



(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 I830452 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 01 月 21 日

(21)申請案號：111140025

(22)申請日：中華民國 111 (2022) 年 10 月 21 日

(51)Int. Cl.：

C22C21/08 (2006.01)**B22F12/00 (2021.01)****C25D11/04 (2006.01)****C25D11/32 (2006.01)****C23C28/00 (2006.01)**

(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：周育賢 CHOU, YU-HSIEN (TW)；陳溪山 CHEN, CHI-SAN (TW)；蔡恆毅 TSAI, HENG-YI (TW)

(74)代理人：洪澄文

(56)參考文獻：

TW 202111136

CN 105112743A

審查人員：馮俊璋

申請專利範圍項數：9 項 圖式數：0 共 16 頁

(54)名稱

鋁合金材料與鋁合金物件及其形成方法

(57)摘要

鋁合金材料，包括：1.2 wt%至 3.0 wt%的 Si;0.1 wt%至 0.8 wt%的 Mg;0.2 wt%至 2.0 wt%的 Cu; 0.5 wt%至 2.5 wt%的 Zn; 0.2 wt%至 2.0 wt%的 Ti；以及其餘為 Al 及不可避免的雜質。鋁合金材料的粉末可加工而成鋁合金物件，且鋁合金物件的表面可進一步包括陽極膜。

An aluminum alloy material includes 1.2 wt% to 3.0 wt% of Si, 0.1 wt% to 0.8 wt% of Mg, 0.2 wt% to 2.0 wt% of Cu, 0.5 wt% to 2.5 wt% of Zn, 0.2 wt% to 2.0 wt% of Ti, and the remainder of Al and inevitable impurities. The powder of the aluminum alloy material can be processed to form an aluminum alloy object. The aluminum alloy object may further include an anodized film on its surface.



公告本

I830452

【發明摘要】

【中文發明名稱】 鋁合金材料與鋁合金物件及其形成方法

【英文發明名稱】 ALUMINUM ALLOY MATERIAL,

ALUMINUM ALLOY OBJECT AND METHOD FOR
MANUFACTURING THE SAME

【中文】

鋁合金材料，包括：1.2 wt%至3.0 wt%的Si;0.1 wt%至0.8 wt%的Mg;0.2 wt%至2.0 wt%的Cu;0.5 wt%至2.5 wt%的Zn；0.2 wt%至2.0 wt%的Ti；以及其餘為Al及不可避免的雜質。鋁合金材料的粉末可加工而成鋁合金物件，且鋁合金物件的表面可進一步包括陽極膜。

【英文】

An aluminum alloy material includes 1.2 wt% to 3.0 wt% of Si, 0.1 wt% to 0.8 wt% of Mg, 0.2 wt% to 2.0 wt% of Cu, 0.5 wt% to 2.5 wt% of Zn, 0.2 wt% to 2.0 wt% of Ti, and the remainder of Al and inevitable impurities. The powder of the aluminum alloy material can be processed to form an aluminum alloy object. The aluminum alloy object may further include an anodized film on its surface.

【指定代表圖】 無。

【代表圖之符號簡單說明】

無。

【特徵化學式】

無。

【發明說明書】

【中文發明名稱】 鋁合金材料與鋁合金物件及其形成方法

【英文發明名稱】 ALUMINUM ALLOY MATERIAL,
ALUMINUM ALLOY OBJECT AND METHOD FOR
MANUFACTURING THE SAME

【技術領域】

【0001】 本揭露一般關於鋁合金材料，更特別關於應用於3D列印的鋁合金材料。

【先前技術】

【0002】 半導體機台的零件主要採用鋁合金(抗腐蝕、易加工、可陽極處理和輕量化需求)進行後加工成形。全球半導體公司皆長期面臨供應備料、複雜幾何、符合穩定製程生產的問題。如何有效改善全球半導體區域化零件支援生產與調度，成為半導體設備商及其客戶的難題。金屬3D列印具有產品幾何結構不受限制之優異特性，半成品具有近淨形(near-net shape)、先進數位製造之特點，不僅能減少傳統金屬產業之生產工序，還有去庫存化的優勢。然而，3D列印對原材料的要求比較苛刻，滿足雷射3D列印的適用性要求所選的材料需要以粉末狀形態提供。粉末材料快速熔化後，再使材料重新結合起來，整個過程涉及材料的快速融化和凝固等物態變化，對適用的材料性能要求極高。

