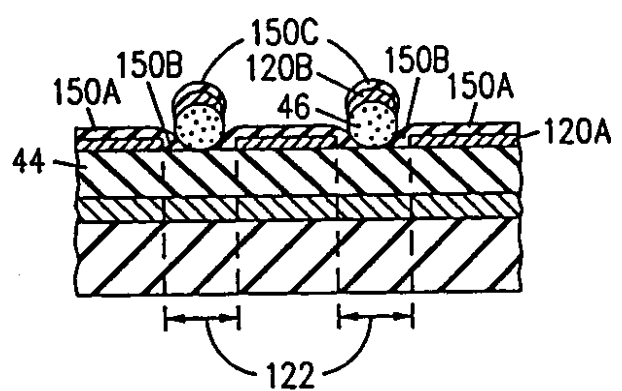


FIG. 11b

【図 11c】

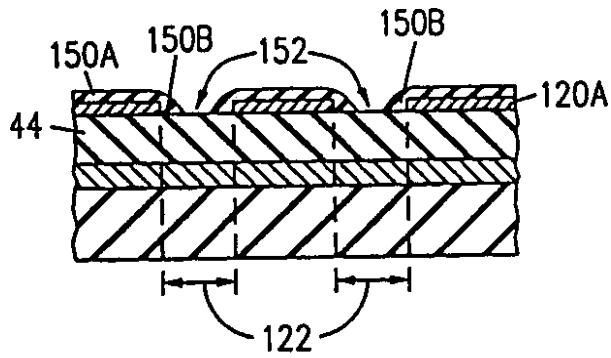


FIG. 11c

【図 11d】

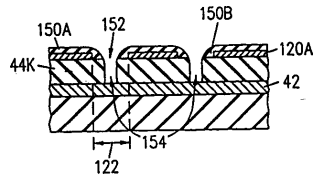


FIG. 11d

【図 11e】

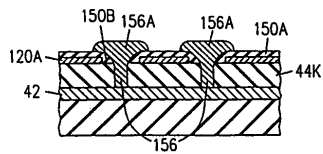


FIG. 11e

【図 12a】

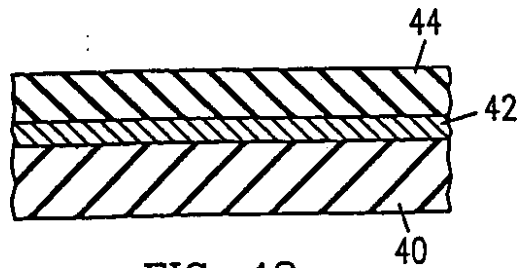


FIG. 12a

【図 12b】

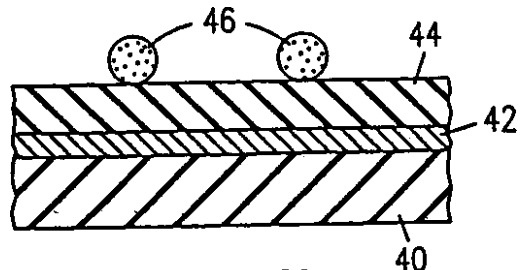


FIG. 12b

【図 11f】

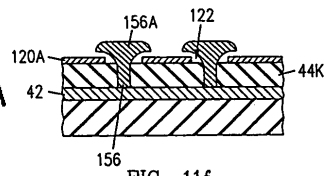


FIG. 11f

【図 11g】

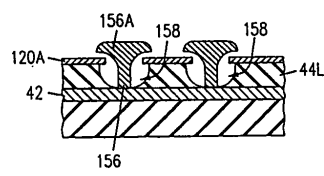


FIG. 11g

【図 11h】

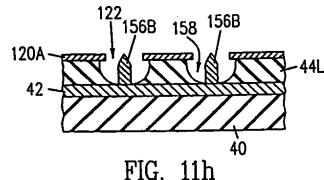


FIG. 11h

【図 12c】

