



(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 I523087 B

(45) 公告日：中華民國 105 (2016) 年 02 月 21 日

(21) 申請案號：101117566

(22) 申請日：中華民國 101 (2012) 年 05 月 17 日

(51) Int. Cl. : H01L21/30 (2006.01)

H01L21/203 (2006.01)

H01L21/285 (2006.01)

H01L29/78 (2006.01)

C23C14/14 (2006.01)

(30) 優先權：2011/05/17 日本

2011-110791

(71) 申請人：神戶製鋼所股份有限公司 (日本) KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO (KOBE STEEL, LTD.) (JP)

日本

(72) 發明人：奧野博行 OKUNO, HIROYUKI (JP)；釘宮敏洋 KUGIMIYA, TOSHIHIRO (JP)；橫田嘉宏 YOKOTA, YOSHIHIRO (JP)；前田剛彰 MAEDA, TAKEAKI (JP)

(74) 代理人：林志剛

(56) 參考文獻：

JP 7-90552A

JP 2008-270034A

JP 2009-175720A

審查人員：何立瑋

申請專利範圍項數：7 項 圖式數：2 共 37 頁

(54) 名稱

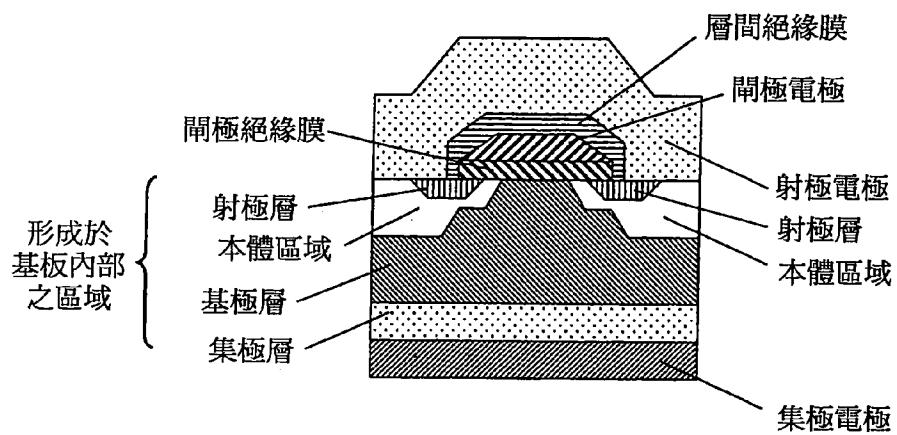
半導體裝置用 Al 合金膜

(57) 摘要

提供一種半導體裝置用 Al 合金膜，即使在曝露於高溫下之情形，仍會抑制小丘(hillock)的產生且耐熱性優良，且膜本身的電阻率被抑制得較低。本發明係有關一種半導體裝置用 Al 合金膜，進行以 500°C 保持 30 分鐘之加熱處理後，滿足下述(a)~(c)所有條件，且膜厚為 500nm~5μm；(a)鋁基 (Al matrix)之最大粒徑為 800nm 以下、(b)小丘(hillock)密度為 1×10^9 個/m² 未滿、(c)電阻率為 10μΩcm 以下。

指定代表圖：

圖 1



發明專利說明書

(本申請書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：101117566

※申請日：101年05月17日

※IPC分類：

一、發明名稱：(中文/英文)

半導體裝置用 Al 合金膜

H01L 21/30 (2006.01)

21/63 (2006.01)

21/85 (2006.01)

21/78 (2006.01)

C33C 14/14 (2006.01)

二、中文發明摘要：

提供一種半導體裝置用 Al 合金膜，即使在曝露於高溫下之情形，仍會抑制小丘 (hillock) 的產生且耐熱性優良，且膜本身的電阻率被抑制得較低。本發明係有關一種半導體裝置用 Al 合金膜，進行以 500°C 保持 30 分鐘之加熱處理後，滿足下述 (a) ~ (c) 所有條件，且膜厚為 500nm ~ 5 μ m；(a) 鋁基 (Al matrix) 之最大粒徑為 800nm 以下、(b) 小丘 (hillock) 密度為 1×10^9 個 / m² 未滿、(c) 電阻率為 10 $\mu\Omega$ cm 以下。