【0003】半導體設備的備用零件除了有輕量化和高強度等訴求之外，其外表還需要進行陽極處理提升抗蝕能力，避免半導體設備零件被腐蝕釋放出金屬元素污染晶圓。目前3D列印所使用的鋁合金粉末材料以 $\text{AlSi}_{10}\text{Mg}$ 為主， $\text{AlSi}_{10}\text{Mg}$ 的矽含量高，Al和Si的電位差大，陽極處理後的陽極膜會有微結構不緻密與不均勻等現象，陽極膜容易產生缺陷劣化，降低抗蝕能力。因此， $\text{AlSi}_{10}\text{Mg}$ 無法作為半導體設備的備用零件的材料。

【0004】目前半導體產業仍使用6061鋁合金作為備用零件的材料，其矽含量低(Si含量: 0.4 wt%至0.8 wt%)，因此可通過陽極處理形成均勻的淺色系甚至無顏色的陽極膜。然而6061鋁合金的固液兩相區的溫度範圍小，所以壓鑄性很差，不適合用於3D列印。

【0005】綜上所述，目前亟需新的鋁合金材料以符合3D列印成形、可陽極處理、以及高機械特性等半導體設備配件規格需求。

【發明內容】

【0006】本揭露一實施例提供之鋁合金材料，包括：1.2 wt%至3.0 wt%的Si;0.1 wt%至0.8 wt%的Mg;0.2 wt%至2.0 wt%的Cu;0.5 wt%至2.5 wt%的Zn；0.2 wt%至2.0 wt%的Ti；以及其餘為Al及不可避免的雜質。

【0007】在一些實施例中，鋁合金材料包括：1.6 wt%至2.0 wt%的Si;0.3 wt%至0.5 wt%的Mg;0.5 wt%至1.5 wt%的Cu;1.0

