

(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
2024年12月19日(19.12.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/257796 A1

(51) 国際特許分類:

C25D 5/10 (2006.01)

C25D 7/00 (2006.01)

C25D 3/12 (2006.01)

H01L 23/50 (2006.01)

C25D 3/38 (2006.01)

Tokyo (JP). 古河精密金属工業株式会社 (FURUKAWA PRECISION ENGINEERING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒3211448 栃木県日光市清滝新細尾町528番5号 Tochigi (JP).

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2024/021338

(22) 国際出願日:

2024年6月12日(12.06.2024)

(25) 国際出願の言語:

日本語

(26) 国際公開の言語:

日本語

(30) 優先権データ:

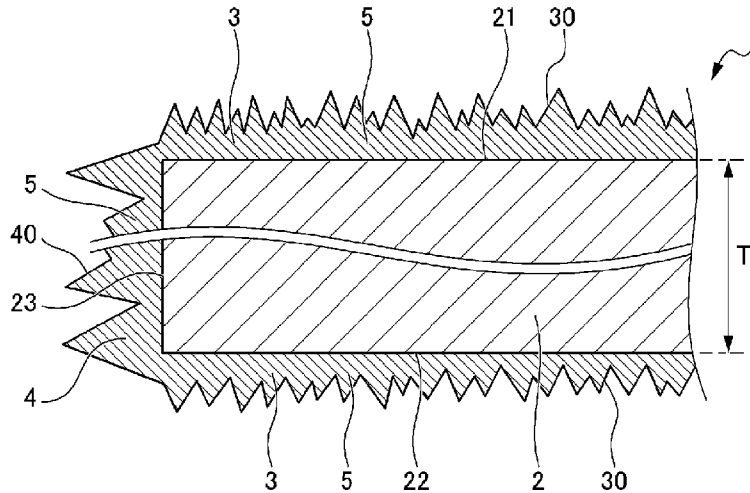
特願 2023-098902 2023年6月16日(16.06.2023) JP

(71) 出願人: 古河電気工業株式会社 (FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1008322 東京都千代田区大手町二丁目6番4号

(72) 発明者: 葛原 颯己 (KUZUHARA Soki); 〒1008322 東京都千代田区大手町二丁目6番4号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 篠崎 健作 (SHINOZAKI Kensaku); 〒1008322 東京都千代田区大手町二丁目6番4号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 橋本 真 (HASHIMOTO Makoto); 〒3211448 栃木県日光市清滝新細尾町528番5号 古河精密金属工業株式会社内 Tochigi (JP). 大内 一博 (OOUCHI Kazuhiro); 〒3211448 栃木県日光

(54) Title: LEAD FRAME MATERIAL AND METHOD FOR PRODUCING SAME, AND SEMICONDUCTOR PACKAGE

(54) 発明の名称: リードフレーム材およびその製造方法、ならびに半導体パッケージ



(57) Abstract: Provided are: a lead frame material which, even when being subjected to a heat cycle assuming a severe use environment, is capable of improving airtightness of a package, and in which drop of powder hardly occurs; and a method for producing the same and a semiconductor package using the same. A lead frame material 1 has: an electrically conductive substrate 2; a surface coating film 3 formed on at least a portion of the obverse surface 21 and/or the reverse surface 22 of the substrate 2; and a lateral surface coating film 4 that is located adjacent to the surface coating film 3 and that is formed in at least a portion of a lateral surface 23 of the substrate 2. The surface coating film 3 and the lateral surface coating film 4 respectively have roughened upper surfaces 30, 40. When h_1 represents the average roughness height of the surface coating film 3 and h_2 represents the average roughness height of the lateral surface coating film 4, the ratio h_2/h_1 of the average

市清滝新細尾町 5 2 8 番 5 号 古河精密金属工業株式会社内 Tochigi (JP).

(74) 代理人: 来間 清志, 外(KURUMA Kiyoshi et al.);
〒1000005 東京都千代田区丸の内 1 - 7 -
1 2 サピアタワー 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, MU, 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.

(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, SC, 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))

roughness height h_2 of the lateral surface coating film 4 with respect to the average roughness height h_1 of the surface coating film 3 is 1.35 or more.

(57) 要約: 過酷な使用環境を想定したヒートサイクルにおいた場合であっても、パッケージの気密性を改善することができ、かつ粉落ちが起こり難い、リードフレーム材およびその製造方法、ならびにそれを用いた半導体パッケージを提供する。リードフレーム材 1 は、導電性の基体 2 と、基体 2 の少なくとも一部の表面 2 1 及び裏面 2 2 のうち的一方または双方の面に形成される表面被膜 3 と、表面被膜 3 に隣接し、基体 2 の少なくとも一部の側面 2 3 に形成される側面被膜 4 とを有し、表面被膜 3 および側面被膜 4 は、いずれも粗化された上面 3 0、4 0 を有し、表面被膜 3 の平均粗さ高さを h_1 、側面被膜 4 の平均粗さ高さを h_2 とするとき、表面被膜 3 の平均粗さ高さ h_1 に対する側面被膜 4 の平均粗さ高さ h_2 の比 h_2/h_1 が、1.35 以上である。

明 細 書

発明の名称：

リードフレーム材およびその製造方法、ならびに半導体パッケージ

技術分野

[0001] 本発明は、リードフレーム材およびその製造方法、ならびに半導体パッケージに関する。より具体的には、導電性の基体の表面および側面に、所定形状をもつ被膜（例えば電気めっき層）を有し、樹脂封止型半導体装置において半導体素子を互いに電氣的に接続する、リードフレーム材およびその製造方法、ならびにそれを用いた半導体パッケージに関する。

背景技術

[0002] 電子機器や電気機器などには、多くの樹脂封止型半導体装置が組み込まれている。これらの樹脂封止型半導体装置は、ワイヤなどによって互いに電氣的に接続された半導体素子とリードフレーム材とが、モールド樹脂で封止されてなるものである。このような樹脂封止型半導体装置において、リードフレーム材には、接合性、耐熱性、封止性などの機能付与のため、Au、Ag、Snなどの外装めっきが施されていることが多い。

[0003] 近年では、組み付け工程の簡略化およびコストダウンのために、あらかじめリードフレーム材の表面に、プリント基板へのはんだなどによる実装において、はんだとの濡れ性を高めるような仕様のめっき（たとえばNi/Pd/Au）を施しているリードフレーム材（Pre-Plated Lead frame）が使用されている（例えば、特許文献1参照）。

[0004] また、樹脂封止型半導体装置におけるリードフレーム材とモールド樹脂との密着性を高めるために、リードフレーム材の表面や側面に、粗化されためっき層からなる被膜を形成する技術が提案されている（例えば、特許文献2、特許文献3参照）。

[0005] これらのめっき層を粗化する技術は、リードフレームのめっき層を粗化することによって、（1）リードフレーム材とモールド樹脂との接着面積が大

きくなる効果、（２）モールド樹脂が粗化されたためつき膜表面の凹凸に食いつきやすくなる効果（つまり、アンカー効果）、などを期待するものである。

[0006] これらにより、モールド樹脂のリードフレーム材への密着性が向上し、リードフレーム材とモールド樹脂との間の剥離を防止することが可能となり、樹脂封止型半導体装置の信頼性が向上している。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特許第2 5 4 3 6 1 9号公報

特許文献2：特許第6 7 3 6 7 1 9号公報

特許文献3：特許第6 4 7 9 2 6 5号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 上記のようなめっき表面の粗化により、リードフレーム材の樹脂密着性は、確かに従来よりも向上した。

しかしながら、近年要求される半導体パッケージの小型低背化に伴って、パッケージの気密性の合格レベルがより厳しくなることが想定される。

例えば、過酷な使用環境を想定したヒートサイクル、例えば−5 0℃で3 0分間保持した後、1 0 5℃で3 0分間保持するサイクルを5 0回繰り返すヒートサイクル試験を行ったとき、樹脂とリードフレームとの間に隙間が生じるようになり、パッケージの気密性が低下して不良の原因となる場合があることが分かった。これは、従来にはあまり多用されていなかった、より小型なQFN（Quad Flat Non-Leaded Package）タイプおよびSOP（Small Outline Package）タイプなどのパッケージが多く用いられるようになり、モールド樹脂とリードフレーム材の接着面積が減少してきたことに加え、車載用途などで使用環境による温度負荷が増大してきたためと考えられる。特に、リードフレーム材の側面

においては、リードフレーム材とモールド樹脂との間での隙間の発生による、パッケージの気密性の低下が顕著になっていた。このように、パッケージの気密性には、未だに改善の余地があることが分かった。

[0009] 特に、特許文献1では、リードフレームのアウトーリードに形成されたPdまたはPd合金皮膜上に、厚さが $0.001\mu\text{m}\sim 0.1\mu\text{m}$ のAuめっき皮膜を形成することで、リードフレームの実装特性を改善しているが、リードフレーム材のモールド樹脂との密着性が低いため、モールド樹脂との界面で剥離が生じやすい。また、特許文献2では、リードフレーム材の少なくとも上面または側面における結晶方位を制御し、針状の突起群を形成することで、リードフレーム材とモールド樹脂の密着性を向上させているが、高温の環境や熱衝撃のかかる環境下では、モールド樹脂との接着面積が小さい側面からのモールド樹脂の剥離が生じやすい。また、特許文献3では、粗化粒子の突起物について、粗化皮膜の厚さ方向断面で測定したときの最大幅を、最大幅の測定位置よりも導電性基体側に位置する下側部分で測定したときの最小幅に対して1倍～5倍となる形状にすることで、モールド樹脂との密着性を改善しているが、より過酷な使用環境を想定したときのパッケージの気密性について、さらなる改善が求められる。

[0010] 加えて、モールド樹脂との密着性をさらに改善するため、リードフレーム材の全面の粗度を大きくすると、リードフレーム材の表面および裏面において、粗化層の一部が脱落する、いわゆる粉落ちが発生しやすくなる傾向がある。粗化層からの粉落ちが発生すると、モールド樹脂を金型に注入する際の抵抗が大きくなり、また、モールド樹脂のリードフレーム材に対する濡れ性が低下するなどによって、リードフレーム材をモールド樹脂で封止する際の生産性が低下する。そのため、リードフレーム材の表面および裏面における粉落ちは、起こり難いことが望ましい。

[0011] 本発明の目的は、過酷な使用環境を想定したヒートサイクルにおいた場合であっても、パッケージの気密性を改善することができ、かつ粉落ちが起こり難い、リードフレーム材およびその製造方法、ならびにそれを用いた半導

体パッケージを提供することである。

課題を解決するための手段

[0012] 上記従来の問題点に対して鋭意研究開発を進めた結果、本発明者らは、基体の少なくとも一部の表面および裏面のうちの一方または双方の面に形成される表面被膜と、表面被膜に隣接し、基体の少なくとも一部の側面に形成される側面被膜を有するリードフレーム材における、表面被膜および側面被膜の平均粗さ高さを制御することで、ヒートサイクルにおいた後の樹脂との密着性が変化し、それによりパッケージの気密性が変化することに着目し、特に、表面被膜の平均粗さ高さを h_1 、側面被膜の平均粗さ高さを h_2 とすると、表面被膜の平均粗さ高さ h_1 に対する側面被膜の平均粗さ高さ h_2 の比 h_2/h_1 を1.35以上とすることによって、粉落ちが起こり難く、かつ、過酷な使用環境を想定したヒートサイクルにおいた場合であっても、樹脂への密着性が高いことで、パッケージの気密性を改善することが可能なリードフレーム材を得られることを確認した。本発明は、この知見に基づいて完成するに至ったものである。

[0013] 上記目的を達成するため、本発明の要旨構成は、以下のとおりである。

(1) 導電性の基体と、前記基体の少なくとも一部の表面および裏面のうちの一方または双方の面に形成される表面被膜と、前記表面被膜に隣接し、前記基体の少なくとも一部の側面に形成される側面被膜と、を有するリードフレーム材であって、前記表面被膜および前記側面被膜は、いずれも粗化された上面を有し、前記表面被膜の平均粗さ高さを h_1 、前記側面被膜の平均粗さ高さを h_2 とすると、前記表面被膜の平均粗さ高さ h_1 に対する前記側面被膜の平均粗さ高さ h_2 の比 h_2/h_1 が、1.35以上である、リードフレーム材。

(2) 前記表面被膜の平均粗さ高さ h_1 は、 $0.5\mu\text{m}$ 以上 $3.5\mu\text{m}$ 以下の範囲であり、かつ、前記側面被膜の平均粗さ高さ h_2 は、 $1.0\mu\text{m}$ 以上 $6.5\mu\text{m}$ 以下の範囲である、上記(1)に記載のリードフレーム材。

