



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I708753 B

(45)公告日：中華民國 109 (2020) 年 11 月 01 日

(21)申請案號：106102189

(22)申請日：中華民國 106 (2017) 年 01 月 20 日

(51)Int. Cl. : C04B37/02 (2006.01)

H01L23/13 (2006.01)

H01L23/15 (2006.01)

H01L23/36 (2006.01)

H05K3/38 (2006.01)

H05K7/20 (2006.01)

(30)優先權：2016/01/22 日本

2016-010675

2017/01/05 日本

2017-000381

(71)申請人：日商三菱綜合材料股份有限公司(日本)MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION
(JP)

日本

(72)發明人：寺崎伸幸 TERASAKI, NOBUYUKI (JP)；長友義幸 NAGATOMO, YOSHIYUKI (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

TW 201531188A

審查人員：林春佳

申請專利範圍項數：15 項 圖式數：15 共 67 頁

(54)名稱

接合體，電源模組用基板，接合體的製造方法及電源模組用基板的製造方法

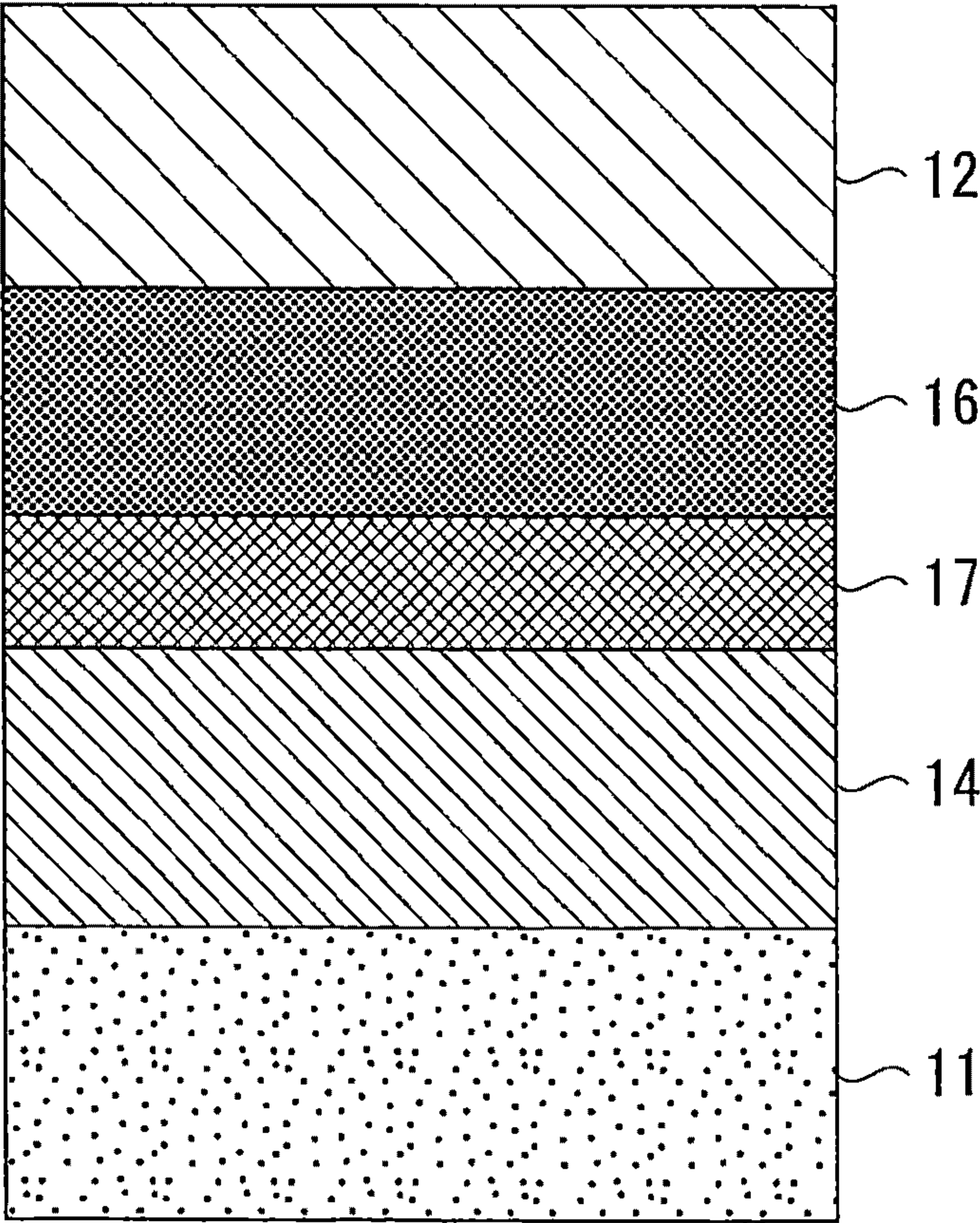
(57)摘要

本發明的接合體，係由陶瓷所形成的陶瓷構件與由 Cu 或 Cu 合金所形成的 Cu 構件接合而成；其中，在陶瓷構件與 Cu 構件的接合界面，形成有：位於陶瓷構件側，由 Sn 固溶於 Cu 中的 Cu-Sn 層；位於 Cu 構件側，含有 Cu 及 Ti 的第 1 金屬間化合物層；位於第 1 金屬間化合物層與 Cu-Sn 層之間，含有 P 及 Ti 的第 2 金屬間化合物層。

The bonded body of the present invention is formed by a ceramics member made of ceramics and a Cu member made of Cu or Cu alloy. A Cu-Sn layer, a first intermetallic compound layer and a second intermetallic compound layer are formed in a bonded interface between the ceramics member and the Cu member. The Cu-Sn layer in which Sn is solid soluted into Cu is located in the ceramics member side. The first intermetallic compound layer including Cu and Ti is located in the Cu member side. The second intermetallic compound layer including P and Ti is located between the first intermetallic compound layer and the Cu-Sn layer.

指定代表圖：

圖 3



- 符號簡單說明：
- 11 . . . 陶瓷基板(陶瓷構件)
 - 12 . . . 電路層(Cu構件)
 - 14 . . . Cu-Sn 層
 - 16 . . . 第 1 金屬間化合物層
 - 17 . . . 第 2 金屬間化合物層

公告本

發明摘要

※申請案號：106102189

C04B 37/02 (2006.01)

H01L 23/13 (2006.01)

※申請日：106 年 01 月 20 日

※IPC 分類：

H01L 23/15 (2006.01)

H01L 23/36 (2006.01)

H05K 3/38 (2006.01)

H05K 7/20 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

接合體，電源模組用基板，接合體的製造方法及電源
模組用基板的製造方法

Bonded body, power module substrate, method of producing bonded body
and method of producing power module substrate

【中文】

本發明的接合體，係由陶瓷所形成的陶瓷構件與由 Cu 或 Cu 合金所形成的 Cu 構件接合而成；其中，在陶瓷構件與 Cu 構件的接合界面，形成有：位於陶瓷構件側，由 Sn 固溶於 Cu 中的 Cu-Sn 層；位於 Cu 構件側，含有 Cu 及 Ti 的第 1 金屬間化合物層；位於第 1 金屬間化合物層與 Cu-Sn 層之間，含有 P 及 Ti 的第 2 金屬間化合物層。

【英文】

The bonded body of the present invention is formed by a ceramics member made of ceramics and a Cu member made of Cu or Cu alloy. A Cu-Sn layer, a first intermetallic compound layer and a second intermetallic compound layer are formed in a bonded interface between the ceramics member and the Cu member. The Cu-Sn layer in which Sn is solid soluted into Cu is located in the ceramics member side. The first intermetallic compound layer including Cu and Ti is located in the Cu member side. The second intermetallic compound layer including P and Ti is located between the first intermetallic compound layer and the Cu-Sn layer.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(3)圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

11：陶瓷基板(陶瓷構件)

12：電路層(Cu構件)

14：Cu-Sn層

16：第1金屬間化合物層

17：第2金屬間化合物層

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：無

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

接合體，電源模組用基板，接合體的製造方法及電源
模組用基板的製造方法

Bonded body, power module substrate, method of producing bonded body
and method of producing power module substrate

【技術領域】

[0001] 本發明係有關於接合陶瓷構件與 Cu 構件的接合體、及在陶瓷基板接合由 Cu 或 Cu 合金所形成的 Cu 板的電源模組用基板。

本發明係主張 2016 年 1 月 22 日在日本申請的申請號 2016-010675、及 2017 年 1 月 5 日在日本申請的申請號 2017-000381 的優先權，並援用其內容。

【先前技術】

[0002] 在 LED 或電源模組等半導體裝置中，在由導電材料所形成的電路層之上具備接合有半導體元件的構造。

在用以控制風力發電、電動車等電動車輛等的大電力控制用電源半導體元件中，因為發熱量高，作為搭載其的基板，從以前開始就廣泛地使用在例如由 AlN(氮化鋁)等形成的陶瓷基板的一方之面上將導電性佳的金屬板作為電

路層接合的電源模組用基板。此外，在陶瓷基板的另一方之面上，也將金屬板作為金屬層接合。

[0003] 例如，在專利文獻 1 中所示的電源模組用基板中，在陶瓷基板(陶瓷構件)的一方之面上，具備將 Cu 板(Cu 構件)接合而形成電路層的構造。該電源模組用基板在陶瓷基板的一方之面上，隔著 Cu-Mg-Ti 焊材配置 Cu 板，並進行加熱處理以接合 Cu 板。

但是，如專利文獻 1 所揭示的，隔著 Cu-Mg-Ti 焊材接合陶瓷基板與 Cu 板的話，在陶瓷基板的附近，會形成包含 Cu、Mg、或 Ti 的金屬間化合物。

[0004] 因為在該陶瓷基板附近形成的金屬間化合物較硬，當在電源模組用基板負荷有冷熱循環時，在陶瓷基板所產生的熱應力變大，會有陶瓷基板容易產生裂縫的問題。

此外，當接合陶瓷基板與電路層時，在陶瓷基板的附近形成硬的金屬間化合物，陶瓷基板與電路層的接合率降低，無法良好地接合。

[0005] 在這裡，例如在專利文獻 2、3 中提案有將陶瓷基板與電路層利用 Cu-P-Sn 系焊材及 Ti 材來接合的電源模組用基板。

在該等專利文獻 2、3 所記載的發明中，因為在陶瓷基板側形成 Cu-Sn 層，在陶瓷基板的附近配設硬的金屬間化合物層，在負荷冷熱循環時能夠降低在陶瓷基板產生的熱應力，並能夠抑制在陶瓷基板的裂縫發生。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

[0006]

[專利文獻 1]JP 4375730 B

[專利文獻 2]JP 2015-043392 A

[專利文獻 3]JP 2015-065423 A

【發明內容】

[發明所欲解決的問題]

[0007] 但是，最近，搭載於電源模組用基板的半導體元件的發熱溫度有變高的傾向，在電源模組用基板中要求比從前更有效率地散熱。

在這裡，在專利文獻 2 所記載的電源模組用基板中，在陶瓷基板與由 Cu 或 Cu 合金所形成的電路層之間形成有 Ti 層，該 Ti 層以比較厚的 1 μ m 以上 15 μ m 以下的厚度形成。因此，層積方向的熱阻提高，會無法有效地散熱的問題。

又，在專利文獻 3 所記載的電源模組用基板中，在陶瓷基板與由 Cu 或 Cu 合金所形成的電路層之間形成含有 Cu-Sn 層與 P 及 Ti 的金屬間化合物層，但是若使用環境溫度變高的話，會從含有 P 及 Ti 的金屬間化合物層為起點產生裂縫，會有接合不充分的問題。

[0008] 因此本發明鑑於前述情事，目的為提供一種接合體、電源模組用基板、及該接合體的製造方法、電源

模組用基板的製造方法，能夠將陶瓷構件與 Cu 構件良好地接合，且可以降低在層積方向的熱阻並更有效率地散熱。

[解決問題的手段]

[0009] 為了解決前述的問題，本發明的一態樣的接合體，係由陶瓷所形成的陶瓷構件與由 Cu 或 Cu 合金所形成的 Cu 構件接合而成；其中，在前述陶瓷構件與前述 Cu 構件的接合界面，形成有：位於前述陶瓷構件側，由 Sn 固溶於 Cu 中的 Cu-Sn 層；位於前述 Cu 構件側，含有 Cu 及 Ti 的第 1 金屬間化合物層；位於前述第 1 金屬間化合物層與前述 Cu-Sn 層之間，含有 P 及 Ti 的第 2 金屬間化合物層。

[0010] 根據本發明的一態樣的接合體，因為形成有位於前述 Cu 構件側，且含有 Cu 與 Ti 的第 1 金屬間化合物層，能夠確實地接合 Cu 構件與第 2 金屬間化合物層，即便使用環境溫度變高，也能夠確保 Cu 構件與陶瓷構件的接合強度。此外，因為沒有形成 Ti 層，或者因為非常薄，能夠將層積方向的熱阻壓低，能有效率地散熱。

[0011] 在這裡，在本發明的一態樣中的接合體中，也可以在前述第 1 金屬間化合物層與前述第 2 金屬間化合物層之間形成有 Ti 層，該 Ti 層的厚度在 $0.5\mu\text{m}$ 以下。

此時，雖然在前述第 1 金屬間化合物層與前述第 2 金屬間化合物層之間形成有 Ti 層，但因為該 Ti 層的厚度在

0.5 μm 以下，能夠將層積方向的熱阻壓低，能有效率地散熱。

[0012] 此外，在本發明的一態樣中的接合體中，前述第 1 金屬間化合物層的厚度較佳為在 0.2 μm 以上 6 μm 以下的範圍內。

此時，因為含有 Cu 與 Ti 的第 1 金屬間化合物層的厚度在 0.2 μm 以上，能確實地提升 Cu 構件與陶瓷構件的接合強度。另一方面，因為第 1 金屬間化合物層的厚度在 6 μm 以下，能夠抑制在第 1 金屬間化合物層的破裂發生。

[0013] 再來，在本發明的一態樣中的接合體中，前述第 2 金屬間化合物層的厚度較佳為在 0.5 μm 以上 4 μm 以下的範圍內。

此時，因為含有 P 與 Ti 的第 2 金屬間化合物層的厚度在 0.5 μm 以上，能確實地提升 Cu 構件與陶瓷構件的接合強度。另一方面，因為第 2 金屬間化合物層的厚度在 4 μm 以下，能夠抑制在第 2 金屬間化合物層的破裂發生。

[0014] 本發明的一態樣的電源模組用基板，由上述接合體所形成，具備：由前述陶瓷構件所形成的陶瓷基板、與在該陶瓷基板的一方之面形成的前述 Cu 構件所形成的電路層；其中，在前述陶瓷基板與前述電路層的接合界面，形成有：位於前述陶瓷基板側，由 Sn 固溶於 Cu 中的 Cu-Sn 層；位於前述電路層側，含有 Cu 及 Ti 的第 1 金屬間化合物層；位於前述第 1 金屬間化合物層與前述 Cu-Sn 層之間，含有 P 及 Ti 的第 2 金屬間化合物層。

[0015] 根據本發明的一態樣的電源模組用基板，因為形成有在前述電路層側含有 Cu 與 Ti 的第 1 金屬間化合物層，能夠確實地接合電路層與第 2 金屬間化合物層，即便使用環境溫度變高，也能夠確保電路層與陶瓷基板的接合強度。此外，因為沒有形成 Ti 層，或者雖形成 Ti 層但因為其厚度為 $0.5\mu\text{m}$ 以下的薄度，能夠將層積方向的熱阻壓低，能有效率地將從搭載於電路層上的半導體元件所放出的熱散熱。

[0016] 在這裡，在上述本發明的一態樣的電源模組用基板中，也可以在前述陶瓷基板的另一方之面，形成有由 Al 或 Al 合金所形成的金屬層。

此時，因為在陶瓷基板的另一方之面，形成有變形抵抗較小的由 Al 或 Al 合金所形成的金屬層，在電源模組用基板負荷有應力時，金屬層會優先變形，能夠降低作用於陶瓷基板的應力，並能抑制陶瓷基板的破裂。

[0017] 本發明的一態樣的電源模組用基板，由上述接合體所形成，具備：由前述陶瓷構件所形成的陶瓷基板、與在該陶瓷基板的一方之面形成的電路層、在前述陶瓷基板的另一方之面形成的前述 Cu 構件所形成的金屬層；其中，在前述陶瓷基板與前述金屬層的接合界面，形成有：位於前述陶瓷基板側，由 Sn 固溶於 Cu 中的 Cu-Sn 層；位於前述金屬層側，含有 Cu 及 Ti 的第 1 金屬間化合物層；位於前述第 1 金屬間化合物層與前述 Cu-Sn 層之間，含有 P 及 Ti 的第 2 金屬間化合物層。

[0018] 根據本發明的一態樣的電源模組用基板，因為形成有在前述金屬層側含有 Cu 與 Ti 的第 1 金屬間化合物層，能夠確實地接合金屬層與第 2 金屬間化合物層，即便使用環境溫度變高，也能夠確保金屬層與陶瓷基板的接合強度。此外，因為沒有形成 Ti 層，或者雖形成 Ti 層但因為其厚度為 $0.5\mu\text{m}$ 以下的薄度，能夠將層積方向的熱阻壓低，能有效率地將從搭載於電路層上的半導體元件所放出的熱散熱。

[0019] 本發明的一態樣的接合體的製造方法，該接合體係由陶瓷所形成的陶瓷構件與由 Cu 或 Cu 合金所形成的 Cu 構件接合而成，具備：隔著 Cu-P-Sn 系焊材與 Ti 材，將前述陶瓷構件與前述 Cu 構件層積的層積工程；在層積的狀態下以前述 Cu-P-Sn 系焊材的熔融開始溫度未滿的溫度作加熱，使前述 Cu 構件與前述 Ti 材反應，形成含有 Cu 與 Ti 的第 1 金屬間化合物層的第 1 加熱處理工程；在前述第 1 加熱處理工程後，以前述 Cu-P-Sn 系焊材的熔融開始溫度以上的溫度作加熱，並形成：由 Sn 固溶於 Cu 中的 Cu-Sn 層、位於前述第 1 金屬間化合物層與前述 Cu-Sn 層之間並含有 P 與 Ti 的第 2 金屬間化合物層的第 2 加熱處理工程。