wt%至2.0 wt%的Zn；0.8 wt%至1.6 wt%的Ti；以及其餘為Al及不可避免的雜質。

【0008】 本揭露一實施例提供之鋁合金物件，係由上述鋁合金材料的粉末加工而成。

【0009】 在一些實施例中，鋁合金材料的粉末的粒徑為20微米至65微米。

【0010】 在一些實施例中，加工包括3D列印法、壓鑄法、鍛造法、焊接、或銑床。

【0011】 在一些實施例中，鋁合金物件更包括陽極膜形成於鋁合金物件的表面上。

【0012】 本揭露一實施例提供之鋁合金物件的形成方法，包括：加工上述鋁合金材料的粉末，以形成鋁合金物件。

【0013】 在一些實施例中，鋁合金材料的粉末的粒徑為20微米至65微米。

【0014】 在一些實施例中，加工包括3D列印法、壓鑄法、鍛造法、焊接、或銑床。

【0015】 在一些實施例中，上述方法更包括陽極處理鋁合金物件，以形成陽極膜於鋁合金物件的表面上。

【圖式簡單說明】

【0016】

無。

【實施方式】

【0017】 本揭露一實施例提供之鋁合金材料，包括：1.2 wt% 至3.0 wt%的Si；0.1 wt%至0.8 wt%的Mg；0.2 wt%至2.0 wt%的Cu；0.5 wt%至2.5 wt%的Zn；0.2 wt%至2.0 wt%的Ti；以及其餘為Al及不可避免的雜質。在一些實施例中，鋁合金材料包括：1.6 wt%至2.0 wt%的Si；0.3 wt%至0.5 wt%的Mg；0.5 wt%至1.5 wt%的Cu；1.0 wt%至2.0 wt%的Zn；0.8 wt%至1.6 wt%的Ti；以及其餘為Al及不可避免的雜質。若Si的比例過高，則容易產生偏析，且鋁合金的陽極膜也容易產生缺陷而劣化緻密性，造成抗蝕性降低。若Si的比例過低，則鋁合金熔液鑄造性差，成形件內部易產生縮孔或裂紋等缺陷。若Mg的比例過高，則鋁合金因 Mg_2Si 強化相過多，成形件延展性變差。若Mg的比例過低，則鋁合金機械強度偏低。若Cu的比例過高，則降低鋁合金的耐腐蝕性。若Cu的比例過低，則無法提升鋁合金基底的硬度。若Zn的比例過高，則並無法有效提升鋁合金伸長率(elongation)。若Zn的比例過低，則無法提升極限拉伸強度以及耐腐蝕性。若Ti的比例過高，則3D列印成形的鋁合金物件的焊渣過多，容易被包覆在物件內部而產生缺陷，造成物件的伸長率降低。若Ti的比例過低，則3D列印成型的鋁合金物件的抗拉強度不足，且伸長率偏低或甚至無法伸長(脆斷)。

【0018】 本揭露一實施例提供之鋁合金物件，係由上述鋁合金材料的粉末加工而成。在一些實施例中，鋁合金材料的粉末的粒徑為20微米至65微米。若鋁合金材料的粉末粒徑過大，則造成3D列印後的成形件表面粗糙度過大。若鋁合金材料的粉末粒徑過小，則易造成粉末容易團聚，3D列印成形過程，粉層均勻度變差，致使3D列印後的成形件緻密度不均勻。舉例來說，加工包括3D列印法、壓鑄法、鍛造法、焊接、或銑床。實際應用上，可在半導體製程機台的零件損壞時，直接3D列印上述鋁合金材料的粉末以形成鋁合金物件，以替換損壞的零件。如此一來，可節省後備零件儲放的空間與成本。另一方面，鋁合金材料的粉末在3D列印成形前的存放難度，亦低於成形後的零件的存放難度。綜上所述，3D列印鋁合金材料的粉末，以形成鋁合金物件如半導體製程機台的零件的作法，可有效降低維修半導體製程機台的成本，連帶降低半導體產品成本。

【0019】 另一方面，本揭露的鋁合金材料除了3D列印的加工方法以外，亦可由其他常見加工法如壓鑄法、鍛造法、焊接、或銑床加工成物件。當所需物件的幾何形狀簡單時，可採用成本較低的其他加工法以節省製作成本。

【0020】 在一些實施例中，鋁合金物件更包括陽極膜形成於鋁合金物件的表面上。舉例來說，可陽極處理加工成形的鋁合金物件，以形成陽極膜於鋁合金物件的表面上。陽極膜可進一步保護鋁合金物件免於腐蝕。

【0021】 為讓本揭露之上述內容和其他目的、特徵、和優點能更明顯易懂，下文特舉出較佳實施例，並配合所附圖式，作詳細說明如下：

[實施例]

【0022】 在以下實施例中，將鋁合金材料加熱至800℃並加壓至約22 bar使其霧化，以約4.5 m³/分鐘的流速噴出冷卻形成組成一致的鋁合金材料粉末。可由東台精機AMP-160金屬粉床式3D列印設備進行3D列印以形成鋁合金物件，其掃描速率為1200 mm/秒，掃描功率為350 W，每層鋁合金粉末的厚度為30微米，且掃描間距(Hatch spacing)為50微米。在下述實施例中，鋁合金物件的抗拉強度(UTS)的量測標準為ASTM E8，伸長率的量測標準為ASTM E8，且緻密度的量測標準為ASTM B962。

【0023】 比較例1-1

取市售的6061鋁合金粉末進行擠形加工，形成鋁合金物件。鋁合金物件的金相均勻，且緻密度為99.1%。然而擠形加工成型的6061鋁合金物件的抗拉強度不高(約146.7 MPa)，且伸長率為16.6%。