三、英文發明摘要：

四、指定代表圖：

(一) 本案指定代表圖為：第(1)圖。

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明：無

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】

本發明係有關半導體裝置用 Al 合金膜，例如用於半導體裝置之半導體元件，特別是用於半導體元件之例如電極或電氣配線之 Al 合金膜。

【先前技術】

近年來，IGBT（絕緣閘極型雙極性電晶體）或功率 MOSFET（功率 MOS 型場效應電晶體）等絕緣閘極（MOS）型半導體裝置，係作為控制大電力之功率元件而普及當中。

一面參照圖 1，說明一般之 IGBT 構造。p 型之集極層連接有集極電極。集極層上形成有 n 型之基極層。n 型之基極層上部形成有 p 型之本體區域，其內部形成有 n 型之射極層。位於 2 個射極層間之 n 型基極層區域係為通道區域，在該通道區域上形成有閘極絕緣膜及閘極電極。此外，射極層之上部形成有射極電極。一般來說，該些 n 型區域或 p 型區域之形成方式，可能是在 Si 等所構成之基板上原本就含有 P 或 B，或是針對每個區域以決定好的摻雜量、加速電壓、注入角度將 P 或 As、B 離子植入後，對每個區域以決定好的溫度、時間進行活性化之熱處理來形成。

IGBT 的射極電極上面，連接有金屬製之引線（wire）或引線帶（ribbon），透過它們連接至外部端

子。集極電極層係隔著焊料層而直接固定並連接至電路基板等。

通道區域在 p 型之 IGBT 中，對射極電極施加負偏壓、對背面電極施加正偏壓，與此同時，對閘極電極施加正偏壓，藉此，會在通道區域形成反轉層，射極層與 n 型基極層藉由反轉層連接而電流通。該電流會流至集極電極。

針對上述射極電極等，例如使用純 Al 或 Al-Si 合金等 Al 系膜。

而上述 IGBT 之製程中，形成射極電極後，從基板的背面進行集極層之離子植入。接著進行 450°C 以下之熱處理，藉此謀求被植入離子的活性化。因此，上述射極電極等會受到熱處理所產生之熱應力。此外，IGBT 在實際使用環境中，有時會反覆處於約 250~350°C 下，在該情形下，上述電極等也會受到熱應力。

然而，在製程時之熱處理溫度例如高於約 450°C 時，或是在實際使用環境中反覆處於 200~350°C 左右的高溫時，於構成上述電極等之 Al 系膜上，會產生稱做小丘 (hillock) 之突起狀形狀異常，或是發生合金添加元素的異常析出、相接觸的薄膜間發生原子相互擴散，薄膜本身會劣化。因此一直以來，頂多僅能進行 450°C 以下之熱處理，實際使用溫度也只能設在低溫。

舉例來說，專利文獻 1 中記載施以 800~950°C 之熱處理，目的在於將集極層活性化。但如此高溫之熱處理，僅

限於在配線膜形成前。在配線膜已成膜之狀態中，僅施以 450℃ 左右之熱處理，並未記載以更高溫進行熱處理。此外，也完全未評估實際使用環境時之耐熱性。

先前技術文獻

專利文獻

專利文獻 1：日本特開 2007-242699 號公報

【發明內容】

發明所欲解決之課題

如上述般，在已形成 Al 系膜之狀態下，為了集極層活性化而進行熱處理時，一旦升高熱處理溫度，則會發生熱應力導致 Al 系膜產生突起狀形狀異常（小丘）等問題。但，若把熱處理溫度設得較低，則集極層之活性化便需要 2 小時左右的長時間，或者有活性化不充分的風險。