[0020] 根據該構成的接合體的製造方法，因為具備在層積的狀態下以前述 Cu-P-Sn 系焊材的熔融開始溫度未滿的溫度作加熱，使前述 Cu 構件與前述 Ti 材反應，形成含有 Cu 與 Ti 的第 1 金屬間化合物層的第 1 加熱處理工

程，能夠確實地形成第 1 金屬間化合物層，使 Cu 構件與 Ti 材確實地接合。此外，在該第 1 加熱處理工程中使 Ti 材的一部分殘留。

再來，在前述第 1 加熱處理工程後，因為具備以前述 Cu-P-Sn 系焊材的熔融開始溫度以上的溫度作加熱，並形成：由 Sn 固溶於 Cu 中的 Cu-Sn 層、位於前述第 1 金屬間化合物層與前述 Cu-Sn 層之間並含有 P 與 Ti 的第 2 金屬間化合物層的第 2 加熱處理工程，藉由使 Ti 材的 Ti 與 Cu-P-Sn 系焊材反應，能夠形成第 2 金屬間化合物層，能夠使 Cu 構件與陶瓷構件確實地接合。此外，在該第 2 加熱處理工程中可以使 Ti 材全部反應，也可以使一部分殘留而形成厚度 $0.5\mu\text{m}$ 以下的 Ti 層。

[0021] 在這裡，在上述本發明的一態樣中的接合體的製造方法中，前述第 1 加熱處理工程中的加熱溫度在 580°C 以上 670°C 以下的範圍內，加熱時間在 30 分以上 240 分以下的範圍內較佳。

此時，因為將加熱溫度設為 580°C 以上及加熱時間設為 30 分以上，能夠將前述第 1 金屬間化合物層確實地形成。另一方面，因為加熱溫度為 670°C 以下及加熱時間為 240 分以下，前述第 1 金屬間化合物層不會形成必要厚度以上的厚度，能夠抑制在第 1 金屬間化合物層的破裂發生。

[0022] 本發明的一態樣的接合體的製造方法，該接合體係由陶瓷所形成的陶瓷構件與由 Cu 或 Cu 合金所形

成的 Cu 構件接合而成，具備：以將前述 Cu 構件與前述 Ti 材層積的狀態作加熱使 Cu 與 Ti 擴散，在 Cu 構件與前述 Ti 材之間形成含有 Cu 與 Ti 的第 1 金屬間化合物層的 CuTi 擴散工程；隔著 Cu-P-Sn 系焊材，將前述陶瓷構件、與形成前述第 1 金屬間化合物層的前述 Ti 材及前述 Cu 構件層積的層積工程；以前述 Cu-P-Sn 系焊材的熔融開始溫度以上的溫度作加熱，形成由 Sn 固溶於 Cu 中的 Cu-Sn 層、位於前述第 1 金屬間化合物層與前述 Cu-Sn 層之間並含有 P 與 Ti 的第 2 金屬間化合物層的加熱處理工程。

[0023] 根據該構成的接合體的製造方法，因為具備在將前述 Cu 構件與前述 Ti 材層積的狀態作加熱使 Cu 與 Ti 擴散，在 Cu 構件與前述 Ti 材之間形成含有 Cu 與 Ti 的第 1 金屬間化合物層的 CuTi 擴散工程，能夠確實地形成第 1 金屬間化合物層。此外，在該 CuTi 擴散工程中使 Ti 材的一部分殘留。

此外，在 CuTi 擴散工程中，因為不層積焊材而將 Cu 構件與 Ti 材層積並加熱，能夠較自由地設定加熱條件，在確實地形成第 1 金屬間化合物層的同時，也能精密地調整殘留的 Ti 材的厚度。

再來，因為具備隔著 Cu-P-Sn 系焊材，將前述陶瓷構件、與形成前述第 1 金屬間化合物層的前述 Ti 材及前述 Cu 構件層積的層積工程；以前述 Cu-P-Sn 系焊材的熔融開始溫度以上的溫度作加熱，形成由 Sn 固溶於 Cu 中的

Cu-Sn 層、位於前述第 1 金屬間化合物層與前述 Cu-Sn 層之間並含有 P 與 Ti 的第 2 金屬間化合物層的加熱處理工程，藉由使 Ti 材的 Ti 與 Cu-P-Sn 系焊材反應，能夠形成第 2 金屬間化合物層，能確實地接合 Cu 構件與陶瓷構件。此外，在該第 2 加熱處理工程中可以使 Ti 材全部反應，也可以使一部分殘留而形成厚度 $0.5\mu\text{m}$ 以下的 Ti 層。

[0024] 在這裡，在上述本發明的一態樣中的接合體的製造方法中，前述 CuTi 擴散工程中的加熱溫度在 600°C 以上 670°C 以下的範圍內，加熱時間在 30 分以上 360 分以下的範圍內較佳。

此時，因為將加熱溫度設為 600°C 以上及加熱時間設為 30 分以上，能夠將前述第 1 金屬間化合物層確實地形成。另一方面，因為加熱溫度為 670°C 以下及加熱時間為 360 分以下，前述第 1 金屬間化合物層不會形成必要厚度以上的厚度，能夠抑制第 1 金屬間化合物層成為破裂的起點。

[0025] 此外，上述的本發明的接合體的製造方法中，在前述 CuTi 擴散工程中，層積方向的荷重可以在 0.294MPa 以上 1.96MPa 以下的範圍內。

此時，因為荷重在 0.294MPa 以上 1.96MPa 以下的範圍內，能夠將前述第 1 金屬間化合物層確實地形成，並能更加提高接合強度。更佳為 0.490MPa 以上 1.47MPa 以下，再更佳為 1.18MPa 以上 1.47MPa 以下的範圍內。

[0026] 本發明的一態樣的電源模組用基板的製造方法，係在陶瓷基板的一方之面配設由 Cu 或 Cu 合金所形成的電路層的電源模組用基板的製造方法，將前述陶瓷基板與前述電路層藉由上述的接合體的製造方法來接合。

[0027] 根據該構成的電源模組用基板的製造方法，在電路層與陶瓷基板的接合界面，能夠形成：位於前述陶瓷基板側，由 Sn 固溶於 Cu 中的 Cu-Sn 層；位於前述電路層側，含有 Cu 及 Ti 的第 1 金屬間化合物層；位於前述第 1 金屬間化合物層與前述 Cu-Sn 層之間，含有 P 及 Ti 的第 2 金屬間化合物層，在能夠確實地接合電路層與陶瓷基板的同時，也能夠製造在層積方向熱阻低而能有效率地散熱的電源模組用基板。

[0028] 本發明的一態樣的電源模組用基板的製造方法，係在陶瓷基板的一方之面配設電路層，在前述陶瓷基板的另一方之面配設由 Cu 或 Cu 合金所形成的金屬層的電源模組用基板的製造方法，將前述陶瓷基板與前述金屬層藉由上述的接合體的製造方法來接合。

[0029] 根據該構成的電源模組用基板的製造方法，在金屬層與陶瓷基板的接合界面，能夠形成：位於前述陶瓷基板側，由 Sn 固溶於 Cu 中的 Cu-Sn 層；位於前述電路層側，含有 Cu 及 Ti 的第 1 金屬間化合物層；位於前述第 1 金屬間化合物層與前述 Cu-Sn 層之間，含有 P 及 Ti 的第 2 金屬間化合物層，在能夠確實地接合金屬層與陶瓷基板的同時，也能夠製造在層積方向熱阻低而能有效率地

散熱的電源模組用基板。

[0030] 本發明的一態樣的電源模組用基板的製造方法，係在陶瓷基板的一方之面配設由 Cu 或 Cu 合金所形成電路層，在前述陶瓷基板的另一方之面配設由 Al 或 Al 合金所形成的金屬層的電源模組用基板的製造方法，將前述陶瓷基板與前述電路層藉由上述的接合體的製造方法來接合。

[0031] 根據該構成的電源模組用基板的製造方法，在電路層與陶瓷基板的接合界面，能夠形成：位於前述陶瓷基板側，由 Sn 固溶於 Cu 中的 Cu-Sn 層；位於前述電路層側，含有 Cu 及 Ti 的第 1 金屬間化合物層；位於前述第 1 金屬間化合物層與前述 Cu-Sn 層之間，含有 P 及 Ti 的第 2 金屬間化合物層，在能夠確實地接合電路層與陶瓷基板的同時，也能夠製造在層積方向熱阻低而能有效率地散熱的電源模組用基板。

此外，因為能在較低溫係接合由 Cu 或 Cu 合金所形成的電路層與陶瓷基板，能同時接合由 Cu 或 Cu 合金所形成的電路層、陶瓷基板、由 Al 或 Al 合金所形成的金屬層。

[發明的效果]

[0032] 根據本發明，能提供一種接合體、電源模組用基板、及該接合體的製造方法、電源模組用基板的製造方法，能夠將陶瓷構件與 Cu 構件良好地接合，且可以降

低在層積方向的熱阻。

【圖式簡單說明】

[0033]

[圖 1]有關本發明的第一實施形態之電源模組用基板的電源模組的概略說明圖。

[圖 2]有關本發明的第一實施形態之電源模組用基板的概略說明圖。

[圖 3]圖 2 所示的電源模組用基板的電路層與陶瓷基板的接合界面的剖面概略說明圖。

[圖 4]說明有關本發明的第一實施形態之電源模組用基板的製造方法及電源模組的製造方法的流程圖。

[圖 5]說明有關本發明的第一實施形態之電源模組用基板的製造方法及電源模組的製造方法的概略說明圖。

[圖 6]有關本發明的第二實施形態之使用電源模組用基板的電源模組的概略說明圖。

[圖 7]有關本發明的第二實施形態之電源模組用基板的概略說明圖。

[圖 8]圖 7 所示的電源模組用基板的電路層及金屬層與陶瓷基板的接合界面的剖面概略說明圖。

[圖 9]說明有關本發明的第二實施形態之電源模組用基板的製造方法及電源模組的製造方法的流程圖。

[圖 10]說明有關本發明的第二實施形態之電源模組用基板的製造方法及電源模組的製造方法的概略說明圖。

[圖 11]有關本發明的第三實施形態之使用電源模組用基板的電源模組的概略說明圖。

[圖 12]有關本發明的第三實施形態之電源模組用基板的概略說明圖。

[圖 13]圖 12 所示的電源模組用基板的電路層與陶瓷基板的接合界面的剖面概略圖。

[圖 14]說明有關本發明的第三實施形態之電源模組用基板的製造方法及電源模組的製造方法的流程圖。

[圖 15]說明有關本發明的第三實施形態之電源模組用基板的製造方法及電源模組的製造方法的概略說明圖。

【實施方式】

[0034]

(第一實施形態)

以下，參照附圖說明有關本發明的實施形態。首先，說明有關本發明的第一實施形態。

關於本實施形態的接合體，係接合陶瓷構件即陶瓷基板 11、與 Cu 構件即 Cu 板 22(電路層 12)而成的電源模組用基板 10。圖 1 顯示了本實施形態之具備電源模組用基板 10 的電源模組 1。

該電源模組 1 具備：配設電路層 12 的電源模組用基板 10、在電路層 12 的一方之面(圖 1 中為上面)通過接合層 2 接合的半導體元件 3。

[0035] 電源模組用基板 10 如圖 2 所示，具備：陶瓷

基板 11、在該陶瓷基板 11 的一方之面(圖 2 中為上面)配設的電路層 12。

陶瓷基板 11 由絕緣性高的 AlN (氮化鋁)、 Si_3N_4 (氮化矽)、 Al_2O_3 (氧化鋁)等陶瓷所構成。在本實施形態中，由散熱性佳的 AlN (氮化鋁)所構成。此外，陶瓷基板 11 的厚度設定為在 $0.2\sim 1.5\text{mm}$ 的範圍內，在本實施形態設定為 0.635mm 。

[0036] 電路層 12 係在陶瓷基板 11 的一方之面，藉由接合具有導電性的 Cu 或 Cu 合金金屬板來形成。

在本實施形態中，電路層 12 係在陶瓷基板 11 的一方之面，藉由將 Cu-P-Sn 系焊材 24、接合 Ti 材 25 的無氧銅所形成的 Cu 板 22 層積並作加熱處理，並將 Cu 板 22 接合至陶瓷基板 11 來形成(參照圖 5)。此外，本實施形態中作為 Cu-P-Sn 系焊材 24 係使用 Cu-P-Sn-Ni 焊材。

其中，在電路層 12 中陶瓷基板 11 側，成為 Sn 擴散至 Cu 中的構造。

此外，電路層 12 的厚度設定為在 0.1mm 以上 1.0mm 以下的範圍內，在本實施形態設定為 0.3mm 。

[0037] 圖 3 顯示了陶瓷基板 11 與電路層 12 的接合界面的概略說明圖。在陶瓷基板 11 與電路層 12 的接合界面如圖 3 所示，形成有位於陶瓷基板 11 側的 Cu-Sn 層 14、位於電路層 12 側並含有 Cu 及 Ti 的第 1 金屬間化合物層 16、位於第 1 金屬間化合物層 16 與 Cu-Sn 層 14 之間且含有 P 及 Ti 的第 2 金屬間化合物層 17。

[0038] Cu-Sn 層 14 為 Sn 固溶於 Cu 中的層。該 Cu-Sn 層 14 為 Cu-P-Sn 系焊材 24 裡所含有的 P 進入第 2 金屬間化合物層 17 而形成的層。

[0039] 第 1 金屬間化合物層 16 為由電路層 12 的 Cu 與 Ti 材 25 的 Ti 相互擴散而形成的層。在這裡，Cu 與 Ti 的擴散為固相擴散。

具體來說，第 1 金屬間化合物層 16 具有： Cu_4Ti 相、 Cu_3Ti_2 相、 Cu_4Ti_3 相、CuTi 相、 CuTi_2 相中的任 1 種以上。在本實施形態中，第 1 金屬間化合物層 16 具有： Cu_4Ti 相、 Cu_3Ti_2 相、 Cu_4Ti_3 相、CuTi 相、 CuTi_2 相。

此外，在本實施形態中，該第 1 金屬間化合物層 16 的厚度在 $0.2\mu\text{m}$ 以上 $6\mu\text{m}$ 以下的範圍內。

[0040] 第 2 金屬間化合物層 17 藉由 Cu-P-Sn 系焊材 24 裡所含有的 P 與 Ti 材 25 所含有的 Ti 結合而形成。在本實施形態中，因為 Cu-P-Sn 系焊材 24 含有 Ni，該第 2 金屬間化合物層 17 具有：P-Ni-Ti 相、P-Ti 相、Cu-Ni-Ti 相中的任 1 種以上，具體來說為 P-Ni-Ti 相。

此外，在本實施形態中，該第 2 金屬間化合物層 17 的厚度在 $0.5\mu\text{m}$ 以上 $4\mu\text{m}$ 以下的範圍內。

[0041] 半導體元件 3 以 Si 等的半導體材料構成。該半導體元件 3 與電路層 12 隔著接合層 2 接合。

接合層 2 例如是 Sn-Ag 系、Sn-In 系、或 Sn-Ag-Cu 系的軟焊材。

[0042] 以下，參照圖 4 的流程圖及圖 5 說明有關本

實施形態的電源模組用基板 10、及電源模組 1 的製造方法。

首先，如圖 5 所示，將成為電路層 12 的 Cu 板 22 與 Ti 材 25 層積，以在層積方向加壓(壓力 $1\sim 35\text{kgf/cm}^2$)的狀態將其配置於真空加熱爐內加熱，使得 Cu 板 22 與 Ti 材 25 固相擴散接合，得到 Cu-Ti 接合體 27。(CuTi 擴散工程 S01)。

[0043] 此外，Ti 材 25 的厚度在 $0.4\mu\text{m}$ 以上 $5\mu\text{m}$ 以下的範圍內。其中，當 Ti 材 25 厚度在 $0.4\mu\text{m}$ 以上而未滿 $1\mu\text{m}$ 時較佳為使用蒸鍍或濺鍍來成膜，當厚度為 $1\mu\text{m}$ 以上 $5\mu\text{m}$ 以下時較佳為使用箔材。此外，Ti 材 25 的厚度下限較佳為 $0.4\mu\text{m}$ 以上，更佳為 $0.5\mu\text{m}$ 以上。又，Ti 材 25 的厚度上限較佳為 $1.5\mu\text{m}$ 以下，更佳為 $0.7\mu\text{m}$ 以下。在本實施形態中，作為 Ti 材 25，使用厚度 $1\mu\text{m}$ ，純度 99.8 質量%的 Ti 箔。

[0044] 在藉由該 CuTi 擴散工程 S01 所得到的 Cu-Ti 接合體 27 中，Ti 材 25 與 Cu 板 22 藉由固相擴散接合來接合，成為 Cu 板 22 與中間 Ti 層 26 的層積構造。其中，在中間 Ti 層 26 與 Cu 板 22 之間，形成含有 Cu 與 Ti 的中間第 1 金屬間化合物層。此時，所有的 Ti 材 25 並未完全消耗於中間第 1 金屬間化合物層的形成，其一部分殘留。

在這裡，本實施形態中，中間 Ti 層 26 的厚度在 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $3\mu\text{m}$ 以下的範圍內。此外，中間 Ti 層 26 的厚度下限較佳為 $0.2\mu\text{m}$ 以上，更佳為 $0.4\mu\text{m}$ 以上。又，中間