【0024】 比較例1-2

取市售的6061鋁合金氣體噴粉成粉末後進行3D列印加工，以形成鋁合金物件。鋁合金物件具有大量裂痕，抗拉強度低(78.3

MPa)，且伸長率極低(0.5%)。由比較例1-2可知，市售的6061鋁合金不適於3D列印。

【0025】 實施例1

依據下述比例調整鋁合金A1組成：1.8 wt%的Si、0.4 wt%的Mg、0.5 wt%的Cu、1 wt%的Zn、0.4 wt%的鈦、以及其他組成爲鋁與無法避免的雜質。取上述鋁合金A1氣體噴粉成粉末後進行3D列印加工，以形成鋁合金物件。鋁合金物件抗拉強度低(66.7 ± 17.5 MPa)，且無伸長率(脆斷)。

【0026】 依據下述比例調整鋁合金A2組成：1.8 wt%的Si、0.4 wt%的Mg、0.5 wt%的Cu、1.5 wt%的Zn、0.8 wt%的鈦、以及其他組成為鋁與無法避免的雜質。取上述鋁合金A2氣體噴粉成粉末後進行3D列印加工，以形成鋁合金物件。鋁合金物件抗拉强度高(216.3 ± 34.8 MPa)，且伸長率高($10.1 \pm 6.9\%$)。

【0027】 依據下述比例調整鋁合金A3組成：1.8 wt%的Si、0.4 wt%的Mg、0.5 wt%的Cu、2 wt%的Zn、1.2 wt%的鈦、以及其他組成為鋁與無法避免的雜質。取上述鋁合金A3氣體噴粉成粉末後進行3D列印加工，以形成鋁合金物件。鋁合金物件抗拉强度高(262.5 ± 3.4 MPa)，且伸長率高($22.1 \pm 1.0\%$)。

【0028】 依據下述比例調整鋁合金A4組成：1.8 wt%的Si、0.4 wt%的Mg、1 wt%的Cu、1 wt%的Zn、1.2 wt%的鈦、以及其他組成為鋁與無法避免的雜質。取上述鋁合金A4氣體噴粉成粉末

後進行3D列印加工，以形成鋁合金物件。鋁合金物件抗拉强度高(277.1 ± 2.9 MPa)，且伸長率高($17.7 \pm 0.8\%$)。

【0029】 依據下述比例調整鋁合金A5組成：1.8 wt%的Si、0.4 wt%的Mg、1 wt%的Cu、1.5 wt%的Zn、0.4 wt%的鈦、以及其他組成為鋁與無法避免的雜質。取上述鋁合金A5氣體噴粉成粉末後進行3D列印加工，以形成鋁合金物件。鋁合金物件抗拉強度低(118.5 ± 11.2 MPa)，且伸長率低($4.6 \pm 1.4\%$)。

【0030】 依據下述比例調整鋁合金A6組成：1.8 wt%的Si、0.4 wt%的Mg、1 wt%的Cu、2 wt%的Zn、0.8 wt%的鈦、以及其他組成為鋁與無法避免的雜質。取上述鋁合金A6氣體噴粉成粉末後進行3D列印加工，以形成鋁合金物件。鋁合金物件抗拉强度高(276.3 ± 3.8 MPa)，且伸長率高($20.0 \pm 1.8\%$)。

【0031】 依據下述比例調整鋁合金A7組成：1.8 wt%的Si、0.4 wt%的Mg、1.5 wt%的Cu、1 wt%的Zn、0.8 wt%的鈦、以及其他組成為鋁與無法避免的雜質。取上述鋁合金A7氣體噴粉成粉末後進行3D列印加工，以形成鋁合金物件。鋁合金物件抗拉强度高(286.7 ± 3.9 MPa)，且伸長率高($17.4 \pm 1.4\%$)。

【0032】 依據下述比例調整鋁合金A8組成：1.8 wt%的Si、0.4 wt%的Mg、1.5 wt%的Cu、1.5 wt%的Zn、0.4 wt%的鈦、以及其他組成為鋁與無法避免的雜質。取上述鋁合金A8氣體噴粉成

