



(21)申請案號：110109526

(22)申請日：中華民國 110 (2021) 年 03 月 17 日

(51)Int. Cl. : H05K1/03 (2006.01)

(30)優先權：2020/03/18 日本 2020-047956

2021/03/12 日本 2021-040435

(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：櫻井晶 SAKURAI, AKIRA (JP)；寺崎伸幸 TERASAKI, NOBUYUKI (JP)

(74)代理人：林志剛

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：6 項 圖式數：6 共 36 頁

(54)名稱

絕緣電路基板

(57)摘要

本發明之絕緣電路基板(10)係於陶瓷基板(11)表面積層並接合由鋁或鋁合金所成之鋁板(12，13)，於鋁板(12，13)在與陶瓷基板(11)之接合界面固熔 Cu，於接合界面之 Cu 濃度 A 質量%與自接合界面朝向鋁板(12，13)側於厚度方向之 100 μ m 的位置之 Cu 濃度 B 質量%之比 B/A 為 0.30 以上 0.85 以下。

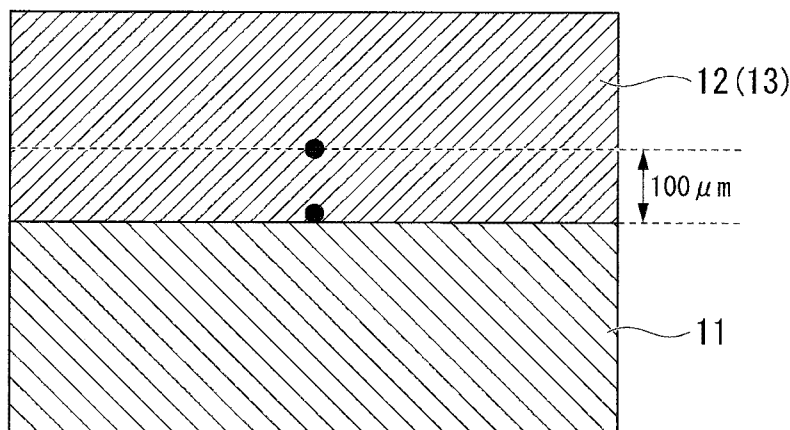
指定代表圖：

符號簡單說明：

11:陶瓷基板

12:電路層

13:金屬層



【圖 2】



202142060

【發明摘要】

【中文發明名稱】

絕緣電路基板

【中文】

本發明之絕緣電路基板(10)係於陶瓷基板(11)表面積層並接合由鋁或鋁合金所成之鋁板(12, 13)，於鋁板(12, 13)在與陶瓷基板(11)之接合界面固熔Cu，於接合界面之Cu濃度A質量%與自接合界面朝向鋁板(12, 13)側於厚度方向之100 μ m的位置之Cu濃度B質量%之比B/A為0.30以上0.85以下。

【指定代表圖】第(2)圖。

【代表圖之符號簡單說明】

11:陶瓷基板

12:電路層

13:金屬層

【特徵化學式】無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

絕緣電路基板

【技術領域】

【0001】本發明係有關接合陶瓷基板及由鋁或鋁合金所成之鋁板而成之絕緣電路基板者。

本申請案主張基於2020年3月18日於日本申請之特願2020-047956號及2021年3月12日於日本申請之特願2021-040435號之優先權，其內容援用於本文。

【先前技術】

【0002】電源模組、LED模組及熱電模組，係於絕緣電路基板接合功率半導體元件、LED元件及熱電元件之構造。於絕緣電路基板，於絕緣層的一面形成由導電材料所成之電路層。

又，於上述之絕緣電路基板中，亦提供於陶瓷基板之一面接合導電性優異之金屬板作成電路層，又於另一面接合散熱性優異之金屬板而形成金屬層之構造者。

再者，為了有效率將自搭載於電路層之元件產生之熱散熱，亦提供於絕緣電路基板之金屬層側接合散熱片之附散熱裝置之絕緣電路基板。

【0003】例如，專利文獻1所示之絕緣電路基板中，設為具備於陶瓷基板之一面形成由鋁板所成之電路層之同

時於另一面形成由鋁板所成之金屬層之絕緣電路基板及於該電路層上透過焊料材接合之半導體元件之構造。

此處，接合陶瓷基板與電路層及成為金屬層之鋁板時，通常使用 Al-Si 系焊料材。

【0004】此處，對上述絕緣電路基板，即使負荷冷熱循環時亦必須充分確保接合可靠度。

因此，於專利文獻 2 提案具有於陶瓷基板及鋁板之接合面之至少一者固著 Cu 而形成 Cu 層之步驟及於積層方向對經由該 Cu 層積層之陶瓷基板及鋁板加壓並加熱之步驟，而更強固地接合陶瓷基板與鋁板之技術。

該專利文獻 2 中，Cu 擴散至鋁板側，且自接合界面 50 μ m 以內之範圍內之 Cu 濃度為 0.05~5wt% 之範圍內，會於鋁板之寬度方向端部形成 Al 與 Cu 之共晶相，且接合可靠度優異。

【0005】不過，於最近提供半導體元件由 SiC 等構成，於比以往更高溫作動之高溫半導體裝置。

因此，上述之絕緣電路基板，要求即使於較以往更嚴苛之環境下使用，且負荷嚴酷的冷熱循環之情況下，亦可抑制陶瓷基板之破裂及電路層之變形等。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

【0006】

[專利文獻 1] 日本專利第 3171234 號公報

[專利文獻 2] 日本專利第 5359953 號公報

【發明內容】

[發明欲解決之課題]

【0007】本發明係鑒於前述之情形而完成者，目的在於提供即使負荷嚴苛的冷熱循環之情況，仍可抑制陶瓷基板之破裂及鋁板之變形等，且陶瓷基板及電路層之接合可靠度優異之絕緣電路基板。

[為解決課題之手段]

【0008】為了解決上述之課題，本發明一態樣之絕緣電路基板係於陶瓷基板表面積層並接合由鋁或鋁合金所成之鋁板而成之絕緣電路基板，其特徵係於前述鋁板在與前述陶瓷基板之接合界面固熔Cu，於前述接合界面之Cu濃度A質量%與自前述接合界面朝向前述鋁板側於厚度方向之100 μ m的位置之Cu濃度B質量%之比B/A為0.30以上0.85以下。

【0009】該絕緣電路基板具有陶瓷基板及由鋁或鋁合金所成之鋁板，並於前述陶瓷基板之表面積層前述鋁板並接合而成。

根據該構成之絕緣電路基板，前述鋁板之與前述陶瓷基板之接合界面側固熔Cu，於前述接合界面之Cu濃度A質量%與自前述接合界面朝向前述鋁板側於厚度方向之100 μ m的位置之Cu濃度B質量%之比B/A為0.30以上0.85以下。因此，Cu可充分地擴散至由鋁或鋁合金所成之鋁板之

內部，且於鋁板之接合界面附近形成Cu過飽和地固熔之區域。因此，可抑制於冷熱循環負荷後之鋁板之變形及鋁板內之破裂發生。

又，因Cu固熔至Al之母相中，並未形成較硬的Al-Cu之共晶相，可抑制陶瓷基板之破裂發生。

【0010】此處，本發明一態樣之絕緣電路基板於前述鋁板中，於自前述接合界面朝厚度方向 $100\mu\text{m}$ 之位置之Cu濃度B較佳為於0.04質量%以上0.96質量%以下之範圍內。

