



(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 I470749 B

(45) 公告日：中華民國 104 (2015) 年 01 月 21 日

(21) 申請案號：098144432

(22) 申請日：中華民國 98 (2009) 年 12 月 23 日

(51) Int. Cl. : H01L23/34 (2006.01)

H01L25/04 (2014.01)

(71) 申請人：財團法人工業技術研究院 (中華民國) INDUSTRIAL TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE (TW)

新竹縣竹東鎮中興路 4 段 195 號

(72) 發明人：呂明生 LEU, MING SHENG (TW)；劉君愷 LIU, CHUN KAI (TW)；黃振東 HWANG, JENN DONG (TW)；吳金寶 WU, JIN BAO (TW)；余致廣 YU, CHIH KUANG (TW)

(74) 代理人：洪澄文；顏錦順

(56) 參考文獻：

US 6650006B2

US 7049170B2

US 20080121414A1

US 20080239675A1

審查人員：莊榮昌

申請專利範圍項數：15 項 圖式數：3 共 16 頁

(54) 名稱

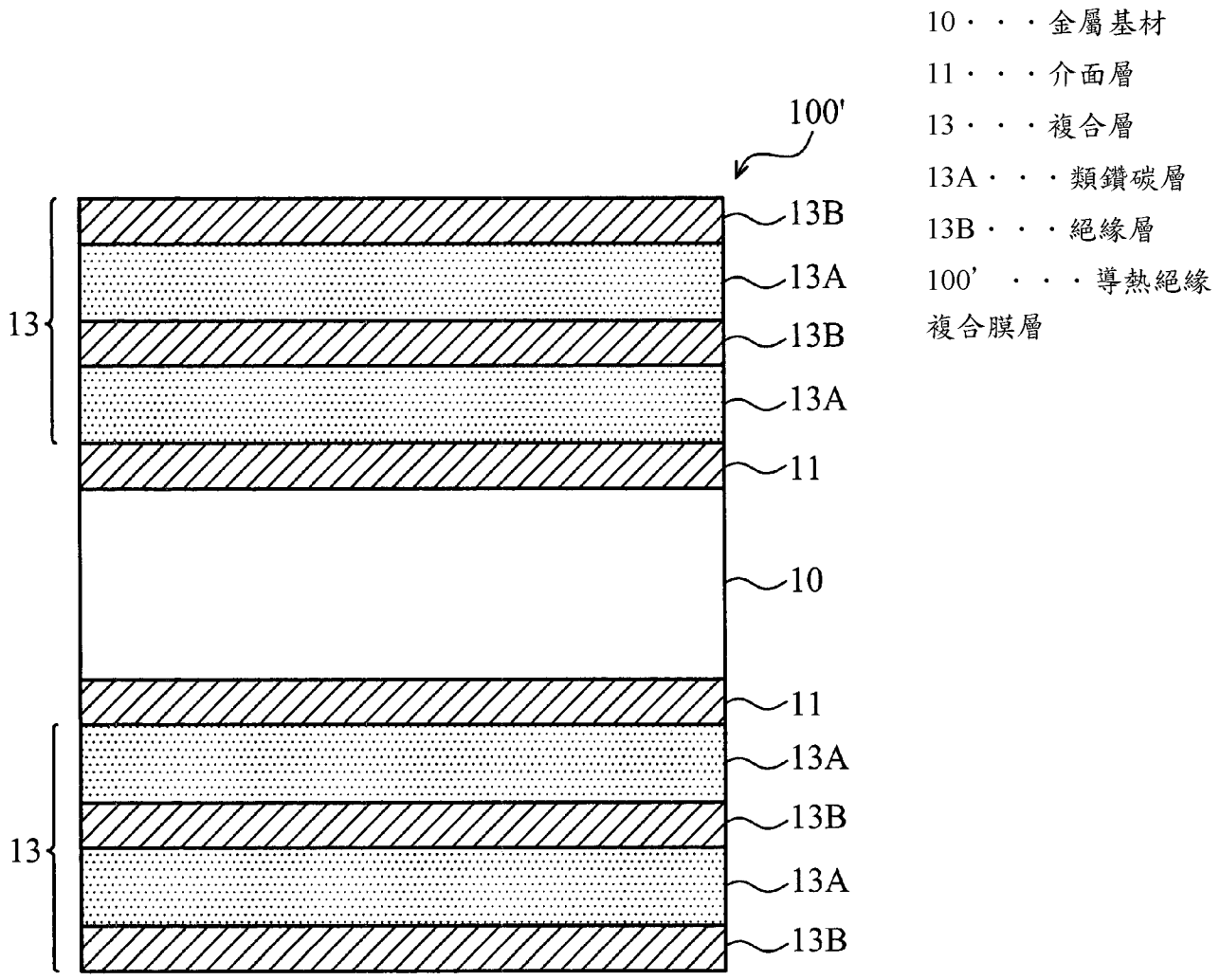
導熱絕緣複合膜層及晶片堆疊結構

THERMAL CONDUCTIVE AND ELECTRICAL INSULATION COMPLEX FILM AND CHIP PACKAGE STRUCTURE UTILIZING THE SAME

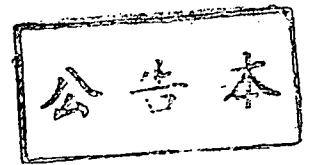
(57) 摘要

本發明提供一種導熱絕緣複合膜層，包括位於金屬基材之上表面及下表面上之介面層，以及位於介面層上之絕緣層。由於本發明之絕緣複合層兼具導熱及絕緣特性，因此可設置於晶片堆疊結構之間並直接接觸晶片，以同時於水平及垂直方向散熱。

The disclosed is about a thermal conductive and electrical insulation complex film, including interface layers disposed on the top and bottom surface of a metal substrate, and an insulation layer. Because the film has thermal conductivity and electrical insulation properties, it can be disposed between the chips of a chip package structure, thereby diffusing the heat in horizontal and vertical directions simultaneously.



第 2 圖



發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號： 9814443
※ 申請日： 98.12.23 ※IPC 分類： H01L 23/84 (2006.01)