粉末後進行3D列印加工，以形成鋁合金物件。鋁合金物件抗拉強度低(147.9 ± 24.2 MPa)，且伸長率低($5.8 \pm 1.5\%$)。

【0033】 依據下述比例調整鋁合金A9組成：1.8 wt%的Si、0.4 wt%的Mg、1.5 wt%的Cu、2 wt%的Zn、1.2 wt%的鈦、以及其他組成為鋁與無法避免的雜質。取上述鋁合金A9氣體噴粉成粉末後進行3D列印加工，以形成鋁合金物件。鋁合金物件抗拉强度高(286.2 ± 3.2 MPa)，且伸長率高($16.7 \pm 0.1\%$)。

【0034】 實施例2

依據下述比例調整鋁合金B1組成：1.8 wt%的Si、0.4 wt%的Mg、1.5 wt%的Cu、1 wt%的Zn、0.4 wt%的鈦、以及其他組成為鋁與無法避免的雜質。取上述鋁合金B1氣體噴粉成粉末後進行3D列印加工，以形成鋁合金物件。鋁合金物件抗拉強度低(103.4 ± 6.8 MPa)，且伸長率低($5.5 \pm 1.8\%$)。

【0035】 依據下述比例調整鋁合金B2組成：1.8 wt%的Si、0.4 wt%的Mg、1.5 wt%的Cu、1 wt%的Zn、0.8 wt%的鈦、以及其他組成為鋁與無法避免的雜質。取上述鋁合金B2氣體噴粉成粉末後進行3D列印加工，以形成鋁合金物件。鋁合金物件抗拉强度高(286.7 ± 3.9 MPa)，且伸長率高($17.4 \pm 1.4\%$)。

【0036】 依據下述比例調整鋁合金B3組成：1.8 wt%的Si、0.4 wt%的Mg、1.5 wt%的Cu、1 wt%的Zn、1.2 wt%的鈦、以及其他組成為鋁與無法避免的雜質。取上述鋁合金B3氣體噴粉成粉

末後進行3D列印加工，以形成鋁合金物件。鋁合金物件抗拉强度高(298.4 ± 5.7 MPa)，且伸長率高($18.1 \pm 3.9\%$)。

【0037】 依據下述比例調整鋁合金B4組成：1.8 wt%的Si、0.4 wt%的Mg、1.5 wt%的Cu、1 wt%的Zn、1.6 wt%的鈦、以及其他組成為鋁與無法避免的雜質。取上述鋁合金B4氣體噴粉成粉末後進行3D列印加工，以形成鋁合金物件。鋁合金物件抗拉强度高(311.5 ± 5.9 MPa)，且伸長率高($14.5 \pm 2.8\%$)。

【0038】 依據下述比例調整鋁合金B5組成：1.8 wt%的Si、0.4 wt%的Mg、1.5 wt%的Cu、1 wt%的Zn、2.0 wt%的鈦、以及其他組成為鋁與無法避免的雜質。取上述鋁合金B5氣體噴粉成粉末後進行3D列印加工，以形成鋁合金物件。鋁合金物件抗拉强度高(330.1 ± 15.9 MPa)，且伸長率中等($8.9 \pm 4.1\%$)。

【0039】 實施例3

依據下述比例調整鋁合金C1組成：1.8 wt%的Si、0.4 wt%的Mg、1.5 wt%的Cu、1 wt%的Zn、1.2 wt%的鈦、以及其他組成為鋁與無法避免的雜質。取上述鋁合金C1氣體噴粉成粉末後進行3D列印加工，以形成鋁合金物件。鋁合金物件抗拉强度高(298.4 ± 5.7 MPa)，且伸長率高($18.1 \pm 3.9\%$)。

【0040】 依據下述比例調整鋁合金C2組成：1.8 wt%的Si、0.4 wt%的Mg、1.5 wt%的Cu、1.5 wt%的Zn、1.2 wt%的鈦、以及其他組成為鋁與無法避免的雜質。取上述鋁合金C2氣體噴粉成