此情況，Cu可充分地擴散至由鋁板之內部，且於鋁板之接合界面附近形成Cu過飽和地固熔之區域。因此，可進一步抑制於冷熱循環負荷後之鋁板之變形及鋁板內之破裂發生。

【0011】再者，本發明一態樣之絕緣電路基板，將於 -65°C 保持5分鐘與於 150°C 保持5分鐘設為1循環之冷熱循環實施2000次後，前述鋁板之自前述接合界面於厚度方向至 $100\mu\text{m}$ 之區域，於前述鋁板之結晶粒界及結晶粒內析出包含Al與Cu之Al-Cu化合物粒子。

該情況，鋁板之接合界面附近藉由Al-Cu化合物粒子強化，可確實地抑制冷熱循環負荷後之鋁板之變形及鋁板內之破裂發生。

【0012】又，本發明一態樣有關之絕緣電路基板，自接合界面朝前述鋁板側於厚度方向 $50\mu\text{m}$ 之範圍內，將於 -65°C 保持5分鐘與於 150°C 保持5分鐘設為1循環之冷熱循環實施2000次後析出之前述Al-Cu化合物粒子之個數密度

較佳為於 0.50 個/ μm^2 以上 8.50 個/ μm^2 以下之範圍內。

該情況，自接合界面朝前述鋁板側於厚度方向 $50\mu\text{m}$ 之範圍內，將於 -65°C 保持5分鐘與於 150°C 保持5分鐘設為1循環之冷熱循環實施2000次後析出之前述Al-Cu化合物粒子之個數密度為 0.50 個/ μm^2 以上。因此，接合界面附近之鋁板之變形阻力提高，可進一步抑制鋁板之變形。又，前述Al-Cu化合物粒子之個數密度為 8.50 個/ μm^2 以下。因此，接合界面附近之鋁板不會過度變硬，可進一步抑制陶瓷基板之破裂。

【0013】再者，本發明一樣態之絕緣電路基板，將於 -65°C 保持5分鐘與於 150°C 保持5分鐘設為1循環之冷熱循環實施2000次後析出之前述Al-Cu化合物粒子之圓相當徑之平均較佳為於 30nm 以上 130nm 以下之範圍內。

該情況，將於 -65°C 保持5分鐘與於 150°C 保持5分鐘設為1循環之冷熱循環實施2000次後析出之前述Al-Cu化合物粒子之圓相當徑之平均於上述範圍內。因此，可充分析出強化接合界面附近之鋁板，可進一步抑制前述鋁板之變形。

【0014】又，本發明一態樣之絕緣電路基板，於前述鋁板與前述陶瓷基板之接合界面，自前述接合界面之寬度方向之端部朝向中心於 1mm 之範圍內之Al-Cu共晶相之面積率較佳為 30% 以下。

該情況，於前述鋁板與前述陶瓷基板接合界面，因Al-Cu共晶相之面積率限制於 30% 以下，故較硬的Al-Cu共

晶相較少，可抑制陶瓷基板之破裂發生。

[發明效果]

【0015】 根據本發明之一態樣，可提供即使於負荷嚴苛的冷熱循環之情況，仍可抑制陶瓷基板之破裂及電路層(金屬層)之變形等，且陶瓷基板與電路層(金屬層)之接合可靠度優異之絕緣電路基板。

【圖式簡單說明】

【0016】

[圖1]係使用本發明實施形態之絕緣電路基板之功率模組之概略說明圖。

[圖2]係本發明實施形態之絕緣電路基板之電路層(金屬層)與陶瓷基板之接合界面之放大說明圖。

[圖3]係本發明實施形態之絕緣電路基板之電路層(鋁板)及金屬層(鋁板)與陶瓷基板之接合界面之觀察照片。
(a)係冷熱循環負荷前，(b)係冷熱循環負荷後。

[圖4]係圖3(b)之放大照片。

[圖5]係顯示圖1所示之絕緣電路基板及功率模組之製造方法之流程圖。

[圖6]係顯示本發明實施形態之絕緣電路基板之製造方法之說明圖。

【實施方式】

【0017】以下，針對本發明之實施形態，參照隨附之圖式加以說明。

【0018】圖1顯示本發明實施形態之絕緣電路基板10及使用該絕緣電路基板10之功率模組1。

圖1所示之功率模組1具備：絕緣電路基板10、經由焊料層2接合於絕緣電路基板10之一側(於圖1中為上側)之半導體元件3、及配設於絕緣電路基板10之另一側(圖1為下側)之散熱片31。

【0019】焊料層2係設為例如Sn-Ag系、Sn-Cu系、Sn-In系或Sn-Ag-Cu系之焊料材(所謂無鉛焊料材)。

半導體元件3係具備半導體之電子零件，且根據需求之功能選擇各種半導體元件。

【0020】絕緣電路基板10如圖1所示，具備：陶瓷基板11、配設於該陶瓷基板11之一面(圖1中為上面)之電路層12、及形成於陶瓷基板11之另一面(圖1中為下面)之金屬層13。

【0021】陶瓷基板11係防止電路層12及金屬層13之間之電性連接者，且由絕緣性高的 Si_3N_4 (氮化矽)構成。又，陶瓷基板11之厚度設定於0.2mm以上1.5mm以下之範圍內，本實施形態設定為0.32mm。

【0022】電路層12係藉由於陶瓷基板11之一面接合由鋁或鋁合金所成之鋁板22而形成。

本實施形態中，電路層12係藉由將由純度99.99質量%以上之鋁(所謂4N鋁)之延壓板所成之鋁板22接合於陶瓷基

板 11 而形成。

【0023】金屬層 13 係藉由於陶瓷基板 11 之另一面接合鋁板 23 而形成。

本實施形態中，金屬層 13 與電路層 12 相同，係將由純度 99.99 質量 % 以上之鋁(所謂 4N 鋁)之延壓板所成之鋁板 23 接合於陶瓷基板 11 而形成。

【0024】散熱片 31 係為了將絕緣電路基板 10 側之熱散熱者。散熱片 31 係由熱傳導性良好之鋁或鋁合金構成，本實施形態中，係由 A6063 合金構成。該散熱片 31 之厚度係設定於 3mm 以上 10mm 以下之範圍內。

又，散熱片 31 與絕緣電路基板 10 之金屬層 13 係使用焊料材接合。

【0025】接著，本實施形態中，如圖 2 所示，電路層 12 及金屬層 13 中，於與陶瓷基板 11 之接合界面固熔 Cu，接合界面之 Cu 濃度 A 質量 % 與自接合界面朝電路層 12 及金屬層 13 側於厚度方向之 100 μ m 的位置之 Cu 濃度 B 質量 % 之比 B/A 為 0.30 以上 0.85 以下。

亦即，自接合界面朝電路層 12 及金屬層 13 側於厚度方向之 100 μ m 的位置，Cu 充分存在。

比 B/A 若未達 0.30，則接合界面強固而接合可靠度惡化，且 Cu 未充分擴散至電路層 12(金屬層 13)，有於電路層 12(金屬層 13)產生變形及破裂之虞。

比 B/A 若超過 0.85，則 Cu 過度擴散，電路層 12(金屬層 13)全體變硬，電路層無法緩和經受溫度循環之應力而有

產生破裂之虞。

且，於接合界面之Cu濃度A質量%與自接合界面朝電路層12及金屬層13側於厚度方向之100 μ m位置之Cu濃度B質量%之比B/A之上限，較佳為0.70以下，更佳為0.50以下。

【0026】此處，本實施形態中，電路層12及金屬層13中，自接合界面朝厚度方向於100 μ m之位置之Cu濃度B較佳為於0.04質量%以上0.96質量%以下之範圍內。

