

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2023年6月29日(29.06.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/120337 A1

(51) 国際特許分類:
G01B 11/30 (2006.01) G01B 21/30 (2006.01)

上尾市二ツ宮 6 5 6 - 2 三井金属鉱業株式会社内 Saitama (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2022/046102

(22) 国際出願日: 2022年12月14日(14.12.2022)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
PCT/JP2021/047646 2021年12月22日(22.12.2021) JP

(71) 出願人: 三井金属鉱業株式会社(MITSUI MINING & SMELTING CO., LTD.)
[JP/JP]; 〒1418584 東京都品川区大崎一丁目11番1号 Tokyo (JP).

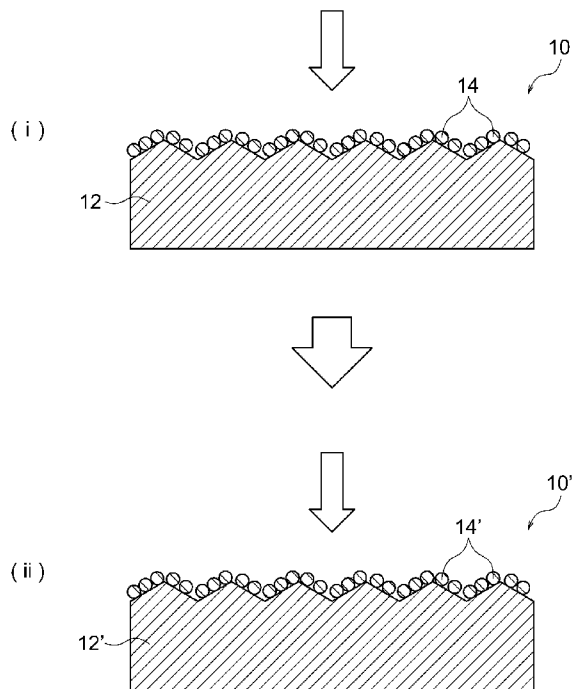
(72) 発明者: 栗原 宏明 (KURIHARA Hiroaki);
〒3620017 埼玉県上尾市二ツ宮 6 5 6 - 2 三井金属鉱業株式会社内 Saitama (JP).
岩瀬 健 (IWASE Takeshi); 〒3620017 埼玉県

(74) 代理人: 高村 雅晴, 外(TAKAMURA Masaharu et al.); 〒1760001 東京都練馬区練馬 1 丁目 4 番 1 号 ユニティフォーラム 11 6 階 マクスウェル国際特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: METHOD FOR MEASURING SURFACE PARAMETER OF COPPER FOIL, AND METHOD FOR SORTING COPPER FOIL

(54) 発明の名称: 銅箔の表面パラメータの測定方法、及び銅箔の選別方法



(57) Abstract: Provided is a measuring method with which it is possible for a surface parameter of copper foil exhibiting a high correlation with high-frequency characteristics to be acquired easily. The method includes: (a) a step for acquiring a surface profile of surface-treated copper foil serving as a reference; (b) a step for setting a cutoff value of an L-filter, where the cutoff value is set so as to satisfy the conditions that (i) an arithmetic mean height Sa after processing with the L-filter is at most equal to 0.5 μm , and (ii) a rate of change of a developed area ratio Sdr of an interface or a rate of change of an α value before and after processing by the L-filter is at most equal to 80%; (c) a step for acquiring a surface profile of surface-treated copper foil to be measured; (d) a step for filter-processing the surface profile acquired for the copper foil that is to be measured; and (e) a step for calculating, on the basis of the surface profile after filter processing, at least one type of surface parameter defined by ISO25178, in the copper foil to be measured.

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

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 高周波特性との高い相関を示す銅箔の表面パラメータを簡便に取得することが可能な測定方法が提供される。この方法は、(a) リファレンスとしての表面処理銅箔の表面プロファイルを取得する工程と、(b) Lフィルターのカットオフ値を設定する工程であって、カットオフ値は、(i) Lフィルターで処理した後の算術平均高さ S_a が $0.5\mu\text{m}$ 以下を満たし、かつ、(ii) Lフィルターで処理する前後における界面の展開面積比 S_{dr} の変化率又は α 値の変化率が 80% 以下を満たすように設定される工程と、(c) 測定対象としての表面処理銅箔の表面プロファイルを取得する工程と、(d) 測定対象銅箔について取得された表面プロファイルをフィルター処理する工程と、(e) フィルター処理後の表面プロファイルに基づき、測定対象銅箔における、ISO 25178 で規定される表面パラメータのうち少なくとも 1 種を算出する工程とを含む。

明 細 書

発明の名称：

銅箔の表面パラメータの測定方法、及び銅箔の選別方法

技術分野

[0001] 本発明は、銅箔の表面パラメータの測定方法、及び銅箔の選別方法に関する。

背景技術

[0002] プリント配線板の製造工程において、銅箔は絶縁樹脂基材と張り合わされた銅張積層板の形態で広く使用されている。この点、プリント配線板製造時に配線の剥がれが生じるのを防ぐために、銅箔と絶縁樹脂基材とは高い密着力を有することが望まれる。そこで、通常のプリント配線板製造用銅箔では、銅箔の張り合わせ面に粗化处理等の表面処理を施して微細な銅粒子からなる凹凸を形成し、この凹凸をプレス加工により絶縁樹脂基材の内部に食い込ませてアンカー効果を発揮させることで、密着性を向上している。

[0003] 近年の携帯用電子機器等の高機能化に伴い、大量の情報の高速処理をすべく信号の高周波化が進んでおり、高周波用途に適したプリント配線板が求められている。このような高周波用プリント配線板には、高周波信号を品質低下させずに伝送可能とするために、伝送損失の低減が望まれる。プリント配線板は配線パターンに加工された銅箔と絶縁基材とを備えたものであるが、伝送損失における主な損失としては、銅箔に起因する導体損失と、絶縁基材に起因する誘電損失が挙げられる。

[0004] 高周波用プリント配線板に用いられる銅箔として、例えば特許文献1（特開2020-50954号公報）には、複数のピーク、複数の凹溝及び複数の微結晶クラスタを含む微小粗面化表面を有する微小粗面化電解銅箔が開示されており、この銅箔によれば信号輸送中の損失を効果的に抑制できるとされている。また、特許文献1には、レーザー顕微鏡を用いて、 $\lambda_s = 2.5 \mu m$ 及び $\lambda_c = 0.003 mm$ の条件で銅箔の $R_l r$ 値を計測することも記

載されている。

[0005] ところで、プリント配線板の高周波特性（伝送損失の周波数依存性）は銅箔の表面粗さと相関があることが知られており、一般的に低粗度の銅箔を用いるほど高周波特性は良好となる傾向がある。銅箔の表面粗さ測定方法として、例えば非特許文献1（フレキシブルプリント配線板の高速伝送線路試験法ガイドライン第1版）には、高周波伝送線路用の銅箔表面プロファイルの三次元方式による試験方法が開示されている。この試験方法では、ISO 25178に準拠した測定装置（共焦点顕微鏡）を用いて、所定のSフィルター（ $0.5\mu\text{m}$ 又は $0.8\mu\text{m}$ ）及びLフィルター（ $25\mu\text{m}$ 、 $50\mu\text{m}$ 又は $80\mu\text{m}$ ）で処理することにより、算術平均高さSaを算出することが非特許文献1には記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2020-50954号公報

特許文献2：特開平9-241882号公報

特許文献3：WO2008/041706A1

非特許文献

[0007] 非特許文献1：フレキシブルプリント配線板の高速伝送線路試験法ガイドライン第1版、一般社団法人日本電子回路工業会、2019年6月5日発行

発明の概要

[0008] しかしながら、従来の銅箔の表面粗さ測定方法により算出された表面パラメータは、高周波特性との相関が必ずしも十分とはいえなかった。このため、表面処理銅箔を作製して実際に高周波特性の評価を行う必要があり、作業時間及び材料の無駄を要していた。

[0009] 本発明者らは、今般、リファレンスとしての表面処理銅箔の表面プロファイルに基づき、所定の条件を満たすようにLフィルターのカットオフ値を設定し、その後、測定対象としての表面処理銅箔の表面プロファイルを予め設

定されたカットオフ値のＬフィルターで処理することにより、高周波特性との高い相関を示す表面パラメータを簡便に取得できるとの知見を得た。

[0010] したがって、本発明の目的は、高周波特性との高い相関を示す銅箔の表面パラメータを簡便に取得することが可能な測定方法を提供することにある。

[0011] 本発明によれば、以下の態様が提供される。

[態様１]

銅箔の表面パラメータの測定方法であって、

(a) フィルター条件を設定するために、リファレンスとしての表面処理銅箔の処理表面における表面プロファイルを取得する工程と、

(b) 前記表面プロファイルに基づいてＬフィルターのカットオフ値を設定する工程であって、前記カットオフ値は、

(i) Ｌフィルターで処理した後の算術平均高さ S_a である S_{a1} が $0.5\mu m$ 以下を満たし、かつ、

(ii) Ｌフィルターで処理する前後における界面の展開面積比 S_{dr} の変化率： $(|S_{dr0} - S_{dr1}| / S_{dr0}) \times 100$ (式中、 S_{dr0} はＬフィルターで処理する前の S_{dr} であり、 S_{dr1} はＬフィルターで処理した後の S_{dr} である) が 80% 以下を満たす、又は

(ii') Ｌフィルターで処理する前後における、コア部の実体体積 V_{mc} をコア部のレベル差 S_k で除して界面の展開面積比 S_{dr} を乗じることにより、すなわち $(V_{mc} / S_k) \times S_{dr}$ の式により得られる α 値の変化率： $(|\alpha_0 - \alpha_1| / \alpha_0) \times 100$ (式中、 α_0 はＬフィルターで処理する前の α 値であり、 α_1 はＬフィルターで処理した後の α 値である) が 80% 以下を満たすように設定され、

S_a 、 S_{dr} 、 V_{mc} 及び S_k は $ISO25178$ で規定される表面パラメータである、工程と、

(c) 前記リファレンスとしての表面処理銅箔と同等の条件によって製造又は処理された、測定対象としての表面処理銅箔の処理表面における表面プロファイルを取得する工程と、

(d) 前記測定対象としての表面処理銅箔について取得された表面プロファイルをフィルター処理する工程であって、前記カットオフ値のLフィルターを用いて処理することを含む工程と、

(e) 前記フィルター処理後の表面プロファイルに基づき、前記測定対象としての表面処理銅箔の処理表面における、ISO 25178で規定される表面パラメータのうち少なくとも1種を算出する工程と、
を含む、銅箔の表面パラメータの測定方法。

[態様2]

前記工程(d)において、前記フィルター処理がSフィルターを用いることなく行われる、態様1に記載の銅箔の表面パラメータの測定方法。

[態様3]

前記Saが $0.3\mu\text{m}$ 以下であり、かつ、前記Sdrの変化率が70%以下である、態様1又は2に記載の銅箔の表面パラメータの測定方法。

[態様4]

前記Saが $0.3\mu\text{m}$ 以下であり、かつ、前記 α 値の変化率が70%以下である、態様1～3のいずれか一つに記載の銅箔の表面パラメータの測定方法。

[態様5]

前記工程(b)において、ISO 25178で規定される表面パラメータの2階微分を行い、前記Lフィルターのカットオフ値を設定する、態様1～4のいずれか一つに記載の銅箔の表面パラメータの測定方法。

[態様6]

銅箔の選別方法であって、

態様1～5のいずれか一つに記載の方法を用いて銅箔の表面パラメータを測定する工程であって、前記表面パラメータがISO 25178で規定される算術平均高さSa、二乗平均平方根高さSq、最大高さSz、界面の展開面積比Sdr、コア部の実体体積Vmc及びコア部のレベル差Skからなる群から選択される少なくとも1種である工程と、

前記 S_a が $1.2 \mu\text{m}$ 以下、前記 S_q が $2.5 \mu\text{m}$ 以下、前記 S_z が $14 \mu\text{m}$ 以下、前記 S_{dr} が 60% 以下、前記 V_{mc} が $1.5 \mu\text{m}^3$ 以下、及び／又は前記 S_k が $4 \mu\text{m}$ 以下の表面を有する銅箔を、高周波用途向けプリント配線板に適した銅箔として選別する工程と、を含む、銅箔の選別方法。

[態様 7]

態様 6 に記載の方法により得られた銅箔を用いて高周波用途向けプリント配線板を製造する工程を含む、高周波用途向けプリント配線板の製造方法。

図面の簡単な説明

[0012] [図1] ISO 25178 に準拠して決定される負荷曲線及び負荷面積率を説明するための図である。

[図2] ISO 25178 に準拠して決定される突出山部とコア部を分離する負荷面積率 S_{mr1} 、突出谷部とコア部を分離する負荷面積率 S_{mr2} 、及びコア部のレベル差 S_k を説明するための図である。

[図3] ISO 25178 に準拠して決定されるコア部の実体体積 V_{mc} を説明するための図である。

[図4] 複数のコブを有する銅箔表面の模式図であり、 α 値を説明するための図である。

[図5] 本発明の銅箔の表面パラメータ測定方法を説明するための工程流れ図である。

[図6A] 例 A 1 において、各カットオフ値による L フィルター処理を行った銅箔 b の処理表面の S_{dr} を示したグラフである。

[図6B] 例 A 1 において、各カットオフ値による L フィルター処理を行った銅箔 b の処理表面の α 値を示したグラフである。

[図7] 銅箔 b の処理表面において、L フィルター処理前後における S_{dr} の 2 階微分を示したグラフである。

[図8A] 例 A 1 において、各カットオフ値による L フィルター処理を行った銅箔 d の処理表面の S_{dr} を示したグラフである。

[図8B]例 A 1 において、各カットオフ値による L フィルター処理を行った銅箔 d の処理表面の α 値を示したグラフである。

[図9]銅箔 d の処理表面において、L フィルター処理前後における S d r の 2 階微分を示したグラフである。

[図10A]例 A 1 において、各カットオフ値による L フィルター処理を行った銅箔 e の処理表面の S d r を示したグラフである。

[図10B]例 A 1 において、各カットオフ値による L フィルター処理を行った銅箔 e の処理表面の α 値を示したグラフである。

[図11]銅箔 e の処理表面において、L フィルター処理前後における S d r の 2 階微分を示したグラフである。

[図12]例 A 1 ～ A 3 における、銅箔の表面パラメータと伝送損失との回帰式の決定係数 R^2 を比較したグラフである。

[図13]例 B 1 における、銅箔 a ～ e の算術平均高さ S a と高周波特性との相関関係を示すグラフである。

[図14]例 B 2 ～ B 8 における、銅箔 a ～ e の S d r の変化率と、高周波特性との相関関係（決定係数 R^2 ）を表すグラフである。

[図15]例 B 2 ～ B 8 における、銅箔 a ～ e の α 値の変化率と、高周波特性との相関関係（決定係数 R^2 ）を表すグラフである。

[図16]例 B 3 における、銅箔 a ～ e の算術平均高さ S a と高周波特性との相関関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0013] 定義

