



(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 I555155 B

(45)公告日：中華民國 105 (2016) 年 10 月 21 日

(21)申請案號：103113995

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 04 月 17 日

(51)Int. Cl. : H01L23/49 (2006.01)

H01B1/02 (2006.01)

C22C5/06 (2006.01)

(71)申請人：光洋應用材料科技股份有限公司 (中華民國) SOLAR APPLIED MATERIALS TECHNOLOGY CORP. (TW)

臺南市安南區工業三路 1 號

(72)發明人：彭政展 PENG, CHENG CHANG (TW)；鄭雲楷 CHENG, YUN KAI (TW)；鄭惠文 CHENG, HUI WEN (TW)；林育璋 LIN, YU WEI (TW)

(74)代理人：桂齊恆；林景郁

(56)參考文獻：

TW 201336599A

審查人員：黃淑萍

申請專利範圍項數：9 項 圖式數：1 共 30 頁

(54)名稱

銀合金線材

SILVER ALLOY WIRE

(57)摘要

本發明提供一種銀合金線材，其包括一芯線、一鍍金層及形成於該鍍金層及該芯線之間的一鍍鈀層，該芯線包含銀、鈀、第一添加成分及第二添加成分，該第一添加成分可為鉑、鎳或銅，該第二添加成分可為鍺、銻、金或銱，以該芯線之總重量為基準，鈀之含量係大於或等於 1.1wt%且小於或等於 2.8wt%，第一添加成分之含量係大於 0.1wt%且小於 1wt%，第二添加成分之含量係大於 0.02wt%且小於 0.2wt%。據此，本發明之銀合金線材不僅能兼具良好導電性、抗氧化能力、伸線作業性、結球穩定性、PCT 可靠度以及 u-HAST 可靠度，更能具體提升銀合金線材與封裝材料之間的界面接合強度。

The present invention provides a silver alloy wire including a core wire, a gold coating layer, and a palladium coating layer formed between the core wire and the gold coating layer. The core wire comprises silver, palladium, a first additive, and a second additive. The first additive is selected from platinum, nickel, copper, or their combination. The second additive is selected from germanium, cerium, gold, iridium, or their combination. On the basis of the total weight of the core wire, the content of palladium is greater than or equal to 1.1 wt%, and less than or equal to 2.8 wt%, the content of the first additive is more than 0.1 wt% and less than 1 wt%, and the content of the second additive is more than 0.02 wt% and less than 0.2 wt%. Accordingly, the silver alloy wire provided not only has good conductivity, better anti-oxidation ability, good drawing workability, stable shape forming ability in FAB, better reliability in PCT and u-HAST, but also can improve the interface bonding strength with wire and packaging pad.

指定代表圖：

符號簡單說明：

10 . . . 芯線

21 . . . 鍍鈀層

22 . . . 鍍金層

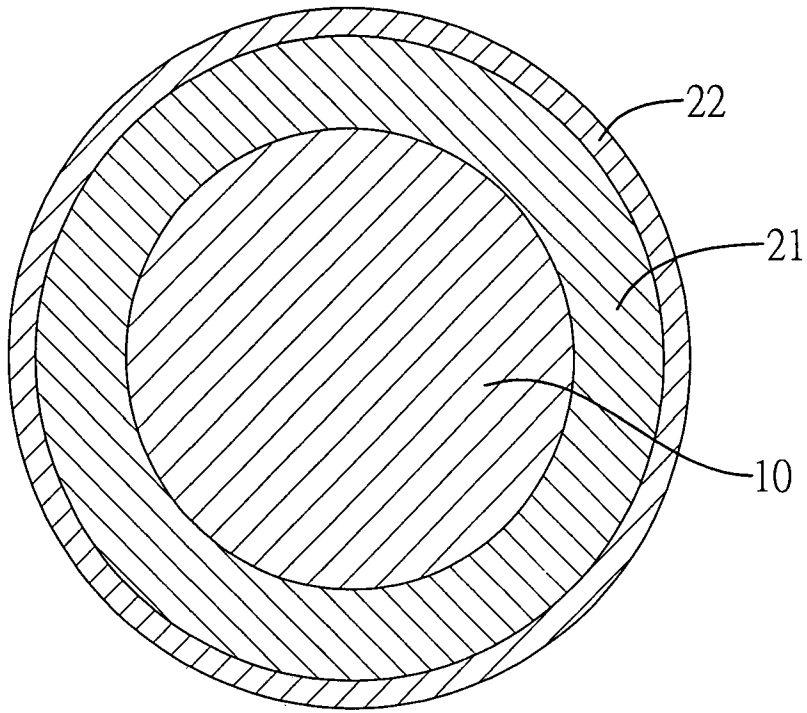


圖 1

## 發明摘要

※ 申請案號：103113995

※ 申請日：103. 4. 17

※IPC 分類：

H01L 23/49 (2006.01)  
H01B 1/02 (2006.01)  
C22C 5/06 (2006.01)

## 【發明名稱】(中文/英文)

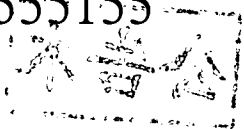
銀合金線材 / Silver Alloy Wire

## 【中文】

本發明提供一種銀合金線材，其包括一芯線、一鍍金層及形成於該鍍金層及該芯線之間的一鍍鈀層，該芯線包含銀、鈀、第一添加成分及第二添加成分，該第一添加成分可為鉑、鎳或銅，該第二添加成分可為銻、銻、金或銻，以該芯線之總重量為基準，鈀之含量係大於或等於 1.1 wt% 且小於或等於 2.8 wt%，第一添加成分之含量係大於 0.1 wt% 且小於 1 wt%，第二添加成分之含量係大於 0.02 wt% 且小於 0.2 wt%。據此，本發明之銀合金線材不僅能兼具良好導電性、抗氧化能力、伸線作業性、結球穩定性、PCT 可靠度以及 u-HAST 可靠度，更能具體提升銀合金線材與封裝材料之間的界面接合強度。

## 【英文】

The present invention provides a silver alloy wire including a core wire, a gold coating layer, and a palladium coating layer formed between the core wire and the gold coating layer. The core wire comprises silver, palladium, a first additive, and a second additive. The first additive is selected from platinum, nickel, copper, or their combination. The second additive is selected from



germanium, cerium, gold, iridium, or their combination. On the basis of the total weight of the core wire, the content of palladium is greater than or equal to 1.1 wt% , and less than or equal to 2.8 wt%, the content of the first additive is more than 0.1 wt% and less than 1 wt%, and the content of the second additive is more than 0.02 wt% and less than 0.2 wt%. Accordingly, the silver alloy wire provided not only has good conductivity, better anti-oxidation ability, good drawing workability, stable shape forming ability in FAB, better reliability in PCT and u-HAST, but also can improve the interface bonding strength with wire and packaging pad.