H01L 25/04 (2014.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

導熱絕緣複合膜層及晶片堆疊結構 / Thermal
conductive and electrical insulation complex film and chip
package structure utilizing the same

二、中文發明摘要：

本發明提供一種導熱絕緣複合膜層，包括位於金屬基材之上表面及下表面上之介面層，以及位於介面層上之絕緣層。由於本發明之絕緣複合層兼具導熱及絕緣特性，因此可設置於晶片堆疊結構之間並直接接觸晶片，以同時於水平及垂直方向散熱。

三、英文發明摘要：

The disclosed is about a thermal conductive and electrical insulation complex film, including interface layers disposed on the top and bottom surface of a metal substrate, and an insulation layer. Because the film has thermal conductivity and electrical insulation properties, it can be disposed between the chips of a chip package structure, thereby diffusing the heat in horizontal and vertical directions simultaneously.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(2)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

10~金屬基材；

11~介面層；

13~複合層；

13A~類鑽碳層；

13B~絕緣層；

100'~導熱絕緣複合膜層。

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無。

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種導熱絕緣複合膜層，更特別關於其於晶片堆疊結構之應用。

【先前技術】

由於晶片功能提升使得晶片的發熱密度趨勢不斷增加，由 ITRS 及 iNEMI 的預測指出，未來低價元件(low cost device)、價能比元件(cost-performance device)、及高性能元件(high performance device)的電子產品其熱管理都將是嚴重的挑戰。以價能比元件來說，2010 年時預估約有 85 W/cm² 的發熱密度。當製程演進到 14nm 時，功率密度將會增加到 >100W/cm²，而熱阻值(junction-to-ambient)則需小於 0.2°C/W，造成實際應用上的技術瓶頸。更嚴重的是由於晶片發熱不均勻所產生的熱點(hot spot)問題造成更嚴重的散熱問題，根據 Intel, IBM 及 Fujitsu 等公司的研究指出，熱點問題會造成 IC 的散熱元件散熱需求大幅提升。為避免嚴重的散熱問題，散熱元件的熱阻值需要降低 3~5 倍。