本発明を特定するために用いられる用語ないしパラメータの定義を以下に示す。

[0014] 本明細書において「算術平均高さ S a」又は「S a」とは、ISO 25178 に規定される、表面の平均面に対して、各点における高さの差の絶対値の平均を表すパラメータである。つまり、S a は輪郭曲線の算術平均高さ R a を面に拡張したパラメータに相当する。

- [0015] 本明細書において「二乗平均平方根高さ S_q 」又は「 S_q 」とは、ISO 25178に規定される、平均面からの距離の標準偏差に相当するパラメータであり、高さの標準偏差に相当する。
- [0016] 本明細書において「最大高さ S_z 」又は「 S_z 」とは、ISO 25178に規定される、表面の最も高い点から最も低い点までの距離を表す。
- [0017] 本明細書において「界面の展開面積比 S_{dr} 」又は「 S_{dr} 」とは、ISO 25178に規定される、定義領域の展開面積（表面積）が、定義領域の面積に対してどれだけ増大しているかを表すパラメータである。なお、本明細書では、界面の展開面積比 S_{dr} を表面積の増加分（%）として表すものとする。この値が小さいほど、平坦に近い表面形状であることを示し、完全に平坦な表面の S_{dr} は0%となる。一方、この値が大きいほど、凹凸が多い表面形状であることを示す。例えば、表面の S_{dr} が40%である場合、この表面は完全に平坦な表面から40%表面積が増大していることを示す。
- [0018] 本明細書において「面の負荷曲線」（以下、単に「負荷曲線」という）とは、ISO 25178に規定される、負荷面積率が0%から100%となる高さを表した曲線をいう。負荷面積率とは、図1に示されるように、ある高さ c 以上の領域の面積を表すパラメータである。高さ c での負荷面積率は図1における $S_{mr}(c)$ に相当する。図2に示されるように、負荷面積率が0%から負荷曲線に沿って負荷面積率の差を40%にして引いた負荷曲線の割線を、負荷面積率0%から移動させていき、割線の傾斜が最も緩くなる位置を負荷曲線の中央部分という。この中央部分に対して、縦軸方向の偏差の二乗和が最小になる直線を等価直線という。等価直線の負荷面積率0%から100%の高さの範囲に含まれる部分をコア部という。コア部より高い部分を突出山部といい、コア部より低い部分は突出谷部という。
- [0019] 本明細書において「コア部のレベル差 S_k 」又は「 S_k 」とは、ISO 25178に規定される、コア部の最大高さから最小高さを引いた値であり、図2に示されるように、等価直線の負荷面積率0%と100%の高さの差により算出されるパラメータである。

[0020] 本明細書において「コア部の実体体積 V_{mc} 」又は「 V_{mc} 」とは、図3に示されるように、ISO 25178に準拠して測定される、コア部の体積を表すパラメータである。本明細書では、コア部と突出山部を分離する負荷面積率 S_{mr1} を10%、及びコア部と突出谷部を分離する負荷面積率 S_{mr2} を80%と指定して V_{mc} を算出するものとする。

[0021] 本明細書において「 α 値」とは、コア部の実体体積 V_{mc} をコア部のレベル差 S_k で除して界面の展開面積比 S_{dr} を乗じることにより、すなわち $(V_{mc}/S_k) \times S_{dr}$ の式により得られるパラメータを意味する。ここで、 α 値を説明するための銅箔表面の模式図を図4に示す。図4(i)に示されるような複数のコブNを有する銅箔表面において、 V_{mc} はコブNから突出部を除去したコア部の体積に相当し、 S_k はコア部の高さに相当する(図4(ii)参照)。したがって、 V_{mc} を S_k で除した V_{mc}/S_k はコア部の面積に相当するものであり(図4(iii)参照)、 V_{mc}/S_k に S_{dr} を乗じた α 値は、コア部の S_{dr} を反映したパラメータであるといえる(図4(iv)参照)。

[0022] 本明細書において「未処理銅箔」とは、粗化处理や防錆処理等の表面処理が行われていない段階の銅箔を指す。ここでいう銅箔は、支持層、剥離層及び極薄銅層を備える銅箔(いわゆるキャリア付き銅箔)でもよい。

[0023] 本明細書において、電解銅箔の「電極面」とは、作製時に陰極と接していた側の面を指す。

[0024] 本明細書において、電解銅箔の「析出面」とは、作製時に電解銅が析出されていく側の面、すなわち陰極と接していない側の面を指す。

[0025] 本明細書において、「Lフィルター」とは大きい波長成分を除去するフィルターであり、輪郭曲線方式の測定(線粗さ測定)においては「 λ_c 」とも称される。すなわち、Lフィルターは銅箔のうねり等の大きいスケールの波長成分を除去するフィルターである。

[0026] 本明細書において、「Sフィルター」とは小さい波長成分を除去するフィルターであり、輪郭曲線方式の測定(線粗さ測定)においては「 λ_s 」とも

称される。すなわち、Sフィルターは銅箔の粗化处理等の小さいスケールの波長成分を除去するフィルターである。

[0027] 銅箔の表面パラメータの測定方法

本発明の方法は、銅箔の表面パラメータの測定方法である。この方法は、
(1) リファレンス銅箔の表面プロファイル取得、(2) Lフィルターのカットオフ値設定、(3) 測定対象銅箔の表面プロファイル取得、(4) 測定対象銅箔の表面プロファイルのフィルター処理、及び(5) 測定対象銅箔の表面パラメータ算出の各工程を含む。以下、図面を参照しながら、工程(1)～(5)の各々について説明する。

[0028] (1) リファレンス銅箔の表面プロファイル取得

本発明による銅箔の表面パラメータの測定方法の一例を図5に示す。まず、図5(i)に示されるように、フィルター条件を設定するために、リファレンスとしての表面処理銅箔10の処理表面における表面プロファイルを取得する。なお、本明細書において、リファレンスとしての表面処理銅箔を「リファレンス銅箔」と称することがある。

[0029] フィルター条件を設定するためのリファレンス銅箔10の表面プロファイル取得は、非接触式表面粗さ測定器、例えば市販のレーザー顕微鏡を用いてリファレンス銅箔10の処理表面を測定することにより、好ましく行うことができる。レーザー顕微鏡による測定を行う場合、測定面積は $90\mu\text{m}^2$ 以上 $103,000\mu\text{m}^2$ 以下とするのが好ましく、より好ましくは $1,000\mu\text{m}^2$ 以上 $26,000\mu\text{m}^2$ 以下、さらに好ましくは $1,000\mu\text{m}^2$ 以上 $17,000\mu\text{m}^2$ 以下である。また、レーザー顕微鏡の測定倍率は50倍以上500倍以下が好ましく、より好ましくは100倍以上400倍以下である。

[0030] リファレンス銅箔10は、公知の手法及び条件に従って製造されたものであってもよく、市販品であってもよい。例えば、図5(i)に示されるように、リファレンス銅箔10は、未処理銅箔12の少なくとも一方の面に対して表面処理を行ってコブ14(例えば粗化粒子)等を形成することにより、好ましく製造することができる。リファレンス銅箔10の厚さ(キャリア付

き銅箔の場合は極薄銅層の厚さを指す)は $0.5\mu\text{m}$ 以上 $210\mu\text{m}$ 以下が好ましく、より好ましくは $0.5\mu\text{m}$ 以上 $70\mu\text{m}$ 以下である。

[0031] 未処理銅箔12は、電解銅箔及び圧延銅箔のいずれであってもよいが、好ましくは電解銅箔である。未処理銅箔12に施される表面処理の例としては、粗化处理、防錆処理、カップリング剤処理、及びそれら任意の組合せが挙げられる。例えば、リファレンス銅箔10は、未処理銅箔12に対して少なくとも粗化处理が行われることにより、コブ14を備えたものであるのが好ましいが、粗化处理無しの防錆処理のみが行われたものであってもよい。未処理銅箔12が電解銅箔である場合、表面処理は、電解銅箔の電極面及び析出面のいずれの表面に対して行われるものであってもよい。

[0032] (2) Lフィルターのカットオフ値設定

取得したリファレンスとしての表面処理銅箔10の表面プロファイルに基づいて、Lフィルターのカットオフ値を設定する。このように予めLフィルターのカットオフ値を設定しておくことで、測定対象の表面処理銅箔ごとに測定条件を逐一設定して表面パラメータを算出することが不要となる。また、表面処理銅箔の処理表面における凹凸は、コブ(粗化粒子等)に起因する粗さ成分と、銅箔のうねりに起因するうねり成分とからなる。そして、プリント配線板の伝送損失は、高周波になるほど顕著に現れる銅箔の表皮効果によって増大するが、うねり成分は伝送損失に影響を及ぼしにくく、主に粗さ成分が伝送損失に影響を及ぼす。この点、後述する条件を満たすようにLフィルターのカットオフ値を設定することにより、高周波特性と高い相関を示す表面パラメータを簡便に取得することができる。なお、Lフィルターのカットオフ値の設定は、後述する第一の態様及び第二の態様のいずれか一方のみを満たすように行われてもよく、両方を満たすように行われてもよい。

[0033] 本発明の第一の態様によれば、Lフィルターのカットオフ値が、(i) Lフィルターで処理した後の S_a である S_{a1} が $0.5\mu\text{m}$ 以下を満たし、かつ、(ii) Lフィルターで処理する前後における S_{dr} の変化率： $(|S_{dr0} - S_{dr1}| / S_{dr0}) \times 100$ (式中、 S_{dr0} はLフィルター

で処理する前の $S_d r$ であり、 $S_d r_1$ は L フィルターで処理した後の $S_d r$ である) が 80% 以下を満たすように設定される。L フィルターのカットオフ値は、好ましくは $S_a 1$ が $0.3 \mu m$ 以下であり、かつ、 $S_d r$ の変化率が 70% 以下、より好ましくは $S_a 1$ が $0.001 \mu m$ 以上 $0.3 \mu m$ 以下であり、かつ、 $S_d r$ の変化率が 0.1% 以上 60% 以下、さらに好ましくは $S_a 1$ が $0.005 \mu m$ 以上 $0.2 \mu m$ 以下であり、かつ、 $S_d r$ の変化率が 1% 以上 40% 以下であるように設定される。すなわち、 $S_a 1$ は $0.5 \mu m$ 以下であり、好ましくは $0.3 \mu m$ 以下、より好ましくは $0.001 \mu m$ 以上 $0.3 \mu m$ 以下、さらに好ましくは $0.005 \mu m$ 以上 $0.2 \mu m$ 以下である。 $S_a 1$ が上記範囲内であると、高周波特性に影響を及ぼしにくいうねり成分を効果的に除去することができる。また、 $S_d r$ の変化率は 80% 以下であり、好ましくは 70% 以下、より好ましくは 0.1% 以上 60% 以下、さらに好ましくは 1% 以上 40% 以下である。 $S_d r$ の変化率が上記範囲内であると、高周波特性に大きな影響を及ぼす粗さ成分（コブ成分）を確実に残すことができる。つまり、粗さ成分を除去するカットオフ値で L フィルターによる処理を行った場合、 $S_d r$ の変化率が大きくなる。このため、 $S_d r$ の変化率を上記範囲内に制御することにより、高周波特性の評価に必要な粗さ成分が除去されることを効果的に抑制することができる。したがって、上記条件を満たすように L フィルターのカットオフ値を設定することで、後述する工程において、高周波特性との高い相関を示す表面処理銅箔の表面パラメータを算出することができる。

- [0034] 本発明の第二の態様によれば、L フィルターのカットオフ値が、(i) L フィルターで処理した後の S_a である $S_a 1$ が $0.5 \mu m$ 以下を満たし、かつ、(i i') L フィルターで処理する前後における α 値の変化率： $(|\alpha_0 - \alpha_1| / \alpha_0) \times 100$ （式中、 α_0 は L フィルターで処理する前の α 値であり、 α_1 は L フィルターで処理した後の α 値である）が 80% 以下を満たすように設定される。L フィルターのカットオフ値は、より好ましくは $S_a 1$ が $0.3 \mu m$ 以下であり、かつ、 α 値の変化率が 70% 以下、さらに

好ましくは $S a 1$ が $0.001\mu m$ 以上 $0.3\mu m$ 以下であり、かつ、 α 値の変化率が 0.1% 以上 60% 以下、特に好ましくは $S a 1$ が $0.005\mu m$ 以上 $0.2\mu m$ 以下であり、かつ、 α 値の変化率が 1% 以上 40% 以下であるように設定される。すなわち、 $S a 1$ は $0.5\mu m$ 以下が好ましく、より好ましくは $0.3\mu m$ 以下、さらに好ましくは $0.001\mu m$ 以上 $0.3\mu m$ 以下、特に好ましくは $0.005\mu m$ 以上 $0.2\mu m$ 以下である。 $S a 1$ が上記範囲内であると、高周波特性に影響を及ぼしにくい成分を効果的に除去することができる。また、 α 値の変化率は 80% 以下が好ましく、より好ましくは 70% 以下、さらに好ましくは 0.1% 以上 60% 以下、特に好ましくは 1% 以上 40% 以下である。 α 値の変化率が上記範囲内であると、高周波特性に大きな影響を及ぼす粗さ成分（コブ成分）を確実に残すことができる。つまり、粗さ成分を除去するカットオフ値でフィルター処理を行った場合、 α 値の変化率が大きくなる。このため、 α 値の変化率を上記範囲内に制御することにより、高周波特性の評価に必要な粗さ成分が除去されることを効果的に抑制することができる。したがって、上記条件を満たすように L フィルターのカットオフ値を設定することで、後述する工程において、高周波特性との高い相関を示す表面処理銅箔の表面パラメータを算出することができる。