**【代表圖】**

**【本案指定代表圖】**：圖 1。

**【本代表圖之符號簡單說明】**：

10 芯線

21 鍍鈀層

22 鍍金層

**【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)

銀合金線材/ Silver Alloy Wire

## 【技術領域】

【0001】 本發明涉及半導體及 LED 封裝相關領域，尤指一種以銀為主成分之銀合金線材。

## 【先前技術】

【0002】 有鑑於於金線材能兼具良好的延展性、導電性及不易被氧化等特性，早期半導體領域之打線接合製程 (wire bonding) 中多半係使用線徑介於 15 至 50 微米之金線材將晶片與基板相互連接，以提供訊號傳遞之目的。

【0003】 然而，隨著金價逐年飆漲以及金線材與鋁墊之界面所形成之脆性介金屬化合物易劣化接點之可靠度等問題；業界轉而採用價格低廉的銅線材取代金線材，以降低電子產品之生產成本，且銅線材更因具有高強度且不易與鋁墊生成介金屬化合物等優點，使其能在維持打線接合線材之強度下細化其線徑大小，以符合現今半導體產業往精密化發展之趨勢。但是，銅線材硬度較高，打線力道太輕會導致焊點不牢固；打線力道較大，造成鋁層破裂或焊墊凹陷。

【0004】 是以，現有技術轉而開發另一種純銀線材，利用純銀線材兼具價格低廉、優異之導電性與導熱性以及相較於銅線材較軟等特性，以期能改善前述金線材與銅線材之問題，並能符合現今電子產品對低電阻率 [(不大於 3.0

微歐姆-公分( $\mu\Omega\text{-cm}$ )]之市場需求。

【0005】 但是，純銀線材與鋁墊之界面仍易形成如  $\text{Ag}_2\text{Al}$  或  $\text{Ag}_4\text{Al}$  等脆性介金屬化合物，其會劣化純銀線材之界面接合強度；故，現有技術轉而在純銀線材中摻混鈮成分，以試圖利用含鈮之銀合金線材在打線接合製程中所形成之鈮濃化層改善純銀線材之界面接合強度及線材強度。

【0006】 然而，銀合金線材中必需添加足量的鈮成分才能確保其界面接合強度獲得改善，且須依所需之電阻率值來調整成分，若擬獲得較低的電阻率而成分中含有鈮時，則須將鈮的成分控制在較低的範圍值，然如此一來，不僅無法改善銀合金線材之界面接合強度，且反而會提高銀合金線材之氧含量，劣化銀合金線材之抗氧化能力，致使現有技術之銀合金線材難以獲得所需之伸線作業性、結球穩定及可靠度，而影響銀合金線材的使用率。

【0007】 此外，為避免銀合金線材被硫化、受水氣影響或變形等問題，現今多半係使用封裝材料將銀合金線材進行密封，並經可靠度試驗後，再對封裝材料進行蝕刻去除[又稱，開蓋(decap)]，保留露出的銀合金線材，觀察線材表面與封裝材料的反應情況。然而，現有技術之銀合金線材在進行可靠度試驗的嚴苛環境中，很容易與封裝材料產生化學反應，致使現有技術之銀合金線材常有被腐蝕而降低其可靠度之問題；且銀合金線材之表面與封裝材料之間常會發生線表分層現象[又稱，脫層(delamination)]，致使現有技術之銀合金線材無法與封裝材料之間具備足夠的界

面接合強度，甚而造成線路熔斷(burn out)等問題。

### 【發明內容】

【0008】 有鑑於現有技術已開發之銀合金線材所存在之諸多缺點，本發明之一目的在於提升銀合金線材之表面與封裝材料之間的界面接合強度，從而具體改善銀合金線材與封裝材料之間發生線表分層以及線路熔斷等問題。

【0009】 本發明之又一目的在於降低銀合金線材之氧含量，進而同時具體改善銀合金線材的伸線作業性、結球穩定性、PCT可靠度及 u-HAST 可靠度。

【0010】 本發明之另一目的在於提供一種低電阻率之銀合金線材，以期能符合現今電子產品對低電阻率之市場需求。

【0011】 為達成前述目的，本發明提供一種芯線、一鍍鈀層及一鍍金層，其中該鍍鈀層係形成於該鍍金層及該芯線之間並且環繞於該芯線之外周面，該芯線包含銀、鈀、一第一添加成分及一第二添加成分，該第一添加成分係選自於下列物質所組成之群組：鉑、鎳、銅及其組合，該第二添加成分係選自於下列物質所組成之群組：鍺、銻、金、銱及其組合；以該芯線之總重量為基準，該芯線中鈀之含量係大於或等於 1.1 重量百分比(wt%)且小於或等於 2.8 wt%，該芯線中第一添加成分之含量係大於 0.1 wt%且小於 1 wt%，且該芯線中第二添加成分之含量係大於 0.02 wt%且小於 0.2 wt%。

【0012】 依據本發明，藉由適當控制銀合金線材中芯線之組成以及於芯線外依序鍍上一鍍鈀層及一鍍金層，本發

明之銀合金線材不僅能具備提升其與封裝材料之間的界面接合強度，更能具備低氧含量之特性，同時兼具優異的伸線作業性、結球穩定性、PCT 可靠度以及 u-HAST 可靠度。

【0013】 此外，藉由在芯線外依序鍍上一鍍鈀層及一鍍金屬據此，本發明之銀合金線材在進行打線接合製程時更能減少氮氣或氫氣之保護氣體的使用，甚至可在無需使用保護氣體之環境中直接進行打線接合製程，藉此降低打線接合製程之危險性及作業成本。

【0014】 較佳的，該鍍金屬之厚度係小於或等於該鍍鈀層之厚度；更佳的，該鍍金屬之厚度係小於該鍍鈀層之厚度。

【0015】 較佳的，該鍍鈀層及鍍金屬的厚度和係介於 60 奈米 (nm) 至 200 奈米之間。更佳的，該鍍鈀層的厚度係介於 50 奈米至 150 奈米之間，該鍍金屬的厚度係介於 10 奈米至 50 奈米之間。

【0016】 較佳的，以該芯線之總重量為基準，該芯線中銀之含量係大於 96 wt% 且小於 98.78 wt%。

【0017】 更佳的，以芯線之總重量為基準，該芯線中鈀之含量係大於或等於 1.5 wt% 且小於或等於 2.5 wt%，該芯線中銀之含量係大於 96.3 wt% 且小於 98.38 wt%。