且，自接合界面朝厚度方向於100 μ m之位置之Cu濃度B之下限更佳為0.10質量%以上，又更佳為0.14質量%以上。另一方面，自接合界面朝厚度方向於100 μ m之位置之Cu濃度B之上限更佳為0.50質量%以下，又更佳為0.45質量%以下。

【0027】又，本實施形態中，於自電路層12及金屬層13與陶瓷基板11之接合界面之寬度方向之端部朝向中心於1mm之範圍內之Al-Cu共晶相之面積率較佳限制於30%以下。

且，於電路層12及金屬層13與陶瓷基板11之接合界面之Al-Cu共晶相之面積率更佳為20%以下，又更佳為17%以下。Al-Cu共晶相之面積率之下限值，可為0%，亦可為6.2%以上。

【0028】再者，本實施形態中，將於-65 $^{\circ}$ C保持5分鐘與於150 $^{\circ}$ C保持5分鐘設為1循環之冷熱循環實施2000次後，於自電路層12與金屬層13之接合界面朝厚度方向至

100 μm 為止之區域，較佳於電路層12及金屬層13之結晶粒界及結晶粒內析出包含Al及Cu之Al-Cu化合物粒子15。

【0029】此處，圖3及圖4中顯示本實施形態之絕緣電路基板10之電路層12及金屬層13與陶瓷基板11之接合界面之觀察結果。

如圖3(a)所示，於負荷冷熱循環前之狀態，於電路層12及金屬層13，不存在Al-Cu化合物粒子15，成為於Al之母相中固溶Cu之組織。

將於 -65°C 保持5分鐘與於 150°C 保持5分鐘設為1循環之冷熱循環實施2000次後，如圖3(b)及圖4所示，結晶粒細微化，於結晶粒界及結晶粒內確認到包含Al及Cu之Al-Cu化合物粒子15。

【0030】本實施形態中，於自接合界面朝電路層12及金屬層13側於厚度方向之 $50\mu\text{m}$ 之範圍內，將於 -65°C 保持5分鐘與於 150°C 保持5分鐘設為1循環之冷熱循環實施2000次後析出之Al-Cu化合物粒子15之個數密度較佳於0.50個/ μm^2 以上8.50個/ μm^2 以下之範圍內。

且，Al-Cu化合物粒子15之個數密度更佳為0.60個/ μm^2 以上，又更佳為0.75個/ μm^2 以上。又，Al-Cu化合物粒子15之個數密度更佳為8.30個/ μm^2 以下，又更佳為8.10個/ μm^2 以下。本實施形態中，以粒徑為 $0.01\mu\text{m}$ 以上 $2\mu\text{m}$ 以下之範圍內之Al-Cu化合物粒子為對象，算出個數密度。又，個數密度之計算中，粒子形狀非圓形之情況，以最短之部分(短徑)判斷為該粒子之粒徑。

【0031】再者，本實施形態中，將於 -65°C 保持5分鐘與於 150°C 保持5分鐘設為1循環之冷熱循環實施2000次後析出之Al-Cu化合物粒子15之圓相當徑之平均較佳於30nm以上130nm以下之範圍內。

且，Al-Cu化合物粒子15之圓相當徑之平均更佳為 $37\mu\text{m}$ 以上，又更佳為 $45\mu\text{m}$ 以上。Al-Cu化合物粒子15之圓相當徑之平均更佳為 $125\mu\text{m}$ 以下，又更佳為 $120\mu\text{m}$ 以下。

【0032】接著，針對製造本實施形態之絕緣電路基板10及功率模組1之方法，使用圖5及圖6加以說明。

【0033】

(Cu層形成步驟S01)

首先，如圖5及圖6所示，於作為電路層12之鋁板22及作為金屬層13之鋁板23與陶瓷基板11之接合面之至少一面形成Cu層26。本實施形態中，如圖6所示，於陶瓷基板11之兩面分別形成Cu層26。且，Cu層26之形成方法未特別限制，可適當使用濺鍍、蒸鍍、CVD、鍍敷、貼片、箔材等之既有之手段。

此處，於Cu層26之Cu固著量，較佳於 $0.08\text{mg}/\text{cm}^2$ 以上 $2.0\text{mg}/\text{cm}^2$ 以下之範圍內。

【0034】

(積層步驟S02)

其次，於陶瓷基板11之一面透過Cu層26積層作為電路層12之鋁板22，且於陶瓷基板11之另一面透過Cu層26積層作為金屬層13之鋁板23。

【 0035】

(接合步驟 S03)

接著，將作為電路層 12 之鋁板 22、陶瓷基板 11、作為金屬層 13 之鋁板 23 之積層體，以使用加壓裝置朝積層方向加壓之狀態裝入真空加熱爐，將鋁板 22 及陶瓷基板 11 接合而形成電路層 12，且將鋁板 23 與陶瓷基板 11 接合而形成金屬層 13。

【 0036】 此處，於接合步驟 S03，朝積層方向之加壓荷重係於 0.098MPa 以上 2.94MPa 以下之範圍內。

又，接合溫度設為 600°C 以上 650°C 以下之範圍內，於接合溫度之保持時間為 180 分鐘以下。

而且，自 Al 與 Cu 之共晶溫度 (548°C) 升溫至接合溫度之升溫速度設為 5°C / 分鐘以上 20°C / 分鐘以下之範圍內。

【 0037】 藉由如以上之步驟，製造本實施形態之絕緣電路基板 10。

【 0038】

(散熱片接合步驟 S04)

接著，於該絕緣電路基板 10 之金屬層 13 之另一側，透過焊料材積層散熱片 31，並以朝積層方向加壓絕緣電路基板 10 與散熱片 31 之狀態裝入真空加熱爐，接合金屬層 13 與散熱片 31。

【 0039】

(半導體元件接合步驟 S05)

接著，於電路層 12 之另一面，透過焊料材 (焊料層 12)

積層半導體元件3，並於加熱爐內予以焊接。

如上述，製造圖1所示之功率模組1。

【0040】 依據如以上構成之本實施形態的絕緣電路基板10，於電路層12及金屬層13與陶瓷基板11之接合界面側固熔Cu，且於接合界面之Cu濃度A質量%與自接合界面朝電路層12及金屬層13側於厚度方向之100 μ m位置之Cu濃度B質量%之比B/A為0.30以上0.85以下。因此，Cu可充分擴散至由鋁所成之電路層12及金屬層13之內部，並於電路層12及金屬層13之接合界面附近形成Cu過飽和固熔之區域。因此，強化電路層12及金屬層13，且可抑制於冷熱循環負荷後之電路層12及金屬層13之變形及於電路層12及金屬層13內之破裂發生。

【0041】 又，因Cu固熔於Al之母相中，故不形成較硬的Al-Cu共晶相，可抑制陶瓷基板11之破裂發生。

進而，本實施形態中，於自電路層12及金屬層13與陶瓷基板11之接合界面之寬度方向之端部朝向中心1mm之範圍內之Al-Cu共晶相之面積率為30%以下之情況，較硬的Al-Cu共晶相較少，可抑制陶瓷基板11之破裂發生。

【0042】 本實施形態中，於自電路層12及金屬層13之與陶瓷基板11之接合界面於厚度方向之100 μ m位置之Cu濃度B於0.04質量%以上0.96質量%以下之範圍內之情況，Cu充分地擴散至電路層12及金屬層13之內部，可更抑制冷熱循環負荷後之電路層12及金屬層13之變形及於電路層12及金屬層13內之破裂發生。