[0035] L フィルターのカットオフ値の設定は、以下のようにして行われてもよい。まず、暫定的に複数の L フィルターのカットオフ値を使用してリファレンス銅箔10の表面プロファイルを解析し、カットオフ値ごとの表面パラメータを算出する。そして、算出された表面パラメータに基づいて、上記複数のカットオフ値の中から好ましいカットオフ値を特定する。このようなカットオフ値の特定は、例えば本明細書の実施例に記載される諸条件に従って変化点を求めることにより、好ましく行うことができる。特に、最適なカットオフ値をより確実に設定する観点から、ISO 25178で規定される表面パラメータ（例えば $S d r$ 又は α 値）の2階微分を行い、 L フィルターのカットオフ値を設定するのが好ましい。

[0036] (3) 測定対象銅箔の表面プロファイル取得

図5 (i i) に示されるように、測定対象としての表面処理銅箔10'の処理表面における表面プロファイルを取得する。なお、本明細書において、測定対象としての表面処理銅箔を「測定対象銅箔」と称することがある。この測定対象銅箔10'は、リファレンス銅箔10と同等の条件によって製造又は処理されたものである。このような例としては、リファレンス銅箔10と測定対象銅箔10'とが、互いに同一仕様で別ロットの製品である場合が挙げられる。ただし、リファレンス銅箔10及び測定対象銅箔10'の処理表面における表面プロファイルの取得箇所が互いに異なる場合、両者は同一製品であってもよい。すなわち、本発明の方法は、ロール状のように長尺の表面処理銅箔を製造する場合に、例えば製造ロットの初期及び後期における表面処理状態の変化を確認するために好ましく利用することができる。

[0037] このように、本発明による銅箔の表面パラメータの測定方法は、製品管理や品質保証等に好ましく用いることができる。すなわち、本発明の工程を経て取得された表面パラメータを利用することで、後述するとおり良品質の製品を簡便かつ確実に選別及び出荷することができる。例えば、測定対象銅箔10'の表面プロファイルの測定及び表面パラメータの算出は、測定対象銅箔10'の製造直後に行われるものであってもよく、出荷前検査時に行われるものであってもよい。

[0038] 測定対象銅箔10'の表面プロファイル取得は、AFM（原子間力顕微鏡）、接触式表面粗さ測定器、非接触式表面粗さ測定器等、様々な公知の機器を用いることができる。例えば非接触式表面粗さ測定器である市販のレーザー顕微鏡を用いて測定対象銅箔10'の表面を測定することにより、表面プロファイル取得を好ましく行うことができる。レーザー顕微鏡による測定条件は、例えばリファレンス銅箔10の表面プロファイル取得に関して上述した条件をそのまま採用することができる。

[0039] (4) 測定対象銅箔の表面プロファイルのフィルター処理

測定対象としての表面処理銅箔10'について取得された表面プロファイ

ルをフィルター処理する。このフィルター処理は、上述したリファレンス銅箔 10 の表面プロファイルに基づいて設定されたカットオフ値の L フィルターを用いて処理することを含む。こうすることで、上述のとおり高周波特性に影響を及ぼしにくい銅箔のうねり成分を選択的に除去することができ、高周波特性に大きな影響を及ぼす粗さ成分を反映した表面パラメータを算出することが可能となる。

[0040] 上記フィルター処理は、S フィルターを用いることなく行われるのが好ましい。S フィルターによる処理を行った場合、S フィルターのカットオフ値より小さな凹凸が平均化される（除去される）ことになる。したがって、S フィルターを用いることなくフィルター処理を行うことで、測定対象銅箔 10' に存在する小さなコブ（粗化粒子等）を確実に検出することができ、結果として高周波特性との相関がより一層高い表面パラメータを算出することが可能となる。

[0041] (5) 測定対象銅箔の表面パラメータ算出

フィルター処理後の表面プロファイルに基づき、測定対象としての表面処理銅箔 10' の処理表面における、ISO 25178 で規定される表面パラメータのうち少なくとも 1 種を算出する。上述した工程を経て算出された表面パラメータは、うねり成分の影響が十分に排除され、表面処理銅箔の粗さ成分が的確に反映されたパラメータであり、それ故、高周波特性を精度良く予測できる。その結果、銅箔作製のたびに実際に高周波特性の評価を行うことが不要となり、作業時間及び材料の無駄を省くことが可能となる。

[0042] 算出される表面パラメータの好ましい例としては、S_a、S_q、S_z、S_{d r}、V_{m c}、S_k、及びそれらの組合せ（例えば α 値）が挙げられ、より好ましくは S_a、S_q、S_{d r}、V_{m c}、S_k 及びそれらの組合せ、さらに好ましくは S_a、S_{d r}、V_{m c}、S_k 及びそれらの組合せ、特に好ましくは S_a、S_{d r} 及びそれらの組合せである。これらの表面パラメータであると、高周波特性との相関がより一層高いものとなる。

[0043] 銅箔の選別方法

本発明の好ましい態様によれば、銅箔の選別方法が提供される。この銅箔の選別方法は、上述した方法に基づき銅箔の表面パラメータを測定する工程と、所定の表面パラメータを有する銅箔を、高周波用途向けプリント配線板に適した銅箔として選別する工程とを含む。

[0044] 本態様において測定される銅箔の表面パラメータは、 S_a 、 S_q 、 S_z 、 S_{dr} 、 V_{mc} 及び S_k からなる群から選択される少なくとも 1 種である。そして、 S_a 、 S_{dr} 、 V_{mc} 及び／又は S_k が表 1 に示される範囲内の表面を有する銅箔を、高周波用途向けプリント配線板に適した銅箔として選別する。

[0045]

[表1]

表 1

	Sa	Sq	Sz	Sdr	Vmc	Sk
適合範囲	1.2 μ m 以下	2.5 μ m 以下	14 μ m 以下	60% 以下	1.5 μ m ³ 以下	4 μ m 以下
好ましい範囲	0.05 μ m 以上 1.0 μ m 以下	0.05 μ m 以上 2.0 μ m 以下	0.5 μ m 以上 5.0 μ m 以下	0.5% 以上 60% 以下	0.05 μ m ³ 以上 1.4 μ m ³ 以下	0.15 μ m 以上 3.0 μ m 以下
より好ましい範囲	0.05 μ m 以上 0.5 μ m 以下	0.05 μ m 以上 1.0 μ m 以下	0.5 μ m 以上 3.0 μ m 以下	0.5% 以上 60% 以下	0.05 μ m ³ 以上 0.7 μ m ³ 以下	0.15 μ m 以上 1.6 μ m 以下
さらに好ましい範囲	0.05 μ m 以上 0.15 μ m 以下	0.05 μ m 以上 0.5 μ m 以下	0.5 μ m 以上 2.0 μ m 以下	0.5% 以上 20% 以下	0.05 μ m ³ 以上 0.2 μ m ³ 以下	0.15 μ m 以上 0.5 μ m 以下

[0046] 上述のとおり、本発明の方法により測定された銅箔の表面パラメータは、高周波特性との高い相関を有するため、高周波特性の代替指標として利用することができる。この点、上記範囲内の表面パラメータを満たす表面を有する銅箔は、高周波特性にとりわけ優れたものと判定することができ、それ故、高周波用途向けプリント配線板に適した銅箔といえる。

[0047] プリント配線板の製造方法

本発明の好ましい態様によれば、高周波用途向けプリント配線板の製造方法が提供される。このプリント配線板の製造方法は、上述した方法により得られた銅箔を用いて高周波用途向けプリント配線板を製造する工程を含む。プリント配線板は公知の層構成が採用可能である。すなわち、プリント配線板の製造は、本発明の方法により選別された表面処理銅箔を用いること以外は、公知の手法及び条件を採用することができ、特に限定されない。

[0048] 本発明の方法により製造されたプリント配線板は、1 GHz 以上の高周波用途に使用されるのが好ましく、より好ましくは3 GHz 以上、さらに好ましくは20 GHz 以上300 GHz 以下である。

実施例

[0049] 本発明を以下の例によってさらに具体的に説明する。

[0050] [例 A 1 ~ A 3]

本発明の方法に従って、リファレンス銅箔の表面プロファイルに基づき L フィルターのカットオフ値を設定し、測定対象銅箔の表面パラメータと高周波特性との相関関係を確認した。具体的には、以下のとおりである。

[0051] 例 A 1

(1) リファレンス銅箔の用意

まず、未処理銅箔として、電解製箔されたままの銅箔（析離箔）を以下のとおり2種類用意した。

- 未処理銅箔 I : 厚さ $18 \mu\text{m}$ 、特許文献 2（特開平 9-241882 号公報）に開示される方法により製造

- 未処理銅箔 II : 厚さ $18 \mu\text{m}$ 、特許文献 3（WO 2008/041706 A1）に開示される方法により製造

[0052] 次いで、表 2 に示されるように、未処理銅箔 I 又は II の電極面又は析出面に対して、公知の条件で表面処理（粗化处理）を行うことにより、リファレンス銅箔として、表面粗さの異なる5種類の表面処理銅箔（銅箔 a ~ e）を作製した。なお、銅箔 a、c 及び e は、未処理銅箔 II の析出面に対してそれぞれ異なる条件で粗化处理を行っており、それ故、互いに異なる表面

粗さを有している。また、作製された銅箔 a～e はいずれも市販品と同等の性質（表面粗さや高周波特性等）を有するものである。

[0053] (2) リファレンス銅箔の表面プロファイル取得

レーザー顕微鏡（オリンパス株式会社製、OLS-5000）を用いて、測定面積 $4096\ \mu\text{m}^2$ 及び倍率 200 倍の条件で、作製した表面処理銅箔の処理表面を測定し、表面プロファイルを取得した。

[0054] (3) L フィルターのカットオフ値設定

得られたリファレンス銅箔の表面プロファイルを解析することにより、 S_a 、 S_{dr} 、 V_{mc} 及び S_k を算出した。具体的には、L フィルターのカットオフ値を $0.3\ \mu\text{m}$ 、 $0.5\ \mu\text{m}$ 、 $1.0\ \mu\text{m}$ 、 $1.5\ \mu\text{m}$ 、 $2.0\ \mu\text{m}$ 、 $2.5\ \mu\text{m}$ 、 $3.0\ \mu\text{m}$ 、 $3.5\ \mu\text{m}$ 、 $4.0\ \mu\text{m}$ 、 $4.5\ \mu\text{m}$ 、 $5.0\ \mu\text{m}$ 、 $6.0\ \mu\text{m}$ 、 $7.0\ \mu\text{m}$ 、 $8.0\ \mu\text{m}$ 、 $9.0\ \mu\text{m}$ 、 $10\ \mu\text{m}$ 、 $30\ \mu\text{m}$ 及び $64\ \mu\text{m}$ と変更して解析を行うことで、各カットオフ値による L フィルター処理後の S_a 、 S_{dr} 、 V_{mc} 及び S_k を算出した。また、L フィルターによるカットオフを行わない条件での S_{dr} 、 V_{mc} 及び S_k も同様に算出した。算出された S_{dr} 、 V_{mc} 及び S_k に基づき、 α 値 ($= (V_{mc}/S_k) \times S_{dr}$) を計算するとともに、L フィルター処理前後における S_{dr} の 2 階微分及び α 値の 2 階微分を計算した。参考のため、銅箔 b における、各カットオフ値による L フィルター処理後の S_{dr} 及び α 値を図 6 A 及び 6 B にそれぞれ示すとともに、L フィルター処理前後における S_{dr} の 2 階微分を図 7 に示す。また、銅箔 d における、各カットオフ値による L フィルター処理後の S_{dr} 及び α 値を図 8 A 及び 8 B にそれぞれ示すとともに、L フィルター処理前後における S_{dr} の 2 階微分を図 9 に示す。さらに、銅箔 e における、各カットオフ値による L フィルター処理後の S_{dr} 及び α 値を図 10 A 及び 10 B にそれぞれ示すとともに、L フィルター処理前後における S_{dr} の 2 階微分を図 11 に示す。

[0055] 各カットオフ値による L フィルター処理後の S_{dr} 及び α 値、並びに S_{dr} の 2 階微分の計算結果より、銅箔 a～e において、 S_{dr} 及び α 値が変化

点となるＬフィルターのカットオフ値をそれぞれ確認した。その結果、銅箔 a 及び銅箔 b はカットオフ値が $4.0\ \mu\text{m}$ のときに、銅箔 c 及び d はカットオフ値が $3.5\ \mu\text{m}$ のときに、銅箔 e はカットオフ値が $3.0\ \mu\text{m}$ のときに、それぞれ S d r 及び α 値が変化点となることが確認された。そして、これらのカットオフ値でＬフィルター処理を行ったとき、銅箔 a ～ e における S d r の変化率及び α 値の変化率はいずれも 80% 以下であり、かつ、Ｌフィルター処理後の S a（つまり S a 1）の値はいずれも $0.5\ \mu\text{m}$ 以下であることが確認された。以上の結果より、銅箔 a ～ e におけるＬフィルターのカットオフ値を、表 2 に示すようにそれぞれ設定した。なお、ここでいう「変化点」とは、カットオフ値及び表面パラメータ（ここでは S d r 及び α 値）の関係を示すグラフにおいて、グラフの傾きが大きく変化する点である。カットオフ値を変化点よりも小さな値にすると、実際には表面に存在する小さな凹凸が平均化される（除去される）領域に入ること示している。ただし、「変化点」を厳密かつ一義的に定めることは難しいため、ある程度の幅が許容される概念である。カットオフ値及び表面パラメータの関係における 2 階微分を用いると「変化点」を見極める精度が高まり、より好適なカットオフ値を設定する一助となる。本実施例では銅箔 a ～ e の処理表面における S d r 及び α 値をそれぞれ 2 階微分した値を用いて「変化点」を求めた。2 階微分の算出に際しては、誤差を小さくするため 3 区間移動平均を使用した。