【0018】 較佳的，以芯線之總重量為基準，該芯線中第二添加成分之含量係大於或等於 0.02 wt% 且小於 0.2 wt%。更佳的，以芯線之總重量為基準，該第二添加成分之含量係大於或等於 0.03 wt% 且小於或等於 0.08 wt%。

【0019】 更具體而言，該第一添加成分可為鉑、鎳、銅、



鉑與鎳之組合、鎳與銅之組合、鉑與銅之組合、或鉑與鎳與銅之組合。該第二添加成分可為銻、銻、金、銱、銻與銻之組合、銻與金之組合、銻與銱之組合、銻與金之組合、銻與銱之組合、金與銱之組合、銻與銻與金之組合、銻與金與銱之組合、銻與金與銱之組合、銻與銻與銱之組合、或銻與銻與金與銱之組合。

【0020】 依據本發明，藉由在銀合金線材中摻混由鉑、鎳、銅及其組合所組成之第一添加成分，不僅能有助於抑制銀合金線材中的銀成分在退火與燒球製程中因高溫而被氧化，亦能有助於銀合金線材中的銀成分抵抗因大氣中酸氣(例如，氟、氯或硫)或鹼氣(溴或碘)及在高溫環境下而發生腐蝕反應，從而避免銀成分被反應成鹵化銀而固溶於其中，進而減少結球過程中異質成核的數量，並且避免結球的柱狀晶分佈不均勻而形成偏心球等問題。此外，藉由適當控制第一添加成分之種類及其總量係大於 0.1 wt%且小於 1 wt%，更能有利於降低銀合金線材之氧含量，進而提高銀合金線材之伸線作業性與結球穩定性。

【0021】 較佳的，選用鉑作為第一添加成分能有助於抑制銀合金線材中的銀成分在退火與燒球製程中因高溫而被氧化之情形。

【0022】 較佳的，前述銀合金線材之第一添加成分為鎳、銅或其組合能特別有助於提升該銀合金線材之導電性。

【0023】 依據本發明，藉由在銀合金線材中摻混由銻、銻、金、銱及其組合所組成之第二添加成分，並且適當控制該第二添加成分之總量大於 0.02 wt%且小於 0.2 wt%，

不僅能有助於提升銀合金線材的抗氧化能力、晶粒成長的穩定性以及結構穩定性，更能抑制介金屬化合物( $Ag_2Al$  或  $Ag_4Al$ )之生成。據此，本發明之銀合金線材能兼具優異的結球穩定性及可靠度，進而延長第一焊點失效的時間。

**【0024】** 較佳的，該銀合金線材之電阻率係小於或等於 3.0 微歐姆-公分 ( $\mu\Omega\text{-cm}$ )。據此，本發明之銀合金線材更能適用於大電流、窄間距化之電子產品的封裝製程。

**【0025】** 據此，藉由在芯線之外表面依據鍍上適當厚度的鍍鈀層及鍍金層，能進一步阻隔銀合金線材與大氣之接觸，從而提升銀合金線材之打線作業性、伸線作業性、結球穩定性、PCT 可靠度及 u-HAST 可靠度，並且提升銀合金線材之表面與封裝材料之間的界面接合強度，藉此改善銀合金線材與封裝材料之間發生線表分層之問題。

#### **【圖式簡單說明】**

**【0026】** 圖 1 為實施例 1 至 6 之銀合金線材的剖面圖。

#### **【實施方式】**

**【0027】** 以下，將藉由具體實驗組及實施例說明本發明之實施方式，熟習此技藝者可經由本說明書之內容輕易地了解本發明所能達成之優點與功效，並且於不悖離本發明之精神下進行各種修飾與變更，以施行或應用本發明之內容。

**【0028】** 為驗證芯線的組成對其氧含量、伸線作業性、結球穩定性及可靠度的影響，本說明書所列舉之實驗組 1 至 18、比較組 2 至 19 之芯線與比較組 1 之純銀芯線係大致上經由如相同之拉線及退火熱處理步驟所製得，其不同

之處在於該等芯線中各成分之種類及其含量，各實驗組及比較組之具體製備方法如下所述。

【0029】 實驗組 1 至 18 及比較組 2 至 19：芯線

【0030】 首先，依據下表 1 及表 2 所示之混合比例，混合銀、鈮、第一添加成分及第二添加成分等原料，並將其等之混合的原料鑄造形成一線徑介於 8 至 10 毫米的銀合金母線。

【0031】 接著，對該銀合金母線施以連續且數次的粗拉線製程，藉以將銀合金母線的線徑由 8 至 10 毫米縮小至約 1 毫米；再對經拉線的銀合金母線施以連續且數次的中拉線製程，藉以將該經拉線的銀合金母線之線徑由 1 毫米縮小至 200 至 300 微米，使得該經拉線的銀合金母線之線徑截面積相較於未經粗、中拉線製程前之銀合金母線縮小約 97%。

【0032】 之後，於 350°C 至 500°C 下，對該經拉線的銀合金母線進行第一次退火熱處理，以避免銀合金母線內部在拉線過程中因不斷地變形及拉扯後殘留大量的應力或形成差排(dislocation)而硬化，並藉由前述退火熱處理使經拉線的銀合金母線之原子重新排列，進而調控該經拉線的銀合金母線之硬度，獲得半成品。

【0033】 最後，對前述半成品施以連續且數次的細拉線製程及超細拉線製程，並輔以 500°C 至 700°C 之溫度對其進行第二次退火熱處理，即完成實驗組 1 至 18 與比較組 2 至 19 之芯線(成品)的製作。

【0034】 於實驗組 1 至 18 中，該等芯線之線徑約 18 微

米，且該等芯線中各成分之含量係如下表 1 及表 2 所示。

**【0035】 比較組 1：純銀芯線**

**【0036】** 本比較組 1 係僅使用純銀金屬作原料，並大致上經由如前述製作實驗組 1 至 18 之芯線的方法先獲得一半成品，再製得一純銀芯線之成品。其中，該純銀芯線之線徑約為 18 微米，且其組成亦列示於下表 2 中。

表 1：實驗組 1 至 18 之芯線中各成分之含量 [單位：重量百分比 (wt%)]。

編號	銀	鈦	第一添加成分			第二添加成分			
			鉑	鎳	銅	鍺	銻	金	銨
1	97.92	1.5	0.5	--	--	0.08	--	--	--
2	97.32	2.1	0.5	--	--	0.08	--	--	--
3	96.92	2.5	0.5	--	--	0.08	--	--	--
4	97.32	2.1	--	0.2	--	0.08	--	--	--
5	97.38	2.1	--	0.5	--	0.03	--	--	--
6	97.32	2.1	--	0.5	--	0.08	--	--	--
7	97.32	2.1	--	--	0.5	0.08	--	--	--
8	97.32	2.1	0.3	0.2	--	0.08	--	--	--
9	97.32	2.1	0.3	--	0.2	0.08	--	--	--
10	97.32	2.1	--	--	0.5	--	0.08	--	--
11	97.32	2.1	0.3	--	--	--	0.08	--	--
12	97.32	2.1	0.3	--	0.2	--	0.08	--	--
13	97.32	2.1	--	--	0.5	--	--	0.08	--
14	97.32	2.1	0.3	0.2	--	--	--	0.08	--
15	97.32	2.1	0.3	--	0.2	--	--	0.08	--
16	97.32	2.1	--	--	0.5	--	--	--	0.08
17	97.32	2.1	0.3	0.2	--	--	--	--	0.08