Ti 層 26 的厚度上限較佳為 $1.5\mu\text{m}$ 以下，更佳為 $1\mu\text{m}$ 以下。

再來，中間第 1 金屬間化合物層的厚度較佳為 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $6\mu\text{m}$ 以下。

[0045] 此外，在 CuTi 擴散工程 S01 中，真空加熱爐內的壓力設定在 10^{-6}Pa 以上 10^{-3}Pa 以下的範圍內，加熱溫度設定在 600°C 以上 670°C 以下的範圍內，加熱時間設定在 30 分以上 360 分以下的範圍內。

其中，在 CuTi 擴散工程 S01 中，將加熱溫度設為 600°C 以上及加熱時間設為 30 分以上，能夠將中間第 1 金屬間化合物層充分地形成。此外，將加熱溫度設為 670°C 以下及加熱時間設為 360 分以下，能夠抑制中間第 1 金屬間化合物層形成必要以上的厚度。

[0046] 此外，加熱溫度的下限較佳為 610°C 以上，更佳為 620°C 以上。加熱溫度的上限較佳為 650°C 以下，更佳為 640°C 以下。此外，加熱時間的下限較佳為 15 分以上，更佳為 60 分以上。加熱時間的上限較佳為 120 分以下，更佳為 90 分以下。

[0047] 此外，為了使 Cu 板 22 與 Ti 材 25 更加強固地接合，在 CuTi 擴散工程 S01 中，向層積方向的加壓荷重在 0.294MPa 以上 1.96MPa 以下 ($3\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以上 $20\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以下)的範圍內較佳。更佳為 0.490MPa 以上 1.47MPa 以下，再更佳為 1.18MPa 以上 1.47MPa 以下的範圍內。

[0048] 接著，在陶瓷基板 11 的一方之面(圖 5 中的上面)，將 Cu-P-Sn 系焊材 24、Cu-Ti 接合體 27 依序層積(層積工程 S02)。其中，Cu-Ti 接合體 27 以中間 Ti 層 26 與 Cu-P-Sn 系焊材 24 對向的方式被層積。

在本實施形態中，Cu-P-Sn 系焊材 24 的組成為 Cu-7 質量 % P-15 質量 % Sn-10 質量 % Ni，該固相線溫度(熔融開始溫度)為 580℃。此外，Cu-P-Sn 系焊材 24 係利用箔材，其厚度在 5 μ m 以上 150 μ m 以下的範圍內。

[0049] 接著，將陶瓷基板 11、Cu-P-Sn 系焊材 24、Cu-Ti 接合體 27 在層積方向加壓(壓力 1~35kgf/cm²)的狀態，裝入真空加熱爐內加熱(加熱處理工程 S03)。

其中，在本實施形態中，作為加熱處理工程 S03 中的條件，真空加熱爐內的壓力設定在 10⁻⁶Pa 以上 10⁻³Pa 以下的範圍內，加熱溫度設定在 600℃以上 700℃以下的範圍內，加熱時間設定在 15 分以上 120 分以下的範圍內。

[0050] 在該加熱處理工程 S03 中，Cu-P-Sn 系焊材 24 熔融形成液相，在該液相中溶入中間 Ti 層 26，而藉由液相凝固，來接合陶瓷基板 11 與 Cu 板 22。此時，Cu-P-Sn 系焊材 24 中所含有的 P 及 Ni，與中間 Ti 層 26 的 Ti 結合，在形成第 2 金屬間化合物層 17 的同時，也在陶瓷基板 11 側形成 Cu-Sn 層 14。此外，第 1 金屬間化合物層 16 藉由中間第 1 金屬間化合物層的殘留而形成。

[0051] 此外，在本實施形態中，因為中間 Ti 層 26 的厚度在 0.1 μ m 以上 3 μ m 以下的範圍內，該中間 Ti 層 26

全部溶入 Cu-P-Sn 系焊材 24 的液相中，在陶瓷基板 11 與電路層 12 的接合界面沒有殘留中間 Ti 層 26。

藉此，在陶瓷基板 11 的一方之面形成電路層 12，製造本實施形態的電源模組用基板 10。

[0052] 接著，在電源模組用基板 10 的電路層 12 的上面，通過軟焊材來接合半導體元件 3(半導體元件接合工程 S04)。

用這種方式製造有關本實施形態的電源模組 1。

[0053] 根據以上的構成的本實施形態的電源模組用基板 10，在陶瓷基板 11 與電路層 12 的接合界面，因為形成有位於電路層 12 側的含有 Cu 與 Ti 的第 1 金屬間化合物層 16，藉由間隔該第 1 金屬間化合物層 16，能夠確實地接合電路層 12 與第 2 金屬間化合物層 17。因此，即便使用環境溫度變高，也能夠確保電路層 12 與陶瓷基板 11 的接合強度。

此外，因為在陶瓷基板 11 與電路層 12 的接合界面未形成 Ti 層，在電路層 12 與陶瓷基板 11 的層積方向的熱阻能夠被壓低，從搭載於電路層 12 上的半導體元件 3 所放出的熱能有效率地散熱。

[0054] 此外，在本實施形態中，因為第 1 金屬間化合物層 16 的厚度在 $0.2\mu\text{m}$ 以上，能確實地提升電路層 12 與陶瓷基板 11 的接合強度。另一方面，因為第 1 金屬間化合物層 16 的厚度在 $6\mu\text{m}$ 以下，能夠抑制在該第 1 金屬間化合物層 16 的破裂發生。

此外，為了確實地提升電路層 12 與陶瓷基板 11 的接合強度，第 1 金屬間化合物層 16 的厚度的下限較佳為 $0.5\mu\text{m}$ 以上，更佳為 $1\mu\text{m}$ 以上。此外，為了確實地抑制在第 1 金屬間化合物層 16 的破裂發生，第 1 金屬間化合物層 16 的厚度上限較佳為 $5\mu\text{m}$ 以下，更佳為 $3\mu\text{m}$ 以下。此外，第 1 金屬間化合物層 16 的厚度，也有因加熱處理工程 S03 的加熱而使 Ti 的擴散增加，使得中間第 1 金屬間化合物層的厚度變更厚的情形發生。

[0055] 再來，在本實施形態中，因為第 2 金屬間化合物層 17 的厚度在 $0.5\mu\text{m}$ 以上，能確實地提升電路層 12 與陶瓷基板 11 的接合強度。另一方面，因為第 2 金屬間化合物層 17 的厚度在 $4\mu\text{m}$ 以下，能夠抑制在該第 2 金屬間化合物層 17 的破裂發生。

此外，為了確實地提升電路層 12 與陶瓷基板 11 的接合強度，第 2 金屬間化合物層 17 的厚度的下限較佳為 $1\mu\text{m}$ 以上，更佳為 $2\mu\text{m}$ 以上。此外，為了確實地抑制在第 2 金屬間化合物層 17 的破裂發生，第 2 金屬間化合物層 17 的厚度上限較佳為 $3.5\mu\text{m}$ 以下，更佳為 $3\mu\text{m}$ 以下。

[0056] 此外，在本實施形態的電源模組用基板的製造方法中，因為具備：將成為電路層 12 的 Cu 板 22 與 Ti 材 25 層積，以在層積方向加壓(壓力 $1\sim 35\text{kgf/cm}^2$)的狀態將其配置於真空加熱爐內加熱，使得 Cu 板 22 與 Ti 材 25 固相擴散接合，得到 Cu-Ti 接合體 27 的 CuTi 擴散工程 S01，能夠在 Cu 板 22 與中間 Ti 層 26 之間確實地形成

含有 Cu 與 Ti 的中間第 1 金屬間化合物層。

[0057] 此外，因為中間 Ti 層 26 的厚度在 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $3\mu\text{m}$ 以下的範圍內，在後工程的加熱處理工程 S03 中，可以使中間 Ti 層 26 與 Cu-P-Sn 系焊材 24 反應。

再來，在 CuTi 擴散工程 S01 中，層積 Cu 板 22 與 Ti 材 25 並加熱，因為不層積 Cu-P-Sn 系焊材 24，可以較自由地設定加熱溫度及加熱時間。

[0058] 再來，在本實施形態的電源模組用基板的製造方法中，因為具備以將陶瓷基板 11、Cu-P-Sn 系焊材 24、Cu-Ti 接合體 27 在層積方向加壓(壓力 $1\sim 35\text{kgf/cm}^2$)的狀態，裝入真空加熱爐內並加熱的加熱處理工程 S03，藉由使中間 Ti 層 26 的 Ti 與 Cu-P-Sn 系焊材 24 反應，能夠形成第 2 金屬間化合物層 17，能確實地接合電路層 12 與陶瓷基板 11。

[0059] 其中，該加熱處理工程 S03 中，當加壓的壓力為 1kgf/cm^2 以上時，能夠使陶瓷基板 11 與 Cu-P-Sn 系焊材 24 的液相緊密附著，能夠將陶瓷基板 11 與 Cu-Sn 層 14 良好地接合。此外，當加壓的壓力為 35kgf/cm^2 以下時，能夠抑制在陶瓷基板 11 發生破裂。因為該理由，在本實施形態中，加壓的壓力被設定在 1kgf/cm^2 以上 35kgf/cm^2 以下的範圍內。

[0060]

(第二實施形態)

接著，說明有關本發明的第二實施形態。此外，有關

與第一實施形態相同的構成，附加同一符號記載並省略詳細的說明。

圖 6 顯示了有關第二實施形態之具備電源模組用基板 110 的電源模組 101。

該電源模組 101 具備：配設電路層 112 及金屬層 113 的電源模組用基板 110、在電路層 112 的一方之面(圖 6 中為上面)通過接合層 2 接合的半導體元件 3、在金屬層 113 的另一方側(圖 6 中為下側)配置的散熱板 130。

[0061] 電源模組用基板 110 如圖 7 所示，具備：陶瓷基板 11、在該陶瓷基板 11 的一方之面(圖 7 中為上面)配設的電路層 112、在陶瓷基板 11 的另一方之面(圖 7 中為下面)配設的金屬層 113。

陶瓷基板 11 與第一實施形態一樣，由散熱性佳的 AlN(氮化鋁)所構成。

[0062] 電路層 12 與第一實施形態一樣，係在陶瓷基板 11 的一方之面，藉由將 Cu-P-Sn 系焊材 124、Ti 材 25、由無氧銅所形成的 Cu 板 122 依序層積並作加熱處理，並將 Cu 板 122 接合至陶瓷基板 11 來形成(參照圖 10)。

此外，電路層 112 的厚度設定為在 0.1mm 以上 1.0mm 以下的範圍內，在本實施形態設定為 0.3mm。

[0063] 金屬層 113 係在陶瓷基板 11 的另一方之面，藉由將 Cu 或 Cu 合金的金屬板隔著 Cu-P-Sn 系焊材 124 接合來形成。在本實施形態中，金屬層 113 係在陶瓷基板

11 的另一方之面將 Cu-P-Sn 系焊材 124、Ti 材 25、由無氧銅所形成的 Cu 板 123 層積並作加熱處理，並將 Cu 板 123 接合至陶瓷基板 11 來形成(參照圖 10)。

該金屬層 113 的厚度設定為在 0.1mm 以上 1.0mm 以下的範圍內，在本實施形態設定為 0.3mm。

其中，在本實施形態中，作為 Cu-P-Sn 系焊材 124 具體上使用 Cu-P-Sn-Ni 焊材。

[0064] 圖 8 顯示了陶瓷基板 11 與電路層 112(金屬層 113)的接合界面的概略說明圖。在陶瓷基板 11 與電路層 112(金屬層 113)的接合界面如圖 8 所示，形成有位於陶瓷基板 111 側的 Cu-Sn 層 14、位於電路層 112(金屬層 113)側並含有 Cu 及 Ti 的第 1 金屬間化合物層 16、位於第 1 金屬間化合物層 16 與 Cu-Sn 層 14 之間且含有 P 及 Ti 的第 2 金屬間化合物層 17。

[0065] 在這裡，本實施形態在第 1 金屬間化合物層 16 與第 2 金屬間化合物層 17 之間形成 Ti 層 15，該 Ti 層 15 的厚度在 0.5 μ m 以下。

此外，在本實施形態中，該第 1 金屬間化合物層 16 的厚度在 0.2 μ m 以上 6 μ m 以下的範圍內。

此外，在本實施形態中，該第 2 金屬間化合物層 17 的厚度在 0.5 μ m 以上 4 μ m 以下的範圍內。

[0066] 散熱板 130 將從前述電源模組用基板 110 放出的熱發散。該散熱板 130 由 Cu 或 Cu 合金所構成，在本實施形態中由磷脫氧銅所構成。在該散熱板 130 設置有

用以流動冷卻用流體的流路 131。此外，在本實施形態中，散熱板 130 與金屬層 113 藉由軟焊材所形成的焊層 132 來接合。

[0067] 以下，參照圖 9 的流程圖及圖 10 說明有關本實施形態的電源模組 101 的製造方法。

首先，如圖 10 所示，在陶瓷基板 11 的一方之面(圖 10 中為上面)，將 Cu-P-Sn 系焊材 124、Ti 材 25、及成為電路層 112 的 Cu 板 122 依序層積，並在陶瓷基板 11 的另一方之面(圖 10 中為下面)，將 Cu-P-Sn 系焊材 124、Ti 材 25、及成為金屬層 113 的 Cu 板 123 依序層積(層積工程 S101)。也就是說，在陶瓷基板 11 與 Cu 板 122 及 Cu 板 123 之間，將 Cu-P-Sn 系焊材 124 配置於陶瓷基板 11 側，將 Ti 材 25 配置於 Cu 板 122、123 側。

[0068] 在本實施形態中，Cu-P-Sn 系焊材 124 的組成為 Cu-6.3 質量% P-9.3 質量% Sn-7 質量% Ni，該固相線溫度(熔融開始溫度)為 600℃。此外，Cu-P-Sn 系焊材 124 係利用箔材，其厚度在 5 μ m 以上 150 μ m 以下的範圍內。

[0069] 此外，Ti 材 25 的厚度在 0.4 μ m 以上 5 μ m 以下的範圍內。其中，當 Ti 材 25 厚度在 0.4 μ m 以上而未滿 1 μ m 時較佳為使用蒸鍍或濺鍍來成膜，當厚度為 1 μ m 以上 5 μ m 以下時較佳為使用箔材。此外，Ti 材 25 的厚度的下限較佳為 0.4 μ m 以上，更佳為 0.5 μ m 以上。Ti 材 25 的厚度上限較佳為 1.5 μ m 以下，更佳為 0.7 μ m 以下。在本實施形態中，作為 Ti 材 25，使用厚度 1 μ m，純度 99.8 質量

% 的 Ti 箔。

[0070] 接著，將 Cu 板 122、Ti 材 25、Cu-P-Sn 系焊材 124、陶瓷基板 11、Cu-P-Sn 系焊材 124、Ti 材 25、及 Cu 板 123 在層積方向加壓(壓力 1kgf/cm^2 以上 35kgf/cm^2 以下)的狀態，裝入真空加熱爐內，以 Cu-P-Sn 系焊材 124 的熔融開始溫度未滿的溫度來加熱(第 1 加熱處理工程 S102)。

[0071] 在該第 1 加熱處理工程 S102 中，Ti 材 25 與 Cu 板 122 及 Ti 材 25 與 Cu 板 123 藉由固相擴散接合來接合，Ti 材 25 與 Cu 板 122 之間及 Ti 材 25 與 Cu 板 123 之間分別形成含有 Cu 與 Ti 的第 1 金屬間化合物層 16。

[0072] 其中，在本實施形態中，真空加熱爐內的壓力設定在 10^{-6}Pa 以上 10^{-3}Pa 以下的範圍內，加熱溫度設定在 580°C 以上 670°C 以下的範圍內，加熱時間設定在 30 分以上 240 分以下的範圍內。此外，為了確實地抑制 Cu-P-Sn 系焊材 124 的熔融，在第 1 加熱處理工程 S102 的加熱溫度，較佳為設成 Cu-P-Sn 系焊材 124 的熔融開始溫度(固相線溫度)- 10°C 。

在第 1 加熱處理工程 S102 中，將加熱溫度設為 580°C 以上及加熱時間設為 30 分以上，能夠將第 1 金屬間化合物層 16 充分地形成。此外，將加熱溫度設為 670°C 以下及加熱時間設為 240 分以下，能夠抑制第 1 金屬間化合物層 16 形成必要以上的厚度。

此外，加熱溫度的下限較佳為 610°C 以上，更佳為

620℃以上。加熱溫度的上限較佳為 650℃以下，更佳為 640℃以下。此外，加熱時間的下限較佳為 15 分以上，更佳為 60 分以上。加熱溫度的上限較佳為 120 分以下，更佳為 90 分以下。

[0073] 接著，在第 1 加熱處理工程 S102 後，將 Cu 板 122、Ti 材 25、Cu-P-Sn 系焊材 124、陶瓷基板 11、Cu-P-Sn 系焊材 124、Ti 材 25、及 Cu 板 123 在層積方向加壓(壓力 1kgf/cm^2 以上 35kgf/cm^2 以下)的狀態，以 Cu-P-Sn 系焊材 124 的熔融開始溫度以上的溫度來加熱(第 2 加熱處理工程 S103)。其中，在本實施形態中，真空加熱爐內的壓力設定在 10^{-6}Pa 以上 10^{-3}Pa 以下的範圍內，加熱溫度設定在 600℃以上 700℃以下的範圍內，加熱時間設定在 15 分以上 120 分以下的範圍內。其中，在第 2 加熱處理工程 S103 中，為了使 Cu-P-Sn 系焊材 124 確實地熔融，較佳為以 Cu-P-Sn 系焊材 124 的固相線溫度 + 10℃ 以上加熱。

[0074] 在該第 2 加熱處理工程 S103 中，Cu-P-Sn 系焊材 124 熔融形成液相，Ti 材 25 溶入該液相中，而藉由液相凝固，來接合陶瓷基板 11 與 Cu 板 122 及陶瓷基板 11 與 Cu 板 123。此時，Cu-P-Sn 系焊材 124 中所含有的 P 及 Ni，與 Ti 材 25 的 Ti 結合，在形成第 2 金屬間化合物層 17 的同時，也在陶瓷基板 11 側形成 Cu-Sn 層 14。