粉末後進行3D列印加工，以形成鋁合金物件。鋁合金物件抗拉强度高(289.5 ± 3.2 MPa)，且伸長率高($17.9 \pm 4.3\%$)。

【0041】 依據下述比例調整鋁合金C3組成：1.8 wt%的Si、0.4 wt%的Mg、1.5 wt%的Cu、2.0 wt%的Zn、1.2 wt%的鈦、以及其他組成為鋁與無法避免的雜質。取上述鋁合金C3氣體噴粉成粉末後進行3D列印加工，以形成鋁合金物件。鋁合金物件抗拉强度高(293.8 ± 4.9 MPa)，且伸長率高($16.7 \pm 2.1\%$)。

【0042】 實施例4

取上述鋁合金A2、A3、A4、A6、A7、A9、及C1的粉末經3D列印所形成鋁合金物件進行陽極處理，以形成陽極膜於鋁合金物件上。另一方面，取比較例1-1的6061鋁合金物件進行陽極處理，以形成陽極膜於鋁合金物件上。將具有陽極膜的鋁合金物件浸泡於3.5 wt%的氯化鈉水溶液中，量測其耐蝕性(量測標準為ASTM G44)。具有陽極膜的鋁合金物件(A2)的腐蝕電流密度為 9.93×10^{-6} A/cm²，具有陽極膜的鋁合金物件(A3)的腐蝕電流密度為 6.19×10^{-6} A/cm²，具有陽極膜的鋁合金物件(A4)的腐蝕電流密度為 4.19×10^{-6} A/cm²，具有陽極膜的鋁合金物件(A6)的腐蝕電流密度為 4.02×10^{-6} A/cm²，具有陽極膜的鋁合金物件(A7)的腐蝕電流密度為 3.25×10^{-6} A/cm²，具有陽極膜的鋁合金物件(A9)的腐蝕電流密度為 3.48×10^{-6} A/cm²，具有陽極膜的鋁合金物件(C1)的腐蝕電流密度為 3.25×10^{-6} A/cm²，而具有陽極膜的鋁合金物

件(6061)的腐蝕電流密度為 $1.09 \times 10^{-5} \text{ A/cm}^2$ 。一般而言，腐蝕電流越低表示陽極膜抗腐蝕的效果越好。由上述比較可知，本揭露實施例的鋁合金所形成的陽極膜比習知的6061鋁合金所形成的陽極膜更能抗腐蝕。

【0043】 雖然本揭露已以數個較佳實施例揭露如上，然其並非用以限定本揭露，任何所屬技術領域中具有通常知識者，在不脫離本揭露之精神和範圍內，當可作任意之更動與潤飾，因此本揭露之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

【符號說明】

【0044】

無。

【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種鋁合金材料，其中該鋁合金材料包括：

1.6 wt%至2.0 wt%的Si；

0.3 wt%至0.5 wt%的Mg；

0.5 wt%至1.5 wt%的Cu；

1.0 wt%至2.0 wt%的Zn；

0.8 wt%至1.6 wt%的Ti；以及

其餘為Al及不可避免的雜質。

【請求項2】一種鋁合金物件，係由請求項1之鋁合金材料的粉末加工而成。

【請求項3】如請求項2之鋁合金物件，其中該鋁合金材料的粉末的粒徑為20微米至65微米。

【請求項4】如請求項2之鋁合金物件，其中加工包括3D列印法、壓鑄法、鍛造法、焊接、或銑床。

【請求項5】如請求項2之鋁合金物件，更包括一陽極膜形成於該鋁合金物件的表面上。

【請求項6】一種鋁合金物件的形成方法，包括：

加工請求項1之鋁合金材料的粉末，以形成一鋁合金物件。

【請求項7】如請求項6之鋁合金物件的形成方法，其中該鋁合金材料的粉末的粒徑為20微米至65微米。

【請求項8】如請求項6之鋁合金物件的形成方法，其中加工包括3D列印法、壓鑄法、鍛造法、焊接、或銑床。

【請求項9】如請求項6之鋁合金物件的形成方法，更包括陽極處理該鋁合金物件，以形成一陽極膜於該鋁合金物件的表面上。