

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6185564号
(P6185564)

(45) 発行日 平成29年8月23日(2017.8.23)

(24) 登録日 平成29年8月4日(2017.8.4)

(51) Int.Cl.	F I
C 2 3 C 24/08 (2006.01)	C 2 3 C 24/08 B
B 2 3 K 1/20 (2006.01)	B 2 3 K 1/20 A
H 0 1 L 23/36 (2006.01)	H 0 1 L 23/36 C
B 2 3 K 101/40 (2006.01)	B 2 3 K 101:40

請求項の数 13 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2015-509253 (P2015-509253)	(73) 特許権者	514252212
(86) (22) 出願日	平成25年4月8日(2013.4.8)		アー. ベー. ミクロエレクトロニク ゲゼ
(65) 公表番号	特表2015-518523 (P2015-518523A)		ルシャフト ミト ベシュレンクテル ハ
(43) 公表日	平成27年7月2日(2015.7.2)		フツング
(86) 国際出願番号	PCT/AT2013/000059		オーストリア共和国 ザルツブルグ 5 O
(87) 国際公開番号	W02013/163663		2 O ジョゼフ・ブランドシュターター
(87) 国際公開日	平成25年11月7日(2013.11.7)		シュトラッセ 2
審査請求日	平成26年12月11日(2014.12.11)	(74) 代理人	110000659
(31) 優先権主張番号	A527/2012		特許業務法人広江アソシエイツ特許事務所
(32) 優先日	平成24年5月4日(2012.5.4)	(72) 発明者	バーンズ, ロバート クリストファー
(33) 優先権主張国	オーストリア(AT)		オーストリア共和国 ザルツブルグ A-
前置審査			5 O 2 O, ヘフトシュトラッセ 9
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 アルミニウムからなる金属化基板の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

金属化基板(1)の製造方法であって、該基板(1)は、アルミニウムおよび／またはアルミニウム合金からなる、方法であって、

金属粉末、無機粉末、有機結合剤および溶解剤を少なくとも含む導電ペースト(3)が、前記基板(1)の表面(2)に少なくとも領域的に塗布され、

第1の焼成段階(B₁)において、前記導電ペースト(3)は、連続的に上昇する焼成温度(T)に曝され、ここで該焼成温度(T)は、少なくとも一時的に40℃/分～60℃/分の上昇速度で、660℃未満の設定可能な最高焼成温度(T_{max})に上昇され、

第2の焼成段階(B₂)において、前記導電ペースト(3)は設定可能な時間(t_B)、前記設定可能な最高焼成温度(T_{max})に曝され、

冷却段階(A)において、前記導電ペースト(3)は冷却され、そして、

後処理段階において、前記導電ペースト(3)の表面(4)は機械的に後処理される方法において、

前記金属粉末としての銅粉末を含む前記導電ペースト(3)が使用され、かつ、前記設定可能な最高焼成温度(T_{max})が548℃であることを特徴とする、方法。

【請求項 2】

前記無機粉末として、PbO-B₂O₃-SiO₂系のガラス、および／または、Bi₂O₃を含有するガラスを含む導電ペースト(3)が使用される、ことを特徴とする請求項1に記載の方法。

10

20

【請求項 3】

前記第 1 の焼成段階 (B_1) に先立ち、前記導電ペースト (3) は、乾燥段階で、 $80^{\circ}\text{C} \sim 200^{\circ}\text{C}$ の温度乾燥される、ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記第 1 の焼成段階 (B_1) に先立ち、前記導電ペースト (3) は、乾燥段階で、 $100^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$ の温度で乾燥される、ことを特徴とする請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

前記第 1 の焼成段階 (B_1) に先立ち、前記導電ペースト (3) は、5 分間 $\sim$ 20 分間乾燥される、ことを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記第 1 の焼成段階 (B_1) および／または前記第 2 の焼成段階 (B_2) における前記導電ペースト (3) の少なくとも焼成は焼成炉内で実行され、前記焼成温度 (T) が前記焼成炉内において支配的である、ことを特徴とする請求項 1 $\sim$ 5 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 7】

前記導電ペースト (3) の焼成が前記第 2 の焼成段階 (B_2) において 5 分間 $\sim$ 30 分間実行される、ことを特徴とする請求項 1 $\sim$ 6 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 8】