[0075] 此外，在本實施形態中，Ti 材 25 的一部分不溶入 Cu-P-Sn 系焊材 124 的液相中而殘留，在第 1 金屬間

化合物層 16 與第 2 金屬間化合物層 17 之間形成 Ti 層 15。

藉此，在陶瓷基板 11 的一方之面形成電路層 112，也在另一方之面形成金屬層 113，製造本實施形態的電源模組用基板 110。

[0076] 接著，在電源模組用基板 110 的金屬層 113 的下面，通過軟焊材來接合散熱板 130(散熱板接合工程 S104)。

接著，在電源模組用基板 110 的電路層 112 的上面，通過軟焊材來接合半導體元件 3(半導體元件接合工程 S105)。

用這種方式製造有關本實施形態的電源模組 101。

[0077] 在根據以上的構成的本實施形態的電源模組用基板 110 中，在陶瓷基板 11 與電路層 112 的接合界面及陶瓷基板 11 與金屬層 113 的接合界面，因為形成有位於電路層 112 側及金屬層 113 側的含有 Cu 與 Ti 的第 1 金屬間化合物層 16，藉由間隔該第 1 金屬間化合物層 16，能夠確實地接合電路層 112 與第 2 金屬間化合物層 17 及金屬層 113 與第 2 金屬間化合物層 17。因此，即便使用環境溫度變高，也能夠確保電路層 112 與陶瓷基板 11 及金屬層 113 與陶瓷基板 11 的接合強度。

[0078] 此外，因為在陶瓷基板 11 與電路層 112 的接合界面及陶瓷基板 11 與金屬層 113 的接合界面，雖形成 Ti 層 15 但其厚度為 $0.5\mu\text{m}$ 以下，在電路層 112 與陶瓷基

板 11 與金屬層 113 的層積方向的熱阻能夠被壓低，從搭載於電路層 112 上的半導體元件 3 發出的熱能有效率地散熱。

[0079] 此外，在本實施形態中，因為第 1 金屬間化合物層 16 的厚度在 $0.2\mu\text{m}$ 以上，能確實地提升電路層 112 與陶瓷基板 11 及金屬層 113 與陶瓷基板 11 的接合強度。另一方面，因為第 1 金屬間化合物層 16 的厚度在 $6\mu\text{m}$ 以下，能夠抑制在該第 1 金屬間化合物層 16 的破裂發生。

[0080] 此外，在本實施形態中，因為第 2 金屬間化合物層 17 的厚度在 $0.5\mu\text{m}$ 以上，能確實地提升電路層 112 與陶瓷基板 11 及金屬層 113 與陶瓷基板 11 的接合強度。另一方面，因為第 2 金屬間化合物層 17 的厚度在 $4\mu\text{m}$ 以下，能夠抑制在該第 2 金屬間化合物層 17 的破裂發生。

[0081] 此外，在本實施形態的電源模組用基板的製造方法中，因為具備將 Cu 板 122、Ti 材 25、Cu-P-Sn 系焊材 124、陶瓷基板 11、Cu-P-Sn 系焊材 124、Ti 材 25、及 Cu 板 123 在層積方向加壓(壓力 $1\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以上 $35\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以下)的狀態，裝入真空加熱爐內，以 Cu-P-Sn 系焊材 124 的熔融開始溫度未滿的溫度來加熱的第 1 加熱處理工程 S102，在成為電路層 112 的 Cu 板 122 與 Ti 材 25 之間及成為金屬層 113 的 Cu 板 123 與 Ti 材 25 之間，能夠確實地形成含有 Cu 與 Ti 的第 1 金屬間化合物層

16。

[0082] 再來，在本實施形態的電源模組用基板的製造方法中，在第 1 加熱處理工程 S102 後，因為具備形成以 Cu-P-Sn 系焊材 124 的熔融開始溫度以上的溫度加熱使 Sn 固溶於 Cu 中的 Cu-Sn 層 14、形成位於第 1 金屬間化合物層 16 與 Cu-Sn 層 14 之間並含有 P 與 Ti 的第 2 金屬間化合物層 17 的第 2 加熱處理工程 S103，藉由使 Ti 材 25 的 Ti 與 Cu-P-Sn 系焊材 124 反應，能夠形成第 2 金屬間化合物層 17，並能確實地接合電路層 112 與陶瓷基板 11 及金屬層 113 與陶瓷基板 11。

[0083] 其中，在第 2 加熱處理工程 S103 中，當加壓的壓力為 1kgf/cm^2 以上時，能夠使陶瓷基板 11 與 Cu-P-Sn 系焊材 124 的液相緊密附著，能夠將陶瓷基板 11 與 Cu-Sn 層 14 良好地接合。此外，當加壓的壓力為 35kgf/cm^2 以下時，能夠抑制在陶瓷基板 11 發生破裂。因為該理由，在本實施形態中，加壓的壓力被設定在 1kgf/cm^2 以上 35kgf/cm^2 以下的範圍內。

[0084] 此外，根據本實施形態的電源模組用基板 110 的製造方法，因為在陶瓷基板 11 的一方之面接合電路層 112，並同時將金屬層 113 接合至另一方之面，故能夠使製造工程簡略化，降低製造成本。

[0085]

(第三實施形態)

接著，說明有關本發明的第三實施形態。此外，有關

與第一實施形態相同的構成，附加同一符號記載並省略詳細的說明。

圖 11 顯示了有關第三實施形態之具備電源模組用基板 210 的電源模組 201。

該電源模組 201 具備：配設電路層 212 及金屬層 213 的電源模組用基板 210、在電路層 212 的一方之面(圖 11 中為上面)隔著接合層 2 接合的半導體元件 3、在電源模組用基板 210 的另一方側(圖 11 中為下側)接合的散熱板 230。

[0086] 電源模組用基板 210 如圖 12 所示，具備：陶瓷基板 11、在該陶瓷基板 11 的一方之面(圖 12 中為上面)配設的電路層 212、在陶瓷基板 11 的另一方之面(圖 12 中為下面)配設的金屬層 213。

陶瓷基板 11 與第一實施形態一樣，由散熱性佳的 AlN(氮化鋁)所構成。

[0087] 電路層 212 與第一實施形態一樣，係在陶瓷基板 11 的一方之面，藉由將 Cu-P-Sn 系焊材 224、Ti 材 25、由無氧銅所形成的 Cu 板 222 依序層積並作加熱處理，並將 Cu 板 222 接合至陶瓷基板 11 來形成(參照圖 15)。

此外，電路層 212 的厚度設定為在 0.1mm 以上 1.0mm 以下的範圍內，在本實施形態設定為 0.3mm。

其中，在本實施形態中，作為 Cu-P-Sn 系焊材 224 具體上使用 Cu-P-Sn-Ni 焊材。

[0088] 接著，在陶瓷基板 11 與電路層 212 的接合界面如圖 13 所示，形成有位於陶瓷基板 11 側的 Cu-Sn 層 14、位於電路層 212 側並含有 Cu 及 Ti 的第 1 金屬間化合物層 16、位於第 1 金屬間化合物層 16 與 Cu-Sn 層 14 之間且含有 P 及 Ti 的第 2 金屬間化合物層 17。

此外，在第 1 金屬間化合物層 16 與第 2 金屬間化合物層 17 之間形成 Ti 層 15，該 Ti 層 15 的厚度在 $0.5\mu\text{m}$ 以下。

[0089] 金屬層 213 係在陶瓷基板 11 的另一方之面，藉由接合 Al 或由 Al 合金構成的 Al 板來形成。在本實施形態中，金屬層 213 係在陶瓷基板 11 的另一方之面，接合純度 99.99 質量%以上的 Al 板 223 來形成(參照圖 15)。

該金屬層 213 的厚度設定為在 0.1mm 以上 3.0mm 以下的範圍內，在本實施形態設定為 1.6mm 。

[0090] 該散熱板 230 由 Al 或 Al 合金所構成，在本實施形態中由 A6063(Al 合金)所構成。在該散熱板 230 設置有用以流動冷卻用流體的流路 231。此外，該散熱板 230 與金屬層 213 藉由 Al-Si 系焊材來接合。

[0091] 以下，參照圖 14 的流程圖及圖 15 說明有關本實施形態的電源模組 201 的製造方法。

首先，如圖 15 所示，將成為電路層 212 的 Cu 板 222 與 Ti 材 25 層積，以在層積方向加壓(壓力 $1\sim 35\text{kgf/cm}^2$)的狀態將其配置於真空加熱爐內加熱，使得 Cu 板 222 與

Ti 材 25 固相擴散接合，得到 Cu-Ti 接合體 227。(CuTi 擴散工程 S201)。

[0092] 此外，Ti 材 25 的厚度在 $0.4\mu\text{m}$ 以上 $5\mu\text{m}$ 以下的範圍內。其中，當 Ti 材 25 厚度在 $0.4\mu\text{m}$ 以上而未滿 $1\mu\text{m}$ 時較佳為使用蒸鍍或濺鍍來成膜，當厚度為 $1\mu\text{m}$ 以上 $5\mu\text{m}$ 以下時較佳為使用箔材。此外，Ti 材 25 的厚度下限較佳為 $0.4\mu\text{m}$ 以上，更佳為 $0.5\mu\text{m}$ 以上。又，Ti 材 25 的厚度上限較佳為 $1.5\mu\text{m}$ 以下，更佳為 $0.7\mu\text{m}$ 以下。在本實施形態中，作為 Ti 材 25，使用厚度 $1.4\mu\text{m}$ ，純度 99.8 質量%的 Ti 箔。

[0093] 此外，在 CuTi 擴散工程 S201 中，真空加熱爐內的壓力設定在 10^{-6}Pa 以上 10^{-3}Pa 以下的範圍內，加熱溫度設定在 600°C 以上 670°C 以下的範圍內，加熱時間設定在 30 分以上 360 分以下的範圍內。其中，在 CuTi 擴散工程 S201 中，將加熱溫度設為 600°C 以上及加熱時間設為 30 分以上，能夠將中間第 1 金屬間化合物層充分地形成。此外，將加熱溫度設為 655°C 以下及加熱時間設為 360 分以下，能夠抑制中間第 1 金屬間化合物層形成必要以上的厚度。

此外，加熱溫度的下限較佳為 610°C 以上，更佳為 620°C 以上。加熱溫度的上限較佳為 650°C 以下，更佳為 640°C 以下。此外，加熱時間的下限較佳為 15 分以上，更佳為 60 分以上。加熱時間的上限較佳為 120 分以下，更佳為 90 分以下。

[0094] 此外，為了使 Cu 板 222 與 Ti 材 25 更加地強固接合，在 CuTi 擴散工程 S201 中，向層積方向的加壓荷重在 0.294MPa 以上 1.96MPa 以下 (3kgf/cm^2 以上 20kgf/cm^2 以下)的範圍內較佳。更佳為 0.490MPa 以上 1.47MPa 以下，再更佳為 1.18MPa 以上 1.47MPa 以下的範圍內。

[0095] 在藉由該 CuTi 擴散工程 S201 所得到的 Cu-Ti 接合體 227 中，Ti 材 25 與 Cu 板 222 藉由固相擴散接合來接合，成為 Cu 板 222 與中間 Ti 層 26 的層積構造。其中，在中間 Ti 層 26 與 Cu 板 222 之間，形成含有 Cu 與 Ti 的中間第 1 金屬間化合物層。此時，所有的 Ti 材 25 並未在中間第 1 金屬間化合物層的形成中完全被消耗，其一部分殘留。

在這裡，本實施形態中，中間 Ti 層 26 的厚度在 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $3\mu\text{m}$ 以下的範圍內。此外，中間 Ti 層 26 的厚度下限較佳為 $0.2\mu\text{m}$ 以上，更佳為 $0.4\mu\text{m}$ 以上。又，中間 Ti 層 26 的厚度上限較佳為 $1.5\mu\text{m}$ 以下，更佳為 $0.7\mu\text{m}$ 以下。

再來，中間第 1 金屬間化合物層的厚度較佳為 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $6\mu\text{m}$ 以下。

[0096] 接著，如圖 15 所示，在陶瓷基板 11 的一方之面(圖 15 中為上面)，將 Cu-P-Sn 系焊材 224、Ti 材 25、Cu 板 222 依序層積，並在陶瓷基板 11 的另一方之面(圖 14 中為下面)，隔著接合材 241 將成為金屬層 213 的

Al 板 223 依序層積。接著，再來在 Al 板 223 的下側，隔著接合材 242 將散熱板 230 層積(層積工程 S202)。其中，Cu-Ti 接合體 227 以中間 Ti 層 26 與 Cu-P-Sn 系焊材 224 對向的方式被層積。

[0097] 在本實施形態中，Cu-P-Sn 系焊材 224 的組成為 Cu-7 質量% P-15 質量% Sn-10 質量% Ni，該熔融開始溫度(固相線溫度)為 580℃。此外，Cu-P-Sn 系焊材 224 係利用箔材，其厚度在 5 μ m 以上 150 μ m 以下的範圍內。

此外，在本實施形態中，作為接合材 241、242 為含有熔點下降元素 Si 的 Al-Si 系焊材，在第三實施形態中，使用 Al-7.5 質量% Si 焊材。

[0098] 接著，將陶瓷基板 11、Cu-P-Sn 系焊材 224、Cu-Ti 接合體 227、接合材 241、Al 板 223、接合材 242、及散熱板 230 在層積方向加壓(壓力 1~35kgf/cm²)的狀態，裝入真空加熱爐內加熱(加熱處理工程 S203)。其中，在本實施形態中，真空加熱爐內的壓力設定在 10⁻⁶Pa 以上 10⁻³Pa 以下的範圍內，加熱溫度設定在 600℃以上 650℃以下的範圍內，加熱時間設定在 30 分以上 240 分以下的範圍內。

[0099] 在該加熱處理工程 S203 中，Cu-P-Sn 系焊材 224 熔融形成液相，在該液相中溶入中間 Ti 層 26，而藉由液相凝固，接合陶瓷基板 11 與 Cu 板 222。此時，Cu-P-Sn 系焊材 224 中所含有的 P 及 Ni，與中間 Ti 層 26 的 Ti 結合，在形成第 2 金屬間化合物層 17 的同時，也在陶

瓷基板 11 側形成 Cu-Sn 層 14。此外，第 1 金屬間化合物層 16 藉由中間第 1 金屬間化合物層的殘留而形成。

在本實施形態中，因為中間 Ti 層 26 的厚度在 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $3\mu\text{m}$ 以下的範圍內，該中間 Ti 層 26 不全部溶入 Cu-P-Sn 系焊材 224 的液相中，而一部分殘留，形成 Ti 層 15。不過，因為 Ti 層 15 形成 $0.5\mu\text{m}$ 以下的薄厚度，在電路層 212 與陶瓷基板 11 與金屬層 213 的層積方向的熱阻能夠被壓低，從搭載於電路層 212 上的半導體元件 3 發出的熱能有效率地散熱。

此外，第 1 金屬間化合物層 16 的厚度，也有因加熱處理工程 S203 的加熱而使 Ti 的擴散增加，使得中間第 1 金屬間化合物層的厚度變更厚的情形發生。此外，Ti 層 15 的厚度，也有因加熱處理工程 S203 的加熱而使 Ti 的擴散增加，使得中間 Ti 層 26 的厚度變更薄的情形發生。

[0100] 此外，在該加熱處理工程 S203 中，接合材 241 熔融形成液相，藉由該液相的凝固，隔著接合材 241 接合陶瓷基板 11 與 Al 板 223。再來，在該加熱處理工程 S203 中，接合材 242 熔融形成液相，藉由該液相的凝固，隔著接合材 242 接合 Al 板 223 與散熱板 230。

藉此，製造本實施形態的電源模組用基板 210。

[0101] 接著，在電源模組用基板 210 的電路層 212 的上面，通過軟焊材來接合半導體元件 3(半導體元件接合工程 S204)。

用這種方式製造有關本實施形態的電源模組 201。

[0102] 在以上的構成的本實施形態的電源模組用基板 210 中，能夠發揮與第一實施形態及第二實施形態所說明的電源模組用基板 10、110 同樣的效果。

此外，在本實施形態的電源模組用基板 210 中，因為在陶瓷基板 11 的另一方之面形成接合 A1 板 223 而成的金屬層 213，可以將從半導體元件 3 放出的熱通過金屬層 213 有效率地發散。此外，因為 A1 其變形抵抗較低，當負荷冷熱循環時，電源模組用基板 210 與散熱板 230 之間生成的熱應力藉由金屬層 213 來吸收，能夠抑制在陶瓷基板 11 產生的破裂。

[0103] 此外，根據本實施形態的電源模組用基板 210 的製造方法，因為在陶瓷基板 11 的一方之面接合電路層 212，並同時將金屬層 213 接合至另一方之面，故能夠使製造工程簡略化，降低製造成本。

[0104] 以上，雖說明有關本發明的實施形態，但本發明不限於此，在不逸脫本發明的技術思想範圍可以適宜地作變更。

例如，在本實施形態中，說明在絕緣電路基板搭載半導體元件而構成電源模組者，但並不以此為限。例如，也可以是在絕緣電路基板的電路層搭載 LED 元件而構成 LED 模組者，也可以是在絕緣電路基板的電路層搭載熱電元件而構成熱電模組者。