傳統的封裝散熱解決方式大多是靠頂部的熱擴散片(heat spreader)，將熱點均勻擴散，再由散熱模組(cooler)將熱帶走。然而，堆疊式晶片封裝中熱的熱點問題更為嚴重，尤其是當發熱晶片堆疊在中間時，熱不但不易傳出，而且還會影響附近的晶片，造成可靠度降低。

在美國專利 US 7,190,068 中，將熱擴散片置於晶片下方作為散熱結構。然而此方法之熱擴散片過厚而無法置於

晶片之間，且僅利用打線將晶片邊緣的熱傳導至熱擴散片，並無法有效解決堆疊晶片之間的熱累積問題。

在美國專利 US 7,119,428 中，以增加晶片之間的凸塊數量提升散熱效果。然而晶片與晶片之間主要為一般封裝膠材，其散熱效果仍取決於凸塊數目。此外，凸塊僅能於垂直方向散熱而無法水平方向散熱。當某些凸塊因局部元件運作而無法大量散熱時，同層的其他凸塊卻無法幫助散熱。

在美國專利 US 6,525,943 中，利用狹長孔(slot)及對位針(alignment pin)使堆疊結構具有垂直導熱連結。然而上述設計會增加元件體積，且需額外製程並提高成本。

在美國專利 6,566,746 及 US 6,878,571 中，利用框架結構將具有承載基板的晶片模組垂直組裝。上述結構需重新分佈承載基板及框架的電路以使其垂直導通，這將提高元件體積及成本。

美國史丹福大學 Ken Goodson 教授在 2004 年 10 月 SEMATECH 國際研討會提出採用微通道冷卻結構。上述結構以液冷方式降低元件溫度，屬主動散熱方式，成本高且製程困難。

在 WO 2004015775 中，以延伸基板組合至堆疊結構。然而延伸基板與堆疊結構之間具有空隙，因此僅能於垂直方向導熱。

在 US 6,849,480 中，將堆疊結構打線至環狀基板以提高導熱效果。

在 US 2007/0903190 中，利用間隔物增加堆疊結構於

垂直方向的導熱性。然而上述結構無法水平方向導熱，且堆疊結構中的晶片數量有限。

綜上所述，目前亟需一種新的導熱結構，在不大幅更動現有製程及提高成本的前提下，有效提升元件的導熱性。

【發明內容】

本發明提供一種導熱絕緣複合膜層，包括金屬基材；介面層，分別位於金屬基材之上表面及下表面上；以及第一絕緣層位於介面層上。

本發明亦提供一種晶片堆疊結構，包括承載基板；複數個垂直堆疊的晶片，位於承載基板上；以及上述之導熱絕緣複合膜層，夾設於晶片之間及/或夾設於承載基板與晶片之間；其中晶片及承載基板之間以凸塊相連，且凸塊接觸導熱絕緣複合膜層。

【實施方式】

由於晶片堆疊時造成的熱累積非常嚴重，在散熱空間有限的情況下，需增加散熱路徑。設計有效率的散熱方式將晶片之間的熱傳出，是 3D-IC 散熱設計中非常重要的概念。由分析顯示高導熱材料對於 3D-IC 散熱有很大的幫助。一般晶片間主要是大面積的膠材 ($k < 1\text{W/mK}$) 及部分面積的凸塊 ($k \sim 58\text{W/mK}$)，如需增加導熱效果需要增加大量的凸塊，因此尤其是當熱點 (hot spot) 提昇時，密集的發熱問題成為嚴重的散熱瓶頸。技術突破點是設計薄型

(<100 μm)高導熱(>400W/mK)材料的介面層(spacer)，利用面積延伸的結構設計，以降低晶片熱點問題並能有效降低堆疊晶片的發熱問題。由於介面材料可能和晶片上的導體接觸，因此表面需要絕緣設計以避免短路問題。一般熟知的銅及鋁箔片雖具有不錯的熱傳導率但卻不具電流阻隔效果，可能不適合作為 3D-IC 介面應用的材料。本發明以鋁箔或銅箔為基材在其表面鍍製高導熱並具絕緣特性之類鑽或氮化鋁複合薄膜製作為 3D-IC 應用之填隙材料技術。這種熱傳導率可達銅的水準並且絕緣之可撓性複合膜層箔片，總厚度可介於 10 μm 至 500 μm 之間。