【0043】本實施形態中，將於 -65°C 保持5分鐘與於 150°C 保持5分鐘設為1循環之冷熱循環實施2000次後，自電路層12及金屬層13之與陶瓷基板11之接合界面於厚度方向至 $100\mu\text{m}$ 之區域，於電路層12及金屬層13之結晶粒界及結晶粒內析出包含Al及Cu之Al-Cu化合物粒子15之情況，電路層12及金屬層13之與陶瓷基板11之接合界面附近因Al-Cu化合物粒子15而被強化。因此，可確實抑制於冷熱循環負荷後之電路層12及金屬層13之變形及電路層12及金屬層13內之破裂發生。

【0044】本實施形態，自接合界面朝電路層12及金屬層13側於厚度方向 $50\mu\text{m}$ 之範圍內，將於 -65°C 保持5分鐘與於 150°C 保持5分鐘設為1循環之冷熱循環實施2000次後析出Al-Cu化合物粒子之個數密度於 0.50 個/ μm^2 以上 8.50 個/ μm^2 以下之範圍內之情況，電路層12及金屬層13之接合界面附近之變形阻力提高，可更抑制電路層12及金屬層13之變形。進而，電路層12及金屬層13之接合界面附近不會過度變硬，可更抑制陶瓷基板11之破裂。

【0045】本實施形態中，Al-Cu化合物粒子15之圓相當徑之平均為 30nm 以上 130nm 以下之範圍內之情況，可充分地析出強化電路層12及金屬層13之接合界面附近部分，可更抑制電路層12及金屬層13之變形。

【0046】以上，雖針對本發明之實施形態加以說明，但本發明不限定於此，可於不脫離本發明之技術要件之範圍內適宜變更。

例如，於本實施形態，雖以氮化矽構成陶瓷基板者予以說明，但不限定於此，可為以氧化鋁構成，亦可為以氮化鋁構成。

【0047】又，於本實施形態，雖以於絕緣電路基板之電路層搭載功率半導體元件構成功率模組者加以說明，但不限定於此。例如，可於絕緣電路基板搭載LED元件構成LED模組，亦可於絕緣電路基板之電路層搭載熱電元件構成熱電模組。

【0048】又，於本實施形態，雖以絕緣電路基板(金屬層)與散熱片藉由焊接而接合者予以說明，但不限定於此，亦可適用固相擴散接合、TLP等之其他接合方法。

再者，於本實施形態，雖將散熱片以由鋁所成者予以說明，但不限定於此，可為以銅等構成，亦可為於內部具備供流通冷卻媒介之流路者。又，於散熱片與絕緣電路基板之間，亦可設置例如由4N-鋁所成之緩衝層。

[實施例]

【0049】以下，針對進行欲確認本發明效果之確認實驗之結果加以說明。

【0050】

(實施例1)

準備表1所示之陶瓷基板(40mm×40mm)，於該陶瓷基板之一面及另一面，藉由濺鍍法形成Cu層。此時之Cu固著量示於表1。

接著，於陶瓷基板之一面透過Cu層積層由4N鋁所成之鋁板(37mm×37mm×厚度(t)0.4mm)，於陶瓷基板之另一面透過Cu層積層由4N鋁所成之鋁板(37mm×37mm×厚度(t)0.4mm)。

【0051】接著，依表1所示之條件，接合鋁板與陶瓷基板，製造絕緣電路基板。且，表1記載之升溫速度，係自Al與Cu之共晶溫度(548℃)升溫至接合溫度之升溫速度。

於所得之絕緣電路基板之金屬層透過由4N-鋁(厚度0.9mm)之緩衝層接合散熱片(50mm×60mm，厚度5mm之鋁板(A6063))，獲得附散熱片絕緣電路基板。且，金屬層與緩衝層之接合及緩衝層與散熱片之接合，係藉由使用Al-Si箔之焊接進行。

【0052】針對所得之附散熱片絕緣電路基板，評價於鋁板之接合界面之Cu濃度A、自接合界面朝鋁板內部於100μm之位置之Cu濃度B、初期接合率、冷熱循環試驗後之Al-Cu化合物粒子有無、冷熱循環試驗後之接合率、冷熱循環試驗後之基板破裂有無。

【0053】

(Cu濃度A、Cu濃度B)

將附散熱片絕緣電路基板沿積層方向之斷面切斷，於基板之寬度方向中央之斷面，使用電子束微分析器(日本電子公司製JXA-8530F)，以倍率500倍，加速電壓15kV之條件，於接合界面與自接合界面於積層方向之100μm位置

對Cu進行定量分析。於觀察區域中，於接合界面及自接合界面於積層方向之100 μm 之位置，分別求得5點之Cu濃度及其平均值，獲得於接合界面之Cu濃度A(質量%)，自接合界面於100 μm 之位置之Cu濃度B(質量%)。以此時Al與Cu之濃度(質量%)之合計設為100之方式，算出Cu濃度。

【0054】

(初期接合率)

評價鋁板與陶瓷基板之接合率。具體來說，於附散熱片絕緣電路基板中，關於鋁板與陶瓷基板之界面之接合率係使用超音波探傷器(日立Power Solutions股份有限公司製FineSAT200)評價，並由下式算出。此處，所謂初期接合面積係於接合前應接合之面積，亦即電路層之面積。於超音波探傷像經二值化處理之圖像中，因以接合部內之白色部表示剝離，故將該白色部之面積作為剝離面積(非接合部面積)。

(接合率) = {((初期接合面積) - (非接合部面積)) / (初期接合面積)} $\times 100$

【0055】

(冷熱循環試驗)

使用冷熱衝擊試驗機ESPEC公司製TSB-51，對附散熱片絕緣電路基板，於液槽(Fluorinert)，實施-65 $^{\circ}\text{C}$ \times 5分鐘 \leftrightarrow 150 $^{\circ}\text{C}$ \times 5分鐘冷熱循環2000次。

【0056】

(冷熱循環試驗後之Al-Cu化合物粒子之有無)

針對上述冷熱循環後之附散熱片絕緣電路基板，朝積層方向切斷，接著於基板之寬度方向中央之斷面，使用掃描型電子顯微鏡(Carl Zeiss公司製 Gemini SEM 500)，以倍率5000倍，加速電壓5.0kV之條件，觀察包含鋁板及陶瓷基板之接合接面之區域(17 μ m \times 23 μ m)。

藉由該觀察，取得SEM圖像及Cu、Al之元素MAP。觀察於SEM像中以白色被觀察到之粒狀之區域，且，該區域中Cu與Al共存之情況，評價為「有」(存在)Al-Cu化合物粒子。

接著觀察自鋁板之接合界面於厚度方向至100 μ m之區域，評價Al-Cu化合物粒子之有無。

【0057】

(冷熱循環試驗後之接合率)

對冷熱循環試驗後之附散熱片絕緣電路基板，使用如上述之超音波探傷裝置(日立Power Solutions股份有限公司製FineSAT200)評價，算出接合率。

【0058】

(冷熱循環試驗後之基板之破裂有無)

對冷熱循環試驗後之附散熱片絕緣電路基板，使用超音波探傷裝置(日立Power Solutions股份有限公司製FineSAT200)評價基板之破裂有無。確認到電路層、金屬層、陶瓷基板之任一者破裂之情況評價為「有」(有破裂)。