[0105] 此外，在第二實施形態及第三實施形態中，雖說明在陶瓷基板的一方之面接合電路層，同時在另一方

之面接合金屬層的情形，但也可以將電路層及金屬層分別接合。

此外，在第三實施形態中，雖說明同時接合電路層、金屬層、及散熱板的情形，但也可以是在將電路層及金屬層接合至陶瓷基板後，接合金屬層及散熱板的構成。

此外，在第三實施形態中，雖說明在陶瓷基板的另一方之面通過 Al-Si 系焊材接合金屬層的情形，但也可以藉由過渡液相接合法(TLP)或 Ag 糊料等來接合。

[0106] 此外，在第二實施形態及第三實施形態中，雖說明使用設有流路的散熱板的情形，但也可以是具有稱為散熱板的板狀物或銷狀鰭片者。

此外，將電源模組用基板與散熱板藉由軟焊材或焊材接合的情形，但在電源模組用基板與散熱板之間通過潤滑劑來螺絲固定等的構成也可以。

此外，在第二實施形態及第三實施形態的電源模組用基板中，在電源模組用基板的另一方之面側不接合散熱板也可以。

[0107] 此外，在第一實施形態、第二實施形態及第三實施形態中，雖說明作為 Ti 材使用 Ti 箔的情形或以蒸鍍及濺鍍等形成 Ti 材的情形，但在 Cu 構件的一方之面使用配設 Ti 的 Cu 構件/Ti 包覆材也可以。此時，可以預先加熱 Cu 構件/Ti 包覆材來形成含有 Cu 與 Ti 的第 1 金屬間化合物層，也可以以第 1 加熱處理工程，在 Cu 構件/Ti 包覆材的內部形成第 1 金屬間化合物層。

再來，在 Ti 材的一方之面，也可以使用配置 Cu-P-Sn 系焊材的 Ti 材/焊材包覆材、或以 Cu 構件、Ti 材、Cu-P-Sn 系焊材的順序層積的 Cu 構件/Ti 材/焊材包層。

[0108] 此外，在上述實施形態中，雖使用 Cu-P-Sn 系焊材的箔材者作為例子說明，但並不以此為限，也可以用粉末或糊料。

再來，在上述實施形態中，作為 Cu-P-Sn 系焊材雖說明使用 Cu-P-Sn-Ni 焊材或 Cu-P-Sn 焊材者，但也可以使用其他的 Cu-P-Sn 系焊材。以下，詳細說明適用本發明的接合體的製造方法的 Cu-P-Sn 系焊材。

[0109] Cu-P-Sn 系焊材的 P 含有量為 3 質量%以上 10 質量%以下較佳。

P 為具有使焊材的熔融開始溫度降低的作用效果之元素。此外，該 P 為具有在藉由 P 氧化而產生的 P 氧化物來覆蓋焊材表面而防止焊材的氧化的同時，將熔融的焊材的表面以流動性佳的 P 氧化物覆蓋使得焊材的浸潤性提升的作用效果之元素。

P 的含有量未滿 3 質量%的話，無法得到充分使焊材的熔融開始溫度降低的效果，因而會有焊材的熔融開始溫度上升、焊材的流動性不足、陶瓷基板與電路層的接合性降低的問題。此外，P 的含有量超過 10 質量%的話，會有形成較多脆金屬間化合物，使得陶瓷基板與電路層的接合性或接合信賴性降低的問題。

從這種理由來看，在 Cu-P-Sn 系焊材內含有的 P 的含

有量，較佳為在 3 質量%以上 10 質量%以下的範圍內。

[0110] 此外，Cu-P-Sn 系焊材的 Sn 含有量為 0.5 質量%以上 25 質量%以下較佳。

Sn 為具有使焊材的熔融開始溫度降低的作用效果之元素。Sn 的含有量為 0.5 質量%以上的話，能夠使焊材的熔融開始溫度確實地降低。此外，Sn 的含有量為 25 質量%以下的話，能夠抑制焊材的低溫脆化，並能使陶瓷基板與電路層的接合信賴性提升。

從這種理由來看，在 Cu-P-Sn 系焊材內含有的 Sn 的含有量，較佳為在 0.5 質量%以上 25 質量%以下的範圍內。

[0111] 此外，Cu-P-Sn 系焊材也可以含有 2 質量%以上 20 質量%以下的 Ni、Cr、Fe、Mn 中任 1 種或 2 種以上的元素。

Ni、Cr、Fe、Mn 為具有抑制在陶瓷基板與焊材的界面形成含有 P 的金屬間化合物作用效果之元素。

含有量為 2 質量%以上的 Ni、Cr、Fe、Mn 中任 1 種或 2 種以上的元素，能夠抑制在陶瓷基板與焊材的接合界面形成含有 P 的金屬間化合物，因而提升陶瓷基板與電路層的接合信賴性。此外，含有量為 20 質量%以下的 Ni、Cr、Fe、Mn 中任 1 種或 2 種以上的元素，抑制了焊材的熔融開始溫度上昇，並抑制焊材的流動性降低，能夠提升陶瓷基板與電路層的接合性。

這種理由來看，當在 Cu-P-Sn 系焊材含有 Ni、Cr、

Fe、Mn 中任 1 種或 2 種以上的元素時，該含有量較佳為在 2 質量％以上 20 質量％以下的範圍內。

[實施例]

[0112]

<實施例 1>

以下，說明有關為了確認本發明的效果而進行的確認實驗結果。

[0113]

(本發明例 1～3、12、14～15(加熱方式：A))

在表 1 記載的陶瓷基板(40mm×40mm、AlN 及 Al₂O₃ 時厚度為 0.635mm、Si₃N₄ 時厚度為 0.32mm)的一方之面及另一方之面，將表 1 所示的 Cu-P-Sn 系焊材箔、Ti 材、由無氧銅形成的 Cu 板(厚度：0.3mm)依序層積，在層積方向施加 15kgf/cm² 的荷重。

接著，在真空加熱爐內(壓力：10⁻⁴Pa)裝入前述層積體，作為第 1 加熱處理工程，以表 1 記載的溫度與時間(加熱處理 1 的欄)作加熱。之後，作為第 2 加熱處理工程，藉由以表 2 記載的溫度與時間(加熱處理 2 的欄)作加熱，在陶瓷基板的一方之面及另一方之面接合 Cu 板，形成電路層及金屬層，得到電源模組用基板。

此外，電路層用的 Cu 板的大小分別以後述 90°剝離強度試驗用為 44mm×25mm(但是，從陶瓷基板的端部突出 5mm)，作熱阻試驗用為 37mm×37mm 製作。金屬層用的

Cu 板的大小為 $37\text{mm} \times 37\text{mm}$ 。

[0114]

(本發明例 4~11、13(加熱方式：B))

首先，作為 CuTi 擴散工程，將由無氧銅形成的 Cu 板(厚度： 0.3mm)與表 1 記載的 Ti 材層積，以在層積方向以壓力 15kgf/cm^2 加壓的狀態，裝入真空加熱爐內(壓力： 10^{-4}Pa)，以表 1 記載的溫度與時間(加熱處理 1 的欄)作加熱，得到 Cu-Ti 接合體。此外，Cu-Ti 接合體分別準備電路層用的與金屬層用的。

接著，在表 1 記載的陶瓷基板($40\text{mm} \times 40\text{mm}$ 、AlN 及 Al_2O_3 時厚度為 0.635mm 、 Si_3N_4 時厚度為 0.32mm)的一方之面及另一方之面，將表 1 所示的 Cu-P-Sn 系焊材箔、Cu-Ti 接合體依序層積。

接著，以表 2 記載的溫度與時間(加熱處理 2 的欄)作加熱，在陶瓷基板的一方之面及另一方之面接合 Cu 板，形成電路層及金屬層，製作電源模組用基板。電路層用及金屬層用的 Cu 板的大小與前述一樣。

[0115]

(從前例 1，2)

在表 1 記載的陶瓷基板($40\text{mm} \times 40\text{mm} \times 0.635\text{mm}$)的一方之面及另一方之面，將表 1 所示的 Cu-P-Sn 系焊材箔、Ti 材、由無氧銅形成的 Cu 板(厚度： 0.3mm)依序層積，在層積方向施加 15kgf/cm^2 的荷重。

接著，在真空加熱爐內(壓力： 10^{-4}Pa)裝入前述層積

體，作為第 2 加熱處理工程，藉由以表 2 記載的溫度與時間(加熱處理 2 的欄)作加熱，在陶瓷基板的一方之面及另一方之面接合 Cu 板，形成電路層及金屬層，得到電源模組用基板。電路層用及金屬層用的 Cu 板的大小與本發明例一樣。

[0116] 對用上述的方式得到的電源模組用基板，評價電路層與陶瓷基板的 90°剝離強度、層積方向的熱阻。

此外，對得到的電源模組用基板，在陶瓷基板與電路層的接合界面，評價第 1 金屬間化合物層、Ti 層、第 2 金屬間化合物層的厚度。再來，評價加熱處理 1 後的中間第 1 金屬間化合物層、中間 Ti 層的厚度。

[0117]

(90°剝離強度試驗)

在各電源模組用基板，以 150℃放置 500 小時後，將電路層中從陶瓷基板突出的部分曲折 90°，在與陶瓷基板垂直的方向將電路層拉伸，測定電路層從陶瓷基板剝離為止的最大拉伸荷重。將該荷重除以接合長度得到的值作為 90°剝離強度，記載於表 2。本實施例中的接合長度乘上電路層與陶瓷基板接合的部分，作為電路層的長邊長度(39mm)。

[0118]

(熱阻試驗)

將加熱器晶片(13mm×10mm×0.25mm)焊接於電路層表面，將陶瓷基板層積於冷卻器。接著，將加熱器晶片以

100W 的電力加熱，利用熱電偶實測加熱器晶片的溫度。此外，實測流通於冷卻器的冷卻媒體(乙二醇：水 = 9：1)的溫度。接著，將加熱器晶片的溫度與冷卻媒體的溫度差除以電力得到的值作為熱阻，將本發明例 1 作為 1.00 作相對評價。評價結果顯示於表 2。

[0119]

(中間第 1 金屬間化合物層、中間 Ti 層、第 1 金屬間化合物層、Ti 層及第 2 金屬間化合物層的厚度)

第 1 金屬間化合物層、Ti 層及第 2 金屬間化合物層的厚度為從 Cu 板/陶瓷基板界面的 EPMA 開始，在倍率 10000 倍的視野(縱 $30\mu\text{m}$ 、橫 $40\mu\text{m}$)內，測定形成於接合界面的第 1 金屬間化合物層的總面積、Ti 層的面積、及第 2 金屬間化合物層的總面積，並除以測定視野的寬度尺寸來求得，將 5 視野的平均作為第 1 金屬間化合物層、Ti 層及第 2 金屬間化合物層的厚度。

中間第 1 金屬間化合物層及 Ti 中間層，相對於前述的加熱方式 B 所製作的 Cu-Ti 接合體的 Cu 與 Ti 的接合界面，從 EPMA 開始，在倍率 10000 倍的視野(縱 $30\mu\text{m}$ 、橫 $40\mu\text{m}$)內，測定形成於接合界面的中間第 1 金屬間化合物層的總面積、中間 Ti 層的面積的總面積，並除以測定視野的寬度尺寸來求得，將 5 視野的平均作為中間第 1 金屬間化合物層、中間 Ti 層的厚度。

此外，將 Ti 濃度為 15at% ~ 70at% 的範圍內的區域視為第 1 金屬間化合物層及中間第 1 金屬間化合物層，當

作未含有固溶體者。

此外，第 2 金屬間化合物層至少含有 P 與 Ti，當作 P 濃度在 28at% ~ 52at% 的範圍內的區域。

評價結果顯示於表 1 及表 2。

[0120]

【表 1】

	陶瓷 基板	Cu-P-Sn 系焊材						Ti 材 厚度 [μm]	加熱 方式	加熱處理 1		各層的厚度 [μm]		
		成分 [mass%]			熔點 [$^{\circ}\text{C}$]	Cu	溫度 [$^{\circ}\text{C}$]			時間 [min]	中間 第1金屬間 化合物層	中間 Ti 層		
		P	Sn	其他元素										
本發明例 1	AlN	6.3	9.3	Ni 7.0	剩	600	2	A	590	30			-	
本發明例 2	AlN	6.3	9.3	Ni 7.0	剩	600	5	A	590	240				-
本發明例 3	AlN	6.3	9.3	Ni 7.0	剩	600	1.5	A	600	45		-		-
本發明例 4	AlN	7.0	15.0	Ni 10.0	剩	580	1	B	600	90		0.9		0.4
本發明例 5	AlN	7.0	15.0	Ni 10.0	剩	580	3	B	670	30		0.8		2.7
本發明例 6	AlN	6.3	9.3	Ni 7.0	剩	600	0.7	B	630	60		0.6		0.5
本發明例 7	Al ₂ O ₃	6.3	9.3	Ni 7.0	剩	600	0.7	B	630	60		0.6		0.5
本發明例 8	Si ₃ N ₄	6.3	9.3	Ni 7.0	剩	600	0.7	B	630	60		0.6		0.4
本發明例 9	AlN	7.0	15.0	Ni 10.0	剩	580	0.7	B	620	30		0.4		0.4
本發明例 10	AlN	7.0	15.0	Mn 5.0	剩	580	0.6	B	640	90		0.8		0.2
本發明例 11	AlN	6.3	9.3	Cr 7.0	剩	600	0.4	B	620	60		0.5		0.3
本發明例 12	AlN	6.3	9.3	Ni 7.0	剩	600	3	A	580	30		-		-
本發明例 13	AlN	6.3	9.3	Ni 7.0	剩	600	5	B	670	180		7.0		2.1
本發明例 14	AlN	6.3	9.3	Ni 7.0	剩	600	1	A	650	120		-		-
本發明例 15	AlN	6.3	9.3	Ni 7.0	剩	600	5	A	580	45		-		-
從前例 1	AlN	6.3	9.3	Ni 7.0	剩	600	15	-	-	-		-		-
從前例 2	AlN	6.3	9.3	Ni 7.0	剩	600	3	-	-	-		-		-

[0121]

【表 2】

	加熱處理 2		各層的厚度 [μm]			90° 剝離 強度 [N/ cm]	熱阻比
	溫度 [°C]	時間 [min]	第1金屬間 化合物層	Ti 層	第2金屬間 化合物層		
本發明例 1	630	15	0.2	0.1	2.1	126	1.00
本發明例 2	610	15	5.9	0.1	3.5	124	1.01
本發明例 3	610	15	0.5	0.15	1.5	140	1.02
本發明例 4	630	150	1.1	0.0	0.5	135	1.00
本發明例 5	600	240	1.0	0.0	3.8	134	1.00
本發明例 6	600	240	0.8	0.0	1.0	148	0.99
本發明例 7	600	240	0.7	0.0	1.0	147	1.01
本發明例 8	600	240	0.8	0.0	1.1	142	0.99
本發明例 9	650	150	0.6	0.0	0.9	166	0.99
本發明例 10	670	60	1.0	0.1	0.5	156	1.00
本發明例 11	670	120	0.6	0.0	0.6	148	0.98
本發明例 12	650	90	0.1	0.0	3.6	88	1.00
本發明例 13	670	120	7.2	0.0	3.0	105	1.02
本發明例 14	630	15	3.5	0.1	0.3	105	1.01
本發明例 15	630	15	0.3	0.1	5.1	107	1.01
從前例 1	650	150	6.3	3.7	5.1	158	1.06
從前例 2	650	150	0.0	0.0	3.9	79	0.99

[0122] 在形成較厚的 Ti 層的從前例 1 中，雖 90°剝離強度高，但可確認層積方向的熱阻變高。此外，在無法確認到 Ti 層的從前例 2 中，未形成第 1 金屬間化合物層，可確認到 90°剝離強度低。

相對於此，在本發明例 1~15 中，可以確認得到 90°剝離強度高，熱阻低的電源模組用基板。

[0123]

<實施例 2>

接著，實施更嚴格的剝離強度試驗。

首先，作為 CuTi 擴散工程，將由無氧銅形成的 Cu 板(厚度：0.3mm)與厚度 3mm 的 Ti 材層積，以表 3 所示的壓力在層積方向加壓的狀態，裝入真空加熱爐內(壓力： 10^{-4} Pa)，以表 3 記載的溫度與時間(加熱處理 1 的欄)作加熱，得到 Cu-Ti 接合體。此外，Cu-Ti 接合體分別準備電路層用的與金屬層用的。

[0124] 接著，在表 3 記載的陶瓷基板(40mm×40mm、AlN 及 Al₂O₃ 時厚度為 0.635mm、Si₃N₄ 時厚度為 0.32mm)的一方之面及另一方之面，將 Cu-6.3 質量%P-9.3 質量%Sn-7.0 質量%Ni 焊材箔(熔點 600℃)、Cu-Ti 接合體依序層積。

接著，作為加熱處理 2 以 650℃ 60min 的條件加熱，在陶瓷基板的一方之面及另一方之面接合 Cu 板，形成電路層及金屬層，製作電源模組用基板。電路層用及金屬層用的 Cu 板的大小與前述一樣。

[0125] 對用上述的方式得到的電源模組用基板，以下的條件評價電路層與陶瓷基板的 90° 剝離強度。

在各電源模組用基板，以 150°C 放置 1000 小時後，將電路層中從陶瓷基板突出的部分曲折 90° ，在與陶瓷基板垂直的方向將電路層拉伸，測定電路層從陶瓷基板剝離為止的最大拉伸荷重。將該荷重除以接合長度得到的值作為 90° 剝離強度，記載於表 3。本實施例中的接合長度乘上電路層與陶瓷基板接合的部分，作為電路層的長邊長度。

[0126]

【表 3】

	陶瓷 基板	加熱處理 1			加熱處理 2		90° 剝離 強度 [N/ cm]
		溫度	時間	荷重	溫度	時間	
		[°C]	[min]	MPa	[°C]	[min]	
本發明例 21	AlN	630	240	0.490	650	60	104
本發明例 22	Al ₂ O ₃	630	210	0.490			103
本發明例 23	Si ₃ N ₄	670	360	0.294			113
本發明例 24	AlN	670	360	1.96			124
本發明例 25	AlN	650	240	1.18			117
本發明例 26	AlN	650	270	1.18			119
本發明例 27	Al ₂ O ₃	650	300	1.18			120
本發明例 28	Si ₃ N ₄	650	300	1.47			124
本發明例 29	AlN	650	180	0.980			109
本發明例 30	AlN	650	150	0.980			116
本發明例 31	AlN	650	240	0.098			96