如第 1 圖所示，首先提供金屬基材 10。金屬基材 10 可為鋁或銅等常見高導熱金屬。金屬基材之作用在於成為能夠快速疏導熱點之熱流通道。在本發明一實施例中，金屬基材 10 之厚度介於 10 μm 至 200 μm 之間。當金屬基材 10 之厚度過薄時，將無法提供足夠的支撐力。當金屬基材 10 之厚度過厚時，將增加成本且無法撓曲。

接著形成介面層 11 於金屬基材 10 兩側。介面層 11 之材質可為鋁或氮化鋁，其形成方式可為物理氣相鍍膜如真空濺鍍或電弧離子蒸鍍。舉例來說，以鋁為靶材，製程中壓力在 10^{-4} ~2Pa 之間，並通入如 He、Ne、Ar、Kr、Xe 之鈍性氣體，施以 0V~-500V 之偏壓，在基材 10 上成長鋁層。或者在上述製程中，通入 N_2 氣體成長氮化鋁層。介面層 11 之作用在於增加表面絕緣膜層與金屬基材之結合強度。在本發明一實施例中，介面層 11 之厚度介於 20nm 至 100nm 之間。若介面層 11 的厚度過薄，則膜層結合強度薄弱。若

介面層 11 的厚度過厚，不但無助於膜層結合強度同時也浪費鍍膜資源。

接著形成絕緣層 13B 於介面層 11 上，形成導熱絕緣複合膜層 100。絕緣層 13B 可為氧化鋁或氮化鋁，其形成方式為物理氣相沉積。絕緣層 13B 之作用在於避免晶片因接觸導熱絕緣複合膜層 100 而短路。在本發明一實施例中，絕緣層 13B 之厚度介於 20nm 至 2 μ m。若絕緣層 13B 之厚度過薄時，將無法有效電性絕緣。若絕緣層 13B 之厚度過厚時，則會影響導熱。

第 2 圖係本發明另一實施例之導熱絕緣複合膜層 100'。首先提供金屬基材 10，其上表面及下表面各自形成有介面層 11。上述金屬基材 10 及介面層 11 之材質等參數如前述，在此不贅述。接著形成類鑽碳(DLC)層 13A 於上述介面層 11 上。上述類鑽碳層 13A 包括純碳或摻雜氫、氮、或金屬原子之四面體非晶碳，其摻雜濃度小於 10%，其形成方法可為物理氣相沉積(PVD)。類鑽碳層 13A 之作用在垂直及水平方向快速導熱。在本發明一實施例中，類鑽碳層 13A 之厚度介於 100nm 至 10 μ m。若類鑽碳層 13A 之厚度過薄時，將無法有效導熱。若類鑽碳層 13A 之厚度過厚時，不但導熱效能增加有限同時膜層結構也容易因內應力累積過高造成脫膜現象。

接著形成另一絕緣層 13B 於類鑽碳層 13A 上。絕緣層 13B 可為氧化鋁或氮化鋁，其形成方式為物理氣相沉積。絕緣層 13B 之作用在於避免晶片因接觸導熱絕緣複合膜層 100' 而短路。在本發明一實施例中，絕緣層 13B 之厚度介

於 20nm 至 2 μ m。若絕緣層 13B 之厚度過薄時，將無法有效電性絕緣。若絕緣層 13B 之厚度過厚時，則會影響導熱。

上述類鑽碳層 13A 及絕緣層 13B 即組成所謂的複合層 13。在本發明一實施例中，複合層只含有一層類鑽碳層 13A 及一層絕緣層 13B，且絕緣層 13B 位於最外層。在本發明其他實施例中，可在形成絕緣層 13B 後，再交替形成另一類鑽碳層 13A 及另一絕緣層 13B。簡言之，即複合層 13 可含有多層交替的類鑽碳層 13A 及絕緣層 13B。值得注意的是，不論複合層中交替形成之類鑽碳層 13A 及絕緣層 13B 的數目有多少，最外層必需是絕緣層 13B，以避免夾設於晶片之間時因類鑽碳層 13A 接觸晶片造成短路。至此，即完成導熱絕緣複合膜層 100'。