(3) 前記表面被膜の断面で見て、前記表面被膜の上面の最上点の位置を通

り、前記基体の表面に対して平行に引いた仮想線 l_1 と、前記表面被膜の上面の最下点の位置を通り、前記基体の表面に対して平行に引いた仮想線 n_1 とで区画される第1測定面積に占める第1空隙率を V_1 とし、前記側面被膜の断面で見て、前記側面被膜の上面の最上点の位置を通り、前記基体の側面に対して平行に引いた仮想線 l_2 と、前記側面被膜の上面の最下点の位置を通り、前記基体の側面に対して平行に引いた仮想線 n_2 とで区画される第2測定面積に占める第2空隙率を V_2 とするとき、前記第1空隙率 V_1 に対する前記第2空隙率 V_2 の比 V_2/V_1 は、0.50以上0.91以下の範囲である、上記（1）または（2）に記載のリードフレーム材。

（4）前記第1空隙率 V_1 および前記第2空隙率 V_2 は、いずれも32%以上64%以下の範囲である、上記（3）に記載のリードフレーム材。

（5）前記基体は、銅、銅合金、鉄、鉄合金、アルミニウムまたはアルミニウム合金からなる、上記（1）から（4）のいずれか1項に記載のリードフレーム材。

（6）前記基体の厚さを T とするとき、前記側面被膜の平均粗さ高さ h_2 に対する前記基体の厚さ T の比（ T/h_2 比）は、15.0以上200.0以下の範囲である、上記（1）から（5）のいずれか1項に記載のリードフレーム材。

（7）前記表面被膜および前記側面被膜は、いずれも粗化層を有する、上記（1）から（6）のいずれか1項に記載のリードフレーム材。

（8）前記粗化層は、銅、銅合金、ニッケルまたはニッケル合金からなる、上記（7）に記載のリードフレーム材。

（9）前記粗化層は、電気めっき層である、上記（7）または（8）に記載のリードフレーム材。

（10）前記表面被膜および前記側面被膜は、前記粗化層の上面に形成される少なくとも1層の表面被覆層をさらに有する、上記（7）から（9）のいずれか1項に記載のリードフレーム材。

（11）前記表面被覆層は、前記粗化層とは異なる組成を有する金属または

合金であって、銅、銅合金、ニッケル、ニッケル合金、コバルト、コバルト合金、パラジウム、パラジウム合金、ロジウム、ロジウム合金、ルテニウム、ルテニウム合金、白金、白金合金、イリジウム、イリジウム合金、金、金合金、銀、銀合金、スズ、スズ合金、インジウムまたはインジウム合金からなる、上記（１０）に記載のリードフレーム材。

（１２）上記（１）から（１１）のいずれか１項に記載のリードフレーム材の製造方法であって、電気めっきにより、前記基体に、粗化された上面を有する前記表面被膜および前記側面被膜を形成する被膜形成工程を含む、リードフレーム材の製造方法。

（１３）上記（１）から（１１）のいずれか１項に記載のリードフレーム材を用いて形成したリードフレームを備える、半導体パッケージ。

発明の効果

[0014] 本発明によれば、過酷な使用環境を想定したヒートサイクルにおいた場合であっても、パッケージの気密性を改善することができ、かつ粉落ちが起こり難い、リードフレーム材およびその製造方法、ならびにそれを用いた半導体パッケージを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]本発明の実施形態に係るリードフレーム材の一部を示す概略断面図である。

[図2]図１と同じ構成のリードフレーム材のうち基体の表面に形成された表面被膜を示す断面図であり、表面被膜の上面と仮想線 l_1 、 n_1 の関係、および、仮想線 m_1 と表面被膜の平均粗さ高さ h_1 の関係を説明するための図である。

[図3]基体の表面に形成された、図２と同じ構成の表面被膜における評価エリア M_1 を示す断面図であり、仮想線 l_1 、 n_1 と評価エリア M_1 との関係、ならびに、評価エリア M_1 と、表面被膜の存在領域 P_1 および表面被膜の非存在領域 S_1 との関係を説明するための図である。

[図4]図１と同じ構成のリードフレーム材のうち基体の側面に形成された側面

被膜を示す断面図であり、表面被膜の上面と仮想線 l_2 、 n_2 の関係、および、仮想線 m_2 と表面被膜の平均粗さ高さ h_2 の関係を説明するための図である。

[図5] 基体の側面に形成された、図4と同じ構成の側面被膜における評価エリア M_2 を示す断面図であり、仮想線 l_2 、 n_2 と評価エリア M_2 との関係、ならびに、評価エリア M_2 と、表面被膜の存在領域 P_2 および表面被膜の非存在領域 S_2 との関係を説明するための図である。

[図6] 本発明の他の実施形態に係るリードフレーム材の概略を示す断面図である。

[図7] 本発明例のリードフレーム材について行う樹脂との密着性の測定における、リードフレーム材と樹脂との位置関係を示す模式図である。

[図8] 本発明例1のリードフレーム材の断面の、SEMによって観察された2次電子像である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、本発明のリードフレーム材およびその製造方法、ならびに半導体パッケージの好ましい実施形態について、詳細に説明する。

[0017] <リードフレーム材について>

図1は、本発明の実施形態に係るリードフレーム材の概略を示す断面図である。本発明のリードフレーム材1は、図1に示すように、リードフレーム材1は、導電性の基体2と、基体2の少なくとも一部の表面21及び裏面22のうちの一方または双方の面に形成される表面被膜3と、表面被膜3に隣接し、基体2の少なくとも一部の側面23に形成される側面被膜4とを有し、表面被膜3および側面被膜4は、いずれも粗化された上面30、40を有する。このリードフレーム材1は、表面被膜3の平均粗さ高さを h_1 、側面被膜4の平均粗さ高さを h_2 とするとき、表面被膜3の平均粗さ高さ h_1 に対する側面被膜4の平均粗さ高さ h_2 の比 h_2/h_1 が、1.35以上である。

[0018] このように、表面被膜3および側面被膜4の平均粗さ高さ h_1 、 h_2 を制御することで、ヒートサイクルにおいた後のリードフレーム材1の樹脂との密

着性や、パッケージの気密性を変化させることができる。特に、側面被膜4の平均粗さ高さ h_2 を、平均粗さ高さ h_1 に相対して大きくすることで、従来はモールド樹脂との接触面積が小さいために密着性が低くなっていた側面被膜4のモールド樹脂との密着性を、表面被膜3のモールド樹脂との密着性に相対して高められるため、パッケージの気密性を高めることができる。また、表面被膜3の平均粗さ高さ h_1 が大きくなると、表面被膜3からの粉落ちが起こり易くなるため、側面被膜4の平均粗さ高さ h_2 を平均粗さ高さ h_1 に相対して大きくすることで、粉落ちを起こり難くすることができる。

[0019] したがって、表面被膜3の平均粗さ高さ h_1 に対する側面被膜4の平均粗さ高さ h_2 の比 h_2/h_1 を、1.35以上にすることで、過酷な使用環境を想定したヒートサイクルにおいた場合であっても、パッケージの気密性を改善することが可能なリードフレーム材を得ることができる。また、本発明に係る、表面被膜3の平均粗さ高さ h_1 に対する側面被膜4の平均粗さ高さ h_2 の比 h_2/h_1 が1.35以上であるリードフレーム材1は、粉落ちが起こり難い点においても優れている。

[0020] ここで、表面被膜3および側面被膜4の平均粗さ高さ h_1 、 h_2 の制御は、例えば、表面被膜3および側面被膜4の粗化層5を電気めっき（粗化めっき）により形成するとともに、電気めっき（粗化めっき）を行なう際に、基体2の表面21と対極との間に遮蔽板を設置し、その遮蔽板の開口比を調整するとともに、電流密度を 5 A/dm^2 以上 80 A/dm^2 以下の範囲で調整することで、行なうことができる。

[0021] （導電性の基体（基材）について）

本発明に係るリードフレーム材1は、導電性の基体2と、基体2の少なくとも一部の表面21および裏面22のうち的一方または双方の面に形成される表面被膜3と、表面被膜3に隣接し、基体2の少なくとも一部の側面23に形成される側面被膜4とを有する。

[0022] このうち、基体2は、銅（Cu）、鉄（Fe）またはアルミニウム（Al）を含む金属または合金からなることが好ましい。より具体的に、基体2は

、導電性や放熱性を高める観点から、銅、銅合金、鉄、鉄合金、アルミニウムまたはアルミニウム合金からなることが好ましい。

[0023] 基体2が合金からなる場合、その合金組成は、特に限定されず、リードフレーム材に要求される特性に応じて、適宜選択することができる。ここで、基体2を構成する銅合金の例として、純銅（無酸素銅（OFC）：C1020またはタフピッチ銅（TPC）：C1100など）の他、Copper Development Association（CDA）掲載合金である、C18045（Cu-0.3Cr-0.25Sn-0.52Zn）、C19400（Cu-2.3Fe-0.03P-0.15Zn）が挙げられる。また、基体2を構成する鉄合金の例として、42アロイ（Fe-42Ni）が挙げられる。なお、各元素の前の数字は、合金中の質量%単位の含有量を示す。

[0024] 基体2の形態は、金属箔または合金箔であることが好ましく、このような金属箔または合金箔としては、例えば圧延箔、電解箔などが挙げられる。特に、機械的性質が異方性を有するように構成する観点から、プレス加工などによって形成される圧延箔を基体2に用いてもよい。

[0025] 基体2の厚さは、特に限定されないが、例えば1 μ m以上500 μ m以下、好ましくは5 μ m以上200 μ m以下の範囲内である。

[0026] （表面被膜および側面被膜について）

表面被膜3は、基体2の少なくとも一部の表面21及び裏面22のうちの一方または双方の面に形成される被膜である。また、側面被膜4は、表面被膜3に隣接し、基体2の少なくとも一部の側面23に形成される被膜である。そのため、本発明のリードフレーム材1は、上述の導電性の基体2と、表面被膜3と、側面被膜4を有するものである。

[0027] 表面被膜3および側面被膜4は、いずれも粗化された上面30、40を有し、表面被膜3の上面30の平均粗さ高さを h_1 、側面被膜4の上面40の平均粗さ高さを h_2 とするとき、表面被膜3の平均粗さ高さ h_1 に対する側面被膜4の平均粗さ高さ h_2 の比 h_2/h_1 が、1.35以上である。これにより、

基体 2 の表面 2 1 および裏面 2 2 に形成される表面被膜 3 と比べて、基体 2 の側面 2 3 に形成される側面被膜 4 の粗度が大きくなるため、基体 2 の側面 2 3 において、側面被膜 4 と樹脂（モールド樹脂）との間に隙間が生じ難くなる。また、表面被膜 3 の平均粗さ高さ h_1 に対する側面被膜 4 の平均粗さ高さ h_2 の比 h_2/h_1 を 1.35 以上にすることで、表面被膜 3 の上面 3 0 の一部が脱落する粉落ちを起し難くすることができる。他方で、表面被膜 3 の平均粗さ高さ h_1 に対する側面被膜 4 の平均粗さ高さ h_2 の比 h_2/h_1 が 1.35 未満になると、側面被膜 4 の樹脂との密着力が、表面被膜 3 の樹脂との密着力と比較して大きく低下するため、ヒートサイクルにおいた際に、基体 2 の側面 2 3 と樹脂との間に隙間が発生し易くなり、パッケージの気密性が低下する。したがって、表面被膜 3 の平均粗さ高さ h_1 に対する側面被膜 4 の平均粗さ高さ h_2 の比は、パッケージの気密性をより高める観点から、 h_2/h_1 が 1.35 以上 5.00 以下の範囲であることが好ましく、1.66 以上 5.00 以下の範囲であることがより好ましい。

[0028] ここで、表面被膜 3 の平均粗さ高さ h_1 は、0.5 μm 以上 3.5 μm 以下の範囲であることが好ましく、0.8 μm 以上 2.5 μm 以下の範囲であることがより好ましい。特に、表面被膜 3 の樹脂との密着力を高めてパッケージの気密性をより高める観点では、表面被膜 3 の平均粗さ高さ h_1 は、0.5 μm 以上であることが好ましく、0.8 μm 以上であることがより好ましい。また、表面被膜 3 の基体 2 との密着力を高めてリードフレーム材 1 の粉落ちをより起し難くする観点では、表面被膜 3 の平均粗さ高さ h_1 は、3.5 μm 以下であることが好ましく、2.5 μm 以下であることがより好ましい。

[0029] また、側面被膜 4 の平均粗さ高さ h_2 は、1.0 μm 以上 6.5 μm 以下の範囲であることが好ましく、1.2 μm 以上 4.8 μm 以下の範囲であることがより好ましい。特に、側面被膜 4 の樹脂との密着力を高めてパッケージの気密性をより高める観点では、側面被膜 4 の平均粗さ高さ h_2 は、1.0 μm 以上であることが好ましく、1.2 μm 以上であることがより好ましく、

