

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6787503号
(P6787503)

(45) 発行日 令和2年11月18日(2020.11.18)

(24) 登録日 令和2年11月2日(2020.11.2)

(51) Int.Cl.	F 1
C 23 C 14/04 (2006.01)	C 23 C 14/04 A
H 01 L 27/32 (2006.01)	H 01 L 27/32
H 05 B 33/10 (2006.01)	H 05 B 33/10
H 01 L 51/50 (2006.01)	H 05 B 33/14 A

請求項の数 5 (全 36 頁)

(21) 出願番号	特願2019-554211 (P2019-554211)	(73) 特許権者	000002897 大日本印刷株式会社 東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号
(86) (22) 出願日	平成30年11月13日(2018.11.13)	(74) 代理人	100091487 弁理士 中村 行孝
(86) 国際出願番号	PCT/JP2018/041915	(74) 代理人	100105153 弁理士 朝倉 悟
(87) 国際公開番号	W02019/098165	(74) 代理人	100127465 弁理士 堀田 幸裕
(87) 国際公開日	令和1年5月23日(2019.5.23)	(74) 代理人	100158964 弁理士 岡村 和郎
審査請求日	令和2年8月6日(2020.8.6)	(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
(31) 優先権主張番号	特願2017-219369 (P2017-219369)		
(32) 優先日	平成29年11月14日(2017.11.14)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国 (JP)		
(31) 優先権主張番号	特願2017-249744 (P2017-249744)		
(32) 優先日	平成29年12月26日(2017.12.26)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国 (JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】蒸着マスクを製造するための金属板の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

蒸着マスクを製造するための金属板の製造方法であって、

前記金属板は、前記金属板の表面に位置する複数の窪みを有し、

前記表面は、 0.1 mm^2 以上の面積を有する検査領域を含み、前記複数の窪みの一部が、前記検査領域に位置し、前記金属板は、 $12000 \mu\text{m}^3 / \text{mm}^2$ 以下の窪み補正容積密度 ($V_2 (0.2 \mu\text{m})$) を有し、前記窪み補正容積密度 ($V_2 (0.2 \mu\text{m})$) は、窪み補正容積を前記検査領域の面積で割ることによって算出され、前記窪み補正容積は、前記検査領域に位置する前記複数の前記窪みの前記一部の、前記金属板の厚み方向において前記表面から $0.2 \mu\text{m}$ 以上離れた部分の容積の総和であり、

前記容積は、前記複数の前記窪みの前記一部の深さをレーザー顕微鏡によって測定した結果に基づいて算出され、

前記金属板は、 $6000 \mu\text{m}^3 / \text{mm}^2$ 以下の窪み補正容積 ($V_2 (0.3 \mu\text{m})$) を有し、前記窪み補正容積 ($V_2 (0.3 \mu\text{m})$) は、前記検査領域に位置する前記複数の前記窪みの前記一部の、前記金属板の厚み方向において前記表面から $0.3 \mu\text{m}$ 以上離れた部分の容積の総和を、前記検査領域の面積で割ることによって算出され、前記窪み補正容積密度 ($V_2 (0.2 \mu\text{m})$) は、窪み補正容積密度 ($V_2 (0.3 \mu\text{m})$) の 2.16 倍以上 8.63 倍以下である、金属板の製造方法。

10

20

【請求項 2】

前記検査領域の面積は 1.5 mm^2 以下である、請求項1に記載の金属板の製造方法。

【請求項 3】

前記窪み補正容積密度($V_2(0.2\mu\text{m})$)が $996\mu\text{m}^3/\text{mm}^2$ 以上である、請求項1又は2に記載の金属板の製造方法。

【請求項 4】

前記金属板は、ニッケルを含む鉄合金からなる、請求項1乃至3のいずれか一項に記載の金属板の製造方法。

【請求項 5】

前記金属板の厚みは $30\mu\text{m}$ 以下である、請求項1乃至4のいずれか一項に記載の金属板の製造方法。 10

【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及び金属板の製造方法に関する。また、本開示の実施形態は、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PC等の持ち運び可能なデバイスで用いられる表示装置に対して、高精細であること、例えば画素密度が 500ppi 以上であることが求められている。また、持ち運び可能なデバイスにおいても、ウルトラハイディフィニション(UHD)に対応することへの需要が高まっており、この場合、表示装置の画素密度が例えば 800ppi 以上であることが好ましい。 20

【0003】

表示装置の中でも、応答性の良さ、消費電力の低さやコントラストの高さのため、有機EL表示装置が注目されている。有機EL表示装置の画素を形成する方法として、所望のパターンで配列された貫通孔が形成された蒸着マスクを用い、所望のパターンで画素を形成する方法が知られている。具体的には、はじめに、有機EL表示装置用の基板に対して蒸着マスクを密着させ、次に、密着させた蒸着マスクおよび基板を共に蒸着装置に投入し、有機材料を基板に蒸着させる蒸着工程を行う。これによって、蒸着マスクの貫通孔のパターンに対応したパターンで、基板上に、有機材料を含む画素を形成することができる。 30

【0004】

蒸着マスクの製造方法としては、フォトリソグラフィー技術を用いたエッチング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。例えば、はじめに、金属板の第1面上に露光・現像処理によって第1レジストパターンを形成し、また金属板の第2面上に露光・現像処理によって第2レジストパターンを形成する。次に、金属板の第1面のうち第1レジストパターンによって覆われていない領域をエッチングして、金属板の第1面に第1凹部を形成する。その後、金属板の第2面のうち第2レジストパターンによって覆われていない領域をエッチングして、金属板の第2面に第2凹部を形成する。この際、第1凹部と第2凹部とが通じ合うようにエッチングを行うことにより、金属板を貫通する貫通孔を形成することができる。蒸着マスクを作製するための金属板は、例えば、ニッケルを含む鉄合金からなる母材を圧延することによって作製される。 40

【先行技術文献】**【特許文献】****【0005】**

【特許文献1】特許第5382259号公報

【発明の開示】**【0006】**

本開示の実施形態は、蒸着マスクの製造に適した金属板を提供することを目的とする。

【0007】

50

本開示の一実施形態は、蒸着マスクを製造するための金属板の製造方法であって、前記金属板は、前記金属板の表面に位置する複数の窪みを有し、前記表面は、 0.1 mm^2 以上の面積を有する検査領域を含み、前記複数の窪みの一部が、前記検査領域に位置し、前記金属板は、 $15000 \mu\text{m}^3 / \text{mm}^2$ 以下の窪み補正容積密度を有し、前記窪み補正容積密度は、窪み補正容積を前記検査領域の面積で割ることによって算出され、前記窪み補正容積は、前記検査領域に位置する前記複数の前記窪みの前記一部の、前記金属板の厚み方向において前記表面から $0.2 \mu\text{m}$ 以上離れた部分の容積の総和であり、前記容積は、前記複数の前記窪みの前記一部の深さをレーザー顕微鏡によって測定した結果に基づいて算出される、金属板の製造方法である。

【0008】

10

本開示の一実施形態による金属板の製造方法において、前記検査領域の面積は 1.5 m^2 以下であってもよい。

【0009】

本開示の一実施形態による金属板の製造方法において、前記窪み補正容積密度が $10 \mu\text{m}^3 / \text{mm}^2$ 以上であってもよい。

【0010】

本開示の一実施形態による金属板の製造方法において、前記金属板は、ニッケルを含む鉄合金からなっていてもよい。

【0011】

20

本開示の一実施形態による金属板の製造方法において、前記金属板の厚みは $30 \mu\text{m}$ 以下であってもよい。

【0012】

本開示の一実施形態は、蒸着マスクを製造するための金属板の製造方法であって、前記金属板は、前記金属板の表面に位置する複数の窪みを有し、前記製造方法は、前記表面の一部に位置する複数の前記窪みの容積の総和に基づいて前記金属板の良否を判定する検査工程を備える、金属板の製造方法である。

【0013】

30

本開示の一実施形態による金属板の製造方法において、前記検査工程は、複数の前記窪みのうち前記金属板の厚み方向において前記表面から補正距離以上離れた部分の容積の総和を前記表面の前記一部の面積で割ることによって窪み補正容積密度を算出する算出工程と、前記窪み補正容積密度が第1閾値以下である場合に前記金属板を良と判定する判定工程と、を有していてもよい。この場合、前記判定工程は、前記窪み補正容積密度が第2閾値以上第1閾値以下である場合に前記金属板を良と判定してもよい。

【0014】

本開示の一実施形態による金属板の製造方法において、前記検査工程は、複数の前記窪みのうち前記金属板の厚み方向において前記表面から補正距離以上離れた部分の容積の総和を前記表面の前記一部の面積で割ることによって窪み補正容積密度を算出する算出工程と、前記窪み補正容積密度が第1閾値以下である前記金属板を選別する選別工程と、を備えていてもよい。この場合、前記選別工程は、前記窪み補正容積密度が第2閾値以上第1閾値以下である前記金属板を選別してもよい。

40

【0015】

本開示の一実施形態による金属板の製造方法において、前記補正距離が $0.2 \mu\text{m}$ であってもよい。

【0016】

本開示の一実施形態による金属板の製造方法において、前記第1閾値が $15000 \mu\text{m}^3 / \text{mm}^2$ であってもよい。また、前記第2閾値が $10 \mu\text{m}^3 / \text{mm}^2$ であってもよい。

【0017】

本開示の一実施形態による金属板の製造方法において、前記算出工程は、前記表面の前記一部の各位置において前記窪みの深さを測定する測定工程を含んでいてもよい。

【0018】

50

本開示の一実施形態による金属板の製造方法において、前記測定工程は、前記窪みの深さをレーザー顕微鏡によって測定してもよい。

【0019】

本開示の一実施形態による金属板の製造方法において、前記表面の前記一部の面積は、 0.1 mm^2 以上であってもよい。

【0020】

本開示の一実施形態は、蒸着マスクを製造するための金属板であって、前記金属板は、前記金属板の表面に位置する複数の窪みを有し、前記表面の一部に位置する複数の前記窪みのうち前記金属板の厚み方向において前記表面から $0.2 \mu\text{m}$ 以上離れた部分の容積の総和を窪み補正容積と称する場合、前記窪み補正容積を前記表面の前記一部の面積で割ることによって算出される窪み補正容積密度が、 $15000 \mu\text{m}^3 / \text{mm}^2$ 以下であり、前記窪み補正容積は、前記表面の前記一部の各位置において前記窪みの深さをレーザー顕微鏡によって測定した結果に基づいて算出され、前記表面の前記一部の面積は、 0.1 mm^2 以上である、金属板である。10

【0021】

本開示の一実施形態による金属板において、前記窪み補正容積密度が $10 \mu\text{m}^3 / \text{mm}^2$ 以上であってもよい。

【0022】

本開示の一実施形態による金属板において、前記金属板は、ニッケルを含む鉄合金からなっていてもよい。20

【0023】

本開示の一実施形態は、複数の貫通孔が形成された蒸着マスクを製造する方法であって、上記記載の金属板の製造方法によって製造された金属板、又は、上記記載の金属板を準備する工程と、前記金属板をエッチングして前記金属板に前記貫通孔を形成する加工工程と、を備える、蒸着マスクの製造方法である。

【0024】

本開示の一実施形態は、蒸着マスクであって、表面に位置する複数の窪みを有する金属板と、前記金属板に形成された複数の貫通孔と、を備え、前記表面の一部に位置する複数の前記窪みのうち前記金属板の厚み方向において前記表面から $0.2 \mu\text{m}$ 以上離れた部分の容積の総和を窪み補正容積と称する場合、前記窪み補正容積を前記表面の前記一部の面積で割ることによって算出される窪み補正容積密度が、 $15000 \mu\text{m}^3 / \text{mm}^2$ 以下であり、前記窪み補正容積は、前記表面の前記一部の各位置において前記窪みの深さをレーザー顕微鏡によって測定した結果に基づいて算出され、前記表面の前記一部の面積は、 0.1 mm^2 以上である、蒸着マスクである。30

【0025】

本開示の一実施形態による蒸着マスクにおいて、前記窪み補正容積密度が $10 \mu\text{m}^3 / \text{mm}^2$ 以上であってもよい。

【0026】

本開示の一実施形態によれば、蒸着マスクの製造に適した金属板を効率的に得ることができる。40

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】本開示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EL表示装置（有機EL表示装置中間体）を示す断面図である。

【図3】本開示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】図4のVI-VI線に沿った断面図である。

【図7】図4のVII-VII線に沿った断面図である。50

- 【図 8】蒸着マスクの有効領域の一変形例を示す部分平面図である。
- 【図 9】図 8 のIX - IX線に沿った断面図である。
- 【図 10】貫通孔およびその近傍の領域を拡大して示す断面図である。
- 【図 11】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 12】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 13】圧延によって得られた金属板の表面に複数の窪みが存在する様子を示す図である。
- 【図 14】金属板の断面の一例を示す図である。
- 【図 15】図 14 に示す金属板を第 1 面側からエッチングして第 2 凹部を形成する工程を示す断面図である。 10
- 【図 16】第 1 凹部に連通する第 2 凹部を金属板の第 2 面側に形成する工程を示す断面図である。
- 【図 17】金属板の窪みに起因して貫通孔の開口寸法の精度が低下する様子を説明するための図である。
- 【図 18】金属板の検査工程を説明するための平面図である。
- 【図 19】金属板の検査工程を説明するための断面図である。
- 【図 20】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。
- 【図 21】金属板上にレジスト膜を形成する工程を示す図である。
- 【図 22】レジスト膜に露光マスクを密着させる工程を示す図である。 20
- 【図 23】レジスト膜を現像する工程を示す図である。
- 【図 24】第 1 面エッチング工程を示す図である。
- 【図 25】第 1 凹部を樹脂によって被覆する工程を示す図である。
- 【図 26】第 2 面エッチング工程を示す図である。
- 【図 27】図 26 に続く第 2 面エッチング工程を示す図である。
- 【図 28】金属板から樹脂及びレジストパターンを除去する工程を示す図である。
- 【図 29】第 1 検査例によって各サンプルの表面の窪みの状態を検査した結果を示す表である。 30
- 【図 30】各金属板に形成した凹部及びリブ部のパターンの一例を示す平面図である。
- 【図 31】図 30 に示す金属板の断面図である。
- 【図 32】各金属板に形成した凹部及びリブ部のパターンのその他の例を示す平面図である。
- 【図 33】第 1 検査例によって得られた指標と、各サンプルに形成されたリブ部の寸法精度との相関を示す散布図である。 30
- 【図 34】第 2 検査例～第 5 検査例によって金属板の各サンプルの表面の窪みの状態を検査した結果を示す表である。
- 【図 35】第 2 検査例によって得られた指標と、各サンプルに形成されたリブ部の寸法精度との相関を示す散布図である。
- 【図 36】第 3 検査例によって得られた指標と、各サンプルに形成されたリブ部の寸法精度との相関を示す散布図である。
- 【図 37】第 4 検査例によって得られた指標と、各サンプルに形成されたリブ部の寸法精度との相関を示す散布図である。 40
- 【図 38】第 5 検査例によって得られた指標と、各サンプルに形成されたリブ部の寸法精度との相関を示す散布図である。
- 【図 39】選別された複数の金属板の窪み補正容積密度の分布の一例を示す図である。
- 【図 40】選別された複数の金属板の窪み補正容積密度の分布の一例を示す図である。
- 【図 41】製造された複数の金属板の窪み補正容積密度の分布の一例を示す図である。
- 【発明を実施するための形態】
- 【0028】
- 以下、図面を参照して本開示の一実施の形態について説明する。なお、本件明細書に添付する図面においては、図示と理解のしやすさの便宜上、適宜縮尺および縦横の寸法比等 50