上述之導熱絕緣複合膜層 100 及 100' 可應用於晶片堆疊結構中。如第 3 圖所示，以焊球 23 將電路板 21 連接至承載基板 25 上。承載基板 25 為銅或鋁等高導熱材質。將上述導熱絕緣膜層 100 裁切至符合晶片大小後，以沖孔或機械鑽孔等方式預留凸塊 29 所需空間。接著將導熱絕緣膜層 100 或 100' 置於承載基板 25 上，形成凸塊 29 於預留空間後，再將晶片 27 壓合至導熱絕緣膜層 100 或 100' 上，使晶片之接觸孔 28 接觸凸塊 29。接觸孔 28 及凸塊 29 之材質可為銅、鋁、或其他高導熱金屬。接著再將另一導熱絕緣膜層 100 或 100' 置於晶片 27 上，形成另一凸塊 29 於預留空間後，再將另一晶片 27 壓合至另一導熱絕緣膜層 100 或 100' 上。重複上述步驟，即可形成第 3 圖所示之結構，其中晶片 27 之接觸孔 28 及該承載基板 25 之間以凸塊 29

相連，且凸塊 29 接觸導熱絕緣複合膜層 100 或 100'。如此一來，晶片 27 產生的熱能可經由導熱絕緣複合膜層 100 以水平方向快速傳導至凸塊 29。接著凸塊 29 可經由晶片之接觸孔及其他凸塊將熱快速傳導至承載基板 25 上。在本發明一實施例中，可在上述堆疊結構之側壁或頂部設置常見之散熱元件如風扇、熱導管、或上述之組合，以進一步提高晶片堆疊結構之散熱效率。

為了讓本發明之上述和其他目的、特徵、和優點能更明顯易懂，下文特舉數實施例配合所附圖示，作詳細說明如下：

【實施例】

膜層片電阻之測試方法是採用四點探針接觸量測而得。而膜層之熱傳導特性測試方式是採用瑞典 Hot Disk 公司生產製造之 TPS2500 系統量測 (ISO 編號為 ISO-DIS22007)。其應用基本原理為瞬變平面熱源法 (Transient Plane Source Method)；在測試過程中電流通過鎳時產生一定之溫升，產生的熱量同時向探頭兩側的樣品進行擴散，熱擴散的速度依賴於材料的熱傳導特性。通過記錄溫度曲線與探頭的反應時間，材料的熱傳導特性可以被計算出來。

實施例 1

取 5cm*15cm*200 μ m 之銅箔片置入真空腔室後，以物

理氣相沉積法濺鍍約 70nm 厚之鋁層於之銅箔片之上表面及下表面上。接著依序形成 800nm 之類鑽碳層及 650nm 之氮化鋁層於上述鋁層上，形成導熱絕緣複合膜層。經量測後，上述導熱絕緣複合膜層之熱傳導性約為 367W/mK，而片電阻為高於 $10^8 \Omega\text{-cm}$ ，顯見其具有高絕緣性及高導熱性，可夾設於晶片之間而不會造成短路。

實施例 2

取 5cm*15cm*100 μm 之鋁片置入氮氣腔室後，以物理氣相沉積法濺鍍約 50nm 厚之氮化鋁層於鋁片之上表面及下表面上。接著依序形成 200nm 之類鑽碳層、200nm 之氮化鋁層、400nm 之類鑽碳層、及 300nm 之氮化鋁層於上述氮化鋁層上，形成導熱絕緣膜複合膜層。經量測後，上述導熱絕緣複合膜層之熱傳導性約為 223W/mK，而片電阻為高於 $10^8 \Omega\text{-cm}$ ，顯見其具有高絕緣性及高導熱性，可夾設於晶片之間而不會造成短路。

