



(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 I851321 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 08 月 01 日

(21)申請案號：112125169

(22)申請日：中華民國 112 (2023) 年 07 月 06 日

(51)Int. Cl.：

C04B37/00 (2006.01)**C04B37/02 (2006.01)****B23K1/00 (2006.01)****B23K1/19 (2006.01)****B23K35/02 (2006.01)****B23K35/28 (2006.01)****H01L23/12 (2006.01)**

(71)申請人：同欣電子工業股份有限公司(中華民國) TONG HSING ELECTRONIC INDUSTRIES, LTD. (TW)

臺北市中正區延平南路八十三號六樓

(72)發明人：毛植葳 MAO, CHIH-WEI (TW)；張宗穎 CHANG, TSUNG-YING (TW)；魏仲和 WEI, CHUNG-HO (TW)；徐明義 HSU, MING-YI (TW)；黃琦雯 HUANG, CHI-WEN (TW)

(74)代理人：張耀暉；莊志強

(56)參考文獻：

TW 201508870A

CN 107546132A

CN 109315061A

審查人員：馮俊璋

申請專利範圍項數：8 項 圖式數：3 共 29 頁

(54)名稱

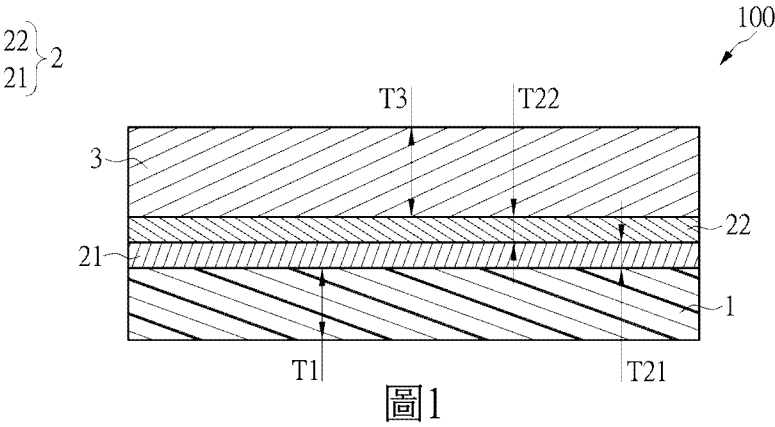
活性金屬硬焊基板材料及其製造方法

(57)摘要

本發明公開一種活性金屬硬焊基板材料及其製造方法。基板材料包含依序堆疊的陶瓷基板層、第一硬焊層、第二硬焊層、及導電金屬層。第一硬焊層包含第一金屬複合材料，其包含金屬銀(Ag)、金屬銅(Cu)及第一活性金屬成份。基於第一金屬複合材料的總重為 100 重量份，銀的含量不小於 50 重量份。第二硬焊層包含第二金屬複合材料，包含低熔點金屬成份、金屬銅、及第二活性金屬成份、且未包含金屬銀。低熔點金屬成份的熔點介於 130°C 至 350°C。基於第二金屬複合材料總重為 100 重量份，低熔點金屬成份的含量介於 10~40 重量份。

An active metal brazing substrate material and a manufacturing method thereof are provided. The substrate material includes a ceramic substrate layer, a first brazing layer, a second brazing layer, and a conductive metal layer stacked in sequence. The first brazing layer includes a first metal composite material including metal silver (Ag), metal copper (Cu), and a first active metal component. Based on a total weight of the first metal composite material being 100 parts by weight, a content of metal silver is not less than 50 parts by weight. The second brazing layer includes a second metal composite material, including a low melting point metal component, metal copper (Cu), and a second active metal component, and does not include metal silver. A melting point of the low melting metal component is between 130°C and 350°C. Based on a total weight of the second metal composite material being 100 parts by weight, a content of the low melting point metal component is between 10 parts by weight and 40 parts by weight.

指定代表圖：



符號簡單說明：

100:活性金屬硬焊基板材料

1:陶瓷基板層

2:活性金屬層

21:第一硬焊層

22:第二硬焊層

3:導電金屬層

T1、T21、T22、T3:厚度



公告本

I851321

【發明摘要】

【中文發明名稱】 活性金屬硬焊基板材料及其製造方法

【英文發明名稱】 ACTIVE METAL BRAZING SUBSTRATE MATERIAL AND MANUFACTURING METHOD THEREOF

【中文】

本發明公開一種活性金屬硬焊基板材料及其製造方法。基板材料包含依序堆疊的陶瓷基板層、第一硬焊層、第二硬焊層、及導電金屬層。第一硬焊層包含第一金屬複合材料，其包含金屬銀（Ag）、金屬銅（Cu）及第一活性金屬成份。基於第一金屬複合材料的總重為 100 重量份，銀的含量不小於 50 重量份。第二硬焊層包含第二金屬複合材料，包含低熔點金屬成份、金屬銅、及第二活性金屬成份、且未包含金屬銀。低熔點金屬成份的熔點介於 130°C 至 350°C。基於第二金屬複合材料總重為 100 重量份，低熔點金屬成份的含量介於 10~40 重量份。

【英文】

An active metal brazing substrate material and a manufacturing method thereof are provided. The substrate material includes a ceramic substrate layer, a first brazing layer, a second brazing layer, and a conductive metal layer stacked in sequence. The first brazing layer includes a first metal composite material including metal silver (Ag), metal copper (Cu), and a first active metal component. Based on a total weight of the first metal composite material being 100 parts by weight, a content of metal silver is not less than 50 parts by weight. The second brazing layer includes a second metal composite material, including a low melting point metal component, metal copper (Cu), and a second active metal component, and does not include metal silver. A melting point of the low melting metal component is between 130°C and 350°C. Based on a

total weight of the second metal composite material being 100 parts by weight, a content of the low melting point metal component is between 10 parts by weight and 40 parts by weight.

【指定代表圖】圖1。

【代表圖之符號簡單說明】

100：活性金屬硬焊基板材料

1：陶瓷基板層

2：活性金屬層

21：第一硬焊層

22：第二硬焊層

3：導電金屬層

T1、T21、T22、T3：厚度

【特徵化學式】無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 活性金屬硬焊基板材料及其製造方法

【英文發明名稱】 ACTIVE METAL BRAZING SUBSTRATE MATERIAL AND
MANUFACTURING METHOD THEREOF

【技術領域】

【0001】 本發明涉及一種基板材料，特別涉及一種活性金屬硬焊（AMB）基板材料及其製造方法。

【先前技術】

【0002】 在各國節能減碳政策的推動下，全球的電動車市場正在蓬勃地發展。隨著近年各大車廠陸續推出800伏特（Volts）的高壓車型產品，其帶動了碳化矽（SiC）陶瓷基板材料的需求快速地成長。

【0003】 然而，基於碳化矽（SiC）陶瓷基板材料的功率元件，在電壓、頻率及工作溫度的要求方面不斷地提升，使得陶瓷基板材料也需要對應具有更佳的散熱能力及可靠度。

【0004】 以往被廣泛使用的直接覆銅（Direct-Bonding-Copper，DBC）陶瓷基板是通過共晶鍵合法製備而成，銅層和陶瓷基板之間沒有黏結材料。然而，在高溫操作的過程中，往往會因為銅層和陶瓷基板（如 Al_2O_3 或 AlN ）之間的熱膨脹係數不同，而產生較大的熱應力，從而導致銅層從陶瓷基板的表面上剝離。因此，傳統的直接覆銅陶瓷基板已經難以滿足高溫、大功率、高散熱、及高可靠性的封裝要求。