を、実物のそれらから変更し誇張してある。

【0029】

なお、本開示の実施形態は、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得る。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得る。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得る。

【0030】

また、本開示の実施形態において、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。

10

【0031】

また、本開示の実施形態が解決しようとする課題について説明する。

【0032】

圧延後の金属板の表面には、オイルピットなどの窪みが形成されていることがある。金属板の表面の窪みの状態は、金属板に形成される貫通孔の寸法精度や位置精度に影響を及ぼす。例えば、金属板の表面の窪みの深さが大きくなると、金属板に形成される貫通孔の寸法が設計値よりも大きくなる。従って、金属板の表面の窪みの状態を検査する技術は重要である。

【0033】

金属板の表面の窪みなどの起伏を検査する技術として、表面の算術平均粗さ R_a や最大高さ R_y を算出するという技術が知られている。算術平均粗さ R_a とは、厚み方向における金属板の表面の、金属板の厚み方向における位置（以下、高さ位置とも称する）を、所定の直線上の複数の点において測定し、その平均を算出することによって得られる値である。また、最大高さ R_y とは、金属板の表面の高さ位置を、所定の直線上の複数の点において測定した場合の、測定結果の最大値と最小値の差である。

20

【0034】

本件発明者らが鋭意研究を行ったところ、算術平均粗さ R_a などの、従来技術における表面起伏の指標と、金属板に形成される貫通孔の寸法精度との間の相関が、必ずしも高くないことを見出した。このため、仮に算術平均粗さ R_a に基づいて金属板の良否を判定する場合、誤判定を防ぐために合否判定の閾値を必要以上に厳しくする必要がある。この結果、金属板の歩留まりが低下してしまう。

30

【0035】

本開示の実施形態は、このような課題を効果的に解決し得る金属板及び金属板の製造方法並びに蒸着マスク及び蒸着マスクの製造方法を提供することを目的とする。

【0036】

図1～図28は、本開示の一実施の形態を説明するための図である。以下の実施の形態およびその変形例では、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ニングするために用いられる蒸着マスクの製造方法を例にあげて説明する。ただし、このような適用に限定されることなく、種々の用途に用いられる蒸着マスクに対し、本開示の実施形態を適用することができる。

40

【0037】

なお、本明細書において、「板」、「シート」、「フィルム」の用語は、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。例えば、「板」はシートやフィルムと呼ばれ得るような部材も含む概念である。

【0038】

また、「板面（シート面、フィルム面）」とは、対象となる板状（シート状、フィルム状）の部材を全体的かつ大局的に見た場合において対象となる板状部材（シート状部材、フィルム状部材）の平面方向と一致する面のことを指す。また、板状（シート状、フィルム状）の部材に対して用いる法線方向とは、当該部材の板面（シート面、フィルム面）に対する法線方向のことを指す。

50

【0039】

さらに、本明細書において用いる、形状や幾何学的条件および物理的特性並びにそれらの程度を特定する、例えば、「平行」、「直交」、「同一」、「同等」等の用語や長さや角度並びに物理的特性の値等については、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こととする。

【0040】

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（例えばるつぼ94）、ヒータ96、及び蒸着マスク装置10を備えていてもよい。また、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ていてもよい。るつぼ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、るつぼ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、るつぼ94と対向するよう配置されている。10

【0041】

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、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する。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内に配置される。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。20

【0042】

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。

【0043】

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を備えていてもよい。各蒸着マスク20は、一対の長辺26及び一対の短辺27を含んでいてもよい。例えば、各蒸着マスク20は、矩形状の形状を有していてもよい。各蒸着マスク20は、一対の短辺27又はその近傍の部分において、例えばスポット溶接によってフレーム15に固定されていてもよい。30

【0044】

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、金属製の板状の基材を含んでいてもよい。るつぼ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の表面に成膜することができる。40

【0045】

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、を少なくとも備える。なお、図示はしないが、有機EL表示装置100は、蒸着材料98を含む画素に電気的に接続された電極を更に備えている。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。また、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。50

【 0 0 4 6 】

なお、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。

【 0 0 4 7 】

ところで、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。この場合、蒸着マスク 20 やフレーム 15 と有機 EL 基板 92 の熱膨張係数が大きく異なっていると、それらの寸法変化の差異に起因した位置ずれが生じ、この結果、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低下してしまう。

10

【 0 0 4 8 】

このような課題を解決するため、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。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ることができる。例えば、蒸着マスク 20 を構成する基材の材料として、30 質量 % 以上且つ 54 質量 % 以下のニッケルを含む鉄合金を用いることができる。ニッケルを含む鉄合金の具体例としては、34 質量 % 以上且つ 38 質量 % 以下のニッケルを含むインバー材、30 質量 % 以上且つ 34 質量 % 以下のニッケルに加えてさらにコバルトを含むスーパーインバー材、38 質量 % 以上且つ 54 質量 % 以下のニッケルを含む低熱膨張 Fe - Ni 系めっき合金などを挙げることができる。

20

【 0 0 4 9 】

なお蒸着処理の際に、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はない。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ることができる。また、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。

30

【 0 0 5 0 】

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、蒸着マスク 20 の一対の短辺 27 を含む一対の耳部（第 1 耳部 17a 及び第 2 耳部 17b ）と、一対の耳部 17a , 17b の間に位置する中間部 18 と、を備えていてもよい。

【 0 0 5 1 】

まず、耳部 17a , 17b について詳細に説明する。耳部 17a , 17b は、蒸着マスク 20 のうちフレーム 15 に固定される部分である。本実施の形態において、耳部 17a , 17b は、中間部 18 と一体的に構成されている。なお、耳部 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、耳部 17a , 17b は、例えば溶接によって中間部 18 に接合される。

40

【 0 0 5 2 】

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、を含んでいてもよい。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。

【 0 0 5 3 】

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

50

ば、有機EL表示装置100の多面付蒸着が可能である。なお、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。

【0054】

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していてもよい。なお図示はしないが、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することができる。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。また、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。

【0055】

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。貫通孔25の一例について、図5～図7を主に参照して更に詳述する。図5～図7はそれぞれ、図4の有効領域22のV-V方向～VII-VII方向に沿った断面図である。

10

【0056】

図5～図7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21の第1面21a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21の第2面21b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とが互い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。

20

【0057】

図5～図7に示すように、蒸着マスク20の第2面20bの側から第1面20aの側へ向けて、蒸着マスク20の法線方向Nに沿った各位置における蒸着マスク20の板面に沿った断面での各第2凹部35の開口面積は、しだいに小さくなっていく。同様に、蒸着マスク20の法線方向Nに沿った各位置における蒸着マスク20の板面に沿った断面での各第1凹部30の開口面積は、蒸着マスク20の第1面20aの側から第2面20bの側へ向けて、しだいに小さくなっていく。

30

【0058】

図5～図7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。接続部41は、蒸着マスク20の法線方向Nに対して傾斜した第1凹部30の壁面31と、蒸着マスク20の法線方向Nに対して傾斜した第2凹部35の壁面36とが合流する張り出し部の稜線によって、画成されている。そして、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

【0059】

図5～図7に示すように、蒸着マスク20の法線方向Nに沿った他方の側の面、すなわち、蒸着マスク20の第1面20a上において、隣り合う二つの貫通孔25は、蒸着マスク20の板面に沿って互いから離間している。すなわち、後述する製造方法のように、蒸着マスク20の第1面20aに対応するようになる金属板21の第1面21a側から当該金属板21をエッチングして第1凹部30を作製する場合、隣り合う二つの第1凹部30の間に金属板21の第1面21aが残存するようになる。

【0060】

同様に、図5～図7に示すように、蒸着マスク20の法線方向Nに沿った一方の側、すなわち、蒸着マスク20の第2面20bの側においても、隣り合う二つの第2凹部35が、蒸着マスク20の板面に沿って互いから離間している。すなわち、隣り合う二つの第2

50

凹部 3 5 の間に金属板 2 1 の第 2 面 2 1 b が残存している。以下の説明において、金属板 2 1 の第 2 面 2 1 b の有効領域 2 2 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 4 3 とも称する。このようなトップ部 4 3 が残るよう蒸着マスク 2 0 を作製することにより、蒸着マスク 2 0 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 2 0 が破損してしまうことを抑制することができる。なおトップ部 4 3 の幅 が大きすぎると、蒸着工程においてシャドーが発生し、これによって蒸着材料 9 8 の利用効率が低下することがある。従って、トップ部 4 3 の幅 が過剰に大きくなないように蒸着マスク 2 0 が作製されることが好ましい。例えば、トップ部 4 3 の幅 が 2 μm 以下であることが好ましい。なおトップ部 4 3 の幅 は一般に、蒸着マスク 2 0 を切断する方向に応じて変化する。例えば、図 5 ~ 図 7 に示すトップ部 4 3 の幅 10 は互いに異なることがある。この場合、いずれの方向で蒸着マスク 2 0 を切断した場合にもトップ部 4 3 の幅 が 2 μm 以下になるよう、蒸着マスク 2 0 が構成されていてもよい。シャドーとは、有機 EL 基板 9 2 などの蒸着対象物のうち蒸着マスク 2 0 の貫通孔と重なっている領域への蒸着材料の付着が、蒸着マスク 2 0 の第 2 面 2 0 b や壁面によって阻害される現象のことである。

【0061】

図 1 に示すようにして蒸着マスク装置 1 0 が蒸着装置 9 0 に収容された場合、図 5 に二点鎖線で示すように、蒸着マスク 2 0 の第 1 面 2 0 a が、有機 EL 基板 9 2 に対面し、蒸着マスク 2 0 の第 2 面 2 0 b が、蒸着材料 9 8 を保持したるつぼ 9 4 側に位置する。したがって、蒸着材料 9 8 は、次第に開口面積が小さくなっていく第 2 凹部 3 5 を通過して有機 EL 基板 9 2 に付着する。図 5 において第 2 面 2 0 b 側から第 1 面 2 0 a へ向かう矢印 20 で示すように、蒸着材料 9 8 は、るつぼ 9 4 から有機 EL 基板 9 2 に向けて有機 EL 基板 9 2 の法線方向 N に沿って移動するだけでなく、有機 EL 基板 9 2 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 2 0 の厚みが大きいと、斜めに移動する蒸着材料 9 8 が、トップ部 4 3 、第 2 凹部 3 5 の壁面 3 6 や第 1 凹部 3 0 の壁面 3 1 に引っ掛かり易くなり、この結果、貫通孔 2 5 を通過できない蒸着材料 9 8 の比率が多くなる。従って、蒸着材料 9 8 の利用効率を高めるためには、蒸着マスク 2 0 の厚み t を小さくし、これによって、第 2 凹部 3 5 の壁面 3 6 や第 1 凹部 3 0 の壁面 3 1 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 2 0 を構成するための金属板 2 1 として、蒸着マスク 2 0 の強度を確保できる範囲内で可能な限り厚み t 30 の小さな金属板 2 1 を用いることが好ましいと言える。この点を考慮し、本実施の形態において、蒸着マスク 2 0 の厚み t は、例えば 3 0 μm 以下、好ましくは 2 5 μm 以下、更に好ましくは 2 0 μm 以下になっている。蒸着マスク 2 0 の厚み t は、1 8 μm 以下であってもよく、1 5 μm 以下であってもよい。一方、蒸着マスク 2 0 の厚みが小さくなり過ぎると、蒸着マスク 2 0 の強度が低下し、蒸着マスク 2 0 に損傷や変形が生じやすくなる。この点を考慮し、蒸着マスク 2 0 の厚み t は、5 μm 以上であってもよく、7 μm 以上であってもよく、1 0 μm 以上であってもよく、1 3 μm 以上であってもよく、1 5 μm 以上であってもよい。なお厚み t は、周囲領域 2 3 の厚み、すなわち蒸着マスク 2 0 のうち第 1 凹部 3 0 および第 2 凹部 3 5 が形成されていない部分の厚みである。従って厚み t 40 は、金属板 2 1 の厚みであると言うこともできる。

【0062】

蒸着マスク 2 0 の厚み t の範囲は、上述の複数の上限の候補値のうちの任意の 1 つと、上述の複数の下限の候補値のうちの任意の 1 つの組み合わせによって定められてもよい。例えば、蒸着マスク 2 0 の厚み t は、5 μm 以上 3 0 μm 以下であってもよく、7 μm 以上 2 5 μm 以下であってもよく、1 0 μm 以上 2 0 μm 以下であってもよく、1 3 μm 以上 1 8 μm 以下であってもよい。また、蒸着マスク 2 0 の厚み t の範囲は、上述の複数の上限の候補値のうちの任意の 2 つの組み合わせによって定められてもよい。例えば、蒸着マスク 2 0 の厚み t は、2 5 μm 以上 3 0 0 μm 以下であってもよい。また、蒸着マスク 2 0 の厚み t の範囲は、上述の複数の下限の候補値のうちの任意の 2 つの組み合わせによつて定められてもよい。例えば、蒸着マスク 2 0 の厚み t は、5 μm 以上 7 μm 以下であ 50