18	97.32	2.1	0.3	--	0.2	--	--	--	0.08
----	-------	-----	-----	----	-----	----	----	----	------

表 2：比較組 1 之純銀芯線及比較組 2 至 19 之芯線中各成分之含量[單位：重量百分比(wt%)]。

編號	銀	鈮	第一添加成分			第二添加成分			
			鉑	鎳	銅	鍍	銻	金	銦
1	100	--	--	--	--	--	--	--	--
2	99.2	0.8	--	--	--	--	--	--	--
3	98.5	1.5	--	--	--	--	--	--	--
4	97.9	2.1	--	--	--	--	--	--	--
5	97.5	2.5	--	--	--	--	--	--	--
6	96	4	--	--	--	--	--	--	--
7	97.4	2.1	0.5	--	--	--	--	--	--
8	97.3	2.1	--	0.6	--	--	--	--	--
9	97.82	2.1	--	--	--	0.08	--	--	--
10	96.7	2.1	--	--	--	1.2	--	--	--
11	98.62	0.8	0.5	--	--	0.08	--	--	--
12	95.42	4	0.5	--	--	0.08	--	--	--
13	97.81	2.1	--	0.01	--	0.08	--	--	--
14	97.72	2.1	--	0.1	--	0.08	--	--	--
15	96.82	2.1	--	1	--	0.08	--	--	--
16	95.82	2.1	--	2	--	0.08	--	--	--
17	97.39	2.1	--	0.5	--	0.01	--	--	--
18	97.2	2.1	--	0.5	--	0.2	--	--	--
19	96.4	2.1	--	0.5	--	1	--	--	--

**【0037】 實施例 1 至 6：銀合金線材**

**【0038】** 於實施例 1 至 6 中，依據下表 3 所示之混合比例，混合銀、鈮、第一添加成分及第二添加成分等原料，

並將其等之混合的原料鑄造形成一線徑介於 8 至 10 毫米的銀合金母線。

【0039】 接著，對該銀合金母線施以連續且數次的粗拉線製程，藉以將銀合金母線的線徑由 8 至 10 毫米縮小至約 1 毫米；再對經拉線的銀合金母線施以連續且數次的中拉線製程，藉以將該經拉線的銀合金母線之線徑由 1 毫米縮小至 200 至 300 微米，使得該經拉線的銀合金母線之線徑截面積相較於未經粗、中拉線製程前之銀合金母線縮小約 97%。

【0040】 之後，於 350°C 至 500°C 下，對該經拉線的銀合金母線進行第一次退火熱處理，調控前述經拉線的銀合金母線的硬度，獲得半成品。

【0041】 接下來，再對半成品施以連續且數次的細拉線製程及超細拉線製程，並輔以 500°C 至 700°C 之溫度對其進行第二次退火熱處理，以獲得一芯線。

【0042】 接著，對該芯線依序進行鍍鈮製程及鍍金製成，即完成實施例 1 至 6 之銀合金線材的製作。

【0043】 請參閱圖 1 所示，於實施例 1 至 6 中，該等銀合金線材(成品)包含一芯線 10、一鍍鈮層 21 及一鍍金層 22，該鍍鈮層 21 係形成於該芯線 10 及該鍍金層 22 之間並且環繞於該芯線 10 之外周面。其中，該芯線的線徑約 17.6 微米，且該銀合金線材的芯線中各成分之含量、鍍鈮層及鍍金層的厚度係如下表 3 所示。

表 3: 實施例 1 至 6 之銀合金線材的芯線中各成分之含量 [單

位：重量百分比(wt%)]以及芯線外之鍍鈀層及鍍金屬的厚度值[單位：奈米(nm)]。

編號	芯線中各成分之含量									金屬鍍層之厚度	
	銀	鈀	第一添加成分			第二添加成分				鍍鈀層	鍍金屬
			鉑	鎳	銅	銻	銻	金	銻		
19	97.32	2.1	0.3	0.2	--	0.08	--	--	--	30	10
20	97.32	2.1	--	0.5	--	0.08	--	--	--	80	20
21	97.32	2.1	0.3	--	0.2	0.08	--	--	--	130	30
22	97.32	2.1	0.3	--	0.2	--	0.08	--	--	30	10
23	97.32	2.1	0.3	0.2	--	--	0.08	--	--	80	20
24	97.32	2.1	--	0.5	--	--	0.08	--	--	130	30

#### 【0044】 試驗例 1：電阻率

【0045】 於本試驗例中，係取長度為 30 公分之比較組 1 的純銀芯線作為對照組，另以相同長度之實驗組 2、3 及 15 以及比較組 6、10 及 16 之芯線作為待測樣品，使用定電流方法通電後量測端點電壓差，再求得線材電阻率，以量測各芯線及純銀芯線的電阻率。

【0046】 實驗結果顯示，比較組 1 之純銀芯線的電阻率為 1.63  $\mu\Omega\text{-cm}$ ；實驗組 2、3 及 15 之芯線的電阻率分別為 2.77  $\mu\Omega\text{-cm}$ 、2.98  $\mu\Omega\text{-cm}$  及 2.62  $\mu\Omega\text{-cm}$ ；比較組 6、10 及 16 之芯線的電阻率則顯著提高至 3.48  $\mu\Omega\text{-cm}$ 、3.70  $\mu\Omega\text{-cm}$  及 3.35  $\mu\Omega\text{-cm}$ 。

【0047】 相較於比較組 6、10 及 16 之芯線，藉由適當控制芯線之組成，即，選用適當的金屬成分作為第一、第二添加成分以及控制銀之含量大於 96 wt%且小於 98.78

wt%、鈮之含量大於或等於 1.1 wt%且小於或等於 2.8 wt%、第一添加成分之含量係大於 0.1 wt%且小於 1 wt%以及第二添加成分之含量係大於 0.02 wt%且小於 0.2 wt%，能具體降低實驗組 6、10 及 16 之芯線的電阻率至低於 3.0  $\mu\Omega\text{-cm}$  以下，使該等芯線得以應用於銀合金線材中，並且適用於大電流、窄間距化等電子產品之封裝製程。