【0005】 目前主流的基板材料正逐漸從直接覆銅陶瓷基板轉向活性金屬硬焊（Active Metal Brazing，AMB）基板材料。

【0006】 活性金屬硬焊基板材料利用活性金屬元素（如：Ti、Zr、Ta、Nb、V、Hf等）可以潤濕陶瓷基板表面的特性，將超厚銅箔在高溫下硬焊於陶瓷基板上。通過活性金屬硬焊製程形成於銅層及陶瓷基板間的硬焊層具有更高的連接強度。

【0007】 在常見的活性金屬硬焊的膏體材料中，銀銅鈦（Ag-Cu-Ti）為常被使用的金屬複合材料。在上述的銀銅鈦金屬複合材料中，銀的含量通常超過50%（重量百分濃度），甚至高達70%。

【0008】 一般採用銀銅鈦用於活性金屬硬焊膏體材料上的硬焊溫度通常需達到900°C以上（如：915°C）。由上述活性金屬硬焊形成的焊料層內包含大量的金屬銀（貴金屬），使得活性金屬硬焊陶瓷基板的材料成本以及製造成本高居不下。再者，由經過蝕刻製程殘留的金屬銀所導致的電遷移問題，也一直是需要解決的課題。

【發明內容】

【0009】 本發明所要解決的技術問題在於，針對現有技術的不足提供一種活性金屬硬焊（AMB）基板材料及其製造方法，其可以降低金屬銀的用量，並將硬焊溫度降至900°C以下，從而減少了高溫製程對於金屬性能的影響，並且同時降低了材料成本以及製程成本。

【0010】 為了解決上述的技術問題，本發明所採用的其中一技術方案是，提供一種活性金屬硬焊基板材料，包括：一陶瓷基板層；一活性金屬層，包含：一第一硬焊層，其設置於所述陶瓷基板層的一側表面上；其中，所述第一硬焊層的組成包含一第一金屬複合材料，其包含：金屬銀（Ag）、金屬銅（Cu）及第一活性金屬成份；基於所述第一金屬複合材料的總重為100重量份，所述金屬銀的含量是不小於50重量份；及一第二硬焊層，其

設置於所述第一硬焊層遠離於所述陶瓷基板層的一側表面上；其中所述第二硬焊層的組成包含一第二金屬複合材料，包含：低熔點金屬成份、金屬銅（Cu）、以及第二活性金屬成份、且未包含金屬銀（Ag）；其中，所述低熔點金屬成份的熔點介於130°C至350°C；並且基於所述第二金屬複合材料的總重為100重量份，所述低熔點金屬成份的含量介於10重量份至40重量份之間；其中，所述第一硬焊層及所述第二硬焊層的厚度加總是至少不小於12微米，所述第一硬焊層的厚度不小於5微米，並且所述第二硬焊層的厚度不小於10微米；以及一導電金屬層，其設置於所述第二硬焊層的遠離於所述第一硬焊層的一側表面上。

【0011】為了解決上述的技術問題，本發明所採用的另外一技術方案是，提供一種活性金屬硬焊基板材料的製造方法，其包括：實施一第一硬焊層製備作業，包含：將一第一活性焊膏塗佈於一陶瓷基板層的一側表面上，並且進行乾燥，以形成一第一硬焊層；其中，所述第一活性焊膏包含第一活性焊料粉末，其由金屬銀粉末、金屬銅粉末、及第一活性金屬粉末組成；其中，基於所述第一活性焊料粉末為100重量份，所述金屬銀粉末的含量不小於50重量份；實施一第二硬焊層製備作業，包含：將一第二活性焊膏塗佈於所述第一硬焊層的遠離於所述陶瓷基板層的一側表面上，並且進行乾燥，以形成一第二硬焊層；其中所述第二活性焊膏包含第二活性焊料粉末，其由低熔點金屬粉末、金屬銅粉末、及第二活性金屬粉末組成；其中，所述低熔點金屬粉末具有介於130°C至350°C的熔點；且基於所述第二活性焊料粉末的總重為100重量份，所述低熔點金屬粉末的含量介於10重量份至40重量份；其中，所述第二活性焊料粉末不包含金屬銀粉末；以及實施一導電金屬層製備作業，其包含：將一導電金屬層設置於所述第二硬焊層遠離於所述第一硬焊層的一側表面上，並且將所述導電金屬層，

在一真空高溫燒結的處理程序下，通過由所述第一硬焊層及所述第二硬焊層構成的一活性金屬層，硬焊於所述陶瓷基板層上；其中，所述第一硬焊層以及所述第二硬焊層的厚度加總至少不小於12微米，所述第一硬焊層的厚度不小於5微米，且所述第二硬焊層的厚度不小於10微米。

【0012】 本發明的有益效果在於，本發明提供的活性金屬硬焊基板材料及其製造方法，能通過“第一硬焊層及第二硬焊層”的設計，以有效降低金屬銀的用量，並將硬焊溫度降至900°C以下，從而減少了高溫對於金屬性能的影響，且同時降低了材料成本及製程成本。

【0013】 更具體地說，本發明第二硬焊層設置於第一硬焊層與導電金屬層之間。第二硬焊層包含有低熔點金屬成份且未包含金屬銀（Ag）。第二硬焊層佔一定厚度能減少活性金屬層中金屬銀的含量，以有效降低活性金屬硬焊陶瓷基板材料成本以及製造成本，並且能有效改善銀殘留導致的電遷移問題。最終，本發明實施例提供的活性金屬硬焊基板材料可進一步通過曝光顯影方式在陶瓷基板上刻劃出電路圖形，並且能應用於能源轉換的高功率模組、電動車、及充電系統等。

【0014】 為使能更進一步瞭解本發明的特徵及技術內容，請參閱以下有關本發明的詳細說明與圖式，然而所提供的圖式僅用於提供參考與說明，並非用來對本發明加以限制。

【圖式簡單說明】

【0015】 圖1為本發明實施例活性金屬硬焊基板材料的示意圖。

【0016】 圖2為陶瓷基板兩側表面皆具有活性金屬層的示意圖。

【0017】 圖3A至圖3D為本發明實施例基板材料製造流程的示意圖。

【實施方式】

【0018】 以下是通過特定的具體實施例來說明本發明所公開的實施方式，本領域技術人員可由本說明書所公開的內容瞭解本發明的優點與效果。本發明可通過其他不同的具體實施例加以施行或應用，本說明書中的各項細節也可基於不同觀點與應用，在不悖離本發明的構思下進行各種修改與變更。另外，本發明的附圖僅為簡單示意說明，並非依實際尺寸的描繪，事先聲明。以下的實施方式將進一步詳細說明本發明的相關技術內容，但所公開的內容並非用以限制本發明的保護範圍。

【0019】 應當可以理解的是，雖然本文中可能會使用到“第一”、“第二”、“第三”等術語來描述各種元件或者信號，但這些元件或者信號不應受這些術語的限制。這些術語主要是用以區分一元件與另一元件，或者一信號與另一信號。

【0020】 另外，本文中所使用的術語“或”，應視實際情況可能包括相關聯的列出項目中的任一個或者多個的組合。

【0021】 [活性金屬硬焊基板材料]

【0022】 請參閱圖1所示，本發明實施例提供一種活性金屬硬焊基板材料100，其包含：一陶瓷基板層1、一活性金屬層2、及一導電金屬層3。其中，所述活性金屬層2設置於陶瓷基板層1以及導電金屬層3之間，用以將陶瓷基板層1以及導電金屬層3連結在起。