【0059】

【表 1】

	陶瓷基板		Cu 固著量 (mg/cm ²)	接合步驟			
	材質	厚度 (mm)		荷重 (MPa)	升溫速度 (°C/分)	接合溫度 (°C)	保持時間 (min)
本發明例 1	Si ₃ N ₄	0.32	0.36	0.490	5	650	25
本發明例 2	Si ₃ N ₄	0.32	0.36	0.980	10	640	30
本發明例 3	Si ₃ N ₄	0.32	1.79	0.980	15	600	100
本發明例 4	Al ₂ O ₃	0.635	0.89	0.196	5	630	60
本發明例 5	Al ₂ O ₃	0.635	0.09	0.098	20	640	180
本發明例 6	AlN	0.635	0.18	0.196	10	650	45
本發明例 7	AlN	0.635	0.89	0.490	20	620	60
本發明例 8	AlN	0.635	0.72	0.196	15	640	120
比較例 1	AlN	0.635	0.36	0.490	10	630	20
比較例 2	Si ₃ N ₄	0.32	0.89	0.196	15	620	20
比較例 3	AlN	0.635	0.72	0.490	10	610	30
比較例 4	Al ₂ O ₃	0.635	0.09	0.196	5	640	15

【 0060】

【表 2】

	接合界面之 Cu濃度A (質量%)	100 μ m 位置之 Cu濃度B (質量%)	B/A	初期 接合率 (%)	冷熱循環試驗		
					Al-Cu化合物 粒子之有無	接合率 (%)	基板之破裂 有無
本發明例 1	0.48	0.16	0.33	99.8	有	98.6	無
本發明例 2	0.48	0.15	0.31	99.1	有	97.5	無
本發明例 3	1.98	0.95	0.48	99.0	有	96.7	無
本發明例 4	0.95	0.49	0.51	97.9	有	95.1	無
本發明例 5	0.05	0.04	0.83	97.3	有	93.2	無
本發明例 6	0.18	0.10	0.54	97.9	有	95.8	無
本發明例 7	1.03	0.45	0.43	99.9	有	96.6	無
本發明例 8	0.48	0.36	0.74	98.5	有	94.6	無
比較例 1	0.25	0.22	0.86	99.1	有	80.8	有
比較例 2	1.79	0.14	0.08	97.0	無	88.9	有
比較例 3	1.30	0.16	0.13	99.6	無	88.0	有
比較例 4	0.17	0.02	0.10	97.3	無	82.9	有

【0061】比較例1~4中，於接合界面之Cu濃度A質量%與自接合界面朝鋁板側於厚度方向之100 μ m位置之Cu濃度B質量%之比B/A係未達0.30或超過0.85。比較例1~4中，冷熱循環試驗後之接合率較低，且於冷熱循環試驗後見到基板破裂。

【0062】相對於此，本發明例1~8中，於接合界面之Cu濃度A質量%與自接合界面朝鋁板側於厚度方向之100 μ m位置之Cu濃度B質量%之比B/A為0.30以上0.85以下。本發明例1~8中，即使於冷熱循環試驗後接合率仍十分高，且未見到基板破裂。

【0063】

(實施例2)

準備表3所示之陶瓷基板(40mm \times 40mm)，並於該陶瓷基板之一面及另一面，藉由濺鍍法形成Cu層。此時之Cu固著量示於表3。

接著，於陶瓷基板之一面透過Cu層積層由4N鋁所成之鋁板(37mm \times 37mm \times 厚度(t)0.4mm)，於陶瓷基板之另一面透過Cu層積層由4N鋁所成之鋁板(37mm \times 37mm \times 厚度(t)0.4mm)。

接著，以表3所示之條件，接合鋁板與陶瓷基板，製造絕緣電路基板。

【0064】對所得之絕緣電路基板，以與實施例1相同之順序評價於鋁板之接合界面之Cu濃度A、自接合界面朝鋁板之內部於100 μ m之位置之Cu濃度B、初期接合率、冷

熱循環試驗後之接合率、冷熱循環試驗後之基板之破裂有無。

又，如以下評價接合界面之 Al-Cu 共晶相之面積率、冷熱循環試驗後之 Al-Cu 化合物粒子之個數密度、Al-Cu 化合物粒子之圓相當徑之平均。

【0065】

(接合界面之 Al-Cu 共晶相之面積率)

於接合界面，藉由掃描型電子顯微鏡 (Carl Zeiss 公司製 Gemini SEM 500) 獲得自寬度方向之端部向中心 1mm 之範圍之 BSE 像，將該 BSE 像進行 2 值化處理。求得 Al-Cu 共晶相之面積，及自接合界面端部至 1mm 之範圍之面積，並由以下之式，算出接合界面之 Al-Cu 共晶相之面積率。

$$(\text{Al-Cu 共晶相之面積率}) = \{(\text{Al-Cu 共晶相之面積}) / (\text{自端部朝中心至 1mm 之面積})\} \times 100$$

【0066】

(冷熱循環試驗後之 Al-Cu 化合物粒子之個數密度)

對上述冷熱循環試驗後之絕緣電路基板，於積層方向切斷。接著，於基板之寬度方向中央之斷面，藉由上述方法確認 Al-Cu 化合物粒子之有無。確認到 Al-Cu 化合物粒子之區域 (自接合界面朝鋁板側於厚度方向之 50 μm 之範圍內)，藉由掃描型電子顯微鏡 (Carl Zeiss 公司製 Gemini SEM 500)，取得 1000 倍之 ASB 像，並以使 Al-Cu 化合物粒子呈白色之方式將 ASB 像二值化。

接著，量測 Al-Cu 化合物粒子之個數，藉由除以測定

範圍之面積，算出個數密度。且，個數密度係以粒徑為 $0.01\mu\text{m}$ 以上 $2\mu\text{m}$ 以下之範圍內之Al-Cu化合物粒子為對象而算出。又，粒子形狀非圓形之情況，將最短之部分(短徑)判斷為該粒子之粒徑。進而，粒子之一部份於測定範圍外等，粒子之形狀不明之情況，排除該粒子進行量測。

【0067】

(冷熱循環試驗後之Al-Cu化合物粒子之圓相當徑之平均)

與個數密度之測定法相同，將ASB像二值化。接著，求出測定區域內之各Al-Cu化合物粒子之面積，由該面積算出圓相當徑，求出圓相當徑之平均值。該平均值示於表4。且求出面積時，粒子之一部分於測定範圍外等，無法求得面積之情況，則排除該粒子。

【0068】

【表 3】

	陶瓷基板		Cu 固著量 (mg/cm ²)	接合步驟			
	材質	厚度 (mm)		荷重 (MPa)	升溫速度 (°C/分)	接合溫度 (°C)	保持時間 (min)
本發明例 11	Si ₃ N ₄	0.32	0.18	0.980	5	620	60
本發明例 12	Si ₃ N ₄	0.32	1.79	0.196	15	640	30
本發明例 13	Si ₃ N ₄	0.32	0.36	0.588	15	650	45
本發明例 14	Al ₂ O ₃	0.635	0.89	0.294	5	640	60
本發明例 15	Al ₂ O ₃	0.635	0.18	0.588	20	630	45
本發明例 16	AlN	0.635	0.89	0.392	20	610	60
本發明例 17	AlN	0.635	0.36	0.098	10	650	30
本發明例 18	AlN	0.635	0.72	0.490	15	630	100