1. $5\ \mu\text{m}$ 以上であることがさらに好ましい。また、側面被膜4の基体2との密着力を高めてリードフレーム材1の粉落ちをより起こり難くする観点では、側面被膜4の平均粗さ高さ h_2 は、6. $5\ \mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、4. $8\ \mu\text{m}$ 以下であることがより好ましい。

[0030] 表面被膜3の平均粗さ高さ h_1 と、側面被膜4の平均粗さ高さ h_2 は、表面被膜3および側面被膜4の厚さ方向を含む断面をミクロトーム加工したものについて、走査型電子顕微鏡（SEM）を用いて観察して求めることができる。ここで、SEMによる観察では、表面21に形成された表面被膜3、裏面22に形成された表面被膜3、側面23に形成された側面被膜4について、被膜の連続した凹凸10個分を1視野として、それぞれ3視野分を無作為に選択し、3視野分のSEM像のそれぞれについて、凹凸の最上点（被膜の上面の最上点）を通る基体2の表面（または裏面、側面）に平行に引いた仮想線と、凹凸の最下点（被膜の上面の最下点）を通る基体2の表面（または裏面、側面）に平行に引いた仮想線とで評価エリア（表面被膜3の評価エリアM1または側面被膜4の評価エリアM2）を区画し、この評価エリアにおいて、表面被膜3または側面被膜4が占めている部分（表面被膜3の存在領域P1、側面被膜4の存在領域P2）の面積を算出することができる。表面被膜3または側面被膜4が占めている部分の面積の算出は、画像処理ソフトImageJを用いて、下限閾値を128、上限閾値を255にそれぞれ設定し、二値化の設定で、分離点は除く一方で、表面被膜3および側面被膜4の存在領域の内部を塗りつぶす二値化処理により行なうことができる。このとき得られた表面被膜3または側面被膜4が占めている部分の面積を、線分の長さ（10個の凹凸の幅）で割った値を、視野ごとの被膜（表面被膜3または側面被膜4）の平均粗さ高さとすることができる。

[0031] 例えば、図2に示すように、基体2の表面21に形成された表面被膜3の面積を算出する場合、視野ごとに、表面被膜3の上面30の最上点A1を通る表面21に平行に引いた仮想線 l_1 と、表面被膜3の上面の最下点B1を通る表面21に平行に引いた仮想線 n_1 を引く。このとき、図3に示すように、

仮想線 l_1 と仮想線 n_1 によって区画されるエリアを評価エリア M_1 とし、これらの評価エリア M_1 のうち表面被膜 3 が占めている部分の面積を算出することで、表面 2 1 上の評価エリア M_1 に占める表面被膜 3 の存在領域 P_1 の面積を算出することができる。基体 2 の裏面 2 2 に形成された表面被膜 3 の面積を算出する場合も、同様にして、裏面 2 2 上の評価エリア M_1 に占める表面被膜 3 の存在領域 P_1 の面積を算出することができる。このとき得られた表面被膜 3 の存在領域 P_1 の面積を、線分の長さ（10 個の凹凸の幅） L_1 で割った値を、視野ごとの表面被膜 3 の平均粗さ高さとするすることができる。ここで、基材 2 の表面 2 1 および裏面 2 2 の両方に表面被膜 3 が形成されている場合は、表面 2 1 側の 3 視野分および裏面 2 2 側の 3 視野分の合計 6 視野分の表面被膜 3 の平均粗さ高さの平均をとって、表面被膜 3 の平均粗さ高さ h_1 とすることができる。また、基材 2 の表面 2 1 または裏面 2 2 の一方に表面被膜 3 が形成されている場合は、表面被膜 3 が形成されている側の 3 視野分の表面被膜 3 の平均粗さ高さの平均をとって、表面被膜 3 の平均粗さ高さ h_1 とすることができる。

[0032] また、図 4 に示すように、基体 2 の側面 2 3 に形成された側面被膜 4 の面積を算出する場合、視野ごとに、側面被膜 4 の上面 4 0 の最上点 A_2 を通る側面 2 3 に平行に引いた仮想線 l_2 と、側面被膜 4 の上面の最下点 B_2 を通る側面 2 3 に平行に引いた仮想線 n_2 を引く。このとき、図 5 に示すように、仮想線 l_2 と仮想線 n_2 によって区画されるエリアを評価エリア M_2 とし、これらの評価エリア M_2 に占める側面被膜 4 の存在領域 P_2 の面積を算出することで、側面 2 3 上の評価エリア M_2 に占める側面被膜 4 の存在領域 P_2 の面積を算出することができる。このとき得られた側面被膜 4 の存在領域 P_2 の面積を、線分の長さ（10 個の凹凸の幅） L_2 で割った値を、視野ごとの側面被膜 4 の平均粗さ高さとするすることができる。さらに、側面被膜 4 が形成されている 3 視野分の側面被膜 4 の平均粗さ高さの平均をとることで、側面被膜 4 の平均粗さ高さ h_2 とすることができる。

[0033] なお、図 2 は、図 1 と同じ構成のリードフレーム材 1 のうち、基体 2 の表

面 2 1 に形成された表面被膜 3 を示す断面図であるが、表面被膜の存在領域 P 1 について説明するために、便宜上、表面被膜 3 のうち評価エリア M 1 に含まれる部分（表面被膜の存在領域 P 1 に含まれる部分）と、評価エリア M 1 に含まれない部分（評価エリア M 1 に占める表面被膜の存在領域 P 1 に含まれない部分）とで、異なるハッチングを施している。同様に、図 4 は、図 1 と同じ構成のリードフレーム材 1 のうち、基体 2 の側面 2 3 に形成された側面被膜 4 を示す断面図であるが、表面被膜の存在領域 P 2 について説明するために、便宜上、側面被膜 4 のうち評価エリア M 2 に含まれる部分と、評価エリア M 2 に含まれない部分とで、異なるハッチングを施している。

[0034] 他方で、表面被膜 3 の断面で見たときに、表面被膜 3 の上面 3 0 の最上点 A 1 の位置を通り、基体 2 の表面 2 1（または裏面 2 2）に対して平行に引いた仮想線 l_1 と、表面被膜 3 の上面 3 0 の最下点 B 1 の位置を通り、基体 2 の表面 2 1 に対して平行に引いた仮想線 n_1 とで区画される第 1 測定面積（例えば上述の評価エリア M 1 の面積）に占める第 1 空隙率を V_1 とし、側面被膜 4 の断面で見て、側面被膜 4 の上面 4 0 の最上点 A 2 の位置を通り、基体 2 の側面 2 3 に対して平行に引いた仮想線 l_2 と、側面被膜 4 の上面 4 0 の最下点 B 2 の位置を通り、基体 2 の側面 2 3 に対して平行に引いた仮想線 n_2 とで区画される第 2 測定面積（例えば上述の評価エリア M 2 の面積）に占める第 2 空隙率を V_2 とするとき、第 1 空隙率 V_1 に対する第 2 空隙率 V_2 の比 V_2/V_1 は、0.50 以上 0.91 以下の範囲であることが好ましい。ここで、 V_2/V_1 が 0.50 より小さいと、側面 2 3 の樹脂に対する密着性が表面 2 1 および裏面 2 2 よりも弱くなることで、過酷な使用環境を想定したヒートサイクルにおいた際に、 V_2/V_1 が 0.50 以上の場合と比べて、樹脂で封止したときのパッケージの気密性が低下するため、耐ヒートサイクル性が低下する。他方で、 V_2/V_1 が 0.91 より大きいと、側面被膜 4 の上面 4 0 の凹凸への樹脂の入り込みが少なくなってアンカー効果が得られ難くなることで、過酷な使用環境を想定したヒートサイクルにおいた際に、 V_2/V_1 が 0.91 以下の場合と比べて、リードフレーム材 1 の樹脂に対する密着性が低

下してパッケージの気密性が低下するため、耐ヒートサイクル性が低下する。したがって、第1空隙率 V_1 に対する第2空隙率 V_2 の比 V_2/V_1 は、0.50以上0.91以下の範囲であることが好ましく、0.62以上0.83以下の範囲であることがより好ましい。

[0035] ここで、樹脂とリードフレーム材1とは熱膨張係数が異なり、かつ、樹脂はリードフレーム材1と比べて熱による体積変化が大きい。そのため、樹脂とリードフレーム材1とが接触しうる部分における樹脂が入り込む余地の割合、すなわちリードフレーム材1の表面被膜3および側面被膜4の空隙率を、それぞれ適正範囲内に制御することが好ましい。より具体的に、第1空隙率 V_1 および第2空隙率 V_2 は、いずれも32%以上64%以下の範囲であることが好ましい。第1空隙率 V_1 および第2空隙率 V_2 のうち少なくともいずれかの空隙率が32%より小さいと、樹脂が表面被膜3または側面被膜4の上面30、40の凹凸に入り込み難くなるため、これらの空隙率が32%以上である場合と比べて、リードフレーム材1と樹脂との間に隙間が生じて密着性が低下するおそれがある。また、第1空隙率 V_1 および第2空隙率 V_2 のうち少なくともいずれかの空隙率が32%より小さいと、リードフレーム材1が樹脂の膨張収縮に追従できないおそれがあるため、過酷な使用環境を想定したヒートサイクルにおいた際に、これらの空隙率が32%以上である場合と比べて、リードフレーム材1から樹脂が剥離し易いことによって、これらの密着性が低下してパッケージの気密性が低下し、それにより耐ヒートサイクル性が低下する。他方で、第1空隙率 V_1 および第2空隙率 V_2 のうち少なくともいずれかの空隙率が64%より大きいと、樹脂との間にアンカー効果が得られ難くなるため、これらの空隙率が64%以下である場合と比べて、リードフレーム材1の樹脂に対する密着性が低下するおそれがある。また、第1空隙率 V_1 および第2空隙率 V_2 のうち少なくともいずれかの空隙率が64%より大きいと、樹脂が加熱により膨張した際に表面被膜3や側面被膜4に掛かる圧力が増大することで、ヒートサイクルによってこれが繰り返された際に、表面被膜3や側面被膜4が破損して隙間が生じやすくなる。そ

のため、これらの空隙率が64%以下である場合と比べて、樹脂に対する密着性が低下してパッケージの気密性が低下するため、耐ヒートサイクル性が低下する。したがって、第1空隙率 V_1 は、32%以上64%以下の範囲が好ましく、45%以上60%以下の範囲がより好ましい。また、第2空隙率 V_2 は、32%以上64%以下の範囲が好ましく、32%以上52%以下の範囲がより好ましく、35%以上50%以下の範囲がさらに好ましい。

[0036] 第1空隙率 V_1 および第2空隙率 V_2 は、表面被膜3の平均粗さ高さ h_1 および側面被膜4の平均粗さ高さ h_2 の測定に用いたSEM像を用い、表面21に形成された表面被膜3と、裏面22に形成された表面被膜3と、側面23に形成された側面被膜4のそれぞれについて、評価エリアM1、M2全体の面積に対する、評価エリアM1、M2の面積から被膜部分Pの面積を引いた空隙面積の割合を算出することで、視野ごとの空隙率を求めることができる。

[0037] これらの視野ごとの空隙率から、基材2の表面21および裏面22の両方に表面被膜3が形成されている例では、表面21側の3視野分および裏面22側の3視野分の合計6視野分の表面被膜3の空隙率の平均をとって、第1空隙率 V_1 （%）とすることができる。また、基材2の表面21または裏面22の一方に表面被膜3が形成されている例では、表面被膜3が形成されている側の3視野分の表面被膜3の空隙率の平均をとって、第1空隙率 V_1 とすることができる。また、側面被膜4についても、3視野分の空隙率の平均をとって、第2空隙率 V_2 （%）とすることができる。

[0038] 本発明のリードフレーム材1は、基体2の厚さを T とするとき、側面被膜4の平均粗さ高さ h_2 に対する基体2の厚さ T の比（ T/h_2 比）は、15.0以上200.0以下の範囲であることが好ましい。特に、 T/h_2 比が15.0より小さいと、基体2の側面23の面積に対して、側面被膜4の粗さ高さが過剰に大きくなるため、 T/h_2 比が15.0以上である場合と比べて、粉落ちが起こり易くなる。 T/h_2 比が200.0より大きいと、側面23の面積に対して側面被膜4の粗さ高さが低くなるため、 T/h_2 比が200.0以下である場合と比べて、樹脂との密着性が得られ難くなる。したがって、

側面被膜 4 の平均粗さ高さ h_2 に対する基体 2 の厚さ T の比 (T/h_2 比) は、15.0 以上 200.0 以下の範囲であることが好ましく、20.0 以上 125.0 以下の範囲であることがより好ましい。

[0039] 本発明のリードフレーム材 1 は、図 1 に示すように、後述する表面被覆層 6 を有しない場合、表面被膜 3 および側面被膜 4 は、それぞれ粗化層 5 によって形成される。他方で、図 6 のリードフレーム材 1 A に示すように、リードフレーム材 1 A が後述する表面被覆層 6 を有する場合、表面被膜 3 A および側面被膜 4 A のうち表面被覆層 6 を有する被膜は、粗化層 5 と表面被覆層 6 によって形成される。ここで、表面被膜 3 (3 A) および側面被膜 4 (4 A) は、いずれも粗化層 5 を有することが好ましい。