【0023】 更具體地說，所述活性金屬層2包含一第一硬焊層21以及一第二硬焊層22。

【0024】 又，所述第一硬焊層21設置於陶瓷基板層1的一側表面上，所述第二硬焊層22設置於第一硬焊層21的遠離於陶瓷基板層1的一側表面上，並且所述導電金屬層3設置於第二硬焊層22的遠離於第一硬焊層21的一側表面上。

【0025】 值得一提的是，本實施例雖然是以陶瓷基板層1的一側表面依序設置第一硬焊層21、第二硬焊層22、及導電金屬層3，但本發明不受限於此。舉例而言，如圖2所示，在本發明的另一實施例中，所述陶瓷基板層1的另一側表面上也可以依序設置另一第一硬焊層21'、另一第二硬焊層22'、以及另一導電金屬層3'，以形成兩側皆具有活性金屬層的一對稱基板結構。

【0026】 <陶瓷基板層>

【0027】 進一步地說，所述陶瓷基板層1可以例如是氮化矽（SiN）陶瓷基板、碳化矽（SiC）陶瓷基板、氮化鋁（AlN）陶瓷基板、及氧化鋁（Al₂O₃）陶瓷基板的至少其中之一。在本實施例中，所述陶瓷基板層1優選為氮化矽（SiN）陶瓷基板。另外，所述陶瓷基板層1的厚度T1可以例如是介於100微米至1000微米之間，但本發明不受限於此。

【0028】 <第一硬焊層>

【0029】 請繼續參閱圖1所示，所述第一硬焊層21的組成包含一第一金屬複合材料。所述第一金屬複合材料包含：金屬銀（Ag）、金屬銅（Cu）、及一第一活性金屬成份。

【0030】 值得一提的是，所述第一硬焊層21的組成可以進一步包含少量的低熔點金屬成份，其可以例如是在製備活性金屬硬焊基板材料的真空燒結的過程先熔融而由上述第二硬焊層22沿著銅的缺陷擴散至第一硬焊層21中。

【0031】 進一步地說，在本發明的一些實施方式中，所述第一活性金屬成份可以例如是選自由：鈦（Ti）、鋯（Zr）、鉭（Ta）、鈮（Nb）、釩（V）、鉬（Hf）及上述金屬的氫化物，所組成的材料群組的至少其中之一。

【0032】 再者，所述金屬的氫化物可以例如是氫化鈦（TiH₂）、氫化鋯（ZrH₂）、氫化鉭（TaH₂）、氫化鈮（NbH）、氫化釩（VH₂）、及氫化鉬（H₂Hf₂）的至少其中之一。

【0033】 在本發明的一些實施方式中，所述第一活性金屬成份優選為鈦（Ti）以及氫化鈦（ TiH_2 ）的至少其中之一。據此，所述第一硬焊層21也可以稱為銀銅鈦硬焊層（Ag-Cu-Ti paste）。

【0034】 在含量範圍上，所述第一金屬複合材料為第一硬焊層21的主要組成。舉例而言，所述第一金屬複合材料於第一硬焊層21中的重量百分濃度至少不小於80wt%、且優選不小於90wt%。

【0035】 進一步地說，在所述第一硬焊層21中，基於所述第一金屬複合材料的總重為100重量份，所述金屬銀（Ag）的含量至少不小於50重量份、且優選介於50重量份至75重量份。在厚度範圍上，所述第一硬焊層21的厚度T21至少不小於5微米，且優選介於5微米至24微米之間。

【0036】 根據上述配置，由於與陶瓷基板層1接觸的第一硬焊層21包含有特定含量以上的金屬銀（Ag），且具有特定範圍以上的厚度，使陶瓷基板層1與導電金屬層3的結合力能被提升。若所述第一硬焊層21中金屬銀（Ag）含量過低或厚度過薄，則所述第一硬焊層21將無法使得活性金屬硬焊基板材料100發揮應有的物性。若所述第一硬焊層21中金屬銀（Ag）含量過高或厚度過厚，則會導致活性金屬硬焊基板材料100的材料成本及製造成本過高。

【0037】 值得一提的是，所述第一硬焊層21中的第一活性金屬成份（如：Ti）在真空燒結的過程中可以濕潤陶瓷基板層1的表面，並且與陶瓷材料（如：SiN）發生反應，以形成諸如氮化鈦（ TiN ）、矽化鈦（ TiSi ）、或二矽化鈦（ TiSi_2 ）的化合物，從而提升所述活性金屬層2與陶瓷基板層1的結合力。

【0038】 另一方面，由於所述第一硬焊層21包含活性金屬，因此可以使活性金屬硬焊基板材料100的電器阻抗更小。

【0039】 進一步地說，所述第一硬焊層21中的金屬銀（Ag）與金屬銅（Cu）可以發生反應，以形成一銀銅合金（silver-copper alloy，Ag-Cu alloy）。

【0040】再者，所述第一硬焊層21的第一金屬複合材料可以例如是通過金屬銀粉末（Ag metal powder）、金屬銅粉末（Cu metal powder）、活性之金屬粉末（如：Ti metal powder）、及/或銀銅合金（Ag-Cu alloy）的混合及真空燒結所形成。

【0041】〈第二硬焊層〉

【0042】所述第二硬焊層22的組成包含一第二金屬複合材料，其包含：一低熔點金屬成份、金屬銅（Cu）、及一第二活性金屬成份，並且所述第二金屬複合材料較佳僅由低熔點金屬成份、金屬銅、及第二活性金屬成份組成。

【0043】值得一提的是，在本發明的一較佳實施例中，所述第二硬焊層22的第二金屬複合材料未包含有任何的金屬銀（Ag）。

【0044】再者，如上所述，所述第二硬焊層的低熔點金屬成份可以例如是在製備活性金屬硬焊基板材料的真空燒結的過程中先熔融，進而至少部分沿著金屬銅（Cu）的缺陷，擴散至第一硬焊層21中，但本發明不受限於此。

【0045】所述低熔點金屬成份可以例如是具有介於130°C至350°C之間的一熔點（melting point, T_m ）、及介於5 g·cm⁻³至12 g·cm⁻³之間的一熔點時液體密度。

【0046】在本發明的一些實施方式中，所述低熔點金屬成份可以例如是金屬錫（Sn）、金屬鉍（Bi）、金屬銦（In）、金屬鉛（Pb）、及金屬鎘（Cd）的至少其中之一。

【0047】舉例而言，金屬錫（Sn）的熔點約為232°C，並且熔點時液體密度約為7 g·cm⁻³。金屬鉍（Bi）的熔點約為271.5°C，並且熔點時液體密度約為10 g·cm⁻³。金屬銦（In）的熔點約為156.5°C，並且熔點時液體密度約為7 g·cm⁻³。金屬鉛（Pb）的熔點約為327.5°C，並且熔點時液體密度約為8 g·cm⁻³。金屬鎘（Cd）的熔點約為321°C，並且熔點時液體密度約為8 g·cm⁻³。

【0048】再者，上述低熔點金屬成份皆具有在0°C至25°C之間不大於1500 n $\Omega \cdot m$ 的一電阻率（electrical resistivity），因此適合用於導電焊接材料。

【0049】進一步地說，類似於所述第一活性金屬成份，所述第二活性金屬成份可以例如是選自由：鈦（Ti）、鋯（Zr）、鉭（Ta）、鈮（Nb）、釩（V）、鉿（Hf）及上述金屬的氫化物，所組成的材料群組的至少其中之一。所述金屬的氫化物可以例如是氫化鈦（ TiH_2 ）、氫化鋯（ ZrH_2 ）、氫化鉭（ TaH_2 ）、氫化鈮（ NbH ）、氫化釩（ VH_2 ）、及氫化鉿（ H_2Hf_2 ）的至少其中之一。