つてもよい。

【0063】

図5において、貫通孔25の最小開口面積を持つ部分となる接続部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L1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₂を小さくすることも有効である。

【0064】

図7において、符号₂は、金属板21の第1面21a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₂および貫通部42の寸法_{r₂}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₂は5μm以上且つ40μm以下であり、貫通部42の寸法_{r₂}は10μm以上且つ60μm以下である。

【0065】

リブ部の幅₂は、10μm以上であってもよく、15μm以上であってもよく、20μm以上であってもよい。また、リブ部の幅₂は、35μm以下であってもよく、30μm以下であってもよく、25μm以下であってもよい。リブ部の幅₂の範囲は、上述の複数の上限の候補値のうちの任意の1つと、上述の複数の下限の候補値のうちの任意の1つの組み合わせによって定められてもよい。例えば、リブ部の幅₂は、10μm以上35μm以下であってもよく、15μm以上30μm以下であってもよく、20μm以上25μm以下であってもよい。また、リブ部の幅₂の範囲は、上述の複数の上限の候補値のうちの任意の2つの組み合わせによって定められてもよい。例えば、リブ部の幅₂は、35μm以上40μm以下であってもよい。また、リブ部の幅₂の範囲は、上述の複数の下限の候補値のうちの任意の2つの組み合わせによって定められてもよい。例えば、リブ部の幅₂は、5μm以上10μm以下であってもよい。

【0066】

貫通部42の寸法_{r₂}は、15μm以上であってもよく、20μm以上であってもよく、25μm以上であってもよく、30μm以上であってもよい。また、貫通部42の寸法_{r₂}の下限は、上述の10μmよりも小さくてもよい。例えば、貫通部42の寸法_{r₂}は、5μm以上であってもよい。また、貫通部42の寸法_{r₂}は、55μm以下であってもよく、50μm以下であってもよく、45μm以下であってもよく、40μm以下であってもよく、35μm以下であってもよい。貫通部42の寸法_{r₂}の範囲は、上述の複数の上限の候補値のうちの任意の1つと、上述の複数の下限の候補値のうちの任意の1つの組み合わせによって定められてもよい。例えば、貫通部42の寸法_{r₂}は、15μm以上55μm以下であってもよく、20μm以上50μm以下であってもよく、25μm以上45μm以下であってもよく、30μm以上40μm以下であってもよく、30μm以上35μm以下であってもよい。また、貫通部42の寸法_{r₂}の範囲は、上述の複数の上限の候補値のうちの任意の2つの組み合わせによって定められてもよい。例えば、貫通部42の寸法_{r₂}は、55μm以上60μm以下であってもよい。また、貫通部42の寸法_{r₂}の範囲は、上述の複数の下限の候補値のうちの任意の2つの組み合わせによって定められてもよい。例えば、貫通部42の寸法_{r₂}は、5μm以上10μm以下であってもよい。

【0067】

なお、図4乃至図7においては、隣り合う二つの第2凹部35の間に金属板21の第2面21b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8に示すように、場所によっては、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21の第2面21bが残存していない場所が存在していてもよい。また、図示はしないが、第2面21bの全域にわたって隣り合う二つの第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

10

20

30

40

50

い。図9は、図8の有効領域22のIX-IX方向に沿った断面図である。

【0068】

限定はされないが、本実施の形態による蒸着マスク20は、450ppi以上の画素密度の有機EL表示装置を作製する場合に特に有効なものである。以下、図10を参照して、そのような高い画素密度の有機EL表示装置を作製するために求められる蒸着マスク20の寸法の一例について説明する。図10は、図5に示す蒸着マスク20の貫通孔25およびその近傍の領域を拡大して示す断面図である。

【0069】

図10においては、貫通孔25の形状に関連するパラメータとして、蒸着マスク20の第1面20aから接続部41までの、蒸着マスク20の法線方向Nに沿った方向における距離、すなわち第1凹部30の壁面31の高さが符号 r_1 で表されている。さらに、第1凹部30が第2凹部35に接続する部分における第1凹部30の寸法、すなわち貫通部42の寸法が符号 r_2 で表されている。また図10において、接続部41と、金属板21の第1面21a上における第1凹部30の先端縁と、を結ぶ直線L2が、金属板21の法線方向Nに対して成す角度が、符号 θ_2 で表されている。

【0070】

450ppi以上の画素密度の有機EL表示装置を作製する場合、貫通部42の寸法 r_2 は、好ましくは10μm以上且つ60μm以下に設定される。これによって、高い画素密度の有機EL表示装置を作製することができる蒸着マスク20を提供することができる。好ましくは、第1凹部30の壁面31の高さ r_1 は、6μm以下に設定される。

【0071】

次に、図10に示す上述の角度 θ_2 について説明する。角度 θ_2 は、金属板21の法線方向Nに対して傾斜するとともに接続部41近傍で貫通部42を通過するように飛来した蒸着材料98のうち、有機EL基板92に到達することができる蒸着材料98の傾斜角度の最大値に相当する。なぜなら、接続部41を通って角度 θ_2 よりも大きな傾斜角度で飛来した蒸着材料98は、有機EL基板92に到達するよりも前に第1凹部30の壁面31に付着するからである。従って、角度 θ_2 を小さくすることにより、大きな傾斜角度で飛来して貫通部42を通過した蒸着材料98が有機EL基板92に付着することを抑制することができ、これによって、有機EL基板92のうち貫通部42に重なる部分よりも外側の部分に蒸着材料98が付着してしまうことを抑制することができる。すなわち、角度 θ_2 を小さくすることは、有機EL基板92に付着する蒸着材料98の面積や厚みのばらつきの抑制を導く。このような観点から、例えば貫通孔25は、角度 θ_2 が45度以下になるように形成される。なお図10においては、第1面21aにおける第1凹部30の寸法、すなわち、第1面21aにおける貫通孔25の開口寸法が、接続部41における第1凹部30の寸法 r_2 よりも大きくなっている例を示した。すなわち、角度 θ_2 の値が正の値である例を示した。しかしながら、図示はしないが、接続部41における第1凹部30の寸法 r_2 が、第1面21aにおける第1凹部30の寸法よりも大きくなっていてもよい。すなわち、角度 θ_2 の値は負の値であってもよい。

【0072】

次に、蒸着マスク20を製造する方法について説明する。

【0073】

はじめに、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。圧延材は、30μm以下の厚みを有していてもよい。また、圧延材は、30質量%以上且つ38質量%以下のニッケルと、0質量%以上6質量%以下のコバルトと、残部の鉄と、不可避の不純物と、を含んでいてもよい。

【0074】

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

10

20

30

40

50

解する溶解工程を実施する。例えば、アーク放電などの気体放電を利用して各原材料を溶解して混合する。これによって、金属板のための母材を得ることができる。

【0075】

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。溶解工程は、脱酸、脱水、脱窒素などのためにアルミニウム、マンガン、シリコンなどを溶解炉に投入する工程を含んでいてもよい。また、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。

【0076】

母材を溶解炉から取り出した後、母材の表面を削り取る研削工程を実施してもよい。これによって、スケールなどの酸化物の被膜を除去することができる。具体的な研削方法は特には限られないが、砥石車を回転させて母材の表面を削る、いわゆるグラインディング法や、母材を切削具に押し込んで母材の表面を削る、いわゆる押し込み法などを採用することができる。研削工程は、母材の厚みが均一になるように実施されてもよい。

【0077】

続いて、図11に示すように、ニッケルを含む鉄合金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66a, 66b(ワーカーロール)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、厚みT0の金属板64を得ることができる。図11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。

【0078】

なお図11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向に限られることはない。例えば、図11及び図12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。

【0079】

圧延工程においては、母材60に接触する圧延ロール66a, 66bの直径を調整することにより、金属板64の表面粗さを調整することができる。例えば、圧延ロール66a, 66bの直径を小さくすることにより、金属板64の表面に存在する後述する窪みの容積を小さくすることができる。これにより、例えば、後述する窪み補正容積密度を15000 $\mu\text{m}^3/\text{mm}^2$ 以下にすることができる。

【0080】

圧延ロールの直径は、好ましくは28mm以上である。圧延ロールの直径は、40mm以上であってもよく、50mm以上であってもよい。また、圧延ロールの直径は、好ましくは150mm以下である。圧延ロールの直径は、120mm以下であってもよく、100mmであってもよく、80mm以下であってもよい。

圧延ロールの直径の範囲は、複数の上限の候補値のうちの任意の1つと、複数の下限の候補値のうちの任意の1つの組み合わせによって定められてもよい。例えば、圧延ロールの直径は、28mm以上150mm以下であってもよく、40mm以上120mm以下であってもよい。また、圧延ロールの直径の範囲は、複数の上限の候補値のうちの任意の2つの組み合わせによって定められてもよい。例えば、圧延ロールの直径は、120mm以上150mm以下であってもよい。また、圧延ロールの直径の範囲は、複数の下限の候補値のうちの任意の2つの組み合わせによって定められてもよい。例えば、圧延ロールの直

10

20

30

40

50

径は、28mm以上40mm以下であってもよい。圧延ロールの直径は、好ましくは28mm以上150mm以下であり、より好ましくは40mm以上120mm以下であり、より好ましくは50mm以上100mm以下であり、より好ましくは50mm以上80mm以下である。

【0081】

また、圧延工程においては、金属板64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（ワーカロール）66a, 66b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く、バックアップロールの位置を板幅方向に適宜調整してもよい。

【0082】

また、圧延工程においては、圧延速度、すなわち母材の搬送速度を調整してもよい。なお、窪み補正容積密度をより小さくするという観点においては、圧延速度を遅くすることが好ましい。圧延速度を遅くすることにより、母材60と圧延ロール66a, 66bとの間に巻き込まれる圧延オイルなどのクーラントの量を減少させることができる。これにより、金属板64の表面に形成されるオイルピットの数、面積などを減少させることができる。

10

【0083】

圧延速度は、好ましくは30m／分以上である。圧延速度は、50m／分以上であってもよく、70m／分以上であってもよく、100m／分以上であってもよい。また、圧延速度は、好ましくは200m／分以下である。圧延速度は、150m／分以下であってもよく、100m／分以下であってもよく、80m／分以下であってもよい。

20

圧延速度は、複数の上限の候補値のうちの任意の1つと、複数の下限の候補値のうちの任意の1つの組み合わせによって定められてもよい。例えば、圧延速度は、30m／分以上200m／分以下であってもよく、50m／分以上150m／分以下であってもよい。また、圧延速度の範囲は、複数の上限の候補値のうちの任意の2つの組み合わせによって定められてもよい。例えば、圧延速度は、150m／分以上200m／分以下であってもよく、100m／分以上150m／分以下であってもよい。また、圧延速度の範囲は、複数の下限の候補値のうちの任意の2つの組み合わせによって定められてもよい。例えば、圧延速度の範囲は、30m／分以上50m／分以下であってもよく、50m／分以上70m／分以下であってもよい。圧延速度は、好ましくは30m／分以上200m／分以下であり、より好ましくは30m／分以上150m／分以下であり、より好ましくは30m／分以上100m／分以下であり、より好ましくは30m／分以上80m／分以下である。

30

【0084】

また、冷間圧延工程においては、母材60と圧延ロール66a, 66bとの間に灯油やニート油などのクーラントを供給してもよい。これにより、母材の温度を制御することができる。なお、窪み補正容積密度をより小さくするという観点においては、クーラントの供給量を少なくすることが好ましい。

【0085】

また、クーラントを適切に選択することによっても、金属板64の表面に形成されるオイルピットや圧延筋の数、面積などを調整することができる。例えば、クーラントとしてニート油を用いることができる。ニート油は、圧延時の粘度の上昇が生じにくいという特性を有する。このため、クーラントとしてニート油を用いることにより、母材60と圧延ロール66a, 66bとの間に巻き込まれるクーラントの量を低減することができる。これにより、金属板64の表面にオイルピットが形成されることを抑制することができる。

40

【0086】

また、圧延ロールの表面粗さを適切に選択することによっても、金属板64の表面に形成されるオイルピットや圧延筋の数、面積などを調整することができる。例えば、圧延ロールの表面粗度Raを小さくすることにより、金属板64の表面に圧延筋が形成されることを抑制することができる。圧延ロールの表面粗度Raは、好ましくは0.2μm以下である。圧延ロールの表面粗度Raは、0.15μm以下であってもよく、0.1μm以下

50

であってもよく、 $0.05 \mu\text{m}$ 以下であってもよい。圧延ロールの表面粗度 R_z は、好ましくは $2.0 \mu\text{m}$ 以下である。圧延ロールの表面粗度 R_x は、 $1.5 \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $1.0 \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $0.5 \mu\text{m}$ 以下であってもよい。また、圧延ロールの表面粗度 R_z は、好ましくは $2.0 \mu\text{m}$ 以下である。圧延ロールの表面粗度 R_z は、 $1.5 \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $1.0 \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $0.5 \mu\text{m}$ 以下であってもよい。表面粗度 R_a 、 R_z は、JIS B 0601：2013に基づいて測定される。

【0087】

また、圧延工程の前後、又は圧延工程の間に母材60又は金属板64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60又は金属板64に照射して組成を分析してもよい。また、熱機械分析(TMA:Thermomechanical Analysis)によって母材60又は金属板64の熱膨張量を測定してもよい。10

【0088】

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12に示すように、アニール装置67を用いて金属板64をアニールするアニール工程を実施してもよい。アニール工程は、図12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。なお、図12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。20

【0089】

アニール工程の条件は、金属板64の厚みや圧下率などに応じて適切に設定されるが、例えば、500以上600以下の範囲内で30秒以上～90秒以下にわたってアニール工程が実施される。なお上記の秒数は、アニール装置67中で所定の温度に調整された空間を金属板64が通過することに要する時間を表している。アニール工程の温度は、金属板64の軟化が生じないように設定されてもよい。