前記第 2 の焼成段階 (B_2) において前記設定可能な最高焼成温度 (T_{max}) は一定に保たれる、ことを特徴とする請求項 1 $\sim$ 7 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 9】

前記第 1 の焼成段階 (B_1) および／または前記第 2 の焼成段階 (B_2) において前記導電ペースト (3) は、窒素を含んだ保護ガス雰囲気中に曝される、ことを特徴とする請求項 1 $\sim$ 8 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 10】

前記冷却段階 (A) において、前記焼成温度 (T) は少なくとも一時的に、 $20^{\circ}\text{C}/\text{分} \sim 40^{\circ}\text{C}/\text{分}$ の下降速度で低下される、ことを特徴とする請求項 1 $\sim$ 9 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 11】

前記冷却段階 (A) において、前記焼成温度 (T) は少なくとも一時的に、 $30^{\circ}\text{C}/\text{分}$ の下降速度で低下される、ことを特徴とする請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

前記導電ペースト (3) が $10\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ の厚みで前記基板 (1) の表面 (2) に塗布される、ことを特徴とする請求項 1 $\sim$ 11 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 13】

前記後処理段階において、前記導電ペースト (3) の表面 (4) がブラシ処理されることを特徴とする請求項 1 $\sim$ 12 のいずれか一項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、金属化基板の製造方法に関し、この基板は、少なくとも部分的に、好適には全体的にアルミニウムおよび／またはアルミニウム合金を含んで成るものである。

【背景技術】

【0002】

材料アルミニウムは、特に電力エレクトロニクスの分野では重要度が増大している。比較的軽量で安価であるため、アルミニウムは例えば電力エレクトロニクスモジュール (例えば LED、IGBT または MOSFET) のような電子部品のための冷却体として頻繁に利用されており、または特に電流またはバスバーとして、電流搬送コンダクタ (導線) として直接的にも利用されている。これらの利用目的のため、アルミニウムは、約 $235\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ である非常に高レベルの熱伝導性と、約 $37 \times 10^6\text{A}/(\text{V} \cdot \text{m})$ で

10

20

30

40

50

ある非常に高レベルの導電性の両方を有している。アルミニウムの化学特徴は、アルミニウム本体の表面での酸化プロセスの結果として、空気との接触によって非常に急速に形成し、大気中の酸素との接触によって形成される薄い酸化層にある。この酸化層は確かに、腐食防止性を提供するが、一方、はんだ付け、溶接またはその他の公知の接続手法による他の材料へのアルミニウムの接続において困難を生じさせる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】（特になし）

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従って本発明の目的は、主にアルミニウムおよび／またはアルミニウム合金を含んで成る金属化基板の改良された製造方法を提供することにある。特に本発明は、基板との電気的接触を提供できるよう、基板表面のはんだ付けを可能にすることを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明によれば、この目的は請求項1の特徴によって達成される。本発明のその他の有利な形態は、従属請求項において述べられている。

【0006】

20

従って、本発明によれば、第1の焼成段階において、導電ペーストが基板表面に少なくとも領域的（部分的）に適用され、導電ペーストが実質的に連続的に上昇する焼成温度に曝され、その焼成温度は、約660℃未満の設定可能な最高焼成温度であり、第2の焼成段階において、導電ペーストは設定可能な時間、設定可能な最高焼成温度に実質的に曝され、冷却段階において、導電ペーストは冷却され、後処理段階において、導電ペーストの表面は、好適にはブラシ処理によって機械的に後処理される。

【0007】

基板、特にアルミニウム基板の表面は、そのような特定の方法によって確実に金属化できる。その特定の方法によって導電ペーストが適用され、その方法に従って焼結された領域は、その領域の基板の酸化表面の代わりに、基板に支配的な電気的接触を提供する。導電ペーストの適用および焼結によって少なくとも領域的に達成される導電層は、例えば電子部品をそこにはんだ付けすること、または冷却体へのはんだ付けなどにも結果的に利用することができ、強調すれば、冷却体自体はアルミニウムを含んで成ることができる。

