

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B1)

(11) 特許番号

特許第6788852号
(P6788852)

(45) 発行日 令和2年11月25日 (2020. 11. 25)

(24) 登録日 令和2年11月5日 (2020. 11. 5)

(51) Int. Cl. F 1
C 2 3 C 14/04 (2006. 01) C 2 3 C 14/04 A

請求項の数 19 (全 59 頁)

(21) 出願番号	特願2020-126760 (P2020-126760)	(73) 特許権者	000002897
(22) 出願日	令和2年7月27日 (2020. 7. 27)		大日本印刷株式会社
審査請求日	令和2年7月30日 (2020. 7. 30)		東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号
(31) 優先権主張番号	特願2019-185424 (P2019-185424)	(74) 代理人	100091487
(32) 優先日	令和1年10月8日 (2019. 10. 8)		弁理士 中村 行孝
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国 (JP)	(74) 代理人	100105153
			弁理士 朝倉 悟
		(74) 代理人	100127465
			弁理士 堀田 幸裕
		(74) 代理人	100158964
			弁理士 岡村 和郎
		(72) 発明者	岡 宏樹
			東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号
			大日本印刷株式会社内

早期審査対象出願

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 金属板の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

蒸着マスクを製造するために用いられる、第1面及び前記第1面の反対側に位置する第2面を含む金属板の製造方法であって、

ニッケルを含む鉄合金を有する母材を圧延して前記金属板を作製する工程を備え、

前記金属板は、鉄及びニッケル以外の元素を主成分として含む粒子を備え、

前記金属板の前記第1面及び前記第2面を含むサンプルにおいて、前記サンプルの体積 1 mm^3 あたりに含まれる前記粒子に関する以下の条件 (1)、(2) が満たされており、

(1) $1\text{ }\mu\text{ m}$ 以上の円相当径を有する前記粒子の数が50個以上3000個以下である

;

(2) $3\text{ }\mu\text{ m}$ 以上の円相当径を有する前記粒子の数が50個以下である；

前記金属板の第1比率が70%以上であり、

前記第1比率は、 $1\text{ }\mu\text{ m}$ 以上の円相当径を有する前記粒子の合計数量に対する、第1数量の比率であり、

前記合計数量は、前記サンプルの体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $1\text{ }\mu\text{ m}$ 以上の円相当径を有する前記粒子の数量であり、

前記第1数量は、前記サンプルの体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $1\text{ }\mu\text{ m}$ 以上 $3\text{ }\mu\text{ m}$ 未満の円相当径を有する前記粒子の数量である、

金属板の製造方法。

【請求項 2】

前記母材又は前記金属板の表面部分を除去する表面処理工程を備える、請求項 1 に記載の金属板の製造方法。

【請求項 3】

前記表面処理工程は、前記母材の前記表面部分を除去する母材表面処理工程を含み、前記表面部分の厚みは 10 mm 以上である、請求項 2 に記載の金属板の製造方法。

【請求項 4】

前記表面処理工程は、前記金属板の前記表面部分を除去する金属板表面処理工程を含み、
前記表面部分の厚みは 5 μ m 以上である、請求項 2 に記載の金属板の製造方法。 10

【請求項 5】

前記表面処理工程は、前記母材又は前記金属板の表面に表面処理液を接触させることによって前記表面部分を除去する工程を含む、請求項 2 に記載の金属板の製造方法。

【請求項 6】

前記金属板の前記第 1 面及び前記第 2 面を含むサンプルにおいて、前記サンプルの体積 1 mm³ あたりに含まれる前記粒子に関する以下の条件 (1)、(2) が満たされている前記金属板を選別する選別工程を備える、

(1) 1 μ m 以上の円相当径を有する前記粒子の数が 50 個以上 3000 個以下である；

(2) 3 μ m 以上の円相当径を有する前記粒子の数が 50 個以下である； 20

請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の金属板の製造方法。

【請求項 7】

前記サンプルの体積 1 mm³ あたりに含まれる前記粒子に関する以下の条件 (3) が満たされている、

(3) 1 μ m 以上の円相当径を有する前記粒子の数が 1000 個以下である；

請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の金属板の製造方法。

【請求項 8】

前記サンプルの体積 1 mm³ あたりに含まれる前記粒子に関する以下の条件 (4) が満たされている、

(4) 3 μ m 以上の円相当径を有する前記粒子の数が 20 個以下である； 30

請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の金属板の製造方法。

【請求項 9】

前記サンプルの体積 1 mm³ あたりに含まれる前記粒子に関する以下の条件 (5) が満たされている、

(5) 5 μ m 以上の円相当径を有する前記粒子の数が 20 個以下である；

請求項 1 乃至 8 のいずれか一項に記載の金属板の製造方法。

【請求項 10】

前記サンプルの体積 1 mm³ あたりに含まれる前記粒子に関する以下の条件 (6) が満たされている、

(6) 5 μ m 以上の円相当径を有する前記粒子の数が 2 個以下である； 40

請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載の金属板の製造方法。

【請求項 11】

前記金属板の厚みが 50 μ m 以下である、請求項 1 乃至 10 のいずれか一項に記載の金属板の製造方法。

【請求項 12】

前記金属板の厚みが 30 μ m 以下である、請求項 1 乃至 10 のいずれか一項に記載の金属板の製造方法。

【請求項 13】

蒸着マスクを製造するために用いられる、第 1 面及び前記第 1 面の反対側に位置する第 2 面を含み、鉄及びニッケルを備える金属板であって、

鉄及びニッケル以外の元素を主成分として含む粒子を備え、
前記金属板の前記第 1 面及び前記第 2 面を含むサンプルにおいて、前記サンプルの体積
1 mm³ あたりに含まれる前記粒子に関する以下の条件 (1)、(2) が満たされており

、
(1) 1 μm 以上の円相当径を有する前記粒子の数が 5 0 個以上 3 0 0 0 個以下である

；

(2) 3 μm 以上の円相当径を有する前記粒子の数が 5 0 個以下である；

前記金属板の第 1 比率が 7 0 % 以上であり、

前記第 1 比率は、1 μm 以上の円相当径を有する前記粒子の合計数量に対する、第 1 数
量の比率であり、

前記合計数量は、前記サンプルの体積 1 mm³ あたりに含まれる、1 μm 以上の円相当
径を有する前記粒子の数量であり、

前記第 1 数量は、前記サンプルの体積 1 mm³ あたりに含まれる、1 μm 以上 3 μm 未
満の円相当径を有する前記粒子の数量である、金属板。

【請求項 1 4】

前記サンプルの体積 1 mm³ あたりに含まれる前記粒子に関する以下の条件 (3) が満
たされている、

(3) 1 μm 以上の円相当径を有する前記粒子の数が 1 0 0 0 個以下である；

請求項 1 3 に記載の金属板。

【請求項 1 5】

前記サンプルの体積 1 mm³ あたりに含まれる前記粒子に関する以下の条件 (4) が満
たされている、

(4) 3 μm 以上の円相当径を有する前記粒子の数が 2 0 個以下である；

請求項 1 3 又は 1 4 に記載の金属板。

【請求項 1 6】

前記サンプルの体積 1 mm³ あたりに含まれる前記粒子に関する以下の条件 (5) が満
たされている、

(5) 5 μm 以上の円相当径を有する前記粒子の数が 2 0 個以下である；

請求項 1 3 乃至 1 5 のいずれか一項に記載の金属板。

【請求項 1 7】

前記サンプルの体積 1 mm³ あたりに含まれる前記粒子に関する以下の条件 (6) が満
たされている、

(6) 5 μm 以上の円相当径を有する前記粒子の数が 2 個以下である；

請求項 1 3 乃至 1 6 のいずれか一項に記載の金属板。

【請求項 1 8】

前記金属板の厚みが 5 0 μm 以下である、請求項 1 3 乃至 1 7 のいずれか一項に記載の
金属板。

【請求項 1 9】

前記金属板の厚みが 3 0 μm 以下である、請求項 1 3 乃至 1 7 のいずれか一項に記載の
金属板。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示の実施形態は、蒸着マスクを製造するための金属板、金属板の検査方法、金属板の製造方法、蒸着マスク及び蒸着マスクの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、スマートフォンやタブレット P C 等の電子デバイスにおいて、高精細な表示装置が、市場から求められている。表示装置は、例えば、5 0 0 p p i 以上または 8 0 0 p p i 以上等の画素密度を有する。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 3 】

応答性の良さと、または／および消費電力の低さとを有するため、有機 E L 表示装置が注目されている。有機 E L 表示装置の画素を形成する方法として、画素を構成する材料を蒸着により基板に付着させる方法が知られている。この場合、まず、貫通孔を含む蒸着マスクを準備する。次に、蒸着装置内で、蒸着マスクを基板に密着させた状態で、有機材料または／および無機材料などを蒸着させて、有機材料または／および無機材料などを基板に形成する。

【 0 0 0 4 】

蒸着マスクの製造方法としては、例えば特許文献 1 に開示されているように、金属板をエッチングすることによって金属板に貫通孔を形成する方法が知られている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 5 】

【特許文献 1】特許第 5 3 8 2 2 5 9 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

本開示の実施形態は、金属板に形成される貫通孔の形状の精度を高めることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

20

【 0 0 0 7 】

本開示の一実施形態において、蒸着マスクを製造するために用いられる、第 1 面及び第 1 面の反対側に位置する第 2 面を含み、鉄及びニッケルを備える金属板の製造方法は、ニッケルを含む鉄合金を有する母材を圧延して金属板を作製する工程を備えていてもよい。金属板は、鉄及びニッケル以外の元素を主成分として含む粒子を備えていてもよい。金属板の第 1 面及び第 2 面を含むサンプルにおいて、サンプルの体積 1 mm^3 あたりに含まれる粒子に関する以下の条件 (1)、(2) が満たされていてもよい。

(1) $1 \mu \text{ m}$ 以上の円相当径を有する前記粒子の数が 5 0 個以上 3 0 0 0 個以下である。

。

(2) $3 \mu \text{ m}$ 以上の円相当径を有する前記粒子の数が 5 0 個以下である。

30

【発明の効果】

【 0 0 0 8 】

本開示の実施形態によれば、金属板に形成される貫通孔の形状の精度を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 9 】

【図 1】本開示の実施形態の一実施形態による蒸着マスク装置を備えた蒸着装置を示す図である。

【図 2】図 1 に示す蒸着マスク装置を用いて製造した有機 E L 表示装置を示す断面図である。

40

【図 3】本開示の実施形態の一実施形態による蒸着マスク装置を示す平面図である。

【図 4】図 3 に示された蒸着マスクの有効領域を示す部分平面図である。

【図 5】図 4 の V - V 線に沿った断面図である。

【図 6】粒子を備える金属板の一例を示す断面図である。

【図 7】図 6 に示す金属板にレジストパターンを設ける工程を示す断面図である。

【図 8】図 6 に示す金属板を第 1 面側からエッチングすることによって第 1 凹部を形成する工程を示す断面図である。

【図 9】第 1 凹部を樹脂で被覆する工程を示す断面図である。

【図 10】図 6 に示す金属板を第 2 面側からエッチングすることによって第 2 凹部を形成する工程を示す断面図である。

50

- 【図 1 1】樹脂及びレジストパターンを除去する工程を示す断面図である。
- 【図 1 2】粒子を備える金属板の一例を示す断面図である。
- 【図 1 3】図 1 2 に示す金属板を第 1 面側からエッチングすることによって第 1 凹部を形成する工程を示す断面図である。
- 【図 1 4】図 1 2 に示す金属板を第 1 面側からエッチングすることによって第 1 凹部を形成する工程を示す断面図である。
- 【図 1 5】第 1 凹部を樹脂で被覆する工程を示す断面図である。
- 【図 1 6】図 1 2 に示す金属板を第 2 面側からエッチングすることによって第 2 凹部を形成する工程を示す断面図である。
- 【図 1 7】樹脂及びレジストパターンを除去する工程を示す断面図である。 10
- 【図 1 8】粒子を備える金属板の一例を示す断面図である。
- 【図 1 9】図 1 8 に示す金属板を第 1 面側からエッチングすることによって第 1 凹部を形成する工程を示す断面図である。
- 【図 2 0】図 1 8 に示す金属板を第 1 面側からエッチングすることによって第 1 凹部を形成する工程を示す断面図である。
- 【図 2 1】第 1 凹部を樹脂で被覆する工程を示す断面図である。
- 【図 2 2】図 1 8 に示す金属板を第 2 面側からエッチングすることによって第 2 凹部を形成する工程を示す断面図である。
- 【図 2 3】図 1 8 に示す金属板を第 2 面側からエッチングすることによって第 2 凹部を形成する工程を示す断面図である。 20
- 【図 2 4】樹脂及びレジストパターンを除去する工程を示す断面図である。
- 【図 2 5】金属板に形成された複数のタイプの貫通孔を第 1 面側から見た場合を示す平面図である。
- 【図 2 6】金属板からサンプルを切り出す工程を示す図である。
- 【図 2 7】サンプルから複数のサンプル片を打ち抜く工程を示す図である。
- 【図 2 8】サンプル片を溶解させる工程を示す図である。
- 【図 2 9】濾紙上に分布する複数の粒子を示す平面図である。
- 【図 3 0】走査型電子顕微鏡のコントラスト及びノイズ又は輝度を調整する工程を説明するための図である。
- 【図 3 1】走査型電子顕微鏡のコントラスト及びノイズ又は輝度を調整する工程を説明するための図である。 30
- 【図 3 2】解析ソフトの輝度の閾値を調整する工程を説明するための図である。
- 【図 3 3】解析ソフトの輝度の閾値を調整する工程を説明するための図である。
- 【図 3 4】濾紙の観察範囲を説明するための図である。
- 【図 3 5】粒子の組成を分析する工程を示す図である。
- 【図 3 6】鉄合金のインゴットを示す図である。
- 【図 3 7】インゴットの表面部分を除去する工程を示す図である。
- 【図 3 8】母材を圧延して所望の厚みを有する金属板を得る工程を示す図である。
- 【図 3 9】圧延によって得られた金属板をアニールする工程を示す図である。
- 【図 4 0】蒸着マスクの製造方法の一例を全体的に説明するための模式図である。 40
- 【図 4 1】金属板にレジストパターンを形成する工程を示す図である。
- 【図 4 2】第 1 面エッチング工程を示す図である。
- 【図 4 3】第 2 面エッチング工程を示す図である。
- 【図 4 4】蒸着マスクの製造方法の第 1 の変形例を説明するための模式図である。
- 【図 4 5】蒸着マスクの製造方法の第 2 の変形例を説明するための図である。
- 【図 4 6】蒸着マスクの製造方法の第 2 の変形例を説明するための図である。
- 【図 4 7】蒸着マスクの製造方法の第 2 の変形例を説明するための図である。
- 【図 4 8】第 1 マスク～第 1 7 マスクから得られた各サンプルに含まれる粒子を観察した結果を示す図である。
- 【図 4 9】粒子の組成を分析した結果を示す図である。 50

【図 5 0】補足評価 1 において、巻き体の複数の箇所から得られた各サンプルに含まれる粒子を観察した結果を示す図である。

【図 5 1】補足評価 1 において、粒子の組成を分析した結果を示す図である。

【図 5 2】補足評価 2 において、粒子の組成を分析した結果を示す図である。

【図 5 3】補足評価 2 において、粒子の組成を分析した結果を示す図である。

【図 5 4】粒子を備える金属板の一例を示す断面図である。

【図 5 5】図 5 4 に示す金属板を第 1 面側からエッチングすることによって第 1 凹部を形成する工程を示す断面図である。

【図 5 6】図 5 4 に示す金属板を第 1 面側からエッチングすることによって第 1 凹部を形成する工程を示す断面図である。

【図 5 7】第 1 凹部を樹脂で被覆する工程を示す断面図である。

【図 5 8】図 5 4 に示す金属板を第 2 面側からエッチングすることによって第 2 凹部を形成する工程を示す断面図である。

【図 5 9】樹脂及びレジストパターンを除去する工程を示す断面図である。

【図 6 0】金属板を示す図である。

【図 6 1】金属板の表面部分を除去する工程を示す図である。

【図 6 2】貫通孔の面積の相対値の評価方法を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

本明細書および本図面において、特別な説明が無い限りは、「基板」や「基材」や「板」や「シート」や「フィルム」などのある構成の基礎となる物質を意味する用語は、呼称の違いのみに基づいて、互いから区別されるものではない。本明細書および本図面において、特別な説明が無い限りは、形状や幾何学的条件並びにそれらの程度を特定する、例えば、「平行」や「直交」等の用語や長さや角度の値等については、厳密な意味に縛られることなく、同様の機能を期待し得る程度の範囲を含めて解釈する。

【0011】

本明細書および本図面において、特別な説明が無い限りは、ある部材又はある領域等のある構成が、他の部材又は他の領域等の他の構成の「上に」や「下に」、「上側に」や「下側に」、又は「上方に」や「下方に」とする場合、ある構成が他の構成に直接的に接している場合を含む。さらに、ある構成と他の構成との間に別の構成が含まれている場合、つまり間接的に接している場合も含む。また、特別な説明が無い限りは、「上」や「上側」や「上方」、又は、「下」や「下側」や「下方」という語句は、上下方向が逆転してもよい。

【0012】

本明細書および本図面において、特別な説明が無い限りは、同一部分または同様な機能を有する部分には同一の符号または類似の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する場合がある。また、図面の寸法比率は説明の都合上実際の比率とは異なる場合や、構成の一部が図面から省略される場合がある。

【0013】

本明細書および本図面において、本開示の実施形態は、特別な説明が無い限りは、矛盾の生じない範囲で、その他の実施形態や変形例と組み合わせられてもよい。また、その他の実施形態同士や、その他の実施形態と変形例も、矛盾の生じない範囲で組み合わせられてもよい。また、変形例同士も、矛盾の生じない範囲で組み合わせられてもよい。

【0014】

本明細書および本図面において、特別な説明が無い限りは、製造方法などの方法に関して複数の工程を開示する場合に、開示されている工程の間に、開示されていないその他の工程が実施されてもよい。また、開示されている工程の順序は、矛盾の生じない範囲で任意である。

【0015】

本明細書および本図面において、特別な説明が無い限りは、「～」という記号によって

10

20

30

40

50

表現される数値範囲は、「～」という符号の前後に置かれた数値を含んでいる。例えば、「34～38質量%」という表現によって画定される数値範囲は、「34質量%以上且つ38質量%以下」という表現によって画定される数値範囲と同一である。

【0016】

本明細書の一実施形態において、有機EL表示装置を製造する際に有機材料を所望のパターンで基板上にパターンニングするために用いられる蒸着マスクやその製造方法に関した例をあげて説明する。ただし、このような適用に限定されことなく、種々の用途に用いられる蒸着マスクに対し、本実施形態を適用できる。例えば、仮想現実いわゆるVRや拡張現実いわゆるARを表現するための画像や映像を表示又は投影するための装置を製造するために、本実施形態の蒸着マスクを用いてもよい。

10

【0017】

以下、本開示の一実施形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、以下に示す実施形態は本開示の実施形態の一例であって、本開示はこれらの実施形態のみに限定して解釈されるものではない。

【0018】

本開示の第1の態様は、蒸着マスクを製造するために用いられる、第1面及び前記第1面の反対側に位置する第2面を含み、鉄及びニッケルを備える金属板であって、

鉄及びニッケル以外の元素を主成分として含む粒子を備え、

前記金属板の前記第1面及び前記第2面を含むサンプルにおいて、前記サンプルの体積 1 mm^3 あたりに含まれる前記粒子に関する以下の条件(1)、(2)が満たされている

20

(1) $1\text{ }\mu\text{ m}$ 以上の円相当径を有する前記粒子の数が50個以上3000個以下である；

(2) $3\text{ }\mu\text{ m}$ 以上の円相当径を有する前記粒子の数が50個以下である；
金属板である。

【0019】

本開示の第2の態様は、上述した第1の態様による金属板において、前記サンプルの体積 1 mm^3 あたりに含まれる前記粒子に関する以下の条件(3)が満たされていてもよい。

(3) $1\text{ }\mu\text{ m}$ 以上の円相当径を有する前記粒子の数が1000個以下である。

30

【0020】

本開示の第3の態様は、上述した第1の態様又は上述した第2の態様による金属板において、前記サンプルにおいて体積 1 mm^3 あたりに含まれる前記粒子に関する以下の条件(4)が満たされていてもよい。

(4) $3\text{ }\mu\text{ m}$ 以上の円相当径を有する前記粒子の数が20個以下である。

【0021】

本開示の第4の態様は、上述した第1の態様から上述した第3の態様のそれぞれによる金属板において、前記サンプルの体積 1 mm^3 あたりに含まれる前記粒子に関する以下の条件(5)が満たされていてもよい。

(5) $5\text{ }\mu\text{ m}$ 以上の円相当径を有する前記粒子の数が20個以下である。

40

【0022】

本開示の第5の態様は、上述した第1の態様から上述した第3の態様のそれぞれによる金属板において、前記サンプルの体積 1 mm^3 あたりに含まれる前記粒子に関する以下の条件(6)が満たされていてもよい。

(6) $5\text{ }\mu\text{ m}$ 以上の円相当径を有する前記粒子の数が2個以下である。

【0023】

本開示の第6の態様は、上述した第1の態様から上述した第5の態様のそれぞれによる金属板において、前記金属板の第1比率が70%以上であってよい。

前記第1比率は、 $1\text{ }\mu\text{ m}$ 以上の円相当径を有する前記粒子の合計数量に対する、第1数量の比率である。

50

前記合計数量は、前記サンプルの体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $1\text{ }\mu\text{ m}$ 以上の円相当径を有する前記粒子の数量である。

前記第1数量は、前記サンプルの体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $1\text{ }\mu\text{ m}$ 以上 $3\text{ }\mu\text{ m}$ 未満の円相当径を有する前記粒子の数量である。

【0024】

本開示の第7の態様は、上述した第1の態様から上述した第6の態様のそれぞれによる金属板において、前記金属板の厚みが $50\text{ }\mu\text{ m}$ 以下であってもよい。

【0025】

本開示の第8の態様は、上述した第1の態様から上述した第6の態様のそれぞれによる金属板において、前記金属板の厚みが $30\text{ }\mu\text{ m}$ 以下であってもよい。

10

【0026】

本開示の第9の態様は、蒸着マスクを製造するために用いられる、第1面及び前記第1面の反対側に位置する第2面を含む金属板の製造方法であって、

ニッケルを含む鉄合金を有する母材を準備する準備工程と、

前記母材を圧延して前記金属板を作製する工程と、を備え、

前記金属板は、鉄及びニッケル以外の元素を主成分として含む粒子を備え、

前記金属板の前記第1面及び前記第2面を含むサンプルにおいて、前記サンプルの体積 1 mm^3 あたりに含まれる前記粒子に関する以下の条件(1)、(2)が満たされている

、

(1) $1\text{ }\mu\text{ m}$ 以上の円相当径を有する前記粒子の数が 50 個以上 3000 個以下である

20

；

(2) $3\text{ }\mu\text{ m}$ 以上の円相当径を有する前記粒子の数が 50 個以下である；

金属板の製造方法である。

【0027】

本開示の第10の態様は、上述した第9の態様による金属板の製造方法において、前記製造方法は、前記母材又は前記金属板の表面部分を除去する表面処理工程を備えていてもよい。

【0028】

本開示の第11の態様は、上述した第10の態様による金属板の製造方法において、前記表面処理工程は、前記母材の前記表面部分を除去する母材表面処理工程を含み、前記表面部分の厚みは 10 mm 以上であってもよい。

30

【0029】

本開示の第12の態様は、上述した第10の態様による金属板の製造方法において、前記表面処理工程は、前記金属板の前記表面部分を除去する金属板表面処理工程を含み、前記表面部分の厚みは $5\text{ }\mu\text{ m}$ 以上であってもよい。

【0030】

本開示の第13の態様は、上述した第10の態様による金属板の製造方法において、前記表面処理工程は、前記母材又は前記金属板の表面に表面処理液を接触させることによって前記表面部分を除去する工程を含んでいてもよい。

【0031】

40

本開示の第14の態様は、上述した第9の態様から上述した第13の態様のそれぞれによる金属板の製造方法において、前記金属板の前記第1面及び前記第2面を含むサンプルにおいて、前記サンプルの体積 1 mm^3 あたりに含まれる前記粒子に関する以下の条件(1)、(2)が満たされている前記金属板を選別する選別工程を備えていてもよい。

(1) $1\text{ }\mu\text{ m}$ 以上の円相当径を有する前記粒子の数が 50 個以上 3000 個以下である

。

(2) $3\text{ }\mu\text{ m}$ 以上の円相当径を有する前記粒子の数が 50 個以下である。

【0032】

本開示の第15の態様は、上述した第9の態様から上述した第14の態様のそれぞれによる金属板の製造方法において、前記サンプルの体積 1 mm^3 あたりに含まれる前記粒子

50

に関する以下の条件(3)が満たされていてもよい。

(3) 1 μm 以上の円相当径を有する前記粒子の数が1000個以下である。

【0033】

本開示の第16の態様は、上述した第9の態様から上述した第15の態様のそれぞれによる金属板の製造方法において、前記サンプルの体積1 mm^3 あたりに含まれる前記粒子に関する以下の条件(4)が満たされていてもよい。

(4) 3 μm 以上の円相当径を有する前記粒子の数が20個以下である。

【0034】

本開示の第17の態様は、上述した第9の態様から上述した第16の態様のそれぞれによる金属板の製造方法において、前記サンプルの体積1 mm^3 あたりに含まれる前記粒子に関する以下の条件(5)が満たされていてもよい。

(5) 5 μm 以上の円相当径を有する前記粒子の数が20個以下である。

【0035】

本開示の第18の態様は、上述した第9の態様から上述した第17の態様のそれぞれによる金属板の製造方法において、前記サンプルの体積1 mm^3 あたりに含まれる前記粒子に関する以下の条件(6)が満たされていてもよい。

(6) 5 μm 以上の円相当径を有する前記粒子の数が2個以下である。

【0036】

本開示の第19の態様は、上述した第9の態様から上述した第18の態様のそれぞれによる金属板の製造方法において、前記金属板の第1比率が70%以上であってもよい。

前記第1比率は、1 μm 以上の円相当径を有する前記粒子の合計数量に対する、第1数量の比率である。

前記合計数量は、前記サンプルの体積1 mm^3 あたりに含まれる、1 μm 以上の円相当径を有する前記粒子の数量である。

前記第1数量は、前記サンプルの体積1 mm^3 あたりに含まれる、1 μm 以上3 μm 未満の円相当径を有する前記粒子の数量である。

【0037】

本開示の第20の態様は、上述した第9の態様から上述した第19の態様のそれぞれによる金属板の製造方法において、前記金属板の厚みが50 μm 以下であってもよい。

【0038】

本開示の第21の態様は、上述した第9の態様から上述した第19の態様のそれぞれによる金属板の製造方法において、前記金属板の厚みが30 μm 以下であってもよい。

【0039】

本開示の第22の態様は、蒸着マスクであって、

第1面及び前記第1面の反対側に位置する第2面を含み、鉄及びニッケルを備える金属板と、

前記金属板に形成された複数の貫通孔と、を備え、

前記金属板は、鉄及びニッケル以外の元素を主成分として含む粒子を備え、

前記金属板の前記第1面及び前記第2面を含むサンプルにおいて、前記サンプルの体積1 mm^3 あたりに含まれる前記粒子に関する以下の条件(1)、(2)が満たされている