【0090】

アニール工程の温度の下限は、上述の500よりも低くてもよい。例えば、アニール工程の温度は、400以上であってもよく、450以上であってもよい。また、アニール工程の温度の上限は、上述の600よりも高くてもよい。例えば、アニール工程の温度は、700以下であってもよく、650以下であってもよい。また、アニール工程の温度の範囲は、上述の複数の上限の候補値のうちの任意の1つと、上述の複数の下限の候補値のうちの任意の1つの組み合わせによって定められてもよい。例えば、アニール工程の温度は、400以上700以下であってもよく、450以上650以下であってもよい。また、アニール工程の温度の範囲は、上述の複数の上限の候補値のうちの任意の2つの組み合わせによって定められてもよい。例えば、アニール工程の温度は、650以上700以下であってもよい。また、アニール工程の温度の範囲は、上述の複数の下限の候補値のうちの任意の2つの組み合わせによって定められてもよい。例えば、アニール工程の温度は、400以上450以下であってもよい。3040

【0091】

アニール工程の時間は、40秒以上であってもよく、50秒以上であってもよい。また、アニール工程の時間の下限は、上述の30秒よりも短くてもよい。例えば、アニール工程の時間は、10秒以上であってもよく、20秒以上であってもよい。また、アニール工程の時間は、80秒以下であってもよく、70秒以下であってもよく、60秒以下であってもよい。また、アニール工程の時間の上限は、上述の90秒よりも長くてもよい。例えば、アニール工程の時間は、100秒以下であってもよい。また、アニール工程の時間の範囲は、上述の複数の上限の候補値のうちの任意の1つと、上述の複数の下限の候補値の

うちの任意の 1 つの組み合わせによって定められてもよい。例えば、アニール工程の時間は、10秒以上100秒以下であってもよく、20秒以上90秒以下であってもよく、30秒以上80秒以下であってもよく、40秒以上70秒以下であってもよく、50秒以上60秒以下であってもよい。また、アニール工程の時間の範囲は、上述の複数の上限の候補値のうちの任意の 2 つの組み合わせによって定められてもよい。例えば、アニール工程の時間は、90秒以上100秒以下であってもよい。また、アニール工程の時間の範囲は、上述の複数の下限の候補値のうちの任意の 2 つの組み合わせによって定められてもよい。例えば、アニール工程の時間は、10秒以上20秒以下であってもよい。

【0092】

好ましくは上述のアニール工程は、非還元雰囲気や不活性ガス雰囲気で実施される。10 ここで非還元雰囲気とは、水素などの還元性ガスを含まない雰囲気のことである。「還元性ガスを含まない」とは、水素などの還元性ガスの濃度が 10 % 以下であることを意味している。アニール工程において、還元性ガスの濃度は、8 % 以下であってもよく、6 % 以下であってもよく、4 % 以下であってもよく、2 % 以下であってもよく、1 % 以下であってもよい。また不活性ガス雰囲気とは、アルゴンガス、ヘリウムガス、窒素ガスなどの不活性ガスの濃度が 90 % 以上である雰囲気のことである。アニール工程において、不活性ガスの濃度は、92 % 以上であってもよく、94 % 以上であってもよく、96 % 以上であってもよく、98 % 以上であってもよく、99 % 以上であってもよい。非還元雰囲気や不活性ガス雰囲気でアニール工程を実施することにより、ニッケル水酸化物などのニッケル化合物が金属板 64 の表面層に生成されることを抑制することができる。アニール装置 67 20 は、不活性ガスの濃度をモニタする機構や、不活性ガスの濃度を調整する機構を有してもよい。

【0093】

アニール工程の前に、金属板 64 を洗浄する洗浄工程を実施してもよい。これにより、アニール工程の際に金属板 64 の表面に異物が付着することを抑制することができる。洗浄のための洗浄液としては、例えば、炭化水素系の液を用いることができる。

【0094】

また図 12 においては、アニール工程が、金属板 64 を長手方向に引っ張りながら実施される例を示したが、これに限られることはなく、アニール工程を、金属板 64 がコア 61 に巻き取られた状態で実施してもよい。すなわちバッチ式の焼鈍が実施されてもよい。なお、金属板 64 がコア 61 に巻き取られた状態でアニール工程を実施する場合、金属板 64 に、巻き体 62 の巻き取り径に応じた反りの癖がついてしまうことがある。従って、巻き体 62 の巻き径や母材 60 を構成する材料によっては、金属板 64 を長手方向に引っ張りながらアニール工程を実施することが有利である。30

【0095】

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 64 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。40

【0096】

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 64 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。また、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。

【0097】

なお、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 64 を作製してもよい。

【0098】

また、圧延工程の後、若しくはアニール工程の後、金属板 64 の外観を検査する外観検

50

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。また、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 0 9 9 】

また、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。

【 0 1 0 0 】

ところで、本件発明者らが鋭意研究を行ったところ、圧延後の金属板 6 4 の表面に、多くの窪みが存在することを見出した。図 1 3 は、圧延によって得られた金属板 6 4 の表面に、例えば第 1 面 6 4 a に、複数の窪み 6 4 c が存在する様子を示す図である。窪み 6 4 c は、例えばオイルピット 6 4 e や圧延筋 6 4 f である。オイルピット 6 4 e とは、母材 6 0 と圧延ロール 6 6 a , 6 6 b との間に存在する油に起因して金属板 6 4 の表面に形成される凹部である。本実施の形態において、窪み 6 4 c とは、金属板 6 4 の表面に存在するオイルピット 6 4 e などの凹部のうち、 $0.2 \mu m$ 以上の深さを有する凹部を意味する。金属板 6 4 の表面に存在する窪み 6 4 c の密度は、例えば 3 個 / mm^2 以上且つ 500 個 / mm^2 以下である。なお、 $0.2 \mu m$ という数値は、後述する補正距離 d_C の好ましい値である。また、金属板 6 4 の面方向における窪み 6 4 c の寸法は、例えば 1 μm 以上且つ 60 μm 以下である。

【 0 1 0 1 】

金属板 6 4 の表面の窪み 6 4 c などの起伏を検査する技術として、表面の算術平均粗さ R_a や最大高さ R_y を算出するという技術が知られている。算術平均粗さ R_a 及び最大高さ R_y のいずれにおいても、厚み方向における金属板 6 4 の表面の位置を、図 1 3 に示す直線 R_1 や直線 R_2 などの所定の直線上の複数の点において測定する。一方、図 1 3 に示すように、窪み 6 4 c の密度が場所によってばらつくことがある。この結果、図 1 3 に示すように、直線 R_2 上に位置する窪み 6 4 c の密度が、直線 R_1 上に位置する窪み 6 4 c の密度よりも著しく低くなり得る。このように、算術平均粗さ R_a や最大高さ R_y などの技術においては、検査結果のばらつきが比較的大きくなり得る。

【 0 1 0 2 】

また、算術平均粗さ R_a や最大高さ R_y などの技術においては、窪み 6 4 c の形状や容積に関する情報を十分に得ることができないと考えられる。算術平均粗さ R_a や最大高さ R_y のこのような課題について、図 1 4 を参照して説明する。図 1 4 は、金属板 6 4 の断面の一例を示す図である。

【 0 1 0 3 】

図 1 4 には、3 種類の窪みが示されている。左側に位置する窪み 6 4 c _ 1 と、中央に位置する窪み 6 4 c _ 2 とは、同一の開口径 A を有する。窪み 6 4 c _ 1 の壁面は、金属板に向かって凸となる形状を有する。一方、窪み 6 4 c _ 2 の壁面は、窪み 6 4 c _ 1 とは反対に、外方に向かって凸となる形状を有する。右側に位置する 2 つの窪み 6 4 c _ 3 は、開口径 $A/2$ を有する。すなわち、2 つの窪み 6 4 c _ 3 の開口径の和が、窪み 6 4 c _ 1 の開口径、及び窪み 6 4 c _ 2 の開口径と同一である。3 種類の窪み 6 4 c _ 1 , 6 4 c _ 2 , 6 4 c _ 3 の深さはいずれも B である。

3 種類の窪み 6 4 c _ 1 , 6 4 c _ 2 , 6 4 c _ 3 に起因する表面粗さを測定器で測定する場合、算術平均粗さ R_a は、以下の式で表される。

$$R_a = A \times B / 2 d_x$$

このため、3 種類の窪み 6 4 c _ 1 , 6 4 c _ 2 , 6 4 c _ 3 が算術平均粗さ R_a の測定値に及ぼす影響は同一である。

一方、図 1 5 乃至図 1 7 に示すように、金属板 6 4 をエッチングすることによって形成される貫通孔 2 5 、第 1 凹部 3 0 、第 2 凹部 3 5 、トップ部 4 3 、リブ部などの寸法は、窪み 6 4 c の深さの影響だけでなく、窪み 6 4 c の容積の影響も受ける。後述するように、本実施の形態においては、表面粗さを窪みの容積に基づいて評価する。この場合、3 種

10

20

30

40

50

類の窪み 6 4 c _ 1 , 6 4 c _ 2 , 6 4 c _ 3 が後述する窪み補正容積密度に与える影響度は異なる。具体的には、窪み 6 4 c _ 1 が窪み補正容積密度に与える影響度が最大になる。また、1つの窪み 6 4 c _ 2 が窪み補正容積密度に与える影響度は、2つの窪み 6 4 c _ 3 が窪み補正容積密度に与える影響度よりも小さくなる。

【 0 1 0 4 】

図 1 5 は、図 1 4 に示す金属板 6 4 を、第 1 レジストパターン 6 5 a をマスクとして第 1 面 6 4 a 側からエッティングして第 1 凹部 3 0 を形成する工程を示す断面図である。左側の窪み 6 4 c _ 1 の容積は、右側の窪み 6 4 c _ 2 の容積よりも大きい。このため、左側の窪み 6 4 c _ 1 が存在していた場所においては、右側の窪み 6 4 c _ 2 が存在していた場所よりも早くエッティングが金属板 6 4 の厚み方向及び面方向に進行する。このため、左側の窪み 6 4 c _ 1 が存在していた場所に形成される第 1 凹部 3 0 _ 1 の寸法は、右側の窪み 6 4 c _ 2 が存在していた場所に形成される第 1 凹部 3 0 _ 2 の寸法よりも大きくなる。
10

【 0 1 0 5 】

図 1 6 は、図 1 5 に示す金属板 6 4 を、第 2 レジストパターン 6 5 b をマスクとして第 2 面 6 4 b 側からエッティングして、第 1 凹部 3 0 _ 1 , 3 0 _ 2 に連通する第 2 凹部 3 5 を金属板 6 4 の第 2 面 6 4 b 側に形成する工程を示す断面図である。左側の第 1 凹部 3 0 _ 1 の寸法が右側の第 1 凹部 3 0 _ 2 の寸法よりも大きいので、左側の第 1 凹部 3 0 _ 1 と第 2 凹部 3 5 とが接続される接続部 4 1 の輪郭の寸法も、右側の第 1 凹部 3 0 _ 2 と第 2 凹部 3 5 とが接続される接続部 4 1 の輪郭の寸法よりも大きくなる。
20

【 0 1 0 6 】

図 1 7 は、金属板 6 4 の窪み 6 4 c に起因して、第 1 面 2 0 a 側における貫通孔 2 5 の開口寸法の精度が低下する様子を説明するための図である。容積の大きな窪み 6 4 c が存在していた部分においては、エッティング工程の開始時点で、エッティング液が窪み 6 4 c の内部に浸入することができる。このため、容積の大きな窪み 6 4 c が存在していた部分においては、その他の部分に比べて早くエッティングが金属板 6 4 の厚み方向及び面方向に進行することができる。従って、例えば、容積の大きな窪み 6 4 c が、金属板 6 4 のうち第 1 レジストパターン 6 5 a の開口部の端部近傍や第 2 レジストパターン 6 5 b の開口部の端部近傍に存在していた場合、窪み 6 4 c が存在していた部分において、金属板 6 4 の面方向における貫通孔 2 5 の寸法が大きくなり得る。この結果、図 1 7 において符号 3 0 _ 1 で示すように、大きな容積の窪み 6 4 c が存在していた場所においては、貫通孔 2 5 を構成する第 1 凹部 3 0 の、第 1 面 2 0 a 上における寸法 r_3 のばらつきが生じ得る。また、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 によって構成される貫通部 4 2 の寸法 r_2 のばらつきも生じ得る。この結果、有機 E L 基板 9 2 上に付着する蒸着材料の寸法精度や位置精度が低下してしまうと考えられる。なお、このような開口寸法のばらつきは、第 2 面 2 0 b 側の第 2 凹部 3 5 にも生じ得る。
30

【 0 1 0 7 】

上述のように、金属板 6 4 に貫通孔 2 5 を精密に形成できるか否かは、金属板 6 4 の表面に形成されている窪み 6 4 c の深さだけでなく、窪み 6 4 c の容積にも大きく依存する。一方、従来の算術平均粗さ R a などに基づく技術は、窪み 6 4 c の容積に関する情報を適切に取得することができない。このため、算術平均粗さ R a を用いて金属板 6 4 の検査を行う場合、蒸着マスク 2 0 の製造に不適切な金属板 6 4 が検査に合格することを防ぐためには、合否判定の閾値を必要以上に厳しくする必要がある。この結果、金属板 6 4 の歩留まりが低下してしまうと考えられる。
40

【 0 1 0 8 】

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 の検査を、窪み 6 4 c の容積を考慮して行うことを提案する。これにより、窪み 6 4 c に起因して生じる、蒸着マスク 2 0 の貫通孔 2 5 の寸法精度の低下の程度を、より正確に予測することができる。このため、合否判定の閾値を必要以上に厳しくすることなく、金属板 6 4 の検査を行うことができ、金属板 6 4 の歩留まりを高めることができる。以下、窪み 6 4 c の容積
50

を考慮した検査工程の一例について、図18及び図19を参照して説明する。

【0109】

図18は、金属板64の第1面64aの一部を拡大して示す平面図である。第1面64aには複数の窪み64cが形成されている。図19において、符号D1は、圧延工程の際の金属板64の搬送方向(以下、第1方向とも称する)を表す。また、符号D2は、第1方向D1に直交する方向(以下、第2方向とも称する)を表す。

【0110】

検査工程においては、図18に示す第1面64aの検査領域711に位置する複数の窪み64cの容積に基づいて金属板64の良否を判定する。検査領域711の面積U1は、例えば 0.1 mm^2 以上且つ 1.5 mm^2 以下である。検査領域711の面積U1を 0.1 mm^2 以上にすることにより、検査領域711の位置に基づいて検査結果がばらつくことを抑制することができる。また、検査領域711の面積U1を 1.5 mm^2 以下にすることにより、検査に要する時間が過大になることを抑制することができる。