【0050】在本發明的一具體實施方式中，所述低熔點金屬成份採用的是金屬錫（Sn），並且所述第二活性金屬成份採用的是鈦（Ti）。據此，所述第二硬焊層22也可以稱為錫銅鈦硬焊層（Sn-Cu-Ti paste）。

【0051】在含量範圍上，所述第二金屬複合材料為第二硬焊層22的主要組成。舉例而言，所述第二金屬複合材料於第二硬焊層22中的重量百分濃度至少不小於80wt%、且優選不小於90wt%。

【0052】進一步地說，在所述第二硬焊層22中，基於所述第二金屬複合材料的總重為100重量份，所述低熔點金屬成份（如Sn）的含量介於10重量份至40重量份、且優選介於15重量份至35重量份。所述金屬銅（Cu）的含量是介於55重量份至90重量份之間、並且優選介於60重量份至85量份之間。所述第二活性金屬成份（如Ti）的含量是介於1重量份至5重量份之間、且優選介於2重量份至4重量份之間。

【0053】在本發明的一些實施方式中，所述金屬銅於第二硬焊層22中的含量（如：55重量份至90量份），高於所述低熔點金屬成份於第二硬焊層22中的含量（如：10重量份至40重量份）。另，所述金屬銅於第二硬焊層22中的含量（如：55重量份至90量份），高於所述金屬銅於第一硬焊層21中的含量（如：10重量份至40重量份）。

【0054】在厚度範圍上，所述第二硬焊層22的厚度T22是至少不小於10微米，並且優選介於10微米至24微米之間。

【0055】值得一提的是，所述第二硬焊層22中的低熔點金屬成份可以與金屬銅（Cu）在真空燒結的過程中發生反應。舉例而言，以低熔點金屬成份是採用金屬錫（如Sn）為例說明。當在加熱溫度大於金屬錫的熔點時（如：大於240°C時），金屬錫會先熔融並在金屬銅過量的情況下，金屬錫與金屬銅會先形成Cu₃Sn合金，其會存在於第二硬焊層22中、以及第二硬焊層22與導電金屬層3（如金屬銅箔）的接面處。再者，Cu₃Sn合金會與更多的金屬錫反應，進而形成Cu₆Sn₅合金。藉此，所述第二硬焊層22能與導電金屬層3更緊密結合。

【0056】再者，所述第二硬焊層22的第二金屬複合材料可以例如是通過低熔點金屬粉末、金屬銅粉末（Cu metal powder）、及活性金屬粉末（如：Ti metal powder）的混合及真空燒結所形成。另，所述第二硬焊層22中的第二活性金屬成份（如：Ti）在真空燒結的過程中可通過第一硬焊層21擴散至陶瓷基板層1，並與陶瓷材料（如：SiN）發生反應，以形成諸如氮化鈦（TiN）、矽化鈦（TiSi）、或者二矽化鈦（TiSi₂）的化合物。

【0057】〈活性金屬層厚度比例及金屬成份含量〉

【0058】從另一個角度說，所述活性金屬層2的總厚度（即第一硬焊層21的厚度T21及第二硬焊層22的厚度T22的加總）是至少不小於12微米、且優選至少不小於15微米、又特優選介於15微米至32微米之間。所述第一硬焊層21的厚度T21與第二硬焊層22的厚度T22間的厚度比例優選為15%~50%：50%~85%（且加總為100%）且特優選為20%~45%：55%~80%。

【0059】據此，基於所述活性金屬層2中所有金屬成份總重為100wt%，所述低熔點金屬成份的含量介於5wt%至35wt%、優選介於10wt%至35wt%。所述金屬銀（Ag）的含量不大於45wt%、優選介於15wt%至45wt%。

【0060】 所述第一及第二活性金屬成份（如：鈦金屬）的含量總和介於1wt%至5wt%、優選介於2wt%至4wt%。所述金屬銅（Cu）為餘量的金屬成份。所述金屬銀（Ag）的添加可以當作穩定劑（stabilizer），以提升裝置性能。

【0061】 根據上述配置，所述第二硬焊層22設置於第一硬焊層21與導電金屬層3之間。所述第二硬焊層22包含低熔點金屬、且未包含金屬銀（Ag）。所述第二硬焊層22佔據一定厚度能有效減少活性金屬層2中金屬銀的含量，以有效降低活性金屬硬焊陶瓷基板的材料成本以及製造成本，並且能有效改善金屬銀殘留所導致的電遷移問題。再者，所述第二硬焊層22能將第一硬焊層21與導電金屬層3穩固地連接在一起。

【0062】 又，在本發明的一些實施方式中，所述活性金屬層2由於低熔點金屬的含量提升，而可於不大於900°C的一硬焊溫度（brazing temperature）下進行硬焊。在一具體實施例中，所述活性金屬層2被加熱的硬焊溫度為450°C至900°C，但不以此為限。據此，由於所述活性金屬層2具相對先前技術更低的硬焊溫度，因此可以有效改善高溫對於金屬性能的影響。

【0063】 <導電金屬層>

【0064】 請繼續參閱圖1所示，所述導電金屬層3是設置於第二硬焊層22遠離於第一硬焊層21的一側表面上。所述導電金屬層3可以例如是一金屬銅箔（metal copper foil）、一金屬鋁箔（metal aluminum foil）、或一銅鋁合金箔（Cu-Al alloy foil）。在本實施例中，所述導電金屬層3優選為金屬銅箔。

【0065】 另，所述導電金屬層3的厚度T3可以例如是介於50微米至800微米之間，但本發明不受限於此。

【0066】 值得一提的是，所述導電金屬層3（如：無氧紫銅）可以例如是通過真空高溫燒結，藉由所述活性金屬層2硬焊於陶瓷基板層1上。舉例而言，所述真空高溫燒結的處理程序可以例如包含一第一階段熱處理程序及一第二

階段熱處理程序。其中，所述第一階段熱處理程序的溫度條件不大於500°C，且所述第二階段熱處理程序的溫度條件介於450~900°C（即硬焊溫度範圍）。

【0067】根據上述配置，本發明實施例所提供的活性金屬硬焊基板材料，能有效降低金屬銀的用量，並將硬焊溫度降低至900°C以下，從而減少了高溫對金屬性能的影響，並且同時降低了材料成本以及製程成本。

【0068】值得一提的是，在本文中所指的活性金屬層2的「硬焊溫度」是指能讓金屬成份熔融而與有足夠的流動性，從而能濕潤工件（如陶瓷基板）表面的溫度。一般來說，焊接溫度高於450°C的溫度稱為硬焊溫度。所述硬焊溫度可以例如是通過期望的硬焊溫度，由三種金屬成份構成的三元金相圖，決定該些金屬材料各自合適的重量百分濃度。或是，由三種金屬成份構成的三元金相圖，通過該些金屬材料已知的重量百分濃度，進而找出合適的硬焊溫度範圍。舉例而言，合適的硬焊溫度即高於硬焊填料三元金屬成份的液線相溫度的溫度，其可以讓硬焊填料具有足夠的流動性，但本發明不限於此。

【0069】[活性金屬硬焊基板材料的製造方法]

【0070】以上為活性金屬硬焊基板材料的結構特徵及材料特徵說明，而以下將接續說明本發明活性金屬硬焊基板材料的製造方法。

【0071】如圖3A至3D所示，本發明實施例也提供一種活性金屬硬焊基板材料的製造方法，其包含步驟S110、步驟S120、步驟S130、以及步驟S140。必須說明的是，本實施例所載之各步驟的順序與實際的操作方式可視需求而調整，並不限於本實施例所載。