(1) 1 μm 以上の円相当径を有する前記粒子の数が50個以上3000個以下である

；

(2) 3 μm 以上の円相当径を有する前記粒子の数が50個以下である；

蒸着マスクである。

【0040】

本開示の第23の態様は、蒸着マスクの製造方法であって、

第1面及び前記第1面の反対側に位置する第2面を含み、鉄及びニッケルを備える金属板を準備する工程と、

前記金属板に複数の貫通孔を形成する加工工程と、を備え、

前記金属板は、鉄及びニッケル以外の元素を主成分として含む粒子を備え、

前記金属板の前記第 1 面及び前記第 2 面を含むサンプルにおいて、前記サンプルの体積 1 mm^3 あたりに含まれる前記粒子に関する以下の条件 (1)、(2) が満たされている、

(1) $1\text{ }\mu\text{ m}$ 以上の円相当径を有する前記粒子の数が 50 個以上 3000 個以下である

；

(2) $3\text{ }\mu\text{ m}$ 以上の円相当径を有する前記粒子の数が 50 個以下である；

蒸着マスクの製造方法である。

【 0041 】

まず、対象物に蒸着材料を蒸着させる蒸着処理を実施する蒸着装置 90 について、図 1 を参照して説明する。図 1 に示すように、蒸着装置 90 は、その内部に、蒸着源 94、ヒータ 96、及び蒸着マスク装置 10 を備えていてもよい。蒸着装置 90 は、蒸着装置 90 の内部を真空雰囲気にするための排気手段を更に備える。蒸着源 94 は、例えばるつぼである。蒸着源 94 は、有機発光材料などの蒸着材料 98 を収容する。ヒータ 96 は、蒸着源 94 を加熱して、真空雰囲気の下で蒸着材料 98 を蒸発させる。蒸着マスク装置 10 は、蒸着源 94 と対向するよう配置されていてもよい。

【 0042 】

以下、蒸着マスク装置 10 について説明する。図 1 に示すように、蒸着マスク装置 10 は、少なくとも 1 つの蒸着マスク 20 と、蒸着マスク 20 を支持するフレーム 15 と、を備えていてもよい。フレーム 15 は、蒸着マスク 20 が撓んでしまうことがないように、蒸着マスク 20 をその面方向に引っ張った状態で支持していてもよい。蒸着マスク装置 10 は、図 1 に示すように、蒸着マスク 20 が、蒸着材料 98 を付着させる対象物である基板、例えば有機 EL 基板 92 に対面するよう、蒸着装置 90 内に配置されていてもよい。以下の説明において、蒸着マスク 20 の面のうち、有機 EL 基板 92 側の面を第 1 面 20a と称し、第 1 面 20a の反対側に位置する面を第 2 面 20b と称する。

【 0043 】

蒸着マスク装置 10 は、図 1 に示すように、有機 EL 基板 92 の、蒸着マスク 20 と反対の側の面に配置された磁石 93 を備えていてもよい。磁石 93 を設けることにより、磁力によって蒸着マスク 20 を磁石 93 側に引き寄せて、蒸着マスク 20 を有機 EL 基板 92 に密着させることができる。図示はしないが、静電気力（クーロン力）を利用する静電チャックを用いて蒸着マスク 20 を有機 EL 基板 92 に密着させてもよい。

【 0044 】

図 3 は、蒸着マスク装置 10 を蒸着マスク 20 の第 1 面 20a 側から見た場合を示す平面図である。図 3 に示すように、蒸着マスク装置 10 は、複数の蒸着マスク 20 を備える。各蒸着マスク 20 は、一对の長辺 26 及び一对の短辺 27 を含んでおり、例えば矩形形状の形状を有している。各蒸着マスク 20 は、一对の短辺 27 又はその近傍の部分において、例えば溶接によってフレーム 15 に固定されている。

【 0045 】

蒸着マスク 20 は、蒸着マスク 20 を貫通する複数の貫通孔 25 が形成された金属板を含む。蒸着源 94 から蒸発して蒸着マスク装置 10 に到達した蒸着材料 98 は、蒸着マスク 20 の貫通孔 25 を通って有機 EL 基板 92 に付着する。これによって、蒸着マスク 20 の貫通孔 25 の位置に対応した所望のパターンで、蒸着材料 98 を有機 EL 基板 92 の表面に成膜できる。

【 0046 】

図 2 は、図 1 の蒸着装置 90 を用いて製造した有機 EL 表示装置 100 を示す断面図である。有機 EL 表示装置 100 は、有機 EL 基板 92 と、パターン状に設けられた蒸着材料 98 を含む画素と、を備えていてもよい。図示はしないが、有機 EL 表示装置 100 は、蒸着材料 98 を含む画素に電氣的に接続された電極を更に備えていてもよい。電極は、例えば、蒸着工程によって有機 EL 基板 92 に蒸着材料 98 を付着させる前に、有機 EL 基板 92 に予め設けられている。有機 EL 表示装置 100 は、蒸着材料 98 を含む画素の

周囲の空間を外部から封止する封止部材など、その他の構成要素を更に備えていてもよい。従って、図2の有機EL表示装置100は、有機EL表示装置を製造する中間段階で生成される有機EL表示装置中間体であるとも言える。

【0047】

複数の色によるカラー表示を行いたい場合には、各色に対応する蒸着マスク20が搭載された蒸着装置90をそれぞれ準備し、有機EL基板92を各蒸着装置90に順に投入する。これによって、例えば、赤色用の有機発光材料、緑色用の有機発光材料および青色用の有機発光材料を順に有機EL基板92に蒸着させることができる。

【0048】

蒸着処理は、高温雰囲気となる蒸着装置90の内部で実施される場合がある。この場合、蒸着処理の間、蒸着装置90の内部に保持される蒸着マスク20、フレーム15および有機EL基板92も加熱される。この際、蒸着マスク20、フレーム15および有機EL基板92は、各々の熱膨張係数に基づいた寸法変化の挙動を示すことになる。従って、蒸着マスク20およびフレーム15の熱膨張係数が、有機EL基板92の熱膨張係数と同等の値であることが好ましい。これにより、熱膨張係数に基づいた蒸着マスク20、フレーム15および有機EL基板92の寸法変化率に差異が生じることを抑制できる。このため、有機EL基板92上に付着する蒸着材料の寸法精度や位置精度が、蒸着マスク20、フレーム15、有機EL基板92などの熱膨張に起因して低下することを抑制できる。

【0049】

例えば、有機EL基板92としてガラス基板が用いられる場合、蒸着マスク20およびフレーム15の主要な材料として、ニッケルを含む鉄合金を用いてもよい。鉄合金は、ニッケルに加えてコバルトを更に含んでもよい。例えば、蒸着マスク20を構成する金属板の材料として、ニッケル及びコバルトの含有量が合計で28質量%以上且つ54質量%以下であり、且つコバルトの含有量が0質量%以上且つ6質量%以下である鉄合金を用いてもよい。

金属板におけるニッケル及びコバルトの含有量は、合計で28質量%以上且つ38質量%以下であってもよい。この場合、ニッケル若しくはニッケル及びコバルトを含む鉄合金の具体例としては、インパー材、スーパーインパー材、ウルトラインパー材などを挙げることができる。インパー材は、34質量%以上且つ38質量%以下のニッケルと、残部の鉄及び不可避の不純物とを含む鉄合金である。スーパーインパー材は、30質量%以上且つ34質量%以下のニッケルと、コバルトと、残部の鉄及び不可避の不純物とを含む鉄合金である。ウルトラインパー材は、28質量%以上且つ34質量%以下のニッケルと、2質量%以上且つ7質量%以下のコバルトと、0.1質量%以上且つ1.0質量%以下のマンガんと、0.10質量%以下のシリコンと、0.01質量%以下の炭素と、残部の鉄及び不可避の不純物とを含む鉄合金である。

金属板におけるニッケル及びコバルトの含有量は、合計で38質量%以上且つ54質量%以下であってもよい。この場合、ニッケル若しくはニッケル及びコバルトを含む鉄合金の具体例としては、低熱膨張Fe-Ni系めっき合金などを挙げることができる。低熱膨張Fe-Ni系めっき合金は、38質量%以上且つ54質量%以下のニッケルと、残部の鉄及び不可避の不純物とを含む鉄合金である。

【0050】

蒸着処理の際に、蒸着マスク20、フレーム15および有機EL基板92の温度が高温には達しない場合は、蒸着マスク20およびフレーム15の熱膨張係数を、有機EL基板92の熱膨張係数と同等の値にする必要は特にない。この場合、蒸着マスク20を構成する材料として、上述の鉄合金以外の材料を用いてもよい。例えば、クロムを含む鉄合金など、上述のニッケルを含む鉄合金以外の鉄合金を用いてもよい。クロムを含む鉄合金としては、例えば、いわゆるステンレスと称される鉄合金を用いてもよい。ニッケルやニッケル-コバルト合金など、鉄合金以外の合金を用いてもよい。

【0051】

次に、蒸着マスク20について詳細に説明する。図3に示すように、蒸着マスク20は

10

20

30

40

50

、蒸着マスク20の第1方向D1において対向する第1端部17a及び第2端部17bと、
、一对の端部17a, 17bの間に位置する中間部18と、を備えていてもよい。

【0052】

まず、端部17a, 17bについて詳細に説明する。端部17a, 17bは、第1方向D1における蒸着マスク20の端から広がる領域である。端部17a, 17bは、後述するサンプルを切り出すことができる面積を有する。端部17a, 17bは、少なくとも部分的に、フレーム15に固定されてもよい。本実施の形態において、端部17a, 17bは、中間部18と一体的に構成されている。端部17a, 17bは、中間部18とは別の部材によって構成されていてもよい。この場合、端部17a, 17bは、例えば溶接によって中間部18に接合される。

10

【0053】

次に、中間部18について説明する。中間部18は、第1面20aから第2面20bに至る貫通孔25が形成された、少なくとも1つの有効領域22と、有効領域22を取り囲む周囲領域23と、を含む。有効領域22は、蒸着マスク20のうち、有機EL基板92の表示領域に対面する領域である。

【0054】

図3に示す例において、中間部18は、蒸着マスク20の長辺26に沿って所定の間隔を空けて配列された複数の有効領域22を含む。一つの有効領域22は、一つの有機EL表示装置100の表示領域に対応する。このため、図1に示す蒸着マスク装置10によれば、有機EL表示装置100の多面付蒸着が可能である。一つの有効領域22が複数の表示領域に対応する場合もある。図示はしないが、蒸着マスク20の第2方向D2においても所定の間隔を空けて複数の有効領域22が配列されていてもよい。

20

【0055】

図3に示すように、有効領域22は、例えば、平面視において略四角形状、さらに正確には平面視において略矩形状の輪郭を有する。図示はしないが、各有効領域22は、有機EL基板92の表示領域の形状に応じて、様々な形状の輪郭を有していてもよい。例えば各有効領域22は、円形状の輪郭を有していてもよい。各有効領域22は、スマートフォンなどの表示装置の外形と同一の輪郭を有していてもよい。

【0056】

以下、有効領域22について詳細に説明する。図4は、蒸着マスク20の第2面20b側から有効領域22を拡大して示す平面図である。図4に示すように、図示された例において、各有効領域22に形成された複数の貫通孔25は、当該有効領域22において、互いに直交する二方向に沿ってそれぞれ所定のピッチで配列されていてもよい。

30

【0057】

図5は、図4の有効領域22のV-V方向に沿った断面図である。図5に示すように、複数の貫通孔25は、蒸着マスク20の法線方向Nに沿った一方の側となる第1面20aから、蒸着マスク20の法線方向Nに沿った他方の側となる第2面20bへ貫通している。図示された例では、後に詳述するように、蒸着マスク20の法線方向Nにおける一方の側となる金属板64の第1面64aに第1凹部30がエッチングによって形成され、蒸着マスク20の法線方向Nにおける他方の側となる金属板64の第2面64bに第2凹部35が形成される。第1凹部30は、第2凹部35に接続され、これによって第2凹部35と第1凹部30とが互に通じ合うように形成される。貫通孔25は、第2凹部35と、第2凹部35に接続された第1凹部30とによって構成されている。図4及び図5に示すように、第1凹部30の壁面31と、第2凹部35の壁面36とは、周状の接続部41を介して接続されている。図4及び図5に示す例において、接続部41は、蒸着マスク20の平面視において貫通孔25の開口面積が最小になる貫通部42を画成する。

40

【0058】

図5に示すように、蒸着マスク20の第1面20a側において、隣り合う二つの貫通孔25は、金属板64の第1面64aに沿って互いから離間している。蒸着マスク20の第2面20b側においても、隣り合う二つの第2凹部35が、金属板64の第2面64bに

50

沿って互いから離間していてもよい。すなわち、隣り合う二つの第2凹部35の間に金属板64の第2面64bが残存していてもよい。以下の説明において、金属板64の第2面64bの有効領域22のうちエッチングされずに残っている部分のことを、トップ部43とも称する。このようなトップ部43が残るように蒸着マスク20を作製することにより、蒸着マスク20に十分な強度を持たせることができる。このことにより、例えば搬送中などに蒸着マスク20が破損してしまうことを抑制できる。なおトップ部43の幅が大きすぎると、蒸着工程においてシャドウが発生し、これによって蒸着材料98の利用効率が低下することがある。従って、トップ部43の幅が過剰に大きくならないように蒸着マスク20が作製されることが好ましい。

【0059】

図1に示すようにして蒸着マスク装置10が蒸着装置90に收容された場合、図5に二点鎖線で示すように、蒸着マスク20の第1面20aが、有機EL基板92に対面し、蒸着マスク20の第2面20bが、蒸着材料98を保持した蒸着源94側に位置する。したがって、蒸着材料98は、次第に開口面積が小さくなっていく第2凹部35を通過して有機EL基板92に付着する。図5において第2面20b側から第1面20aへ向かう矢印で示すように、蒸着材料98は、蒸着源94から有機EL基板92に向けて有機EL基板92の法線方向Nに沿って移動するだけでなく、有機EL基板92の法線方向Nに対して大きく傾斜した方向に移動することもある。このとき、蒸着マスク20の厚みが大きいと、斜めに移動する蒸着材料98が、トップ部43、第2凹部35の壁面36や第1凹部30の壁面31に引っ掛かり易くなり、この結果、貫通孔25を通過できない蒸着材料98の比率が多くなる。従って、蒸着材料98の利用効率を高めるためには、蒸着マスク20の厚みtを小さくし、これによって、第2凹部35の壁面36や第1凹部30の壁面31の高さを小さくすることが好ましいと考えられる。すなわち、蒸着マスク20を構成するための金属板64として、蒸着マスク20の強度を確保できる範囲内で可能な限り厚みtの小さな金属板64を用いることが好ましいと言える。厚みtは、周囲領域23の厚み、すなわち蒸着マスク20のうち第1凹部30および第2凹部35が形成されていない部分の厚みである。従って厚みtは、金属板64の厚みであるということもできる。金属板64の厚みtは、例えば、30 μ m以下であってもよく、25 μ m以下であってもよく、20 μ m以下であってもよく、18 μ m以下であってもよい。

【0060】

一方、金属板64の厚みtが小さくなり過ぎると、蒸着マスク20の強度が低下し、蒸着マスク20に損傷や変形が生じやすくなる。この点を考慮し、金属板64の厚みtは、例えば、8 μ m以上であってもよく、10 μ m以上であってもよく、13 μ m以上であってもよく、15 μ m以上であってもよい。

【0061】

金属板64の厚みtは、例えば、8 μ m以上であってもよく、10 μ m以上であってもよく、13 μ m以上であってもよく、15 μ m以上であってもよい。金属板64の厚みtは、例えば、18 μ m以下であってもよく、20 μ m以下であってもよく、25 μ m以下であってもよく、30 μ m以下であってもよい。金属板64の厚みtの範囲は、8 μ m、10 μ m、13 μ m及び15 μ mからなる第1グループ、及び/又は、18 μ m、20 μ m、25 μ m及び30 μ mからなる第2グループによって定められてもよい。金属板64の厚みtの範囲は、上述の第1グループに含まれる値のうちの任意の1つと、上述の第2グループに含まれる値のうちの任意の1つとの組み合わせによって定められてもよい。金属板64の厚みtの範囲は、上述の第1グループに含まれる値のうちの任意の2つの組み合わせによって定められてもよい。金属板64の厚みtの範囲は、上述の第2グループに含まれる値のうちの任意の2つの組み合わせによって定められてもよい。例えば、8 μ m以上30 μ m以下であってもよく、8 μ m以上25 μ m以下であってもよく、8 μ m以上20 μ m以下であってもよく、8 μ m以上18 μ m以下であってもよく、8 μ m以上15 μ m以下であってもよく、8 μ m以上13 μ m以下であってもよく、8 μ m以上10 μ m以下であってもよく、10 μ m以上30 μ m以下であってもよく、10 μ m以上25 μ m

以下であってもよく、 $10\ \mu\text{m}$ 以上 $20\ \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $10\ \mu\text{m}$ 以上 $18\ \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $10\ \mu\text{m}$ 以上 $15\ \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $10\ \mu\text{m}$ 以上 $13\ \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $13\ \mu\text{m}$ 以上 $30\ \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $13\ \mu\text{m}$ 以上 $25\ \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $13\ \mu\text{m}$ 以上 $20\ \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $13\ \mu\text{m}$ 以上 $18\ \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $13\ \mu\text{m}$ 以上 $15\ \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $15\ \mu\text{m}$ 以上 $30\ \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $15\ \mu\text{m}$ 以上 $25\ \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $15\ \mu\text{m}$ 以上 $20\ \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $15\ \mu\text{m}$ 以上 $18\ \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $18\ \mu\text{m}$ 以上 $30\ \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $18\ \mu\text{m}$ 以上 $25\ \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $18\ \mu\text{m}$ 以上 $20\ \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $20\ \mu\text{m}$ 以上 $30\ \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $20\ \mu\text{m}$ 以上 $25\ \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $25\ \mu\text{m}$ 以上 $30\ \mu\text{m}$ 以下であってもよい。

10

【0062】

金属板64及び蒸着マスク20の厚みを測定する方法としては、接触式の測定方法を採用する。接触式の測定方法としては、ボールブッシュガイド式のプランジャーを備える、ハイデンハイン社製の長さゲージHEIDENHAIN-METROの「MT1271」を用いる。

【0063】

蒸着マスク20の製造に用いられる金属板64は、例えば、コアに巻き取られた巻き体の状態で販売されたり搬送されたりしてもよい。この場合、金属板64の厚み t に関する上述の範囲は、巻き体の状態の金属板64において満たされていてもよい。蒸着マスク20の製造方法が、金属板64の厚みが低減するように金属板64を加工する工程を備える場合、金属板64の厚み t に関する上述の範囲は、加工されて厚みが低減された状態の金属板64において満たされていてもよい。金属板64の厚みが低減するように金属板64を加工する工程は、例えば、金属板64の第1面64a又は第2面64bのうち少なくとも蒸着マスク20の有効領域22に対応する部分を全域にわたってエッチングする工程を含む。以下、金属板64のうち少なくとも有効領域22に対応する部分を全域にわたってエッチングすることを、薄化(Slimming)とも称する。

20

【0064】

エッチングによって金属板64を薄化する場合、金属板64の厚みの低減量が大きいと、薄化後の金属板64の厚みにばらつきが生じ易くなる。この点を考慮し、金属板64の薄化を実施する場合であっても、巻き体の状態の金属板64における厚み t がある程度小さいことが好ましい。例えば、金属板64の厚み t は、 $50\ \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $45\ \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $40\ \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $35\ \mu\text{m}$ 以下であってもよい。本段落の上限の候補値は、上述の複数の下限の候補値や上述の複数の上限の候補値と組み合わせられてもよい。

30

【0065】

図5において、貫通孔25の貫通部42を構成する接続部41と、第2凹部35の壁面36の他の任意の位置と、を通過する直線M1が、蒸着マスク20の法線方向Nに対してなす最小角度が、符号1で表されている。斜めに移動する蒸着材料98を、壁面36に到達させることなく可能な限り有機EL基板92に到達させるためには、角度1を大きくすることが有利となる。角度1を大きくする上では、蒸着マスク20の厚み t を小さくすることの他にも、上述のトップ部43の幅を小さくすることも有効である。

40

【0066】

図5において、符号は、金属板64の第1面64aの有効領域22のうちエッチングされずに残っている部分(以下、リブ部とも称する)の幅を表している。リブ部の幅および貫通部42の寸法 r は、有機EL表示装置の寸法および表示画素数に応じて適宜定められる。例えば、リブ部の幅は $5\ \mu\text{m}$ 以上且つ $40\ \mu\text{m}$ 以下であり、貫通部42の寸法 r は $10\ \mu\text{m}$ 以上且つ $60\ \mu\text{m}$ 以下である。

【0067】

リブ部の幅は、例えば、 $5\ \mu\text{m}$ 以上であってもよく、 $10\ \mu\text{m}$ 以上であってもよく、 $15\ \mu\text{m}$ 以上であってもよく、 $20\ \mu\text{m}$ 以上であってもよい。リブ部の幅は、例えば、 $45\ \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $50\ \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $55\ \mu\text{m}$ 以下であってもよく、

50

く、60 μm以下であつてもよい。リブ部の幅の範囲は、5 μm、10 μm、15 μm及び20 μmからなる第1グループ、及び/又は、45 μm、50 μm、55 μm及び60 μmからなる第2グループによって定められてもよい。リブ部の幅の範囲は、上述の第1グループに含まれる値のうちの任意の1つと、上述の第2グループに含まれる値のうちの任意の1つとの組み合わせによって定められてもよい。リブ部の幅の範囲は、上述の第1グループに含まれる値のうちの任意の2つの組み合わせによって定められてもよい。リブ部の幅の範囲は、上述の第2グループに含まれる値のうちの任意の2つの組み合わせによって定められてもよい。例えば、5 μm以上60 μm以下であつてもよく、5 μm以上55 μm以下であつてもよく、5 μm以上50 μm以下であつてもよく、5 μm以上45 μm以下であつてもよく、5 μm以上20 μm以下であつてもよく、5 μm以上15 μm以下であつてもよく、5 μm以上10 μm以下であつてもよく、10 μm以上60 μm以下であつてもよく、10 μm以上55 μm以下であつてもよく、10 μm以上50 μm以下であつてもよく、10 μm以上45 μm以下であつてもよく、10 μm以上20 μm以下であつてもよく、10 μm以上15 μm以下であつてもよく、15 μm以上60 μm以下であつてもよく、15 μm以上55 μm以下であつてもよく、15 μm以上50 μm以下であつてもよく、15 μm以上45 μm以下であつてもよく、15 μm以上20 μm以下であつてもよく、20 μm以上60 μm以下であつてもよく、20 μm以上55 μm以下であつてもよく、20 μm以上50 μm以下であつてもよく、20 μm以上45 μm以下であつてもよく、45 μm以上60 μm以下であつてもよく、45 μm以上55 μm以下であつてもよく、45 μm以上50 μm以下であつてもよく、50 μm以上60 μm以下であつてもよく、50 μm以上55 μm以下であつてもよく、55 μm以上60 μm以下であつてもよい。

【 0 0 6 8 】

貫通部 4 2 の寸法 r は、例えば、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上であってもよく、 $15\text{ }\mu\text{m}$ 以上であってもよく、 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以上であってもよく、 $25\text{ }\mu\text{m}$ 以上であってもよい。貫通部 4 2 の寸法 r は、例えば、 $40\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $45\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $55\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよい。貫通部 4 2 の寸法 r の範囲は、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 、 $15\text{ }\mu\text{m}$ 、 $20\text{ }\mu\text{m}$ 及び $25\text{ }\mu\text{m}$ からなる第 1 グループ、及び / 又は、 $40\text{ }\mu\text{m}$ 、 $45\text{ }\mu\text{m}$ 、 $50\text{ }\mu\text{m}$ 及び $55\text{ }\mu\text{m}$ からなる第 2 グループによって定められてもよい。貫通部 4 2 の寸法 r の範囲は、上述の第 1 グループに含まれる値のうちの任意の 1 つと、上述の第 2 グループに含まれる値のうちの任意の 1 つとの組み合わせによって定められてもよい。貫通部 4 2 の寸法 r の範囲は、上述の第 1 グループに含まれる値のうちの任意の 2 つの組み合わせによって定められてもよい。貫通部 4 2 の寸法 r の範囲は、上述の第 2 グループに含まれる値のうちの任意の 2 つの組み合わせによって定められてもよい。例えば、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $55\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $45\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $40\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $25\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $15\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $15\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $55\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $15\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $15\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $45\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $15\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $40\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $15\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $25\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $15\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $55\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $45\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $40\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $25\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $25\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $55\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $25\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $25\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $45\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $25\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $40\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $40\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $55\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $40\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $40\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $45\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $45\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $55\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $45\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $50\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $55\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよい。

【 0 0 6 9 】

図 4 及び図 5 においては、隣り合う二つの第 2 凹部 3 5 の間に金属板 6 4 の第 2 面 6 4

bが残存している例を示したが、これに限られることはない。図示はしないが、隣り合う二つの第2凹部35が接続されるようにエッチングが実施されてもよい。すなわち、隣り合う二つの第2凹部35の間に、金属板64の第2面64bが残存していない場所が存在していてもよい。

【0070】

本件発明者らが研究を重ねたところ、蒸着マスク20の画素密度が高くなると、金属板64に含まれる複数の粒子が、蒸着マスク20の貫通孔25の形状の精度に悪影響を及ぼし易くなる傾向が見られた。以下、原因について考察する。なお、上述の現象の原因が下記の考察に限定されることはなく、その他の考察が採用されてもよい。

【0071】

まず、金属板64に含まれる複数の粒子について説明する。本件発明者らが鋭意研究を行ったところ、蒸着マスク20の製造で用いられる、鉄及びニッケルを含む鉄合金製の金属板64に複数の粒子が存在することを見出した。金属板64の中の粒子は、例えば、金属板64の母材を作製する溶解工程の際に不純物除去のために添加されるアルミニウム、シリコンなどの添加物に起因して生じる。粒子は、鉄及びニッケル以外の元素を主成分として含む。このような粒子は、介在物と称されることもある。「主成分」とは、粒子に含まれる元素のうち最も高い重量%を有する元素のことである。粒子は、単一の元素によって構成されていてもよく、複数の元素を含む化合物によって構成されていてもよい。「母材」とは、圧延される前の鉄合金の形態を意味する。母材の例は、後述する第1インゴット、第2インゴット、第3インゴットなどである。「金属板」とは、熱間圧延工程又は冷間圧延工程を経た後の鉄合金の形態を意味する。