[0040] 粗化層 5 は、基体 2 の表面の少なくとも一部に形成される。粗化層 5 は、基体 2 の表面 2 1、裏面 2 2 または側面 2 3 に、粗化粒子が付着することによって形成される。

[0041] 粗化層 5 は、銅 (Cu) およびニッケル (Ni) のうち少なくとも一方の元素を含む金属または合金からなることが好ましい。より具体的に、粗化層 5 は、樹脂との密着性に優れた粗化形状を形成する観点から、銅、銅合金、ニッケルまたはニッケル合金からなることが好ましい。

[0042] また、粗化層 5 は、例えば、電気めっき、Focused Ion Beam (FIB)、または機械研磨により形成することができる。この中でも特に、粗化層 5 は、電気めっきにより、電気めっき層として形成されることが好ましい。

[0043] (表面被覆層について)

図 6 のリードフレーム材 1 A に示すように、表面被膜 3 A および側面被膜 4 A は、粗化層 5 の上面 5 0 に形成される少なくとも 1 層の表面被覆層 6 をさらに有することが好ましい。このとき、表面被膜 3 の平均粗さ高さ h_1 、側面被膜 4 の平均粗さ高さ h_2 などの測定対象となる表面被膜 3 A および側面被膜 4 A は、粗化層 5 と、粗化層 5 の少なくとも表面に形成される表面被覆層 6 とを有する。このような表面被覆層 6 を有することで、粗化層 5 の表面性

状によって樹脂との密着性を高めるとともに、リードフレーム材 1 A の表面の組成が変わるため、基体 2 との密着性を向上させながら、はんだとの濡れ性および樹脂との密着性の両方を高めることができる。

[0044] 表面被覆層 6 の有無および表面被覆層 6 の数は、リードフレーム材の用途に応じて、適宜選択される。

[0045] ここで、表面被覆層 6 のうち少なくとも 1 層は、粗化層 5 と異なる組成を有する金属または合金の層によって構成されることが好ましい。より具体的に、表面被覆層 6 のうち少なくとも 1 層は、銅 (C u)、ニッケル (N i)、コバルト (C o)、パラジウム (P d)、ロジウム (R h)、ルテニウム (R u)、白金 (P t)、イリジウム (I r)、金 (A u)、銀 (A g)、錫 (S n) およびインジウム (I n) からなる群から選択される、1 種以上の元素を含む金属または合金からなることが好ましい。より具体的に、表面被覆層 6 のうち少なくとも 1 層は、銅、銅合金、ニッケル、ニッケル合金、コバルト、コバルト合金、パラジウム、パラジウム合金、ロジウム、ロジウム合金、ルテニウム、ルテニウム合金、白金、白金合金、イリジウム、イリジウム合金、金、金合金、銀、銀合金、スズ、スズ合金、インジウムまたはインジウム合金からなることが好ましい。

[0046] 特に、表面被覆層 6 は、リードフレーム材 1 A の外部と接触する面であり、はんだ等の濡れ性に優れていることが好ましい。そのため、表面被覆層 6 は、金 (A u)、銀 (A g)、銅 (C u) および錫 (S n) からなる群から選択される、1 種以上の元素を含む金属または合金からなることが好ましい。特に、はんだとの濡れ性を高める観点から、表面被覆層 6 は、金コバルト合金、金、銀、銅または錫からなることが好ましい。

[0047] 表面被覆層 6 の厚さは、特に限定されないが、厚さが大きすぎると、粗化層 5 に形成されている凹凸を埋めてしまうことで、樹脂密着性の向上効果のうち少なくとも一部が損なわれる可能性がある。そのため、表面被覆層 6 の厚さは、 $3.00\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。また、表面被覆層 6 が、金や銀などの貴金属を含む金属や合金からなる場合には、材料コストを必要

以上に高めない観点から、表面被覆層6の厚さは、 $2.00\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましい。なお、表面被覆層6の厚さは、蛍光X線膜厚計などの膜厚計によって測定することができる。

[0048] <リードフレーム材の製造方法について>

上述のリードフレーム材の製造方法は、特に限定されるものではないが、生産性を高めるとともに、表面被膜3の平均粗さ高さ h_1 に対する側面被膜4の平均粗さ高さ h_2 の比 h_2/h_1 の制御を行いやすくする観点から、電気めっきにより、基体2に、粗化された上面30、40を有する表面被膜3および側面被膜4を形成する被膜形成工程を含む方法であることが好ましい。その一例として、基体2に電気めっきにより粗化層5を形成する方法であることが好ましい。

[0049] リードフレーム材の製造方法の一例として、予めプレス加工によって大きさ及び厚さを調整した導電性の基体2を準備し、前処理としてカソード電解脱脂および酸洗を施した後で、粗化層5を形成する方法を行なうことができる。ここで、粗化層を形成する方法としては、電気めっき、Focused Ion Beam (FIB)、または機械研磨が挙げられる。この中でも特に、粗化層5は、電気めっきにより、電気めっき層を形成することが好ましい。粗化層5として銅めっき層を形成する場合の、電気めっき層の形成条件の例を、下記に示す。

[0050] [電気めっき層の形成条件]

めっき浴： $10\text{g/L} \sim 35\text{g/L}$ （銅（原子）換算）の硫酸銅
 $60\text{g/L} \sim 180\text{g/L}$ の硫酸
 $0.1\text{g/L} \sim 5.0\text{g/L}$ のモリブデン濃度のモリブデン酸アンモニウム

めっき条件：浴温 $20^\circ\text{C} \sim 60^\circ\text{C}$ 、電流密度 $30\text{A/dm}^2 \sim 80\text{A/dm}^2$

[0051] ここで、リードフレーム材1の表面被膜3の平均粗さ高さ h_1 に対する側面被膜4の平均粗さ高さ h_2 の比 h_2/h_1 を制御する方法としては、例えば、電気めっき（粗化めっき）によって粗化層5を形成する際に、基体2の表面2

1 と対極との間に遮蔽板を設置するとともに、基体 2 の表面 2 1 および裏面 2 2 の合計のめっき面積に対して 1 0 % 以上 3 0 % 以下の範囲で遮蔽する面積を調整し、かつ電流密度を $5 \text{ A} / \text{d m}^2$ 以上 $8 0 \text{ A} / \text{d m}^2$ 以下の範囲で調整することが挙げられる。このように、基体 2 の表面 2 1 および裏面 2 2 の合計のめっき面積に対する、遮蔽板で遮蔽する面積の割合（遮蔽板の開口比）を調整するとともに、電流密度を $5 \text{ A} / \text{d m}^2$ 以上 $8 0 \text{ A} / \text{d m}^2$ 以下の範囲で調整することで、表面被膜 3 の平均粗さ高さ h_1 に対する側面被膜 4 の平均粗さ高さ h_2 の比 h_2 / h_1 が 1. 3 5 以上であるリードフレーム材 1 を得ることができる。

[0052] <リードフレーム材の用途について>

リードフレーム材は、半導体素子を支持固定して、ワイヤやプリント基板などによって外部と電気や信号のやり取りを行うための接続端子として用いられ、例えば、リードフレーム材を用いて形成されたリードフレームを備える半導体パッケージに、好ましく用いることができる。ここで、半導体パッケージに実装されうる半導体素子としては、トランジスタやキャパシタ、LEDなどを挙げることができるが、これらに限定されない。

[0053] 本発明のリードフレーム材は、過酷な使用環境を想定したヒートサイクルにおいた場合であっても、リードフレームに対する良好な樹脂密着性をほとんど劣化させることなく維持することができ、かつ粗化層からの粉落ちによる故障や不良が起こり難いため、特に車載用途などの半導体パッケージにも、高い信頼性を実現することができる。

[0054] 以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の概念および特許請求の範囲に含まれるあらゆる態様を含み、本発明の範囲内で種々に改変することができる。

実施例

[0055] 次に、本発明の効果をさらに明確にするために、本発明例および比較例について説明するが、本発明はこれら本発明例に限定されるものではない。

[0056] （本発明例 1 ～ 1 9、比較例 1 ～ 7）

表 1 に示す種類の金属または合金からなり、予めプレス加工によって縦 30 mm×横 10 mm の大きさにした表 1 に記載される厚さの導電性の基体である基材 2 を準備し、前処理としてカソード電解脱脂および酸洗を施した。

[0057] ここで、カソード電解脱脂は、60 g/L の濃度の水酸化ナトリウム水溶液を脱脂液として電解槽に入れて加熱し、基材 2 を 60℃ に加熱した脱脂液に浸漬して電解槽の陽極に接続し、2.5 A/dm² の電流密度で 60 秒にわたり通電することで処理を行なった。

[0058] また、酸洗は、室温の 10 質量%の硫酸に、カソード電解脱脂を行なった後の基材 2 を、30 秒にわたり浸漬することで行なった。

[0059] その後、本発明例 1～19、比較例 3～7 については、以下に示す条件の電気めっきで、粗化層 5（または Cu 層）を基材 2 の全ての面（表面、裏面及び側面）上に形成した。このとき、本発明例 14 については、基材 2 の表面 21 にテープを用いてマスキングを行なうことで、Cu の粗化層 5 を、基材 2 の表面 21 以外の面（裏面 22 および側面 23）上に形成した。また、比較例 3 については、基材 2 の表面 21 および側面 23 にテープを用いてマスキングを行なうことで、Cu 層を基材 2 の裏面 22 のみに形成した後、Cu 層をエッチング溶液の液面に接触させることで、基材 2 の裏面 22 に形成された Cu 層を粗化した。他方で、比較例 1、2 については、表面被膜 3 および側面被膜 4 を基材 2 上に形成しなかった。

[0060] [粗化 Cu めっき（表 1 に記載される粗化層の「種類」が、Cu の場合）]

本発明例 1、2、4～17、19 および比較例 4～7 については、電気めっき液として、銅（Cu）金属の濃度として表 1 に記載される 10 g/L～50 g/L の範囲の金属濃度である硫酸銅と、60 g/L～180 g/L の硫酸と、モリブデン（Mo）金属の濃度として 0.1 g/L～5.0 g/L の金属濃度であるモリブデン酸アンモニウムとを含む水溶液を調製し、内径 80 mm の筒状のめっき電解槽に、1 L の電気めっき液を入れた。次いで、本発明例 1、2、4～17、19 については、基材 2 の表面 21 および裏面 22 の合計のめっき面積に対して表 1 に記載される割合の面積を遮蔽板によ

って遮蔽するように、対極との間に遮蔽板を設置した。他方で、比較例 4 については、基材 2 の表面 2 1 および裏面 2 2 の合計のめっき面積に対して 40 % の面積を遮蔽するように、対極との間に遮蔽板を設置した。また、比較例 5 ~ 7 については、基材 2 の表面 2 1 および裏面 2 2 の合計のめっき面積に対して 5 % の面積を遮蔽するように、対極との間に遮蔽板を設置した。ここに、20 °C ~ 60 °C の温度で、20 A / d m² ~ 80 A / d m² の電流密度で通電することで被膜形成工程を行ない、電気めっきにより表面被膜 3 および側面被膜 4 を形成させた。

[0061] 他方で、比較例 3 については、電気めっき液として、銅 (C u) 金属の濃度として 250 g / L の金属濃度である硫酸銅と、50 g / L の硫酸と、0.1 g / L の塩化ナトリウムとを含む水溶液を調製し、内径 80 mm の筒状のめっき電解槽に 1 L の電気めっき液を入れた。このとき、対極との間に遮蔽板を設置しなかった。次いで、40 °C の温度で、6 A / d m² の電流密度で通電することで、電気めっきにより C u 層を 10 μm 形成した後、60 g / L の硫酸と 40 mL / L の過酸化水素を含むエッチング溶液の液面に、基材 2 の裏面 2 2 に形成された C u 層を 40 °C の温度で 30 秒間接触させることで、C u 層の表面を粗化させた。

[0062] [粗化 N i めっき (表 1 に記載される粗化層の「種類」が、N i の場合)]

電気めっき液として、ニッケル (N i) 金属の濃度として表 1 に記載される 10 g / L ~ 50 g / L の範囲の金属濃度である硫酸ニッケルと、10 g / L ~ 30 g / L のホウ酸と、30 g / L ~ 100 g / L の塩化ナトリウムと、10 mL / L ~ 30 mL / L の 25 質量%アンモニア水とを含む水溶液を調製した。次いで、内径 80 mm の筒状のめっき電解槽に、1 L の電気めっき液を入れ、基材 2 の表面 2 1 および裏面 2 2 の合計のめっき面積に対して表 1 に記載される割合の面積を遮蔽板によって遮蔽するように、対極との間に遮蔽板を設置した。ここに、50 °C ~ 70 °C の温度で、5 A / d m² ~ 30 A / d m² の電流密度で通電することで被膜形成工程を行ない、電気めっきにより表面被膜 3 および側面被膜 4 を形成させた。