【 0069】

【表 4】

	冷熱循環試驗								
	接合界面之 Cu濃度A (質量%)	100 μ m 位置之 Cu濃度B (質量%)	B/A	Al-Cu 共晶相之 面積率 (%)	初期 接合率 (%)	Al-Cu化合物粒子		接合率 (%)	基板之破裂 有無
						個數密度 (個/ μ m ²)	圓相當徑 (nm)		
本發明例 11	0.51	0.21	0.41	16.9	98.7	2.40	101	98.0	無
本發明例 12	1.88	0.64	0.34	32.0	98.2	7.80	46	96.6	無
本發明例 13	0.23	0.12	0.52	19.0	99.4	0.72	117	99.4	無
本發明例 14	0.94	0.57	0.61	22.5	99.8	8.70	27	94.5	無
本發明例 15	0.57	0.23	0.40	6.2	98.7	8.10	37	99.5	無
本發明例 16	1.03	0.48	0.47	12.7	99.2	0.47	133	92.7	無
本發明例 17	0.39	0.14	0.36	8.6	99.3	0.64	124	98.4	無
本發明例 18	0.51	0.37	0.73	26.2	99.1	8.40	31	98.2	無

【0070】本發明例11、13、15、17、18中，於自接合界面朝鋁板側於厚度方向之 $50\mu\text{m}$ 之範圍內，將於 -65°C 保持5分鐘與於 150°C 保持5分鐘設為1循環之冷熱循環實施2000次後析出之Al-Cu化合物粒子之個數密度於 0.50 個/ μm^2 以上 8.50 個/ μm^2 以下之範圍內。前述Al-Cu化合物粒子之圓相當徑之平均於 30nm 以上 130nm 以下之範圍內。於鋁板與陶瓷基板之接合界面，自接合界面寬度方向之端部朝向中心於 1mm 之範圍內之Al-Cu共晶相之面積率為 30.0% 以下。即使於冷熱循環試驗後接合率仍十分高，且未確認到基板破裂。

【0071】又，於本發明例12，Al-Cu共晶相之面積率為 32.0% 。於本發明例14，冷熱循環試驗後之Al-Cu化合物粒子之個數密度為 8.70 個/ μm^2 ，且Al-Cu化合物粒子之圓相當徑為 27nm 。於本發明例16，冷熱循環試驗後之Al-Cu化合物粒子之個數密度為 0.47 個/ μm^2 ，且Al-Cu化合物粒子之圓相當徑為 133nm 。與該等本發明例12、14、16相比，本發明例11、13、15、17、18，Al-Cu共晶相之面積率為 30.0% 以下，冷熱循環試驗後之Al-Cu化合物粒子之個數密度為 0.50 個/ μm^2 以上 8.50 個/ μm^2 以下之範圍內，且Al-Cu化合物粒子之圓相當徑為 30nm 以上 130nm 以下之範圍內。與本發明例12、14、16相比，本發明例11、13、15、17、18確認接合率更優異。

【0072】從本實施例之結果，依據本發明例，確認即使負荷嚴苛的冷熱循環試驗之情況，仍可抑制陶瓷基板之

破裂及電路層(金屬層)之變形等，可提供陶瓷基板與電路層之接合可靠度優異之絕緣電路基板。

[產業上之可利用性]

【0073】本實施形態之絕緣電路基板可較佳地適用於功率模組、LED模組及熱電模組。

【符號說明】

【0074】

1:電源模組

2:焊料層

3:半導體元件

10:絕緣電路基板

11:陶瓷基板

12:電路層

13:金屬層

15:Al-Cu化合物粒子

22,23:鋁板

26:Cu層

31:散熱片

【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種絕緣電路基板，其係於陶瓷基板表面積層並接合由鋁或鋁合金所成之鋁板而成之絕緣電路基板，其特徵係

於前述鋁板在與前述陶瓷基板之接合界面固熔Cu，於前述接合界面之Cu濃度A質量%與自前述接合界面朝向前述鋁板側於厚度方向之100 μm 的位置之Cu濃度B質量%之比B/A為0.30以上0.85以下。

【請求項2】如請求項1之絕緣電路基板，其中前述鋁板中，自前述接合界面於厚度方向之100 μm 的位置之Cu濃度B為0.04質量%以上0.96質量%以下之範圍內。

【請求項3】如請求項1或2之絕緣電路基板，其中將於-65 $^{\circ}\text{C}$ 保持5分鐘與於150 $^{\circ}\text{C}$ 保持5分鐘設為1循環之冷熱循環實施2000次後，前述鋁板之自前述接合界面於厚度方向至100 μm 之區域，於前述鋁板之結晶粒界及結晶粒內析出包含Al與Cu之Al-Cu化合物粒子。

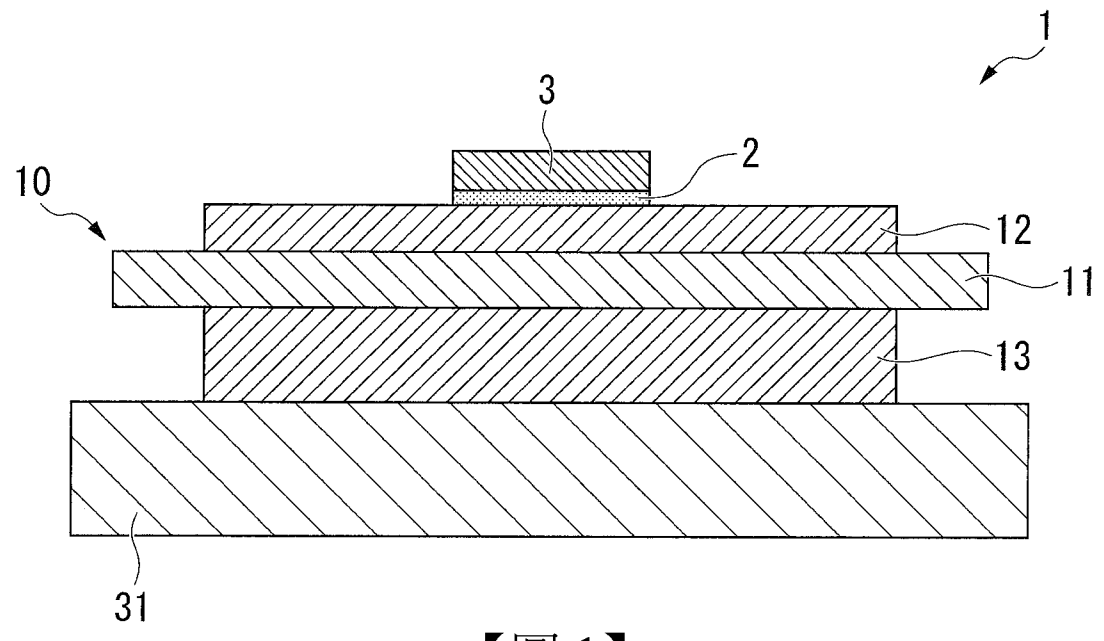
【請求項4】如請求項3之絕緣電路基板，其中自前述接合界面朝向鋁板側於厚度方向之50 μm 之範圍內，將於-65 $^{\circ}\text{C}$ 保持5分鐘與於150 $^{\circ}\text{C}$ 保持5分鐘設為1循環之冷熱循環實施2000次後析出之前述Al-Cu化合物粒子之個數密度為0.50個/ μm^2 以上8.50個/ μm^2 以下之範圍內。

【請求項5】如請求項3或4之絕緣電路基板，其中將於-65 $^{\circ}\text{C}$ 保持5分鐘與於150 $^{\circ}\text{C}$ 保持5分鐘設為1循環之冷熱循環實施2000次後析出之前述Al-Cu化合物粒子之圓相當