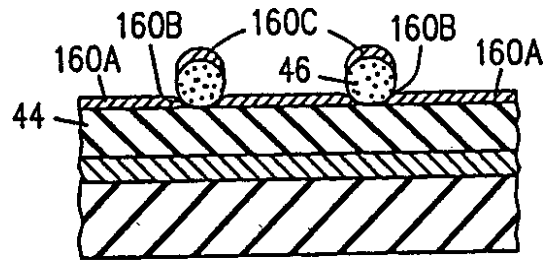


FIG. 12c

【図 12d】

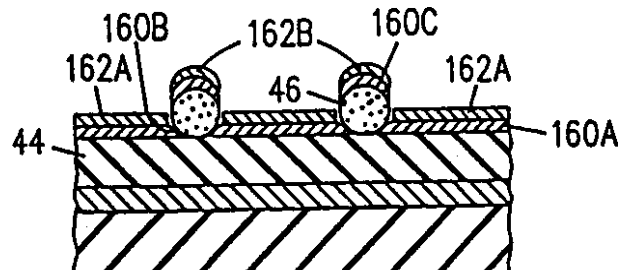


FIG. 12d

【図12e】

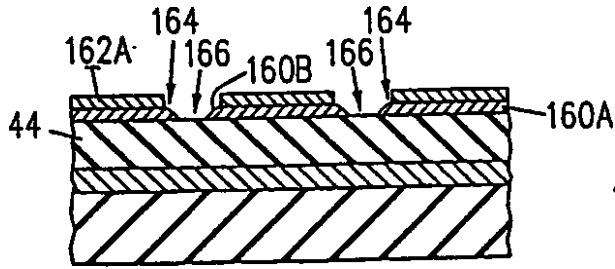


FIG. 12e

【図12g】

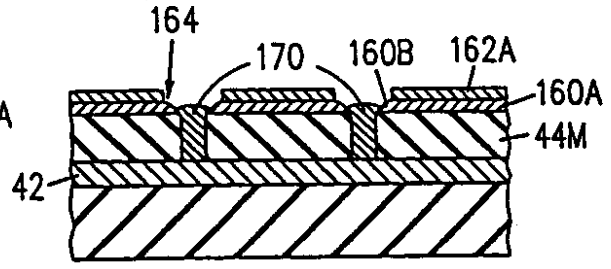


FIG. 12g

【図12f】

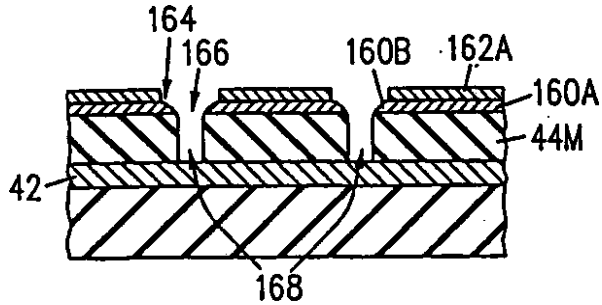


FIG. 12f

【図12h】

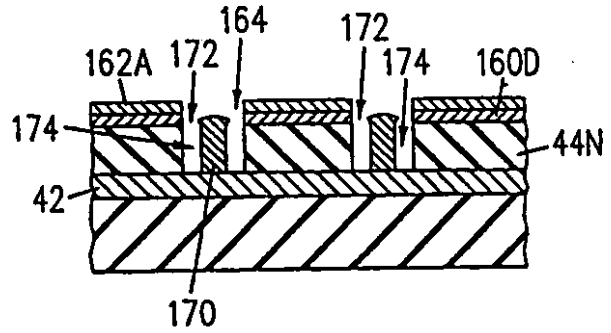


FIG. 12h

【図12i】

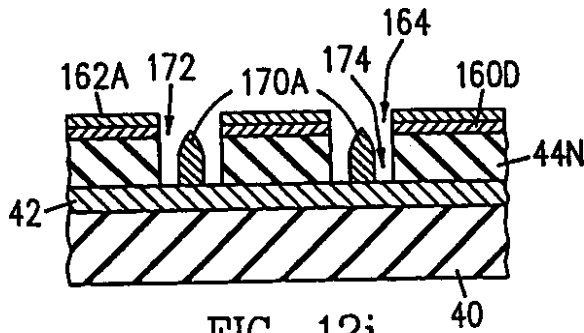


FIG. 12i

【図13b】

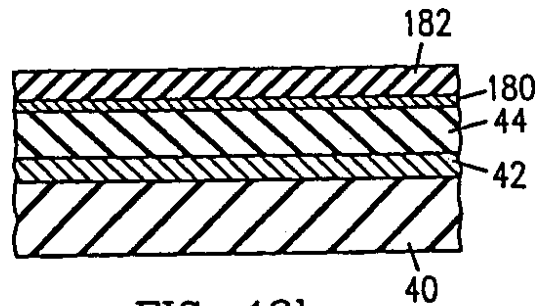


FIG. 13b

【図13a】

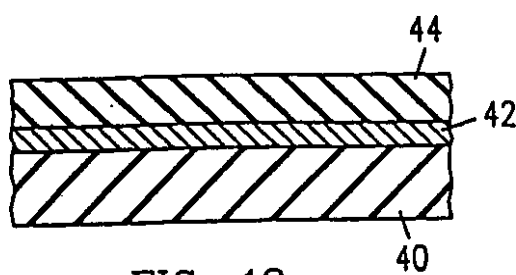


FIG. 13a

【図13c】