[0063] 続いて、本発明例 15～19 および比較例 2、6、7 については、最表層である表面被覆層 6 を形成した。この場合、以下に示す条件の電気めっきで、表 1 に示す厚さになるように、粗化層 5 の上面 50（比較例 2 については基材 2 の表面 21、裏面 22 および側面 23）の全体に表面被覆層 6 を形成した。このようにして、本発明例および比較例のリードフレーム材を得た。

[0064] [Niめっき（表 1 に記載される表面被覆層 6 の「種類」が、Ni の場合）]

電気めっき液として、ニッケル（Ni）金属の濃度として 500 g/L の金属濃度であるスルファミン酸ニッケルと、30 g/L の塩化ニッケルと、30 g/L のホウ酸とを含む水溶液を調製した。内径 80 mm の筒状のめっき電解槽に 1 L の電気めっき液を入れて、50℃の温度で、10 A/dm²の電流密度で通電することで、電気めっきにより表面被覆層 6 を形成させた。

[0065] [Pdめっき（表 1 に記載される表面被覆層 6 の「種類」が、Pd の場合）]

電気めっき液として、パラジウム（Pd）金属の濃度として 45 g/L の金属濃度であるジクロロテトラアンミンパラジウム（Pd（NH₃）₄Cl₂）と、90 mL/L の 25 質量%アンモニア水と、50 g/L の硫酸アンモニウムと、10 g/L のパラシグマ LN 光沢剤（商品名、松田産業株式会社製）とを含む水溶液を調製した。内径 80 mm の筒状のめっき電解槽に 1 L の電気めっき液を入れて、60℃の温度で、5 A/dm²の電流密度で通電することで、電気めっきにより表面被覆層 6 を形成させた。

[0066] [Auめっき（表 1 に記載される表面被覆層 6 の「種類」が、Au の場合）]

電気めっき液として、金（Au）金属の濃度として 14.6 g/L の金属濃度であるシアン化金カリウムと、150 g/L のクエン酸と、180 g/L のクエン酸カリウムとを含む水溶液を調製した。内径 80 mm の筒状のめっき電解槽に 1 L の電気めっき液を入れて、40℃の温度で、1 A/dm²の電流密度で通電することで、電気めっきにより表面被覆層 6 を形成させた。

[0067] [AuCoめっき（表1に記載される表面被覆層6の「種類」が、AuCoの場合）]

電気めっき液として、金（Au）金属の濃度として10g/Lの金属濃度であるシアン化金カリウムと、コバルト（Co）金属の濃度として0.1g/Lの金属濃度である炭酸コバルトと、100g/Lのクエン酸と20g/Lのリン酸水素二カリウムとを含む水溶液を調製した。内径80mmの筒状のめっき電解槽に1Lの電気めっき液を入れて、40℃の温度で、1A/dm²の電流密度で通電することで、電気めっきにより表面被覆層6を形成させた。

[0068] [Agめっき（表1に記載される表面被覆層6の「種類」が、Agの場合）]

電気めっき液として、銀（Ag）金属の濃度として93g/Lの金属濃度であるシアン化銀と、132g/Lのシアン化カリウムとを含む水溶液を調製した。内径80mmの筒状のめっき電解槽に1Lの電気めっき液を入れて、20℃の温度で、1A/dm²の電流密度で通電することで、電気めっきにより表面被覆層6を形成させた。

[0069] [Snめっき（表1に記載される表面被覆層6の「種類」が、Snの場合）]

電気めっき液として、錫（Sn）金属の濃度として80g/Lの金属濃度である硫酸錫と、50mL/Lの硫酸と、5mL/LのUTB513Yと、を含む水溶液を調製した。内径80mmの筒状のめっき電解槽に1Lの電気めっき液を入れて、20℃の温度で、5A/dm²の電流密度で通電することで、電気めっきにより表面被覆層6を形成させた。

[0070] <各種測定および評価方法>

次に、得られた各層およびリードフレーム材1の特性を、以下のように測定および評価した。なお、得られた各層の特性については、リードフレーム材1の作製中に随時測定した。

[0071] [1] 表面被膜の平均粗さ高さ h_1 と、側面被膜の平均粗さ高さ h_2 の測定

表面被膜 3 の平均粗さ高さ h_1 は、表面被膜 3 の厚さ方向を含む断面をマイクロトーム加工したものについて、走査型電子顕微鏡（SEM）を用いて観察して求めた。ここで、SEM による観察では、基材 2 の表面 2 1 に形成された表面被膜 3 と、裏面 2 2 に形成された表面被膜 3 のそれぞれについて、被膜の連続した凹凸 10 個分を 1 視野として、それぞれ 3 視野分の SEM 像を無作為に選択し、3 視野分の SEM 像のそれぞれについて、凹凸の最上点（被膜の上面の最上点）を通る基材 2 の表面（または裏面）に平行に引いた仮想線と、凹凸の最下点（被膜の上面の最下点）を通る基材 2 の表面（または裏面）に平行に引いた仮想線とで評価エリア M 1 を区画し、この評価エリア M 1 において、表面被膜 3 が占めている部分（表面被膜 3 の存在領域 P 1）の面積を算出した。被膜部分 P の面積の算出は、画像処理ソフト Image J を用いて、下限閾値を 128、上限閾値を 255 にそれぞれ設定し、二値化の設定で、分離点は除く一方で、被膜部分 P の内部を塗りつぶす二値化処理により行なった。このとき得られた被膜部分 P 1 の面積を、線分の長さ（10 個の凹凸の幅） L_1 で割った値を、視野ごとの表面被膜 3 の平均粗さ高さとして求めた。ここで、基材 2 の表面 2 1 および裏面 2 2 の両方に表面被膜 3 が形成されている例では、表面 2 1 側の 3 視野分および裏面 2 2 側の 3 視野分の合計 6 視野分の表面被膜 3 の平均粗さ高さの平均をとって、表面被膜 3 の平均粗さ高さ h_1 とした。また、基材 2 の表面 2 1 または裏面 2 2 の一方に表面被膜 3 が形成されている例では、表面被膜 3 が形成されている側の 3 視野分の表面被膜 3 の平均粗さ高さの平均をとって、表面被膜 3 の平均粗さ高さ h_1 とした。結果を表 1 に示す。

[0072] また、側面被膜 4 の平均粗さ高さ h_2 は、側面 2 3 に形成された側面被膜 4 について、被膜の連続した凹凸 10 個分を 1 視野として、それぞれ 3 視野分を無作為に選択し、3 視野のそれぞれについて、表面被膜 3 の平均粗さ高さ h_1 の測定と同様にして、評価エリア M 2 において側面被膜 4 が占めている部分の面積を算出した。このとき得られた被膜部分 P 2 の面積を、線分の長さ（10 個の凹凸の幅） L_2 で割った値を、視野ごとの側面被膜 4 の平均粗さ

高さとして求め、3視野分の側面被膜4の平均粗さ高さの平均をとって、側面被膜4の平均粗さ高さ h_2 とした。

[0073] さらに、得られた表面被膜3の平均粗さ高さ h_1 と、側面被膜4の平均粗さ高さ h_2 の結果から、表面被膜3の平均粗さ高さ h_1 に対する側面被膜4の平均粗さ高さ h_2 の比 h_2/h_1 と、側面被膜4の平均粗さ高さ h_2 に対する基材2の厚さ T の比(T/h_2 比)を求めた。結果を表1に示す。

[0074] [2] 第1空隙率 V_1 および第2空隙率 V_2 の測定

第1空隙率 V_1 は、上述の「[1] 表面被膜の平均粗さ高さ h_1 と、側面被膜の平均粗さ高さ h_2 の測定」に用いたSEM像を用い、表面21に形成された表面被膜3と、裏面22に形成された表面被膜3のそれぞれについて、評価エリアM1全体の面積に対する、評価エリアM1の面積から表面被膜3の存在領域P1の面積を引いた空隙部分(表面被膜3の非存在領域S1)の面積の割合を算出することで、視野ごとの空隙率を求めた。すなわち、視野ごとの表面被膜3の空隙率は、以下の(1)式により算出した。

$$\begin{aligned} \text{表面被膜3の空隙率(\%)} &= 100 \times \{ (\text{評価エリアM1の面積}) - (\text{表面被膜3の存在領域P1の面積}) \} / (\text{評価エリアM1の面積}) \\ &\dots (1) \end{aligned}$$

これらの視野ごとの空隙率から、基材2の表面21および裏面22の両方に表面被膜3が形成されている例では、表面21側の3視野分および裏面22側の3視野分の合計6視野分の表面被膜3の平均粗さ高さの平均をとって、第1空隙率 V_1 (%)とした。また、基材2の表面21または裏面22の一方に表面被膜3が形成されている例では、表面被膜3が形成されている側の3視野分の表面被膜3の空隙率の平均をとって、第1空隙率 V_1 とした。

[0075] また、第2空隙率 V_2 は、上述の「[1] 表面被膜の平均粗さ高さ h_1 と、側面被膜の平均粗さ高さ h_2 の測定」に用いたSEM像を用い、側面23に形成された側面被膜4のそれぞれについて、評価エリアM2全体の面積に対する、評価エリアM2の面積から側面被膜4の存在領域P2の面積を引いた空隙部分(側面被膜4の非存在領域S2)の面積の割合を算出することで、視

野ごとの空隙率を求めた。すなわち、視野ごとの空隙率は、以下の（２）式により算出した。

$$\begin{aligned} \text{側面被膜４の空隙率（％）} &= 100 \times \{ (\text{評価エリア} M2 \text{の面積}) - (\text{側面被膜４の存在領域} P2 \text{の面積}) \} / (\text{評価エリア} M2 \text{の面積}) \\ &\cdots (2) \end{aligned}$$

これらの視野ごとの空隙率から、３視野分の側面被膜４の空隙率の平均をとって、第２空隙率 V_2 （％）とした。

[0076] さらに、得られた第１空隙率 V_1 と、第２空隙率 V_2 の結果から、第１空隙率 V_1 に対する第２空隙率 V_2 の比 V_2/V_1 を求めた。結果を表１に示す。

[0077] [３] 表面被覆層の厚さの測定

表面被覆層６の厚さは、ＪＩＳ Ｈ８５０１：１９９９に準拠した蛍光Ｘ線式試験方法によって測定した。具体的には、蛍光Ｘ線膜厚計（ＳＦＴ９４００、エスアイアイ・ナノテクノロジー社製）を用い、コリメータ径０．５ｍｍとして、各層の任意の１０箇所を測定し、これらの測定値の平均値を算出することで、表面被覆層６の厚さを得た。結果を表１に示す。

[0078] [４] 気密性の評価

図７に、本発明例のリードフレーム材について行う樹脂との密着性の測定における、リードフレーム材１と樹脂との位置関係を示す模式図を示す。本発明例および比較例で得られたリードフレーム材１について、図７に示されるように、リードフレーム材１を覆うように樹脂７でモールド成形した構造体について、グロスリーク試験を行なった。ここで、グロスリーク試験は、 $120^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ に加熱した高沸点溶剤であるフロリナートＦＣ－４０（登録商標）に上記構造体を３０秒間または１２０秒間浸漬し、浸漬中に気泡が発生するか否かによって、リードフレーム材１からの空気の漏れの有無を判定し、その判定結果からリードフレーム材１の気密性を評価した。

[0079] ここで、リードフレーム材１を樹脂でモールド成形した直後の構造体について、グロスリーク試験を行なって得られる気密性の評価結果を、初期の構造体の気密性とした。次に、リードフレーム材１を樹脂７でモールド成形し

た構造体について、 -50°C の温度で30分間保持した後、すぐに 105°C の温度で30分間保持するサイクルを50回繰り返すヒートサイクル試験を行ない、ヒートサイクル試験を行なった後の構造体について、グロスリーク試験を行なって得られる気密性の評価結果を、ヒートサイクル試験後の構造体の気密性とした。

[0080] 初期の構造体の気密性と、ヒートサイクル試験後の構造体の気密性のそれぞれについて、高沸点溶剤への浸漬を開始してから気泡が120秒間発生しなかった場合を、気密性に特に優れているとして「A」と評価し、高沸点溶剤への浸漬を開始してから30秒間は気泡が発生しなかったが、浸漬を開始してから120秒以内に気泡が発生した場合を、気密性に優れているとして「B」と評価し、浸漬を開始してから30秒以内に気泡が発生した場合を、気密性が低い点で望ましくないとして「C」と評価した。結果を表2に示す。