#### 【0048】 試驗例 2：半成品及成品的氧含量

【0049】 於本試驗例中，係分別取 1.5 克、長度為 1000 公尺之實驗組 1 至 18 之半成品與芯線(成品)、比較組 1 之半成品與純銀芯線(成品)、比較組 2 至 19 之半成品與芯線(成品)以及實施例 1 至 6 之半成品與銀合金線材(成品)作為待測樣品，將各待測樣品置於高純度的石墨坩堝內，令待測樣品中的氧與石墨坩堝中的碳反應生成一氧化碳或二氧化碳；再以氧氮分析儀(廠牌名稱為 HORIBA，型號為 EMGA-620W)的紅外線偵測器分析各待測樣品的氧含量，其結果係如下表 4 至表 6 所示。於此，該氧氮分析儀之紅外線偵測器偵測氧含量之偵測極限為 1 至 1000 ppm。

【0050】 當待測樣品之氧含量越高時，代表半成品或成品的可靠度愈低；更具體而言，當待測樣品之氧含量超過 100 ppm 時，判定半成品或成品失效。於下表 4 至表 6 中，以「◎」代表待測樣品之氧含量介於 20 至 50 ppm，可靠度佳；以「○」代表待測樣品之氧含量介於 50 至 100 ppm，可靠度尚可；以「△」代表待測樣品之氧含量介於 100 至 200 ppm，可靠度差，待測樣品失效；以「×」代表待測樣品之氧含量介於 200 至 400 ppm，可靠度極差，待測樣品



失效。

表 4：實驗組 1 至 18 之芯線的分析結果。

編號	半成品之 氧含量	成品之 氧含量	伸線 作業性	結球 穩定性	PCT 可靠度	u-HAST 可靠度
實驗組 1	○	○	○	○	◎	◎
實驗組 2	◎	○	◎	○	◎	◎
實驗組 3	◎	○	○	○	◎	◎
實驗組 4	◎	○	◎	○	◎	◎
實驗組 5	○	○	○	○	◎	◎
實驗組 6	◎	○	◎	◎	◎	◎
實驗組 7	◎	○	○	○	◎	◎
實驗組 8	◎	◎	○	◎	◎	◎
實驗組 9	◎	○	○	○	◎	◎
實驗組 10	○	○	○	○	◎	◎
實驗組 11	◎	◎	○	○	◎	◎
實驗組 12	◎	○	○	○	◎	◎
實驗組 13	○	○	○	◎	◎	◎
實驗組 14	◎	○	◎	○	◎	◎
實驗組 15	◎	○	◎	◎	◎	◎
實驗組 16	◎	○	○	◎	◎	◎
實驗組 17	◎	○	◎	◎	◎	◎
實驗組 18	○	○	○	◎	◎	◎

表 5：比較組 1 之純銀芯線及比較組 2 至 19 之芯線的分析結果。

編號	半成品之 氧含量	成品之 氧含量	伸線 作業性	結球 穩定性	PCT 可靠度	u-HAST 可靠度
----	-------------	------------	-----------	-----------	------------	---------------

比較組 1	×	×	×	×	×	×
比較組 2	×	×	×	×	×	×
比較組 3	×	×	×	×	×	×
比較組 4	×	×	△	△	×	×
比較組 5	×	×	△	△	×	×
比較組 6	△	×	×	×	×	×
比較組 7	△	×	△	×	×	×
比較組 8	△	×	△	×	×	×
比較組 9	×	×	△	△	×	×
比較組 10	×	×	×	×	×	×
比較組 11	△	×	△	×	×	×
比較組 12	△	×	×	×	×	×
比較組 13	×	×	△	×	×	×
比較組 14	△	×	△	△	×	×
比較組 15	△	×	△	△	×	×
比較組 16	△	△	×	△	×	×
比較組 17	○	△	△	△	×	×
比較組 18	△	△	×	×	×	×
比較組 19	△	×	×	×	×	×

表 6：實施例 1 至 6 之銀合金 鍍鈀層及鍍金屬線材的分析結果。

編號	半成品之 氧含量	成品之 氧含量	伸線 作業性	結球 穩定性	PCT 可靠度	u-HAST 可靠度
實施例 1	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 2	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 3	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 4	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 5	◎	◎	◎	◎	◎	◎

實施例 6	◎	◎	◎	◎	◎	◎
-------	---	---	---	---	---	---

【0051】 如上表 4 及表 5 所示，比較組 1 之半成品與純銀芯線因未摻混鈮、第一添加成分及第二添加成分，致使其半成品與成品的氧含量皆大於 200 ppm；比較組 2 至 19 之芯線則因未適當控制該等芯線的組成，致使其半成品與成品的氧含量皆大於 100 ppm，甚至是大於 200 ppm，進而劣化芯線的可靠度。相較之下，藉由適當控制半成品與芯線之組成，即，選用適當的金屬成分作為第一、第二添加成分以及控制銀之含量大於 96 wt%且小於 98.78 wt%、鈮之含量大於或等於 1.1 wt%且小於或等於 2.8 wt%、第一添加成分之含量係大於 0.1 wt%且小於 1 wt%以及第二添加成分之含量係大於 0.02 wt%且小於 0.2 wt%，能確保實驗組 1 至 18 之半成品及芯線的氧含量皆不大於 100 ppm，藉以令該等芯線能具備較佳的抗氧化性及可靠度。

【0052】 更進一步的，由上表 4 及表 6 中實施例 1 之銀合金線材與實驗組 8 之芯線的比較結果、實施例 2 之銀合金線材與實驗組 4 之芯線的比較結果、實施例 3 之銀合金線材與實驗組 9 之芯線的比較結果、實施例 4 之銀合金線材與實驗組 12 之芯線的比較結果以及實施例 5 之銀合金線材與實驗組 11 之芯線的比較結果可知：藉由在芯線之外表面依序鍍上適當厚度的鍍鈮層及鍍金層，能更有效地阻隔銀合金線材與大氣接觸，從而維持、甚而提升實施例 1 至 5 之半成品及銀合金線材的抗氧化能力。

**【0053】 試驗例 3：伸線作業性**

【0054】 於本試驗例中，係將實驗組 1 至 18 之芯線、

比較組 1 之純銀芯線、比較組 2 至 19 之芯線以及實施例 1 至 6 之銀合金線材作為待測樣品，將線徑 0.23mm 且長度約 10000 公尺的待測樣品經預定次數的細拉線製程得到長度大於 5000 公尺之成品，並統計其細拉線製程中斷線發生次數的平均值，以評量各待測樣品的伸線作業性，其結果如上表 4 至表 6 所示。