因此，習知方式是將上述 Al 系膜之膜厚增厚，且頂多將熱處理溫度上限設在 450℃ 左右。然而，近來強烈要求 IGBT 等功率半導體元件的特性提升，以更高溫進行熱處理將集極層充分活性化等有其必要性，故作為上述 Al 系膜，需要能耐受熱處理溫度之高溫化者。

此外，如上述般，依據半導體元件的使用環境或動作環境，Al 系膜可能會斷續性地承受高達 350℃ 左右的熱，對於這樣的熱負荷，講求可發揮優良耐熱性之 Al 系膜。

又，針對 Al 系膜，除耐熱性外還需要低電阻率。Al 系膜所含之合金元素的添加量一旦變多，則 Al 系膜本身

的電阻率會增加，故在半導體裝置之製程中受到熱歷程當中，亦講求電阻率充分減低。

此外，以往從上述確保耐熱性的觀點看來，必須將 Al 系膜增厚，但其成膜效率差且花費材料成本，故亦講求 Al 系膜之薄膜化。

本發明係有鑑於上述事情而創作者，其目的在於實現一種半導體裝置用 Al 合金膜，無論是在半導體裝置之製程中曝露於高溫下，或在實際使用環境下被反覆加熱時，皆能抑制小丘之發生，耐熱性優良，且膜本身的電阻率可抑制地較低，更可謀求薄膜化。

此外，本發明的其他目的在於提供一種濺鍍靶材，其用來形成具備上述 Al 合金膜之半導體裝置（具體來說，例如半導體元件，更具體來說是半導體元件之例如電極或電氣配線），及用來形成上述 Al 合金膜。

用以解決課題之手段

本發明提供以下之半導體裝置用 Al 合金膜、濺鍍靶材、半導體裝置、半導體元件、半導體元件之電極、半導體元件之電氣配線、及半導體構造。

(1) 一種半導體裝置用 Al 合金膜，其特徵為：進行以 500℃ 保持 30 分鐘之加熱處理後，滿足下述 (a) ~ (c) 所有條件，且膜厚為 500nm ~ 5μm；

(a) 鋁基 (Al matrix) 之最大粒徑為 800nm 以下

(b) 小丘 (hillock) 密度為 1×10^9 個 / m^2 未滿

(c) 電阻率為 $10\mu\Omega\text{cm}$ 以下。

(2) 一種半導體裝置用 Al 合金膜，其特徵為：反覆 5 次進行以 300°C 保持 5 小時之加熱處理後，滿足下述 (a) ~ (c) 所有條件，且膜厚為 $500\text{nm} \sim 5\mu\text{m}$ ；

(a) 鋁基 (Al matrix) 之最大粒徑為 800nm 以下

(b) 小丘 (hillock) 密度為 1×10^9 個 / m^2 未滿

(c) 電阻率為 $10\mu\Omega\text{cm}$ 以下。

(3) 如 (1) 或 (2) 項之半導體裝置用 Al 合金膜，其中，作為金屬成分，係包含從 Ta、Nb、Re、Zr、W、Mo、V、Hf、Ti、Cr 及 Pt 所構成之群 (X 群) 中所選擇之至少一種元素 (X 群元素)，以及 Si 及 Ge 的至少一者。

(4) 如 (3) 項之半導體裝置用 Al 合金膜，其中，更包含 Ni 及 Co 的至少一者。

(5) 如 (3) 或 (4) 項之半導體裝置用 Al 合金膜，其中，更包含 Cu。

(6) 如 (3) ~ (5) 項任一項之半導體裝置用 Al 合金膜，其中，前述 X 群元素之含有量為 $0.1 \sim 5$ 原子%。

(7) 如 (3) ~ (6) 項任一項之半導體裝置用 Al 合金膜，其中，前述 Si 及 Ge 的至少一者之含有量為 $0.1 \sim 3$ 原子%。

(8) 如 (4) ~ (7) 項任一項之半導體裝置用 Al 合金膜，其中，前述 Ni 及 Co 的至少一者之含有量為 $0.1 \sim 3$ 原子%。

(9) 如 (5) ~ (8) 項任一項之半導體裝置用 Al 合金膜，其中，前述 Cu 之含有量為 0.1 ~ 2 原子%。

(10) 一種濺鍍靶材，係為用來形成 (1) ~ (9) 項任一項之半導體裝置用 Al 合金膜之濺鍍靶材，其特徵為：包含 0.1 ~ 5 原子%之從 Ta、Nb、Re、Zr、W、Mo、V、Hf、Ti、Cr 及 Pt 所構成之群 (X 群) 中所選擇之至少一種元素 (X 群元素)，且