30

【0008】

この場合には、基板は少なくとも部分的におよび好適には完全に、可能な限り高いアルミニウムの割合で、アルミニウム材料を含むことができる。好適にはアルミニウム材料は、欧州基準EN 573による、EN AW-1050AまたはEN AW-1060Aが使用され、少なくとも99.5重量%または99.6重量%のアルミニウムを含んでいる。上述の実質的に純粋なアルミニウム材料と比較して、いく分か低い液相温度および低い熱伝導性にもかかわらず、例えば、EN-AW3003 (AlMn1Cu)、EN A 40 W-3103 (AlMn1)、EN AW-5005 (AlMg1) または EN AW-5754 (AlMg3) などのマンガンまたはマグネシウムなどを含んだアルミニウム合金を使用することも可能である。

40

【0009】

本発明の方法は、アルミニウムベースの基板の表面の個々の領域を選択的に金属化する可能性を提供し、金属化領域は、関与する材料同士の接着結合によって直接的に焼結された導電ペーストの形態で基板に結合され、このようにして、導電ペーストの基板への、およびその逆の、高い導電性および高い熱伝導性を達成することが可能である。金属化領域は、追加的にはんだ付け可能な領域を提供し、それによって基板は公知のやり方で別な部品に結合できる。このようにして、例えば個別の電子部品を、共晶系であるSn-Pb-

50

ハンダ、Sn-Ag-Cuハンダ、またはSn-Auハンダなどの従来のはんだ付け剤を用いて金属化領域にはんだ付けできる。

【0010】

改善された熱放出のため、高電力LEDモジュールまたは電力エレクトロニクスモジュールなどの部品も、中間に絶縁誘電層を使用せずに、また高価な銀ベースの熱伝導性ペーストを使用せずに、金属化領域によってアルミニウム基板上にポテンシャルフリー接続ではんだ付けでき、よって全体的にさらに低レベルの熱抵抗性を達成できる。減少された熱抵抗性と増加した熱伝導性によって、基板に結合される部品の構造的サイズが減少でき、あるいはそれらはより高い電力搬送性を提供する。従来のはんだ付け剤（前述）を、金属化領域への部品のはんだ付けに利用することができる。よって、健康に有毒なハロゲンやその他の物質を含むことが多い特殊なアルミニウムはんだ付け剤を使用しないことが可能である。

10

【0011】

本発明の方法の利用の別な領域は、そこに接続される電流ケーブルへの接続の確実性を向上させるためのアルミニウム電流バスバー(bus bars)の金属化である。銅ベースの導電ペーストでのアルミニウムバスバーの表面の金属化は、特に、そこに接続される銅電流ケーブルとの金属間放散現象および電気化学的反応を防止することを可能にする。

【0012】

特に好適な実施態様によれば、導電ペーストは、スクリーン印刷プロセスによって基板表面に適用（塗布）される。スクリーン印刷技術は、基板に導電トラック（路）を創出するための確立されたプロセスである。電力エレクトロニクスの分野では、いわゆる“絶縁金属基板”(insulated metal substrate) (IMS) が基板として頻繁に利用されており、これはアルミニウムのコアを含んでおり、電気絶縁層または誘電層によって包まれている。アルミニウムのコアはこの場合には向上した熱伝導性のために利用される。例えばスクリーン印刷などによって絶縁層に適用される導電トラック自体は、この場合にはアルミニウムのコアと電氣的に接触しない。

20

【0013】

しかしながら、本発明の目的の一つは、その基板自体と共に、基板上に配置された導電トラックとの直接電氣的接触を達成することにある。これは導電トラックまたは導電表面が、それらの間に絶縁層を提供する必要なく、本発明の方法によって基板上に直接配置できる限り可能である。関与する材料の接着結合を含む接続は、焼結された導電ペーストおよび基板との間で達成され、それによって焼結された導電ペーストは電氣的および熱的に基板と直接接触する。この点において、従来のはんだ付けペーストまたは焼結ペーストの形態の導電ペーストが利用できる。厚層ペーストの多孔性のため、導電ペーストおよび基板の異なる程度の熱拡散性を補正することが可能であり、それによって、導電ペーストと基板との間の結合の確実性を、特に例えば自動車分野における主な周期的熱応力の場合において向上することができる。