【0072】如圖3A所示，所述步驟S110為提供一陶瓷基板層1。所述陶瓷基板層1可以例如是氮化矽（SiN）陶瓷基板、碳化矽（SiC）陶瓷基板、氮化鋁（AlN）陶瓷基板、及氧化鋁（Al₂O₃）陶瓷基板的至少其中之一。

【0073】優選地，所述陶瓷基板層1為氮化矽（SiN）陶瓷基板。

【0074】如圖3B所示，所述步驟S120為實施一第一硬焊層製備作業，其包含：將一第一活性焊膏塗佈於所述陶瓷基板層1的一側表面上，並且將所述第一活性焊膏經過高溫乾燥，移除所述第一活性焊膏中大部分有機溶劑後，而形成一第一硬焊層21。

【0075】其中，所述第一活性焊膏是通過將第一活性焊料粉末以及有機成份（如：成膏劑、有機溶劑、及觸變劑）進行混合調配而成，並且調配至適合的黏度（如50~300 mPa·s），以使焊膏容易塗佈於陶瓷基板層1上。

【0076】舉例而言，所述第一活性焊膏可以是通過絲網印刷方式塗佈於陶瓷基板的表面，並且在90°C至110°C的溫度條件下乾燥5分鐘至15分鐘，以使所述第一活性焊膏中大部分有機溶劑揮發，從而形成所述第一硬焊層21。

【0077】在本發明的一些實施方式中，所述第一活性焊料粉末以及所述有機成份間的一重量比例可以例如是介於70%~95%：5%~30%之間、且優選介於75%~90%：10%~25%之間。

【0078】所述第一活性焊料粉末（形成上述第一金屬複合材料）為由金屬銀粉末（Ag metal powder）、金屬銅粉末（Cu metal powder）、及第一活性金屬粉末（如：金屬鈦粉末）混合形成的粉末。

【0079】其中，銀（Ag）：銅（Cu）：第一活性金屬粉末（Ti、TiH₂）的重量比例可以例如是介於50~75：20~49：1~5之間，並且在一具體實施例中為68：28：4，但本發明不受限於此。

【0080】在所述有機成份中，成膏劑：有機溶劑：觸變劑間的重量比例可以例如是介於20%~30%：50%~70%：1%~5%。

【0081】其中，所述成膏劑可以是選自由：矽油、白油、聚乙烯醇、丙烯酸樹脂、硝酸纖維素、乙基纖維素、鄰苯二甲酸二甲酯、及羧甲基纖維素，所組成的材料群組的至少其中之一。優選地，所述成膏劑為乙基纖維素。

【0082】其中，所述有機溶劑可以是選自由：乙二醇丁醚醋酸酯、二甘醇、三乙醇胺、丁基溶纖劑、叔丁醇、N,N-二甲基甲醯胺、松油醇、及壬基酚聚乙二醇醚，所組成的材料群組的至少其中之一。優選地，所述有機溶劑松油醇或乙二醇丁醚醋酸酯。

【0083】所述觸變劑可以是選自由：聚醯胺蠟、氫化蓖麻油、及聚脲，所組成的材料群組的至少其中之一。優選地，所述觸變劑為聚醯胺蠟。

【0084】然而，本發明並不以上述實施方式為限，只要是能將活性焊料粉末與有機成份調配成黏度適合塗佈於陶瓷基板上的活性焊膏，以利於形成硬焊層，即符合本發明的保護精神，而屬於本發明的保護範圍。

【0085】如圖3C所示，所述步驟S130為實施一第二硬焊層製備作業，其包含：將一第二活性焊膏塗佈於所述第一硬焊層21遠離於陶瓷基板層1的一側表面上，並且將所述第二活性焊膏經過高溫乾燥，移除所述第二活性焊膏中大部分的有機溶劑後，從而形成一第二硬焊層22。

【0086】其中，所述第二活性焊膏是通過將第二活性焊料粉末以及有機成份調配至適合的黏度（如50~300 mPa·s），以利於塗佈於第一硬焊層21上。

【0087】舉例而言，所述第二活性焊膏可以是通過絲網印刷方式塗佈於第一硬焊層21上，並且在90°C至110°C的溫度條件下乾燥5分鐘至15分鐘，以使所述第二活性焊膏中大部分有機溶劑揮發，從而形成所述第二硬焊層22。

【0088】在本發明的一些實施方式中，所述第二活性焊料粉末以及所述有機成份間的一重量比例可以例如是介於70%~95%：5%~30%之間、且優選介於75%~90%：10%~25%之間。

【0089】所述第二活性焊料粉末（可形成上述第二金屬複合材料）為由低熔點金屬粉末（low melting point metal powder）、金屬銅粉末（Cu metal powder）、及第二活性金屬粉末（如：金屬鈦粉末）混合形成的粉末。其中，

低熔點金屬（如Sn）：銅（Cu）：第二活性金屬粉末（如Ti）的一重量比例可以例如是介於10~40：55~90：1~5之間。舉例而言，在一具體的實施方式中，Sn：Cu：Ti的重量比例可以例如是[23：75：2]，但本發明不受限於此。

【0090】 值得一提的是，所述第二活性焊料粉末中並不包含金屬銀粉末。

【0091】 關於所述第二活性焊膏中的有機成份的配比及材料種類類似於上述第一活性焊膏中的有機成份，在此不予以贅述。

【0092】 如圖3D所示，所述步驟S140為實施一導電金屬層製備作業，其包含：將一導電金屬層3設置於第二硬焊層22遠離於第一硬焊層21的一側表面上，並且將所述導電金屬層3，在一真空高溫燒結的處理程序下，通過由所述第一硬焊層21及第二硬焊層22所構成的一活性金屬層2，硬焊於陶瓷基板層1上。所述導電金屬層3可以例如是一金屬銅箔、一金屬鋁箔、或一銅鋁合金箔。

【0093】 所述真空高溫燒結的處理程序可以例如包含一第一階段熱處理程序及一第二階段熱處理程序。其中，所述第一階段熱處理程序的溫度條件不大於500°C，並且所述第二階段熱處理程序的溫度條件介於450~900°C（即硬焊溫度範圍），其是大於第一階段熱處理程序的溫度條件。

【0094】 更具體地說，所述第一階段熱處理程序的溫度條件介於300°C ~ 500°C，並且處理時間介於30分鐘至60分鐘。所述第二階段熱處理程序的溫度條件介於450°C ~ 900°C（需要在合適的硬焊溫度範圍內），且處理時間介於60分鐘至240分鐘。另，上述熱處理程序的升溫速率可以例如是5~30°C/min。真空高溫燒結結束後的降溫速率可以例如是2~30°C/min。

【0095】 值得一提的是，在真空燒結的過程中，所述第一第二硬焊層中的有機成份會至少部份汽化，第一第二活性金屬成份（如：Ti）可以濕潤陶瓷基板層1的表面並與陶瓷材料（如：SiN）發生反應，以形成諸如氮化鈦（TiN）、矽化鈦（TiSi）、或二矽化鈦（TiSi₂）的化合物，以提升活性金屬層2與陶瓷

基板層1的結合力。又，所述第二硬焊層22可以與導電金屬層3的金屬成份（如金屬銅）在介面處發生微米級的共晶反應（如：錫及銅發生共晶反應），形成牢固的共晶組織，以使得所述活性金屬層2能與導電金屬層3緊密結合。

【0096】 值得一提的是，所述活性金屬層2的總厚度（即第一硬焊層21的厚度T21及第二硬焊層22的厚度T22的加總）是至少不小於12微米、且優選至少不小於15微米、又特優選介於15微米至32微米之間。再者，所述第一硬焊層21的厚度T21與第二硬焊層22的厚度T22的一厚度比例是介於15%~50%：50%~85%（且加總為100%）。