[0056] （４）測定対象銅箔の用意

上記（１）で作製したリファレンス銅箔（銅箔 a ～ e）と同一の条件を用いて、測定対象銅箔としての 5 種類の表面処理銅箔（銅箔 a' ～ e'）をそれぞれ作製した。

[0057] （５）測定対象銅箔の表面プロファイル取得

レーザー顕微鏡（オリンパス株式会社製、OLS-5000）を用いて、測定面積 $4096\ \mu\text{m}^2$ 及び倍率 200 倍の条件で測定対象銅箔の処理表面を測定し、表面プロファイルを取得した。

[0058] （６）フィルター処理及び表面パラメータ算出

各測定対象銅箔の表面プロファイルをフィルター処理した。このとき、表 2 に示されるとおり、L フィルターのカットオフ値を上記 (3) で設定した数値、すなわち銅箔 a 及び銅箔 b については $4.0 \mu\text{m}$ 、銅箔 c 及び d については $3.5 \mu\text{m}$ 、銅箔 e については $3.0 \mu\text{m}$ とした。このフィルター処理は、S フィルターによる処理は行わず、L フィルターによる処理のみを行った。フィルター処理後の表面プロファイルに基づき、 S_a 、 S_{dr} 、 V_{mc} 及び S_k を算出するとともに、 α 値を計算した。結果は表 2 に示されるとおりであった。

[0059] (7) 高周波特性の評価

絶縁樹脂基材として高周波用基材（パナソニック製、MEGTRON 6 N）を用意した。この絶縁樹脂基材の両面に表面処理銅箔（銅箔 a' ~ e'）をその処理表面が絶縁樹脂基材と当接するように積層し、真空プレス機を使用して、温度 190°C 、プレス時間 120 分の条件で積層し、絶縁厚さ $136 \mu\text{m}$ の銅張積層板を得た。その後、当該銅張積層板にエッチング加工を施し、特性インピーダンスが 50Ω になるようマイクロストリップラインを形成した伝送損失測定用基板を得た。得られた伝送損失測定用基板に対して、ネットワークアナライザー（キーサイトテクノロジー製、N5225B）を用いて、 50GHz の伝送損失 (dB/cm) を測定した。結果は表 2 に示されるとおりであった。

[0060] (8) 表面パラメータ及び高周波特性の相関関係

伝送損失を横軸とし、表面パラメータ (S_{dr} 又は α 値) を縦軸として、各銅箔の評価結果をプロットした。このプロットデータに基づき、線形近似（最小二乗法）により回帰式を求めるとともに、決定係数 R^2 を算出した。その結果、 S_{dr} を縦軸とした場合の回帰式における決定係数 R^2 は 0.9786 であり、 α 値を縦軸とした場合の回帰式における決定係数 R^2 は 0.9717 であった。

[0061]

[表2]

表 2

	表面処理		Lフィルター カットオフ値 (μm)	表面パラメータ					高周波特性 伝送損失 (dB/cm)
	未処理銅箔 種類	処理面		Sa (μm)	Sdr (%)	Vmc (μm^3)	Sk (μm)	α 値	
銅箔 a'	II	析出面	4.0	0.225	67.533	0.240	0.707	22.925	-0.61
銅箔 b'	I	析出面	4.0	0.152	32.126	0.163	0.436	12.010	-0.54
銅箔 c'	II	析出面	3.5	0.121	35.902	0.130	0.364	12.822	-0.54
銅箔 d'	I	電極面	3.5	0.091	20.208	0.099	0.281	7.120	-0.52
銅箔 e'	II	析出面	3.0	0.047	11.231	0.054	0.131	4.630	-0.51

[0062] 例 A 2

リファレンス銅箔（銅箔 a～e）において、Lフィルターのカットオフ値を5.0 μm と設定したこと、すなわちLフィルターのカットオフ値を5.0 μm として測定対象銅箔（銅箔 a'～e'）における表面プロファイルのフィルター処理を行ったこと以外は、例 A 1と同様にして表面パラメータ及び高周波特性の相関関係を確認した。ここで、Lフィルターのカットオフ値

を $5.0\mu\text{m}$ としたときに、銅箔a～eにおけるSdrの変化率及び α 値の変化率はいずれも80%以下であり、かつ、Lフィルター処理後のSa（つまりSa1）の値はいずれも $0.5\mu\text{m}$ 以下であった。

[0063] その結果、Sdrを縦軸とした場合の回帰式における決定係数 R^2 は0.9666であり、 α 値を縦軸とした場合の回帰式における決定係数 R^2 は0.9518であった。なお、例A1では、Sdr及び α 値の変化点を $4.0\mu\text{m}$ （銅箔a及び銅箔b）、 $3.5\mu\text{m}$ （銅箔c及び銅箔d）又は $3.0\mu\text{m}$ （銅箔e）とみなしているが、これらは例A2におけるカットオフ値の設定値（ $5.0\mu\text{m}$ ）とは相違する。この点、図6A、6B、8A、8B、10A及び10Bに示されるように、カットオフ値が $3.0\mu\text{m}$ 以上 $5.0\mu\text{m}$ 以下の範囲において、Sdr及び α 値の変化が小さいことから、上記カットオフ設定値は変化点として許容されるものである。

[0064] 例A3

リファレンス銅箔（銅箔a～e）において、Lフィルターのカットオフ値を $2.0\mu\text{m}$ と設定したこと、すなわちLフィルターのカットオフ値を $2.0\mu\text{m}$ として測定対象銅箔（銅箔a'～e'）における表面プロファイルのフィルター処理を行ったこと以外は、例A1と同様にして表面パラメータ及び高周波特性の相関関係を確認した。ここで、Lフィルターのカットオフ値を $2.0\mu\text{m}$ としたときに、銅箔a～eにおけるSdrの変化率及び α 値の変化率はいずれも80%以下であり、かつ、Lフィルター処理後のSa（つまりSa1）の値はいずれも $0.5\mu\text{m}$ 以下であった。

[0065] その結果、Sdrを縦軸とした場合の回帰式における決定係数 R^2 は0.9687であり、 α 値を縦軸とした場合の回帰式における決定係数 R^2 は0.9609であった。なお、例A1では、Sdr及び α 値の変化点を $4.0\mu\text{m}$ （銅箔a及び銅箔b）、 $3.5\mu\text{m}$ （銅箔c及び銅箔d）又は $3.0\mu\text{m}$ （銅箔e）とみなしているが、これらは例A3におけるカットオフ値の設定値（ $2.0\mu\text{m}$ ）とは相違する。この点、図6A、6B、8A、8B、10A及び10Bに示されるように、カットオフ値が $2.0\mu\text{m}$ 以上 $4.0\mu\text{m}$ 以

下の範囲において、 $S_d r$ 及び α 値の変化が小さいことから、上記カットオフ設定値は変化点として許容されるものである。

[0066] 例 A 1 ～ A 3 における、銅箔の表面パラメータ ($S_d r$ 又は α 値) と伝送損失との回帰式の決定係数 R^2 を比較したグラフを図 1 2 に示す。図 1 2 に示されるように、例 A 1 ～ A 3 のいずれにおいても、表面パラメータ及び高周波特性の相関は良好であった。すなわち、リファレンス銅箔 (銅箔 a ～ e) を用いて L フィルターのカットオフ値を所定の条件に基づき予め設定することにより、測定対象銅箔 (銅箔 a' ～ e') の表面パラメータが高周波特性を的確に反映することを確認した。また、リファレンス銅箔の表面パラメータに応じて個別にカットオフ値を設定して算出された表面パラメータ (例 A 1 で算出された表面パラメータ) は、L フィルターのカットオフ値を固定して算出された表面パラメータ (例 A 2 及び A 3 で算出された表面パラメータ) と比較して、高周波特性との相関がより良好な結果となった。これにより、従来は表面処理銅箔を用いて高周波特性評価用のサンプル基板を逐一作製して、評価を行う必要があったところ、当該作業が不要となったため、作業時間の短縮及び材料の無駄の低減に繋がった。

[0067] [例 B 1 ～ B 8]

L フィルターのカットオフ値を変更することで、所定の条件を満たす場合に表面処理銅箔の表面パラメータが高周波特性と高い相関を示すことを確認した。具体的には、以下のとおりである。

[0068] 例 B 1 (比較)

(1) リファレンス銅箔の用意

例 A 1 と同様にして、表面粗さの異なる 5 種類の表面処理銅箔 (銅箔 a ～ e) をリファレンス銅箔として用意した。

[0069] (2) リファレンス銅箔の表面プロファイル取得

例 A 1 と同様にして、リファレンス銅箔の処理表面における表面プロファイルを取得した。

[0070] (3) L フィルターのカットオフ値設定

得られたリファレンス銅箔の各表面プロファイルについて、Lフィルターのカットオフ値を $64\ \mu\text{m}$ として解析を行うことで、 S_a 、 S_{dr} 、 V_{mc} 及び S_k を算出した。その結果、銅箔bにおけるLフィルター処理後の S_a （すなわち S_{a1} ）が $0.5\ \mu\text{m}$ を超える値であることが確認された。また、Lフィルターによるカットオフを行わない条件での S_{dr} 、 V_{mc} 及び S_k を算出した。算出された S_{dr} 、 V_{mc} 及び S_k に基づき、 α 値（ $= (V_{mc}/S_k) \times S_{dr}$ ）を計算するとともに、Lフィルター処理前後における S_{dr} の変化率、及び α 値の変化率を計算した。その結果、銅箔a～eは、いずれも S_{dr} の変化率及び α 値の変化率が80%以下であった。

[0071] (4) 測定対象銅箔の用意

例A1と同様にして、表面粗さの異なる5種類の表面処理銅箔（銅箔a'～e'）を測定対象銅箔として用意した。

[0072] (5) 測定対象銅箔の表面プロファイル取得

例A1と同様にして、測定対象銅箔の処理表面をレーザー顕微鏡で測定し、表面プロファイルを取得した。

[0073] (6) フィルター処理及び表面パラメータ算出

各銅箔の表面プロファイルをフィルター処理した。このとき、Lフィルターのカットオフ値は $64\ \mu\text{m}$ とした。このフィルター処理は、Sフィルターによる処理は行わず、Lフィルターによる処理のみを行った。フィルター処理後の表面プロファイルに基づき、 S_a 、 S_q 、 S_z 、 S_{dr} 、 V_{mc} 及び S_k を算出するとともに、 α 値を計算した。

[0074] (7) 高周波特性の評価

例A1と同様にして、銅箔a'～e'を用いて伝送損失測定用基板をそれぞれ作製し、50GHzの伝送損失を測定した。

[0075] (8) 表面パラメータ及び高周波特性の相関関係

伝送損失を横軸とし、表面パラメータ（ S_a 、 S_q 、 S_z 、 S_{dr} 、 V_{mc} 、 S_k 又は α 値）を縦軸として、各銅箔の評価結果をプロットした。このプロットデータに基づき、線形近似（最小二乗法）により回帰式を求めると

ともに、決定係数 R^2 を算出した。結果は表3に示されるとおりであった。参考のため、銅箔a～eにおける S_a と高周波特性との相関関係を表すグラフを図13に示す。

[0076] 例B2～B7

リファレンス銅箔を用いたLフィルターのカットオフ値の設定、及び測定対象銅箔における表面プロファイルのLフィルター処理において、表3に示すようにカットオフ値を1.0～10 μm に変更したこと以外は、例B1と同様にして表面パラメータと高周波特性との相関関係を確認した。結果は表3に示されるとおりであった。

[0077] 銅箔a～eにおける S_{dr} の変化率と、高周波特性との相関関係（決定係数 R^2 ）を表すグラフを図14に示すとともに、銅箔a～eにおける α 値の変化率と高周波特性との相関関係（決定係数 R^2 ）を表すグラフを図15に示す。図14及び15に示されるように、Lフィルターのカットオフ値を1.0～10 μm とした場合、銅箔a～eの処理表面における S_{dr} の変化率及び α 値の変化率は、いずれも80%以下であった。また、Lフィルターのカットオフ値を1.0～10 μm とした場合の銅箔a～eの処理表面における S_a の値は、いずれも0.5 μm 以下であった。参考のため、例B3（Lフィルターのカットオフ値5 μm ）の銅箔a～eにおけるLフィルター処理後の S_a （つまり S_{a1} ）と、高周波特性との相関関係を表すグラフを図16に示す。

[0078] 例B8（比較）

リファレンス銅箔を用いたLフィルターのカットオフ値の設定、及び測定対象銅箔における表面プロファイルのLフィルター処理において、カットオフ値を0.5 μm に変更したこと以外は、例B1と同様にして表面パラメータと高周波特性との相関関係を確認した。結果は表3に示されるとおりであった。

[0079] 例B8における S_{dr} の変化率と、高周波特性との相関関係（決定係数 R^2 ）を表すグラフを図14に示すとともに、例B8における α 値の変化率と、

高周波特性との相関関係（決定係数 R^2 ）を表すグラフを図 15 に示す。図 14 及び 15 に示されるように、L フィルターのカットオフ値を $0.5 \mu\text{m}$ とした場合、銅箔 a、銅箔 b、銅箔 d 及び銅箔 e の処理表面における Sdr の変化率及び α 値の変化率は、いずれも 80% を超える値であった。また、L フィルターのカットオフ値を $0.5 \mu\text{m}$ とした場合の銅箔 a ~ e の処理表面における Sa の値は、いずれも $0.5 \mu\text{m}$ 以下であった。

[0080] [表3]