包含 0.1 ~ 3 原子%之 Si 及 Ge 的至少一者。

(11) 如 (10) 項之濺鍍靶材，其中，更包含 0.1 ~ 3 原子%之 Ni 及 Co 的至少一者。

(12) 如 (10) 或 (11) 項之濺鍍靶材，其中，更包含 0.1 ~ 2 原子%之 Cu。

(13) 如 (10) ~ (12) 項任一項之濺鍍靶材，其中，剩餘部分為 Al 及不可避雜質。

(14) 一種半導體裝置，其特徵為：具備如 (1) ~ (9) 項任一項之半導體裝置用 Al 合金膜。

(15) 一種半導體元件，其特徵為：具備如 (1) ~ (9) 項任一項之半導體裝置用 Al 合金膜。

(16) 一種半導體元件之電極，其特徵為：由 (1) ~ (9) 項任一項之半導體裝置用 Al 合金膜所構成。

(17) 一種半導體元件之電氣配線，其特徵為：由 (1) ~ (9) 項任一項之半導體裝置用 Al 合金膜所構成。

(18) 一種半導體構造，係在基板上至少具備如

(1) ~ (9) 項任一項之半導體裝置用 Al 合金膜之半導體構造，其特徵為：

前述基板與前述 Al 合金膜直接接觸。

(19) 如 (18) 項之半導體構造，其中，前述基板為 Si 基板、SiC 基板、或 GaN 基板。

發明之效果

按照本發明，因 Al 合金膜之耐熱性（特別是高溫耐熱性）優良，故例如在具備其作為半導體元件之電極、電氣配線之例如 IGBT 之製程中，能對其以高溫進行用於集極層之離子活性化等之熱處理。此外，實際使用環境中，即使在反覆處於約 250~350℃ 溫度的情形下，仍可抑制特性劣化。再者，能實現電阻率小，且可謀求薄膜化之 Al 合金膜。其結果，能夠實現具備上述 Al 合金膜而特性提升之功率半導體元件，或具備該半導體元件而發揮優良特性之上述 IGBT 等半導體裝置。

【實施方式】

本發明團隊為解決前述課題而反覆鑽研。其結果，發現作為 Al 合金膜，只要滿足本發明所規定之條件（特別是鋁基（Al matrix）之最大粒徑在 800nm 以下），則即使半導體元件之製程中受到高溫熱處理，或在實際使用環境中反覆受到熱處理後，令人驚訝的是小丘密度仍被抑制在 1×10^9 個 / m^2 未滿而發揮優良耐熱性，且電阻率被抑制

在 $10\mu\Omega\text{cm}$ 以下。以下詳述本發明。

本發明之 Al 合金膜，其膜厚為 $500\text{nm}\sim 5\mu\text{m}$ ，且進行以 500°C 保持 30 分鐘之加熱處理（以下或稱為「加熱形態 1」）後，具有滿足下述（a）～（c）所有條件之特徵。

（a）鋁基（Al matrix）之最大粒徑為 800nm 以下

（b）小丘（hillock）密度為 1×10^9 個 / m^2 未滿

（c）電阻率為 $10\mu\Omega\text{cm}$ 以下

本發明之 Al 合金膜，無論在前述加熱形態 1（以 500°C 保持 30 分鐘之加熱處理）之前有無熱處理，或無論在加熱形態 1 之前被施加之熱處理條件為何，均滿足上述（a）～（c）所有條件。故本發明之 Al 合金膜，即使在半導體裝置製程中曝露於 $450\sim 600^\circ\text{C}$ 高溫，其後更被施以前述加熱形態 1 之加熱處理的情形下，仍滿足上述（a）～（c）所有條件。