【0097】 另外，基於所述活性金屬層2中所有金屬成份總重為100wt%，所述低熔點金屬成份的含量介於5wt%至35wt%、優選介於10wt%至35wt%。所述金屬銀（Ag）的含量不大於45wt%、並且優選介於15wt%至45wt%。再者，所述第一及第二活性金屬成份（如：鈦金屬）的含量總和介於1wt%至5wt%、優選介於2wt%至4wt%。所述金屬銅（Cu）為餘量的金屬成份。

【0098】 據此，本發明實施例提供的技術方案可以降低金屬銀的用量，並將硬焊溫度降至900°C以下，從而減少了高溫對於金屬性能的影響，且同時有效降低了材料成本以及製程成本。

【0099】 [實驗數據及測試結果]

【0100】 以下，參照實施例1~2以及比較例1~2詳細說明本發明之內容。其中，實施例為能佐證本發明技術效果的實驗組別，而比較例為條件較差的組別。然而以下實施例僅作為幫助了解本發明，但本發明不以此為限。

【0101】 實施例1：依據表1的條件，製備包含第一硬焊層及第二硬焊層的活性金屬硬焊基板材料。製備方法包含：將含有68重量份的銀粉（Ag）、28重量份的銅粉（Cu）、4重量份的鈦粉（Ti）的第一活性焊膏，塗佈於陶瓷基板的表面，並且經過高溫乾燥後，形成所述第一硬焊層。而後，將含有75

重量份的銅粉（Cu）、23重量份的低熔點金屬粉末（本實施例為錫Sn粉）、及2重量份的鈦粉（Ti）的一第二活性焊膏，塗佈於第一硬焊層上，並且經過高溫乾燥後，形成所述第二硬焊層。而後，將一金屬銅箔進一步設置於第二硬焊層上，以形成疊層材料，接著，對疊層材料進行真空高溫燒結，以最終形成活性金屬硬焊基板材料。

【0102】 在實施例1中，真空高溫燒結中第一階段熱硬焊溫度的溫度條件為650℃，且處理時間為30分鐘。第二階段熱硬焊溫度的溫度條件為900℃，且處理時間為60分鐘。也即，硬焊溫度為650-900℃。另，陶瓷基板為氮化矽（SiN）陶瓷基板，厚度為320微米。第一硬焊層的厚度為6微米，第二硬焊層的厚度為12微米，並且金屬銅箔的厚度為500微米。

【0103】 實施例2與比較例1~2的製備方式與實施例1大致相同，不同之處在於，金屬成份的重量比例及使用種類、硬焊層的厚度、以及硬焊溫度。

【0104】 而後將上述實施例及比較例製備而得的活性金屬硬焊基板材料進行剝離強度測試，其是測試金屬銅箔及陶瓷基板之間的硬焊層的結合強度。

【0105】 剝離強度的測試方法是依據JIS-C-6481測定，測定溫度為25℃。若剝離強度測試結果>200 N/cm，則結合強度評估為極佳；>100 N/cm，則結合強度評估為良好；落於50 ~100 N/cm的範圍內，則結合強度評估為正常；另外，<50 N/cm，則結合強度評估為不佳。

【0106】 [表1]

項目	第一硬焊層			第二硬焊層			硬焊溫度 (°C)	結合強度 評估
	金屬成份	重量比例	厚度(μm)	金屬成份	重量比例	厚度(μm)		
實施例1	Ag-Cu-Ti	68-28-4	6	Cu-Sn-Ti	75-23-2	12	650-900	良好
實施例2	Ag-Cu-Ti	68-28-4	6	Cu-Sn-Ti	75-23-2	12	450-850	極佳

比較例1	Cu-Sn	75-25	12	Cu-Sn	75-25	12	650-900	不佳
比較例2	Ag-Cu-Ti	68-28-4	6	Cu-Sn-Ti	75-23-2	6	450-850	不佳

【0107】 [測使結果及討論]

【0108】 由表1的測試結果可以得知，實施例1~2第一硬焊層的金屬成份採用Ag-Cu-Ti，重量比例皆是落在50~75：20~48：2~5的範圍內。第二硬焊層的金屬成份採用Cu-Sn-Ti，其重量比例皆落在55~90：10~40：1~5的範圍內。另，第一硬焊層的厚度皆不小於5微米。實施例1活性金屬硬焊基板材料的剝離強度測試結果大於100 N/cm，因此其結合強度皆評估為良好；而實施例2使用了相較實施例1更低的硬焊溫度。意外發現的是，實施例2活性金屬硬焊基板材料的剝離強度測試結果大於200 N/cm，其結合強度評估為極佳，明顯高於實施例1的結合強度。也就是說，在特定的硬焊層組成下，適度範圍地降低硬焊溫度將有助提升活性金屬硬焊基板材料的剝離強度。

【0109】 比較例1的第一硬焊層及第二硬焊層中所採用的金屬成份皆為Cu-Sn，而沒有使用Ag-Cu-Ti或Cu-Sn-Ti。比較例1的活性金屬硬焊基板材料，在剝離強度的測試結果上是小於50 N/cm，因此結合強度評估為不佳。比較例2的第一硬焊層及第二硬焊層的厚度加總為12微米，其總後厚度偏低，導致剝離強度的測試結果小於50 N/cm，因此結合強度評估為不佳。

【0110】 [實施例的有益效果]

【0111】 本發明的有益效果在於，本發明提供的活性金屬硬焊基板材料及其製造方法，能通過“第一硬焊層及第二硬焊層”的設計，以有效降低金屬銀的用量，並將硬焊溫度降至900℃以下，從而減少了高溫對於金屬性能的影響，且同時降低了材料成本及製程成本。更具體地說，本發明第二硬焊層設置於第一硬焊層與導電金屬層之間。第二硬焊層包含有低熔點金屬成份且未包含金屬銀（Ag）。第二硬焊層佔一定厚度能減少活性金屬層中金屬銀的含

量，以有效降低活性金屬硬焊陶瓷基板的材料成本以及製造成本，並且能有效改善銀殘留導致的電遷移問題。最終，本發明實施例提供的活性金屬硬焊基板材料可進一步通過曝光顯影方式在陶瓷基板上刻劃出電路圖形，且能應用於能源轉換的高功率模組、電動車、及充電系統。

【0112】 以上所公開的內容僅為本發明的優選可行實施例，並非因此侷限本發明的申請專利範圍，所以凡是運用本發明說明書及圖式內容所做的等效技術變化，均包含於本發明的申請專利範圍內。

【符號說明】

【0113】

100：活性金屬硬焊基板材料

1：陶瓷基板層

2：活性金屬層

21、21'：第一硬焊層

22、22'：第二硬焊層

3、3'：導電金屬層

T1、T21、T22、T3：厚度

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種活性金屬硬焊基板材料，包括：

一陶瓷基板層；

一活性金屬層，包含：

一第一硬焊層，其設置於所述陶瓷基板層的一側表面上；

其中，所述第一硬焊層的組成包含一第一金屬複合材料，其包含：金屬銀（Ag）、金屬銅（Cu）及第一活性金屬成份；基於所述第一金屬複合材料的總重為 100 重量份，所述金屬銀的含量是不小於 50 重量份；其中，金屬銀：金屬銅：第一活性金屬的重量比例是介於 50~75：20~49：1~5 之間；及