表 3

	L フィルター	表面パラメータと高周波特性との 相関関係(決定係数 R^2)						
	カットオフ値 (μm)	Sa	Sq	Sz	Sdr	Vmc	Sk	α 値
例 B1*	64	0.1025	0.0909	0.1005	0.9469	0.1260	0.1089	0.9336
例 B2	10	0.5019	0.4500	0.2044	0.9587	0.6481	0.5615	0.8799
例 B3	5.0	0.8216	0.8142	0.2965	0.9666	0.9104	0.8804	0.9518
例 B4	4.0	0.9036	0.8733	0.3305	0.9774	0.9442	0.9061	0.9625
例 B5	3.0	0.9276	0.9050	0.3291	0.9674	0.9476	0.9473	0.9640
例 B6	2.0	0.9404	0.9220	0.2819	0.9687	0.9659	0.9544	0.9609
例 B7	1.0	0.9429	0.9345	0.3362	0.9722	0.9505	0.9424	0.9646
例 B8*	0.5	0.3490	0.3873	0.2679	0.9351	0.9123	0.9084	0.9391

*は比較例を表す。

請求の範囲

[請求項1]

銅箔の表面パラメータの測定方法であって、

(a) フィルター条件を設定するために、リファレンスとしての表面処理銅箔の処理表面における表面プロファイルを取得する工程と、

(b) 前記表面プロファイルに基づいてLフィルターのカットオフ値を設定する工程であって、前記カットオフ値は、

(i) Lフィルターで処理した後の算術平均高さ S_a である S_{a1} が $0.5 \mu m$ 以下を満たし、かつ、

(ii) Lフィルターで処理する前後における界面の展開面積比 S_{dr} の変化率: $(|S_{dr0} - S_{dr1}| / S_{dr0}) \times 100$ (式中、 S_{dr0} はLフィルターで処理する前の S_{dr} であり、 S_{dr1} はLフィルターで処理した後の S_{dr} である) が80%以下を満たす、又は

(ii') Lフィルターで処理する前後における、コア部の実体体積 V_{mc} をコア部のレベル差 S_k で除して界面の展開面積比 S_{dr} を乗じることにより、すなわち $(V_{mc} / S_k) \times S_{dr}$ の式により得られる α 値の変化率: $(|\alpha_0 - \alpha_1| / \alpha_0) \times 100$ (式中、 α_0 はLフィルターで処理する前の α 値であり、 α_1 はLフィルターで処理した後の α 値である) が80%以下を満たすように設定され、

S_a 、 S_{dr} 、 V_{mc} 及び S_k はISO 25178で規定される表面パラメータである、工程と、

(c) 前記リファレンスとしての表面処理銅箔と同等の条件によって製造又は処理された、測定対象としての表面処理銅箔の処理表面における表面プロファイルを取得する工程と、

(d) 前記測定対象としての表面処理銅箔について取得された表面プロファイルをフィルター処理する工程であって、前記カットオフ値のLフィルターを用いて処理することを含む工程と、

(e) 前記フィルター処理後の表面プロファイルに基づき、前記測定

対象としての表面処理銅箔の処理表面における、ISO 25178で規定される表面パラメータのうち少なくとも1種を算出する工程と、を含む、銅箔の表面パラメータの測定方法。

[請求項2] 前記工程（d）において、前記フィルター処理がSフィルターを用いることなく行われる、請求項1に記載の銅箔の表面パラメータの測定方法。

[請求項3] 前記S_aが0.3 μm以下であり、かつ、前記S_{dr}の変化率が70%以下である、請求項1又は2に記載の銅箔の表面パラメータの測定方法。

[請求項4] 前記S_aが0.3 μm以下であり、かつ、前記α値の変化率が70%以下である、請求項1又は2に記載の銅箔の表面パラメータの測定方法。

[請求項5] 前記工程（b）において、ISO 25178で規定される表面パラメータの2階微分を行い、前記Lフィルターのカットオフ値を設定する、請求項1又は2に記載の銅箔の表面パラメータの測定方法。

[請求項6] 銅箔の選別方法であって、

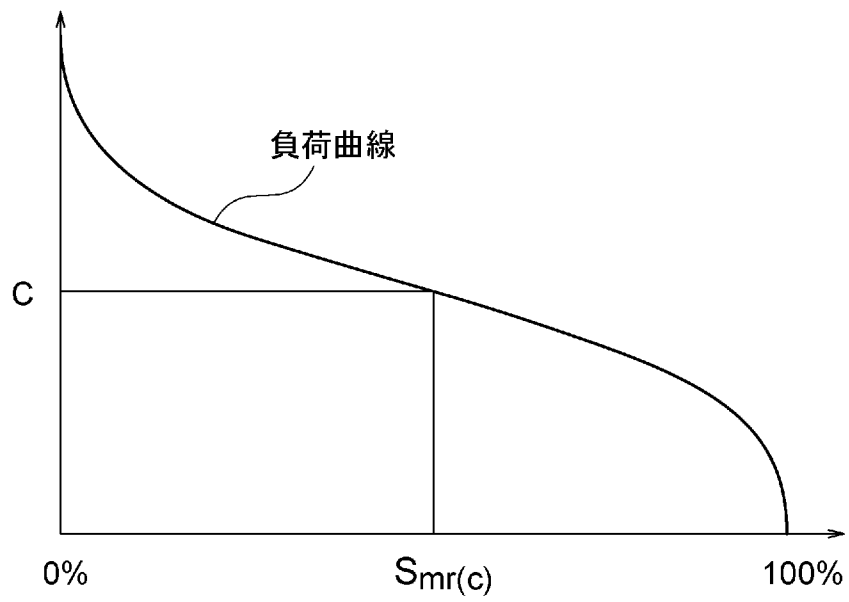
請求項1又は2に記載の方法を用いて銅箔の表面パラメータを測定する工程であって、前記表面パラメータがISO 25178で規定される算術平均高さS_a、二乗平均平方根高さS_q、最大高さS_z、界面の展開面積比S_{dr}、コア部の実体体積V_{mc}及びコア部のレベル差S_kからなる群から選択される少なくとも1種である工程と、

前記S_aが1.2 μm以下、前記S_qが2.5 μm以下、前記S_zが14 μm以下、前記S_{dr}が60%以下、前記V_{mc}が1.5 μm³以下、及び／又は前記S_kが4 μm以下の表面を有する銅箔を、高周波用途向けプリント配線板に適した銅箔として選別する工程と、を含む、銅箔の選別方法。

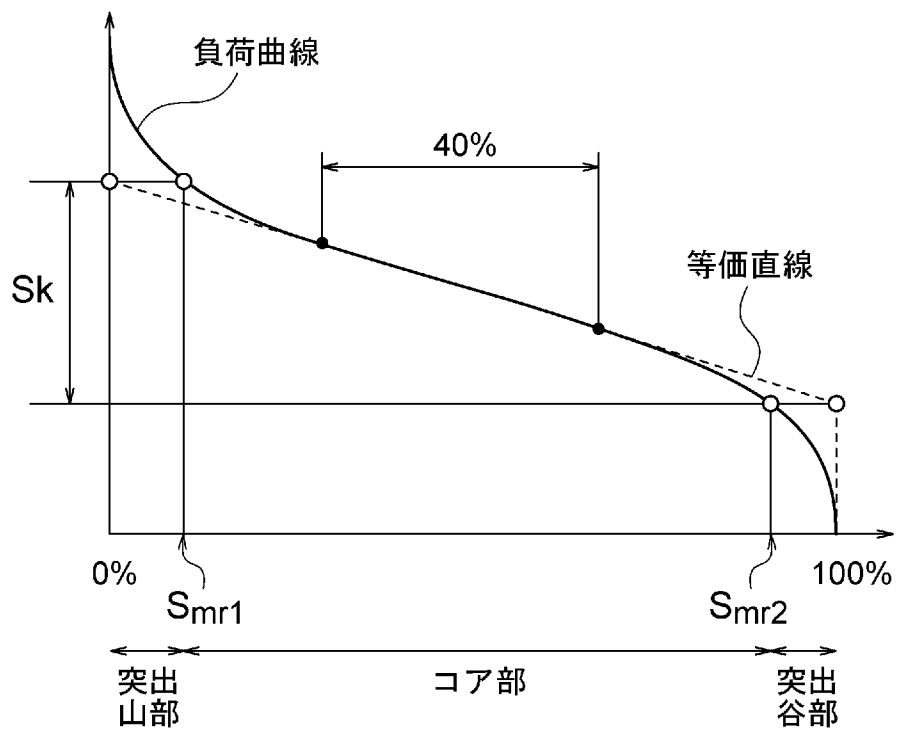
[請求項7] 請求項6に記載の方法により得られた銅箔を用いて高周波用途向けプリント配線板を製造する工程を含む、高周波用途向けプリント配線

板の製造方法。

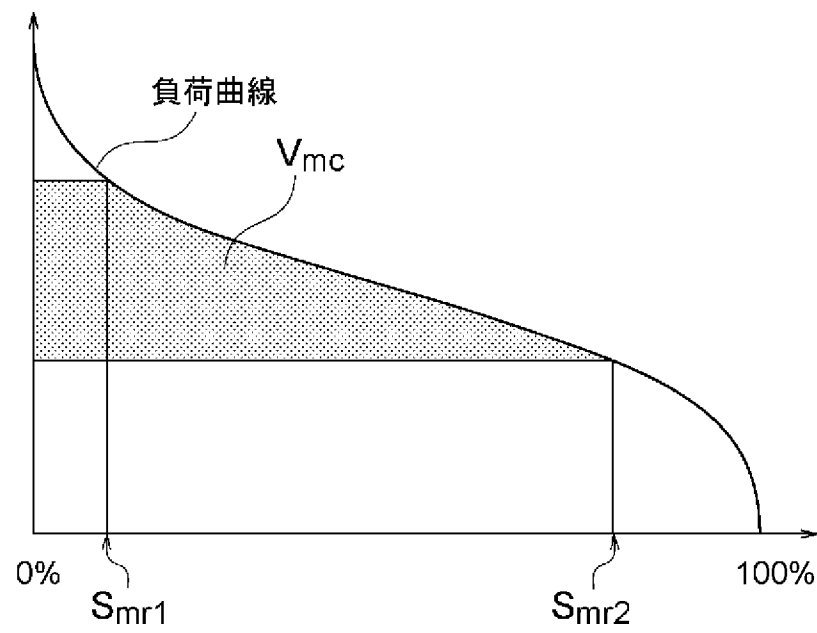
[図1]



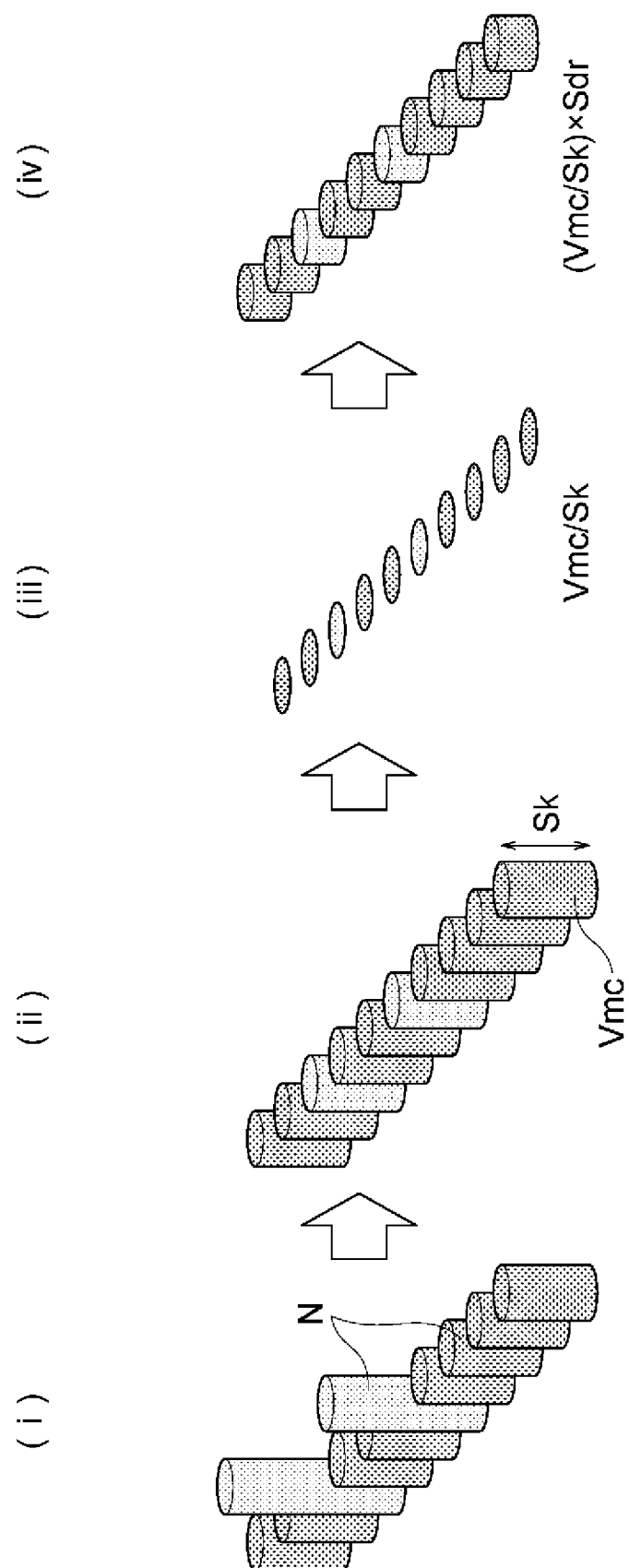
[図2]