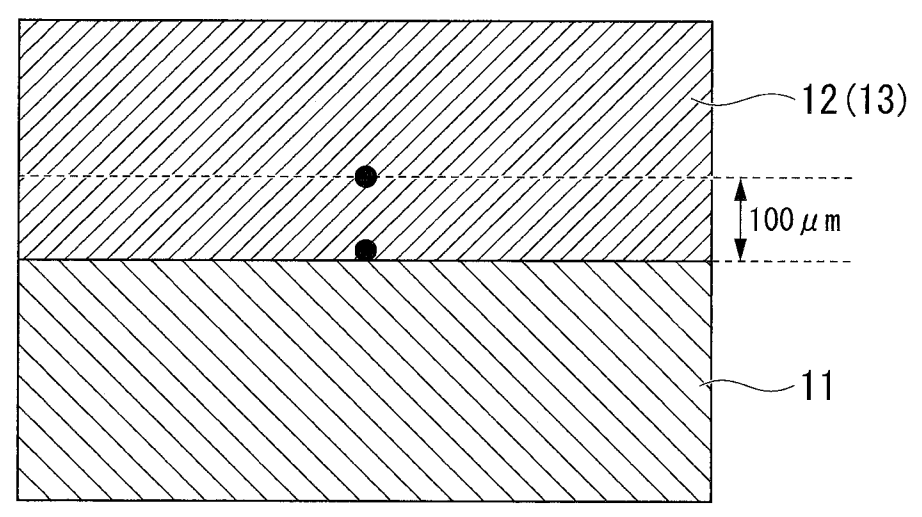
徑之平均為30nm以上130nm以下之範圍內。

【請求項6】如請求項1至5中任一項之絕緣電路基板，其中於前述鋁板與前述陶瓷基板之接合界面，自前述接合界面之寬度方向端部朝向中心於1mm之範圍內之Al-Cu共晶相之面積率為30%以下。