雖然本發明已以數個較佳實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何熟習此技藝者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作任意之更動與潤飾，因此本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

【圖式簡單說明】

第 1 圖係本發明一實施例中，導熱絕緣膜層之剖面圖；
第 2 圖係本發明一實施例中，導熱絕緣膜層之剖面圖；以及
第 3 圖係本發明一實施例中，晶片堆疊結構之剖面圖。

【主要元件符號說明】

10~金屬基材；
11~介面層；
13~複合層；
13A~類鑽碳層；
13B~絕緣層；
100、100'~導熱絕緣複合膜層；
21~電路板；
23~焊球；
25~承載基板；
27~晶片；
28~接觸孔；
29~凸塊。

七、申請專利範圍：

1. 一種導熱絕緣複合膜層，包括：
 - 一金屬基材；
 - 一介面層，分別位於該金屬基材之上表面及下表面上，其中該介面層包括鋁或氮化鋁；以及
 - 一第一絕緣層，位於該些介面層上。
2. 如申請專利範圍第 1 項所述之導熱絕緣複合膜層，其中該金屬基材包括鋁或銅。
3. 如申請專利範圍第 1 項所述之導熱絕緣複合膜層，其中該金屬基材之厚度介於 $10\mu\text{m}$ 至 $200\mu\text{m}$ 之間。
4. 如申請專利範圍第 1 項所述之導熱絕緣複合膜層，其中該介面層之厚度介於 20nm 至 100nm 之間。
5. 如申請專利範圍第 1 項所述之導熱絕緣複合膜層，其中該第一絕緣層包括氧化鋁或氮化鋁。
6. 如申請專利範圍第 1 項所述之導熱絕緣複合膜層，其中該第一絕緣層之厚度介於 20nm 至 $2\mu\text{m}$ 之間。
7. 如申請專利範圍第 1 項所述之導熱絕緣複合膜層，更包括一複合層夾設於該介面層與該第一絕緣層之間，且該複合層包括一類鑽碳層及一第二絕緣層。
8. 如申請專利範圍第 7 項所述之導熱絕緣複合膜層，其中該類鑽碳層包括純碳或摻雜氫、氮、或金屬原子之四面體非晶碳。
9. 如申請專利範圍第 7 項所述之導熱絕緣複合膜層，其中類鑽碳層之厚度介於 100nm 至 $10\mu\text{m}$ 之間。
10. 如申請專利範圍第 7 項所述之導熱絕緣複合膜層，