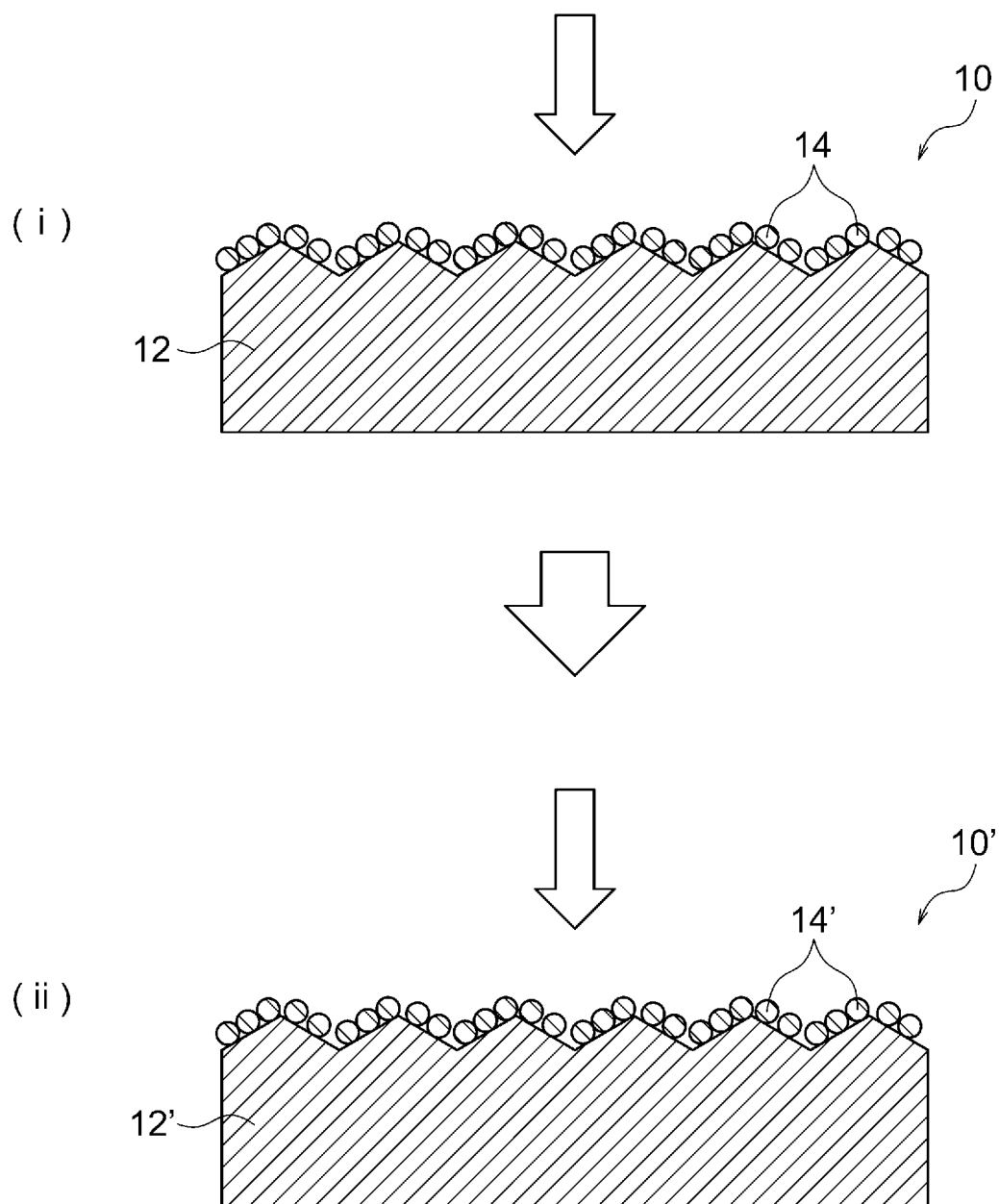
[図3]



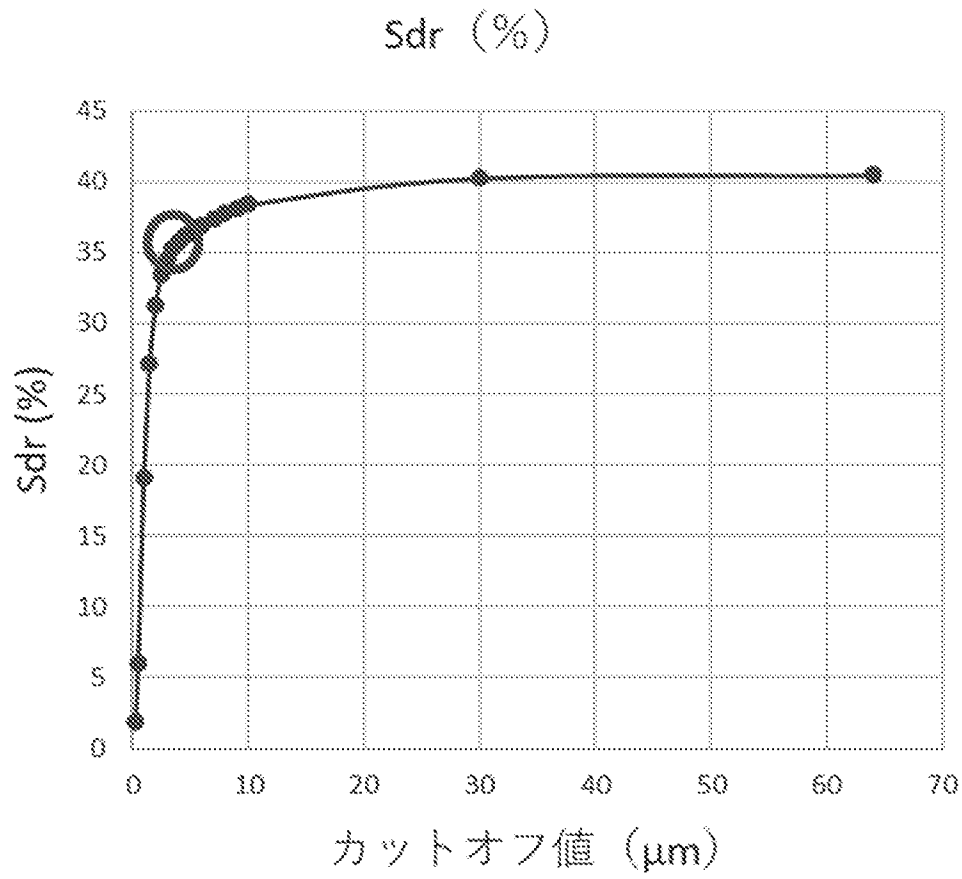
[図4]



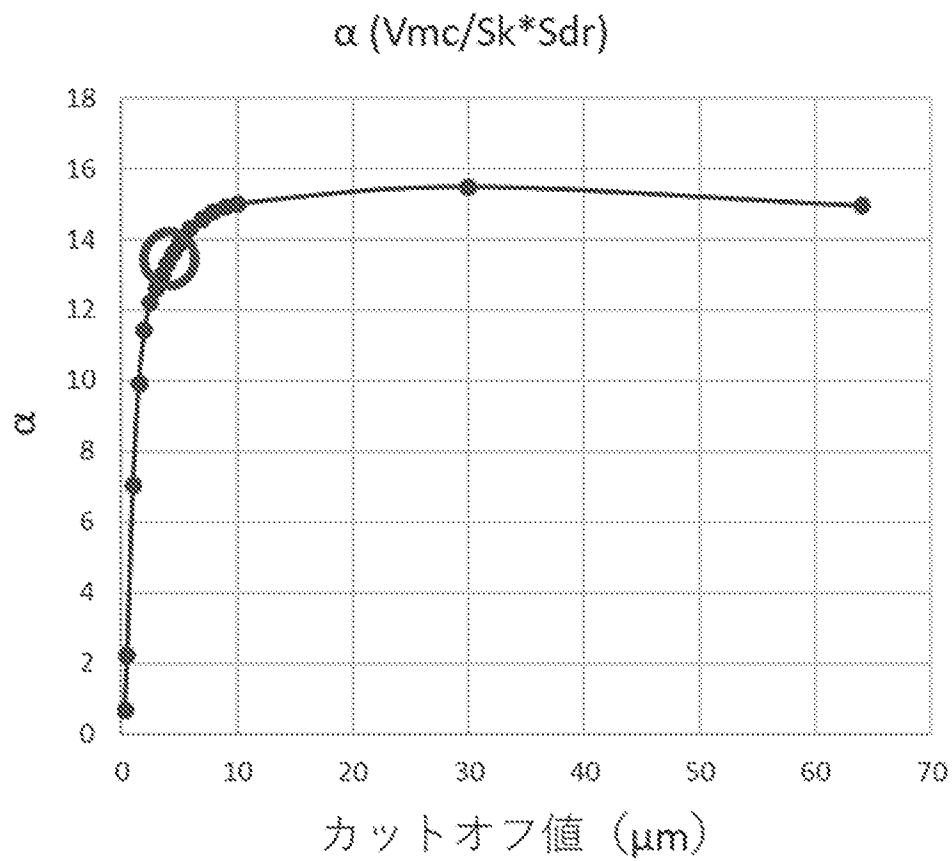
[図5]



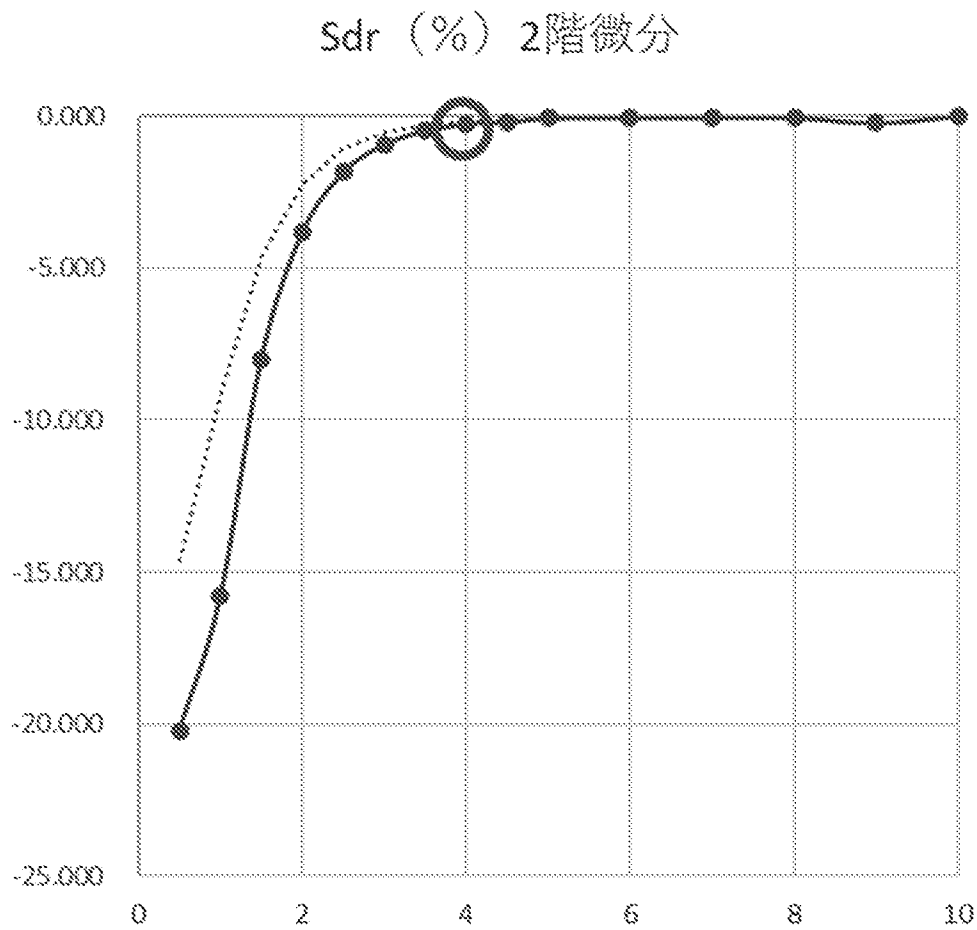
[図6A]



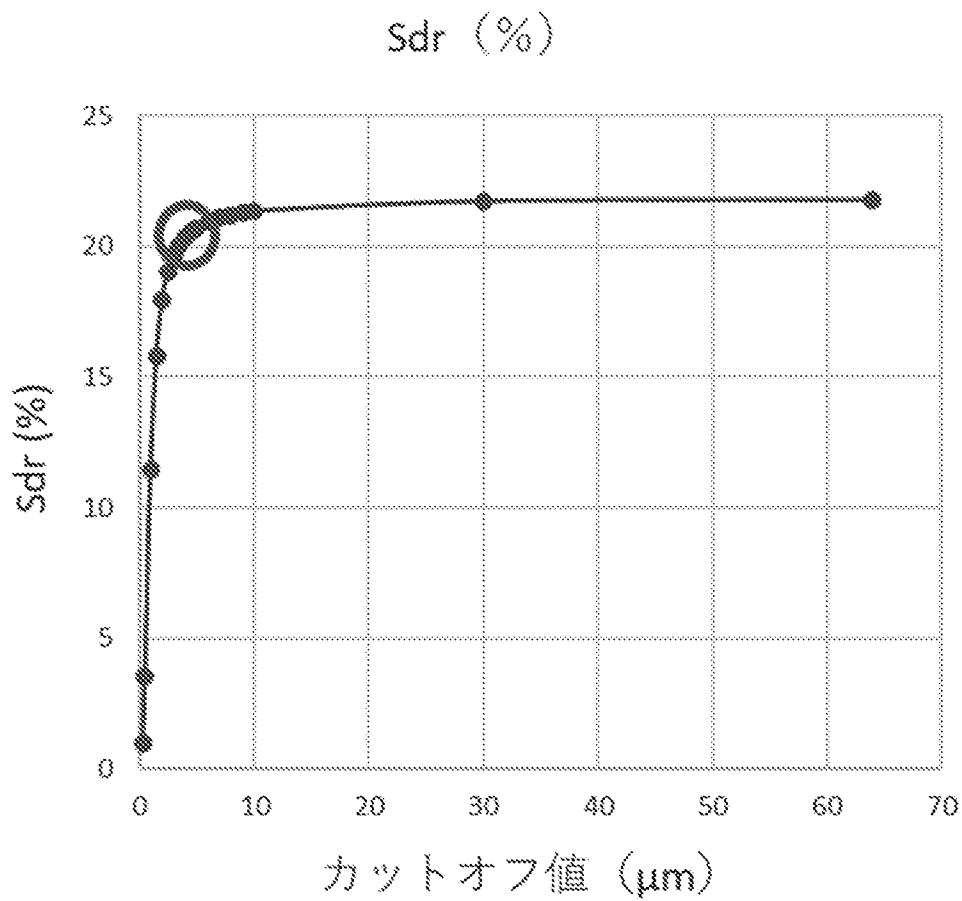
[図6B]