【0111】

検査工程は、算出工程S1及び判定工程S2を有する。算出工程S1においては、窪み補正容積密度を算出する。窪み補正容積密度は、後述する実施例において支持されるように、蒸着マスク20の構成要素の寸法精度に対する高い相関を有する指標である。判定工程においては、窪み補正容積密度が所定の閾値以下である場合に金属板64を良と判定する。

【0112】

まず、算出工程S1について説明する。算出工程S1は、測定工程S11及び処理工程S12を含む。測定工程S11においては、まず、図18に示すように、複数の単位領域712の各々において撮影を行い、得られた画像から窪み64cの深さを測定する。単位領域712は、例えば図18に示すように、長さW1の辺及び長さW2の辺を有する矩形状の領域である。単位領域712は、1回の撮影で取得可能な画像の範囲に相当する。図18に示す例において、長さW1の辺は第1方向D1に平行であり、長さW2の辺は第2方向D2に平行である。例えば、W1は $270\mu\text{m}$ であり、W2は $202\mu\text{m}$ である。なお、長さW1の辺が第1方向D1に平行とは、長さW1の辺と第1方向D1とが成す角度が、 $-10^\circ \sim +10^\circ$ の範囲内であることを意味する。同様に、長さW2の辺が第2方向D2に平行とは、長さW2の辺と第2方向D2とが成す角度が、 $-10^\circ \sim +10^\circ$ の範囲内であることを意味する。

【0113】

図18に示すように、複数回の撮影は、第1方向D1において隣り合う2つの単位領域712が部分的に重なり合い、且つ、第2方向D2において隣り合う2つの単位領域712も部分的に重なり合うよう実施される。これによって得られた複数の画像を、画像連結ソフトなどを用いて連結することにより、1つの単位領域712よりも広い領域の画像を得ることができる。その後、連結することによって得られた画像から、例えば図18において符号711で示される領域を、検査領域として抽出する。例えば、図18に示す9つの単位領域712のうち中心に位置する1つの単位領域712を囲うとともに、周囲に位置する8つの単位領域712のそれぞれを部分的に含むように、検査領域711を定める。第1方向D1における検査領域711の長さは例えば $700\mu\text{m}$ であり、第2方向D2における検査領域711の長さは例えば $500\mu\text{m}$ である。

【0114】

図18において、符号713は、検査装置の分解能に相当するピクセルを示す。1つのピクセル713は、例えば、検査装置が金属板64に照射するレーザーの1つのスポットに相当する。第1方向D1及び第2方向D2におけるピクセル713の長さW3及び長さW4は、好ましくは $0.1\mu\text{m}$ 以上且つ $0.4\mu\text{m}$ 以下である。また、ピクセル713の面積U2は、好ましくは $0.01\mu\text{m}^2$ 以上且つ $0.2\mu\text{m}^2$ 以下である。単位領域712の面積が、 $270\mu\text{m} \times 202\mu\text{m}$ であり、単位領域712の第1方向D1及び第2方向D2における解像度が 1024×768 である場合、第1方向D1及び第2方向D2に

10

20

30

40

50

おけるピクセル 713 の長さ W3 及び長さ W4 は、いずれも 0.263 μm になる。また、ピクセル 713 の面積 U2 は 0.069 μm² になる。

【0115】

図 19 は、窪み 64c が形成された金属板 64 を第 1 方向 D1 に平行に切断した場合を示す断面図である。図 19において、符号 d(k) は、第 1 方向 D1 の座標 x(k) に位置するピクセル 713 における、第 1 面 64a から窪み 64c の底面までの距離を表す。k は整数であり、k がとり得る範囲は、画像の解像度によって定まる。

【0116】

なお、金属板 64 の第 1 面 64a には、図 19 に示すような明確な窪み 64c 以外にも、微細な凹凸や起伏が存在し得る。このため、第 1 面 64a を基準として窪み 64c の深さを測定する場合、窪み 64c の周囲の第 1 面 64a の状態に起因して、窪み 64c の深さの測定結果にばらつきが生じ得る。このような課題を考慮し、測定工程 S11 及び処理工程 S12においては、金属板 64 の厚み方向における第 1 面 64a の位置として、仮想的な平面である基準面 RP の位置を採用してもよい。以下、基準面 RP について説明する。

10

【0117】

第 1 面 64a の基準面 RP は、例えば、最小二乗法によって推定される平面である。具体的には、まず、金属板 64 の第 1 面 64a の表面の厚み方向における検査領域 711 の位置を、後述するレーザー顕微鏡を用いて測定する。続いて、所定の平面を基準面 RP として仮に設定し、第 1 面 64a の表面の位置から基準面 RP までの距離の 2 乗を、各ピクセル 713 において算出する。この場合、距離の 2 乗の総和が最小になる平面を、基準面 RP として採用することができる。

20

【0118】

測定工程 S11 においては、図 19 に示すように、検査領域 711 の各ピクセル 713 において、窪み 64c の深さ d(k) を測定する。深さの測定値は、金属板 64 の第 1 面 64a の表面の厚み方向における位置の測定値から、最小二乗法によって推定された基準面 RP までの距離の値である。

【0119】

測定工程 S11 において用いる検査装置としては、例えば、レーザー顕微鏡を用いることができる。レーザー顕微鏡を用いた測定においては、まず、金属板 64 の第 1 面 64a の検査領域 711 にレーザー光を照射する。続いて、検査領域 711 によって反射されたレーザー光を、検査領域 711 の二次元反射像として、CCD や CMOS のイメージセンサなどを用いて撮影する。また、共焦点顕微鏡の原理に基づいて二次元反射像を解析して、検査領域 711 の各ピクセル 713 の、金属板 64 の第 1 面 64a の表面の厚み方向における位置を測定する。レーザー顕微鏡としては、例えば、キーエンス社製のレーザー顕微鏡 VK-X200 シリーズを用いることができる。

30

【0120】

処理工程 S12 においては、検査領域 711 内の各ピクセル 713 において測定した窪み 64c の深さに基づいて、検査領域 711 内の窪み 64c の容積に関する情報を算出する。

40

【0121】

本実施の形態においては、まず、図 19 に示すように、金属板 64 の厚み方向において基準面 RP から所定の補正距離 dC だけ第 2 面 64b 側に位置する補正面 CP を設定する。続いて、検査領域 711 に位置する窪み 64c のうち金属板 64 の厚み方向において補正距離 dC よりも第 2 面 64b 側に位置する部分の容積の総和を算出する。例えば、検査領域 711 に位置する窪み 64c のうち補正距離 dC よりも大きな深さを有する部分について、深さ d(k) から補正距離 dC を差し引いた値 d(k) - dC を算出する。続いて、値 d(k) - dC にピクセル 713 の面積 U2 を乗算する。これによって、各ピクセル 713 において、窪み 64c のうち補正面 CP よりも第 2 面 64b 側に位置する部分の容積 V(k) (= { (d(k) - dC) × U2 }) を算出する。続いて、各容積 V(k) を検

50

査領域 711 の全域にわたって積算する。これによって、検査領域 711 に位置する窪み 64c のうち補正面 CP よりも第2面 64b 側に位置する部分の容積の総和（以下、窪み補正容積とも称する）V1 を算出することができる。

【0122】

続いて、窪み補正容積 V1 を、検査領域 711 の面積 U1 によって割る。これによって、単位面積当たりの窪み補正容積（以下、窪み補正容積密度とも称する）V2 を算出することができる。

【0123】

上述の補正距離 dC は、好ましくは 0.1 μm 以上且つ 0.5 μm 以下であり、例えば 10 0.2 μm である。補正距離 dC を適切に設定して窪み補正容積密度 V2 を算出することにより、後述する実施例によって支持されるように、窪み補正容積密度 V2 と、蒸着マスク 20 の構成要素の寸法精度との間の相関を高めることができる。なお、以下の説明において、補正距離 dC を z μm に設定した場合に得られた窪み補正容積 V1 及び窪み補正容積密度 V2 を、それぞれ窪み補正容積 V1 (z μm) 及び窪み補正容積密度 V2 (z μm) と記すことがある。例えば、補正距離 dC が 0.2 μm の場合、窪み補正容積 V1 (0.2 μm) 及び窪み補正容積密度 V2 (0.2 μm) という表記を採用することができる。

【0124】

続いて、窪み補正容積密度 V2 が所定の閾値 TH1 以下である場合に金属板 64 を良と判定する判定工程 S2 を実施する。これにより、貫通孔 25 などの蒸着マスク 20 の構成要素を精度良く形成することができる金属板 64 を選別することができる。 20

【0125】

閾値 TH1 は、蒸着マスク 20 の構成要素に求められる寸法精度や、補正距離 dC の設定などに基づいて適切に定められる。例えば、上述の第1凹部 30 の r₃ や貫通部 42 の寸法 r₂ などの、蒸着マスク 20 の貫通孔 25 の開口寸法の誤差が ±1.0 μm 以下であることが求められ、且つ補正距離 dC が 0.2 μm である場合、閾値 TH1 を 15000 μm³ / mm² に定めることができる。閾値 TH1 は、12000 μm³ / mm² であってもよく、10000 μm³ / mm² であってもよく、9000 μm³ / mm² であってもよく、6000 μm³ / mm² であってもよく、5000 μm³ / mm² であってもよく、3000 μm³ / mm² であってもよく、1000 μm³ / mm² であってもよい。 30

【0126】

判定工程 S2 は、窪み補正容積密度 V2 が閾値 TH2 以上且つ閾値 TH1 以下である場合に、金属板 64 を良と判定してもよい。すなわち、判定工程 S2 は、窪み補正容積密度 V2 の上限を規定する閾値 TH1 に加えて、窪み補正容積密度 V2 の下限を規定する閾値 TH2 を用いてもよい。金属板 64 が閾値 TH2 以上の窪み補正容積密度 V2 を有することにより、金属板 64 の表面に対するレジスト膜の密着性を高めることができる。上限の閾値 TH1 のことを第1閾値と称し、下限の閾値 TH2 のことを第2閾値と称してもよい。閾値 TH2 は、10 μm³ / mm² であってもよく、100 μm³ / mm² であってもよく、500 μm³ / mm² であってもよく、1000 μm³ / mm² であってもよく、3000 μm³ / mm² であってもよく、4000 μm³ / mm² であってもよく、5000 μm³ / mm² であってもよい。 40

【0127】

判定工程 S2 において良として判定される金属板 64 が有する窪み補正容積密度 V2 の範囲は、上述の複数の上限の閾値 TH1 の候補のうちの任意の1つと、上述の複数の下限の閾値 TH2 の候補のうちの任意の1つの組み合わせによって定められてもよい。例えば、良として判定される金属板 64、すなわち選別された金属板 64 が有する窪み補正容積密度 V2 は、10 μm³ / mm² 以上 15000 μm³ / mm² 以下であってもよく、100 μm³ / mm² 以上 12000 μm³ / mm² 以下であってもよく、500 μm³ / mm² 以上 10000 μm³ / mm² 以下であってもよく、1000 μm³ / mm² 以上 9000 μm³ / mm² 以下であってもよく、3000 μm³ / mm² 以上 6000 μm³ / mm² 以下であってもよく、4000 μm³ / mm² 以上 6000 μm³ / mm² 以 50

下であってもよい。また、選別された金属板 6 4 が有する窪み補正容積密度 V 2 の範囲は、上述の複数の上限の閾値 TH 1 の候補のうちの任意の 2 つの組み合わせによって定められてもよい。例えば、選別された金属板 6 4 が有する窪み補正容積密度 V 2 は、 $12000 \mu\text{m}^3 / \text{mm}^2$ 以上 $15000 \mu\text{m}^3 / \text{mm}^2$ 以下であってもよい。また、選別された金属板 6 4 が有する窪み補正容積密度 V 2 の範囲は、上述の複数の下限の閾値 TH 2 の候補のうちの任意の 2 つの組み合わせによって定められてもよい。例えば、選別された金属板 6 4 が有する窪み補正容積密度 V 2 は、 $10 \mu\text{m}^3 / \text{mm}^2$ 以上 $100 \mu\text{m}^3 / \text{mm}^2$ 以下であってもよい。

【 0 1 2 8 】

図 3 9 は、窪み補正容積密度 V 2 が閾値 TH 1 以下である金属板を良品として判定する 10 判定条件に基づいて選別された複数の金属板 6 4 の、窪み補正容積密度 V 2 の分布の一例を示す図である。図 3 9 において、横軸は、各金属板 6 4 において算出された窪み補正容積密度 V 2 の値を表す。また、縦軸は、横軸に示された範囲の窪み補正容積密度 V 2 を有する金属板 6 4 の個数を示す。例えば、選別された複数の金属板 6 4 のうち、 $6000 \mu\text{m}^3 / \text{mm}^2$ 以上 $9000 \mu\text{m}^3 / \text{mm}^2$ 未満の窪み補正容積密度 V 2 を有する金属板 6 4 の個数は 17 である。

【 0 1 2 9 】

図 3 9 の例において、閾値 TH 1 は $15000 \mu\text{m}^3 / \text{mm}^2$ である。この場合、良品として判定された金属板 6 4 の大半は、例えば 95 % 以上は、 $15000 \mu\text{m}^3 / \text{mm}^2$ 以下の窪み補正容積密度 V 2 を有する。なお、図 3 9 に示すように、測定誤差などに起因して、選別された金属板 6 4 の一部が、 $15000 \mu\text{m}^3 / \text{mm}^2$ を超える窪み補正容積密度 V 2 を有する場合もある。 20

【 0 1 3 0 】

図 4 0 は、窪み補正容積密度 V 2 が閾値 TH 2 以上閾値 TH 1 以下である金属板を良品として判定する判定条件に基づいて選別された複数の金属板 6 4 の、窪み補正容積密度 V 2 の分布の一例を示す図である。図 4 0 に示す横軸及び縦軸の意味は、図 3 9 の場合と同一である。図 4 0 の例において、閾値 TH 2 は $3000 \mu\text{m}^3 / \text{mm}^2$ であり、閾値 TH 1 は $15000 \mu\text{m}^3 / \text{mm}^2$ である。このように、図 4 0 の例では、図 3 9 の例に比べて、良品として選別される金属板 6 4 の範囲が狭い。この場合、図 4 0 に示す選別を実施すると、図 3 9 に示す選別を実施することになる。 30

【 0 1 3 1 】

上述の説明においては、窪み補正容積密度 V 2 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 の選別を行うために利用する例を示した。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 1 3 2 】