【0055】 於上表 4 至表 6 中，以「◎」代表待測樣品在細拉線製程中未發生斷線情形，即斷線率極低，該待測樣品之伸線作業性極佳；以「○」代表待測樣品在細拉線製程中僅發生 1 次斷線情形，該待測樣品之伸線作業性佳；以「△」代表待測樣品在細拉線製程中發生 2 至 3 次斷線情形，該待測樣品之伸線作業性佳差；以「×」代表待測樣品在細拉線製程中至少發生 4 次斷線情形，該待測樣品之伸線作業性極差。

【0056】 實驗結果顯示，藉由適當控制芯線之組成，即，選用適當的金屬成分作為第一、第二添加成分以及控制銀之含量大於 96 wt% 且小於 98.78 wt%、鈮之含量大於或等於 1.1 wt% 且小於或等於 2.8 wt%、第一添加成分之含量係大於 0.1 wt% 且小於 1 wt% 以及第二添加成分之含量係大於 0.02 wt% 且小於 0.2 wt%，能確保實驗組 1 至 18 之芯線的伸線作業性皆達到「佳」之程度，尤其，實驗組 2、4、6、14、15、17 之芯線更可獲得「極佳」的伸線作業性。

#### 【0057】 試驗例 4：結球穩定性

【0058】 於本試驗例中，係取實驗組 1 至 18 之芯線、比較組 1 之純銀芯線、比較組 2 至 19 之芯線以及實施例 1

至 6 之銀合金線材各 100 條作為待測樣品，將 100 條待測樣品各自穿過一焊合磁嘴而裸露待測樣品之端部，再利用一熱音波焊接機，於空氣中以電極放電之方式加熱熔融各端部，熔融其間不通以任何氣體保護而各自形成 100 顆球狀的金屬球 (free air ball, FAB)。

【0059】 待該等金屬球冷卻後觀察其金屬球之形狀，自各待測樣品之芯線的延伸方向俯視該等金屬球，當一金屬球於水平面之一第一方向的徑寬相對於垂直該第一方向之一第二方向的徑寬之比值小於 0.95 或大於 1.05 時，判定該金屬球之結球穩定性失效，其結果如上表 3 及表 4 所示。

【0060】 於上表 4 至表 6 中，以「◎」代表該待測樣品加熱熔融後所形成之 100 顆金屬球中未發生結球穩定性失效之情形，顯示該待測樣品之結球穩定性極佳；以「○」代表該待測樣品加熱熔融後所形成之 100 顆金屬球中僅有 1 至 2 個金屬球發生結球穩定性失效之情形，顯示該待測樣品之結球穩定性佳；以「△」代表該待測樣品加熱熔融後所形成之 100 顆金屬球中有 3 個金屬球發生結球穩定性失效之情形，顯示該待測樣品之結球穩定性差；以「×」代表該待測樣品加熱熔融後所形成之 100 顆金屬球中有 3 個金屬球發生結球穩定性失效之情形，顯示該待測樣品之結球穩定性差。

【0061】 實驗結果顯示，藉由適當控制芯線之組成，即，選用適當的金屬成分作為第一、第二添加成分以及控制銀之含量大於 96 wt% 且小於 98.78 wt%、鈮之含量大於或等於 1.1 wt% 且小於或等於 2.8 wt%、第一添加成分之含

量係大於 0.1 wt% 且小於 1 wt% 以及第二添加成分之含量係大於 0.02 wt% 且小於 0.2 wt%，實驗組 1 至 18 即便直接在空氣中進行打線接合製程，亦能確保該等芯線的結球穩定性皆能達到「佳」之程度，尤其，實驗組 3、8、13 及 15 至 18 之芯線更可獲得「極佳」的結球穩定性。

【0062】更進一步的，由上表 4 及表 6 中實施例 1 之銀合金線材與實驗組 8 之芯線的比較結果、實施例 2 之銀合金線材與實驗組 4 之芯線的比較結果、實施例 3 之銀合金線材與實驗組 9 之芯線的比較結果、實施例 4 之銀合金線材與實驗組 12 之芯線的比較結果以及實施例 5 之銀合金線材與實驗組 11 之芯線的比較結果更可確定：藉由在芯線之外表面依序鍍上適當厚度的鍍鈮層及鍍金屬，能有助於進一步提升實施例 1 至 5 之銀合金線材的結球穩定性。

#### 【0063】 試驗例 5：PCT 可靠度

【0064】於本試驗例中，係取實驗組 1 至 18 之芯線、比較組 1 之純銀芯線、比較組 2 至 19 之芯線以及實施例 1 至 6 之銀合金線材各 100 條作為待測樣品，並經由壓力鍋蒸煮試驗方法(Pressure Cooker Test, PCT)，將 100 條經打線製程之待測樣品與一墊片接合後，再將接合於墊片上之待測樣品放置於溫度為 120°C、相對溼度為 100% 及壓力為 29.7 psi 之高溫高濕高壓環境中長達 250 小時。

【0065】接著，使用推球試驗機(廠牌名稱：DAGE，型號：dage 4000)，並設定推球試驗機的推刀荷重為 250 g，對該等經高溫、高濕、高壓測試的待測樣品進行推球測試進行推球測試；若待測樣品經推球試驗機所測得之推球值

小於 20 g 時，判定失效，其結果係如上表 3 及表 4 所示。

【0066】於上表 4 至表 6 中，以「◎」代表待測樣品經高溫、高濕、高壓測試後，100 組實驗中未發生失效之情形，顯示該待測樣品之 PCT 可靠度佳；以「×」待測樣品經高溫、高濕、高壓測試後，100 組實驗中有 1 組以上發生失效之情形，顯示該待測樣品之 PCT 可靠度不足。

【0067】實驗結果顯示，不論比較組 1 之純銀芯線或比較組 2 至 19 的芯線皆無法通過壓力鍋蒸煮試驗。由此可見，藉由適當控制芯線之組成，即，選用適當的金屬成分作為第一、第二添加成分以及控制鈮之含量大於或等於 1.1 wt% 且小於或等於 2.8 wt%、第一添加成分之含量係大於 0.1 wt% 且小於 1 wt% 以及第二添加成分之含量係大於 0.02 wt% 且小於 0.2 wt%，能確保實驗組 1 至 18 之芯線皆能獲得極佳的 PCT 可靠度。