30

【0014】

層を基板上に構築するスクリーン印刷プロセスの追加的な性質は、基板表面の金属化のために曝露およびエッチングプロセスを利用せずとも可能であることを意味しており、これは本発明の方法にとってコスト的な利益となる。

40

【0015】

厚層の導電ペーストは、通常、導電剤としての金属粉末と、接着剤としての無機粉末（例えばガラスフリット）と、有機結合剤と、溶解剤とを少なくとも含んでいる。有機結合剤および溶解剤は所与の流動特性を有するペースト状粘稠物を提供するが、その特性は、導電ペーストの別な構成成分によっても影響を受ける。

【0016】

この導電性金属粉末の構成成分に関しては、好適には銅粉末を含む導電ペーストが使用される。しかしながら、銀および／または金の粉末を含む導電ペーストを使用することも可能である。しかしながら、この点において、銅粉末の利用は大幅に安価である。

50

【0017】

無機粉末の構成成分に関しては、好適には、 $\text{PbO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 物質から成るガラス、および／または、 Bi_2O_3 を含むガラスを含む導電ペーストが使用される。このようにして本発明の方法の焼結プロセス中に、この状況で支配的な比較的低い焼成温度にもかかわらず、導電ペーストの基板への非常に良好な接着を達成することが可能である。

【0018】

導電ペーストが、例えば従来技術で知られたスクリーン印刷プロセスなどの印刷によって適用された後に、言及する程の流出がなく、その流動特性によって導電ペーストは実質的にその対応する領域に留まる。焼成または焼結のために最適な状態で基板の表面に適用される導電ペーストを調製するため、第1の焼成段階に先立ち、導電ペーストは乾燥段階で、約 80°C ～約 200°C の温度で、好適には 100°C ～ 150°C の温度で、好適には約5分間から約20分間乾燥される。この乾燥段階のため、導電ペースト内に存在する溶剤がほぼ完全に放散される。この点において、例えば赤外線または熱風乾燥などの知られた乾燥方法は好ましい。この乾燥プロセスと、導電ペースト内の溶剤の関連した放散とによって、導電ペーストの体積がある程度縮小する。しかしながら、それに対応して厚層に導電ペーストを塗布することによって前もってそれに対処することが容易に可能である。

10

【0019】

本発明の方法の第1および／または第2の焼成段階における導電ペーストの焼成および焼結は、好適には、その中で焼成温度を支配する焼成炉内で実行できる。乾燥段階および／または冷却段階も焼成炉内で実行できることは理解されよう。好適には、この場合にはコンベヤ装置を備えた焼成炉を利用できる。

20

【0020】

基板と導電ペーストの利用される材料の組み合わせに応じて、適切な焼成形態が利用できる。特別な変更例では、第1の焼成段階で焼成温度は少なくとも一時的に約 40°C /分～約 60°C /分（の上昇速度）で上昇する。第1の焼成段階で焼成温度は、約 580°C の、好ましくは約 565°C の、特に好ましくは約 548°C の最高焼結温度に上昇させることもできる。

【0021】

約 400°C ～約 450°C の範囲を超えての導電ペーストの加熱は、例えば有機結合剤などのその中の全ての有機構成成分が実質的に完全に溶解し、無機構成成分（例えばガラス粉末またはガラスフリットなど）が軟化するという結果を導く。さらに、金属粉末焼成プロセスはこれらの温度で開始する。導電ペーストの軟化されたガラス構成成分はさらに、基板上での導電ペーストの良好な接着をもたらす。

30

【0022】

最高焼成温度は、約 660°C であるアルミニウムの溶融温度（融点）によって基本的には制限される。銀ベースの導電ペーストを利用するとき、最高焼成温度は好適には約 565°C であり、一方、銅ベースの導電ペーストを利用するときには、最高焼成温度は好適には約 548°C である。これらの温度は、その場合に生じる共晶系のアルミニウム－銅またはアルミニウム－銀の合金の融点に由来する。