【0072】

金属板64に含まれる粒子の数が多い場合や、金属板64に含まれる粒子の寸法が大きい場合、以下に説明するように、エッチングによって金属板64に形成される貫通孔25の形状が設計からずれてしまうことがある。以下、金属板64を用いて蒸着マスク20を製造する工程の一部について説明しながら、金属板64中の粒子64dが蒸着マスク20の製造工程に及ぼす影響について説明する。

【0073】

まず、金属板64中の粒子が蒸着マスク20の貫通孔25の形状の精度に及ぼす影響が、無視可能な程度に軽微である場合について説明する。図6は、粒子64dを含む金属板64の一例を示す断面図である。金属板64は、主相64cと、主相64cに存在する複数の粒子64dと、を備える。主相64cは、例えば、鉄及びニッケルを含む鉄合金からなる複数の結晶粒を含む。主相64cを構成する鉄合金は、鉄及びニッケルに加えて、コバルトなどのその他の元素を含んでいてもよい。主相64cにおけるニッケル及びコバルトの含有量の範囲は、蒸着マスク20を構成する金属板の材料に関して上述した範囲と同一であってもよい。

【0074】

粒子64dは、例えば、硝酸に対する難溶性を有する物体である。粒子64dは、鉄及びニッケル以外の元素を主成分として含む。例えば、粒子64dは、アルミニウム、マグネシウム、シリコン、燐、硫黄、クロム又はジルコニウム若しくはそれらの元素を含む化合物を有する。化合物は、例えば、酸化物、硫化物、炭化物、窒化物、金属間化合物などである。粒子64dの形状は任意であるが、例えば粒状である。

【0075】

図6に示すように、粒子64dは、主相64cの内部に位置していてもよく、主相64cの表面に位置していてもよい。「主相64cの表面に位置する」とは、金属板64の第1面64a又は第2面64bに粒子64dが少なくとも部分的に露出していることを意味する。

【0076】

粒子64dが主相64cの内部に位置する場合、粒子64dは、主相64cの表面層に位置していてもよく、主相64cのバルク層に位置していてもよい。表面層とは、厚み方

10

20

30

40

50

向における金属板 6 4 の第 1 面 6 4 a 又は第 2 面 6 4 b からの距離が 5 μ m 以内の部分である。バルク層とは、厚み方向における金属板 6 4 の第 1 面 6 4 a 及び第 2 面 6 4 b からの距離が 5 μ m を超えている部分である。

【 0 0 7 7 】

複数の粒子 6 4 d は、主相 6 4 c の表面層及びバルク層の両方に均一に分布していてもよい。複数の粒子 6 4 d は、主相 6 4 c のバルク層よりも表面層に多く分布していてもよい。複数の粒子 6 4 d は、主相 6 4 c の表面層よりもバルク層に多く分布していてもよい。

【 0 0 7 8 】

蒸着マスク 2 0 の製造工程においては、図 7 に示すように、金属板 6 4 の第 1 面 6 4 a 上に、第 1 レジスト膜 6 5 a を含む第 1 レジストパターン 6 5 c を形成し、金属板 6 4 の第 2 面 6 4 b 上に、第 2 レジスト膜 6 5 b を含む第 2 レジストパターン 6 5 d を形成する。以下、レジストパターン 6 5 c , 6 5 d を形成する工程について説明する。

【 0 0 7 9 】

まず、金属板 6 4 の第 1 面 6 4 a 上および第 2 面 6 4 b 上にネガ型の感光性レジスト材料を含むレジスト膜 6 5 a、6 5 b を形成する。例えば、金属板 6 4 の第 1 面 6 4 a 上および第 2 面 6 4 b 上に、カゼインなどの感光性レジスト材料を含む塗布液を塗布する。その後、塗布液を乾燥させることにより、レジスト膜 6 5 a、6 5 b を形成する。若しくは、金属板 6 4 の第 1 面 6 4 a 上および第 2 面 6 4 b 上にドライフィルムを貼り付けることにより、レジスト膜 6 5 a、6 5 b を形成してもよい。ドライフィルムは、例えばアクリル系光硬化性樹脂を含む。

【 0 0 8 0 】

次に、レジスト膜 6 5 a、6 5 b のうちの除去したい領域に光を透過させないようにした露光マスクを準備し、露光マスクをそれぞれ 6 5 a、6 5 b 上に配置する。この際、第 1 面 6 4 a 側の露光マスクと第 2 面 6 4 b 側の露光マスクとの間の相対的な位置関係を調整するアライメント工程を実施してもよい。露光マスクとしては、例えば、レジスト膜 6 5 a、6 5 b のうちの除去したい領域に光を透過させないようにしたガラス乾板を用いる。その後、真空密着によって露光マスクをレジスト膜 6 5 a、6 5 b に十分に密着させてもよい。

感光性レジスト材料として、ポジ型のものが用いられてもよい。この場合、露光マスクとして、レジスト膜のうちの除去したい領域に光を透過させるようにした露光マスクを用いる。

【 0 0 8 1 】

その後、レジスト膜 6 5 a、6 5 b を露光マスク越しに露光する露光工程を実施する。さらに、露光されたレジスト膜 6 5 a、6 5 b に像を形成するためにレジスト膜 6 5 a、6 5 b を現像する現像工程を実施する。以上のようにして、図 7 に示すように、金属板 6 4 の第 1 面 6 4 a 上に、第 1 レジスト膜 6 5 a を含む第 1 レジストパターン 6 5 c を形成し、金属板 6 4 の第 2 面 6 4 b 上に、第 2 レジスト膜 6 5 b を含む第 2 レジストパターン 6 5 d を形成できる。現像工程の後、レジスト膜 6 5 a、6 5 b を加熱するレジスト熱処理工程を実施してもよい。これにより、レジスト膜 6 5 a、6 5 b の硬度を高めたり、金属板 6 4 に対するレジスト膜 6 5 a、6 5 b の密着性を高めたりすることができる。レジスト熱処理工程は、例えば 2 5 以上 4 0 0 以下で実施されてもよい。レジスト膜 6 5 a、6 5 b を加熱するレジスト熱処理工程は、レジスト膜 6 5 a、6 5 b を現像する現像工程の後の熱処理工程に加えて、若しくは現像工程の後の熱処理工程に替えて、レジスト膜 6 5 a、6 5 b を現像する現像工程の前に実施されてもよい。

【 0 0 8 2 】

金属板 6 4 の表面に粒子 6 4 d が露出している場合、レジスト膜 6 5 a、6 5 b は、主相 6 4 c の表面だけでなく粒子 6 4 d にも接する。このため、レジスト膜 6 5 a、6 5 b が主相 6 4 c の表面にのみ接する場合に比べて、レジスト膜 6 5 a、6 5 b と金属板 6 4 との間の接触面積を増加させることができる。このことは、レジスト膜 6 5 a、6 5 b と

金属板 6 4 との間の密着力の向上に寄与できる。レジスト膜 6 5 a、6 5 b に対する粒子 6 4 d のアンカー効果も、レジスト膜 6 5 a、6 5 b と金属板 6 4 との間の密着力の向上に寄与できる。

【0083】

次に、図 8 に示すように、金属板 6 4 の第 1 面 6 4 a のうち第 1 レジスト膜 6 5 a によって覆われていない領域を、第 1 エッチング液 E 1 を用いてエッチングする第 1 面エッチング工程を実施する。例えば、第 1 エッチング液 E 1 を、金属板 6 4 の第 1 面 6 4 a に対面する側に配置されたノズルから金属板 6 4 の第 1 面 6 4 a に向けて噴射する。この結果、図 8 に示すように、金属板 6 4 のうちの第 1 レジスト膜 6 5 a によって覆われていない領域で、第 1 エッチング液 E 1 による浸食が進む。金属板 6 4 の第 1 面 6 4 a のうち第 1 レジスト膜 6 5 a によって覆われていない領域をエッチングすることにより、金属板 6 4 の第 1 面 6 4 a に多数の第 1 凹部 3 0 を形成できる。第 1 エッチング液 E 1 としては、例えば塩化第 2 鉄溶液及び塩酸を含むものを用いてもよい。

10

【0084】

その後、図 9 に示すように、後の第 2 面エッチング工程において用いられる第 2 エッチング液に対する耐性を有した樹脂 6 9 によって、第 1 凹部 3 0 を被覆する。例えば、第 2 エッチング液に対する耐性を有した樹脂 6 9 によって、第 1 凹部 3 0 を封止する。図 9 に示すように、樹脂 6 9 の膜は、第 1 凹部 3 0 に加えて第 1 面 6 4 a や第 1 レジストパターン 6 5 c を覆ってもよい。

【0085】

20

次に、図 1 0 に示すように、金属板 6 4 の第 2 面 6 4 b のうち第 2 レジスト膜 6 5 b によって覆われていない領域をエッチングすることによって第 2 面 6 4 b に第 2 凹部 3 5 を形成する第 2 面エッチング工程を実施する。例えば、第 2 エッチング液 E 2 を、金属板 6 4 の第 2 面 6 4 b に対面する側に配置されたノズルから金属板 6 4 の第 2 面 6 4 b に向けて噴射する。この結果、図 1 0 に示すように、金属板 6 4 のうちの第 2 レジスト膜 6 5 b によって覆われていない領域で、第 2 エッチング液 E 2 による浸食が進む。金属板 6 4 の第 2 面 6 4 b のうち第 2 レジスト膜 6 5 b によって覆われていない領域をエッチングすることにより、金属板 6 4 の第 2 面 6 4 b に多数の第 2 凹部 3 5 を形成できる。第 2 面エッチング工程は、第 1 凹部 3 0 と第 2 凹部 3 5 とが互いに通じ合い、これによって貫通孔 2 5 が形成されるようになるまで実施される。第 2 エッチング液 E 2 としては、例えば塩化第 2 鉄溶液及び塩酸を含むものを用いてもよい。

30

【0086】

次に、図 1 1 に示すように、金属板 6 4 から樹脂 6 9 を除去する。樹脂 6 9 は、例えばアルカリ系剥離液を用いることによって、除去できる。アルカリ系剥離液が用いられる場合、図 1 1 に示すように、樹脂 6 9 と同時にレジスト膜 6 5 a、6 5 b も除去されてもよい。樹脂 6 9 を除去した後、樹脂 6 9 を剥離させるための剥離液とは異なる剥離液を用いて、樹脂 6 9 とは別途にレジスト膜 6 5 a、6 5 b を除去してもよい。

【0087】

このようにして、金属板 6 4 に複数の貫通孔 2 5 を形成できる。以下の説明において、金属板 6 4 中の粒子 6 4 d の影響を受けることなく形成された貫通孔 2 5 のことを標準貫通孔とも称し、符号 2 5 A で表す。

40

【0088】

次に、金属板 6 4 中の粒子 6 4 d から受ける影響により、貫通孔 2 5 の寸法が標準貫通孔 2 5 A に比べて小さくなる場合について説明する。以下の蒸着マスク 2 0 の製造工程の説明において、上述の図 6 乃至図 1 1 に示す形態と同様に構成又は実施される部分については、重複する説明を省略することがある。

【0089】

図 1 2 は、複数の粒子 6 4 d を含む金属板 6 4 の一例を示す断面図である。図 1 2 に示す金属板 6 4 は、比較的小さな粒子、例えば 3 μ m 未満の円相当径を有する粒子に加えて、3 μ m 以上の円相当径を有する粒子を更に含む。以下の説明において、粒子 6 4 d の

50

うち3 μm 以上の円相当径を有するものを、特に符号64eで表すこともある。図12に示す例において、粒子64eは金属板64のバルク層に存在している。粒子64eは金属板64の表面層にも存在していてもよい。

【0090】

金属板64の第1面64a及び第2面64bにレジスト膜65a、65bを形成した後、図13に示すように、金属板64の第1面64aのうち第1レジスト膜65aによって覆われていない領域を、第1エッチング液E1を用いてエッチングする第1面エッチング工程を実施する。この結果、図13に示すように、金属板64のうちの第1レジスト膜65aによって覆われていない領域で、第1エッチング液E1による浸食が進む。図14は、第1エッチング液E1による浸食が更に進んだ状態を示す図である。

10

【0091】

第1面エッチング工程において、粒子64eが存在する場所までエッチングが進行すると、図13に示すように粒子64eが第1凹部30の壁面に露出する。図13に示す状態からエッチングが進行すると、壁面に露出していた粒子64eが金属板64から脱落することがある。この場合、第1凹部30の壁面のうち粒子64eが存在していた場所には窪み部が形成される。窪み部においては、その他の部分に比べて、金属板64の厚み方向においてエッチングがより深くまで進行する。この結果、図14の右側に示すように、金属板64の第1面64a側からのエッチングによって形成される第1凹部30が、第2面64bに到達することが考えられる。若しくは、図14の左側に示すように、金属板64の第1面64a側からのエッチングによって形成される第1凹部30が、第2面64bに到達はしないが第2面64bに近い位置まで到達することが考えられる。

20

【0092】

その後、図15に示すように、後の第2面エッチング工程において用いられる第2エッチング液に対する耐性を有した樹脂69によって、第1凹部30を被覆する。

【0093】

上述の図14の右側に示すように第1凹部30が第2面64bに到達している場合、図15の右側に示すように、樹脂69が金属板64を貫通して第2面64b側に達することが考えられる。この場合、図15の右側に示すように、第2面64b上において、第2レジスト膜65bの間の隙間に樹脂69の層が形成されるという現象、すなわち、第2面64bの一部が樹脂69の層によって覆われるという現象が生じるかもしれない。

30

【0094】

次に、図16に示すように、金属板64の第2面64bのうち第2レジスト膜65bによって覆われていない領域をエッチングすることによって第2面64bに第2凹部35を形成する第2面エッチング工程を実施する。この結果、図16に示すように、金属板64のうちの第2レジスト膜65bによって覆われていない領域で、第2エッチング液E2による浸食が進む。

【0095】

図16の右側に示すように、第2レジスト膜65bの間の隙間に樹脂69の層が形成されている場合、第2面64bのエッチングが樹脂69の層によって阻害される。このため、図16の右側に示すように、第2レジスト膜65bによっては覆われていないが全くエッチングされない部分が第2面64bに生じるかもしれない。若しくは、樹脂69の層によって第2面64bのエッチングが阻害されることにより、第2凹部35の寸法が標準貫通孔25Aの場合に比べて小さくなるかもしれない。

40

【0096】

図15の左側及び図16の左側に示すように、樹脂69が金属板64を貫通して第2面64b側に達していない場合であっても、第1凹部30の窪み部に樹脂69が余分に設けられている場合、樹脂69によって第2エッチング液E2の流れが阻害されることがある。この場合、第1凹部30と第2凹部35とが接続される接続部41の位置が、標準貫通孔25Aの場合に比べて第2面64b側に位置するかもしれない。

【0097】

50

次に、図 17 に示すように、金属板 64 から樹脂 69 及びレジスト膜 65a, 65b を除去する。このようにして、金属板 64 に複数の貫通孔 25 を形成できる。以下の説明において、金属板 64 中の粒子から受ける影響に起因して、標準貫通孔 25A に比べて小さい寸法を有する貫通孔 25 のことを縮小貫通孔とも称し、符号 25B 又は符号 25C で表す。

【0098】

図 17 の右側の例において、縮小貫通孔 25B の開口面積が最小になる貫通部 42 は、第 1 面エッチング工程が第 2 面 64b に到達することによって第 2 面 64b に形成される第 1 凹部 30 の輪郭によって構成される。このため、縮小貫通孔 25B の貫通部 42 の寸法 SB は、標準貫通孔 25A の貫通部 42 の寸法 SA に比べて著しく小さい。

10

【0099】

図 17 の左側の例において、縮小貫通孔 25C の開口面積が最小になる貫通部 42 は、第 1 凹部 30 と第 2 凹部 35 とが接続される接続部 41 によって構成される。図 17 の左側に示す縮小貫通孔 25C の接続部 41 の位置は、標準貫通孔 25A の場合に比べて第 2 面 64b 側に位置している。このため、縮小貫通孔 25C の貫通部 42 の寸法 SC は、標準貫通孔 25A の貫通部 42 の寸法 SA に比べて小さい。

【0100】

次に、金属板 64 中の粒子から受ける影響により、貫通孔 25 の寸法が標準貫通孔 25A に比べて大きくなる場合について説明する。以下の蒸着マスク 20 の製造工程の説明において、上述の図 6 乃至図 11 に示す形態と同様に構成又は実施される部分については、重複する説明を省略することがある。

20

【0101】

図 18 は、複数の粒子を含む金属板 64 の一例を示す断面図である。図 18 に示す金属板 64 は、図 6 に示す金属板 64 に比べて多くの粒子 64d を含む。図 18 に示す例においては、複数の粒子 64d の一部が互いに近接して存在している。

【0102】

金属板 64 の第 1 面 64a 及び第 2 面 64b にレジスト膜 65a、65b を形成した後、図 19 に示すように、金属板 64 の第 1 面 64a のうち第 1 レジスト膜 65a によって覆われていない領域を、第 1 エッチング液 E1 を用いてエッチングする第 1 面エッチング工程を実施する。この結果、図 19 に示すように、金属板 64 のうちの第 1 レジスト膜 65a によって覆われていない領域で、第 1 エッチング液 E1 による浸食が進む。図 20 は、第 1 エッチング液 E1 による浸食が更に進んだ状態を示す図である。図 20 の右側に示す例においては、壁面に露出していた粒子 64d が金属板 64 から脱落して第 1 凹部 30 の壁面に窪み部が形成されている。

30

【0103】

その後、図 21 に示すように、後の第 2 面エッチング工程において用いられる第 2 エッチング液に対する耐性を有した樹脂 69 によって、第 1 凹部 30 を被覆する。

【0104】

次に、図 22 に示すように、金属板 64 の第 2 面 64b のうち第 2 レジスト膜 65b によって覆われていない領域をエッチングすることによって第 2 面 64b に第 2 凹部 35 を形成する第 2 面エッチング工程を実施する。この結果、図 22 に示すように、金属板 64 のうちの第 2 レジスト膜 65b によって覆われていない領域で、第 2 エッチング液 E2 による浸食が進む。図 23 は、第 2 エッチング液 E2 による浸食が更に進んだ状態を示す図である。図 23 の左側に示す例においては、壁面に露出していた複数の粒子 64d が金属板 64 から脱落している。この結果、第 2 凹部 35 の壁面に、粒子 64d に対応する窪みが形成されている。

40

【0105】

次に、図 24 に示すように、金属板 64 から樹脂 69 及びレジスト膜 65a, 65b を除去する。このようにして、金属板 64 に複数の貫通孔 25 を形成できる。以下の説明において、金属板 64 中の粒子から受ける影響に起因して、標準貫通孔 25A に比べて大き

50

い寸法を有する貫通孔 2 5 のことを拡大貫通孔とも称し、符号 2 5 D 又は符号 2 5 E で表す。

【 0 1 0 6 】

図 2 4 の右側の例において拡大貫通孔 2 5 D の開口面積が最小になる貫通部 4 2 の一部は、第 1 凹部 3 0 と第 2 凹部 3 5 とが接続される接続部 4 1 ではなく、第 1 凹部 3 0 に形成された窪み部の輪郭によって構成される。このため、拡大貫通孔 2 5 D の貫通部 4 2 の寸法 S D は、標準貫通孔 2 5 A の貫通部 4 2 の寸法 S A に比べて大きい。

【 0 1 0 7 】

図 2 4 の左側の例において、第 2 エッチング液 E 2 による浸食は、第 2 凹部 3 5 のうち窪み部が形成された部分において、より深くまで進行する。このため、第 1 凹部 3 0 と第 2 凹部 3 5 とが接続される接続部 4 1 の一部は、標準貫通孔 2 5 A の場合に比べて、より第 1 面 6 4 a 側に位置している。この結果、拡大貫通孔 2 5 E の貫通部 4 2 の寸法 S E は、標準貫通孔 2 5 A の貫通部 4 2 の寸法 S A に比べて大きい。図 2 4 の左側の例においては、互いに近接して位置していた複数の粒子 6 4 d が脱落することによって形成された窪み部が、貫通孔 2 5 の貫通部 4 2 に影響を及ぼしている。このため、拡大貫通孔 2 5 E の貫通部 4 2 の寸法 S E は、拡大貫通孔 2 5 D の貫通部 4 2 の寸法 S D に比べて大きくなるかもしれない。

【 0 1 0 8 】

図 2 5 は、上述の複数のタイプの貫通孔 2 5 A ~ 2 5 E を第 1 面 6 4 a 側から見た場合を示す平面図である。縮小貫通孔 2 5 B , 2 5 C の寸法 S B , S C は、標準貫通孔 2 5 A の寸法 S A に比べて小さい。縮小貫通孔 2 5 B の寸法 S B は、縮小貫通孔 2 5 C の寸法 S C に比べて小さい。拡大貫通孔 2 5 D , 2 5 E の寸法 S D , S E は、標準貫通孔 2 5 A の寸法 S A に比べて大きい。拡大貫通孔 2 5 E の寸法 S E は、拡大貫通孔 2 5 D の寸法 S D に比べて大きい。

【 0 1 0 9 】

次に、金属板 6 4 中の粒子から受ける影響により、金属板 6 4 に貫通孔 2 5 が形成されない場合について説明する。以下の蒸着マスク 2 0 の製造工程の説明において、上述の図 6 乃至図 1 1 に示す形態と同様に構成又は実施される部分については、重複する説明を省略することがある。

【 0 1 1 0 】

図 5 4 は、複数の粒子 6 4 d を含む金属板 6 4 の一例を示す断面図である。図 5 4 に示す金属板 6 4 は、5 μ m 以上の円相当径を有する粒子を含む。以下の説明において、5 μ m 以上の円相当径を有する粒子 6 4 d を、符号 6 4 f で表すこともある。図 5 5 に示す例において、粒子 6 4 f は金属板 6 4 のバルク層に存在している。粒子 6 4 f は金属板 6 4 の表面層に存在していてもよい。

【 0 1 1 1 】

図 5 5 に示すように、第 1 レジスト膜 6 5 a によって覆われていない第 1 面 6 4 a の領域を、第 1 エッチング液 E 1 を用いてエッチングする。第 1 レジスト膜 6 5 a によって覆われていない領域において、第 1 エッチング液 E 1 による浸食が進む。これにより、第 1 面 6 4 a に第 1 凹部 3 0 が形成される。図 5 6 は、第 1 エッチング液 E 1 による浸食が更に進んだ状態を示す図である。

【 0 1 1 2 】

図 5 6 の左側に示す例においては、粒子 6 4 f が第 1 面 6 4 a の近くに位置する。この場合、粒子 6 4 f によって第 1 エッチング液 E 1 の流れが阻害される可能性がある。このため、図 5 6 に示すように、標準貫通孔 2 5 A の場合に比べて第 1 凹部 3 0 が小さい可能性がある。

【 0 1 1 3 】

その後、図 5 7 に示すように、樹脂 6 9 を用いて第 1 凹部 3 0 を被覆する。樹脂 6 9 が粒子 6 4 f に接触していてもよい。この場合、樹脂 6 9 の表面には、粒子 6 4 f に対応する窪みが形成される。

【 0 1 1 4 】

次に、図 5 8 に示すように、第 2 レジスト膜 6 5 b によって覆われていない第 2 面 6 4 b の領域を、第 2 エッチング液 E 2 を用いてエッチングする。第 2 レジスト膜 6 5 b によって覆われていない領域において、第 2 エッチング液 E 2 による浸食が進む。これにより、第 2 面 6 4 b に第 2 凹部 3 5 が形成される。

【 0 1 1 5 】

図 5 8 の左側に示す例においては、第 1 凹部 3 0 が小さいので、第 2 面 6 4 b のエッチングが第 1 凹部 3 0 まで到達しない可能性がある。すなわち、第 2 凹部 3 5 が第 1 凹部 3 0 に接続されない可能性がある。

【 0 1 1 6 】

図 5 8 の右側に示す例においては、粒子 6 4 f が金属板 6 4 及び樹脂 6 9 から脱落している。粒子 6 4 f が脱落すると、第 2 エッチング液 E 2 の流れが促進される可能性がある。このため、図 5 8 の右側の例においては、標準貫通孔 2 5 A の場合に比べて第 2 凹部 3 5 が大きい可能性がある。この場合、接続部 4 1 の位置が、標準貫通孔 2 5 A の場合に比べて第 1 面 6 4 a 側に位置する可能性がある。

【 0 1 1 7 】

次に、図 5 9 に示すように、金属板 6 4 から樹脂 6 9 及びレジスト膜 6 5 a , 6 5 b を除去する。図 5 8 の左側に示す例においては、第 2 凹部 3 5 が第 1 凹部 3 0 に接続されていないので、貫通孔 2 5 が存在しない。以下の説明において、第 1 凹部 3 0 と第 2 凹部 3 5 とが接続されていない部分のことを非貫通部分とも称する。

【 0 1 1 8 】

図 5 9 の右側に示す例において、貫通部 4 2 は、接続部 4 1 によって構成される。接続部 4 1 の位置は、標準貫通孔 2 5 A の場合に比べて第 1 面 6 4 a 側に位置している。このため、貫通孔 2 5 F の寸法 S F は、標準貫通孔 2 5 A の寸法 S A に比べて大きい。すなわち、図 5 9 の右側に示す例における貫通孔 2 5 F は、拡大貫通孔である。

【 0 1 1 9 】

上述のように、金属板 6 4 が 5 μ m 以上の円相当径を有する粒子を含む場合、非貫通部分又は拡大貫通孔が生じる可能性がある。図示はしないが、図 1 7 の右側の例と同様に、縮小貫通孔が生じる可能性もある。

5 μ m 以上の円相当径を有する粒子は、様々な不良の原因になる可能性がある。従って、5 μ m 以上の円相当径を有する 1 個の粒子が蒸着マスクの不良品を生じさせる確率は、3 μ m 以上の円相当径を有する 1 個の粒子が蒸着マスクの不良品を生じさせる確率よりも高い。

【 0 1 2 0 】

金属板 6 4 に含まれる粒子 6 4 d , 6 4 e , 6 4 f は、蒸着マスク 2 0 の貫通孔 2 5 の形状の精度に悪影響を及ぼす可能性がある。貫通孔 2 5 の寸法精度の低下は、金属板 6 4 の厚みが小さい場合に特に顕著になる可能性がある。なぜなら、金属板 6 4 の厚みに対する粒子 6 4 d , 6 4 e , 6 4 f の寸法の比率が大きいからである。