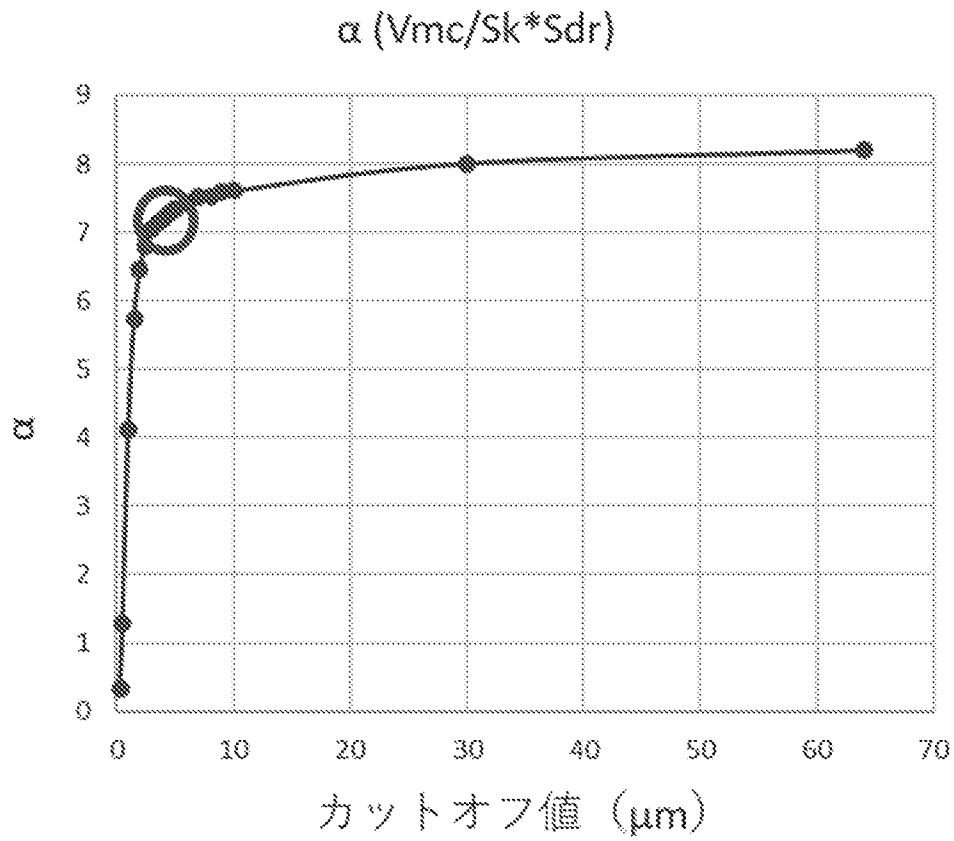
[図7]



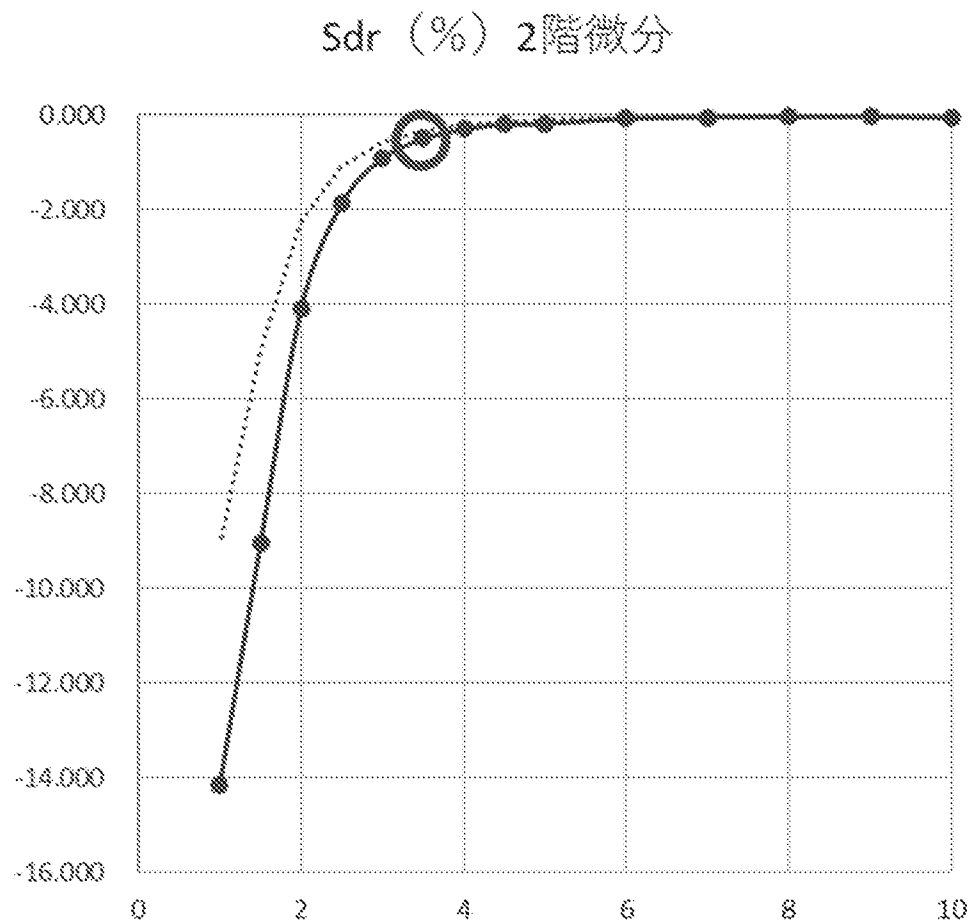
[図8A]



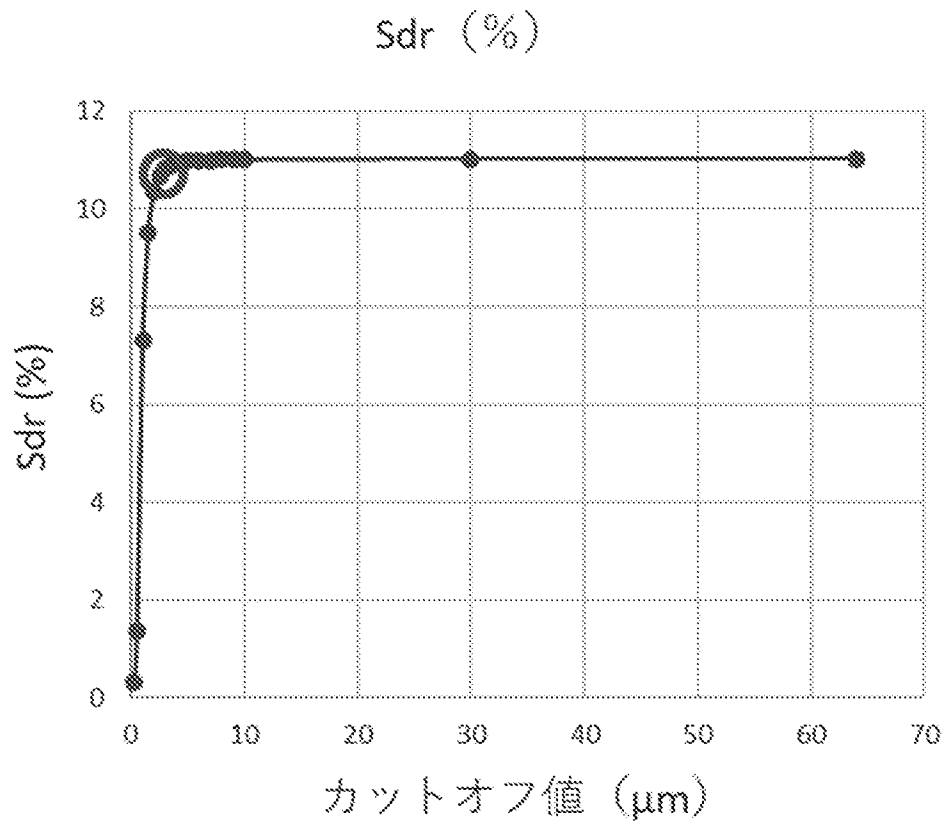
[図8B]



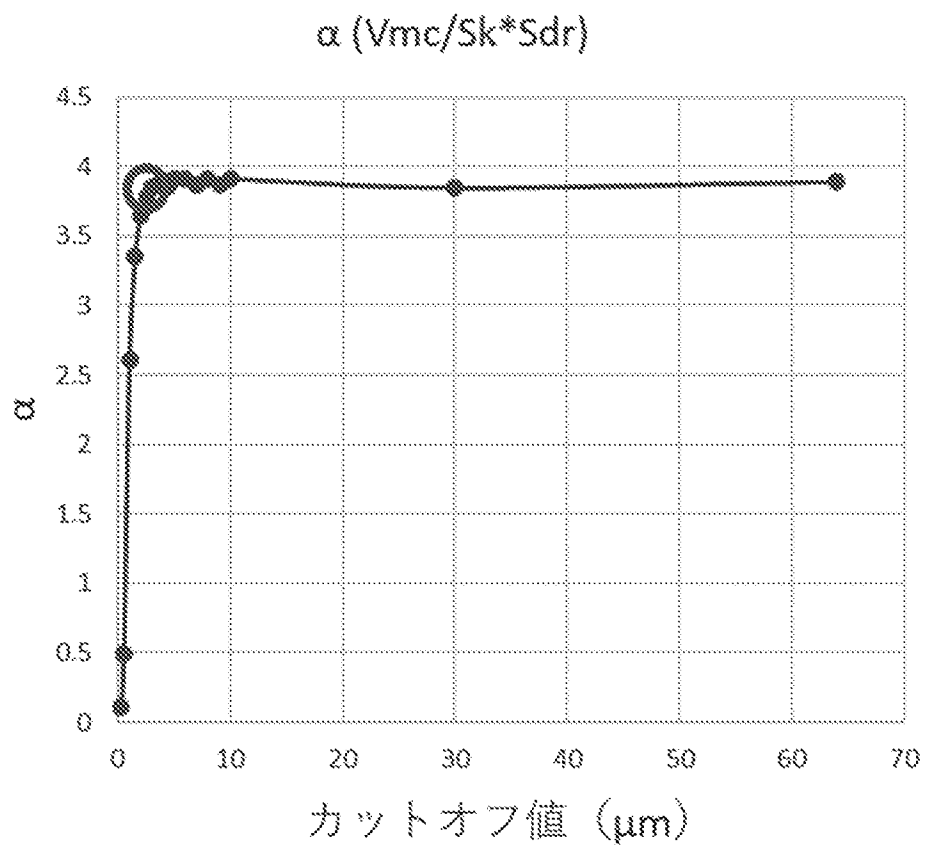
[図9]



[図10A]

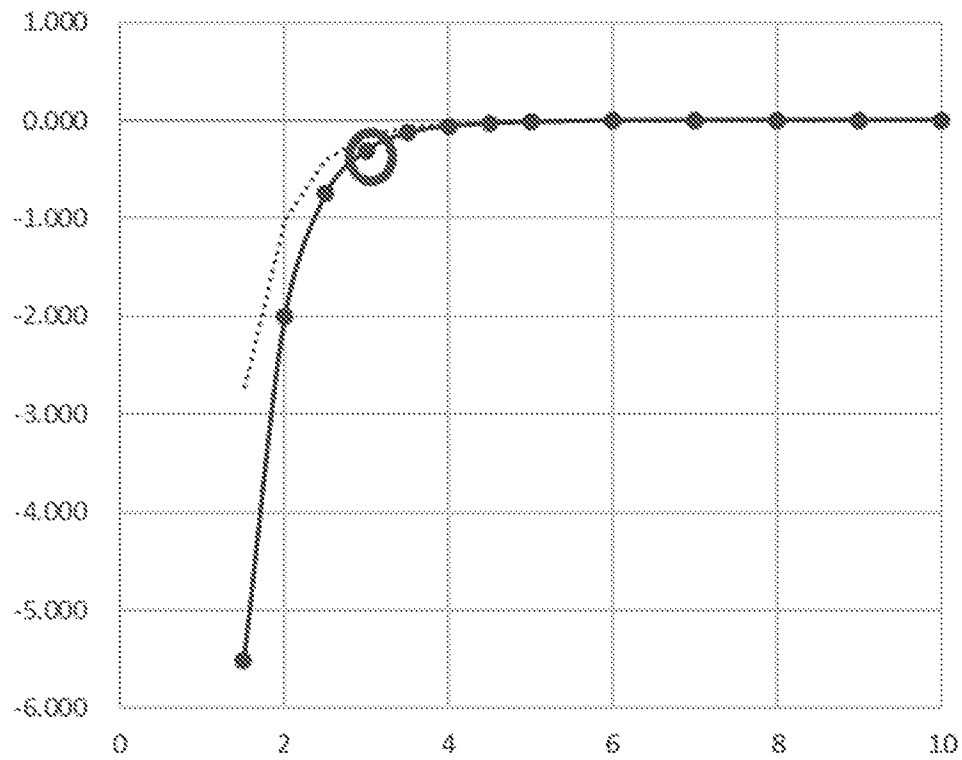


[図10B]

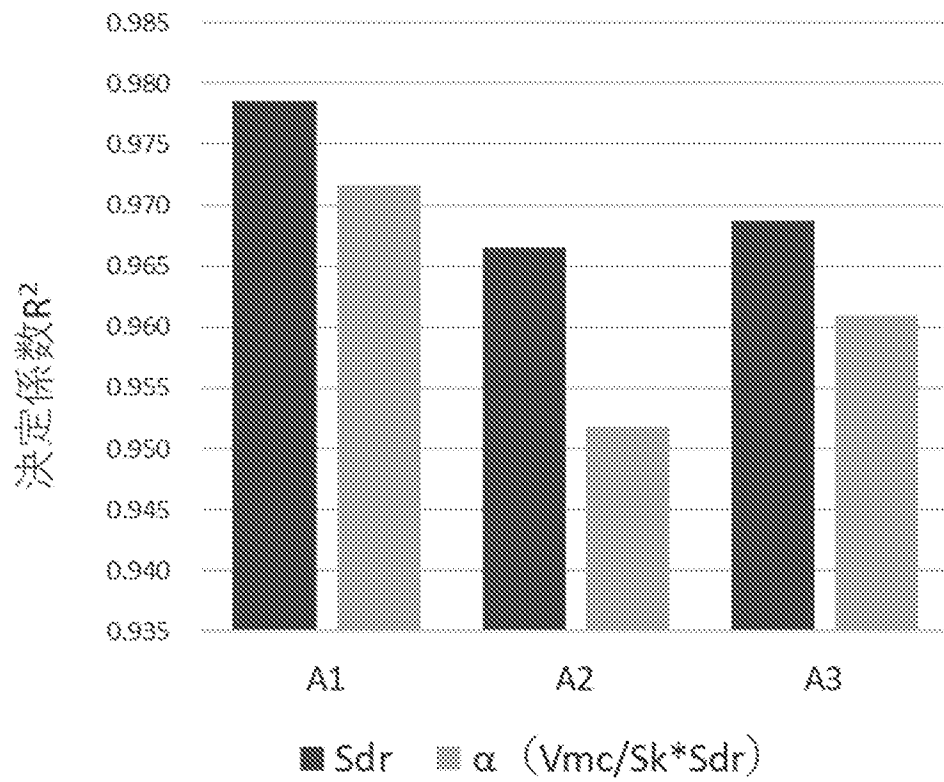


[図11]