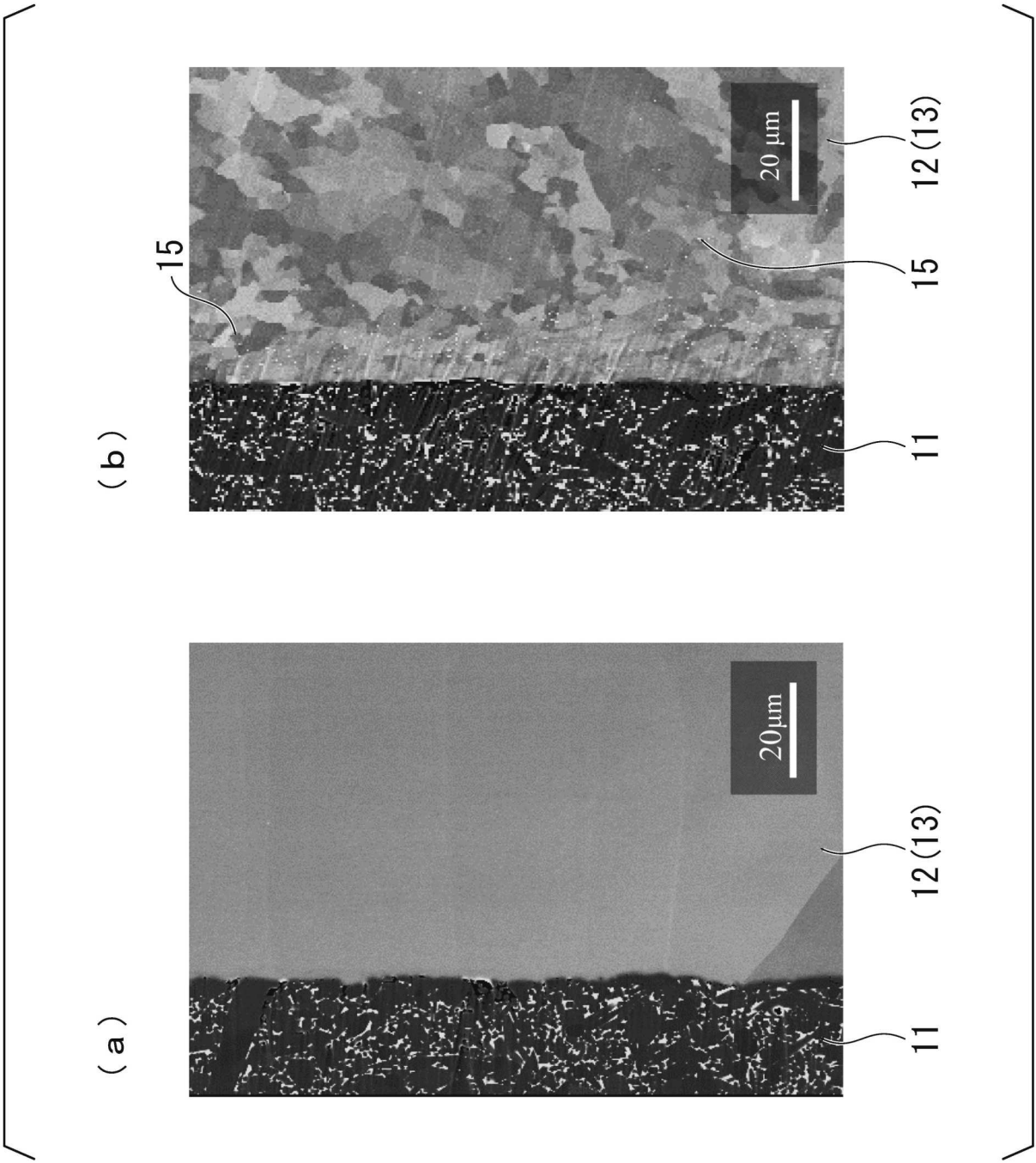
【發明圖式】



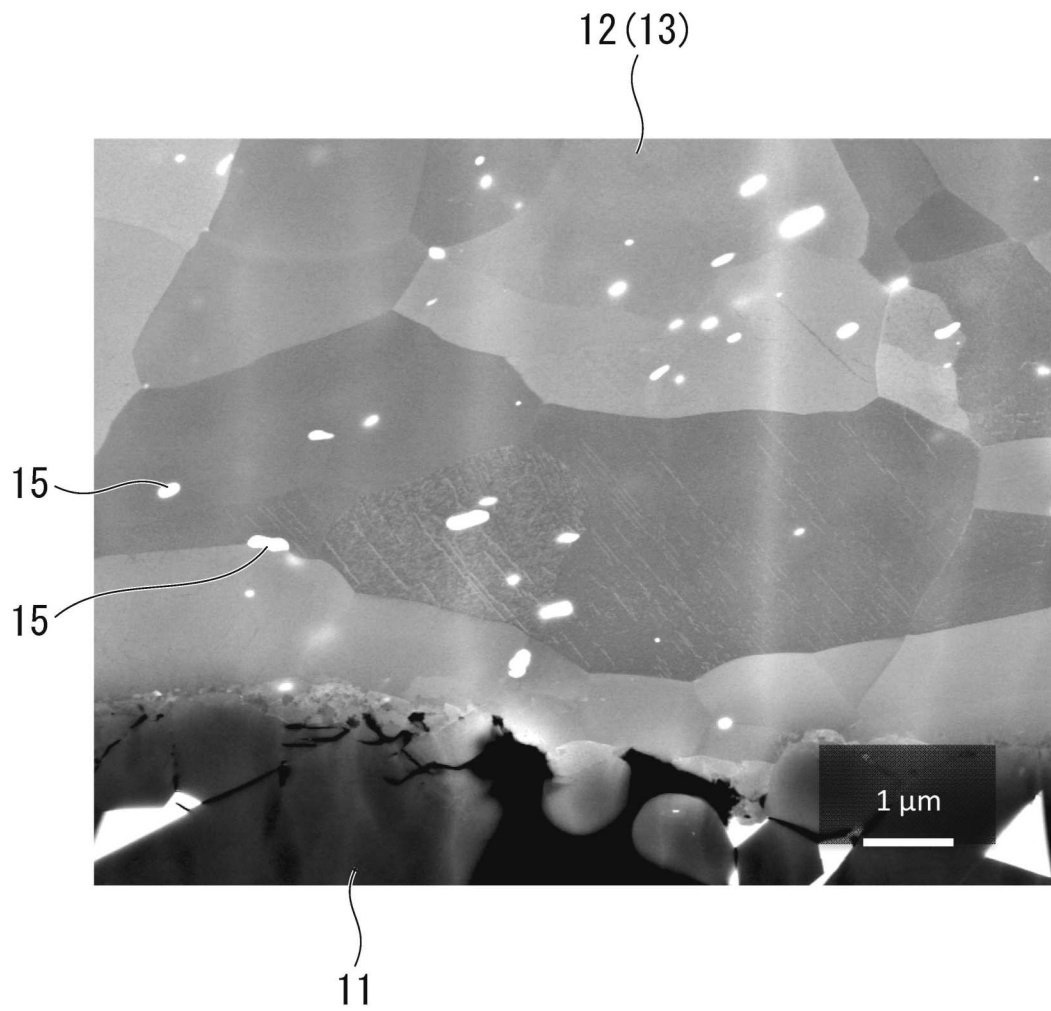
【圖 1】



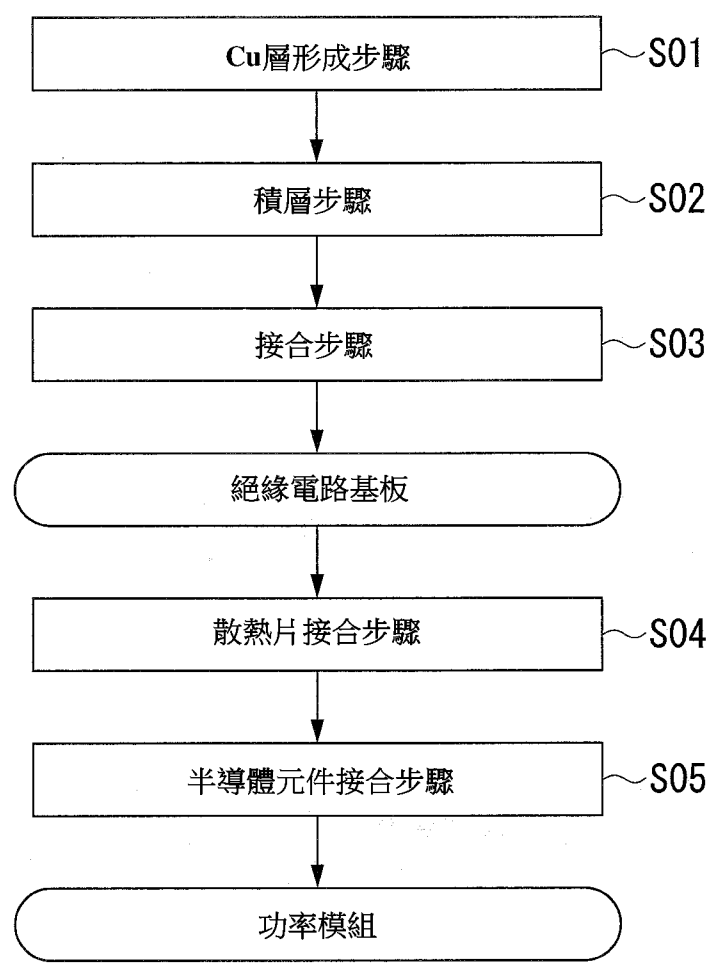
【圖 2】



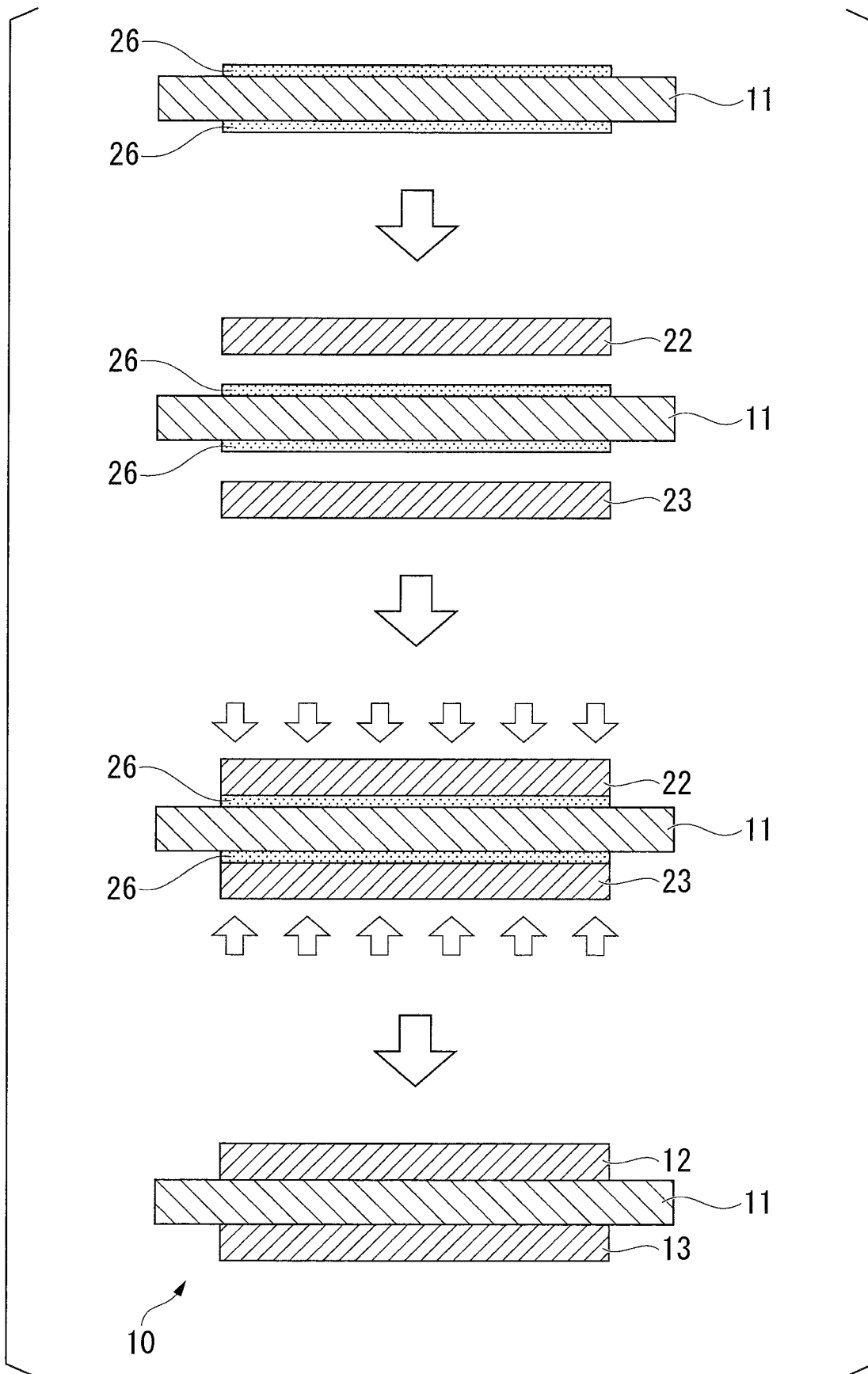
【圖 3】



【圖 4】



【圖 5】



【圖 6】