【 0 1 2 1 】

このような課題を解決するため、本実施の形態においては、金属板 6 4 として、以下の条件 (1) , (2) が満たされているものを用いることを提案する。サンプルは、金属板 6 4 から取り出される。

(1) サンプルの体積 1 mm³ あたりに含まれる、1 μ m 以上の円相当径を有する粒子の数が、50 個以上 3000 個以下である。

(2) サンプルの体積 1 mm³ あたりに含まれる、3 μ m 以上の円相当径を有する粒子の数が 50 個以下である。

【 0 1 2 2 】

上述の図 1 8 ~ 図 2 4 に示すように、金属板 6 4 に含まれる粒子 6 4 d の数が増えると、第 1 凹部 3 0 の壁面及び / 又は第 2 凹部 3 5 の壁面に、粒子 6 4 d の脱落に起因する窪み部が形成され易くなる。この結果、貫通孔 2 5 の寸法が設計値からずれやすくなる。

例えば、標準貫通孔 2 5 A よりも大きい寸法を有する拡大貫通孔 2 5 D , 2 5 E が形成され易くなる。これに対して、上述の条件 (1) のように、サンプルの体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $1 \mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数の上限を 3 0 0 0 個に定めることにより、後述する実施例によって支持されるように、貫通孔 2 5 の寸法が設計値からずれることを抑制できる。特に、貫通孔 2 5 の寸法が設計値よりも大きくなることを抑制できる。

【 0 1 2 3 】

一方、金属板 6 4 の表面に露出している粒子は、上述のとおり、レジスト膜 6 5 a、6 5 b と金属板 6 4 との間の密着力の向上に寄与してもよい。このため、上述の条件 (1) のように、サンプルの体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $1 \mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数の下限を 5 0 個に定めることにより、エッチング工程などの蒸着マスク 2 0 の製造工程の間にレジストパターン 6 5 c , 6 5 d のレジスト膜 6 5 a , 6 5 b が金属板 6 4 から剥離してしまうことを抑制できる。

【 0 1 2 4 】

表示装置の画素密度が高くなるほど、蒸着マスク 2 0 の貫通孔 2 5 の配列周期が短くなり、レジストパターン 6 5 c , 6 5 d のレジスト膜 6 5 a , 6 5 b の幅などの寸法が小さくなる。一方、レジスト膜 6 5 a , 6 5 b は、レジスト膜 6 5 a , 6 5 b の幅などの寸法が小さく、このためレジスト膜 6 5 a , 6 5 b の面積が小さいほど、蒸着マスク 2 0 の製造工程の間に金属板 6 4 から剥離し易い。本実施の形態によれば、レジスト膜 6 5 a、6 5 b と金属板 6 4 との間の密着力を向上させることができるので、寸法の小さいレジスト膜 6 5 a , 6 5 b を採用し易くなる。このため、蒸着マスク 2 0 の貫通孔 2 5 の配列周期を短くし易くなり、高い画素密度を有する表示装置を作製できる。

【 0 1 2 5 】

上述の図 1 2 ~ 図 1 7 に示すように、金属板 6 4 に含まれる粒子 6 4 e の寸法が大きくなると、第 1 面エッチング工程によって第 1 面 6 4 a に形成される第 1 凹部 3 0 が第 2 面 6 4 b にまで到達したり、第 1 凹部 3 0 に設けられる樹脂 6 9 が第 2 面 6 4 b の近傍まで到達したりすることが考えられる。この場合、第 2 面 6 4 b 側から実施される第 2 面エッチング工程が、樹脂 6 9 によって阻害されるかもしれない。これにより、例えば、標準貫通孔 2 5 A よりも小さい寸法を有する縮小貫通孔 2 5 B , 2 5 C が形成され易くなる。これに対して、上述の条件 (2) のように、サンプルの体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $3 \mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数の上限を 5 0 個に定めることにより、後述する実施例によって支持されるように、貫通孔 2 5 の寸法が設計値からずれることを抑制できる。特に、貫通孔 2 5 の寸法が設計値よりも小さくなることを抑制できる。

【 0 1 2 6 】

上述のように、粒子 6 4 d , 6 4 e に起因する悪影響は、金属板 6 4 の厚みが薄いほど出やすい。ここで、本開示の実施形態を用いることにより、実施例によって支持されるように、 $30 \mu\text{m}$ 以下や $20 \mu\text{m}$ 以下の厚みを有する、比較的に薄い金属板 6 4 を用いる場合であっても、所望の寸法精度を有する貫通孔 2 5 を備えた蒸着マスク 2 0 を作製することが可能になる。

【 0 1 2 7 】

金属板 6 4 として、以下の条件 (3) が満たされているものを用いてもよい。

(3) サンプルの体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $1 \mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数が 1 0 0 0 個以下である。

金属板 6 4 が条件 (3) を満たすことにより、金属板 6 4 において複数の粒子 6 4 d が互いに近接して存在することを抑制できる。これにより、1 つの第 1 凹部 3 0 の壁面又は 1 つの第 2 凹部 3 5 の壁面において複数の粒子 6 4 d が脱落することを抑制できる。このことにより、より大きな体積の窪み部、例えば複数の粒子 6 4 d の体積に相当する窪み部が第 1 凹部 3 0 の壁面又は第 2 凹部 3 5 の壁面に形成されてしまうことを抑制できる。このため、貫通孔 2 5 の寸法が設計値からずれることを抑制できる。特に、貫通孔 2 5 の寸法が設計値よりも大きくなることを抑制できる。

【 0 1 2 8 】

条件 (1) 及び (3) においては、サンプルの体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $1 \mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数の上限の値の例及び下限の値の例について説明したが、その他の上限の値や下限の値を採用することも可能である。サンプルの体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $1 \mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数は、例えば、50 以上であってもよく、100 以上であってもよく、200 以上であってもよく、300 以上であってもよい。サンプルの体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $1 \mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数は、例えば、3000 以下であってもよく、2000 以下であってもよく、1000 以下であってもよく、500 以下であってもよい。

【 0 1 2 9 】

サンプルの体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $1 \mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数は、例えば、50 個以上であってもよく、100 個以上であってもよく、200 個以上であってもよく、300 個以上であってもよい。サンプルの体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $1 \mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数は、例えば、500 個以下であってもよく、1000 個以下であってもよく、2000 個以下であってもよく、3000 個以下であってもよい。サンプルの体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $1 \mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数の範囲は、50 個、100 個、200 個及び 300 個からなる第 1 グループ、及び / 又は、500 個、1000 個、2000 個及び 3000 個からなる第 2 グループによって定められてもよい。サンプルの体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $1 \mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数の範囲は、上述の第 1 グループに含まれる値のうちの任意の 1 つと、上述の第 2 グループに含まれる値のうちの任意の 1 つとの組み合わせによって定められてもよい。サンプルの体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $1 \mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数の範囲は、上述の第 1 グループに含まれる値のうちの任意の 2 つの組み合わせによって定められてもよい。サンプルの体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $1 \mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数の範囲は、上述の第 2 グループに含まれる値のうちの任意の 2 つの組み合わせによって定められてもよい。例えば、50 個以上 3000 個以下であってもよく、50 個以上 2000 個以下であってもよく、50 個以上 1000 個以下であってもよく、50 個以上 500 個以下であってもよく、50 個以上 300 個以下であってもよく、50 個以上 200 個以下であってもよく、50 個以上 100 個以下であってもよく、100 個以上 3000 個以下であってもよく、100 個以上 2000 個以下であってもよく、100 個以上 1000 個以下であってもよく、100 個以上 500 個以下であってもよく、100 個以上 300 個以下であってもよく、100 個以上 200 個以下であってもよく、200 個以上 3000 個以下であってもよく、200 個以上 2000 個以下であってもよく、200 個以上 1000 個以下であってもよく、200 個以上 500 個以下であってもよく、200 個以上 300 個以下であってもよく、300 個以上 3000 個以下であってもよく、300 個以上 2000 個以下であってもよく、300 個以上 1000 個以下であってもよく、300 個以上 500 個以下であってもよく、500 個以上 3000 個以下であってもよく、500 個以上 2000 個以下であってもよく、500 個以上 1000 個以下であってもよく、1000 個以上 3000 個以下であってもよく、1000 個以上 2000 個以下であってもよく、2000 個以上 3000 個以下であってもよい。

【 0 1 3 0 】

金属板 6 4 として、以下の条件 (4) が満たされているものを用いてもよい。

(4) サンプルの体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $3 \mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数が 20 個以下である。

金属板 6 4 が条件 (4) を満たすことにより、第 1 面エッチング工程によって第 1 面 6 4 a に形成される第 1 凹部 3 0 が第 2 面 6 4 b にまで到達したり、第 1 凹部 3 0 に設けられる樹脂 6 9 が第 2 面 6 4 b の近傍まで到達したりすることを更に抑制できる。これにより、第 2 面 6 4 b 側から実施される第 2 面エッチング工程が、樹脂 6 9 によって阻害されてしまうことを抑制できる。このことにより、縮小貫通孔 2 5 B , 2 5 C が形成されてしまうことを更に抑制できる。

【0131】

条件(2)及び(4)においては、サンプルの体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $3\text{ }\mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数の上限の値の例について説明したが、その他の上限の値を採用することも可能である。サンプルの体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $3\text{ }\mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数は、例えば、50個以下であってもよく、40個以下であってもよく、30個以下であってもよく、20個以下であってもよく、15個以下であってもよく、10個以下であってもよく、5個以下であってもよい。

【0132】

金属板64として、以下の条件(5)が満たされているものを用いてもよい。

(5) サンプルの体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $5\text{ }\mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数が20個以下である。

金属板64が条件(5)を満たすことにより、例えば、エッチング液の流れが粒子によって阻害されることを抑制できる。これにより、非貫通部分が生じることを抑制できる。

【0133】

サンプルの体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $5\text{ }\mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数は、例えば、15個以下であってもよく、10個以下であってもよく、5個以下であってもよく、2個以下であってもよい。例えば、金属板64として、以下の条件(6)が満たされているものを用いてもよい。

(6) サンプルの体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $5\text{ }\mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数が2個以下である。

【0134】

金属板64として、以下の条件(7)が満たされているものを用いてもよい。

(7) サンプルの体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数がゼロである。

$10\text{ }\mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する1個の粒子が蒸着マスクの不良品を生じさせる確率は、 $5\text{ }\mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する1個の粒子が蒸着マスクの不良品を生じさせる確率よりも高い。金属板64が条件(7)を満たすことにより、不良品が生じる確率を低減できる。

【0135】

上述の条件(1)～(7)は、蒸着マスクに加工された後の状態における金属板64の構成を表していてもよい。又は、上述の条件(1)～(7)は、蒸着マスクに加工される前の状態における金属板64の構成を表していてもよい。金属板64は、上述の条件(1)～(7)の1つ又は2つ以上が満たされるサンプルを取り出すことができるサンプリング部分を含む。サンプリング部分は、金属板64の第1面64a及び第2面64bを含む。すなわち、サンプリング部分は、第1面64aから第2面64bまで金属板64の厚み方向に広がっている。

【0136】

本実施の形態においては、金属板64のバルク層に存在する粒子が蒸着マスク20の貫通孔25の形状の精度に悪影響を及ぼすことを抑制することを、解決すべき課題の1つとしている。このような課題を解決するためには、バルク層を含む、金属板64の厚み方向の全域に存在する粒子の数及び寸法を適切に測定することが求められる。以下、金属板64に存在する粒子を測定する方法について説明する。

【0137】

まず、母材又は金属板64から所定の体積を有するサンプルを取り出す第1サンプリング工程を実施する。例えば図26に示すように、巻き体から巻き出された金属板64を金属板64の厚み方向に切断して、平面視において正形状を有するサンプル81を得る。正形状のサンプル81の一辺の長さK1は、例えば 60 mm である。サンプル81は、金属板64の第1面64a及び第2面64bを含む。従って、サンプル81は、金属板64の上述の表面層及びバルク層を含んでいる。金属板64からサンプル81を切り出すための器具としては、例えばハサミを用いてもよい。

【0138】

続いて、サンプル81からサンプル片81aを切り出す第2サンプリング工程を実施する。例えば図27に示すように、サンプル81を打ち抜くことにより、複数の、例えば3個のサンプル片81aを得る。サンプル片81aは例えば、平面視において、直径K2の円形状を有する。直径K2は、例えば20mmである。サンプル片81aは、金属板64の第1面64a及び第2面64bを含む。従って、サンプル片81aは、金属板64の上述の表面層及びバルク層を含んでいる。サンプル81からサンプル片81aを再現よく精度よく切り出すための器具としては、例えばパンチング装置を用いてもよい。

【0139】

続いて、サンプル片81aを洗浄するサンプル洗浄工程を実施する。これにより、第1サンプリング工程や第2サンプリング工程に起因してサンプル片81aに付着している異物を除去できる。洗浄方法としては、サンプル片81aを純水に浸漬させた状態で純水に超音波を付与する超音波洗浄を採用できる。

【0140】

続いて、サンプル81から粒子を抽出する粒子抽出工程を実施する。例えば、まず、サンプル81から取り出されたサンプル片81aを水溶液に溶解させるサンプル溶解工程を実施する。例えば、図28に示すように、100mlの水溶液83が収容された容器82の中に3個のサンプル片81aを投入し、サンプル片81aを水溶液83に溶解させる。水溶液83としては、鉄合金は溶け易いが粒子は溶け難い溶液を用いる。例えば、水溶液83として、硝酸を含む水溶液100mlを用いる。これにより、サンプルに含まれる、硝酸に対する難溶性を有する粒子を、鉄合金から分離できる。水溶液83の温度は、例えば50℃である。水溶液83は、例えば、60重量%の濃度で硝酸を含む原液と、原液と同一の体積を有する純水とを混合することによって作製される。

【0141】

サンプル溶解工程の時間は、例えば30分である。はじめの15分は、水溶液83を手などで揺動させながら実施し、次の15分は、水溶液83を静置した状態で実施してもよい。サンプル溶解工程は、30分以上にわたって実施されてもよい。

【0142】

続いて、サンプル片81aが溶解した水溶液83から吸引濾過装置を用いて粒子を取り出す濾過工程を実施する。吸引濾過装置は、濾紙と、濾紙の下流側の空間を減圧する減圧部と、を有する。濾紙は、酸への耐性を有する材料から構成されており、例えばテフロンから構成されている。濾紙は、1μm以上の粒子を少なくとも通過させないよう構成されている。例えば、濾紙の粗さ、すなわちポアサイズは0.45μmである。このため、図29に示すように、少なくとも1μm以上の寸法を有する粒子64d、64eは、濾紙84の上に残る。

【0143】

濾過工程においては、まず、サンプル片81aが溶解した水溶液83を、濾紙84上に載置されている筒状部材を介して容器82から濾紙84の上に注ぐ。続いて、容器82を濯ぐ濯ぎ工程を3回実施する。濯ぎ工程においては、まず、空になった容器82の中に100mlの純水を入れ、続いて、純水を容器82から筒状部材を介して濾紙84の上に注ぐ。その後、ポンプなどの減圧部を用いて、濾紙の下流側の空間を減圧する。

【0144】

続いて、濾紙84上の粒子64d、64eを乾燥させる粒子乾燥工程を実施する。具体的には、上述の筒状部材を濾紙84から取り外した後、ラップフィルムで濾紙84を上から覆った状態で、ポンプなどの減圧部を用いて濾紙の下側の空間を減圧し続ける。濾紙84の上方にラップフィルムなどのカバーを、濾紙84には接しないように配置することにより、濾紙84上の粒子64d、64eを乾燥させる間に環境雰囲気中の異物が濾紙84に付着することを抑制できる。粒子乾燥工程の時間は特に限られないが、例えば4時間以上6時間以下である。

【0145】

続いて、濾紙 8 4 上の粒子 6 4 d , 6 4 e を走査型電子顕微鏡（以下、S E Mとも称する）で観察するための準備工程を実施する。まず、濾紙 8 4 の周囲部分を台座にカーボンテープなどで固定する。続いて、S E Mでの観察の際の導電性を確保するため、濾紙 8 4 上に白金の膜をスパッタリングにより形成する。スパッタリングの時間は例えば 1 0 秒である。続いて、必要に応じて台座に治具を装着した後、台座を S E Mに装着する。

【 0 1 4 6 】

続いて、S E Mを用いて濾紙 8 4 上の粒子 6 4 d を観察する観察工程を実施する。観察工程においては、まず、S E Mの観察条件を調整する観察条件調整工程を実施する。S E Mによって得られた画像から粒子 6 4 d を識別するための識別条件を調整する識別条件調整工程を実施する。濾紙 8 4 の観察範囲を設定する観察範囲設定工程を実施する。

10

【 0 1 4 7 】

S E Mとしては、日本電子製の J S M 7 8 0 0 F P R I M E を用いてもよい。S E Mの設定などは以下の通りである。

検出器：反射電子検出器 L V B E D - C

観察倍率：1 0 0 0 倍

加速電圧：1 5 k V

ワーキングディスタンス：1 0 m m

照射電流：1 5

【 0 1 4 8 】

観察条件調整工程について、図 3 0 及び図 3 1 を参照して説明する。観察条件調整工程においては、粒子 6 4 d が濾紙 8 4 の繊維に比べて目立つよう、S E Mのコントラスト及び／又は輝度を調整する。図 3 0 は、S E Mのコントラスト及び／又は輝度を調整する前の状態で得られた S E Mの画像の一例である。図 3 1 は、S E Mのコントラスト及び／又は輝度を調整した後の状態で得られた S E Mの画像の一例である。観察条件調整工程においては、S E Mの画像を確認しながら、S E Mのコントラストを、3 0 0 0 以上 4 0 0 0 以下の範囲内の適切な値に調整し、S E Mの輝度を、2 0 0 以上 4 0 0 以下の範囲内の適切な値に調整する。この際、濾紙 8 4 の繊維の一部も視認される程度に S E Mのコントラスト及び／又は輝度を調整する。これにより、複数の粒子 6 4 d のうちの一部が画像から消えてしまうことを抑制できる。

20

【 0 1 4 9 】

識別条件調整工程について、図 3 2 及び図 3 3 を参照して説明する。S E Mによって得られた画像から粒子を識別するための解析手段としては、エネルギー分散型 X 線分光装置（以下、E D X 装置とも称する）に付帯している粒子自動分析ソフト P a r t i c l e P h a z e A n a l y s i s バージョン 6 . 5 3 を用いてもよい。E D X 装置としては、アメテック社製 E D X 装置 O c t a n e E l e c t を用いてもよい。

30

【 0 1 5 0 】

識別条件調整工程においては、粒子解析ソフトを用いて、S E Mの画像中の粒子 6 4 d を識別する。具体的には、まず、粒子自動分析ソフトにおける輝度の閾値を調整する。続いて、粒子自動分析ソフトが、画像中において閾値以上の輝度を有し、且つ 0 . 8 μ m 以上の最大寸法を有する物体を、粒子 6 4 d として認定する。

40

【 0 1 5 1 】

図 3 2 は、粒子自動分析ソフトの輝度の閾値を調整する前の状態における画像の一例である。図 3 3 は、粒子自動分析ソフトの輝度の閾値を調整した後の状態における画像の一例である。粒子自動分析ソフトの輝度の閾値は、0 以上 2 5 5 以下の範囲内で調整可能である。識別条件調整工程においては、画像を確認しながら、粒子自動分析ソフトの輝度の閾値を、例えば 1 2 0 に調整する。この際、濾紙 8 4 の繊維の一部も視認される程度に S E Mのコントラスト及び／又は輝度を調整する。これにより、複数の粒子 6 4 d のうちの一部が画像から消えてしまうことを抑制できる。

【 0 1 5 2 】

観察範囲設定工程について、図 3 4 を参照して説明する。図 3 4 において、符号 8 5 が

50

付された枠は、SEMを用いた1回の観察で取得できる画像85の領域を表す。観察範囲設定工程においては、図34に示すように、第1観察方向A1において並ぶ15個の画像85を取得し、第1観察方向A1に直交する第2観察方向A2において並ぶ10個の画像85を取得するよう、観察範囲86を設定する。複数の画像85によって構成される観察範囲86は、図34に示すように濾紙84の中央部分を含んでいてもよく、含んでいなくてもよい。図34に示す例において、1枚の濾紙84に対して取得される画像85の数は150個である。1枚の濾紙84に対して2力所以上の観察範囲86で画像85を取得してもよい。例えば、濾紙84の中央部分を含む観察範囲86において150個の画像85を取得し、濾紙84の端部分を含む観察範囲86において150個の画像85を取得してもよい。これにより、濾紙84の中央部分と濾紙84の端部分との間で、検出される粒子64dの数に差があるか否かを確認できる。

10

【0153】

粒子自動分析ソフトの設定は下記の通りである。

画像の画素数：1024（第1観察方向A1）×800（第2観察方向A2）

時定数：1.92μs

プリセット（1個の粒子あたりの分析時間）：1秒

スキャンモード：コア50%

画像境界の粒子の扱い：粒子として認識する

濾紙84上の第1観察方向A1における画像85の寸法K4は114μmであり、濾紙84上の第2観察方向A2における画像85の寸法K5は89μmである。

20

【0154】

図34に示すように、第1観察方向A1において隣り合う2つの画像85の間には隙間を設ける。第1観察方向A1において隣り合う2つの画像85の間の隙間の寸法K6は、寸法K4の1/10である。同様に、第2観察方向A2において隣り合う2つの画像85の間には隙間を設ける。第2観察方向A2において隣り合う2つの画像85の間の隙間の寸法K7は、寸法K5の1/10である。これにより、1つの粒子64dが複数の画像85において重複して検出されることを抑制できる。

【0155】

上述の観察条件調整工程、識別条件調整工程、及び観察範囲設定工程を実施した後、SEMを用いて濾紙84上の観察範囲86を観察することにより、観察範囲86に位置し、0.8μm以上の最大寸法を有する粒子64dを検出できる。

30

【0156】

続いて、検出された複数の粒子64dを分析する分析工程を実施する。具体的には、粒子64dの主成分を分析する組成分析工程を実施する。また、粒子64dの円相当径を算出する径算出工程を実施する。また、分析工程の結果及び組成分析工程の結果に基づいて、所定の成分を含み、且つ1μm以上の円相当径を有する粒子64dを抽出する抽出工程を実施する。

【0157】

組成分析工程について、図35を参照して説明する。組成分析工程においては、図35に示すように、粒子64dにおける複数の分析点87において、エネルギー分散型X線分光法（以下、EDX法とも称する）を用いた組成分析を実施する。組成分析は、検出された全ての粒子64dに対して実施する。EDX法を実施するEDX装置としては、上述のアメテック社製EDX装置OctaneElectを用いてもよい。1つの粒子64dにおける複数の分析点87の組成分析を同時に実施することが可能である。上述のスキャンモードを「コア50%」に設定した場合、複数の分析点87は、1つの粒子64dの面積の50%にわたって分布するように決定される。上述のプリセットを「1秒」に設定した場合、1つの粒子64dの組成分析に要する時間は1秒である。複数の分析点87における組成分析のデータの平均値が、1つの粒子64dにおける組成のデータとして採用される。組成分析を実施することにより、粒子64dを構成する主成分やその他の成分に関する情報を得ることができる。

40

50

【0158】

径算出工程について、図35を参照して説明する。図35に示す粒子64dは、上述の閾値以上、例えば120以上の輝度を有する画素の集合体である。径算出工程においては、まず、粒子64dが現れている画素の数 P_n を算出する。続いて、画素の数 P_n に画素の面積 P_s を掛けることにより、平面視における粒子64dの面積 D_s を算出する。

$$D_s = P_n \times P_s$$

続いて、粒子64dが平面視において真円形状を有すると仮定して、粒子64dの面積 D_s から粒子64dの直径を算出する。このようにして算出された直径が、粒子64dの円相当径 D_{a1} である。

$$D_{a1} = 2 \times (D_s / \pi)^{0.5}$$

10

円相当径の算出は、検出された全ての粒子64dに対して実施する。

【0159】

径算出工程においては、1つの粒子64dが2つ以上の粒子64dとして誤認識され、円相当径 D_{a1} が算出されることがある。そのような誤ったデータが存在するか否かを人が確認することが好ましい。誤ったデータが存在している場合、誤認識された粒子64dに関して、人が改めて手動で円相当径 D_{a1} の算出及び組成の分析を行うことが好ましい。例えば、2つ以上の粒子64dとして分析された組成分析の結果における複数の分析点87の成分を全て加算し、その後、各成分の重量%の合計値が100になるように手動で補正する。

【0160】

20

抽出工程について説明する。抽出工程においては、まず、検出された粒子64dのうち、炭素及びフッ素の含有量が80重量%以上である粒子64dを除外する第1除外工程を実施する。これにより、濾紙84に起因する物体が粒子64dとして認定されることを抑制できる。「除外」とは、上述の条件(1)、(2)などの条件が満たされているか否かを判定する際の対象から外すことを意味する。

【0161】

続いて、第1除外工程によって除外されなかった複数の粒子64dのうち、鉄の含有量が10重量%以上である粒子64dを除外する第2除外工程を実施する。続いて、第1除外工程及び第2除外工程によって除外されなかった複数の粒子64dのうち、鉄の含有量が、アルミニウム、マグネシウム、シリコン、燐、硫黄、クロム及びジルコニウムの含有量の合計よりも大きい粒子64dを除外する第3除外工程を実施する。続いて、第1除外工程、第2除外工程及び第3除外工程によって除外されなかった複数の粒子64dのうち、1 μ m未満の円相当径を有する粒子64dを除外する第4除外工程を実施する。その後、除外されずに残った粒子64dに関して、個数、円相当径、成分などの情報を整理する。

30

【0162】

鉄の含有量が10重量%以上である粒子64dが100個以上存在する場合、若しくは、鉄の含有量が10重量%以上である粒子64dの数の、全体の粒子64dの数に対する比率が50%以上である場合、上述のサンプル溶解工程においてサンプルが十分に溶解していなかったことが予想される。この場合、金属板64に存在する粒子を測定する方法を、上述の第1サンプリング工程からやり直すことが好ましい。

40

【0163】

続いて、抽出工程において得られた、1 μ m以上の円相当径を有する粒子64dの個数 Z_1 に関する情報に基づいて、サンプル81の体積1 mm^3 あたりに含まれる粒子64dの個数 Z_2 を算出する換算工程を実施する。換算工程においては、サンプル81の体積1 mm^3 あたりに含まれる、1 μ m以上の円相当径を有する粒子64dの個数 Z_2 を、以下の式(1)に基づいて算出する。

$$Z_2 = Z_1 \times (\text{濾紙84の有効面積} / \text{SEMの観察範囲の面積}) \times (1 / \text{溶解体積})$$

$$\text{濾紙84の有効面積} = (R / 2)^2 \times \pi$$

$$\text{SEMの観察範囲の面積} = \text{画像85の面積} \times \text{画像85の個数}$$

50

溶解体積 = $(K2/2)^2 \times \pi \times \text{金属板64の厚み} \times \text{サンプル片81aの枚数}$

【0164】

Rは、濾過工程において濾紙84上に載置されていた筒状部材の直径である。Rが15mmの場合、濾紙84の有効面積は176.715mm²である。

第1観察方向A1における画像85の寸法K4が114μmであり、第2観察方向A2における画像85の寸法K5が89μmであり、SEMの観察範囲86における画像85の個数が150である場合、SEMの観察範囲の面積は1.5219mm²である。