40

【0023】

それぞれの最高焼成温度に関しては、適切なガラス構成成分が導電ペーストのために選択されるべきであり、これらの構成成分の対応するガラス転移温度（ T_g ）または融点（ T_s ）はこの最高焼成温度に適応されている。それに合わせて、対応する導電ペーストのガラス構成成分のガラス転移温度または融点は、基板への導電ペーストの最適な接着を確実にするため、適度に特定の最高焼成温度以下にすべきである。特に、 $\text{PbO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系からのガラスまたは Bi_2O_3 を含むガラスが適している。

【0024】

第2の焼成段階において導電ペーストの焼成が約5分間～約30分間で実行されると特に有利であることが証明されている。基本的に、（最高焼成温度での）第2の焼成段階で

50

の実行時間が長いほど、それに応じてさらに密度の高い導電ペーストが焼結され、よって、さらなるプロセス（例えばはんだ付けおよび溶接）のためのさらに良好な特性が提供される。第2の焼成段階において処理時間が過剰に長いと、典型的な焼成炉内での転移時間が対応して長くなり、全体的な処理能力に不利な影響を及ぼす可能性がある。

【0025】

別な有利な変更例では、設定可能な最高焼成温度は、第2の焼成段階において実質的に一定に保たれる。

【0026】

更に、好ましくは、第1の焼成段階および／または第2の焼成段階における導電ペーストは、窒素を含んだ保護ガス雰囲気（例えば窒素）に曝される。保護ガス雰囲気（例えば窒素）は、導電トラック材料の酸化を防止するため、（焼成段階によっては、数ppm程度の残留酸素が存在する可能性がある）銅の導電トラックペーストの焼成に有利である。そのような材料の有機結合剤またはその導電ペーストは、この場合には、窒素雰囲気下で還元されると考えられる。一方、酸化による導電トラック表面の深刻な損傷に関与しないため、銀の導電トラックペーストのためには従来の空気雰囲気（大気）が有利でありえる。この場合に利用される有機結合剤は空気中の酸素によって酸化され得る。

10

【0027】

本発明の一好適実施形態では、冷却段階において、焼成温度は少なくとも一時的に、約20℃/分～約40℃/分の下降速度で、好ましくは約30℃/分の下降速度で低下される。好適には、この場合には、冷却は常温（室温）で実行される。使用される材料の熱膨張率が異なるため、冷却が遅いほど、対応して導電ペーストと基板との間の接続に対する機械的な影響も減少する。

20

【0028】

その時に支配的な高温によって焼成または焼結プロセス中に発生する焼結された導電ペーストの典型的な酸化のため、例えば引き続き行われるはんだ付けまたは溶接プロセスなどの別なプロセスを可能にするために、冷却ステップの後で、導電ペーストの表面は適切に機械的後処理される。

【0029】

一好適実施形態によれば、導電ペーストが約10μm～約100μmの厚みで基板の表面に塗布できる。10μm未満の厚みまたは100μmより厚い厚みの導電ペーストを基板の表面に塗布することも可能であることは理解されよう。本発明の方法は、結果として全体的な導電ペーストの厚みを増加させるため、連続して複数回実行することもできる。

30

【0030】

本発明の更なる詳細や利点は、以下の具体的な説明によって解説される。

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】図1は、基板上に配置された導電ペーストを備えた基板の断面図である。

【図2】図2は、本発明の方法の一実施例における時間に対する焼成温度の焼成特性を示す（グラフ）。

【発明を実施するための形態】

40

【0032】

図1は、本発明の方法を実行した後の、ほぼ純粋なアルミニウム、又は、高純度アルミニウム合金の基板1の断面図である（縮尺率度外）。この場合には、基板1は例えば欧州基準EN 573による、EN AW-1050Aのアルミニウム材料を含んで成るが、これは少なくとも99.5重量%のアルミニウムを含んでいる。基板1は、約2mmの厚みD_sであり、実質的に平坦な表面2を有している。一般的に基板1は少なくとも1mmの厚みD_sでよいが、理にかなった最大の厚みD_sは、基板1のさらなる加工によって制限される可能性がある。