另，上述加熱形態 1 之加熱環境，係為惰性氣體（ N_2 ）環境或真空環境。

上述（a）所示之鋁基（Al matrix）最大粒徑，較佳是在 700nm 以下，更佳為 500nm 以下。該鋁基（Al matrix）之最大粒徑，係以後述實施例所示之方法予以測量。

上述（b）係規定在 Al 合金膜之表面因加熱而形成之小丘（因熱應力而形成於 Al 合金膜之突起狀形狀異常）的密度。本發明中，小丘密度較佳是 5×10^8 個 / m^2 未滿，更佳為 1×10^8 個 / m^2 以下。該小丘密度係以後述實施例所

示之方法予以測量。

上述 (c) 所示之電阻率較佳是在 $9.0\mu\Omega\text{cm}$ 以下，更佳是在 $8.0\mu\Omega\text{cm}$ 以下，再佳是在 $7.0\mu\Omega\text{cm}$ 以下，非常佳是在 $6.0\mu\Omega\text{cm}$ 以下。該電阻率係以後述實施例所示之方法予以測量。

本發明之 Al 合金膜膜厚為 $500\text{nm}\sim 5\mu\text{m}$ 。若是為了成膜效率或裝置小型化而謀求薄膜化時，以 $4\mu\text{m}$ 以下為佳，以 $3\mu\text{m}$ 以下為更佳。另，從獲得更高耐熱性之 Al 合金膜的觀點看來，膜厚以 700nm 以上為佳，更佳是在 $1\mu\text{m}$ 以上。

此外，本發明之半導體裝置用 Al 合金膜，其膜厚為 $500\text{nm}\sim 5\mu\text{m}$ ，且反覆 5 次進行以 300°C 保持 5 小時之加熱處理（以下或稱為「加熱形態 2」）後，具有滿足上述 (a) ~ (c) 所有條件之特徵。

該反覆 5 次以 300°C 保持 5 小時之加熱處理，係考量實際使用環境。本發明之 Al 合金膜，無論在前述加熱形態 2（反覆 5 次以 300°C 保持 5 小時之加熱處理）之前有無熱處理，或無論在該加熱形態 2 之前被施加之熱處理條件為何，均滿足上述 (a) ~ (c) 所有條件。故本發明之 Al 合金膜，即使在半導體裝置製程中曝露於 $450\sim 600^\circ\text{C}$ 高溫，其後更被施以前述加熱形態 2 之加熱處理的情形下，仍滿足上述 (a) ~ (c) 所有條件。

另，上述加熱形態 2 之加熱環境，係為惰性氣體 (N_2) 環境或真空環境。

施以該加熱形態 2 之 Al 合金膜的相關上述 (a) ~ (c) 及膜厚之細節，與前述加熱形態 1 之情形相同。

欲得到前述 Al 合金膜，推薦做出下述成分組成之 Al 合金膜。亦即，推薦做出 Al-X 群元素-Si 及 / 或 Ge 合金膜，其作為金屬成分，係包含從 Ta、Nb、Re、Zr、W、Mo、V、Hf、Ti、Cr 及 Pt 所構成之群 (X 群) 中所選擇之至少一種元素 (X 群元素)，以及包含 Si 及 / 或 Ge。

在此，上述 X 群之元素 (X 群元素)，係由熔點大概 1600°C 以上之高熔點金屬所構成，為對高溫下之耐熱性提升有所助益之元素。這些元素可以單獨添加，亦可 2 種以上併用。