[0081] [5] 粉落ち量に関する測定および評価

本発明例および比較例で得られたリードフレーム材1について、リードフレーム材を60mm幅に切り出して、JIS H 8504に規定されるテープ剥離試験を行ない、試験の前後における質量の減少量を脱離量（粉落ち量）として測定および評価した。測定された脱離量について、 $3\text{mg}/\text{dm}^2$ 未満で合った場合を粉落ちが起こり難い点で特に優れているとして「A」と評価した。また、脱離量が $3\text{mg}/\text{dm}^2$ 以上 $12\text{mg}/\text{dm}^2$ 未満の範囲であった場合を、粉落ちが起こり難い点で優れているとして「B」と評価した。他方で、脱離量が $12\text{mg}/\text{dm}^2$ 以上であった場合を、粉落ちが起こり易い点で望ましくないとして「C」と評価した。結果を表2に示す。

[0082] [6] 総合評価

これらの評価結果のうち、初期の構造体の気密性と、ヒートサイクル試験後の構造体の気密性と、粉落ち量に関する3つの評価結果について、3つとも「A」と評価した場合を、ヒートサイクル試験の前後のいずれにおいても気密性が高く、かつ粉落ちが起こり難い点で特に優れているとして「A」と

評価した。また、これら3つの評価結果について、3つとも「A」または「B」と評価した場合（ただし、3つとも「A」と評価した場合を除く）を、ヒートサイクル試験の前後のいずれにおいても気密性が高く、かつ粉落ちが起こり難い点で優れているとして「B」と評価した。他方で、これら3つの評価結果について、少なくともいずれかで評価結果が「C」になった場合を、ヒートサイクル試験の前後のうち少なくともいずれかにおける気密性が不合格であり、または粉落ちが起こりやすい点で不合格であるとして「C」と評価した。結果を表2に示す。

[0083] [7] 耐ヒートサイクル性に関する評価

さらに、初期の構造体の気密性の評価結果と、ヒートサイクル試験後の構造体の気密性の評価結果について、初期の気密性を「A」または「B」と評価し、かつヒートサイクル試験後の気密性を「A」と評価した場合と、初期の気密性を「B」と評価し、かつヒートサイクル試験後の気密性を「B」と評価した場合を、構造体が耐ヒートサイクル性に特に優れているとして「A」と評価した。また、初期の気密性を「A」と評価し、かつヒートサイクル試験後の気密性を「B」と評価した場合を、構造体が耐ヒートサイクル性に優れているとして「B」と評価した。他方で、初期とヒートサイクル試験後の気密性のうち、少なくともいずれかの評価結果を「C」と評価した場合を、耐ヒートサイクル性が低い点で望ましくないとして「C」と評価した。結果を表2に示す。

[0084]

[表1]

リードフレーム材														
基材			表面被膜および側面被膜											
			表面被膜		側面被膜		粗化層	粗化層を形成する際の、 基材の表面および表面の 合計のめっき面積 に対する、 遮蔽板による遮蔽面積 の割合 [%]	表面被覆層		側面被膜の 平均粗さ高さ に対する 基材の厚さ の比 (T/h_2)	第1空隙率 V_1 に対する 第2空隙率 V_2 の比 (V_2/V_1)		
			平均粗さ高さ h_1 [μm]	第1空隙率 V_1 [%]	平均粗さ高さ h_2 [μm]	第2空隙率 V_2 [%]			種類	形成面			種類	厚さ [μm]
種類	厚さ T [μm]													
本発明例1	G18045	100	54	4.7	45	Cu	全ての面	10%	-	-	3.62	21.3	0.83	
本発明例2	G1020	150	42	2.7	32	Cu	全ての面	10%	-	-	3.38	55.6	0.76	
本発明例3	42アロイ	100	46	6.4	38	Ni	全ての面	30%	-	-	1.94	15.6	0.83	
本発明例4	G18045	100	51	1.5	44	Cu	全ての面	10%	-	-	3.75	66.7	0.86	
本発明例5	G18045	200	52	6.2	43	Cu	全ての面	30%	-	-	1.68	32.3	0.83	
本発明例6	G18045	150	34	6.7	29	Cu	全ての面	20%	-	-	2.39	22.4	0.85	
本発明例7	G18045	100	61	0.9	51	Cu	全ての面	30%	-	-	1.50	111.1	0.84	
本発明例8	G18045	100	43	3.2	41	Cu	全ての面	20%	-	-	1.88	31.3	0.95	
本発明例9	G18045	100	64	4.1	31	Cu	全ての面	30%	-	-	1.58	24.4	0.48	
本発明例10	C1100	100	34	4.4	30	Cu	全ての面	20%	-	-	1.83	22.7	0.88	
本発明例11	G14415	125	67	1.9	54	Cu	全ての面	30%	-	-	1.58	65.8	0.81	
本発明例12	G18045	80	52	5.4	43	Cu	全ての面	10%	-	-	3.38	14.8	0.83	
本発明例13	G18045	300	36	1.4	32	Cu	全ての面	30%	-	-	1.56	214.3	0.89	
本発明例14	G18045	100	40	1.5	35	Cu	裏面と側面	30%	-	-	1.36	66.7	0.88	
本発明例15	42アロイ	100	52	5.4	47	Cu	全ての面	10%	Ni	0.50	3.38	18.5	0.90	
本発明例16	G18045	150	57	3.4	36	Cu	全ての面	20%	Ni/Pd/Au	0.55	1.42	44.1	0.63	
本発明例17	G18045	125	48	2.8	33	Cu	全ての面	20%	Sn	1.50	2.15	44.6	0.69	
本発明例18	G18045	100	41	4.8	37	Ni	全ての面	10%	Ag	1.50	3.69	20.8	0.90	
本発明例19	G18045	100	59	3.1	48	Cu	全ての面	20%	AuCo	0.30	1.72	32.3	0.81	
比較例1	G18045	100	表面被膜を形成せず、側面被膜を形成せず											
比較例2	G18045	100	表面被膜を形成せず、側面被膜を形成せず											
比較例3	G18045	100	37	0.1	61	Cu	裏面のみ	遮蔽なし	Ni/Pd/Au	0.55	-	-	-	
比較例4	G18045	100	43	2.0	46	Cu	全ての面	40%	-	-	0.17	1000.0	1.65	
比較例5	G18045	100	39	6.6	30	Cu	全ての面	5%	-	-	0.83	50.0	1.07	
比較例6	G18045	100	62	0.7	54	Cu	全ての面	5%	Ni/Pd/Au	0.55	1.27	15.2	0.77	
比較例7	G18045	100	71	3.7	44	Cu	全ての面	5%	Ni/Pd/Au	0.55	1.17	142.9	0.87	
									Ni/Pd/Au	0.55	1.12	27.0	0.62	

(注) 表中に示す下線太字の記載は、本発明の好適範囲外であることを示す。

[0085] [表2]

	性能評価					総合評価
	リードフレーム材に 樹脂でモールド成形した構造体の気密性			粉落ち量に関する 測定および評価		
	初期の構造体の 気密性の 評価	ヒートサイクル後の 構造体の 気密性の評価	構造体の 耐ヒートサイクル性 の評価	粉落ち量 [mg/dm ²]	判定	
本発明例1	A	A	A	1.5	A	A
本発明例2	A	A	A	1.1	A	A
本発明例3	A	A	A	2.8	A	A
本発明例4	B	B	A	0.5	A	B
本発明例5	A	A	A	10.9	B	B
本発明例6	A	B	B	4.1	B	B
本発明例7	B	B	A	1.4	A	B
本発明例8	A	B	B	0.9	A	B
本発明例9	A	B	B	1.9	A	B
本発明例10	A	B	B	2.3	A	B
本発明例11	A	B	B	1.3	A	B
本発明例12	A	A	A	3.5	B	B
本発明例13	B	B	A	0.9	A	B
本発明例14	A	A	A	0.1	A	A
本発明例15	A	A	A	1.5	A	A
本発明例16	A	A	A	2.6	A	A
本発明例17	A	A	A	1.2	A	A
本発明例18	A	A	A	1.4	A	A
本発明例19	A	A	A	1.8	A	A
比較例1	C	C	C	0.0	A	C
比較例2	C	C	C	0.0	A	C
比較例3	B	C	C	0.4	A	C
比較例4	B	C	C	0.7	A	C
比較例5	A	B	B	13.2	C	C
比較例6	B	C	C	1.2	A	C
比較例7	B	C	C	2.4	A	C

(注) 表中に示す下線太字の記載は、本発明の好適範囲外であることを示す。

[0086] 表1および表2の結果から、本発明例1～19のリードフレーム材1は、表面被膜3および側面被膜4がいずれも粗化された上面を有するとともに、表面被膜3の平均粗さ高さ h_1 に対する側面被膜4の平均粗さ高さ h_2 の比 h_2/h_1 が本発明の適正範囲内であった。このとき、本発明例1～19のリードフレーム材1は、初期の構造体の気密性と、ヒートサイクル試験後の構造体の気密性と、粉落ち量に関する3つの評価結果が、いずれも「A」または「B」と評価されており、総合評価においても「A」または「B」と評価されるものであった。

[0087] 図8に、本発明例1のリードフレーム材の断面の、SEMによって観察された2次電子像を示す。図8の2次電子像からも、本発明例1のリードフレーム材は、表面被膜3および側面被膜4がいずれも粗化された上面を有しており、また、基材2の表面21に形成された表面被膜3の平均粗さ高さ h_1 と比

べて、基材2の側面23に形成された側面被膜4の平均粗さ高さが明らかに大きいことがわかる。

[0088] したがって、本発明例1～19のリードフレーム材1は、いずれも総合評価において「A」または「B」と評価されるものであったため、少なくとも、過酷な使用環境を想定したヒートサイクルにおいた場合であっても、パッケージの気密性を改善することができ、かつ粉落ちが起こり難いものであった。

[0089] 特に、本発明例1～5、7、12～19のリードフレーム材1は、いずれも第1空隙率 V_1 および第2空隙率 V_2 の両方が32%以上64%以下の範囲にあり、かつ第1空隙率 V_1 に対する第2空隙率 V_2 の比 V_2/V_1 が0.50以上0.91以下の範囲にあるときに、構造体の耐ヒートサイクル性の評価において「A」と評価されるものであったため、ヒートサイクル試験による気密性の低下がより一層起こり難い点で、特に優れているものであった。

[0090] 一方、比較例1および比較例2のリードフレーム材はいずれも、表面被膜3および側面被膜4をいずれも有しておらず、また、比較例3～7は、いずれも表面被膜3の平均粗さ高さ h_1 に対する側面被膜4の平均粗さ高さ h_2 の比 h_2/h_1 が本発明の適正範囲外であった。そのため、比較例1～7のリードフレーム材は、初期の構造体の気密性と、ヒートサイクル試験後の構造体の気密性と、粉落ち量に関する3つの評価結果のうち、少なくともいずれかで評価結果が「C」と評価されており、総合評価においても「C」と評価されていた。

符号の説明

- [0091]
- | | |
|-------|-----------|
| 1 | リードフレーム材 |
| 2 | 基体（または基材） |
| 2 1 | 基体の表面 |
| 2 2 | 基体の裏面 |
| 2 3 | 基体の側面 |
| 3、3 A | 表面被膜 |

3 0	表面被膜の上面
4	側面被膜
4 0	側面被膜の上面
5	粗化層
5 0	粗化層の上面
6	表面被覆層
7	樹脂
h_1	表面被膜の平均粗さ高さ
h_2	側面被膜の平均粗さ高さ
A 1	表面被膜の上面の最上点
B 1	表面被膜の上面の最下点
P 1	評価エリアに占める表面被膜の存在領域
S 1	評価エリアに占める表面被膜の非存在領域
A 2	側面被膜の上面の最上点
B 2	側面被膜の上面の最下点
P 2	評価エリアに占める側面被膜の存在領域
S 2	評価エリアに占める側面被膜の非存在領域
L 1、L 2	線分の長さ（10個の凹凸の幅）
M 1、M 2	評価エリア

請求の範囲

- [請求項1] 導電性の基体と、
前記基体の少なくとも一部の表面および裏面のうちの一方または双方の面に形成される表面被膜と、
前記表面被膜に隣接し、前記基体の少なくとも一部の側面に形成される側面被膜と、
を有するリードフレーム材であって、
前記表面被膜および前記側面被膜は、いずれも粗化された上面を有し、
前記表面被膜の平均粗さ高さを h_1 、前記側面被膜の平均粗さ高さを h_2 とするとき、
前記表面被膜の平均粗さ高さ h_1 に対する前記側面被膜の平均粗さ高さ h_2 の比 h_2/h_1 が、1.35 以上である、リードフレーム材。
- [請求項2] 前記表面被膜の平均粗さ高さ h_1 は、0.5 μm 以上3.5 μm 以下の範囲であり、かつ、
前記側面被膜の平均粗さ高さ h_2 は、1.0 μm 以上6.5 μm 以下の範囲である、請求項1に記載のリードフレーム材。
- [請求項3] 前記表面被膜の断面で見て、前記表面被膜の上面の最上点の位置を通り、前記基体の表面に対して平行に引いた仮想線 l_1 と、前記表面被膜の上面の最下点の位置を通り、前記基体の表面に対して平行に引いた仮想線 n_1 とで区画される第1測定面積に占める第1空隙率を V_1 とし、
前記側面被膜の断面で見て、前記側面被膜の上面の最上点の位置を通り、前記基体の側面に対して平行に引いた仮想線 l_2 と、前記側面被膜の上面の最下点の位置を通り、前記基体の側面に対して平行に引いた仮想線 n_2 とで区画される第2測定面積に占める第2空隙率を V_2 とするとき、
前記第1空隙率 V_1 に対する前記第2空隙率 V_2 の比 V_2/V_1 は、