[0127] 將層積方向的壓力提高，且設定長加熱時間，即便是在嚴格條件下的剝離試驗，也確認到能確保充分的剝離強度。

[產業上的利用可能性]

[0128] 根據本發明的接合體、電源模組用基板、及該接合體的製造方法、電源模組用基板的製造方法，能夠將陶瓷構件與 Cu 構件良好地接合，且可以降低在層積方向的熱阻。

【符號說明】

[0129]

10、110、210：電源模組用基板(接合體)

11：陶瓷基板(陶瓷構件)

12、112、212：電路層(Cu 構件)

14：Cu-Sn 層

15：Ti 層

16：第 1 金屬間化合物層

17：第 2 金屬間化合物層

22、122、123、222：Cu 板(Cu 構件)

24、124、224：Cu-P-Sn 系焊材

申請專利範圍

1.一種接合體，係由陶瓷所形成的陶瓷構件與由 Cu 或 Cu 合金所形成的 Cu 構件接合而成；

其中，在前述陶瓷構件與前述 Cu 構件的接合界面，形成有：

位於前述陶瓷構件側，由 Sn 固溶於 Cu 中的 Cu-Sn 層；

位於前述 Cu 構件側，含有 Cu 及 Ti 的第 1 金屬間化合物層；

位於前述第 1 金屬間化合物層與前述 Cu-Sn 層之間，含有 P 及 Ti 的第 2 金屬間化合物層；

在前述第 1 金屬間化合物層與前述第 2 金屬間化合物層之間形成有 Ti 層，該 Ti 層的厚度在 $0.5\mu\text{m}$ 以下。

2.如請求項 1 所記載的接合體，其中，前述第 1 金屬間化合物層的厚度在 $0.2\mu\text{m}$ 以上 $6\mu\text{m}$ 以下的範圍內。

3.如請求項 1 記載的接合體，其中：前述第 2 金屬間化合物層的厚度在 $0.5\mu\text{m}$ 以上 $4\mu\text{m}$ 以下的範圍內。

4.如請求項 2 所記載的接合體，其中，前述第 2 金屬間化合物層的厚度在 $0.5\mu\text{m}$ 以上 $4\mu\text{m}$ 以下的範圍內。

5.一種電源模組用基板，係由請求項 1 至請求項 4 中任 1 項所記載的接合體所形成；

且具備：由前述陶瓷構件所形成的陶瓷基板、由形成於該陶瓷基板的一方之面的前述 Cu 構件所形成的電路層；

其中，在前述陶瓷基板與前述電路層的接合界面，形成有：

位於前述陶瓷基板側，由 Sn 固溶於 Cu 中的 Cu-Sn 層；

位於前述電路層側，含有 Cu 及 Ti 的第 1 金屬間化合物層；

位於前述第 1 金屬間化合物層與前述 Cu-Sn 層之間，含有 P 及 Ti 的第 2 金屬間化合物層。

6.如請求項 5 所記載的電源模組用基板，其中，在前述陶瓷基板的另一方之面，形成有由 Al 或 Al 合金所形成的金屬層。

7.一種電源模組用基板，係由請求項 1 至請求項 4 中任 1 項所記載的接合體所形成；

且具備：由前述陶瓷構件所形成的陶瓷基板、形成於該陶瓷基板的一方之面的電路層、由形成於前述陶瓷基板的另一方之面的前述 Cu 構件形成的金屬層；

其中，在前述陶瓷基板與前述金屬層的接合界面，形成有：

位於前述陶瓷基板側，由 Sn 固溶於 Cu 中的 Cu-Sn 層；

位於前述金屬層側，含有 Cu 及 Ti 的第 1 金屬間化合物層；

位於前述第 1 金屬間化合物層與前述 Cu-Sn 層之間，含有 P 及 Ti 的第 2 金屬間化合物層。

8.一種接合體的製造方法，該接合體係由陶瓷所形成的陶瓷構件與由 Cu 或 Cu 合金所形成的 Cu 構件接合而成，具備：

隔著 Cu-P-Sn 系焊材與 Ti 材，將前述陶瓷構件與前述 Cu 構件層積的層積工程；

在層積的狀態下以前述 Cu-P-Sn 系焊材的熔融開始溫度未滿的溫度作加熱，使前述 Cu 構件與前述 Ti 材反應，形成含有 Cu 與 Ti 的第 1 金屬間化合物層的第 1 加熱處理工程；

在前述第 1 加熱處理工程後，以前述 Cu-P-Sn 系焊材的熔融開始溫度以上的溫度作加熱，並形成：由 Sn 固溶於 Cu 中的 Cu-Sn 層、位於前述第 1 金屬間化合物層與前述 Cu-Sn 層之間並含有 P 與 Ti 的第 2 金屬間化合物層的第 2 加熱處理工程。

9.如請求項 8 所記載的接合體的製造方法，其中，前述第 1 加熱處理工程中的加熱溫度在 580℃以上 670℃以下的範圍內，加熱時間在 30 分以上 240 分以下的範圍內。

10.一種接合體的製造方法，該接合體係由陶瓷所形成的陶瓷構件與由 Cu 或 Cu 合金所形成的 Cu 構件接合而成，具備：

在將前述 Cu 構件與前述 Ti 材層積的狀態下作加熱，使 Cu 與 Ti 擴散，在 Cu 構件與前述 Ti 材之間形成含有 Cu 與 Ti 的第 1 金屬間化合物層的 CuTi 擴散工程；

隔著 Cu-P-Sn 系焊材，將前述陶瓷構件、形成前述第 1 金屬間化合物層的前述 Ti 材及前述 Cu 構件層積的層積工程；

以前述 Cu-P-Sn 系焊材的熔融開始溫度以上的溫度作加熱，並形成：由 Sn 固溶於 Cu 中的 Cu-Sn 層、位於前述第 1 金屬間化合物層與前述 Cu-Sn 層之間並含有 P 與 Ti 的第 2 金屬間化合物層的加熱處理工程。

11.如請求項 10 所記載的接合體的製造方法，其中，前述 CuTi 擴散工程中的加熱溫度在 600℃以上 670℃以下的範圍內，加熱時間在 30 分以上 360 分以下的範圍內。