其中該第二絕緣層包括氧化鋁或氮化鋁。

11.如申請專利範圍第 7 項所述之導熱絕緣複合膜層，其中該第二絕緣層之厚度介於 20nm 至 2 μ m 之間。

12.一種晶片堆疊結構，包括：

一承載基板；

複數個垂直堆疊的晶片，具有接觸孔且位於該承載基板上；以及

如申請專利範圍第 1 項所述之導熱絕緣複合膜層，夾設於該些晶片之間及/或夾設於該承載基板與該晶片之間；

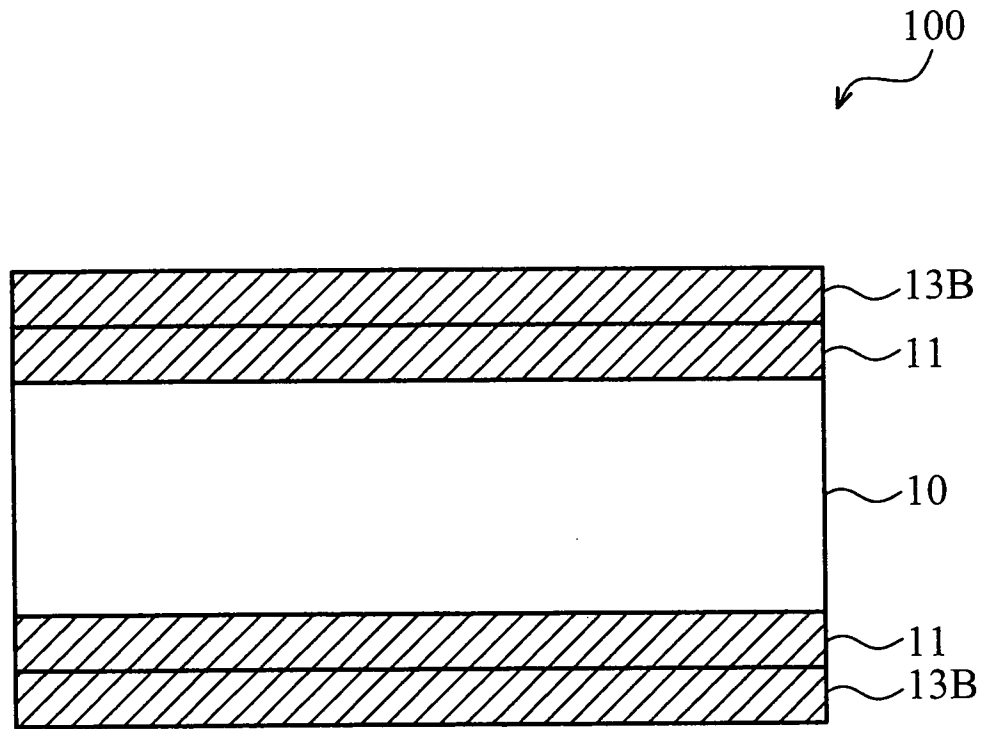
其中該些晶片之接觸孔及該承載基板之間以凸塊相連，且該些凸塊接觸該些導熱絕緣複合膜層。

13.如申請專利範圍第 12 項所述之晶片堆疊結構，更包括一電路板以焊球連接至該承載基板。

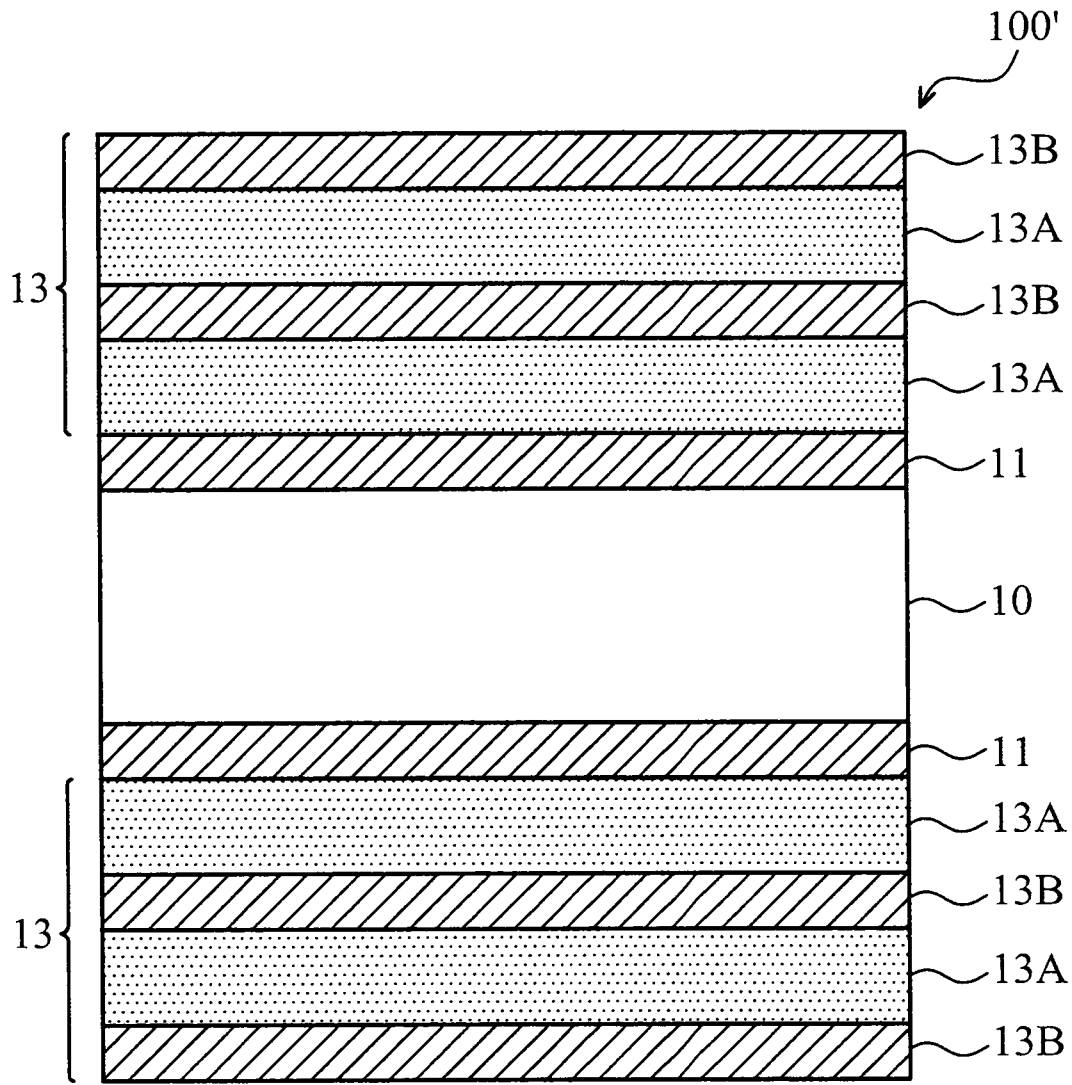
14.如申請專利範圍第 12 項所述之晶片堆疊結構，其中該晶片堆疊結構之頂部及側壁更包括一散熱裝置。