0.50以上0.91以下の範囲である、請求項1に記載のリードフレーム材。

[請求項4] 前記第1空隙率 V_1 および前記第2空隙率 V_2 は、いずれも32%以上64%以下の範囲である、請求項3に記載のリードフレーム材。

[請求項5] 前記基体は、銅、銅合金、鉄、鉄合金、アルミニウムまたはアルミニウム合金からなる、請求項1に記載のリードフレーム材。

[請求項6] 前記基体の厚さを T とすると、前記側面被膜の平均粗さ高さ h_2 に対する前記基体の厚さ T の比(T/h_2 比)は、15.0以上200.0以下の範囲である、請求項1に記載のリードフレーム材。

[請求項7] 前記表面被膜および前記側面被膜は、いずれも粗化層を有する、請求項1に記載のリードフレーム材。

[請求項8] 前記粗化層は、銅、銅合金、ニッケルまたはニッケル合金からなる、請求項7に記載のリードフレーム材。

[請求項9] 前記粗化層は、電気めっき層である、請求項7に記載のリードフレーム材。

[請求項10] 前記表面被膜および前記側面被膜は、前記粗化層の上面に形成される少なくとも1層の表面被覆層をさらに有する、請求項7に記載のリードフレーム材。

[請求項11] 前記表面被覆層は、前記粗化層とは異なる組成を有する金属または合金であって、銅、銅合金、ニッケル、ニッケル合金、コバルト、コバルト合金、パラジウム、パラジウム合金、ロジウム、ロジウム合金、ルテニウム、ルテニウム合金、白金、白金合金、イリジウム、イリジウム合金、金、金合金、銀、銀合金、スズ、スズ合金、インジウムまたはインジウム合金からなる、請求項10に記載のリードフレーム材。

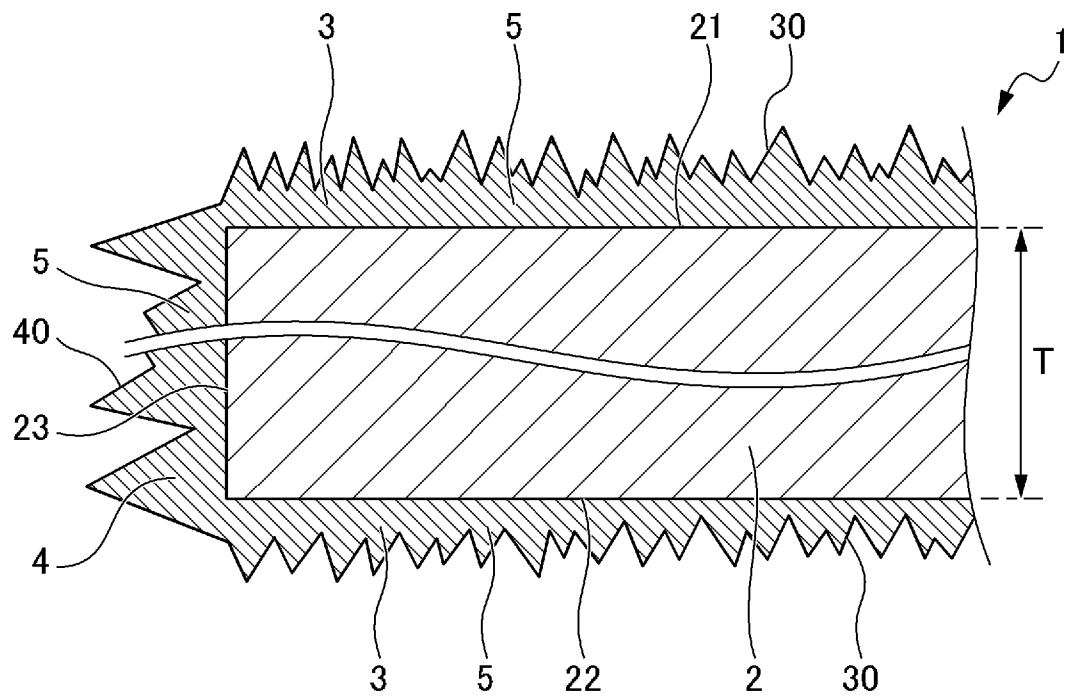
[請求項12] 請求項1から11のいずれか1項に記載のリードフレーム材の製造方法であって、

電気めっきにより、前記基体に、粗化された上面を有する前記表面

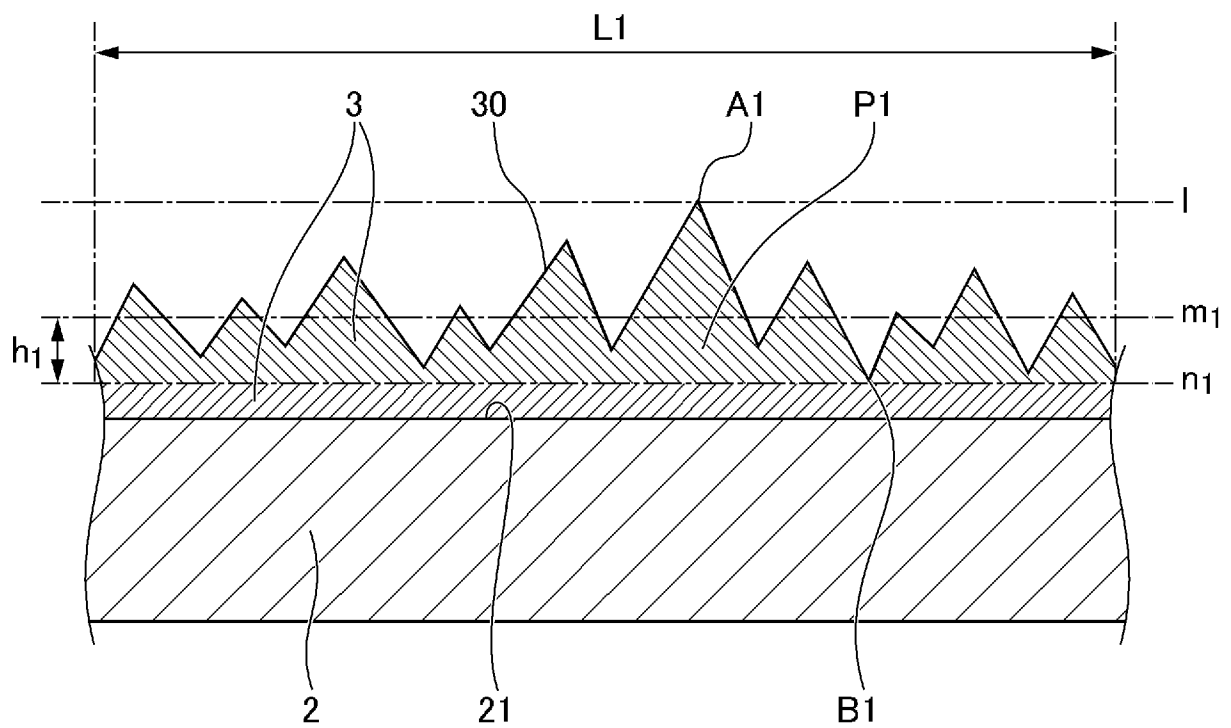
被膜および前記側面被膜を形成する被膜形成工程を含む、リードフレーム材の製造方法。

[請求項13] 請求項1から11のいずれか1項に記載のリードフレーム材を用いて形成したリードフレームを備える、半導体パッケージ。

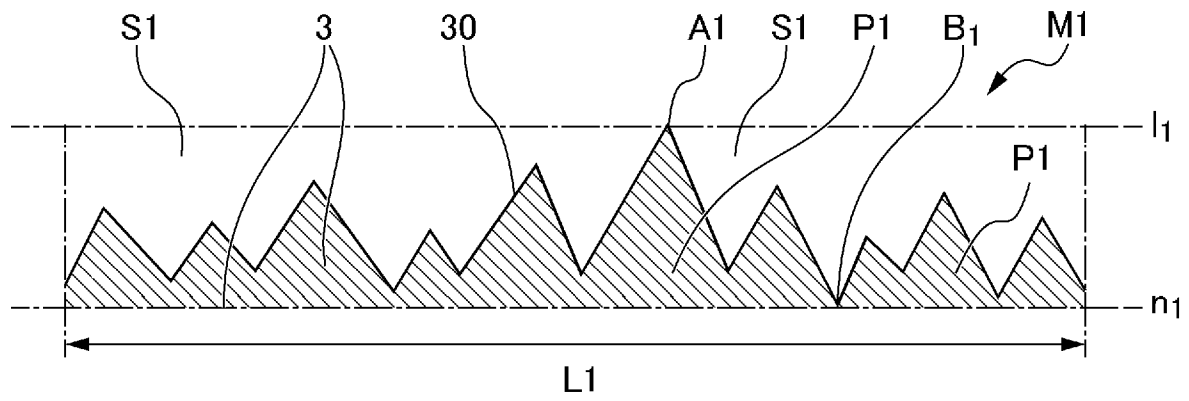
[図1]



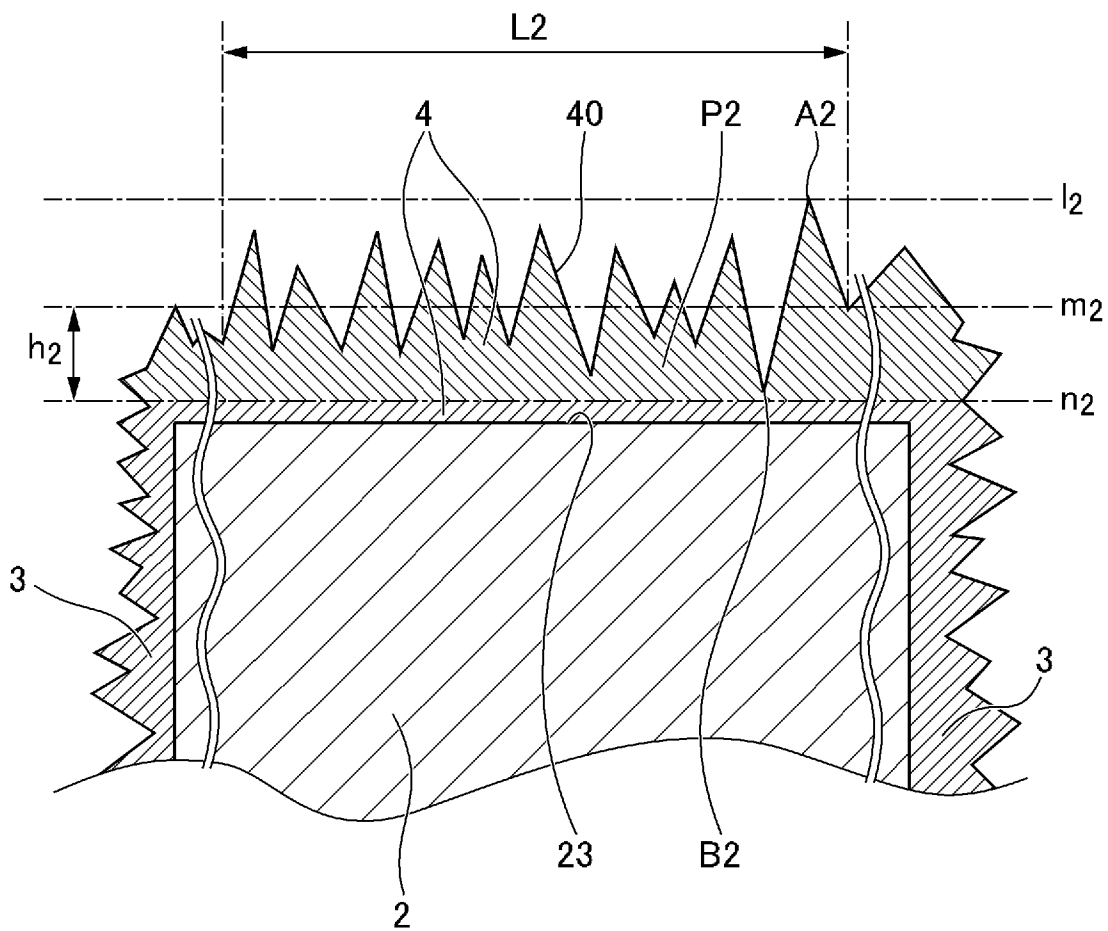
[図2]