なお、選別工程における選別条件は任意である。例えば、選別工程は、上述の複数の上限の閾値 TH 1 の候補のうちの任意の 1 つと、上述の複数の下限の閾値 TH 2 の候補のうちの任意の 1 つの組み合わせによって定められる範囲に属する窪み補正容積密度 V 2 を有する金属板 6 4 を選別してもよい。また、選別工程は、上述の複数の上限の閾値 TH 1 の候補のうちの任意の 2 つの組み合わせによって定められる範囲に属する窪み補正容積密度 V 2 を有する金属板 6 4 を選別してもよい。また、選別工程は、上述の複数の下限の閾値 TH 2 の候補のうちの任意の 2 つの組み合わせによって定められる範囲に属する窪み補正容積密度 V 2 を有する金属板 6 4 を選別してもよい。 40

【 0 1 3 3 】

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、検査工程は、圧延率や油の使用量などの、金属板 6 4 を製造するための条件を最適化するために利用されてもよい。具体的には、様々な圧延率や油の使用量で金属板 6 4 を製造し、得られた各金属板 6 4 の窪み補正容積密度 V 2 を算出し、窪み

補正容積密度V2を低くすることができる適切な製造条件を設定する、という作業のために、検査工程が利用されてもよい。この場合、金属板64の製造工程において、全ての金属板64に対して検査工程に基づく選別を実施する必要はない。例えば、一部の金属板64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、検査工程が全く実施されなくてもよい。

【0134】

図41は、窪み補正容積密度V2が閾値TH1以下である金属板を良品として判定する判定条件を利用して見出された製造条件に基づいて製造された複数の金属板64の、窪み補正容積密度V2の分布の一例を示す図である。図41に示す横軸及び縦軸の意味は、図39の場合と同一である。図41の例において、閾値TH1は $15000 \mu m^3 / mm^2$ である。図41の例においては、選別工程を実施しない場合であっても、製造された複数の金属板64が $15000 \mu m^3 / mm^2$ 以下の窪み補正容積密度V2を有している。

【0135】

本実施の形態による金属板の製造方法によれば、上述の判定条件を満たす窪み補正容積密度V2を有する金属板64を得ることができる。例えば、 $15000 \mu m^3 / mm^2$ 以下の窪み補正容積密度V2を有する金属板64を得ることができる。これにより、窪み64cに起因して蒸着マスク20の貫通孔25の寸法精度が低下してしまうことを抑制することができる。このことにより、貫通孔25を通って有機EL基板92に付着する蒸着材料の寸法精度及び位置精度を高めることができる。

【0136】

次に、上述の検査工程を合格した金属板64を用いて蒸着マスク20を製造する方法について、主に図20～図28を参照して説明する。図20は、金属板64を用いて蒸着マスク20を製造する製造装置70を示す図である。まず、金属板64をコア61に巻き取った巻き体62を準備する。そして、このコア61を回転させて巻き体62を巻き出すことにより、図20に示すように、帯状に延びる金属板64を供給する。

【0137】

供給された金属板64は、搬送ローラー75によって、加工装置72、分離装置73へ順に搬送される。加工装置72は、検査工程を合格した金属板64を加工して金属板64に貫通孔25を形成する加工工程を実施する。なお本実施の形態においては、複数枚の蒸着マスク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。分離装置73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。

【0138】

図20乃至図28を参照して、加工工程について説明する。加工工程は、フォトリソグラフィー技術を用いたエッチングを長尺状の金属板64に施して、金属板64に第1面64aの側から第1凹部30を形成する工程と、フォトリソグラフィー技術を用いたエッチングを金属板64に施して、金属板64に第2面64bの側から第2凹部35を形成する工程と、を含んでいる。そして、金属板64に形成された第1凹部30と第2凹部35とが互いに通じ合うことによって、金属板64に貫通孔25が作製される。以下に説明する例では、第1凹部30の形成工程を、第2凹部35の形成工程の前に実施し、且つ、第1凹部30の形成工程と第2凹部35の形成工程の間に、作製された第1凹部30を封止する工程を実施する。以下、各工程の詳細を説明する。

【0139】

まず、図21に示すように、金属板64の第1面64a上および第2面64b上にネガ型の感光性レジスト材料を含むレジスト膜65c、65dを形成する。例えば、金属板64の第1面64a上および第2面64b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し、その後、塗布液を乾燥させることにより、レジスト膜65c、65dを形成する。若しくは、金属板64の第1面64a上および第2面64b上にドライフィル

10

20

30

40

50

ムを貼り付けることにより、レジスト膜 65c、65d 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。

【0140】

次に、レジスト膜 65c、65d 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 68a、68b を準備し、露光マスク 68a、68b をそれぞれ、図 22 に示すようにレジスト膜 65c、65d 上に配置する。この際、第 1 面 64a 側の露光マスク 68a と第 2 面 64b 側の露光マスク 68b 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 68a、68b としては、例えば、レジスト膜 65c、65d 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 68a、68b をレジスト膜 65c、65d に十分に密着させる。
10

なお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。

【0141】

その後、レジスト膜 65c、65d を露光マスク 68a、68b 越しに露光する（露光工程）。さらに、露光されたレジスト膜 65c、65d に像を形成するためにレジスト膜 65c、65d を現像する（現像工程）。以上のようにして、図 23 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 65a 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 65b を形成することができる。なお現像工程は、レジスト膜 65c、65d の硬度を高めるための、または金属板 64 に対してレジスト膜 65c、65d をより強固に密着させるためのレジスト熱処理工程を含んでいてもよい。レジスト熱処理工程は、例えば室温以上且つ 400 以下で実施され得る。
20

【0142】

次に、図 24 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 65a によって覆われていない領域を、第 1 エッティング液を用いてエッティングする第 1 面エッティング工程を実施する。例えば、第 1 エッティング液を、搬送される金属板 64 の第 1 面 64a に對面する側に配置されたノズルから、第 1 レジストパターン 65a 越しに金属板 64 の第 1 面 64a に向けて噴射する。この結果、図 24 に示すように、金属板 64 のうちの第 1 レジストパターン 65a によって覆われていない領域で、第 1 エッティング液による浸食が進む。これによって、金属板 64 の第 1 面 64a に多数の第 1 凹部 30 が形成される。第 1 エッティング液としては、例えば塩化第 2 鉄溶液及び塩酸を含むものを用いる。
30

【0143】

その後、図 25 に示すように、後の第 2 面エッティング工程において用いられる第 2 エッティ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。すなわち、第 2 エッティ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 を封止する。図 25 に示す例においては、樹脂 69 の膜を、形成された第 1 凹部 30 だけでなく、第 1 面 64a（第 1 レジストパターン 65a）も覆うように形成する。

【0144】

次に、図 26 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 65b によって覆われていない領域をエッティングし、第 2 面 64b に第 2 凹部 35 を形成する第 2 面エッティング工程を実施する。第 2 面エッティング工程は、第 1 凹部 30 と第 2 凹部 35 とが互いに通じ合い、これによって貫通孔 25 が形成されるようになるまで実施される。第 2 エッティング液としては、上述の第 1 エッティング液と同様に、例えば塩化第 2 鉄溶液及び塩酸を含むものを用いる。
40

【0145】

なお第 2 エッティング液による浸食は、金属板 64 のうちの第 2 エッティング液に触れている部分において行われていく。従って、浸食は、金属板 64 の法線方向 N（厚み方向）のみに進むのではなく、金属板 64 の板面に沿った方向にも進んでいく。ここで好ましくは、第 2 面エッティング工程は、第 2 レジストパターン 65b の隣り合う二つの孔 67b に対
50

面する位置にそれぞれ形成された二つの第2凹部35が、二つの孔67bの間に位置するブリッジ部67aの裏側において合流するよりも前に終了される。これによって、図27に示すように、金属板64の第2面64bに上述のトップ部43を残すことができる。

【0146】

その後、図28に示すように、金属板64から樹脂69を除去する。樹脂69は、例えばアルカリ系剥離液を用いることによって、除去することができる。アルカリ系剥離液が用いられる場合、図28に示すように、樹脂69と同時にレジストパターン65a, 65bも除去される。なお、樹脂69を除去した後、樹脂69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69とは別途にレジストパターン65a, 65bを除去してもよい。

10

【0147】

その後、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から分離することにより、蒸着マスク20を得ることができる。

【0148】

次に、蒸着マスク20とフレーム15とを組み合わせて蒸着マスク装置10を製造する方法について説明する。まず、フレーム15を準備する。続いて、溶接などによって蒸着マスク20の第2面20bをフレーム15に固定する。例えば、まず、フレーム15と蒸着マスク20とを重ねた状態で、第1面20a側からカメラなどを用いて蒸着マスク20を撮影する。この際、蒸着マスク20には張力が付与されていてもよい。続いて、撮影によって得られた画像に基づいて、フレーム15に対する蒸着マスク20の位置を検出する。例えば、長手方向D1における蒸着マスク20の輪郭の位置を検出する。続いて、フレーム15に対する蒸着マスク20の位置が所定の位置になるよう、蒸着マスク20の位置を調整する。

20

【0149】

次に、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。

30

【0150】

本実施の形態による蒸着マスク20の製造方法においては、金属板64の表面に形成された窪み64cの容積の総和に基づいて実施された検査工程を合格した金属板64を用いて蒸着マスク20を製造する。このため、窪み64cに起因して蒸着マスク20の貫通孔25の寸法精度が低下してしまうことを抑制することができる。このことにより、貫通孔25を通って有機EL基板92に付着する蒸着材料の寸法精度及び位置精度を高めることができる。

【0151】

なお、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得る部分について、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。また、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。

40

【0152】

上述の実施の形態においては、検査工程において、金属板64の表面のうち第1凹部30が形成される第1面64aを検査対象とする例を示した。しかしながら、これに限られることはなく、検査工程において、金属板64の表面のうち第2凹部35が形成される第2面64bを検査対象としてもよい。また、金属板64の第1面64a及び第2面64bの両方を検査対象としてもよい。

50

【0153】

上述の実施の形態においては、上述の加工工程や分離工程などの蒸着マスク20の製造方法を実施する設備とは別の設備で、金属板64の検査工程を実施する例を示した。言い換えると、金属板64の検査工程が、金属板64の製造方法の一工程である例を示した。しかしながら、これに限られることはなく、蒸着マスク20の製造方法を実施する設備において、金属板64の検査工程を実施してもよい。言い換えると、金属板64の検査工程が、蒸着マスク20の製造方法の一工程であってもよい。

【0154】

また、上述の本実施の形態においては、貫通孔25が形成される前の金属板64の表面における窪み補正容積密度が $15000\mu\text{m}^3/\text{mm}^2$ 以下である例を示した。貫通孔25が形成された後の金属板64において、すなわち蒸着マスク20の金属板21においても同様に、表面における窪み補正容積密度が $15000\mu\text{m}^3/\text{mm}^2$ 以下であってもよい。上述のように、エッティング工程の間、金属板64のうち貫通孔25が形成されない部分は、レジストパターンによって覆われている。このため、蒸着マスク20の金属板21のうち耳部17a, 17bや周囲領域23に位置する部分には、貫通孔25が形成される前の金属板64と同等の窪み64cが存在し得る。従って、蒸着マスク20の金属板21の表面のうち耳部17a, 17bや周囲領域23の一部を検査領域として設定し、窪み64cの容積を考慮した上述の検査工程を実施することにより、蒸着マスク20の金属板21の表面における窪み補正容積密度を算出することができる。

【実施例】**【0155】**

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。

【0156】**(第1検査例)**

はじめに、36質量%のニッケルと、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。次に、母材に対して上述の圧延工程、スリット工程およびアニール工程を実施することにより、 $15\mu\text{m}$ の厚みを有する長尺金属板が巻き取られた2種類の巻き体（以下、第1サンプル及び第2サンプルとも称する）を製造した。同様にして、 $20\mu\text{m}$ の厚みを有する長尺金属板が巻き取られた7種類の巻き体（以下、第3サンプル～第10サンプルとも称する）を製造した。

【0157】

続いて、各サンプルの表面の起伏状態を検査する上述の検査工程を実施した。まず、各サンプルの幅方向の中央部においてサンプルを切り出して、一辺が 5cm の正方形形状の試験片を作製した。続いて、レーザー顕微鏡を用いて、試験片の検査領域711の各ピクセル713における表面の位置を測定する測定工程を実施した。レーザー顕微鏡としては、キーエンス社製のレーザー顕微鏡 VK-X200シリーズを用いた。

【0158】

試験片の表面の位置を測定した時の、レーザー顕微鏡の設定は下記の通りであった。

- ・レーザー光 : 青色（波長 408nm ）
- ・対物レンズ : 50倍
- ・光学ズーム : 1.0倍
- ・測定モード : 表面形状
- ・測定サイズ : 標準（ 1024×768 ）
- ・測定品質 : 高速
- ・R P D : あり
- ・試験片固定方法 : KOKUYO マグネットシートに乗せる

R P Dは、Real Peak Detectionの略である。「R P D あり」は、レーザー光の反射光のピークを検出することによって試験片の表面の位置を測定するという手法を採用したことを意味する。

10

20

30

40

50

【0159】

検査領域 711 の面積について説明する。第1サンプル～第4サンプル及び第7サンプル～第10サンプルに関しては、上述の「標準(1024×768)」という設定の下で測定した9か所の領域(画像)を連結して、検査領域711とした。この場合、検査領域711の面積U1は0.35mm²であった。また、第5サンプル及び第6サンプルに関しては、上述の「標準(1024×768)」という設定の下で測定した4か所の領域(画像)を連結して、検査領域711とした。この場合、検査領域711の面積U1は0.175mm²であった。

【0160】

続いて、測定結果に基づいて、試験片の表面における窪み補正容積V1及び窪み補正容積密度V2を算出する処理工程を実施した。まず、レーザー顕微鏡が有する[基準面設定]という機能を利用して、最小二乗法に基づいて上述の基準面RPを算出した。この際、領域は指定せず全体を対象とした。レーザー顕微鏡のその他の設定は下記のとおりである。

[面形状補正] あり 補正方法：うねり除去、補正の強さ：5

[平滑化] サイズ：3×3、種類：単純平均

[高さカットレベル] 中

【0161】

続いて、サンプルから得た試験片の表面の位置の測定結果及び基準面RPの算出結果に基づいて、各試験片の窪み補正容積V1及び窪み補正容積密度V2を算出した。この際、基準面RPと補正面CPとの間の補正距離dCは0.2μmに設定した。窪み補正容積密度V2の算出結果を図29に示す。