金属板64の厚みが20μmであり、サンプル片81aの直径K2が20mmであり、サンプル片81aの枚数が3枚である場合、溶解体積は18.850mm³である。

【0165】

このようにして、1μm以上の円相当径を有する粒子64dに関して、サンプル81の体積1mm³あたりに含まれる粒子64dの個数Z2、円相当径、成分などの情報を得ることができる。

【0166】

次に、少なくとも上述の条件(1)、(2)を満たす金属板64を製造する方法について説明する。本実施の形態においては、金属板が、ニッケルを含む鉄合金の圧延材からなる例について説明する。圧延材におけるニッケル及びコバルトの含有量は、合計で30質量%以上且つ38質量%以下である。

【0167】

まず、少なくともニッケルを含む鉄合金を有する母材を準備する準備工程を実施する。本実施の形態において、母材とは、圧延されることによって上述の金属板64となる部材のことである。準備工程は、第1溶解工程を少なくとも有する。

【0168】

まず、鉄及びニッケル並びにその他の原材料を準備する。例えば、原材料全体に対する鉄の比率及びニッケルの比率がそれぞれ約64重量%及び約36重量%となるよう、各原材料を準備する。続いて、各原材料を必要に応じて粉碎した後、各原材料を溶解炉にて溶解する第1溶解工程を実施する。第1溶解工程は、例えば真空溶解を含む。真空溶解は、真空雰囲気において原材料を溶解することによって、溶解金属を得る方法である。例えば、アーク放電などの気体放電を利用して原材料を真空雰囲気において溶解してもよい。真空雰囲気に設置された誘導炉で原材料を溶解してもよい。真空雰囲気は、例えば1Pa以下であり、0.1Pa以下であってもよい。その後、溶解金属を凝固させて第1インゴットを得る。

【0169】

溶解時の温度は、原材料に応じて設定するが、例えば1500以上である。第1溶解工程は、アルミニウム、マンガン、シリコンなどの添加剤を溶解炉に投入する工程を含んでもよい。添加剤は、脱酸、脱水、脱窒素などの機能を実現してもよい。溶解工程は、大気圧よりも低い低圧状態で、アルゴンガスなどの不活性ガスの雰囲気下で実施してもよい。添加剤は、酸素などと反応することによって化合物を形成する。このような化合物が、上述の粒子を構成する可能性がある。従って、添加剤の量を調整することによって、金属板に含まれる粒子の量又は寸法を調整できる。例えば、添加剤の量を減らすことによって、金属板に含まれる粒子の量を低減できる。若しくは、添加剤の量を減らすことによって、金属板に含まれる粒子の円相当径を低減できる。

【0170】

図36は、溶解炉から取り出した第1インゴット64iの表面及びその周囲を拡大して示す断面図である。図36に示すように、第1インゴット64iの表面及びその周囲には、アルミニウムなどの添加剤を含む粒子64dが存在しやすい。理由としては、粒子64dの比重が溶解金属の比重よりも小さいことが考えられる。しかしながら、表面及びその周囲に粒子64dが存在しやすい理由は、上記の理由には限られない。

【0171】

第1溶解工程の時間は、粒子64dが表面又はその周囲まで移動できるように設定され

10

20

30

40

50

ることが好ましい。

【0172】

粒子64dを除去するため、第1溶解工程の後、図37に示すように、第1インゴット64iの表面部分64sを除去する第1表面処理工程を実施してもよい。符号X1は、除去される表面部分64sの厚みを表す。表面部分64sを除去することにより、金属板64に含まれる粒子64dの個数及び密度を低減できる。また、スケールなどの酸化物の被膜を除去できる。後述するように、金属板64の表面部分64uを除去する金属板表面処理工程によっても、金属板64に含まれる粒子64dの個数及び密度を低減できる。

【0173】

表面部分64sが除去される前の第1インゴット64iの厚みX2は、例えば、100mm以上でもよく、150mm以上でもよく、200mm以上でもよい。厚みX2は、例えば、300mm以下でもよく、400mm以下でもよく、500mm以下でもよい。厚みX2の範囲は、100mm、150mm及び200mmからなる第1グループ、及び/又は、300mm、400mm及び500mmからなる第2グループによって定められてもよい。厚みX2の範囲は、上述の第1グループに含まれる値のうちの任意の1つと、上述の第2グループに含まれる値のうちの任意の1つとの組み合わせによって定められてもよい。厚みX2の範囲は、上述の第1グループに含まれる値のうちの任意の2つの組み合わせによって定められてもよい。厚みX2の範囲は、上述の第2グループに含まれる値のうちの任意の2つの組み合わせによって定められてもよい。例えば、100mm以上500mm以下でもよく、100mm以上400mm以下でもよく、100mm以上300mm以下でもよく、100mm以上200mm以下でもよく、100mm以上150mm以下でもよく、150mm以上500mm以下でもよく、150mm以上400mm以下でもよく、150mm以上300mm以下でもよく、150mm以上200mm以下でもよく、200mm以上500mm以下でもよく、200mm以上400mm以下でもよく、200mm以上300mm以下でもよく、300mm以上500mm以下でもよく、300mm以上400mm以下でもよく、400mm以上500mm以下でもよい。

【0174】

除去される表面部分64sの厚みX1は、例えば、5mm以上でもよく、10mm以上でもよく、12mm以上でもよく、15mm以上でもよい。厚みX1は、例えば、20mm以下でもよく、25mm以下でもよく、30mm以下でもよく、40mm以下でもよい。厚みX1の範囲は、5mm、10mm、12mm及び15mmからなる第1グループ、及び/又は、20mm、25mm、30mm及び40mmからなる第2グループによって定められてもよい。厚みX1の範囲は、上述の第1グループに含まれる値のうちの任意の1つと、上述の第2グループに含まれる値のうちの任意の1つとの組み合わせによって定められてもよい。厚みX1の範囲は、上述の第1グループに含まれる値のうちの任意の2つの組み合わせによって定められてもよい。厚みX1の範囲は、上述の第2グループに含まれる値のうちの任意の2つの組み合わせによって定められてもよい。例えば、5mm以上40mm以下でもよく、5mm以上30mm以下でもよく、5mm以上25mm以下でもよく、5mm以上20mm以下でもよく、5mm以上15mm以下でもよく、5mm以上12mm以下でもよく、5mm以上10mm以下でもよく、10mm以上40mm以下でもよく、10mm以上30mm以下でもよく、10mm以上25mm以下でもよく、10mm以上20mm以下でもよく、10mm以上15mm以下でもよく、10mm以上12mm以下でもよく、12mm以上40mm以下でもよく、12mm以上30mm以下でもよく、12mm以上25mm以下でもよく、12mm以上20mm以下でもよく、12mm以上15mm以下でもよく、15mm以上40mm以下でもよく、15mm以上30mm以下でもよく、15mm以上25mm以下でもよく、15mm以上20mm以下でもよく、20mm以上40mm以下でもよく、20mm以上30mm以下でもよく、20mm以上25mm以下でもよく、25mm以上40mm以下でもよく、25mm以上30mm以下でもよく、30mm以上40mm以下でもよい。

【0175】

厚み X_1 が5 mm以上であることにより、金属板64に含まれる粒子64dの個数及び密度を低減できる。範囲 X_1 が大きいほど、粒子64dの個数は減少する。一方、範囲 X_1 が大きいほど、得られる金属板64の量が減少する。範囲 X_1 が40 mm以下であることにより、金属板64の製造コストの増加を抑制できる。

【0176】

表面部分64sの厚み X_1 は、表面部分64sが除去される前の第1インゴット64iの厚み X_2 に対する比率に基づいて定められてもよい。 X_1/X_2 は、例えば、0.01以上でもよく、0.02以上でもよく、0.03以上でもよく、0.05以上でもよい。 X_1/X_2 は、例えば、0.10以下でもよく、0.15以下でもよく、0.20以下でもよく、0.30以下でもよい。 X_1/X_2 の範囲は、0.01、0.02、0.03及び0.05からなる第1グループ、及び/又は、0.10、0.15、0.20及び0.30からなる第2グループによって定められてもよい。 X_1/X_2 の範囲は、上述の第1グループに含まれる値のうちの任意の1つと、上述の第2グループに含まれる値のうちの任意の1つとの組み合わせによって定められてもよい。 X_1/X_2 の範囲は、上述の第1グループに含まれる値のうちの任意の2つの組み合わせによって定められてもよい。 X_1/X_2 の範囲は、上述の第2グループに含まれる値のうちの任意の2つの組み合わせによって定められてもよい。例えば、0.01以上0.30以下でもよく、0.01以上0.20以下でもよく、0.01以上0.15以下でもよく、0.01以上0.10以下でもよく、0.01以上0.05以下でもよく、0.01以上0.03以下でもよく、0.01以上0.02以下でもよく、0.02以上0.30以下でもよく、0.02以上0.20以下でもよく、0.02以上0.15以下でもよく、0.02以上0.10以下でもよく、0.02以上0.05以下でもよく、0.02以上0.03以下でもよく、0.03以上0.30以下でもよく、0.03以上0.20以下でもよく、0.03以上0.15以下でもよく、0.03以上0.10以下でもよく、0.03以上0.05以下でもよく、0.05以上0.30以下でもよく、0.05以上0.20以下でもよく、0.05以上0.15以下でもよく、0.05以上0.10以下でもよく、0.10以上0.30以下でもよく、0.10以上0.20以下でもよく、0.10以上0.15以下でもよく、0.15以上0.30以下でもよく、0.15以上0.20以下でもよく、0.20以上0.30以下でもよい。

【0177】

大きい円相当径を有する粒子64dは、小さい円相当径を有する粒子64dよりも金属板64の表面の近傍に存在しやすい可能性がある。理由としては、粒子64dの円相当径が大きいほど、溶解工程中に上方に向かう粒子64dの移動速度が大きくなることが考えられる。しかしながら、大きい円相当径を有する粒子64dが表面に存在しやすい理由は、上記の理由には限られない。

【0178】

大きい円相当径を有する粒子64dが表面に存在しやすい場合、表面部分64sを除去する工程は、特に、大きい円相当径を有する粒子64dの個数及び密度を低減することに寄与できる。このため、表面部分64sの厚み X_1 を調整することにより、金属板64に含まれる粒子64dの第1比率、第2比率及び第3比率を調整できる可能性がある。同様に、後述する表面部分64uの厚み X_3 を調整することによっても、金属板64に含まれる粒子64dの第1比率、第2比率及び第3比率を調整できる可能性がある。第1比率とは、1 μm 以上の円相当径を有する粒子の合計数量に対する、第1数量の比率である。第1数量とは、サンプル81の体積1 mm^3 あたりに含まれる、1 μm 以上3 μm 未満の円相当径を有する粒子の数量である。第2比率とは、1 μm 以上の円相当径を有する粒子の合計数量に対する、第2数量の比率である。第2数量とは、サンプル81の体積1 mm^3 あたりに含まれる、3 μm 以上5 μm 未満の円相当径を有する粒子の数量である。第3比率とは、1 μm 以上の円相当径を有する粒子の合計数量に対する、第3数量の比率である。第3数量とは、サンプル81の体積1 mm^3 あたりに含まれる、5 μm 以上の円相当径を有する粒子の数量である。合計数量とは、サンプル81の体積1 mm^3 あたりに含まれる、

1 μm 以上の円相当径を有する粒子の数である。表面部分 6 4 s , 6 4 u を除去する工程によって、第 2 比率及び第 3 比率を低減できる可能性がある。

【 0 1 7 9 】

一方、後述する実施例に示すように、小さい合計数量、例えば 1 0 0 個未満の合計数量を示す金属板の第 2 比率、第 3 比率が、大きい合計数量、例えば 1 0 0 個以上の合計数量を示す金属板の第 2 比率、第 3 比率よりも高い可能性がある。言い換えると、小さい合計数量を示す金属板の第 1 比率が、大きい合計数量を示す金属板の第 1 比率よりも低い可能性がある。例えば、図 4 8 に示す第 7 マスク及び第 8 マスクの結果を参照してほしい。

小さい合計数量は、範囲 X 1 を大きくすることによって実現されていると仮定する。実施例の結果は、範囲 X 1 がある値を超えると、範囲 X 1 が大きくなるにつれて第 1 比率が低下するという現象が生じる可能性を示唆している。言い換えると、第 1 比率の低下は、インゴット又は金属板を過剰に除去していることを示唆している可能性がある。第 1 比率は、有用な指標の 1 つになる可能性がある。

【 0 1 8 0 】

金属板の第 1 比率は、例えば、7 0 % 以上でもよく、8 0 % 以上でもよく、9 0 % 以上でもよい。金属板の第 1 比率は、例えば、9 5 % 以下でもよく、9 8 % 以下でもよく、1 0 0 % 以下でもよい。金属板の第 1 比率の範囲は、7 0 %、8 0 % 及び 9 0 % からなる第 1 グループ、及び / 又は、9 5 %、9 8 % 及び 1 0 0 % からなる第 2 グループによって定められてもよい。金属板の第 1 比率の範囲は、上述の第 1 グループに含まれる値のうちの任意の 1 つと、上述の第 2 グループに含まれる値のうちの任意の 1 つとの組み合わせによって定められてもよい。金属板の第 1 比率の範囲は、上述の第 1 グループに含まれる値のうちの任意の 2 つの組み合わせによって定められてもよい。金属板の第 1 比率の範囲は、上述の第 2 グループに含まれる値のうちの任意の 2 つの組み合わせによって定められてもよい。例えば、7 0 % 以上 1 0 0 % 以下でもよく、7 0 % 以上 9 8 % 以下でもよく、7 0 % 以上 9 5 % 以下でもよく、7 0 % 以上 9 0 % 以下でもよく、7 0 % 以上 8 0 % 以下でもよく、8 0 % 以上 1 0 0 % 以下でもよく、8 0 % 以上 9 8 % 以下でもよく、8 0 % 以上 9 5 % 以下でもよく、8 0 % 以上 9 0 % 以下でもよく、9 0 % 以上 1 0 0 % 以下でもよく、9 0 % 以上 9 8 % 以下でもよく、9 0 % 以上 9 5 % 以下でもよく、9 5 % 以上 1 0 0 % 以下でもよく、9 5 % 以上 9 8 % 以下でもよく、9 8 % 以上 1 0 0 % 以下でもよい。

【 0 1 8 1 】

表面部分 6 4 s を除去するための具体的な方法は特には限られないが、砥石車を回転させて第 1 インゴット 6 4 i の表面を削る、いわゆるグラインディング法や、第 1 インゴット 6 4 i を切削具に押し込んで第 1 インゴット 6 4 i の表面を削る、いわゆる押し込み法などを採用できる。第 1 インゴット 6 4 i の表面に表面処理液を接触させることによって表面部分 6 4 s を除去してもよい。表面処理液は、例えば、硫酸溶液、硫酸過水溶液などの酸性の溶液である。硫酸過水溶液は、硫酸及び過酸化水素を含む溶液である。第 1 表面処理工程は、第 1 インゴット 6 4 i の表面を削る処理、及び、第 1 インゴット 6 4 i の表面に表面処理液を接触させる処理のいずれか一方のみを含んでいてもよく、両方を含んでいてもよい。第 1 表面処理工程は、第 1 インゴット 6 4 i の厚みが均一になるように実施されてもよい。

【 0 1 8 2 】

続いて、表面部分が除去されたインゴットを再び溶解炉で溶解させる工程を所定の回数にわたって繰り返し実施してもよい。例えば、第 1 インゴットを溶解炉で溶解して第 2 インゴットを得る第 2 溶解工程を更に実施してもよい。また、第 2 インゴットを溶解炉で溶解して第 3 インゴットを得る第 3 溶解工程更に実施してもよい。溶解工程を 4 回以上繰り返してもよい。また、溶解工程の間に、インゴットの表面部分を除去する表面処理工程を実施してもよい。例えば、第 2 溶解工程の後、第 2 インゴットの表面部分を除去する第 2 表面処理工程を実施してもよい。第 3 溶解工程の後、第 3 インゴットの表面部分を除去する第 3 表面処理工程を実施してもよい。溶解工程及び表面処理工程を繰り返し実施することにより、金属板 6 4 に含まれる粒子 6 4 d の個数及び密度を更に低減できる。

【0183】

溶解工程及び表面処理工程の回数を調整することによって、金属板に含まれる粒子の量又は寸法を調整できる。例えば、溶解工程及び表面処理工程の回数を増やすことによって、金属板に含まれる粒子の量を低減できる。若しくは、溶解工程及び表面処理工程の回数を増やすことによって、金属板に含まれる粒子の円相当径を低減できる。

【0184】

第2表面処理工程及び第3表面処理工程においてインゴットから除去される表面部分の厚みは、第1表面処理工程の場合と同一であってもよく、異なってもよい。第2表面処理工程において除去される表面部分の厚みの数値範囲は、上述の厚み×1の数値範囲と同一であってもよく、異なってもよい。第3表面処理工程において除去される表面部分の厚みの数値範囲は、上述の厚み×1の数値範囲と同一であってもよく、異なってもよい。

10

【0185】

第1表面処理工程、第2表面処理工程、第3表面処理工程などの、インゴットの表面部分を除去する工程のことを、「母材表面処理工程」とも称する。

【0186】

第2溶解工程、第3溶解工程及びその後の溶解工程における溶解方法は、第1溶解工程における溶解方法と同一であってもよく、異なってもよい。例えば、真空アーク溶解、エレクトロスラグ溶解などを採用できる。第2溶解工程、第3溶解工程は、真空雰囲気

20

【0187】

溶解工程における雰囲気圧力を低くするほど、溶解工程中に上方に向かう粒子64dの移動速度が大きくなる可能性がある。従って、雰囲気圧力を調整することによって、金属板に含まれる粒子の量又は寸法を調整できる可能性がある。例えば、雰囲気圧力を低くすることによって、金属板に含まれる粒子の量を低減できる。若しくは、雰囲気圧力を低くすることによって、金属板に含まれる粒子の円相当径を低減できる。

【0188】

第2溶解工程、第3溶解工程及びその後の溶解工程の時間も、粒子64dが表面又はその周囲まで移動できるように設定されることが好ましい。

【0189】

30

続いて、図38に示すように、溶解工程及び母材表面処理工程によって得られたインゴットから構成された母材60を圧延する圧延工程を実施する。例えば、一对の圧延ロール（ワークロール）66a, 66bを含む圧延装置66に向けて、矢印D1で示す方向に引張張力を加えながら搬送する。一对の圧延ロール66a, 66bの間に到達した母材60は、一对の圧延ロール66a, 66bによって圧延され、この結果、母材60は、その厚みが低減されるとともに、搬送方向に沿って伸ばされる。これによって、方向D1に延び、所定の厚みを有する金属板64を得ることができる。以下の説明において、金属板64が延びる方向D1のことを、長手方向D1とも称する。圧延によって金属板64を作製する場合、金属板64の表面には、長手方向D1に延びる圧延筋が形成される。図38に示すように、金属板64をコア61に巻き取ることによって巻き体62を形成してもよい。

40

【0190】

図38は、圧延工程の概略を示すものに過ぎず、圧延工程を実施するための具体的な構成や手順が特に限られることはない。例えば圧延工程は、母材60を構成する鉄合金の結晶配列を変化させる温度以上の温度で母材を加工する熱間圧延工程や、鉄合金の結晶配列を変化させる温度以下の温度で母材を加工する冷間圧延工程を含んでいてもよい。また、一对の圧延ロール66a, 66bの間に母材60や金属板64を通過させる際の向きが一方方向に限られることはない。例えば、図38において、紙面左側から右側への向き、および紙面右側から左側への向きで繰り返し母材60や金属板64を一对の圧延ロール66a, 66bの間に通過させることにより、母材60や金属板64を徐々に圧延してもよい。

【0191】

50

圧延工程においては、金属板 6 4 の形状を調整するために圧延アクチュエータの圧力を調整してもよい。また、圧延ロール（ワークロール）6 6 a , 6 6 b に加えてバックアップロールの形状を適宜調整してもよい。

【 0 1 9 2 】

冷間圧延工程においては、母材 6 0 と圧延ロール 6 6 a , 6 6 b との間に灯油などのクーラントを供給してもよい。これにより、母材の温度を制御できる。

【 0 1 9 3 】

圧延工程の前後、又は圧延工程の間に母材 6 0 又は金属板 6 4 の品質や特性を分析する分析工程を実施してもよい。例えば、蛍光 X 線を母材 6 0 又は金属板 6 4 に照射して組成を分析してもよい。熱機械分析（TMA:Thermomechanical Analysis）によって母材 6 0 又は金属板 6 4 の熱伸縮率を測定してもよい。

【 0 1 9 4 】

圧延工程の前、又は熱間圧延工程と冷間圧延工程との間に、金属板 6 4 の表面部分を除去する金属板表面処理工程を実施してもよい。これによって、金属板 6 4 に含まれる粒子 6 4 d の個数及び密度を低減できる。また、スケールなどの酸化物の被膜を除去できる。金属板表面処理工程は、圧延工程の前、及び熱間圧延工程と冷間圧延工程との間の両方において実施されてもよい。

【 0 1 9 5 】

図 6 0 は、表面部分 6 4 u が除去される前の金属板 6 4 の表面及びその周囲を拡大して示す断面図である。図 6 1 は、表面部分 6 4 u が除去された後の金属板 6 4 の表面及びその周囲を拡大して示す断面図である。符号 X 3 は、除去される表面部分 6 4 u の厚みを表す。符号 X 4 は、表面部分 6 4 u が除去される前の金属板 6 4 の厚みを表す。表面部分 6 4 u を除去するための具体的な方法は特に限られないが、例えば、金属板 6 4 の表面に表面処理液を接触させることによって表面部分 6 4 u を除去できる。表面処理液は、母材表面処理工程の場合と同様に、例えば、硫酸溶液、硫酸過水溶液などの酸性の溶液である。金属板表面処理工程が圧延工程の前に実施される場合、母材表面処理工程の場合と同様に、金属板 6 4 の表面を削ることによって表面部分 6 4 u を除去してもよい。金属板表面処理工程は、金属板 6 4 の表面に表面処理液を接触させる処理、及び、金属板 6 4 の表面を削る処理のいずれか一方のみを含んでいてもよく、両方を含んでいてもよい。

【 0 1 9 6 】

金属板表面処理工程によって除去される表面部分 6 4 u の厚み X 3 は、例えば、5 μ m 以上でもよく、10 μ m 以上でもよく、15 μ m 以上でもよく、20 μ m 以上でもよい。厚み X 3 は、例えば、30 μ m 以下でもよく、50 μ m 以下でもよく、70 μ m 以下でもよく、100 μ m 以下でもよい。厚み X 3 の範囲は、5 μ m、10 μ m、15 μ m 及び 20 μ m からなる第 1 グループ、及び / 又は、30 μ m、50 μ m、70 μ m 及び 100 μ m からなる第 2 グループによって定められてもよい。厚み X 3 の範囲は、上述の第 1 グループに含まれる値のうちの任意の 1 つと、上述の第 2 グループに含まれる値のうちの任意の 1 つとの組み合わせによって定められてもよい。厚み X 3 の範囲は、上述の第 1 グループに含まれる値のうちの任意の 2 つの組み合わせによって定められてもよい。厚み X 3 の範囲は、上述の第 2 グループに含まれる値のうちの任意の 2 つの組み合わせによって定められてもよい。例えば、5 μ m 以上 100 μ m 以下でもよく、5 μ m 以上 70 μ m 以下でもよく、5 μ m 以上 50 μ m 以下でもよく、5 μ m 以上 30 μ m 以下でもよく、5 μ m 以上 20 μ m 以下でもよく、5 μ m 以上 15 μ m 以下でもよく、5 μ m 以上 10 μ m 以下でもよく、10 μ m 以上 100 μ m 以下でもよく、10 μ m 以上 70 μ m 以下でもよく、10 μ m 以上 50 μ m 以下でもよく、10 μ m 以上 30 μ m 以下でもよく、10 μ m 以上 20 μ m 以下でもよく、10 μ m 以上 15 μ m 以下でもよく、15 μ m 以上 100 μ m 以下でもよく、15 μ m 以上 70 μ m 以下でもよく、15 μ m 以上 50 μ m 以下でもよく、15 μ m 以上 30 μ m 以下でもよく、15 μ m 以上 20 μ m 以下でもよく、20 μ m 以上 100 μ m 以下でもよく、20 μ m 以上 70 μ m 以下でもよく、20 μ m 以上 50 μ m 以下でもよく、20 μ m 以上 30 μ m 以下でもよく、30 μ m 以上 100 μ m 以下でもよく、

30 μm 以上70 μm 以下でもよく、30 μm 以上50 μm 以下でもよく、50 μm 以上100 μm 以下でもよく、50 μm 以上70 μm 以下でもよく、70 μm 以上100 μm 以下でもよい。

【0197】

表面部分64uの厚みX3は、表面部分64uが除去される前の金属板64の厚みX4に対する比率に基づいて定められてもよい。X3/X4は、例えば、0.01以上でもよく、0.02以上でもよく、0.03以上でもよく、0.05以上でもよい。X3/X4は、例えば、0.10以下でもよく、0.15以下でもよく、0.20以下でもよく、0.30以下でもよい。X3/X4の範囲は、0.01、0.02、0.03及び0.05からなる第1グループ、及び/又は、0.10、0.15、0.20及び0.30からなる第2グループによって定められてもよい。X3/X4の範囲は、上述の第1グループに含まれる値のうちの任意の1つと、上述の第2グループに含まれる値のうちの任意の1つとの組み合わせによって定められてもよい。X3/X4の範囲は、上述の第1グループに含まれる値のうちの任意の2つの組み合わせによって定められてもよい。X3/X4の範囲は、上述の第2グループに含まれる値のうちの任意の2つの組み合わせによって定められてもよい。例えば、0.01以上0.30以下でもよく、0.01以上0.20以下でもよく、0.01以上0.15以下でもよく、0.01以上0.10以下でもよく、0.01以上0.05以下でもよく、0.01以上0.03以下でもよく、0.01以上0.02以下でもよく、0.02以上0.30以下でもよく、0.02以上0.20以下でもよく、0.02以上0.15以下でもよく、0.02以上0.10以下でもよく、0.02以上0.05以下でもよく、0.02以上0.03以下でもよく、0.03以上0.30以下でもよく、0.03以上0.20以下でもよく、0.03以上0.15以下でもよく、0.03以上0.10以下でもよく、0.03以上0.05以下でもよく、0.05以上0.30以下でもよく、0.05以上0.20以下でもよく、0.05以上0.15以下でもよく、0.05以上0.10以下でもよく、0.10以上0.30以下でもよく、0.10以上0.20以下でもよく、0.10以上0.15以下でもよく、0.15以上0.30以下でもよく、0.15以上0.20以下でもよく、0.20以上0.30以下でもよい。