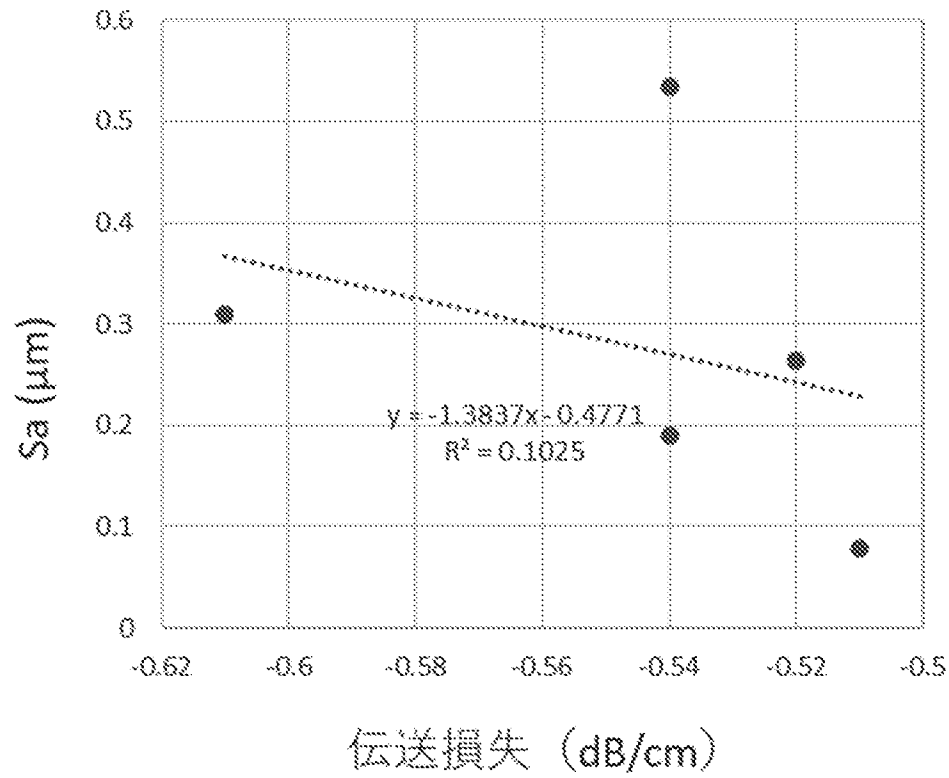
Sdr (%) 2階微分



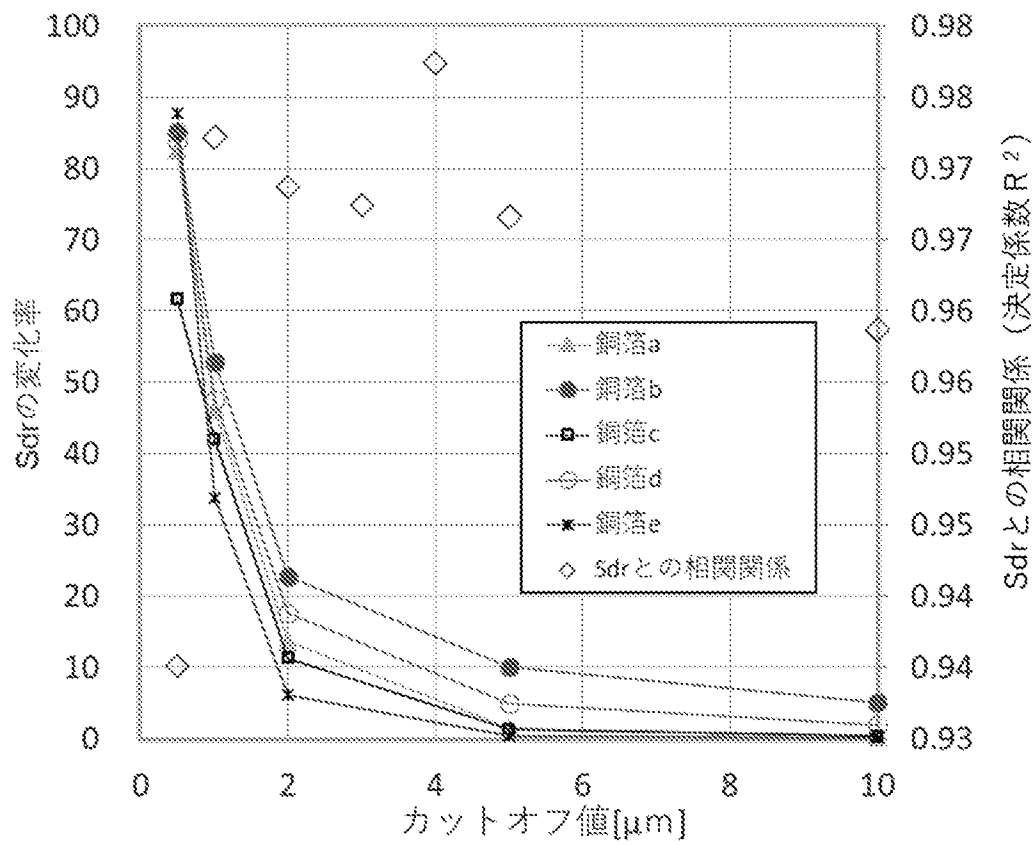
[図12]



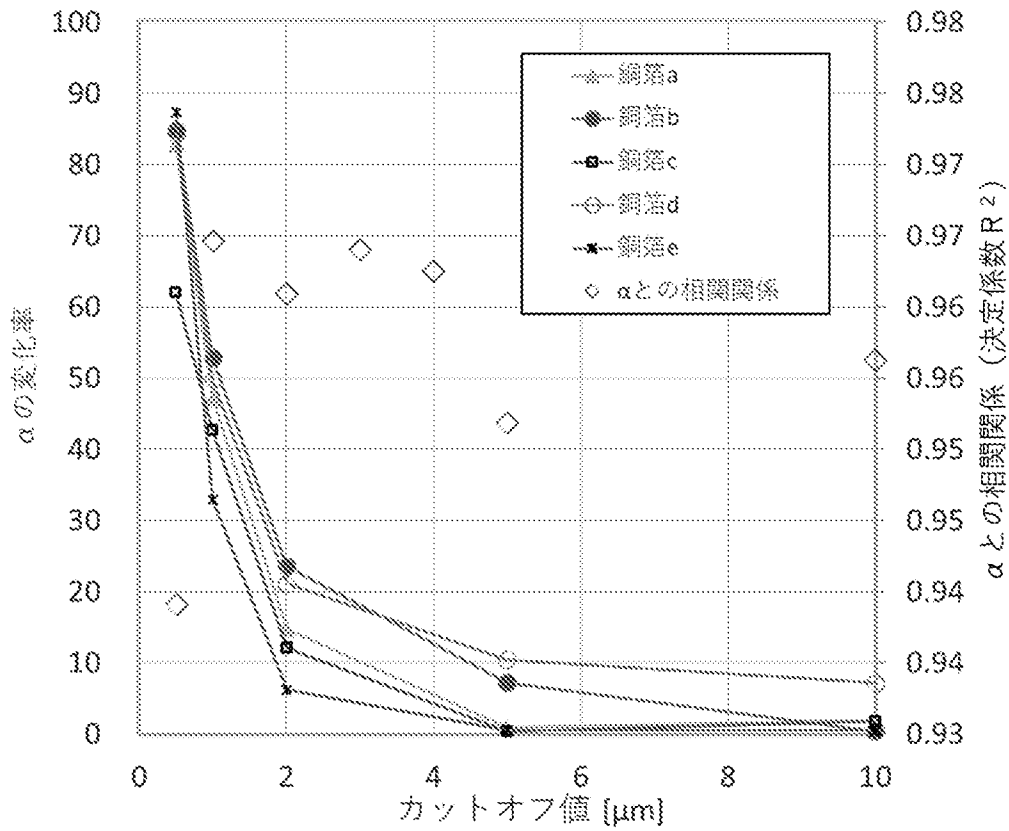
[図13]



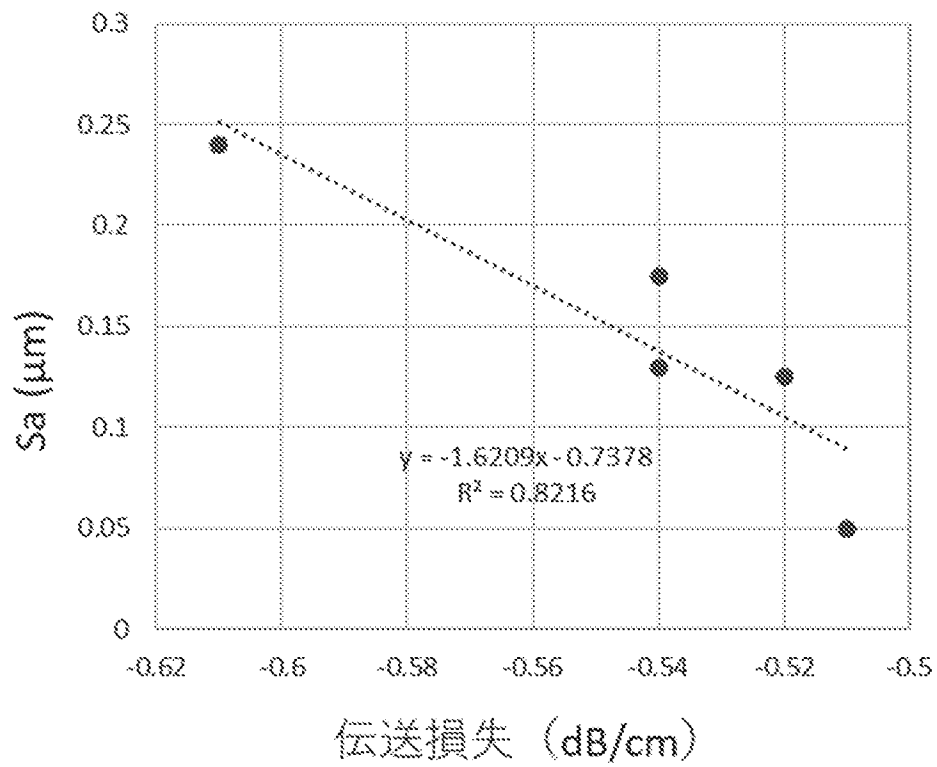
[図14]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/046102

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G01B 11/30**(2006.01)i; **G01B 21/30**(2006.01)i

FI: G01B21/30 102; G01B11/30 102Z

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01B21/30; G01B11/30; G01N21/956; C25D1/04; C25D5/16; C25D7/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023

Registered utility model specifications of Japan 1996-2023

Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2017/006739 A1 (MITSUI MINING & SMELTING CO., LTD.) 12 January 2017 (2017-01-12) entire text	1-7
A	JP 2021-26839 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 22 February 2021 (2021-02-22) entire text	1-7
A	JP 6-337214 A (SUMITOMO LIGHT METAL IND., LTD.) 06 December 1994 (1994-12-06) entire text	1-7
A	JP 2013-221856 A (SUMITOMO RUBBER IND., LTD.) 28 October 2013 (2013-10-28) entire text	1-7



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

31 January 2023

Date of mailing of the international search report

07 February 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)

3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915

Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/046102

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2017/006739	A1	12 January 2017	KR 10-2017-0137932 A entire text CN 107614760 A	
JP	2021-26839	A	22 February 2021	(Family: none)	
JP	6-337214	A	06 December 1994	(Family: none)	
JP	2013-221856	A	28 October 2013	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01B 11/30(2006.01)i; G01B 21/30(2006.01)i FI: G01B21/30 102; G01B11/30 102Z														
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G01B21/30; G01B11/30; G01N21/956; C25D1/04; C25D5/16; C25D7/06 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023年</td> </tr> </table> 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年													
C. 関連すると認められる文献														
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号												
A	WO 2017/006739 A1（三井金属鉱業株式会社）12.01.2017（2017 - 01 - 12） 全文	1-7												
A	JP 2021-26839 A（トヨタ自動車株式会社）22.02.2021（2021 - 02 - 22） 全文	1-7												
A	JP 6-337214 A（住友軽金属工業株式会社）06.12.1994（1994 - 12 - 06） 全文	1-7												
A	JP 2013-221856 A（住友ゴム工業株式会社）28.10.2013（2013 - 10 - 28） 全文	1-7												
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの</td> <td>“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</td> <td>“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの	“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの	“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの	“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	“&” 同一パテントファミリー文献	“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	
* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの	“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの													
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの													
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献														
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献														
国際調査を完了した日 31.01.2023	国際調査報告の発送日 07.02.2023													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 飯村 悠斗 2S 4779 電話番号 03-3581-1101 内線 3216													

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/046102

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2017/006739	A1	12.01.2017	KR 10-2017-0137932 A 全文 CN 107614760 A	
JP	2021-26839	A	22.02.2021	(ファミリーなし)	
JP	6-337214	A	06.12.1994	(ファミリーなし)	
JP	2013-221856	A	28.10.2013	(ファミリーなし)	