【0162】

次に、上述の各サンプルから切り出した枚葉状の金属板21をエッチングして各金属板21に凹部及びリブ部のパターンを形成した場合の、パターンの寸法精度を評価した。図30は、各金属板21に形成した凹部81及びリブ部82のパターンの一例を示す平面図である。また、図31は、図30に示す金属板21の断面図である。図30及び図31に示す例においては、第1方向D1に沿って延びるリブ部82が金属板21に残るように、金属板21をエッチングして凹部81を形成した。リブ部82が延びる方向(ここでは圧延方向D1)に直交する方向(ここでは幅方向D2)における、凹部81の寸法Z1及びリブ部82の寸法Z2の設計値は、それぞれ30μmとした。

【0163】

続いて、各金属板21に形成されたリブ部82の幅を、レーザー顕微鏡を用いて測定した。具体的には、リブ部82が延びる方向(ここでは第1方向D1)に沿って2μmの間隔で、合計25箇所でリブ部82の幅を測定した。また、25箇所でのリブ部82の幅の測定結果の標準偏差を3倍した値(以下、3(D1)とも記す)を算出した。各サンプルから切り出した金属板21における3(D1)の値を、上述の図29に併せて示す。

【0164】

レーザー顕微鏡としては、測定部及び制御部を備えるキーエンス社製のレーザー顕微鏡を用いた。測定部の型番は、VK-X160であり、制御部の型番は、VK-X150である。

【0165】

リブ部82の幅を測定した時の、レーザー顕微鏡の設定は下記の通りであった。

- ・明るさ : 7140
- ・測定モード : 表面形状
- ・測定サイズ : 高精細(2048×1536)
- ・測定品質 : 高精度
- ・APERTURE SHUTTER : 開
- ・LASER SUTTER : 開
- ・対物レンズ : 100倍

10

20

30

40

50

- ・光学ズーム : 1 . 0 倍
- ・測定 : 反射測定
- ・幅測定繰り返し精度 : 3 = 0 . 0 3 μm

【 0 1 6 6 】

次に、上述の各サンプルから切り出した枚葉状の金属板 2 1 を、図 3 0 に示す例とは異なるパターンでエッティングして、各金属板 2 1 に凹部 8 1 及びリブ部 8 2 のパターンを形成した。具体的には、図 3 2 に示すように、第 2 方向 D 2 に沿って延びるリブ部 8 2 が金属板 2 1 に残るように、金属板 2 1 をエッティングして凹部 8 1 を形成した。続いて、各金属板 2 1 に形成されたリブ部 8 2 の幅を、レーザー顕微鏡を用いて測定した。具体的には、リブ部 8 2 が延びる方向（ここでは第 2 方向 D 2 ）に沿って 2 μm の間隔で、合計 25 箇所でリブ部 8 2 の幅を測定した。また、25 箇所でのリブ部 8 2 の幅の測定結果の標準偏差を 3 倍した値（以下、3 (D 2) とも記す）を算出した。各サンプルから切り出した金属板 2 1 における 3 (D 2) の値を、上述の図 2 9 に併せて示す。
10

【 0 1 6 7 】

また、各サンプルから切り出した金属板 2 1 について、上述の 3 (D 1) 及び 3 (D 2) の平均値 3 (ave) を算出した。各サンプルから切り出した金属板 2 1 における 3 (ave) の値を、上述の図 2 9 に併せて示す。

【 0 1 6 8 】

続いて、各サンプルに関して算出された、窪み補正容積密度 V 2 (0 . 2 μm) とリブ部 8 2 の幅の 3 (ave) との間の相関係数 R² を求めた。結果、相関係数 R² は 0 . 8081 であった。図 3 3 は、窪み補正容積密度 V 2 (0 . 2 μm) とリブ部 8 2 の幅の 3 (ave) との相関を示す散布図である。
20

【 0 1 6 9 】

（第 2 検査例～第 5 検査例）

基準面 RP と補正面 CP との間の補正距離 d C を変更したこと以外は、上述の第 1 検査例の場合と同様にして、上述の第 1 サンプル～第 10 サンプルの表面の起伏状態を、窪み補正容積密度 V 2 に基づいて検査した。具体的には、第 2 検査例においては、補正距離 d C を 0 . 1 μm に設定して窪み補正容積密度 V 2 (0 . 1 μm) を算出した。また、第 3 検査例においては、補正距離 d C を 0 . 3 μm に設定して窪み補正容積密度 V 2 (0 . 3 μm) を算出した。また、第 4 検査例においては、補正距離 d C を 0 . 4 μm に設定して窪み補正容積密度 V 2 (0 . 4 μm) を算出した。また、第 5 検査例においては、補正距離 d C を 0 . 5 μm に設定して窪み補正容積密度 V 2 (0 . 5 μm) を算出した。各サンプルにおける窪み補正容積密度 V 2 (0 . 1 μm) , V 2 (0 . 3 μm) , V 2 (0 . 4 μm) , V 2 (0 . 5 μm) の算出結果を、上述の窪み補正容積密度 V 2 (0 . 2 μm) と併せて図 3 4 に示す。
30

【 0 1 7 0 】

続いて、各サンプルに関して算出された、窪み補正容積密度 V 2 (0 . 1 μm) とリブ部 8 2 の幅の 3 (ave) との間の相関係数 R² を求めた。結果、相関係数 R² は 0 . 0136 であった。図 3 5 は、窪み補正容積密度 V 2 (0 . 1 μm) とリブ部 8 2 の幅の 3 (ave) との相関を示す散布図である。
40

【 0 1 7 1 】

また、各サンプルに関して算出された、窪み補正容積密度 V 2 (0 . 3 μm) とリブ部 8 2 の幅の 3 (ave) との間の相関係数 R² を求めた。結果、相関係数 R² は 0 . 6653 であった。図 3 6 は、窪み補正容積密度 V 2 (0 . 3 μm) とリブ部 8 2 の幅の 3 (ave) との相関を示す散布図である。
50

【 0 1 7 2 】

また、各サンプルに関して算出された、窪み補正容積密度 V 2 (0 . 4 μm) とリブ部 8 2 の幅の 3 (ave) との間の相関係数 R² を求めた。結果、相関係数 R² は 0 . 4811 であった。図 3 7 は、窪み補正容積密度 V 2 (0 . 4 μm) とリブ部 8 2 の幅の 3 (ave) との相関を示す散布図である。

【0173】

また、各サンプルに関して算出された、窪み補正容積密度 V_2 ($0.5 \mu m$) とリブ部 82 の幅の 3 (ave)との間の相関係数 R^2 を求めた。結果、相関係数 R^2 は 0.3791 であった。図 38 は、窪み補正容積密度 V_2 ($0.5 \mu m$) とリブ部 82 の幅の 3 (ave)との相関を示す散布図である。

【0174】

第 1 検査例によれば、窪みの容積に基づいて金属板の表面の起伏状態を検査することにより、エッティングによって形成されるリブ部 82 の寸法精度に対する高い相関を有する指標を得ることができた。

【0175】

また、上述の第 1 検査例と第 2 検査例～第 5 検査例との比較から分かるように、第 1 検査例によれば、基準面 RP と補正面 CP との間の補正距離 d_C を $0.2 \mu m$ に設定することにより、エッティングによって形成されるリブ部 82 の寸法精度に対する高い相関を有する指標を得ることができた。

【0176】

補正距離 d_C を $0.1 \mu m$ に設定した第 2 検査例においては、補正距離 d_C が小さすぎるため、リブ部 82 の寸法精度に大きな影響を及ぼす特異的な窪みだけでなく、リブ部 82 の寸法精度にほとんど影響を及ぼさない窪みも検出され、この結果、相関係数が低くなつたと考えられる。補正距離 d_C を $0.3 \mu m$ 以上に設定した第 3 検査例～第 5 検査例においては、補正距離 d_C が大きすぎるため、窪みの密度が小さい比較的に平滑な金属板を評価する場合に、窪みの密度や寸法の差が窪み補正容積密度 V_2 に適切に反映されず、この結果、相関係数が低くなつたと考えられる。