【0198】

表面処理液を用いる場合、除去される表面部分64uの厚みX3は、上述の厚みよりも小さくてもよい。例えば、厚みX3は、0.5 μm 以上でもよく、1.0 μm 以上でもよく、2.0 μm 以上でもよく、3.0 μm 以上でもよい。母材の表面に表面処理液を接触させる処理の場合も、除去される表面部分64sの厚みX1は、上述の厚みよりも小さくてもよい。例えば、厚みX1は、0.5 μm 以上でもよく、1.0 μm 以上でもよく、2.0 μm 以上でもよく、3.0 μm 以上でもよい。

【0199】

その後、圧延によって金属板64内に蓄積された残留応力を取り除くため、図39に示すように、アニール装置67を用いて金属板64をアニールしてもよい。アニール工程は、図39に示すように、金属板64を搬送方向(長手方向)に引っ張りながら実施されてもよい。すなわち、アニール工程は、いわゆるバッチ式の焼鈍ではなく、搬送しながらの連続焼鈍として実施されてもよい。この場合、金属板64に座屈折れなどの変形が生じることを抑制するように温度や搬送速度を設定することが好ましい。アニール工程を実施することにより、残留歪がある程度除去された金属板64を得ることができる。図39においては、アニール工程の際に金属板64を水平方向に搬送する例を示しているが、これに限られることはなく、アニール工程の際に金属板64を、垂直方向などのその他の方向に搬送してもよい。

【0200】

その後、金属板64の幅が所定の範囲内になるよう、圧延工程によって得られた金属板64の幅方向における両端をそれぞれ所定の範囲にわたって切り落とすスリット工程を実施してもよい。このスリット工程は、圧延に起因して金属板64の両端に生じ得るクラッ

クを除去するために実施される。このようなスリット工程を実施することにより、金属板 6 4 が破断してしまう現象、いわゆる板切れが、クラックを起点として生じてしまうことを防ぐことができる。

【0201】

スリット工程において切り落とされる部分の幅は、スリット工程後の金属板 6 4 の形状が、幅方向において左右対称になるように調整されてもよい。スリット工程を、上述のアニール工程の前に実施してもよい。

【0202】

上述の圧延工程、アニール工程及びスリット工程のうちの少なくとも 2 つの工程を複数回繰り返すことによって、所定の厚みの長尺状の金属板 6 4 を作製してもよい。

10

【0203】

圧延工程、アニール工程又はスリット工程の後に、金属板 6 4 に含まれる粒子 6 4 d の密度及び寸法を検査する検査工程を実施してもよい。検査工程においては、上述の観察工程及び分析工程を実施することにより、サンプル 8 1 の体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子 6 4 d の個数 Z_2 、円相当径、成分などの情報を得る。

【0204】

続いて、サンプル 8 1 が取り出された金属板 6 4 が良品か否かを判定する判定工程を実施してもよい。例えば、上述の条件 (1)、(2) が満たされている場合に、サンプル 8 1 が取り出された金属板 6 4 を良品と判定する。

20

【0205】

判定工程においては、上述の条件 (1)、(2) に加えて、上述の条件 (3)、(4) などを更に満たす金属板 6 4 を、良品と判定してもよい。判定工程において、上述の条件 (1) ~ (4) は任意に組み合わせられてもよい。例えば、判定条件 (1) ~ (4) を全て満たす金属板 6 4 を良品と判定してもよく、判定条件 (1) ~ (4) の一部のみを満たす金属板 6 4 を良品と判定してもよい。組み合わせの例を以下に示す。

例 1 : 条件 (1) を満たす金属板 6 4 を良品と判定する。

例 2 : 条件 (2) を満たす金属板 6 4 を良品と判定する。

例 3 : 条件 (1)、(3) を満たす金属板 6 4 を良品と判定する。

例 4 : 条件 (2)、(4) を満たす金属板 6 4 を良品と判定する。

30

例 5 : 条件 (1)、(2) を満たす金属板 6 4 を良品と判定する。

例 6 : 条件 (1)、(2)、(3) を満たす金属板 6 4 を良品と判定する。

例 7 : 条件 (1)、(2)、(4) を満たす金属板 6 4 を良品と判定する。

例 8 : 条件 (1)、(2)、(3)、(4) を満たす金属板 6 4 を良品と判定する。

【0206】

判定工程においては、上述の例 1 ~ 例 8 に示す条件に加えて、上述の条件 (5)、(6)、(7) などを更に満たす金属板 6 4 を、良品と判定してもよい。例えば、上述の例 1 ~ 例 8 に示す条件に加えて、上述の条件 (5) を更に満たす金属板 6 4 を、良品と判定してもよい。例えば、上述の例 1 ~ 例 8 に示す条件に加えて、上述の条件 (6) を更に満たす金属板 6 4 を、良品と判定してもよい。例えば、上述の例 1 ~ 例 8 に示す条件に加えて、上述の条件 (5)、(7) を更に満たす金属板 6 4 を、良品と判定してもよい。例えば、上述の例 1 ~ 例 8 に示す条件に加えて、上述の条件 (6)、(7) を更に満たす金属板 6 4 を、良品と判定してもよい。下記の例 1 A ~ 例 1 D は、上述の例 1 に示す条件に加えて、上述の条件 (5)、(6)、(7) の 1 つ又は 2 つを更に満たす金属板 6 4 を、良品と判定する例である。

40

例 1 A : 条件 (1)、(5) を満たす金属板 6 4 を良品と判定する。

例 1 B : 条件 (1)、(6) を満たす金属板 6 4 を良品と判定する。

例 1 C : 条件 (1)、(5)、(7) を満たす金属板 6 4 を良品と判定する。

例 1 D : 条件 (1)、(6)、(7) を満たす金属板 6 4 を良品と判定する。

【0207】

50

上述の説明においては、粒子 6 4 d の個数、寸法、成分などに基づいて金属板 6 4 を検査する検査工程を、金属板 6 4 の良否を判定するために、すなわち金属板 6 4 の選別のために実施する例を示した。すなわち、検査工程が、金属板 6 4 の製造方法において金属板 6 4 を選別する選別工程として機能する例を示した。しかしながら、検査工程は、金属板 6 4 の製造方法における金属板 6 4 の選別以外の目的で用いられてもよい。

【 0 2 0 8 】

検査工程を金属板 6 4 の製造方法における金属板 6 4 の選別以外の目的で用いる例について説明する。例えば、粒子 6 4 d の個数、寸法、成分などに基づく金属板 6 4 の検査は、原材料を溶解炉にて溶解する溶解工程や表面処理工程などの母材を作製する工程の条件、若しくは、圧延工程、金属板表面処理工程、アニール工程などの金属板 6 4 を製造する工程の条件を最適化するために利用されてもよい。

10

【 0 2 0 9 】

例えば、まず、様々な条件で金属板 6 4 を製造し、金属板 6 4 から取り出されたサンプル 8 1 に含まれる粒子 6 4 d の個数及び寸法を算出する。また、金属板 6 4 の製造条件と、得られた金属板 6 4 から取り出されたサンプル 8 1 に含まれる粒子 6 4 d の個数及び寸法とを照らし合わせる。これによって、上述の判定条件を満たす金属板 6 4 を高い確率で製造するための条件を見出すことができる。このように、粒子 6 4 d の個数及び寸法に基づく金属板 6 4 の検査は、適切な製造条件を見出すために利用されてもよい。この場合、実際の製造工程において得られた金属板 6 4 の全てに対して、粒子 6 4 d の個数及び寸法を算出する検査工程を実施する必要はない。例えば、一部の金属板 6 4 に対してのみ検査工程を実施してもよい。若しくは、製造条件がいったん設定された後は、粒子 6 4 d の個数及び寸法を算出する検査工程が全く実施されなくてもよい。

20

【 0 2 1 0 】

(外観検査工程)

圧延工程の後、若しくはアニール工程の後、金属板 6 4 の外観を検査する外観検査工程を実施してもよい。外観検査工程は、自動検査機を用いて金属板 6 4 の外観を検査する工程を含んでいてもよい。外観検査工程は、目視で金属板 6 4 の外観を検査する工程を含んでいてもよい。

【 0 2 1 1 】

(形状検査工程)

圧延工程の後、若しくはアニール工程の後、金属板 6 4 の形状を検査する形状検査工程を実施してもよい。例えば、3次元測定器を用いて、厚み方向における金属板 6 4 の表面の位置を金属板 6 4 の所定の領域内で測定してもよい。

30

【 0 2 1 2 】

次に、上述の判定条件を満たす金属板 6 4 を用いて蒸着マスク 2 0 を製造する方法について、主に図 4 0 ~ 図 4 3 を参照して説明する。図 4 0 は、金属板 6 4 を用いて蒸着マスク 2 0 を製造する製造装置 7 0 を示す図である。まず、長手方向 D 1 に延びる金属板 6 4 を準備する。金属板 6 4 は、例えば、金属板 6 4 を上述のコア 6 1 に巻き取った巻き体 6 2 の状態で準備される。続いて、金属板 6 4 を図 4 0 に示すレジスト膜形成装置 7 1、露光・現像装置 7 2、エッチング装置 7 3 及び分離装置 7 4 へ順次搬送する。図 4 0 においては、金属板 6 4 がその長手方向 D 1 に搬送されることによって装置の間を移動する例が示されているが、これに限られることはない。所定の装置において金属板 6 4 を巻き取った後、巻き体の状態の金属板 6 4 を下流側の装置に供給してもよい。

40

【 0 2 1 3 】

レジスト膜形成装置 7 1 は、金属板 6 4 の表面にレジスト膜を設ける。露光・現像装置 7 2 は、レジスト膜に露光処理及び現像処理を施すことにより、レジスト膜をパターンニングしてレジストパターンを形成する。

【 0 2 1 4 】

エッチング装置 7 3 は、レジストパターンをマスクとして金属板 6 4 をエッチングすることによって金属板 6 4 に貫通孔 2 5 を形成する。本実施の形態においては、複数枚の蒸

50

着マスク20に対応する多数の貫通孔25を金属板64に形成する。言い換えると、金属板64に複数枚の蒸着マスク20を割り付ける。例えば、金属板64の幅方向D2に複数の有効領域22が並び、且つ、金属板64の長手方向D1に複数の蒸着マスク20用の有効領域22が並ぶよう、金属板64に多数の貫通孔25を形成する。

【0215】

分離装置74は、金属板64のうち1枚分の蒸着マスク20に対応する複数の貫通孔25が形成された部分を金属板64から分離する分離工程を実施する。このようにして、枚葉状の蒸着マスク20を得ることができる。

【0216】

蒸着マスク20の製造工程においては、まず、レジスト膜形成装置71を用いて金属板64の表面にレジスト膜を設ける。続いて、露光・現像装置72を用いて、レジスト膜65a, 65bを露光及び現像する。これにより、図41に示すように、金属板64の第1面64a上に第1レジストパターン65cを形成し、金属板64の第2面64b上に第2レジストパターン65dを形成できる。

【0217】

続いて、エッチング装置73を用いて、レジストパターン65c, 65dをマスクとして金属板64をエッチングする。まず、図42に示すように、金属板64の第1面64aのうち第1レジストパターン65cによって覆われていない領域を、第1エッチング液を用いてエッチングすることによって第1凹部30を形成する。次に、第1凹部30を樹脂69で覆う。その後、図43に示すように、金属板64の第2面64bのうち第2レジストパターン65dによって覆われていない領域をエッチングすることによって第2面64bに第2凹部35を形成する。その後、金属板64から樹脂69及びレジストパターン65c, 65dを除去する。

【0218】

その後、金属板64に割り付けられた複数の蒸着マスク20を1つ1つ取り出す。例えば、金属板64のうち1枚分の蒸着マスク20に対応する複数の貫通孔25が形成された部分を金属板64のその他の部分から分離する。これにより、蒸着マスク20を得ることができる。

【0219】

続いて、金属板64に形成された貫通孔25の面積の基準値からのずれが所定の許容値以下であるか否かを検査する検査工程を実施する。基準値及び許容値は、蒸着マスク20を用いて製造する表示装置の画素密度や、貫通孔25の寸法の平均値などに応じて設定される。例えば、WQHD(ワイドクアッドハイデフィニション)の表示装置を製造するために用いられる蒸着マスク20の場合、許容値は、 $5\mu\text{m}^2$ 以上且つ $400\mu\text{m}^2$ 以下の範囲内の所定値である。貫通孔25の円相当径の平均値が $30\mu\text{m} \pm 3\mu\text{m}$ である蒸着マスク20の場合、許容値は、 $5\mu\text{m}^2$ 以上且つ $150\mu\text{m}^2$ 以下の範囲内の所定値である。貫通孔の検査工程においては、面積の基準値からのずれが許容値を超える貫通孔25が1つでも蒸着マスク20に含まれる場合、当該蒸着マスク20を不良品として排除する。

【0220】

貫通孔25の面積を測定する方法としては、貫通孔25を透過した光を用いるという方法を採用できる。具体的には、金属板64の法線方向に沿って平行光を蒸着マスク20の第1面20a又は第2面20bの一方に入射させ、貫通孔25を透過させて第1面20a又は第2面20bの他方から出射させる。そして、出射した光が金属板64の面方向において占める領域の面積を、貫通孔25の面積として測定する。この場合、貫通孔25の開口面積が最小になる貫通部42の、平面視における輪郭が、蒸着マスク20から出射した光が金属板64の面方向において占める領域の面積を決定する。

【0221】

貫通孔25を形成するために金属板64をエッチングするエッチング工程の間に、金属板64中の粒子64d, 64eの脱落が生じると、上述の図25に示すように、標準貫通孔25Aよりも小さい縮小貫通孔25B, 25Cや、標準貫通孔25Aよりも大きい拡大

10

20

30

40

50

貫通孔 2 5 D , 2 5 E が形成されるかもしれない。この結果、貫通部 4 2 の寸法が部分的に、標準貫通孔 2 5 A の寸法 S A よりも小さい寸法 S B , S C や、寸法 S A よりも大きい S D , S E になるかもしれない。このような寸法のずれが、貫通孔 2 5 の面積の基準値からのずれを生じさせる。

【 0 2 2 2 】

ここで本実施の形態においては、上述の条件 (1) , (2) を満たす金属板 6 4 を用いることにより、粒子 6 4 d , 6 4 e の脱落に起因して縮小貫通孔 2 5 B , 2 5 C や拡大貫通孔 2 5 D , 2 5 E が形成されることを抑制できる。これにより、貫通孔 2 5 の面積が基準値からずれてしまうことを抑制できる。

【 0 2 2 3 】

貫通孔の検査工程においては、上述のような、貫通孔 2 5 の面積の絶対値の評価に加えて、若しくは貫通孔 2 5 の面積の絶対値の評価に替えて、貫通孔 2 5 の面積の相対値の評価を実施してもよい。例えば、ある 1 つの貫通孔 2 5 の面積を S 1 とし、その貫通孔 2 5 を取り囲む複数の貫通孔 2 5 の面積の平均値を S 2 とする場合に、 $(S 1 - S 2) / S 2$ の絶対値が所定の閾値以下であるか否かを評価してもよい。この場合の閾値も、蒸着マスク 2 0 を用いて製造する表示装置の画素密度や、貫通孔 2 5 の寸法の平均値などに応じて適切に設定される。

本実施の形態においては、上述の条件 (1) , (2) を満たす金属板 6 4 を用いることにより、 $(S 1 - S 2) / S 2$ の絶対値が所定の閾値を超えてしまうことを抑制できる。

【 0 2 2 4 】

上述の条件 (1) , (2) を満たす金属板 6 4 を用いて蒸着マスク 2 0 を製造した場合、蒸着マスク 2 0 においても、上述の条件 (1) , (2) が満たされていてもよい。例えば、蒸着マスク 2 0 の端部 1 7 a , 1 7 b や中間部 1 8 の周囲領域 2 3 など、貫通孔 2 5 が形成されず、このため蒸着マスク 2 0 の製造工程においてレジストパターンによって覆われている部分は、製造工程においてエッチング液に接触しない。このため、端部 1 7 a , 1 7 b や周囲領域 2 3 においては、貫通孔 2 5 が形成される前の金属板 6 4 における、粒子 6 4 d の分布の状態が維持され得る。言い換えると、蒸着マスク 2 0 のうちエッチング液に接触しない部分においては、金属板 6 4 中の粒子 6 4 d が脱落することなく残っている。従って、蒸着マスク 2 0 の端部 1 7 a , 1 7 b や周囲領域 2 3 から取り出したサンプル 8 1 を溶解させて粒子 6 4 d を分析した場合、貫通孔 2 5 が形成される前の金属板 6 4 の場合と同様の分析結果が取得され得る。このため、蒸着マスク 2 0 の端部 1 7 a , 1 7 b や周囲領域 2 3 からサンプル 8 1 を取り出して分析することにより、蒸着マスク 2 0 を製造するために用いた金属板 6 4 における、粒子 6 4 d の分布の状態に関する情報を得ることができる。

【 0 2 2 5 】

本実施の形態においては、上述の条件 (1) のとおり、金属板 6 4 から取り出したサンプル 8 1 の体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $1 \mu\text{m}$ 以上且つ $3 \mu\text{m}$ 未満の円相当径を有する粒子の数が、50 個以上である。金属板 6 4 の表面に粒子 6 4 d が露出している場合、粒子 6 4 d は、レジスト膜 6 5 a , 6 5 b と金属板 6 4 との間の密着力の向上に寄与できる。また、レジスト膜 6 5 a , 6 5 b に対する粒子 6 4 d のアンカー効果も、レジスト膜 6 5 a , 6 5 b と金属板 6 4 との間の密着力の向上に寄与できる。このため、エッチング工程などの蒸着マスク 2 0 の製造工程の間にレジストパターン 6 5 c , 6 5 d のレジスト膜 6 5 a , 6 5 b が金属板 6 4 から剥離してしまうことを抑制できる。これにより、寸法の小さいレジスト膜 6 5 a , 6 5 b を採用し易くなる。このため、蒸着マスク 2 0 の貫通孔 2 5 の配列周期を短くし易くなり、高い画素密度を有する表示装置を作製できる。

【 0 2 2 6 】

上述の母材表面処理工程又は金属層表面処理工程を実施することにより、金属板 6 4 に含まれる粒子 6 4 d の個数及び密度を低減できる。このため、条件 (1) を満たす金属板 6 4 が製造される確率を高めることができる。母材表面処理工程又は金属層表面処理工程によって除去される表面部分の厚みを調整することにより、条件 (1) を満たす金属板 6

10

20

30

40

50

4 が製造される確率を調整できる。同様に、母材表面処理工程又は金属層表面処理工程によって除去される表面部分の厚みを調整することにより、その他の条件(2)～(7)などを満たす金属板64が製造される確率を調整できる。同様に、母材表面処理工程又は金属層表面処理工程によって除去される表面部分の厚みを調整することにより、金属板64の第1比率、第2比率及び第3比率を調整できる。母材表面処理工程及び金属層表面処理工程のいずれか一方のみが実施されてもよく、両方が実施されてもよい。

【0227】

次に、上述のようにして得られた蒸着マスク20をフレーム15に固定する固定工程を実施する。これによって、蒸着マスク20及びフレーム15を備える蒸着マスク装置10を得ることができる。

10

固定工程においては、まず、蒸着マスク20に張力を加えた状態でフレーム15に対する蒸着マスク20の位置を調整する架張工程を実施する。架張工程においては、例えば、蒸着マスク20の端部17a、17bを、図示しないクランプ部により挟み込んで把持する。続いて、蒸着マスク20に張力を加えながら、蒸着マスク20の貫通孔25の位置と有機EL基板92(若しくは有機EL基板92を模擬した基板)上の電極の位置との差が所定の基準値以下になるよう、蒸着マスク20の位置や張力を調整する。基準値は、例えば3 μ mである。続いて、蒸着マスク20の端部17とフレーム15とが接触した状態で端部17を加熱して、端部17をフレーム15に溶接する溶接工程を実施する。例えば、パルス状のレーザー光を端部17に照射し、端部17の複数の箇所をフレーム15に溶着させる。このようにして、蒸着マスク20をフレーム15に固定できる。

20

【0228】

次に、本実施の形態に係る蒸着マスク20を用いて有機EL基板92などの基板上に蒸着材料98を蒸着させる蒸着方法について説明する。まず、蒸着マスク20が有機EL基板92に対向するよう蒸着マスク装置10を配置する。また、磁石93を用いて蒸着マスク20を有機EL基板92に密着させる。この状態で、蒸着材料98を蒸発させて蒸着マスク20を介して有機EL基板92へ飛来させることにより、蒸着マスク20の貫通孔25に対応したパターンで蒸着材料98を有機EL基板92に付着させることができる。ここで本実施の形態に係る蒸着マスク20においては、上述のように、貫通孔25の形状の精度が粒子に起因して低下してしまうことが抑制されている。このため、有機EL基板92に付着する蒸着材料98の面積、形状や厚みなどの精度を高めることができる。

30

【0229】

上述した実施の形態に対して様々な変更を加えることが可能である。以下、必要に応じて図面を参照しながら、変形例について説明する。以下の説明および以下の説明で用いる図面では、上述した実施の形態と同様に構成される部分について、上述の実施の形態における対応する部分に対して用いた符号と同一の符号を用いることとし、重複する説明を省略する。上述した実施の形態において得られる作用効果が変形例においても得られることが明らかである場合、その説明を省略することもある。

【0230】

まず、金属板64の製造方法の変形例について説明する。図44は、蒸着マスク20の製造方法の一変形例を全体的に説明するための模式図である。図44に示す製造装置70は、レジスト膜形成装置71よりも上流側に位置する薄化装置75を備える点異なるのみであり、その他の構成は図40に示す上述の製造装置70と同一である。

40

【0231】

薄化装置75は、巻き体から巻き出された金属板64の厚みを低減させる装置である。薄化装置75は、例えば、金属板64のうち少なくとも有効領域22に対応する部分を全域にわたってエッチングすることにより、金属板64の厚みを低減させる。金属板64の薄化を実施することにより、圧延工程における圧下率を高めることが困難な場合であっても、小さな厚みを有する金属板64を得ることができる。

【0232】

次に、金属板64の製造方法における、金属板64に貫通孔25を形成する工程の変形

50

例について説明する。上述の実施の形態においては、金属板 6 4 に貫通孔 2 5 を形成する工程が、第 1 面 6 4 a 側から金属板 6 4 をエッチングする第 1 面エッチング工程と、第 2 面 6 4 b 側から金属板 6 4 をエッチングする第 2 面エッチング工程とを有する例を示した。しかしながら、これに限られることはなく、金属板 6 4 に貫通孔 2 5 を形成する工程は、金属板 6 4 にレーザーを照射して貫通孔 2 5 を加工するレーザー加工を含んでいてもよい。この場合、レーザー加工は、以下に説明するように、第 1 面エッチング工程の替わりに実施されてもよい。

【0233】

まず、図 4 5 に示すように、金属板 6 4 の第 2 面 6 4 b 上に第 2 レジストパターン 6 5 d を形成する。続いて、図 4 6 に示すように、金属板 6 4 の第 2 面 6 4 b のうち第 2 レジスト膜 6 5 b によって覆われていない領域をエッチングすることによって第 2 面 6 4 b に第 2 凹部 3 5 を形成する第 2 面エッチング工程を実施する。その後、図 4 7 に示すように、金属板 6 4 のうち第 2 凹部 3 5 が形成されている部分の一部にレーザー L を照射して、第 2 凹部 3 5 の壁面から第 1 面 6 4 a に貫通する第 1 凹部 3 0 を形成するレーザー加工工程を実施する。図 4 7 に示すように、レーザー L 1 は、金属板 6 4 の第 2 面 6 4 b 側から照射されてもよい。

【0234】

図 4 5 乃至図 4 7 に示す例においても、第 2 面エッチング工程において金属板 6 4 中の粒子 6 4 d の脱落が生じると、貫通孔 2 5 の寸法の設計値からのずれや、寸法のばらつきが生じるかもしれない。このため、図 4 5 乃至図 4 7 に示す例においても、上述の条件 (1) , (2) などを満たす金属板 6 4 を用いることは有用である。

【0235】

図 4 7 に示すように、レーザー加工によって形成される第 1 凹部 3 0 の壁面 3 1 は、第 2 面 6 4 b 側から第 1 面 6 4 a 側に向かうにつれて平面視における貫通孔 2 5 の中心側に変位するように傾斜していてもよい。この場合、第 1 面 6 4 a 上における第 1 凹部 3 0 の端が、平面視において貫通孔 2 5 の開口面積が最小になる貫通部 4 2 を画成する。

【0236】

次に、検査工程の変形例について説明する。上述の本実施の形態においては、金属板 6 4 に含まれる粒子 6 4 d の密度及び寸法を検査する検査工程を、貫通孔 2 5 が形成される前の金属板 6 4 に対して実施する例を示した。しかしながら、これに限られることはなく、金属板 6 4 に含まれる粒子 6 4 d を検査する検査工程を、貫通孔 2 5 が形成された後の金属板 6 4 に対して、すなわち蒸着マスク 2 0 に対して実施してもよい。この場合、蒸着マスク 2 0 の端部 1 7 a , 1 7 b や周囲領域 2 3 など、金属板 6 4 のうち貫通孔 2 5 が形成されない部分からサンプル 8 1 を取り出して粒子 6 4 d を検査してもよい。金属板 6 4 のうち貫通孔 2 5 が形成されない部分からサンプル 8 1 を取り出す場合、蒸着マスク 2 0 を構成する金属板 6 4 の厚み、サンプル 8 1 から取り出すサンプル片 8 1 a の面積及び枚数に基づいて、サンプル 8 1 の溶解体積を算出できる。金属板 6 4 のうち貫通孔 2 5 が形成されている部分からサンプル 8 1 を取り出して粒子 6 4 d を検査してもよい。この場合、サンプル 8 1 の重量の測定値及びサンプル 8 1 を構成する材料の密度のデータに基づいて、サンプル 8 1 の溶解体積を算出してもよい。

【実施例】

【0237】

次に、本開示の実施形態を実施例により更に具体的に説明するが、本開示の実施形態はその要旨を超えない限り、以下の実施例の記載に限定されるものではない。

【0238】

例 1

まず、原材料全体に対する鉄の比率及びニッケルの比率がそれぞれ約 6 4 重量%及び約 3 6 重量%となるよう、鉄及びニッケル並びにその他の原材料を準備した。続いて、各原材料を必要に応じて粉碎した後、各原材料を溶解炉にて溶解する第 1 溶解工程を実施した。第 1 溶解工程においては、脱酸、脱水、脱窒素などのためにアルミニウム、マンガ、