12.如請求項 10 所記載的接合體的製造方法，其中，在前述 CuTi 擴散工程中，層積方向的荷重在 0.294MPa 以上 1.96MPa 以下的範圍內。

13.一種電源模組用基板的製造方法，係在陶瓷基板的一方之面配設由 Cu 或 Cu 合金所形成的電路層，其中，

將前述陶瓷基板與前述電路層藉由請求項 8 至請求項 12 中任 1 項所記載的接合體的製造方法來接合。

14.一種電源模組用基板的製造方法，係在陶瓷基板的一方之面配設電路層，在前述陶瓷基板的另一方之面配設由 Cu 或 Cu 合金所形成的金屬層，其中，

將前述陶瓷基板與前述金屬層藉由請求項 8 至請求項 12 中任 1 項所記載的接合體的製造方法來接合。

15.一種電源模組用基板的製造方法，係在陶瓷基板

的一方之面配設由 Cu 或 Cu 合金所形成的電路層，在前述陶瓷基板的另一方之面配設由 Al 或 Al 合金所形成的金屬層，其中，

將前述陶瓷基板與前述電路層藉由請求項 8 至請求項 12 中任 1 項所記載的接合體的製造方法來接合。

圖式

圖 1

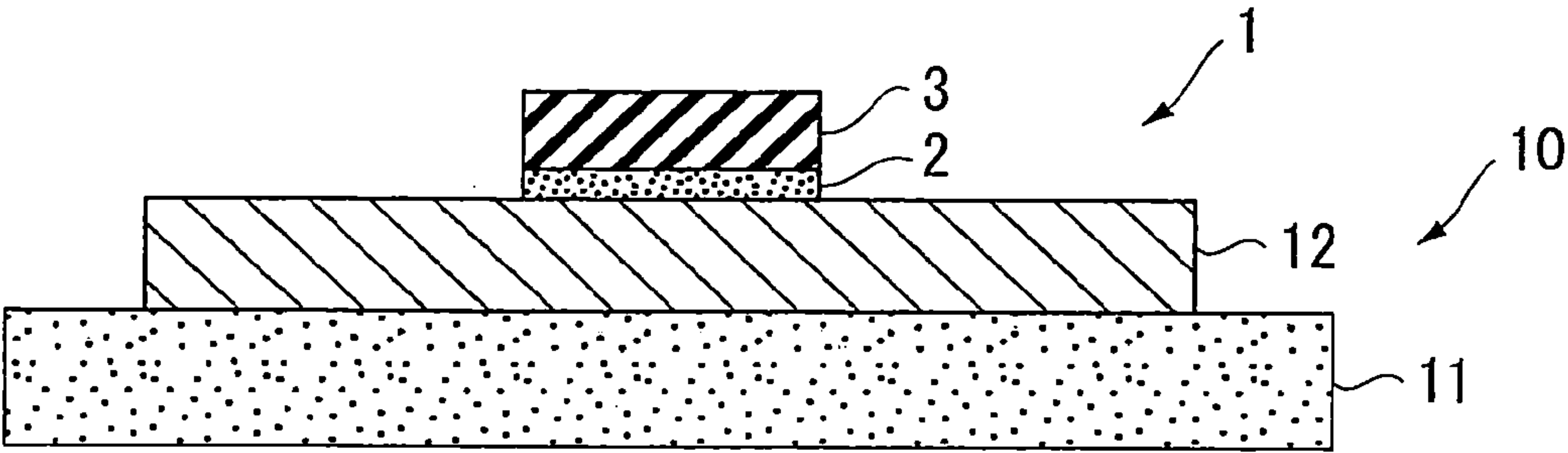


圖 2

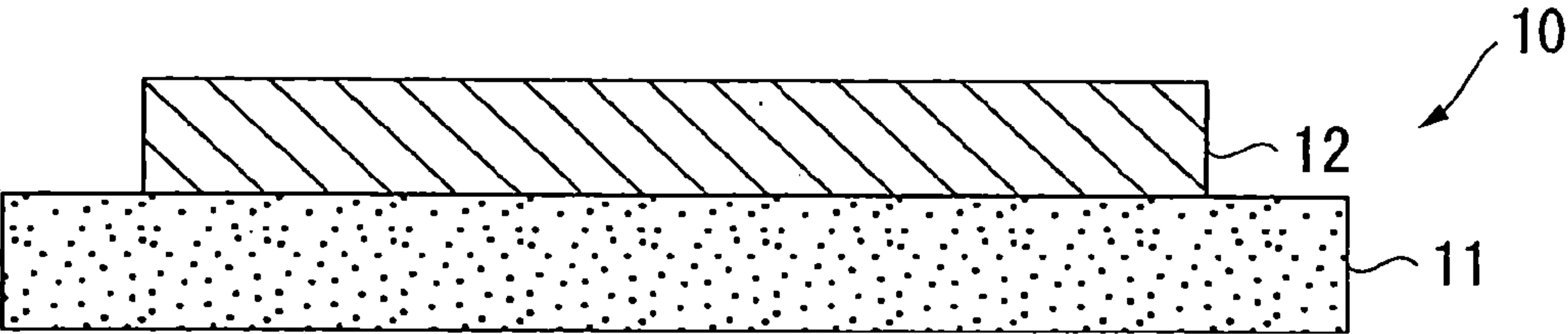


圖 3