一第二硬焊層，其設置於所述第一硬焊層遠離於所述陶瓷基板層的一側表面上；其中所述第二硬焊層的組成包含一第二金屬複合材料，包含：低熔點金屬成份、金屬銅（Cu）、以及第二活性金屬成份、且未包含金屬銀（Ag）；其中，低熔點金屬：金屬銅：第二活性金屬的重量比例是介於 10~40：55~90：1~5 之間；其中，所述低熔點金屬成份的熔點介於 130°C 至 350°C；並且基於所述第二金屬複合材料的總重為 100 重量份，所述低熔點金屬成份的含量 介於 10 重量份至 40 重量份之間；

其中，所述第一硬焊層以及所述第二硬焊層的厚度加總是至少不小於 12 微米，且所述第一硬焊層的厚度不小於 5 微米，而所述第二硬焊層的厚度不小於 10 微米；以及一導電金屬層，其設置於所述第二硬焊層的遠離於所述第一硬焊層的一側表面上；

其中，所述低熔點金屬成份為金屬錫（Sn）、金屬鉍（Bi）、金屬銦（In）、金屬鉛（Pb）、及金屬鎘（Cd）的至少其

其中之一；

其中，所述第一活性金屬成份及所述第二活性金屬成份是分別選自由：鈦、鋯、鉭、鈮、釩、鉛、及上述金屬的氫化物，所組成的材料群組的至少其中之一。

【請求項2】 如請求項 1 所述的活性金屬硬焊基板材料，其中，所述低熔點金屬成份具有介於 $5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 至 $12 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 間的一熔點時液體密度、及在 0°C 至 25°C 不大於 $1500 \text{ n } \Omega \cdot \text{m}$ 的一電阻率。

【請求項3】 如請求項 1 所述的活性金屬硬焊基板材料，其中，基於所述活性金屬層中所有金屬成份總重為 100wt%，所述低熔點金屬成份的含量介於 5wt%至 35wt%，所述金屬銀的含量不大於 45wt%，所述第一活性金屬成份及所述第二活性金屬成份的含量總和介於 1wt%至 5wt%，並且所述金屬銅為餘量的金屬成份。

【請求項4】 如請求項 1 所述的活性金屬硬焊基板材料，其中，所述金屬銅於所述第二硬焊層中的含量，高於所述低熔點金屬成份於所述第二硬焊層中的含量；並且所述金屬銅於所述第二硬焊層中的含量，高於所述金屬銅於所述第一硬焊層中的含量。

【請求項5】 如請求項 1 所述的活性金屬硬焊基板材料，其中在所述活性金屬層中，所述第一硬焊層的所述厚度以及所述第二硬焊層的厚度之間的一厚度比例是介於 15%~50%：50%~85%。

【請求項6】 如請求項 1 所述的活性金屬硬焊基板材料；其中，所述陶瓷基板層為氮化矽陶瓷基板、碳化矽陶瓷基板、氮化鋁陶瓷基板及氧化鋁陶瓷基板的至少其中之一；其中，所述導電金屬

層為金屬銅箔、金屬鋁箔、及銅鋁合金箔的至少其中之一。

【請求項7】 一種活性金屬硬焊基板材料的製造方法，其包括：

實施一第一硬焊層製備作業，包含：將一第一活性焊膏塗佈於一陶瓷基板層的一側表面上，並且進行乾燥，以形成一第一硬焊層；其中所述第一活性焊膏包含第一活性焊料粉末，其由金屬銀粉末、金屬銅粉末、及第一活性金屬粉末組成；其中基於所述第一活性焊料粉末為 100 重量份，所述金屬銀粉末的含量不小於 50 重量份；其中，金屬銀粉末：金屬銅粉末：第一活性金屬粉末的重量比例是介於 50~75：20~49：1~5 之間；

實施一第二硬焊層製備作業，包含：將一第二活性焊膏塗佈於所述第一硬焊層遠離於所述陶瓷基板層的一側表面上，並且進行乾燥，以形成一第二硬焊層；其中所述第二活性焊膏包含第二活性焊料粉末，其由低熔點金屬粉末、金屬銅粉末、及第二活性金屬粉末組成；其中，所述低熔點金屬粉末具有介於 130°C 至 350°C 的熔點；基於所述第二活性焊料粉末的總重為 100 重量份，所述低熔點金屬粉末的含量介於 10 重量份至 40 重量份；其中所述第二活性焊料粉末不包含金屬銀粉末；其中，低熔點金屬粉末：金屬銅粉末：第二活性金屬粉末的重量比例是介於 10~40：55~90：1~5 之間；以及

實施一導電金屬層製備作業，其包含：將一導電金屬層設置於所述第二硬焊層遠離於所述第一硬焊層的一側表面上，並且將所述導電金屬層，在一真空高溫燒結的處理程序下，通過由所述第一硬焊層及所述第二硬焊層所構成的一活性金屬層，硬焊於所述陶瓷基板層上；

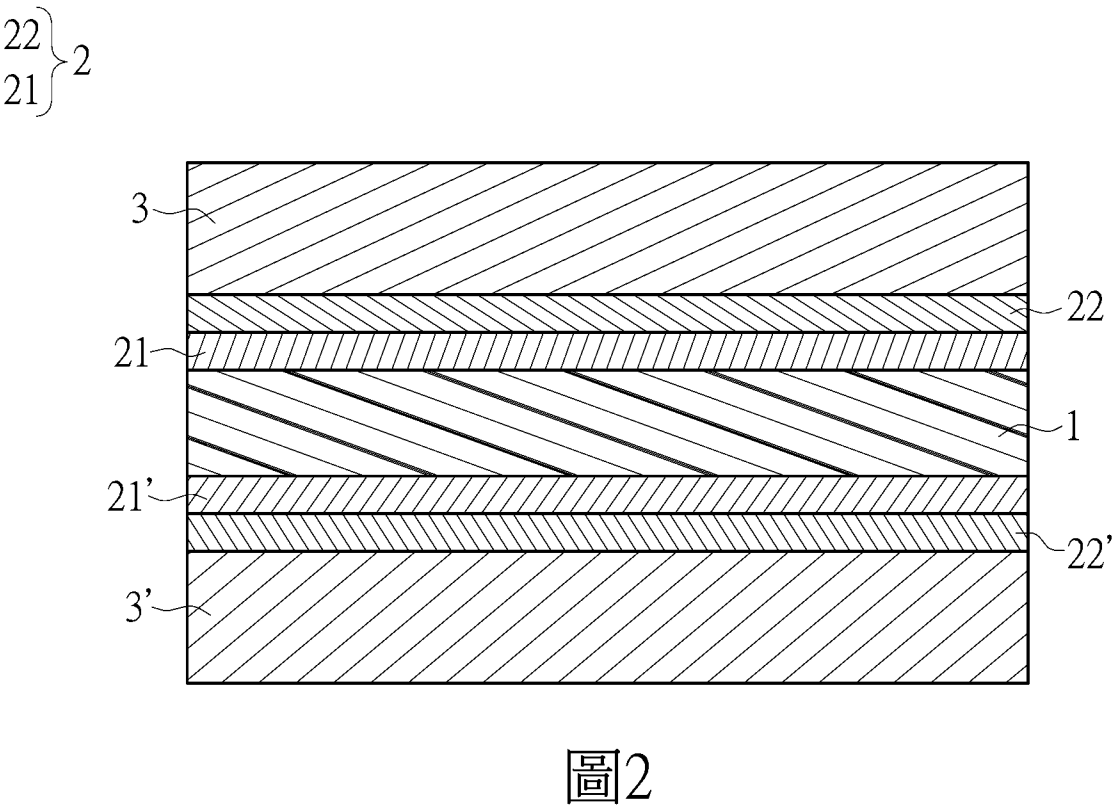
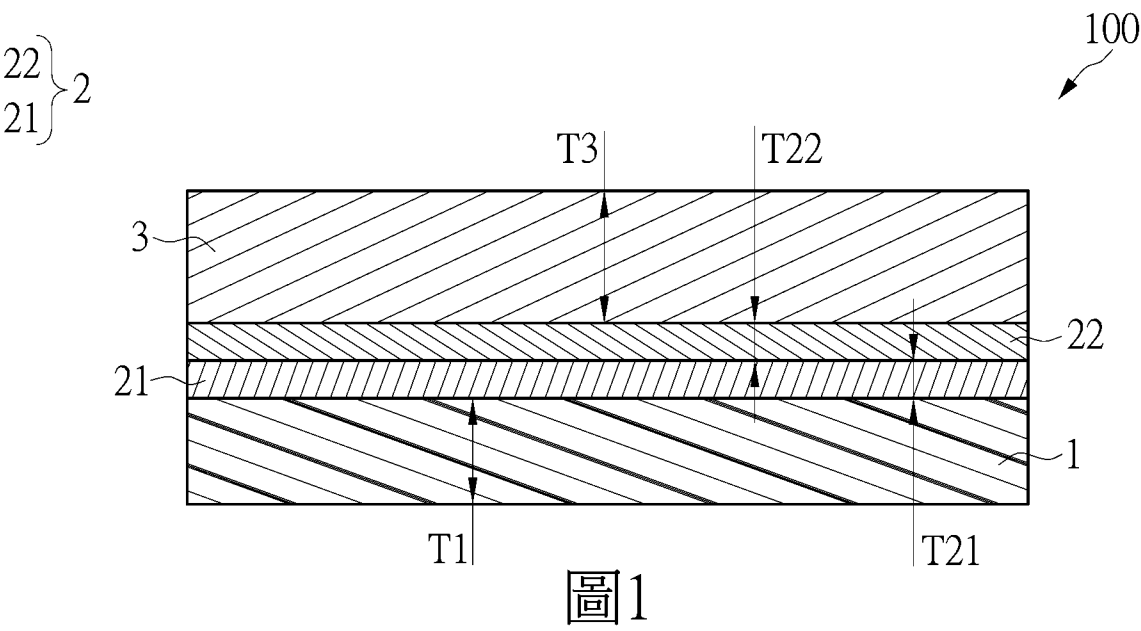
其中，所述低熔點金屬粉末成份為金屬錫(Sn)、金屬鉍(Bi)、金屬銦(In)、金屬鉛(Pb)、及金屬鎘(Cd)的至少其中之一；