【符号の説明】**【0177】**

10 10 蒸着マスク装置

15 15 フレーム

20 20 蒸着マスク

21 21 金属板

22 22 有効領域

23 23 周囲領域

25 25 貫通孔

30 30 第 1 凹部

31 31 壁面

35 35 第 2 凹部

36 36 壁面

41 41 接続部

41 a 41 a 欠け部

43 43 トップ部

50 50 中間製品

64 64 長尺金属板

64 c 64 c 窪み

65 a 65 a 第 1 レジストパターン

65 b 65 b 第 2 レジストパターン

65 c 65 c 第 1 レジスト膜

65 d 65 d 第 2 レジスト膜

711 711 検査領域

712 712 単位領域

713 713 ピクセル

72 72 加工装置

73 73 分離装置

10

20

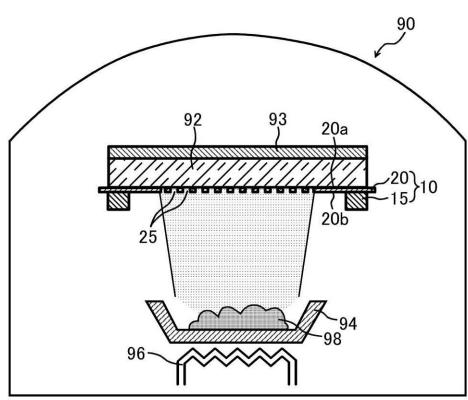
30

40

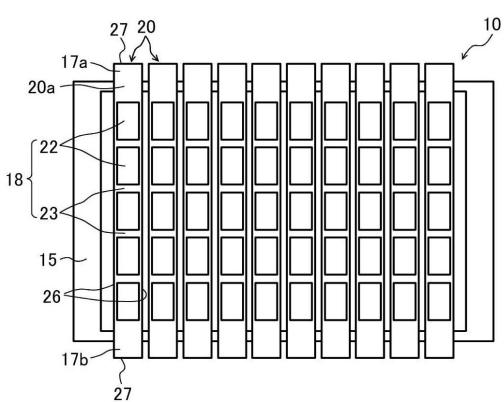
50

- 8 0 サンプル
 8 1 凹部
 8 2 リブ部
 9 0 蒸着装置
 9 2 有機 E L 基板
 9 8 蒸着材料

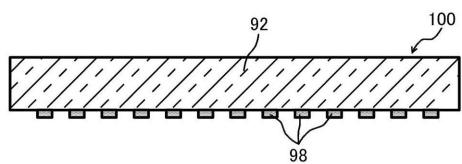
【図 1】



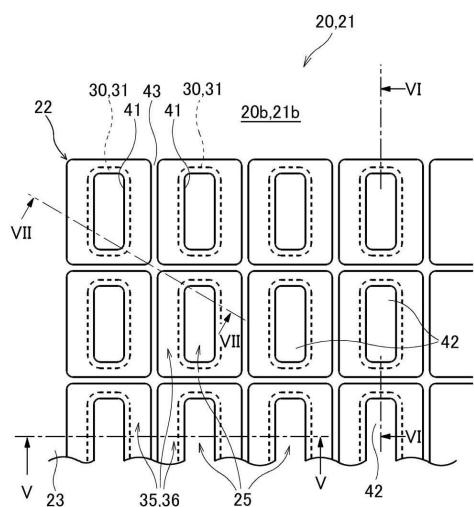
【図 3】



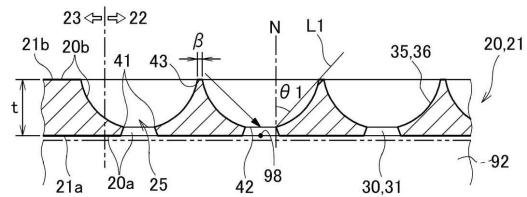
【図 2】



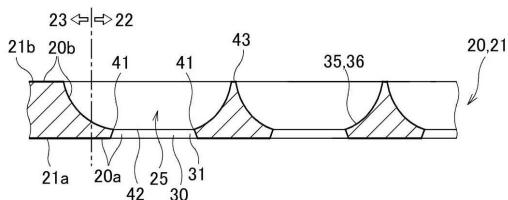
【図4】



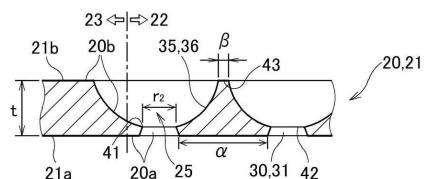
【図5】



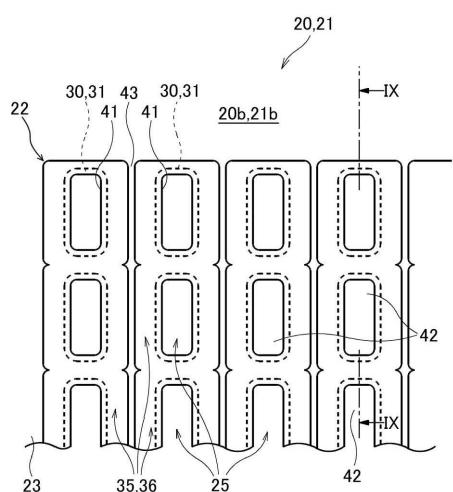
【図6】



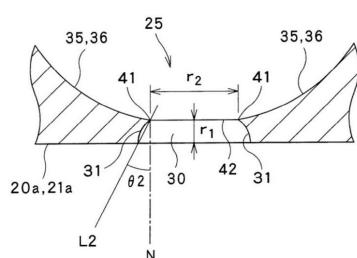
【図7】



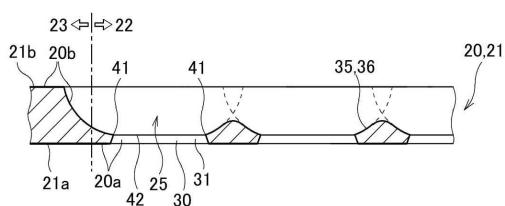
【図8】



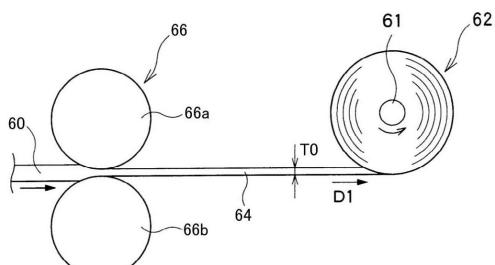
【図10】



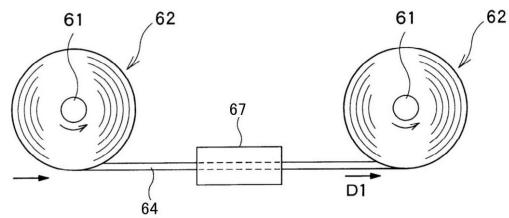
【図9】



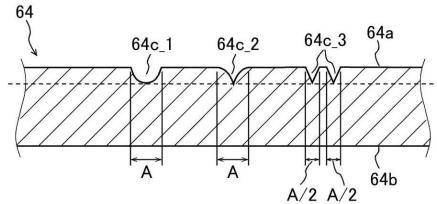
【図11】



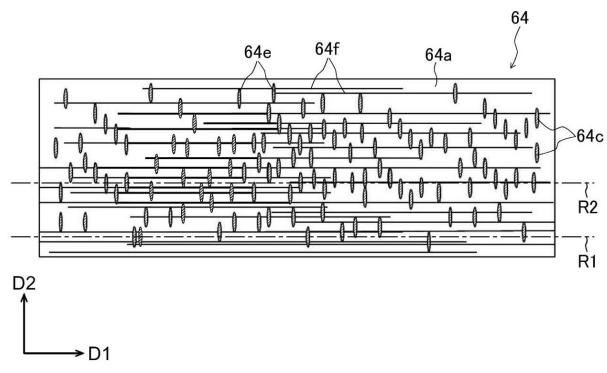
【図12】



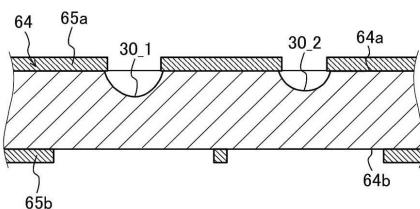
【図14】



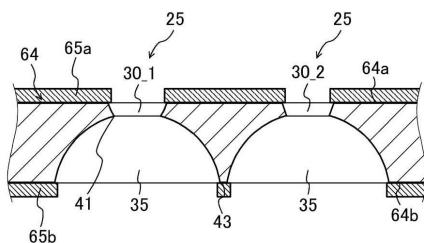
【図13】



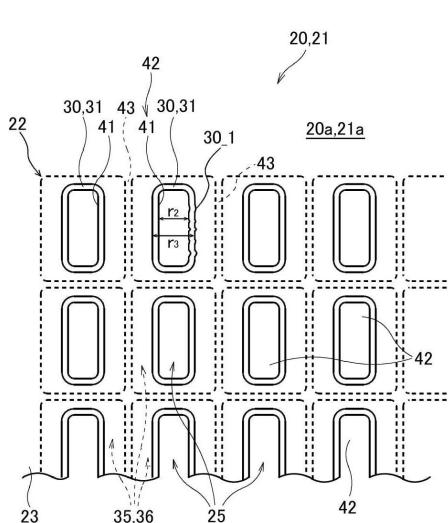
【図15】



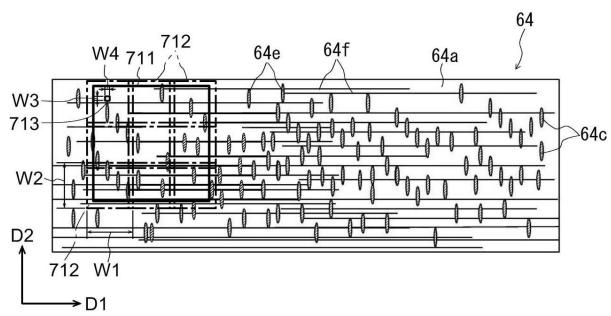
【図16】



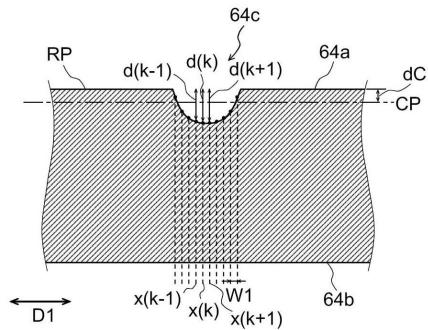
【図17】



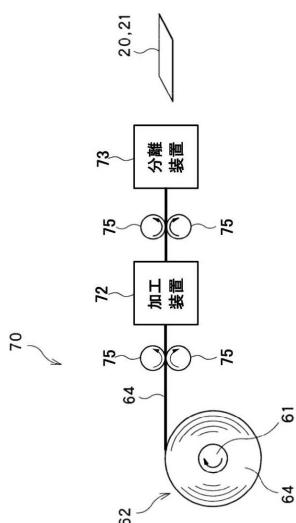
【図18】



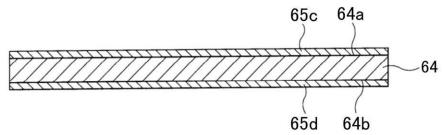
【図19】



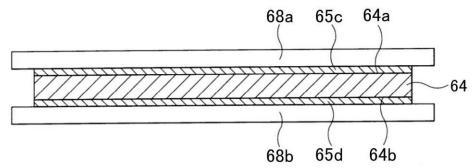
【図20】



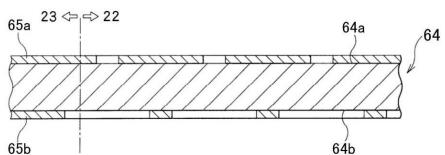
【図21】



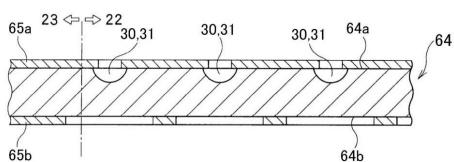
【図22】



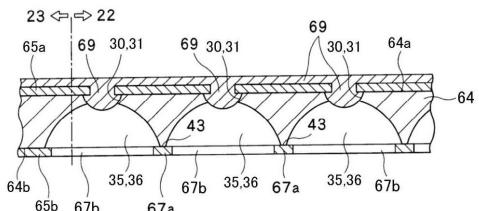
【図23】



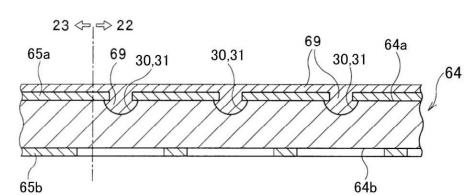
【図24】



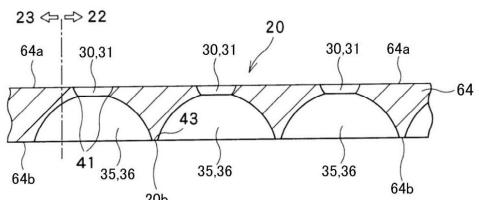
【図27】



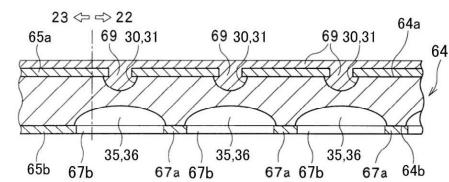
【図25】



【図28】



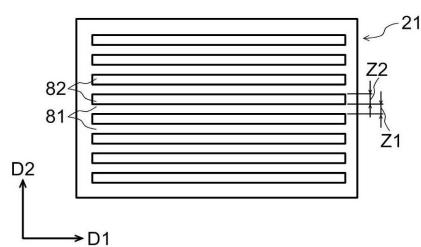
【図26】



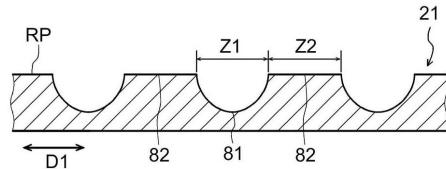
【図29】

	V2(0.2 μm) [μm³/mm²]	3σ(D1) [μm]	3σ(D2) [μm]	3σ(ave) [μm]
第1サンプル	12	0.567	0.376	0.472
第2サンプル	4189	0.674	0.737	0.706
第3サンプル	14020	1.004	0.745	0.874
第4サンプル	8118	1.093	0.865	0.979
第5サンプル	8664	0.753	0.908	0.831
第6サンプル	1014	0.459	0.506	0.483
第7サンプル	11466	0.768	0.917	0.842
第8サンプル	4126	0.568	0.593	0.580
第9サンプル	5235	0.598	0.592	0.595
第10サンプル	15424	1.334	1.098	1.155

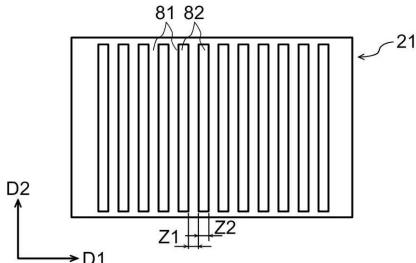
【図30】



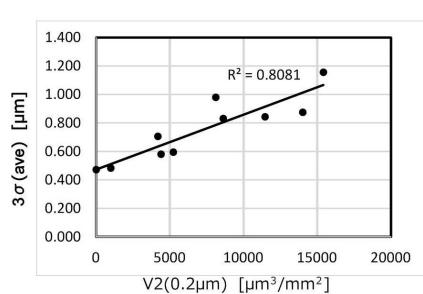
【図31】



【図32】



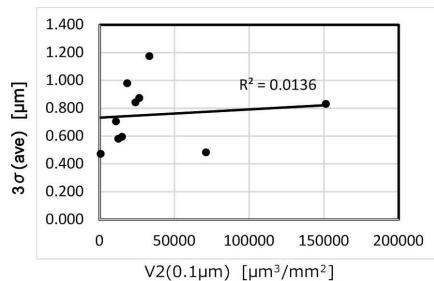
【図33】



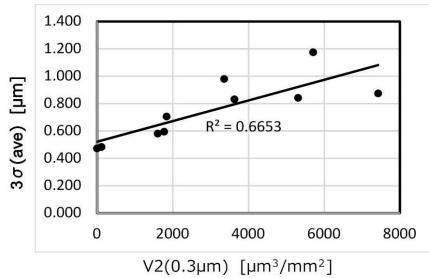
【図34】

	V2(0.1 μm) [μm³/mm²]	V2(0.2 μm) [μm³/mm²]	V2(0.3 μm) [μm³/mm²]	V2(0.4 μm) [μm³/mm²]	V2(0.5 μm) [μm³/mm²]
第1サンプル	700	12	0	0	0
第2サンプル	10919	4189	1836	785	314
第3サンプル	26555	14020	7422	3995	2158
第4サンプル	18536	8118	3357	1376	512
第5サンプル	151394	8624	3627	1558	868
第6サンプル	71169	996	115	26	10
第7サンプル	23950	11466	5308	2296	960
第8サンプル	12524	4412	1603	641	273
第9サンプル	15015	5235	1773	576	194
第10サンプル	33365	15424	5707	2084	922

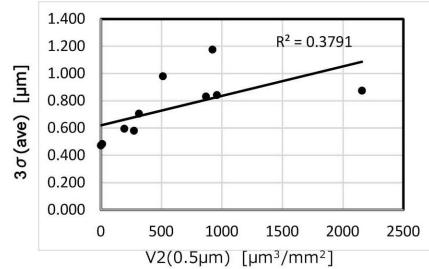
【図35】



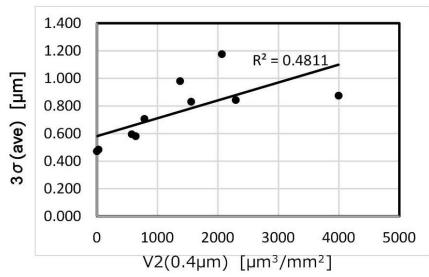
【図36】



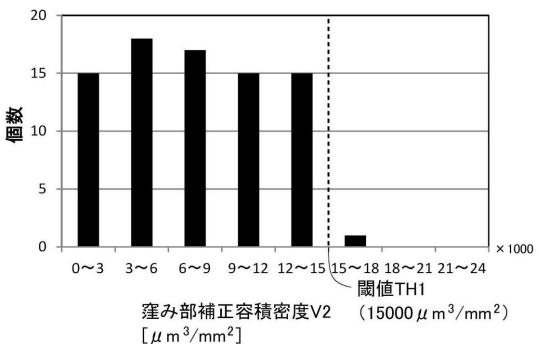
【図38】



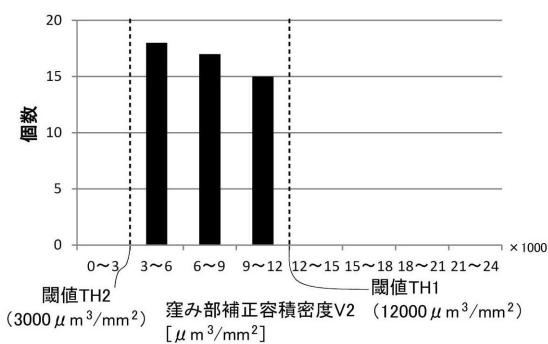
【図37】



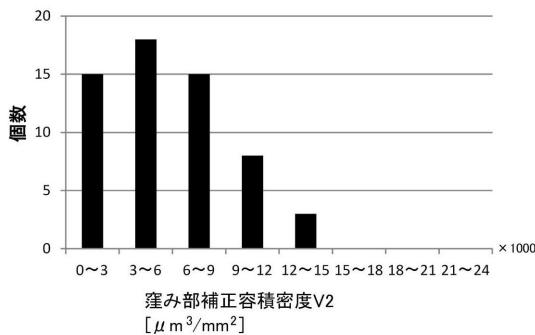
【図39】



【図40】



【図41】



フロントページの続き

(31)優先権主張番号 特願2018-2932(P2018-2932)

(32)優先日 平成30年1月11日(2018.1.11)

(33)優先権主張国・地域又は機関

日本国(JP)

早期審査対象出願

(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 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 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 岡本 英介

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 牛草 昌人

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 谷本 怜美

(56)参考文献 特開2017-88915 (JP, A)

特開2010-214447 (JP, A)

特開2017-106114 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C23C 14/00 - 14/58

H01L 27/32

H01L 51/50

H05B 33/10