10

20

30

40

50

シリコンを溶解炉に投入した。第1溶解工程は、大気圧よりも低い低圧状態で、不活性ガスの雰囲気下で実施した。続いて、第1溶解工程によって得られた第1インゴットの表面部分を除去する第1表面処理工程を実施した。除去された表面部分の厚みは10mm以上であった。

【0239】

続いて、第1表面処理工程において表面部分が除去された第1インゴットを溶解炉で溶解して第2インゴットを得る第2溶解工程と、第2インゴットの表面部分を除去する第2表面処理工程と、を更に実施した。除去された表面部分の厚みは10mm以上であった。このようにして、ニッケルと、残部の鉄および不可避の不純物と、を含む鉄合金から構成された母材を準備した。

10

【0240】

次に、母材に対して上述の圧延工程、アニール工程およびスリット工程を実施することにより、20μmの厚みを有する金属板が巻き取られた巻き体(第1巻き体)を製造した。続いて、第1巻き体の金属板64を用いて、上述の図6乃至図11に示す製造方法により蒸着マスク20を製造した。第1巻き体の金属板64から製造された蒸着マスク20のことを、第1マスクとも称する。続いて、第1マスクの第1端部17aから、一辺の長さK1が60mmである正形状のサンプル81を切り出した。サンプル81は、第1マスクの第1端部17aを構成する金属板64の第1面64a及び第2面64bを含む。また、サンプル81から、直径K2が20mmである円形状の3枚のサンプル片81aを打ち抜いた。続いて、サンプル片81aを純水で超音波洗浄して、サンプル片81aに付着している異物を除去した。超音波の周波数は28kHzとし、超音波洗浄の時間は10秒とした。

20

【0241】

続いて、サンプル片81aを水溶液83に溶解させるサンプル溶解工程を実施した。具体的には、まず、500mlの容積を有するビーカーを容器82として準備し、3枚のサンプル片81aをビーカーの中に載置した。続いて、50の水溶液83をビーカーに100ml注入し、サンプル片81aを溶解させた。この際、最初の15分間はビーカーを揺動させた状態で、次の15分間はビーカーを静止させた状態で、合計30分間にわたって、サンプル片81aをビーカー中の水溶液83に溶解させた。水溶液83としては、硝酸を含む水溶液を用いた。具体的には、硝酸液500mlと純水500mlとを混合することにより、水溶液83を作製した。硝酸液としては、林純薬工業株式会社製の特級硝酸(1.38)を用いた。特級硝酸(1.38)は、60重量%の濃度で硝酸を含む水溶液である。

30

【0242】

続いて、サンプル片81aが溶解した水溶液83から吸引濾過装置を用いて粒子を取り出す濾過工程を実施した。濾紙としては、MILLIPORE社製のメンブレンフィルターJHWP02500を用いた。JHWP02500の細孔の直径、すなわちポアサイズは、0.45μmである。従って、少なくとも1μm以上の寸法を有する粒子は、JHWP02500の上に残ると考えられる。濾紙の下流側の空間を減圧する減圧部としては、MILLIPORE社製の吸引加圧両用Chemical DutyポンプWP6110060を用いた。また、ビーカー内の水溶液を濾紙で1回濾過した後、ビーカーに純水を注入し、純水を濾紙で濾過する濯ぎ工程を3回実施した。

40

【0243】

続いて、上述の粒子乾燥工程を実施して、濾紙及び濾紙上に残った粒子を乾燥させた。

【0244】

続いて、SEMを用いて上述の観察工程を実施して、濾紙上の粒子を検出した。SEMとしては、日本電子製の極走査電子顕微鏡JSM7800FPRIMEを用いた。SEMの設定や、SEMのコントラスト及び/又は輝度の調整方法は上述のとおりである。続いて、アメテック社製の粒子自動分析ソフトParticle Phase Analysisを用いて、検出された粒子を分析した。また、アメテック社製EDX装置Octane Electを用いて粒子の組成分析を実施した。これにより、鉄及びニッケル以

50

外の元素以外を主成分として含み、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子を抽出した。また、サンプル 8 1 の体積 1 mm^3 あたりに含まれる粒子の個数及び各粒子の円相当径を算出した。サンプル 8 1 の体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数（以下、合計数量とも称する）は 9 2 4 個であった。

【 0 2 4 5 】

図 4 8 に示すように、サンプル 8 1 の体積 1 mm^3 あたりに含まれる粒子のうち、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $3\text{ }\mu\text{m}$ 未満の円相当径を有する粒子の数量（以下、第 1 数量とも称する）は 9 1 2 個であり、 $3\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $5\text{ }\mu\text{m}$ 未満の円相当径を有する粒子の数量（以下、第 2 数量とも称する）は 1 2 個であり、 $5\text{ }\mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数量（以下、第 3 数量とも称する）は 0 個であった。 $3\text{ }\mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数量は、1 2 個になる。従って、第 1 マスクの金属板においては、上述の条件（ 1 ）、（ 2 ）、（ 3 ）、（ 4 ）が満たされている。

10

【 0 2 4 6 】

また、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子の合計数量に対する、第 1 数量の比率（以下、第 1 比率とも称する）、第 2 数量の比率（以下、第 2 比率とも称する）、及び第 3 数量の比率（以下、第 3 比率とも称する）をそれぞれ算出した。図 4 8 において、第 1 数量、第 2 数量及び第 3 数量の下括弧の中に示すように、第 1 比率は 9 8 . 7 % であり、第 2 比率は 1 . 3 % であり、第 3 比率は 0 . 0 % であった。

【 0 2 4 7 】

また、EDX 装置を用いて、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子の組成を分析した。図 4 9 に示すように、サンプル 8 1 の体積 1 mm^3 あたりに含まれる粒子のうち、マグネシウムを主成分とする粒子（以下、Mg 数量とも称する）は 6 個であり、アルミニウムを主成分とする粒子（以下、Al 数量とも称する）は 7 7 0 個であり、シリコンを主成分とする粒子（以下、Si 数量とも称する）は 8 0 個であり、燐を主成分とする粒子（以下、P 数量とも称する）は 0 個であり、ジルコニウムを主成分とする粒子（以下、Zr 数量とも称する）は 3 7 個であり、硫黄を主成分とする粒子（以下、S 数量とも称する）は 3 1 個であった。

20

【 0 2 4 8 】

例 2 ~ 4

例 1 の場合と同様に、原材料全体に対する鉄の比率及びニッケルの比率がそれぞれ約 6 4 重量%及び約 3 6 重量%となるよう、鉄及びニッケル並びにその他の原材料を準備した。続いて、各原材料を必要に応じて粉碎した後、第 1 溶解工程、第 1 表面処理工程、第 2 溶解工程及び第 2 表面処理工程を実施して、母材を作製した。続いて、母材に対して圧延工程、アニール工程及びスリット工程を実施することにより、 $20\text{ }\mu\text{m}$ の厚みを有する金属板 6 4 が巻き取られた第 2 巻き体 ~ 第 4 巻き体をそれぞれ製造した。第 2 巻き体 ~ 第 4 巻き体の製造条件は、第 1 巻き体の製造条件と概略は同一であるが詳細は異なる。具体的には、第 2 巻き体 ~ 第 4 巻き体の製造条件は、下記の（ A ） ~ （ D ）の少なくとも 1 つに關して、第 1 巻き体の製造条件と異なる。

30

（ A ）第 1 溶解工程における添加剤の量

（ B ）第 1 表面処理工程において除去される表面部分の厚み

40

（ C ）溶解工程の回数

（ D ）第 1 溶解工程における雰囲気圧力

【 0 2 4 9 】

上述の例 1 の場合と同様にして、第 2 巻き体 ~ 第 4 巻き体の金属板 6 4 を用いて、上述の図 6 乃至図 1 1 に示す製造方法により蒸着マスク 2 0 を製造した。第 2 巻き体の金属板 6 4 から製造された蒸着マスク 2 0 のことを、第 2 マスクとも称する。続いて、第 2 マスクの第 1 端部 1 7 a から取り出した各サンプル 8 1 に含まれる粒子を、SEM を用いて観察して、サンプル 8 1 の体積 1 mm^3 あたりに含まれる粒子の個数及び各粒子の円相当径を算出した。結果を図 4 8 に示す。また、上述の例 1 の場合と同様にして、EDX 装置を用いて、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子の組成を分析した。結果を図 4 9 に示す。

50

【 0 2 5 0 】

例 5 ～ 1 2

例 1 の場合と同様に、原材料全体に対する鉄の比率及びニッケルの比率がそれぞれ約 6 4 重量 % 及び約 3 6 重量 % となるよう、鉄及びニッケル並びにその他の原材料を準備した。続いて、各原材料を必要に応じて粉碎した後、第 1 溶解工程、第 1 表面処理工程、第 2 溶解工程及び第 2 表面処理工程を実施して、第 2 インゴットを作製した。続いて、第 2 表面処理工程において表面部分が除去された第 2 インゴットを溶解炉で溶解して第 3 インゴットを得る第 3 溶解工程と、第 3 インゴットの表面部分を除去する第 3 表面処理工程と、を更に実施した。除去された表面部分の厚みは 1 0 m m 以上であった。このようにして、ニッケルと、残部の鉄および不可避の不純物と、を含む鉄合金から構成された母材を準備した。続いて、母材に対して圧延工程、アニール工程及びスリット工程を実施することにより、2 0 μ m の厚みを有する金属板 6 4 が巻き取られた第 5 巻き体～第 1 2 巻き体をそれぞれ製造した。第 5 巻き体～第 1 2 巻き体の製造条件は、概略は同一であるが詳細は異なる。具体的には、第 5 巻き体～第 1 2 巻き体の製造条件は、下記の (A) ～ (D) の少なくとも 1 つに関して、互いに異なる。

(A) 第 1 溶解工程における添加剤の量

(B) 第 1 表面処理工程において除去される表面部分の厚み

(C) 溶解工程の回数

(D) 第 1 溶解工程における雰囲気圧力

【 0 2 5 1 】

上述の例 1 の場合と同様にして、第 5 巻き体～第 1 2 巻き体の金属板 6 4 を用いて、上述の図 6 乃至図 1 1 に示す製造方法により、蒸着マスク 2 0 を製造した。第 5 巻き体～第 1 2 巻き体の金属板 6 4 から製造された蒸着マスク 2 0 のことをそれぞれ、第 5 マスク～第 1 2 マスクとも称する。続いて、第 5 マスク～第 1 2 マスクの第 1 端部 1 7 a から取り出した各サンプルに含まれる粒子を、S E M を用いて観察して、粒子の個数及び各粒子の円相当径を算出した。結果を図 4 8 に示す。

【 0 2 5 2 】

また、上述の例 1 の場合と同様にして、1 μ m 以上の円相当径を有する粒子の組成を分析した。結果を図 4 9 に示す。

【 0 2 5 3 】

第 7 巻き体の金属板 6 4 を用いた場合、金属板 6 4 をエッチングすることによって貫通孔 2 5 を形成するエッチング工程の間にレジスト膜が金属板 6 4 から剥がれるという現象が生じた。このため、第 7 巻き体の金属板 6 4 から蒸着マスク 2 0 を製造することができなかった。図 4 8 ～図 4 9 において「第 7 マスク」の行に記載している測定結果は、第 7 巻き体の金属板 6 4 から取り出したサンプルに含まれる粒子を、S E M を用いて観察した結果、及び、粒子の組成を分析した結果である。

【 0 2 5 4 】

例 1 3 ～ 1 7

例 1 の場合と同様に、原材料全体に対する鉄の比率及びニッケルの比率がそれぞれ約 6 4 重量 % 及び約 3 6 重量 % となるよう、鉄及びニッケル並びにその他の原材料を準備した。続いて、各原材料を必要に応じて粉碎した後、第 1 溶解工程及び第 1 表面処理工程を実施して、母材を作製した。続いて、母材に対して圧延工程、アニール工程及びスリット工程を実施することにより、2 0 μ m の厚みを有する金属板 6 4 が巻き取られた第 1 3 巻き体～第 1 7 巻き体をそれぞれ製造した。

第 1 3 巻き体～第 1 7 巻き体の製造条件は、概略は同一であるが詳細は異なる。具体的には、第 1 3 巻き体～第 1 7 巻き体の製造条件は、下記の (A) ～ (D) の少なくとも 1 つに関して、互いに異なる。

(A) 第 1 溶解工程における添加剤の量

(B) 第 1 表面処理工程において除去される表面部分の厚み

(C) 溶解工程の回数

(D) 第1溶解工程における雰囲気圧力

【0255】

上述の例1の場合と同様にして、第13巻き体～第17巻き体の金属板64を用いて、上述の図6乃至図11に示す製造方法により蒸着マスク20を製造した。第13巻き体～第17巻き体の金属板64から製造された蒸着マスク20のことをそれぞれ、第13マスク～第17マスクとも称する。続いて、第13マスク～第17マスクの第1端部17aから取り出した各サンプル81に含まれる粒子を、SEMを用いて観察して、サンプル81の体積 1mm^3 あたりに含まれる粒子の個数及び各粒子の円相当径を算出した。結果を図48に示す。また、上述の例1の場合と同様にして、EDX装置を用いて、 $1\mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子の組成を分析した。結果を図49に示す。

10

【0256】

続いて、第1マスク～第17マスクの貫通孔25の面積の精度に関する評価A及び評価Bを行った。

【0257】

(貫通孔の面積の精度の評価A)

蒸着マスク20の貫通孔25の面積が所定の許容範囲内であるか否かを評価した。具体的には、図62に示すように、ある1つの貫通孔25Xの面積 S_1 と、その貫通孔25Xを取り囲む複数の貫通孔25Yの面積の平均値 S_2 とを測定した。図62に示す例において、貫通孔25Yの個数は4である。続いて、 $(S_1 - S_2) / S_2$ の絶対値が第1の閾値以下であるか否かを評価した。第1の閾値は、蒸着マスク20を用いて製造する表示装置の画素密度や、貫通孔25の寸法の平均値などに応じて設定される。例えば、貫通孔25の円相当径の平均値が $30\mu\text{m}$ である蒸着マスク20の場合、第1の閾値は0.20である。

20

【0258】

貫通孔25の面積を測定する方法としては、貫通孔25を透過した光を用いるという方法を採用した。具体的には、金属板64の法線方向に沿って平行光を蒸着マスク20の第1面20a又は第2面20bの一方に入射させ、貫通孔25を透過させて第1面20a又は第2面20bの他方から出射させる。そして、出射した光が金属板64の面方向において占める領域をカメラで撮影することにより、領域の面積を測定した。この測定結果を、各貫通孔25の面積として採用した。この場合、平面視における蒸着マスク20の貫通部42の輪郭が、蒸着マスク20から出射した光が金属板64の面方向において占める領域の面積を決定する。

30

【0259】

評価の結果を図48の「評価A-1」の欄及び「評価A-2」の欄に示す。「評価A-1」の欄において、「OK」は、蒸着マスク20の全ての貫通孔25において、 $(S_1 - S_2) / S_2$ の絶対値が0.20以下であったことを表し、「NG」は、少なくとも一部の貫通孔25において、 $(S_1 - S_2) / S_2$ が0.20を超えていたことを表す。「評価A-2」の欄において、「OK」は、蒸着マスク20の全ての貫通孔25において、 $(S_1 - S_2) / S_2$ の絶対値が0.20以下であったことを表し、「NG」は、少なくとも一部の貫通孔25において、 $(S_1 - S_2) / S_2$ が0.20未満であったことを表す。従って、上述の拡大貫通孔が生じている場合、評価A-1にNGが現れやすく、上述の縮小貫通孔が生じている場合、評価A-2にNGが現れやすい。評価対象とした貫通孔25の数は、1枚の蒸着マスク20につき2千5百万個以上であった。

40

【0260】

(貫通孔の面積の精度の評価B)

上述の $(S_1 - S_2) / S_2$ の絶対値が、第1の閾値よりも小さい第2の閾値以下であるか否かを評価した。第2の閾値は、蒸着マスク20を用いて製造する表示装置の画素密度や、貫通孔25の寸法の平均値などに応じて設定される。例えば、貫通孔25の円相当径の平均値が $20\mu\text{m}$ である蒸着マスク20の場合、第2の閾値は0.15である。

【0261】

50

評価の結果を図48の「評価B-1」の欄及び「評価B-2」の欄に示す。「評価B-1」の欄において、「OK」は、蒸着マスク20の全ての貫通孔25において、 $(S1 - S2) / S2$ の絶対値が0.15以下であったことを表し、「NG」は、少なくとも一部の貫通孔25において、 $(S1 - S2) / S2$ が0.15を超えていたことを表す。「評価B-2」の欄において、「OK」は、蒸着マスク20の全ての貫通孔25において、 $(S1 - S2) / S2$ の絶対値が0.15以下であったことを表し、「NG」は、少なくとも一部の貫通孔25において、 $(S1 - S2) / S2$ が-0.15未満であったことを表す。従って、上述の拡大貫通孔が生じている場合、評価B-1にNGが現れやすく、上述の縮小貫通孔が生じている場合、評価B-2にNGが現れやすい。評価対象とした貫通孔25の数は、1枚の蒸着マスク20につき2千5百万個以上であった。

10

【0262】

貫通孔25の寸法は、表示装置の画素密度が高くなるほど一般に小さくなる。例えば、WQHDのスマートフォン用表示装置の場合、画素密度は約500ppiであり、貫通孔25の直径は約30 μ mである。UHDのスマートフォン用表示装置の場合、画素密度は約800ppiであり、貫通孔25の直径は約20 μ mである。

【0263】

小さい寸法を有する貫通孔25を精度良く金属板64に形成する上では、金属板64の厚みが小さいことが好ましい。例えば、約500ppiの画素密度を有するスマートフォン用表示装置を作製するための蒸着マスク20の金属板64の厚みは、20 μ m以下であることが好ましい。これに対して、約800ppiの画素密度を有するスマートフォン用表示装置を作製するための蒸着マスク20の金属板64の厚みは、15 μ m以下であることが好ましい。

20

【0264】

以下、評価A-1及び評価A-2並びに評価B-1及び評価B-2の結果について説明する。

【0265】

図48に示すように、サンプル81の体積1mm³あたりに含まれる粒子に関して、1 μ m以上の円相当径を有する粒子の数が50個以上3000個以下である第1マスク～第6マスク、第8マスク～第12マスク、第16マスク及び第17マスクにおいては、評価A-1がOKであった。一方、1 μ m以上の円相当径を有する粒子の個数が3000個を超えている第13マスク～第15マスクにおいては、評価A-1がNGであった。このことから、上述の条件(1)は、拡大貫通孔が形成されることを抑制するための有用な判定条件であると言える。

30

【0266】

図48に示すように、サンプル81の体積1mm³あたりに含まれる粒子に関して、3 μ m以上の円相当径を有する粒子の数が50個以下である第1マスク～第6マスク、第8マスク～第13マスク、第16マスク及び第17マスクにおいては、評価A-2がOKであった。一方、3 μ m以上の円相当径を有する粒子の個数が50個を超えている第14マスク及び第15マスクにおいては、評価A-2がNGであった。このことから、上述の条件(2)は、縮小貫通孔が形成されることを抑制するための有用な判定条件であると言える。

40

【0267】

上述のように、第7巻き体の金属板64を用いた場合、金属板64をエッチングすることによって貫通孔25を形成するエッチング工程の間にレジスト膜が金属板64から剥がれるという現象が生じた。このため、第7巻き体の金属板64から蒸着マスク20を製造することができなかった。図48に示すように、サンプル81の体積1mm³あたりに含まれる、1 μ m以上の円相当径を有する粒子の数は、50個未満であった。このことから、上述の条件(1)における「1 μ m以上の円相当径を有する粒子の数が50個以上」という事項は、レジスト膜の剥離が生じることを抑制するための有用な判定条件であると言える。

50

【0268】

図48に示すように、サンプル81の体積 1 mm^3 あたりに含まれる粒子に関して、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数が1000個以下である第1マスク、第4マスク～第6マスク及び第8マスク～第12マスクにおいては、評価B-1がOKであった。一方、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $3\text{ }\mu\text{m}$ 未満の円相当径を有する粒子の数が1000個を超える第2マスク、第3マスク及び第13マスク～第17マスクにおいては、評価B-1がNGであった。このことから、上述の条件(3)は、拡大貫通孔が形成されることをより確実に抑制するための有用な判定条件であると言える。

【0269】

図48に示すように、サンプル81の体積 1 mm^3 あたりに含まれる粒子に関して、 $3\text{ }\mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数が20個以下である第1マスク、第4マスク～第6マスク及び第8マスク～第12マスクにおいては、評価B-2がOKであった。一方、 $3\text{ }\mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子の個数が20個を超えている第2マスク、第3マスク及び第13マスク～第17マスクにおいては、評価B-2がNGであった。このことから、上述の条件(4)は、縮小貫通孔が形成されることをより確実に抑制するための有用な判定条件であると言える。

【0270】

上述の例1～6及び例8～17においては、蒸着マスク20の第1端部17aから取り出したサンプルに含まれる粒子の観察結果を示した。これらの観察結果と同一の観察結果が、第1巻き体～第6巻き体及び第8巻き体～第17巻き体の金属板64から取り出したサンプルに含まれる粒子を観察した場合にも得られると予想される。第1面エッチング工程及び第2面エッチング工程において、第1端部17aに対応する金属板64の領域は第1レジスト膜65a及び第2レジスト膜65bによって覆われている。このため、第1端部17aを構成する金属板64の状態は、粒子の分布に関して、巻き体を構成していた時の金属板64の状態と同一であると考えられるからである。

【0271】

(補足評価1)

例1の場合と同様に、原材料全体に対する鉄の比率及びニッケルの比率がそれぞれ約64重量%及び約36重量%となるよう、鉄及びニッケル並びにその他の原材料を準備した。続いて、各原材料を必要に応じて粉碎した後、第1溶解工程、第1表面処理工程、第2溶解工程及び第2表面処理工程を実施して、母材を作製した。続いて、母材に対して圧延工程、アニール工程及びスリット工程を実施することにより、 $20\text{ }\mu\text{m}$ の厚みを有し、金属板64がロール状に巻き取られた第18巻き体を製造した。

【0272】

続いて、第18巻き体の金属板の先端から金属板の長手方向において1mの距離に位置する箇所において、一辺の長さK1が60mmである正方形のサンプル81を切り出した。同様に、第18巻き体の金属板の先端から金属板の長手方向において100m、200m、300m、400mの距離に位置する箇所において、一辺の長さK1が60mmである正方形のサンプル81をそれぞれ切り出した。このようにして第18巻き体の金属板の5箇所でサンプル81を切り出した後、各サンプル81に含まれる粒子を、上述の例1の場合と同様にSEMを用いて観察して、サンプル81の体積 1 mm^3 あたりに含まれる粒子の個数及び各粒子の円相当径を算出した。また、上述の例1の場合と同様にEDX装置を用いて、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子の組成を分析した。結果を図50～図51に示す。

【0273】

図50に示すように、切り出したサンプル81の体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数は、585個～859個の範囲内に分布しており、平均値は689.0個であり、分布範囲は274個であった。分布範囲とは、5箇所で切り出したサンプル81の体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数の最大値と最小値の差である。分布範囲を平均値で割った値は0.398であった

。従って、5箇所で切り出したサンプル81の体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $1\text{ }\mu\text{ m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数は、最大値と最小値の中間の値 $\pm 20\%$ の範囲内であった。最小値に対する最大値の比は1.5以下であった。このことから、ロール状の巻き体の任意の1箇所で切り出したサンプル81の体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $1\text{ }\mu\text{ m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数が例えばY個であった場合、同一の巻き体の他の箇所で切り出したサンプル81の体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $1\text{ }\mu\text{ m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数は、 $1.5 \times Y$ 個よりも少ない数である蓋然性が高いと言える。

【0274】

図50に、5箇所で切り出したサンプル81の体積 1 mm^3 あたりに含まれる、各寸法の粒子の数及び比率を併せて示す。第1比率及び第2比率に関しても、合計数量の場合と同様の傾向が見られた。図51に示す粒子の組成分析の結果に関しても、合計数量の場合と同様の傾向が見られた。

【0275】

(補足評価2)

例1の場合と同様に、原材料全体に対する鉄の比率及びニッケルの比率がそれぞれ約64重量%及び約36重量%となるよう、鉄及びニッケル並びにその他の原材料を準備した。続いて、各原材料を必要に応じて粉碎した後、第1溶解工程、第1表面処理工程、第2溶解工程及び第2表面処理工程を実施して、母材を作製した。続いて、母材に対して圧延工程、アニール工程及びスリット工程を実施することにより、 $20\text{ }\mu\text{ m}$ の厚みを有し、金属板64がロール状に巻き取られた第19巻き体を製造した。

【0276】

続いて、上述の例1の場合と同様にして、第19巻き体の金属板64を用いて、上述の図6乃至図11に示す製造方法により蒸着マスク20を製造した。また、蒸着マスク20の第1端部17a及び第2端部17bから取り出した各サンプル81に含まれる粒子をそれぞれ、SEMを用いて観察して、サンプル81の体積 1 mm^3 あたりに含まれる粒子の個数及び各粒子の円相当径を算出した。結果を図52に示す。また、上述の例1の場合と同様にして、EDX装置を用いて、 $1\text{ }\mu\text{ m}$ 以上の円相当径を有する粒子の組成を分析した。結果を図53に示す。

【0277】

図52に示すように、切り出したサンプル81の体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $1\text{ }\mu\text{ m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数は、833個～1158個の範囲内に分布しており、平均値は995.5個であり、分布範囲は325個であった。分布範囲とは、第1端部17aで切り出したサンプル81の体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $1\text{ }\mu\text{ m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数と、第2端部17bで切り出したサンプル81の体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $1\text{ }\mu\text{ m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数の差である。分布範囲を平均値で割った値は0.326であった。従って、蒸着マスク20の第1端部17a及び第2端部17bから切り出したサンプル81の体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $1\text{ }\mu\text{ m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数は、最大値と最小値の中間の値 $\pm 20\%$ の範囲内であった。第1端部17aにおける粒子の数と第2端部17bにおける粒子の数の比は1.5以下であった。このことから、蒸着マスクの任意の1箇所で切り出したサンプル81の体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $1\text{ }\mu\text{ m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数が例えばZ個であった場合、同一の蒸着マスクの他の箇所で切り出したサンプル81の体積 1 mm^3 あたりに含まれる、 $1\text{ }\mu\text{ m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数は、 $1.5 \times Z$ 個よりも少ない数である蓋然性が高いと言える。