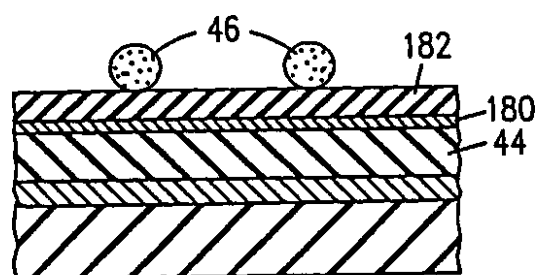


FIG. 13c

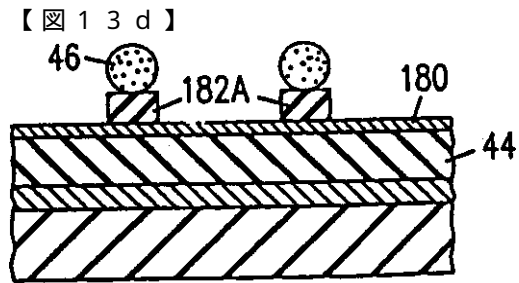


FIG. 13d

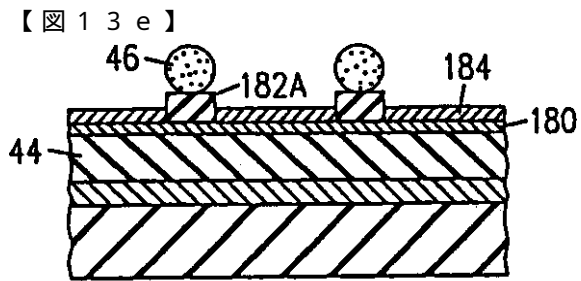


FIG. 13e

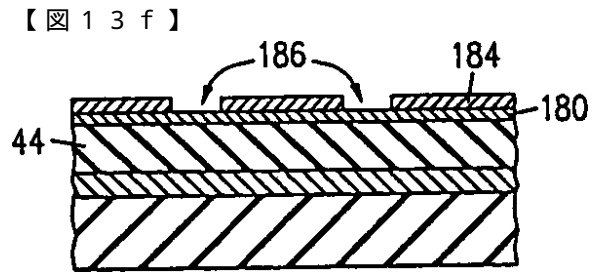


FIG. 13f

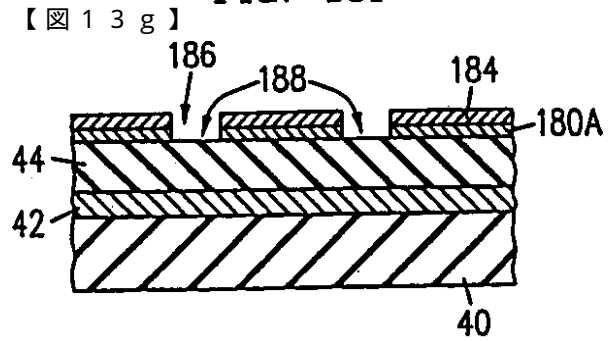


FIG. 13g

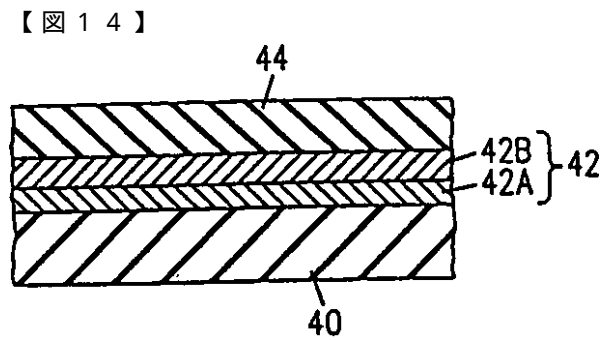


FIG. 14

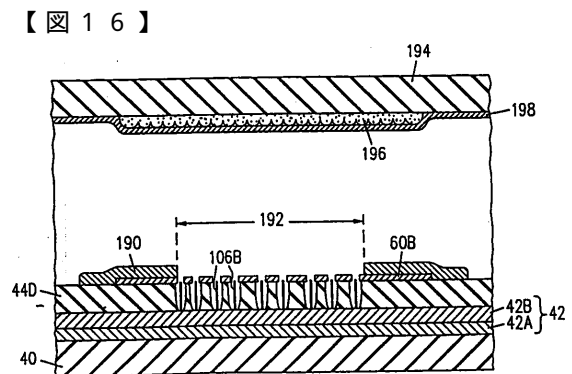


FIG. 16

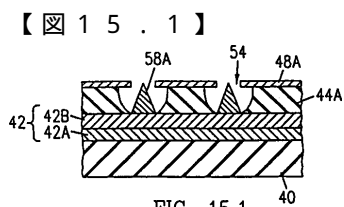


FIG. 15.1

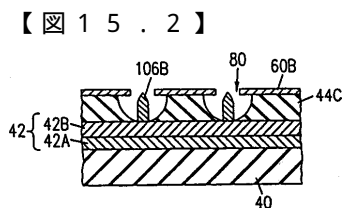


FIG. 15.2

フロントページの続き

- (72)発明者 マコーレイ、ジョン・エム
アメリカ合衆国カリフォルニア州 9 4 3 0 6 ・ パロアルト・グリーンメドウウェイ 1 1 4
- (72)発明者 スピント、クリストファー・ジェイ
アメリカ合衆国カリフォルニア州 9 4 0 2 5 ・ メンロパーク・ヒルサイドアベニュー 1 1 5
- (72)発明者 クリーブズ、ジェイムズ・エム
アメリカ合衆国カリフォルニア州 9 4 0 6 2 ・ レッドウッドシティー・サミットドライブ 5 5 1
- (72)発明者 クナル、エヌ・ジョアン
アメリカ合衆国カリフォルニア州 9 4 0 8 7 ・ サニーベイル・ウェストチェスタードライブ 1 0
5 5

審査官 波多江 進

- (56)参考文献 特開平 0 4 - 1 9 6 0 2 6 (J P , A)
米国特許第 0 5 2 4 9 3 4 0 (U S , A)
特開平 0 8 - 0 6 9 7 4 9 (J P , A)
特開平 0 8 - 0 7 7 9 1 8 (J P , A)
特開平 0 7 - 2 8 2 7 2 0 (J P , A)
特開平 0 7 - 0 9 4 0 8 4 (J P , A)
特表平 1 0 - 5 1 3 3 0 4 (J P , A)
特表 2 0 0 1 - 5 0 6 3 9 5 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H01J 9/02