【0033】

銅ベースの導電ペースト3が、スクリーン印刷プロセスによって基板1の表面2に塗布

50

された。すなわち使用された導電ペースト 3 は導電性構成成分として銅粉末を含んでいる。導電ペースト 3 を備えた基板 1 は、はんだ付け可能なアルミニウム基板 1 を得るために、図 2 の焼成特性を用いて本発明の方法に従って処理された。本発明の方法を用いた後の焼成または焼結された導電ペースト 3 の厚み D_L は、本実施例では約 $35 \mu m$ である。焼成または焼結された導電ペーストの厚み D_L は、銅の導電トラックペーストの場合には例えば約 $20 \mu m \sim 40 \mu m$ の間でよく、銀の導電トラックペーストの場合には例えば約 $10 \mu m \sim 20 \mu m$ の間でよい。本発明の方法で焼成または焼結された導電ペースト 3 のはんだ付け特性を向上させるため、焼結された導電ペースト 3 の表面 4 は、例えばブラシ処理によって機械的に後処理された。

【0034】

10

図 2 は、本発明の方法として想定可能な焼成特性を示している。この点において、この図は、焼成炉内での時間に対する焼成温度 T の変化を表わしており、そこでは、第 1 の焼成段階 B_1 、第 2 の焼成段階 B_2 および冷却段階 A が実行された。第 1 の焼成段階 B_1 では、約 $22^\circ C$ の常温から開始して、焼成温度 T は連続的に、約 $542^\circ C$ である設定可能な最高焼成温度 T_{max} にまで上昇された。第 1 の焼成段階 B_1 における焼成温度 T の時間に対する変化は、この場合には略直線部分を有する略 S 字形状であり、焼成温度 T は約 $46^\circ C$ / 分の速度（割合） R_B で上昇された。

【0035】

設定可能な最高焼成温度 T_{max} に到達した後、導電ペースト 3 及び基板 1 は第 2 の焼成段階 B_2 において、約 $542^\circ C$ である設定可能な最高焼成温度 T_{max} に、約 9 分の設定可能な時間 t_B 曝露されることで導電ペースト 3 は焼成または焼結された。

20

【0036】

引き続き冷却段階 A において、焼成温度 T は連続的に低下され、そこでは焼成温度 T は略 S 字形状で時間に対して減少する。冷却段階 A における焼成温度 T の低下速度 R_A は、平均で約 $33^\circ C$ / 分であった。

【符号の説明】

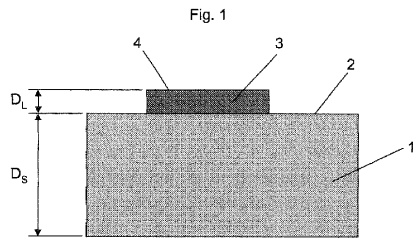
【0037】

- 1 基板
- 3 導電ペースト

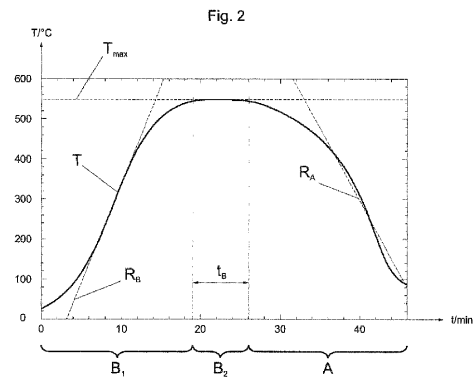
図 2 中の横軸の " t/min " は「時間 / 分」を意味する。

30

【図 1】



【図 2】



フロントページの続き

- (72)発明者 ツスラー, ウォルフガング
オーストリア共和国 ザルツブルク A-5020, ヨセフ プレイス アリー 11/3a
- (72)発明者 ヘーゲル, バーン
ドイツ連邦共和国 エンゲルスバーク 84549, サイモン・イルシュ・シュトラッセ 1

審査官 長谷部 智寿

- (56)参考文献 特開平04-107276 (JP, A)
特開昭54-041233 (JP, A)
特開昭61-133382 (JP, A)
特開昭58-027327 (JP, A)
特開平05-166409 (JP, A)
特開2012-033291 (JP, A)
特開2010-238614 (JP, A)
特開昭61-264784 (JP, A)
特公昭49-675 (JP, B1)
特開2011-201760 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------------|
| C23C | 18/00-20/08 |
| C23C | 24/00-30/00 |
| H01B | 1/00- 1/24 |
| H01L | 23/36 |