其中，所述第一活性金屬粉末成份及所述第二活性金屬粉末成份是分別選自由：鈦、鋯、鉭、鈮、釩、鈷、及上述金屬的氫化物，所組成的材料群組的至少其中之一；

其中，所述第一硬焊層以及所述第二硬焊層的厚度加總至少不小於 12 微米，所述第一硬焊層的厚度不小於 5 微米，且所述第二硬焊層的厚度不小於 10 微米。

【請求項8】 如請求項 7 所述的活性金屬硬焊基板材料的製造方法，其中，所述真空高溫燒結的處理程序包含：溫度條件不大於 500°C 的一第一階段熱處理程序及溫度條件介於 450°C至 900°C的一第二階段熱處理程序。

【發明圖式】



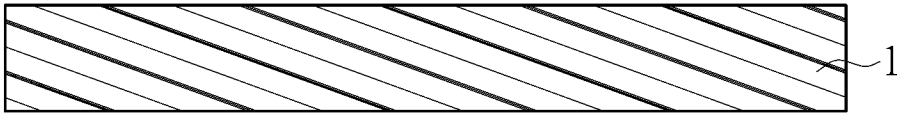


圖3A

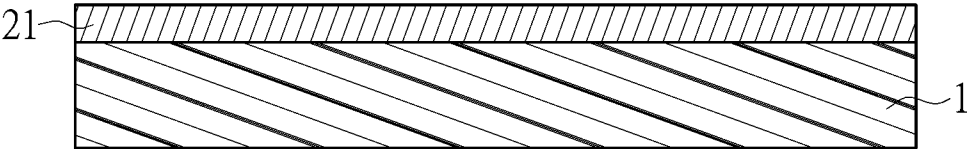


圖3B

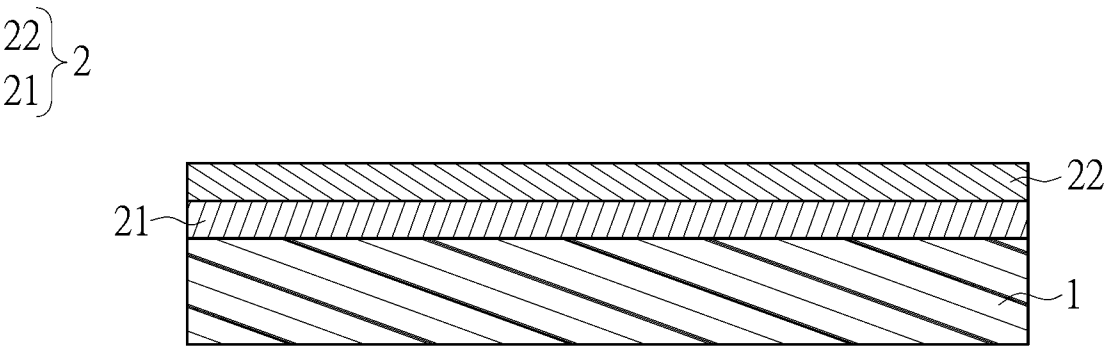


圖3C

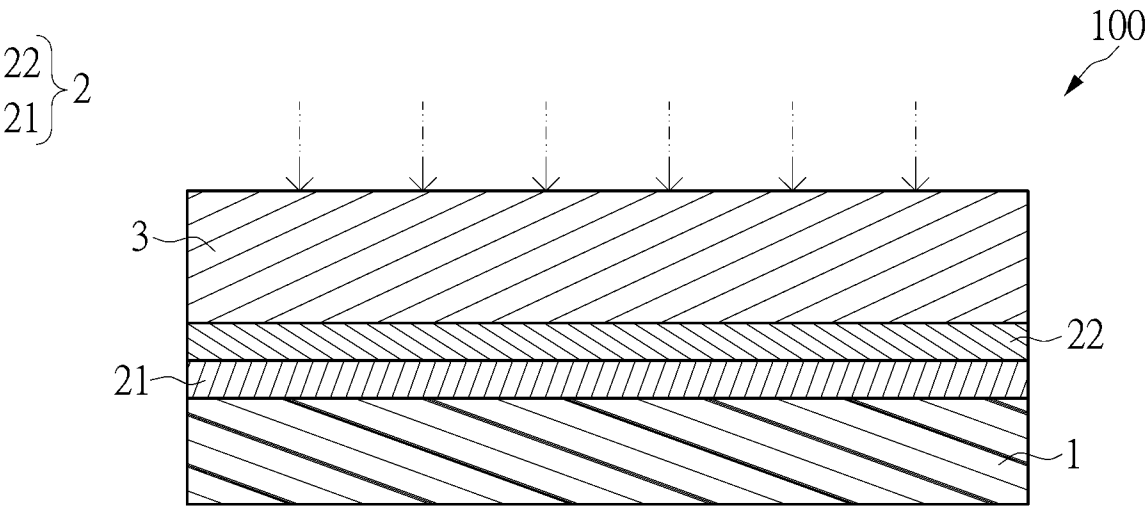


圖3D