上述 X 群元素之含有量 (單獨含有時為單獨之量，2 種以上併用時為合計量) 較佳為 0.1~5 原子%。X 群元素之含有量若未滿 0.1 原子%，則上述作用無法有效發揮，故以 0.1 原子%作為 X 群元素含有量之較佳下限。X 群元素之含有量更佳是在 0.2 原子%以上，再佳是在 0.3 原子%以上。另一方面，X 群元素之含有量若超過 5 原子%，則 Al 合金膜之電阻率會變得過高，且會產生配線加工時容易發生殘渣等問題，故以 5 原子%作為 X 群元素含有量之較佳上限。X 群元素之含有量更佳是在 3.0 原子%以下，再佳是在 2.0 原子%以下。

此外，上述 Si 及 / 或 Ge 元素與上述 X 群元素複合添加，藉此，有助於提升高溫耐熱性。又，還具有抑制 Al 合金膜與 Si 基板等之間的原子相互擴散之作用，此作用

是上述 X 群元素所沒有的。

爲了使 Si 及 / 或 Ge 之上述作用有效發揮，Si 及 / 或 Ge (單獨含有時爲單獨之量，2 種併用時爲合計量) 較佳爲 0.1~3 原子%。Si 及 / 或 Ge 之含有量若未滿 0.1 原子%，則對耐熱性提升沒有助益，擴散抑制效果無法有效發揮，故以 0.1 原子%作爲 Si 及 / 或 Ge 含有量之較佳下限。Si 及 / 或 Ge 之含有量更佳是在 0.3 原子%以上，再佳是在 0.5 原子%以上。另一方面，若超過 3 原子%，則 Al 合金膜本身的電阻率會變得過高，會產生配線加工時容易發生殘渣等問題，故以 3 原子%作爲 Si 及 / 或 Ge 含有量之較佳上限。Si 及 / 或 Ge 之含有量更佳是在 2.5 原子%以下，再佳是在 2.0 原子%以下。

此外，本發明之 Al 合金膜，除上述 X 群元素以及 Si 及 / 或 Ge 外，亦可含有 Ni 及 / 或 Co，或 Cu。

Ni 及 / 或 Co 係爲可進一步提升耐熱性之元素。它們可以單獨添加，亦可兩者皆添加。爲了有效發揮此種作用，Ni 及 / 或 Co 之含有量 (單獨時爲單獨之含有量，含有兩者時爲合計量) 以 0.1~3 原子%爲佳。上述元素之含有量若未滿 0.1 原子%時，則無法獲得所求效果，故以 0.1 原子%作爲較佳之下限值。另一方面，Ni 及 / 或 Co 之含有量若超過 3 原子%，則 Al 合金膜的電阻率會升高。上述元素的更佳上限值爲 1.0 原子%，再佳之上限值爲 0.6 原子%。

Cu 亦爲可進一步提升耐熱性之元素。爲了有效發揮

此種作用，Cu 之含有量以 0.1~2 原子%為佳。Cu 之含有量若未滿 0.1 原子%時，則難以令其發揮上述效果，故以 0.1 原子%作為較佳之下限值。更佳之下限值為 0.3 原子%，再佳之下限值為 0.5 原子%。另一方面，Cu 之含有量若超過 2 原子%，則 Al 合金膜的電阻率會升高。上述元素的更佳上限值為 1.5 原子%，再佳之上限值為 1.0 原子%。

作為本發明之 Al 合金膜，例如為含有上述 X 群元素以及 Si 及 / 或 Ge，剩餘部分為 Al 及不可避雜質者；或是含有上述 X 群元素以及 Si 及 / 或 Ge、Ni 及 / 或 Co、或 Cu，剩餘部分為 Al 及不可避雜質者。

作為不可避雜質，例如有 Fe、O、C、N、Ar，分別容許含有未滿 0.1 重量%。

上述 Al 合金膜係以濺鍍法，利用濺鍍靶材（以下或稱為「靶材」）來形成為理想。這是因為相較於離子鍍法（ion plating）或電子束蒸鍍法、真空蒸鍍法所形成之薄膜，能較容易地形成成分或膜厚之膜面內均一性優良之薄膜。