#### 【0068】試驗例 6：u-HAST 可靠度

【0069】於本試驗例中，係取實驗組 1 至 18 之芯線、比較組 1 之純銀芯線、比較組 2 至 19 之芯線以及實施例 1 至 6 之銀合金線材各 100 條作為待測樣品，並經由高度加速壽命試驗方法(unbiased Highly Accelerated stress Test, u-HAST)，將 100 條待測樣品經打線製程與一墊片接合後，再將各接合於墊片上之待測樣品放置於溫度為 135°C、相對溼度為 85% 及電壓為 2 V 之高溫高濕高電壓環境中長達 288 小時。

【0070】接著，使用推球試驗機(廠牌名稱：DAGE，型號：dage 4000)，並設定推球試驗機的推刀荷重為 250 g，

對該等經高溫、高濕、高電壓測試的待測樣品進行推球測試；若待測樣品經推球試驗機所測得之推球值小於 20 g 時，判定失效，其結果係如上表 4 至表 6 所示。

【0071】於上表 4 至表 6 中，以「◎」代表待測樣品經高溫、高濕、高壓測試後，100 組實驗中未發生任何失效之情形，顯示該待測樣品能通過高加速應力試驗，其 u-HAST 可靠度佳；以「×」待測樣品經高溫、高濕、高電壓測試後，100 組實驗中有 1 組以上發生失效之情形，顯示該待測樣品尚無法通過高加速應力試驗，其 u-HAST 可靠度不足。

【0072】實驗結果顯示，不論比較組 1 之純銀芯線，或比較組 2 至 19 的芯線皆無法通過高加速應力試驗。相較之下，實驗組 1 至 18 之芯線及實施例 1 至 6 之銀合金線材皆可順利通過高加速應力試驗。由此可見，藉由適當控制芯線之組成以及在芯線外依序鍍上適當厚度的鍍鈀層及鍍金層，能確保實驗組 1 至 18 之芯線以及實施例 1 至 6 之銀合金線材獲得優異的 u-HAST 可靠度。

【0073】綜觀上述試驗例 1 至 6 中比較組 1 之純銀芯線及比較組 2 至 6 之芯線的分析結果可知：當芯線中未包含任何第一、第二添加成分，即便令芯線的鈀之含量由 0.8 wt% 增加至 4 wt%，仍無法達成降低其氧含量至低於 100 ppm 以下之目的，且比較組 2 至 6 之芯線的伸線作業性、結球穩定性、PCT 可靠度及 u-HAST 亦無法具體獲得改善，更喪失了以銀為主成分之芯線能獲得高導電性之優勢。由此可見，芯線中若未添加第一、第二添加成分，不但無法



克服純銀芯線易於氧化之缺點，更難以抑制芯線與鋁墊生成介金屬化合物，亦無法獲得所需之伸線作業性、結球穩定性、PCT 可靠度以及 u-HAST 可靠度。

【0074】再者，比對比較組 2 至 6 與比較組 7 及 8 之芯線的分析結果可知：當芯線中僅包含鈮及第一添加成分而未添加第二添加成分時，比較組 7 及 8 之半成品及芯線的氧含量仍無法降低至 100 ppm 以下，且比較組 7 及 8 之芯線的伸線作業性、結球穩定性及 PCT 可靠度以及 u-HAST 亦無法具體獲得改善。同理，比對比較組 2 至 6 與比較組 9 及 10 之芯線的分析結果可知：當芯線中僅包含鈮及第二添加成分而未添加第一添加成分時，比較組 9 及 10 之芯線的伸線作業性、結球穩定性、PCT 可靠度以及以及 u-HAST 也無法具體獲得改善，且比較組 9 及 10 之半成品及芯線的氧含量更高達 200 ppm 以上。由此可見，不論是在銀-鈮系統之芯線中單獨加第一添加成分或單獨添加第二添加成分，皆無法具體提升芯線之抗氧化能力、伸線作業性、結球穩定性、PCT 可靠度以及 u-HAST 可靠度，從而劣化含有此種芯線之銀合金線材的品質與良率。

【0075】另外，比對實驗組 2、4 及 6 至 18 與比較組 13 至 16 之芯線的分析結果可知：當銀合金線材中芯線的鈮及第二添加成分的含量皆設定為 2.1 wt% 及 0.08 wt% 時，當第一添加成分之總量設定在大於 0.1 wt% 且小於 1 wt% 時，不論第一添加成分係為由鉑、鎳及銅所組成之群組中任選其中一種或二種，皆能顯著降低實驗組 2、4 及 6 至 18 之半成品與芯線的氧含量至低於 100 ppm 以下，並且同時提

升芯線的伸線作業性、結球穩定性、PCT 可靠度以及 u-HAST 可靠度。

【0076】 此外，比對實驗組 5、6 與比較組 17 至 19 之芯線的分析結果可知：當芯線的鈮及第一添加成分的含量皆設定為 2.1 wt%及 0.5 wt%時，且第二添加成分之總量設定在大於 0.02 wt%且小於 0.2 wt%時，能確保實驗組 5 及 6 之芯線皆具有優異的伸線作業性、結球穩定性、PCT 可靠度以及 u-HAST 可靠度；但當第二添加成分提高至大於或等於 0.2 wt%以上時，不僅會不當提高銀合金線材的氧含量，更同時劣化了銀合金線材的伸線作業性、結球穩定性、PCT 可靠度以及 u-HAST 可靠度。

【0077】 經由上述實驗結果得知，當芯線之組成控制在特定範圍下，不僅能確保芯線具備低電阻率之特性，更得以同時提升芯線的抗氧化能力、伸線作業性、結球穩定性、PCT 可靠度以及 u-HAST 可靠度。

#### 【0078】 試驗例 7：線表分層 -

【0079】 為進一步驗證在芯線外依序鍍上一鍍鈮層及鍍金層對所形成之銀合金線材的影響，本試驗例取實驗組 1 至 18 之芯線、比較組 1 之純銀芯線、比較組 2 至 19 之芯線以及實施例 1 至 6 之銀合金線材各 100 條作為待測樣品，將各待測樣使用同一的市售封裝材料(SMM-G760)先封裝後，經由如前述試驗例 6 之高度加速壽命試驗方法，將前述經封裝的待測樣品置於溫度為 135°C、相對溼度為 85% 及電壓為 2 V 之高溫高濕高電壓的環境中長達 288 小時。

【0080】 之後，先蝕刻去除經高度加速壽命試驗的待測

樣品外的封裝材料，再利用聚焦離子顯微鏡(廠牌名稱：美商飛昱科技股份有限公司，型號：DB-FIB)觀察有無線表分層現象。於 100 組實驗中，若可觀察到有 1 組以上發生線表分層現象，即判定失效。