15.如申請專利範圍第 14 項所述之晶片堆疊結構，其中該散熱裝置包括風扇、熱導管、或上述之組合。

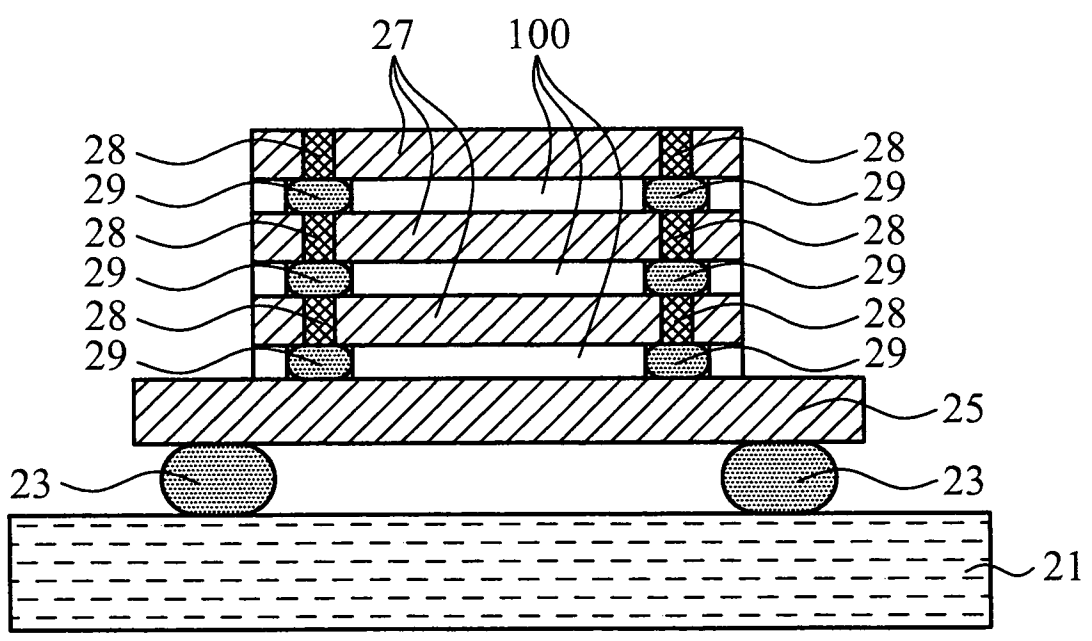
八、圖式：



第 1 圖



第 2 圖



第 3 圖