【0278】

図52に、蒸着マスク20の第1端部17a及び第2端部17bで切り出したサンプル81の体積 1 mm^3 あたりに含まれる、各寸法の粒子の数及び比率を併せて示す。第1比率及び第2比率に関しても、合計数量の場合と同様の傾向が見られた。図53に示す粒子の組成分析の結果に関しても、合計数量の場合と同様の傾向が見られた。

【要約】 (修正有)

10

20

30

40

50

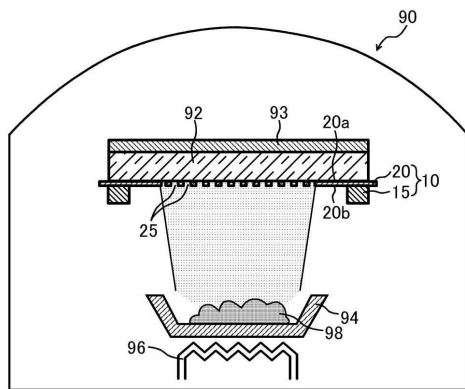
【課題】蒸着マスクを製造するために用いられる金属板の製造方法であって、金属板に形成される貫通孔の形状の精度を高める製造方法の提供。

【解決手段】蒸着マスクを製造するために用いられる、第１面及び前記第１面の反対側に位置する第２面を含む金属板の製造方法であって、ニッケルを含む鉄合金を有する母材を圧延して金属板を作製する工程を備えていてもよい。金属板 64 は、鉄及びニッケル以外の元素を主成分として含む粒子 64 d を備えていてもよい。金属板の第１面及び第２面を含むサンプルにおいて、サンプルの体積 1 mm^3 あたりに含まれる粒子に関する以下の条件（１）、（２）が満たされていてもよい。（１） $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数が 50 個以上 3000 個以下である。（２） $3\text{ }\mu\text{m}$ 以上の円相当径を有する粒子の数が 50 個以下である。

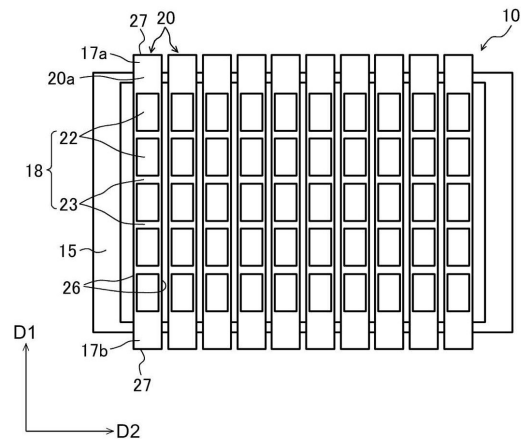
【選択図】図 6

10

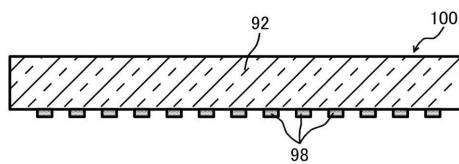
【図 1】



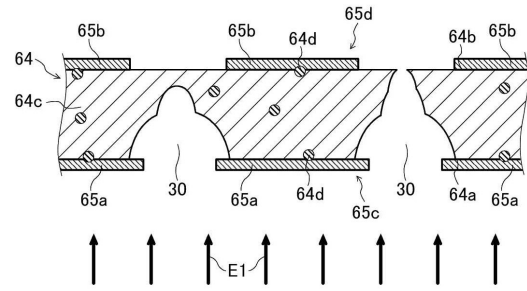
【図 3】



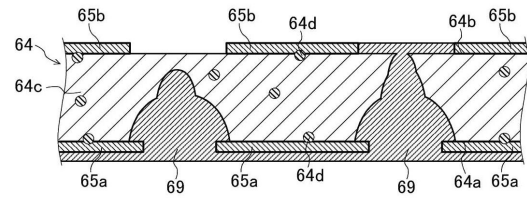
【図 2】



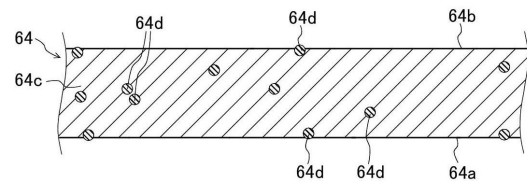
【 図 1 4 】



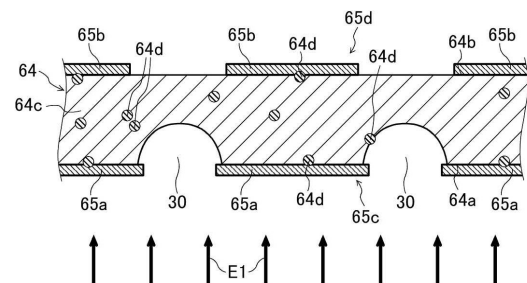
【 図 1 5 】



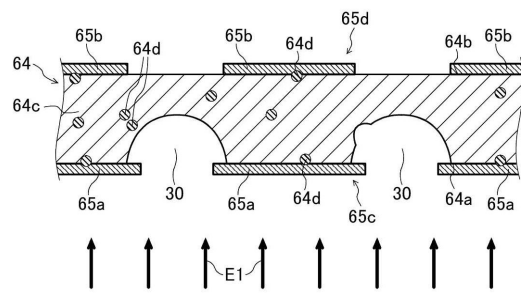
【 図 1 8 】



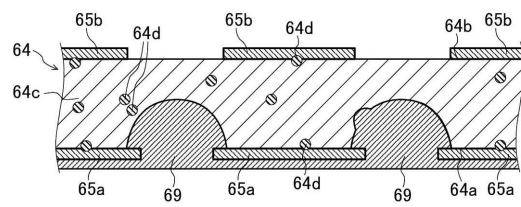
【 図 1 9 】



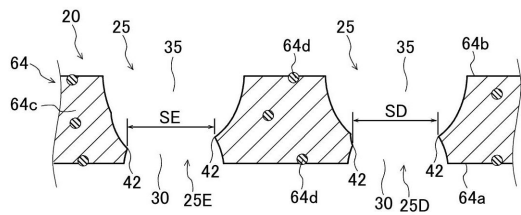
【図 20】



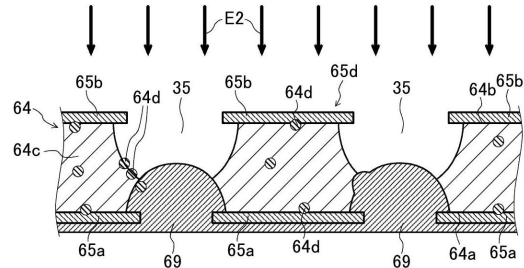
【図 21】



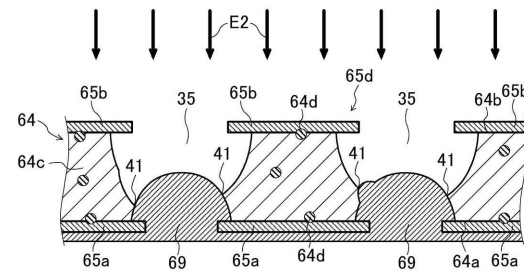
【図 24】



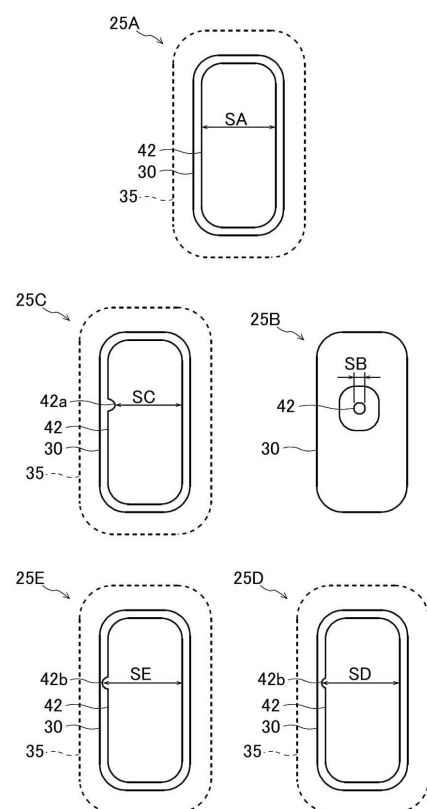
【図 22】



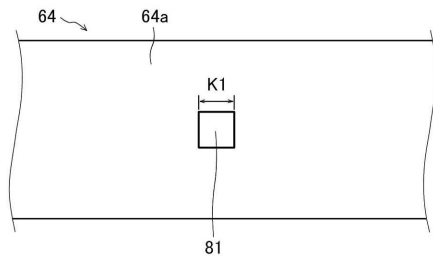
【図 23】



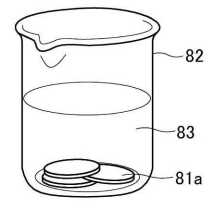
【図 25】



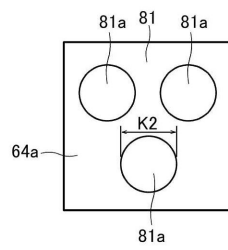
【図 26】



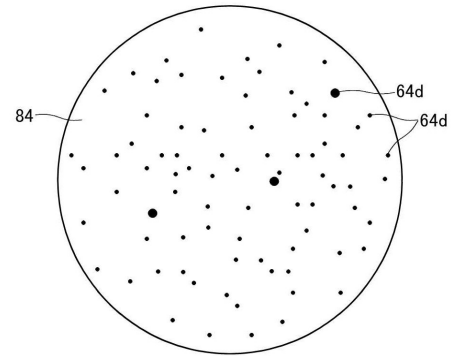
【図 28】



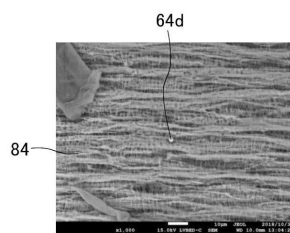
【図 27】



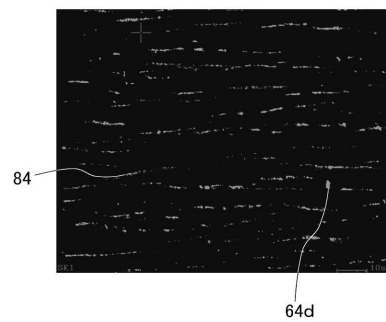
【図 29】



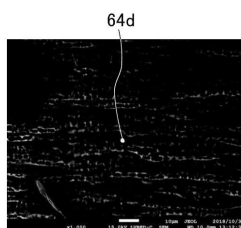
【図 30】



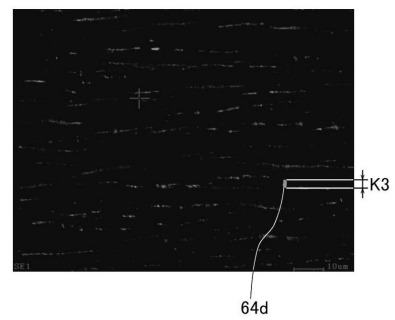
【図 32】



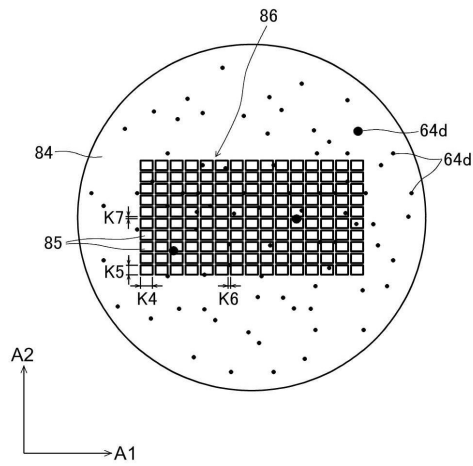
【図 31】



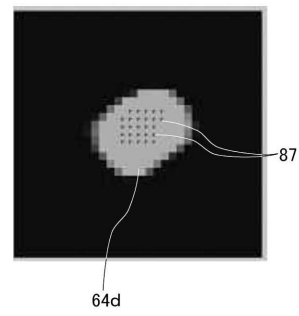
【図 33】



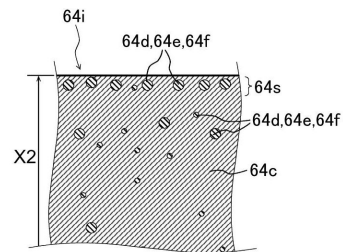
【図 3 4】



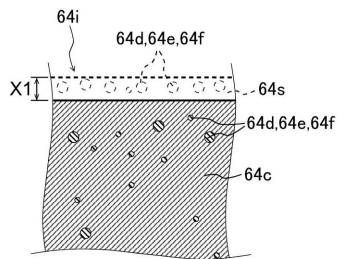
【図 3 5】



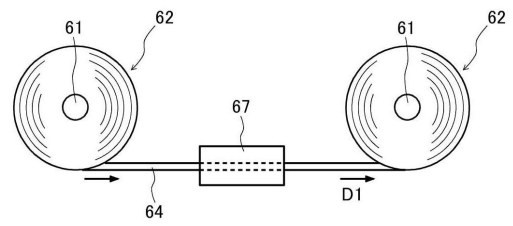
【図 3 6】



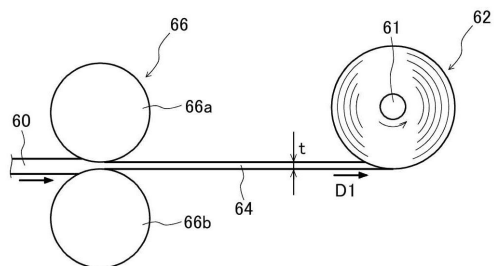
【図 3 7】



【図 3 9】



【図 3 8】



【 図 4 1 】

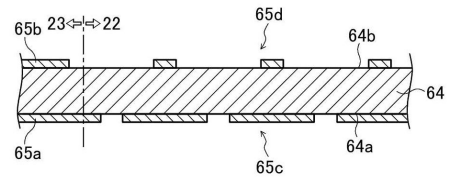
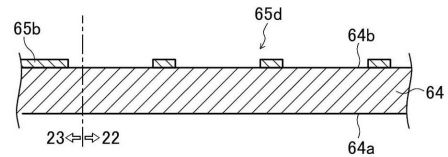


FIG. 1 is a cross-sectional view of a semiconductor device. The device includes a substrate 64 and a top layer 65. The top layer 65 has a central region 65a and side regions 65b and 65c. A dimension line 23 indicates a width of 22. There are three circular features 30 in the substrate 64. The top layer 65 has a thickness 65d. The side regions 65b and 65c have a width 64b and 64a respectively.

【 図 4 5 】



This diagram shows a cross-sectional view of a second embodiment of the semiconductor device. It features a substrate 23 with a top surface 22. A layer 64 is formed on the top surface 22, containing a series of openings 64a. A layer 65b is formed on the top surface 22, covering the openings 64a. A layer 65d is formed on the top surface 22, covering the layer 65b. The layer 65d is formed in a series of ridges 35, which are separated by the openings 64a. The ridges 35 are formed on the layer 65b. The layer 64 is formed on the top surface 22, and the openings 64a are formed in the layer 64. The layer 65b is formed on the top surface 22, and the layer 65d is formed on the top surface 22, covering the layer 65b. The ridges 35 are formed on the layer 65b, and the openings 64a are formed in the layer 64. The layer 64 is formed on the top surface 22, and the openings 64a are formed in the layer 64. The layer 65b is formed on the top surface 22, and the layer 65d is formed on the top surface 22, covering the layer 65b. The ridges 35 are formed on the layer 65b, and the openings 64a are formed in the layer 64.

【図 48】

	粒子の 合計数量	第1数量 (第1比率)	第2数量 (第2比率)	第3数量 (第3比率)	評価 A-1	評価 A-2	評価 B-1	評価 B-2
第1マスク	924	912 (98.7)	12 (1.3)	0 (0.0)	OK	OK	OK	OK
第2マスク	1300	1251 (96.2)	40 (3.1)	9 (0.7)	OK	OK	NG	NG
第3マスク	1158	1123 (97.0)	35 (3.0)	0 (0.0)	OK	OK	NG	NG
第4マスク	813	808 (99.4)	5 (0.6)	0 (0.0)	OK	OK	OK	OK
第5マスク	333	333 (100.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	OK	OK	OK	OK
第6マスク	381	381 (100.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	OK	OK	OK	OK
第7マスク	31	28 (90.3)	3 (9.7)	0 (0.0)	レジスト剥がれ発生			
第8マスク	50	39 (78.0)	9 (18.0)	2 (4.0)	OK	OK	OK	OK
第9マスク	240	234 (97.5)	6 (2.5)	0 (0.0)	OK	OK	OK	OK
第10マスク	160	154 (96.3)	6 (3.8)	0 (0.0)	OK	OK	OK	OK
第11マスク	166	160 (96.4)	6 (3.6)	0 (0.0)	OK	OK	OK	OK
第12マスク	209	209 (100.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	OK	OK	OK	OK
第13マスク	3093	3046 (98.5)	45 (1.5)	2 (0.1)	NG	OK	NG	NG
第14マスク	8143	7949 (97.6)	199 (2.1)	25 (0.3)	NG	NG	NG	NG
第15マスク	4009	3936 (98.2)	63 (1.6)	10 (0.2)	NG	NG	NG	NG
第16マスク	2992	2960 (98.9)	31 (1.0)	1 (0.0)	OK	OK	NG	NG
第17マスク	2836	2787 (98.3)	30 (1.1)	19 (0.7)	OK	OK	NG	NG

【図 49】

	粒子の 合計数量	Mg数量 (Mg比率)	Al数量 (Al比率)	Si数量 (Si比率)	P数量 (P比率)	Zr数量 (Zr比率)	S数量 (S比率)
第1マスク	924	6 (0.6)	770 (83.3)	80 (8.7)	0 (0.0)	37 (4.0)	31 (3.4)
第2マスク	1300	37 (2.8)	991 (76.2)	192 (14.8)	18 (1.4)	31 (2.4)	31 (2.4)
第3マスク	1158	10 (0.9)	867 (74.9)	266 (23.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	15 (1.3)
第4マスク	813	29 (3.6)	641 (78.8)	133 (16.4)	0 (0.0)	10 (1.2)	0 (0.0)
第5マスク	333	0 (0.0)	160 (48.0)	136 (40.8)	6 (1.8)	6 (1.8)	25 (7.5)
第6マスク	381	0 (0.0)	185 (48.6)	160 (42.0)	12 (3.1)	6 (1.6)	18 (4.7)
第7マスク	31	3 (9.7)	15 (48.4)	10 (32.3)	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (9.7)
第8マスク	50	0 (0.0)	30 (60.0)	20 (40.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
第9マスク	240	0 (0.0)	154 (64.2)	55 (22.9)	0 (0.0)	25 (10.4)	6 (2.5)
第10マスク	160	0 (0.0)	129 (80.6)	19 (11.9)	0 (0.0)	12 (7.5)	0 (0.0)
第11マスク	166	0 (0.0)	123 (74.1)	31 (18.7)	0 (0.0)	12 (7.2)	0 (0.0)
第12マスク	209	0 (0.0)	179 (85.6)	24 (11.5)	0 (0.0)	6 (2.9)	0 (0.0)
第13マスク	3093	0 (0.0)	863 (21.4)	2402 (77.7)	0 (0.0)	19 (0.6)	9 (0.3)
第14マスク	8143	25 (0.3)	6892 (84.6)	1164 (14.3)	0 (0.0)	6 (0.1)	56 (0.7)
第15マスク	4009	22 (0.5)	3459 (86.3)	492 (12.3)	0 (0.0)	8 (0.2)	28 (0.7)
第16マスク	2992	0 (0.0)	572 (19.1)	2420 (80.9)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
第17マスク	2836	0 (0.0)	608 (21.4)	2203 (77.7)	0 (0.0)	17 (0.6)	8 (0.3)

【図 50】

先端からの距離	粒子の 合計数量	第1数量 (第1比率)	第2数量 (第2比率)	第3数量 (第3比率)
1m	859	850 (99.0)	8 (0.9)	1 (0.1)
100m	626	619 (98.9)	7 (1.1)	0 (0.0)
200m	585	579 (99.0)	6 (1.0)	0 (0.0)
300m	705	696 (98.7)	8 (1.1)	1 (0.1)
400m	670	665 (99.3)	5 (0.7)	0 (0.0)
平均値	689.0	681.8	6.8	0.4
分布範囲	274	271	3	1
分布範囲/平均値	0.398	0.397	0.441	2.500

【図 52】

	粒子の 合計数量	第1数量 (第1比率)	第2数量 (第2比率)	第3数量 (第3比率)
一方の耳部	833	828 (99.4)	5 (0.6)	0 (0.0)
他方の耳部	1158	1153 (99.6)	5 (0.4)	0 (0.0)
平均値	995.5	990.5	5.0	0.0
分布範囲	325	325	0	0
分布範囲/平均値	0.326	0.328	0.000	—

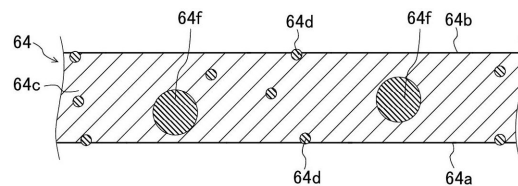
【図 51】

先端からの距離	粒子の 合計数量	Mg数量 (Mg比率)	Al数量 (Al比率)	Si数量 (Si比率)	P数量 (P比率)	Zr数量 (Zr比率)	S数量 (S比率)
1m	859	36 (4.2)	733 (85.3)	90 (10.5)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
100m	626	0 (0.0)	452 (72.2)	65 (10.4)	0 (0.0)	18 (2.9)	91 (14.5)
200m	585	0 (0.0)	474 (81.0)	56 (9.6)	0 (0.0)	12 (2.1)	43 (7.4)
300m	705	0 (0.0)	589 (83.5)	37 (5.2)	0 (0.0)	0 (0.0)	79 (11.2)
400m	670	0 (0.0)	558 (83.3)	43 (6.4)	0 (0.0)	6 (0.9)	63 (9.4)

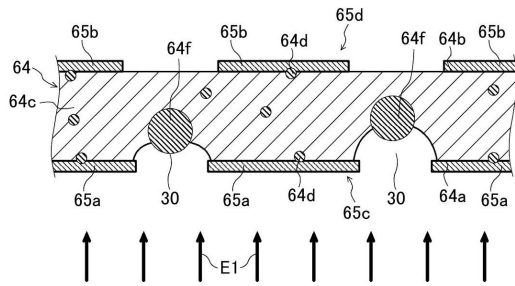
【図 53】

	粒子の 合計数量	Mg数量 (Mg比率)	Al数量 (Al比率)	Si数量 (Si比率)	P数量 (P比率)	Zr数量 (Zr比率)	S数量 (S比率)
一方の耳部	833	0 (0.0)	301 (36.1)	463 (55.6)	5 (0.6)	10 (1.2)	54 (6.5)
他方の耳部	1158	0 (0.0)	532 (45.9)	567 (49.0)	5 (0.4)	0 (0.0)	54 (4.7)

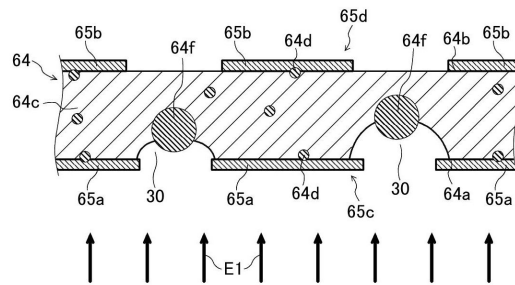
【図 54】



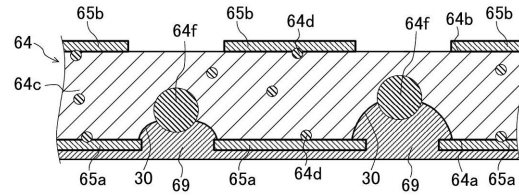
【図 55】



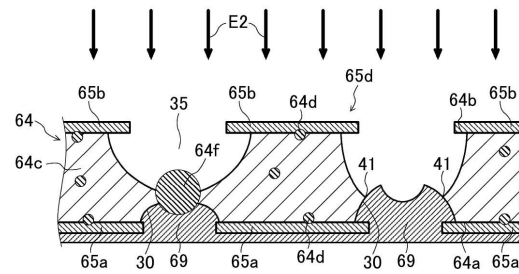
【図 56】



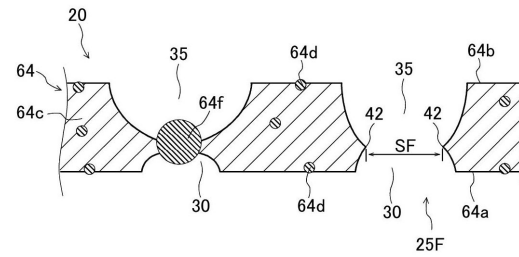
【図 57】



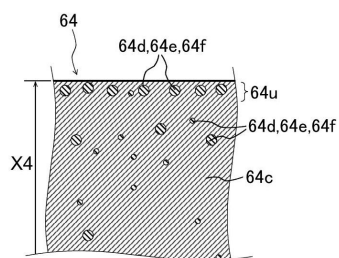
【図 58】



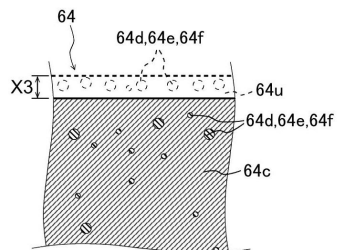
【図 59】



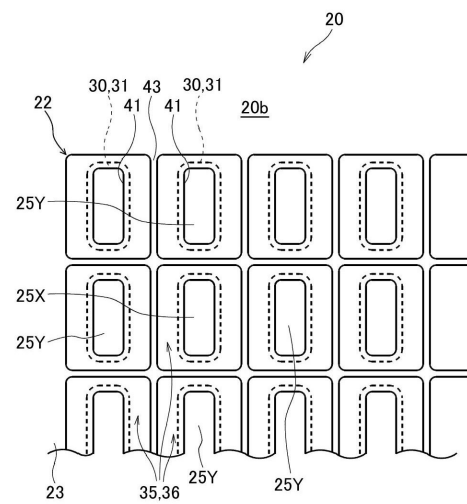
【図 60】



【図 61】



【図 62】



フロントページの続き

- (72)発明者 池永 知加雄
東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号 大日本印刷株式会社内
- (72)発明者 松浦 幸代
東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号 大日本印刷株式会社内
- (72)発明者 遠藤 翔悟
東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号 大日本印刷株式会社内
- (72)発明者 初田 千秋
東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号 大日本印刷株式会社内
- (72)発明者 成田 亜沙子
東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号 大日本印刷株式会社内

審査官 手島 理

- (56)参考文献 特開平05-214492(JP,A)
特開2000-239802(JP,A)
国際公開第2018/052135(WO,A1)
特開2018-059130(JP,A)
特開2001-098347(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
C23C 14/00-14/58