【0081】 實驗結果顯示，不論是比較組 1 之純銀芯線、比較組 2 至 19 之芯線或實驗組 1 至 18 之芯線，該等芯線先以封裝材料封裝再經高度加速壽命試驗後，皆可觀察到有線表分層現象。由此可知，比較組 1 之純銀芯線、比較組 2 至 19 及實驗組 1 至 18 之芯線中的銀成分皆會與封裝材料的氧成分發生化學反應，生成氧化銀，最後再還原成銀原子，而導致線表分層現象，致使該等芯線與封裝材料之間無法具備足夠的界面接合強度。

【0082】 相較之下，實施例 1 至 6 之銀合金線材於 100 組重複的實驗中，則完全未被觀察到有線表分層現象，證實實施例 1 至 6 之銀合金線材中芯線外的鍍鈀層及鍍金層能具體抑制其銀成分在高溫高濕高電壓中擴散至封裝材料的可能性，故銀成分不會與封裝材料發生氧化還原反應，從而得以能確保實施例 1 至 6 之銀合金線材與封裝材料之間具備足夠的界面接合強度。據此，實施例 1 至 6 之銀合金線材的表面不會與封裝材料之間發生線表分層現象，故能解決現有技術之銀合金線材被腐蝕後劣化可靠度或造成線路熔斷等問題。

【0083】 經由前述試驗例 1 至 7 的結果證實，藉由在芯線外依序鍍上適當厚度的鍍鈀層及鍍金層，不僅能進一步提升整體銀合金線材的抗氧化能力、伸線作業性、結球穩

定性、PCT 可靠度以及 u-HAST 可靠度外，更可提升銀合金線材與封裝材料之間的界面接合強度。

【0084】 綜上所述，藉由適當控制銀合金線材中芯線之組成以及在芯線外依序鍍上適當厚度的鍍鈀層及鍍金層，不僅能同時提升銀合金線材的抗氧化能力、伸線作業性、結球穩定性及 PCT 可靠度以及 u-HAST 可靠度，更能提升銀合金線材與封裝材料之間的界面接合強度，故本發明之銀合金線材不僅能適用於精密型、極小尺寸的半導體晶片之封裝製程中，更能解決現有技術之銀合金線材易衍生線路熔斷以及經可靠度試驗後易發生線表分層等問題。

【0085】 上述實驗組及實施例僅係為說明本發明之例示，並非於任何方面限制本發明所主張之權利範圍。本發明所主張之權利範圍自應以申請專利範圍所述為準，而非僅限於上述實驗組。

#### 【符號說明】

##### 【0086】

- 10 芯線
- 21 鍍鈀層
- 22 鍍金層

## 申請專利範圍

1. 一種銀合金線材，其包括一芯線、一鍍鈀層及一鍍金層，其中該鍍鈀層係形成於該鍍金層及該芯線之間並且環繞於該芯線之外周面，該芯線包含銀、鈀、一第一添加成分及一第二添加成分，該第一添加成分係選自於下列物質所組成之群組：鉑、鎳、銅及其組合，該第二添加成分係選自於下列物質所組成之群組：鍺、銻、金、銥及其組合；以該芯線之總重量為基準，該芯線中鈀之含量係大於或等於 1.1 重量百分比且小於或等於 2.8 重量百分比，該芯線中第一添加成分之含量係大於 0.1 重量百分比且小於 1 重量百分比，且該芯線中第二添加成分之含量係大於 0.02 重量百分比且小於 0.2 重量百分比。

2. 如請求項 1 所述之銀合金線材，其中該鍍鈀層及該鍍金層之厚度和係介於 60 奈米至 200 奈米之間。

3. 如請求項 1 所述之銀合金線材，其中該鍍鈀層之厚度係介於 50 奈米至 150 奈米之間。

4. 如請求項 1 所述之銀合金線材，其中該鍍金層之厚度係介於 10 奈米至 50 奈米之間。

5. 如請求項 2 所述之銀合金線材，其中該鍍金層之厚度係介於 10 奈米至 50 奈米之間。

6. 如請求項 3 所述之銀合金線材，其中該鍍金層之厚度係介於 10 奈米至 50 奈米之間。

7. 如請求項 1 至 6 中任一項所述之銀合金線材，其中，以該芯線之總重量為基準，該芯線中鈀之含量係大於或等於 1.5 重量百分比且小於或等於 2.5 重量百分比。

8. 如請求項 1 至 6 中任一項所述之銀合金線材，其中，以該芯線之總重量為基準，該芯線中銀之含量係大於 96 重量百分比且小於 98.78 重量百分比。

9. 如請求項 7 所述之銀合金線材，其中，以該芯線之總重量為基準，該芯線中銀之含量係大於 96.3 重量百分比且小於 98.38 重量百分比。

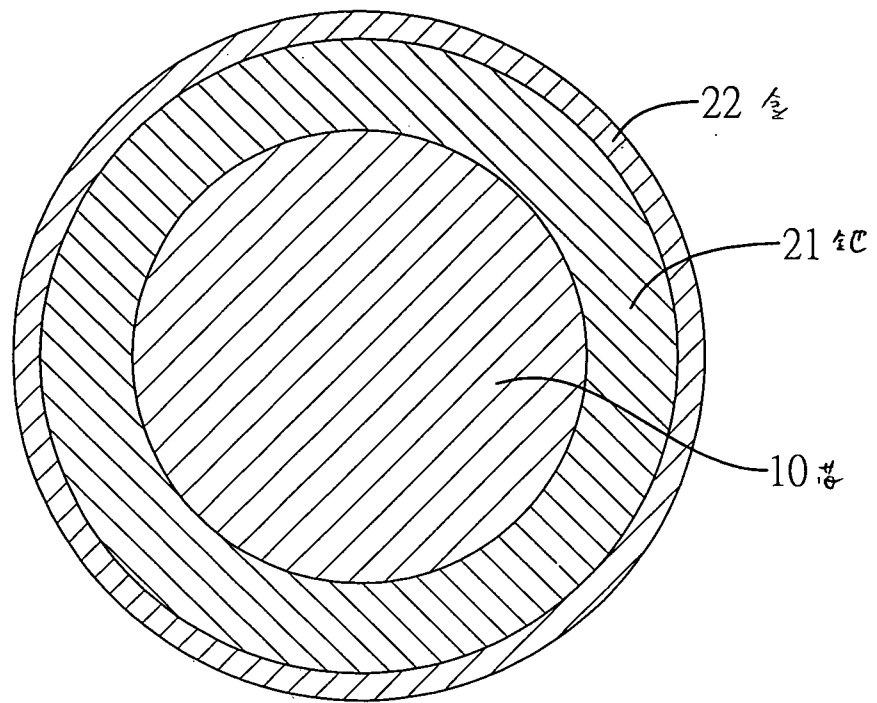


圖 1