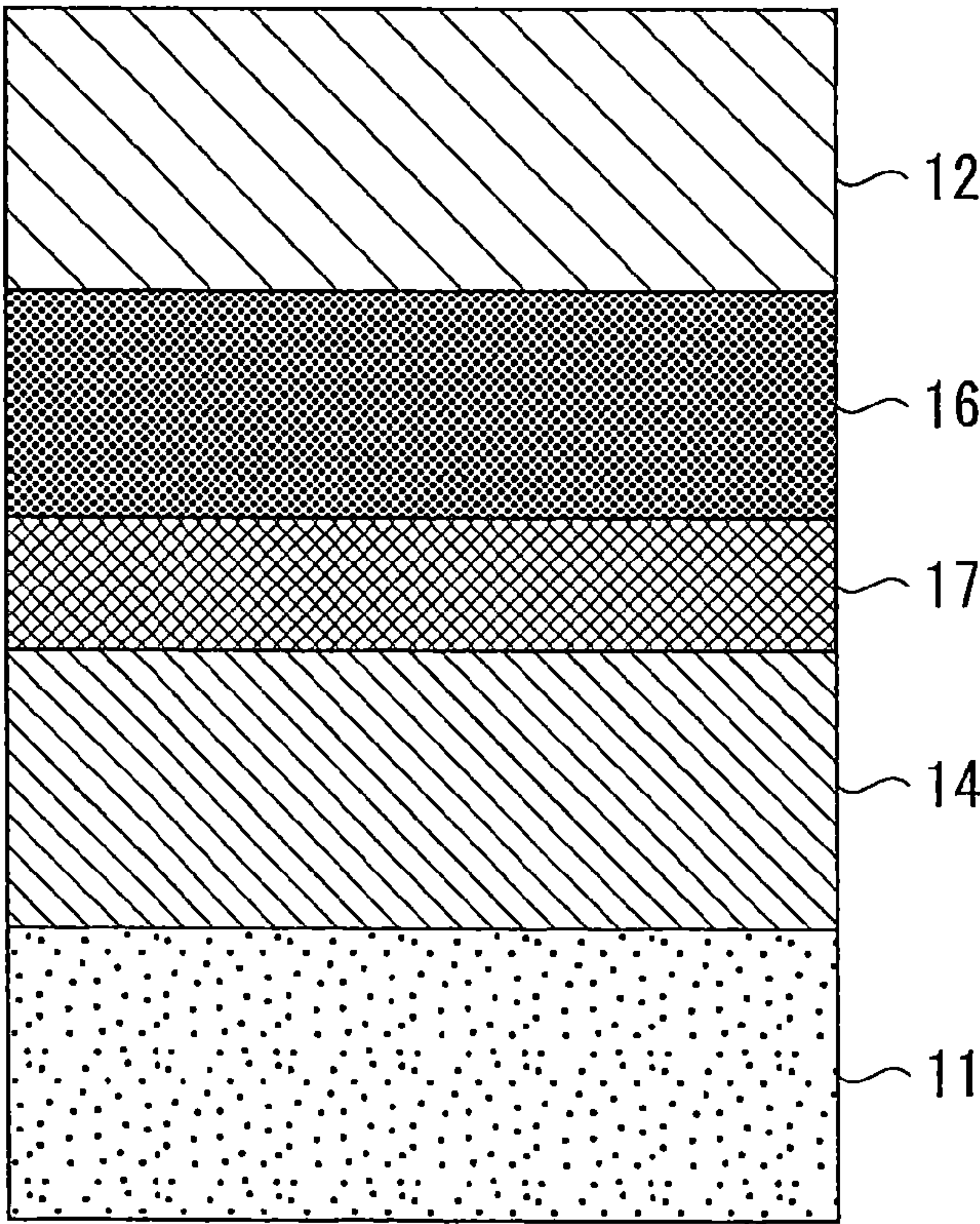


圖 4

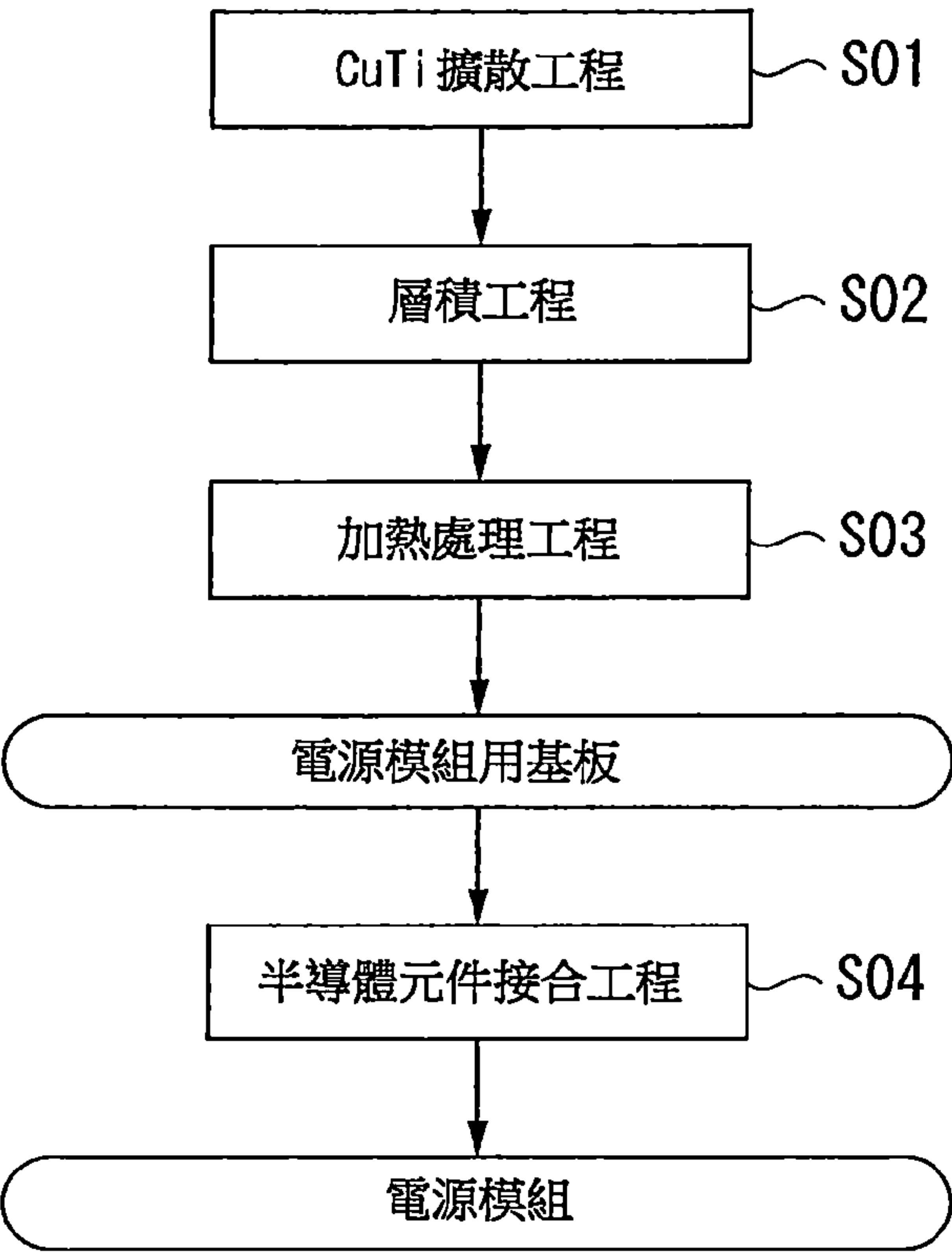


圖 5

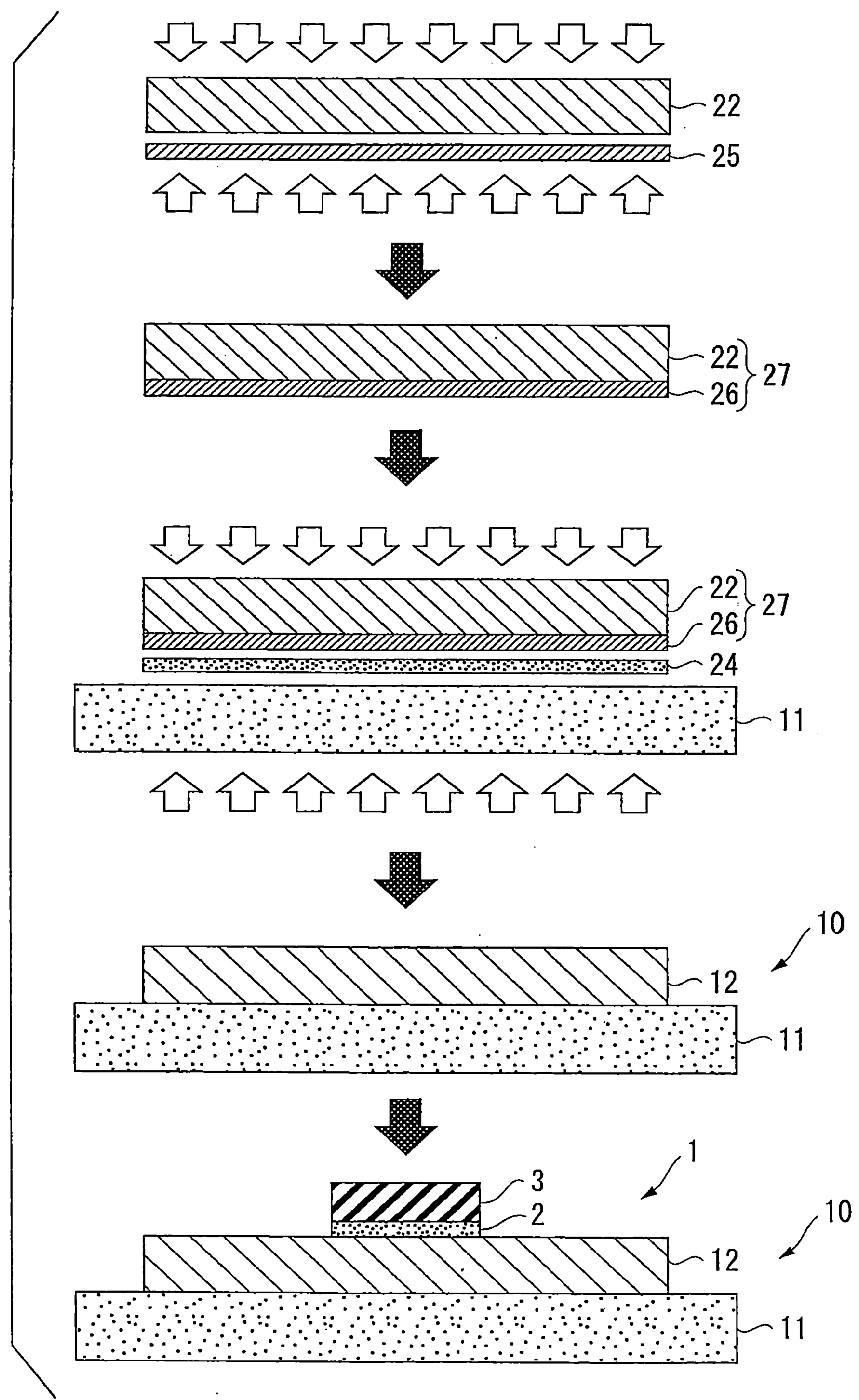


圖 6

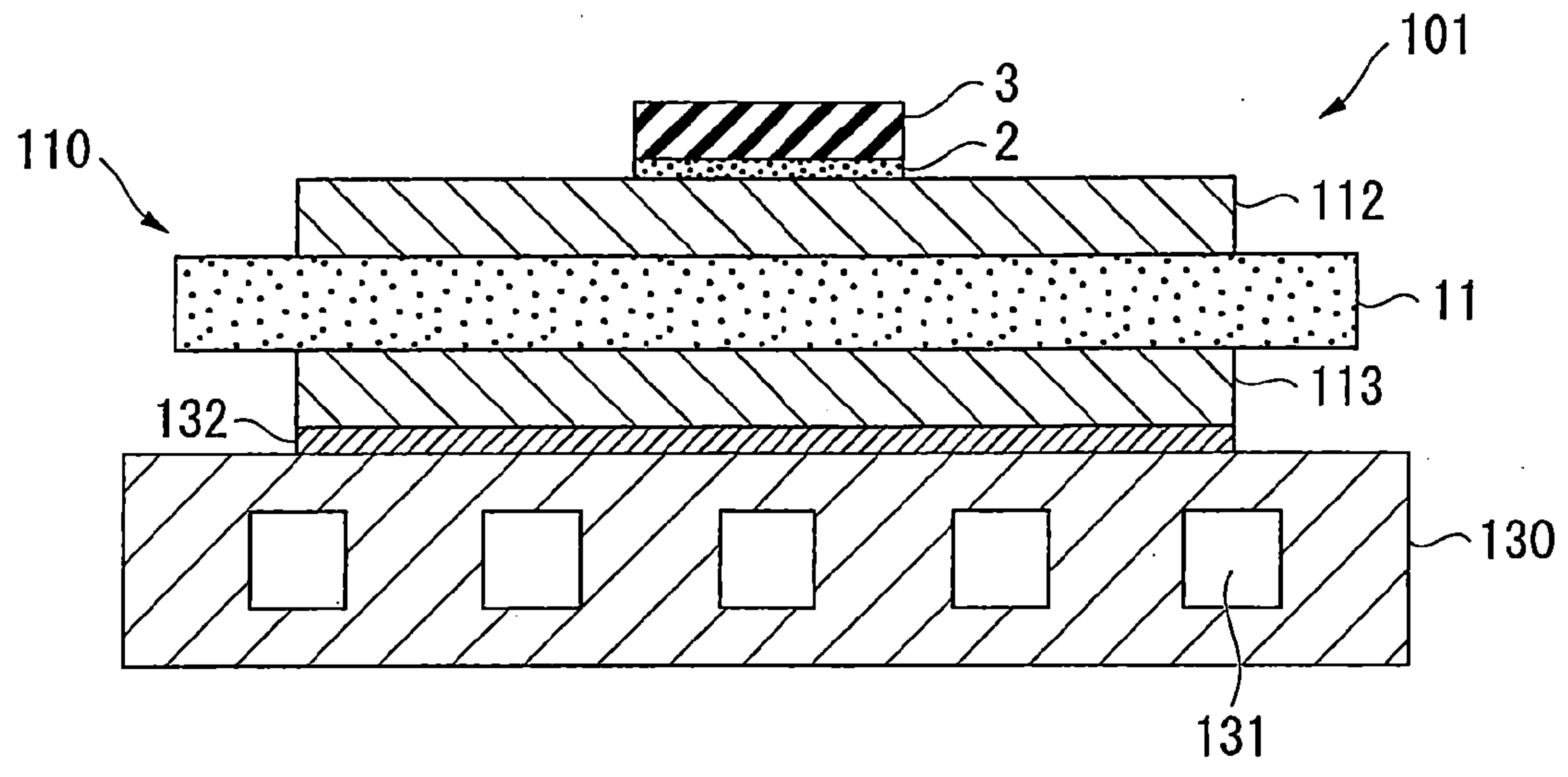


圖 7

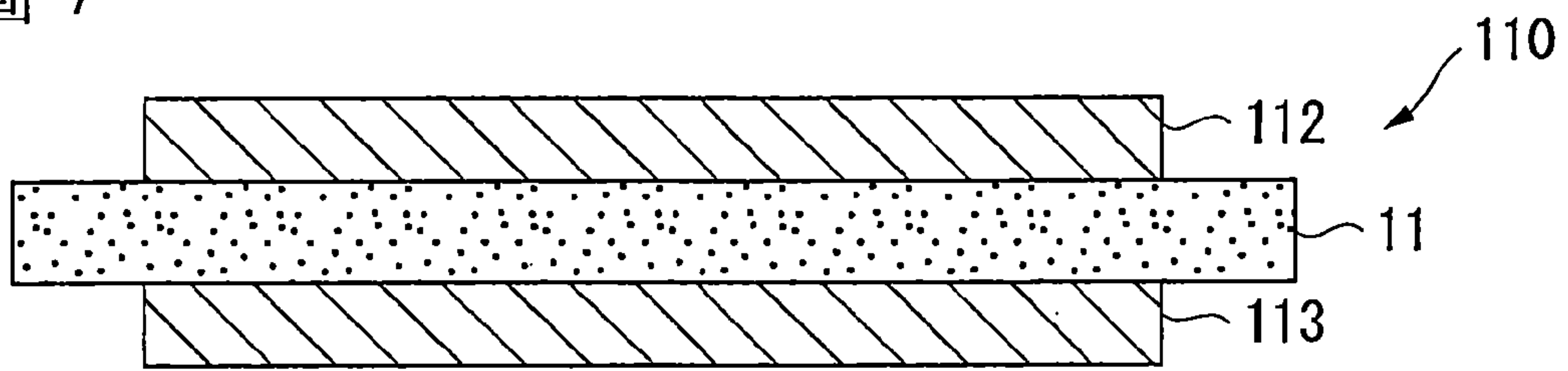


圖 8

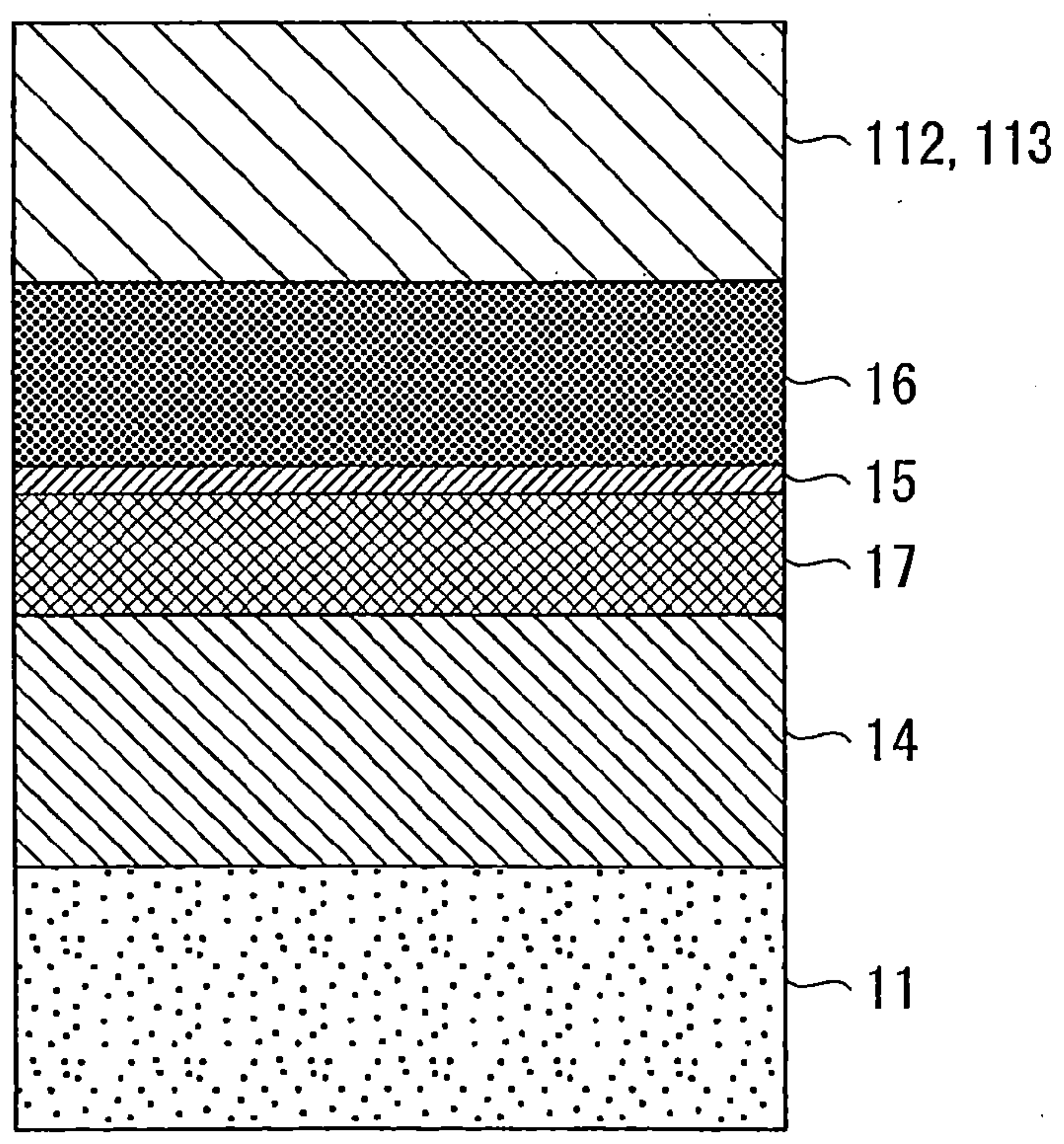


圖 9

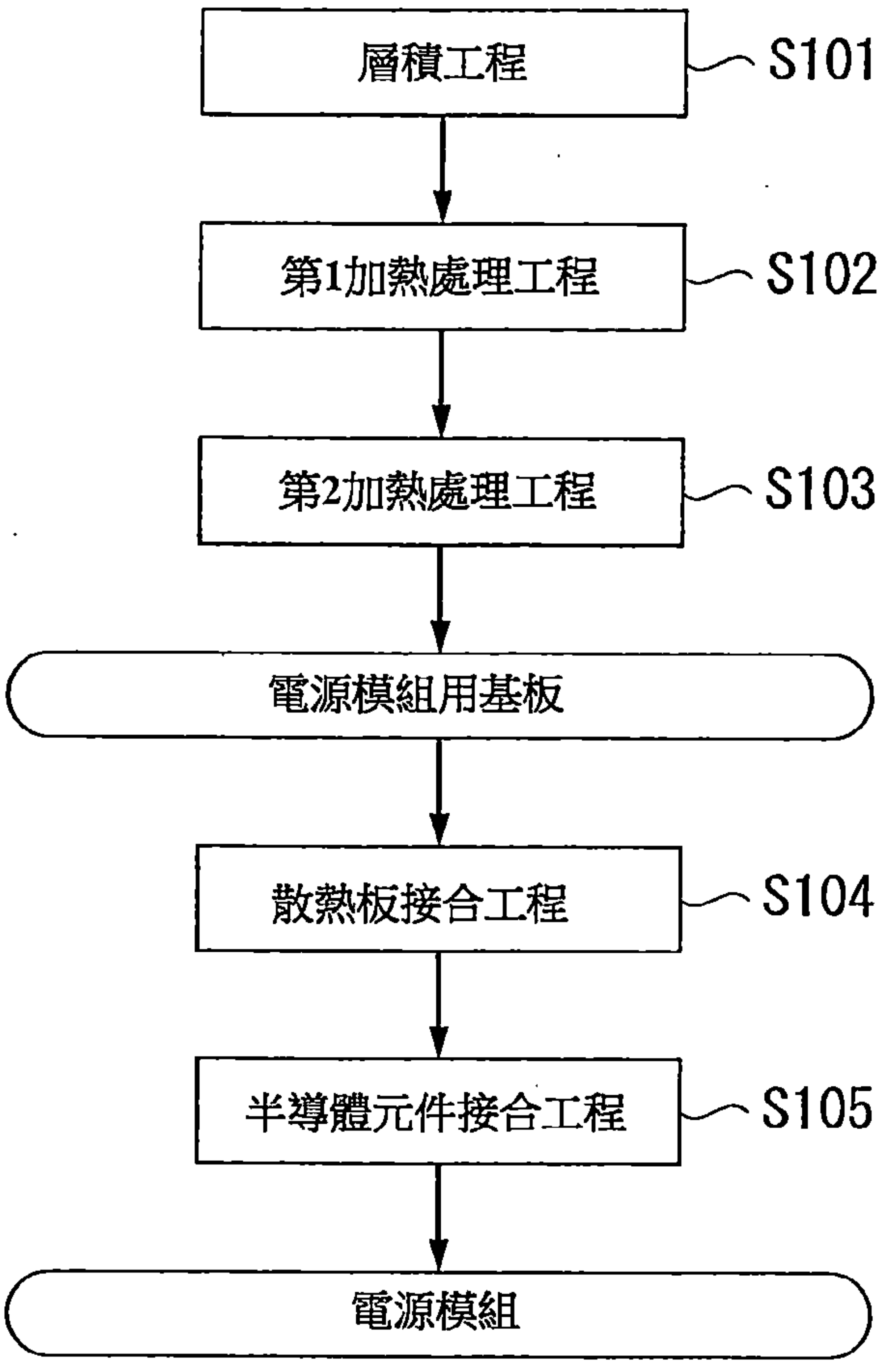


圖 10

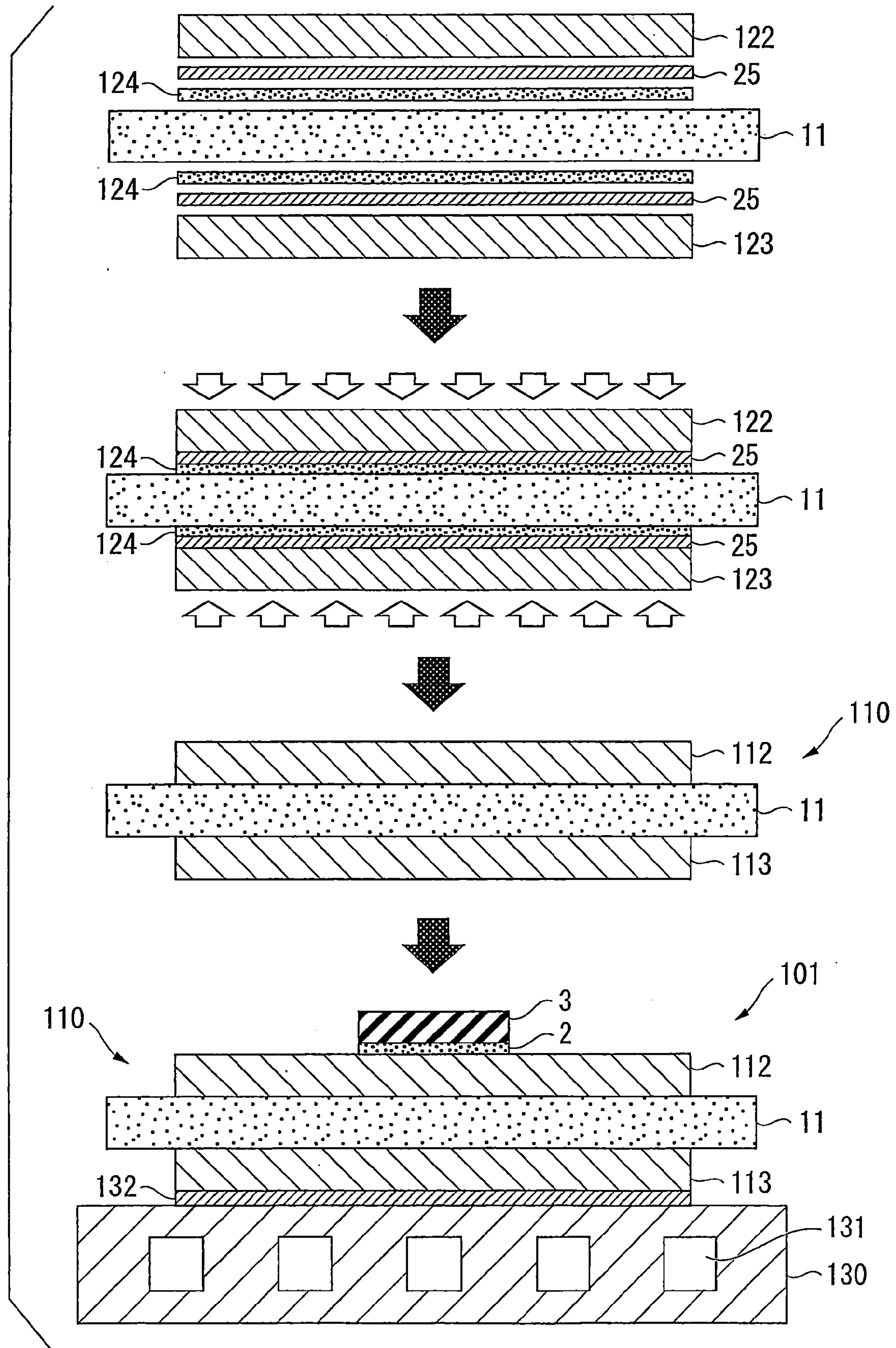


圖 11

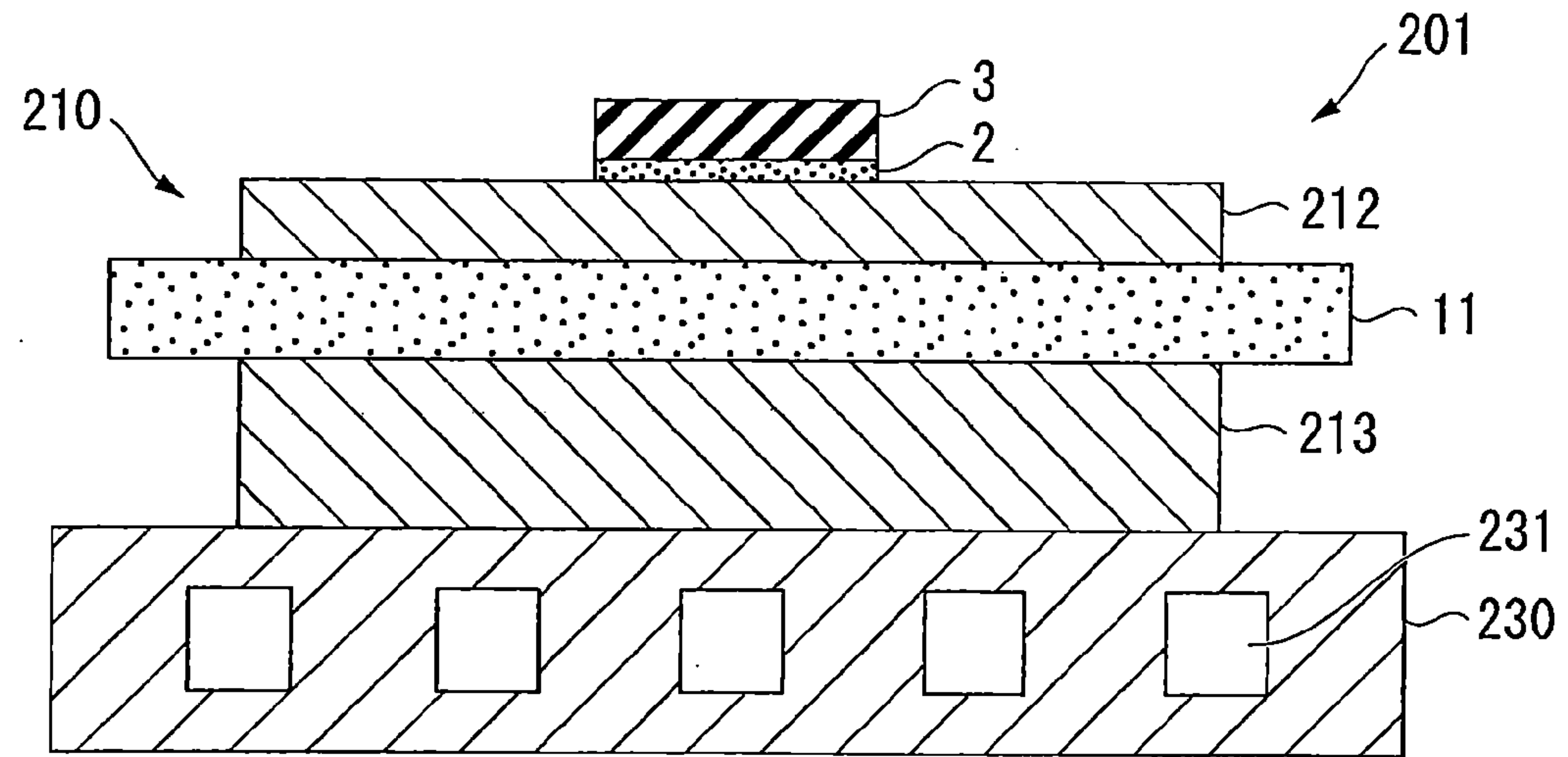


圖 12

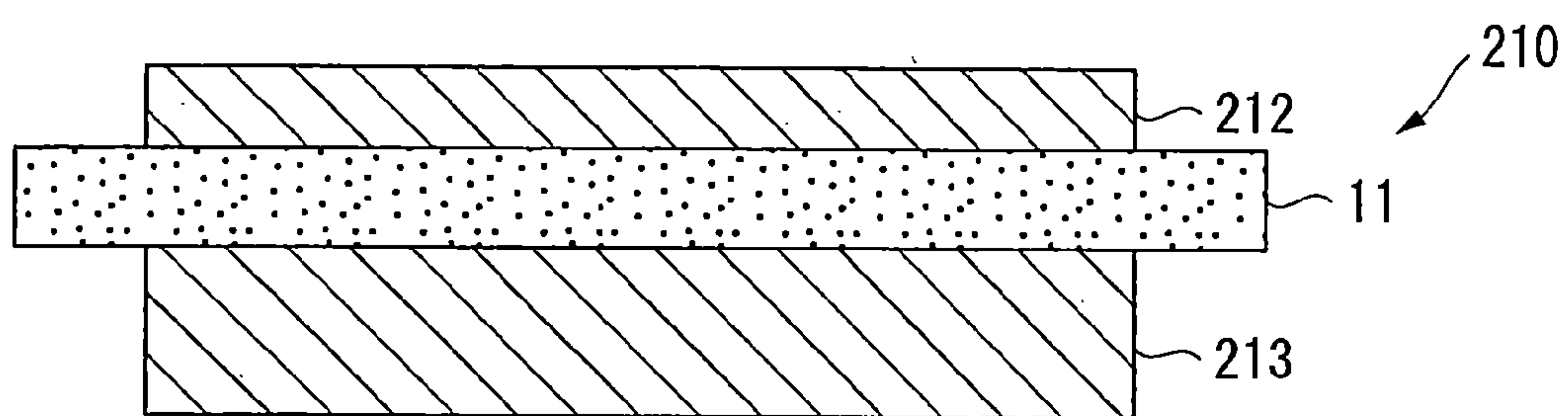


圖 13

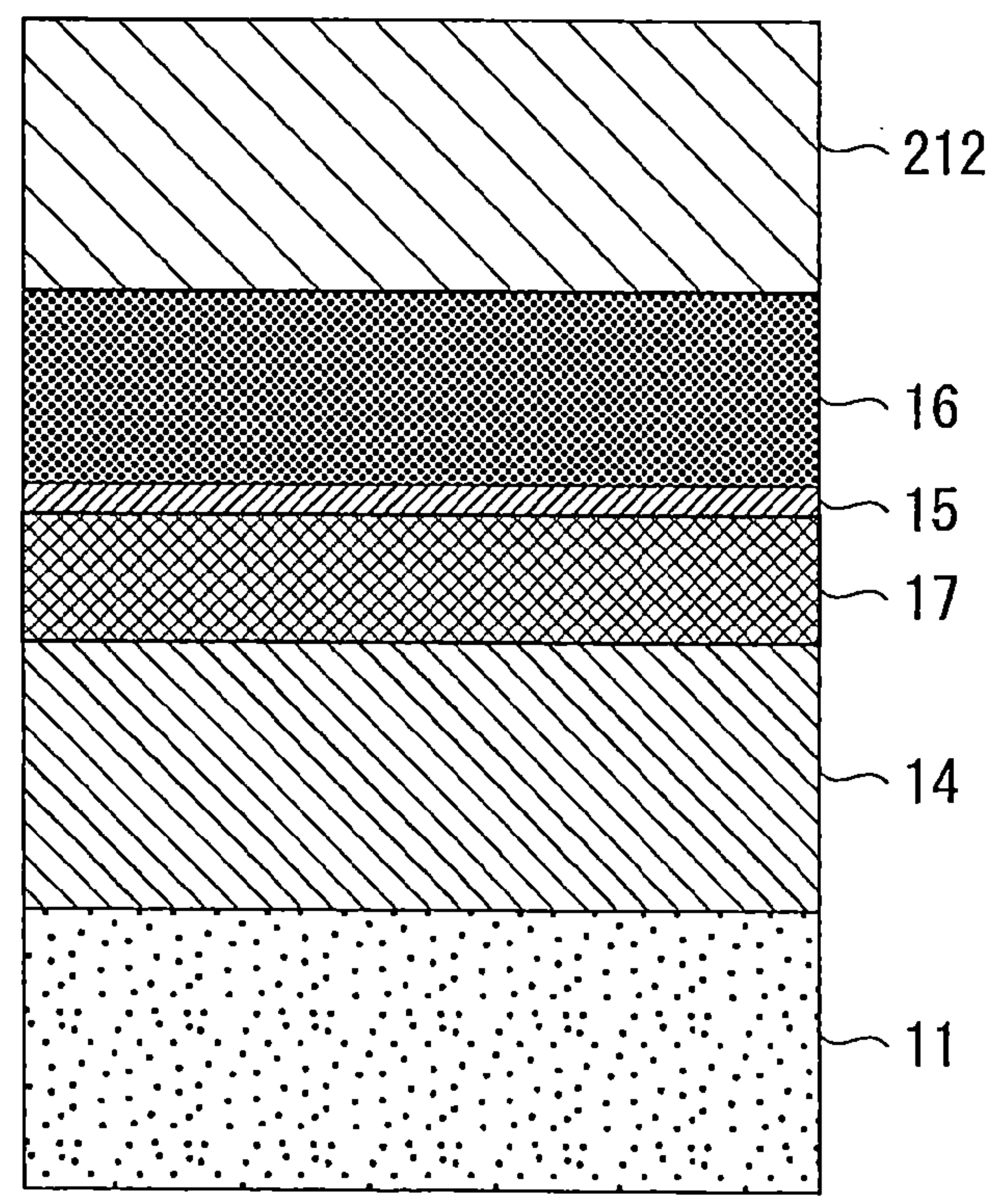


圖 14

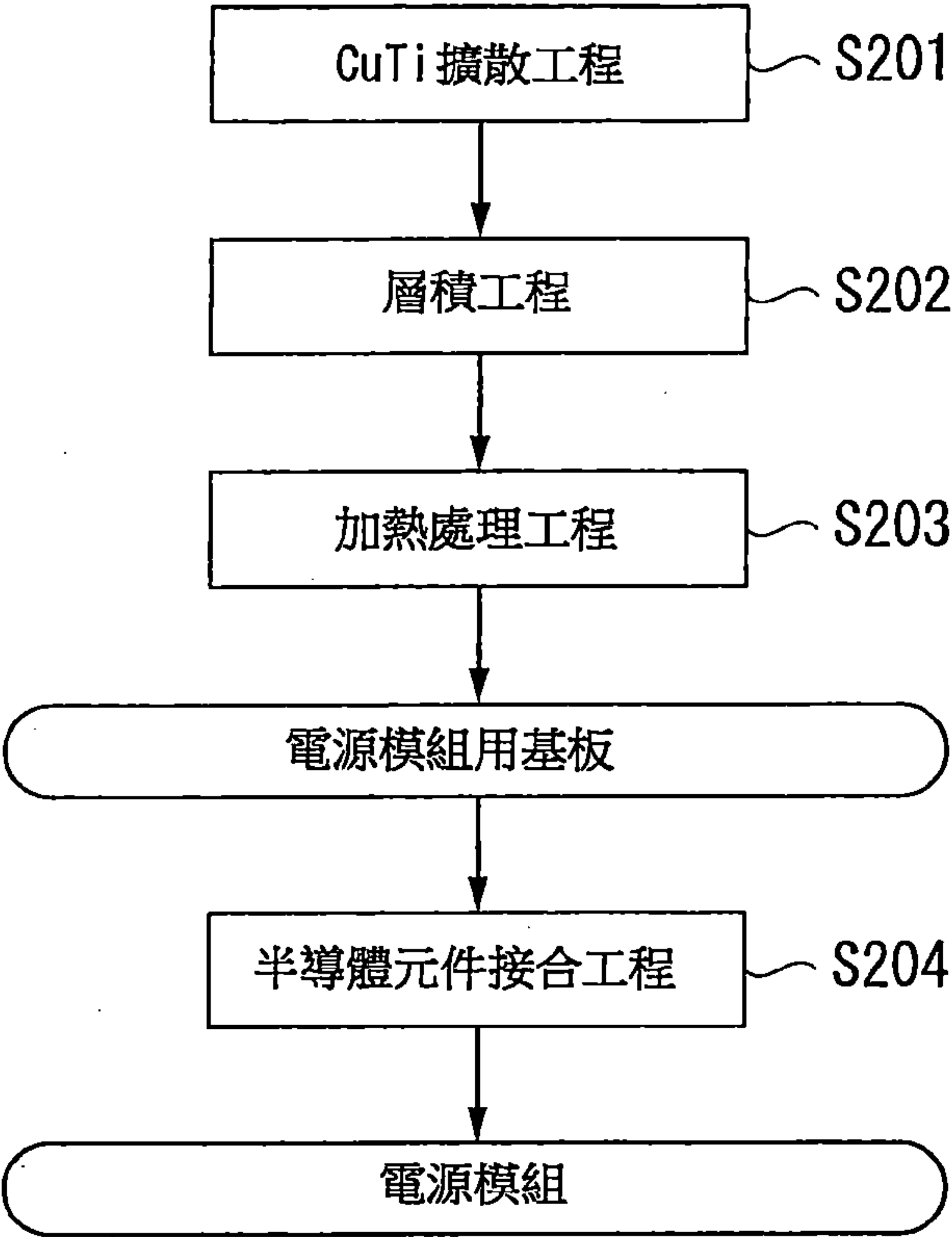


圖 15