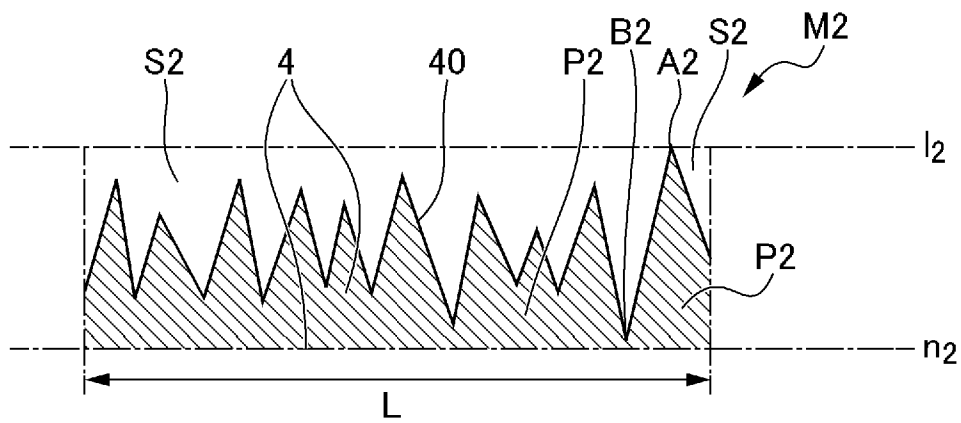
[図3]



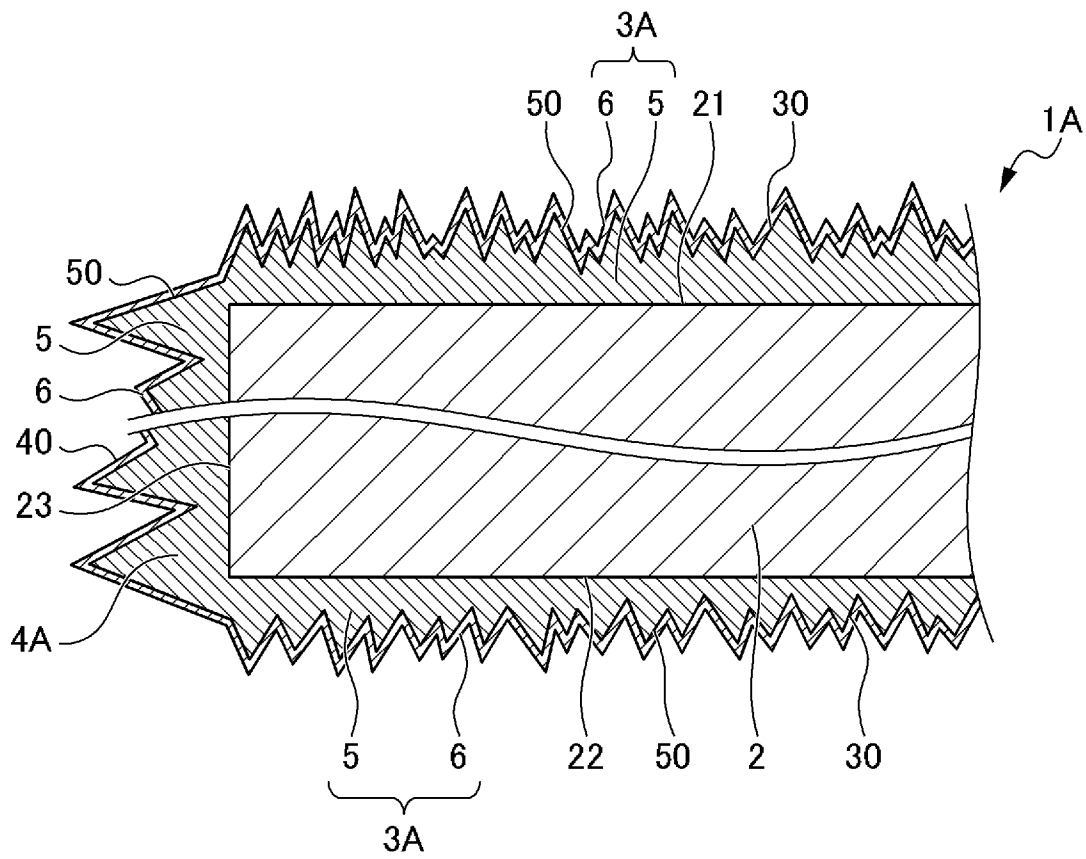
[図4]



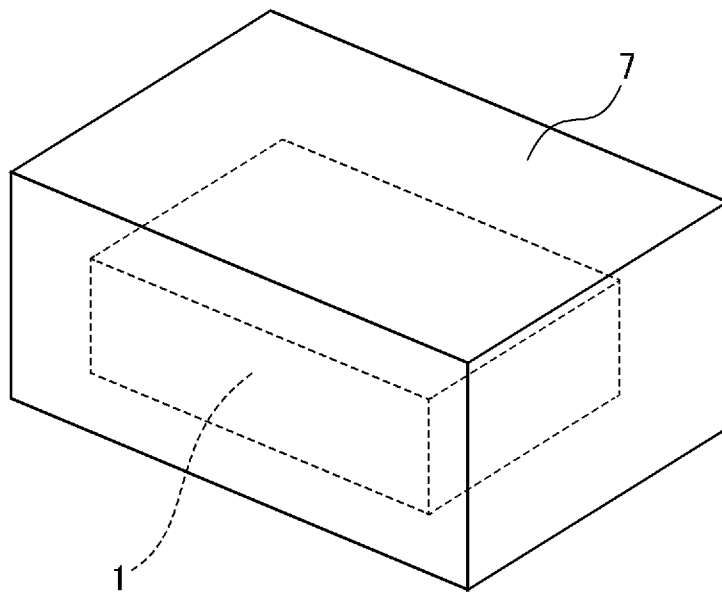
[図5]



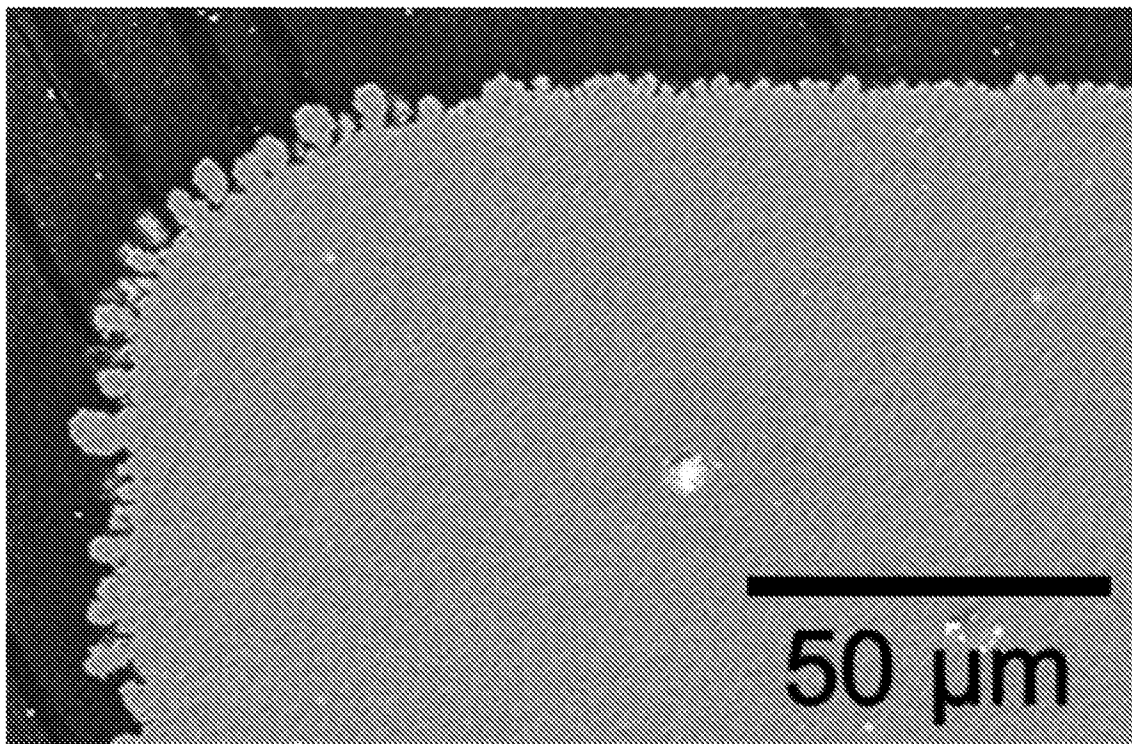
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/021338

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C25D 5/10(2006.01)i; **C25D 3/12**(2006.01)i; **C25D 3/38**(2006.01)i; **C25D 7/00**(2006.01)i; **H01L 23/50**(2006.01)i
FI: C25D5/10; C25D7/00 G; C25D3/38 101; C25D3/12; H01L23/50 D

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)

C25D5/10; C25D3/12; C25D3/38; C25D7/00; H01L23/50

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 1971-2024
Registered utility model specifications of Japan 1996-2024
Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

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.
X	JP 2017-098291 A (MITSUI HIGH TEC INC.) 01 June 2017 (2017-06-01) paragraphs [0038], [0061]-[0077], fig. 3	1, 2, 5-13
Y		7-11
Y	WO 2015/188971 A1 (ROBERT BOSCH GMBH) 17 December 2015 (2015-12-17) p. 7, line 1 to p. 9, line 3, fig. 1-3	1-13
Y	WO 2023/033126 A1 (DAI NIPPON PRINTING CO., LTD.) 09 March 2023 (2023-03-09) paragraphs [0357]-[0375], fig. 50, 51	1-13
A	JP 2020-167207 A (OHKUCHI MATERIALS CO., LTD.) 08 October 2020 (2020-10-08) paragraphs [0115]-[0120], [0179], [0180], fig. 27	1-13



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
“D” document cited by the applicant in the international application
“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

30 August 2024

Date of mailing of the international search report

10 September 2024

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/JP2024/021338

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	2017-098291	A	01 June 2017	WO	2017/086063	A1	
				TW	201729377	A	
				CN	108352376	A	

WO	2015/188971	A1	17 December 2015	DE	102014211298	A	
				TW	201604014	A	

WO	2023/033126	A1	09 March 2023	US	2024/0030114	A1	
				paragraphs [0425]-[0444], fig. 50, 51			
				CN	116941034	A	
				KR	10-2024-0051069	A	
				TW	202320243	A	

JP	2020-167207	A	08 October 2020	US	2020/0312753	A1	
				paragraphs [0325]-[0357], [0520]-[0528], fig. 27			
				KR	10-2020-0115101	A	
				CN	111755407	A	
				TW	202036825	A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
C25D 5/10(2006.01)i; C25D 3/12(2006.01)i; C25D 3/38(2006.01)i; C25D 7/00(2006.01)i;
H01L 23/50(2006.01)i
FI: C25D5/10; C25D7/00 G; C25D3/38 101; C25D3/12; H01L23/50 D

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））
C25D5/10; C25D3/12; C25D3/38; C25D7/00; H01L23/50

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの
日本国実用新案公報 1922-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-2024年
日本国実用新案登録公報 1996-2024年
日本国登録実用新案公報 1994-2024年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2017-098291 A（株式会社三井ハイテック）01.06.2017（2017-06-01） 段落[0038], [0061]-[0077], 図3	1, 2, 5-13
Y		7-11
Y	WO 2015/188971 A1（ROBERT BOSCH GMBH）17.12.2015（2015-12-17） 第7頁第1行-第9頁第3行, FIGs. 1-3	1-13
Y	WO 2023/033126 A1（大日本印刷株式会社）09.03.2023（2023-03-09） 段落[0357]-[0375], 図50, 51	1-13
A	JP 2020-167207 A（大口マテリアル株式会社）08.10.2020（2020-10-08） 段落[0115]-[0120], [0179], [0180], 図27	1-13

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの
“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と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
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日
30.08.2024

国際調査報告の発送日
10.09.2024

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）
萩原 周治 4E 9835
電話番号 03-3581-1101 内線 3423

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/JP2024/021338

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2017-098291	A	01.06.2017	WO	2017/086063	A1	
				TW	201729377	A	
				CN	108352376	A	

WO	2015/188971	A1	17.12.2015	DE	102014211298	A	
				TW	201604014	A	

WO	2023/033126	A1	09.03.2023	US	2024/0030114	A1	
				段落[0425]-[0444], FIGs. 50, 51			
				CN	116941034	A	
				KR	10-2024-0051069	A	
				TW	202320243	A	

JP	2020-167207	A	08.10.2020	US	2020/0312753	A1	
				段落[0325]-[0357], [0520]-[0528], FIG. 27			
				KR	10-2020-0115101	A	
				CN	111755407	A	
				TW	202036825	A	