此外，以上述濺鍍法形成上述 Al 合金膜時，作為上述靶材，若使用包含前述元素且與所求之 Al 合金膜為相同組成之 Al 合金濺鍍靶材，便沒有組成偏差的疑慮，能夠形成所求成分組成之 Al 合金膜。

本發明中，與前述 Al 合金膜相同組成之濺鍍靶材亦包含於本發明之範圍內。詳言之，作為上述靶材，係為包含 0.1~5 原子%之從 Ta、Nb、Re、Zr、W、Mo、V、

Hf、Ti、Cr 及 Pt 所構成之群（X 群）中所選擇之至少一種元素（X 群元素），且包含 0.1~3 原子%之 Si 及 / 或 Ge，剩餘部分為 Al 及不可避雜質者；除此之外，亦可為更包含 0.1~3 原子%之 Ni 及 / 或 Co、或包含 0.1~2 原子%之 Cu，剩餘部分為 Al 及不可避雜質者。

作為不可避雜質，例如有 Fe、O、C、N、Ar，分別容許含有未滿 0.1 重量%。

上述靶材之形狀，包含因應濺鍍裝置之形狀或構造而加工成任意形狀（矩型板狀、圓形板狀、環形板狀、圓筒狀等）者。

作為上述靶材之製造方法，例如有溶解鑄造法或粉末燒結法、利用噴覆成型法（spray forming）從 Al 基合金所構成之鑄錠（ingot）製造而得之方法、製造 Al 基合金所構成之預製件（最終得到緻密體前之中間體）後，藉由緻密化手段將該預製件緻密化而得之方法。

本發明亦包含具備上述 Al 合金膜之半導體裝置。若將本發明之 Al 合金膜用於該半導體裝置之，特別是半導體元件，更進而用於半導體元件的電極或電氣配線（例如前述 IGBT 之射極電極等），可充分發揮上述效果。

本發明之 Al 合金膜，在半導體裝置（特別是半導體元件）中可能會連接至 Si 基板、SiC 基板、或 GaN 基板。在此情形下，前述 Al 合金膜與前述基板可直接連接，亦可在前述 Al 合金膜與前述基板之間，存在有氧化矽或氮化矽等層間絕緣膜層、及 / 或 Si、SiC、GaN 等所

構成之薄膜半導體層所形成之部分。

本發明中，在基板上至少具備前述半導體裝置用 Al 合金膜之半導體構造中，即使前述基板（例如 Si 基板、SiC 基板、或 GaN 基板）與前述 Al 合金膜直接接觸的情形下，仍會抑制該基板與 Al 合金膜之間的原子相互擴散，發揮優良之半導體特性。

本發明之半導體裝置（例如 IGBT 之特別是半導體元件）的製程中，本發明之半導體裝置用 Al 合金膜形成後，亦可對該 Al 合金膜施加 450~600°C 之高溫熱處理。如上所述，本發明之半導體裝置用 Al 合金膜，其耐熱性優良，故即使曝露於上述高溫的情形下，也會抑制小丘產生。

具備本發明半導體裝置用 Al 合金膜之半導體裝置或半導體元件，能以上述高溫進行熱處理，除此之外，可用一般採行之方法來製造。

實施例

以下列舉實施例以便更具體地說明本發明，但本發明並非由下述實施例所限制，在可運用於前後文要旨之範圍內，當然亦可適當加以變更而實施，該些變更均包含於本發明之技術範圍內。

（實施例 1）

將表 1 及表 2 所示之各種合金組成之 Al 合金膜（膜

厚 = 500nm) , 以 DC 磁電管濺鍍法 , 在環境氣體 = 氫、壓力 = 2mTorr、基板溫度 = 25°C (室溫) 的條件下成膜。作為基板 , 係使用單晶矽基板 (面方位 100) (基板尺寸為直徑 4 英吋) 。

另 , 上述各種合金組成之 Al 合金膜之形成 , 係使用以真空溶解法製作之各種組成之 Al 合金靶材 , 作為濺鍍靶材。

此外 , 實施例中所用之各種 Al 合金膜的各合金元素含有量 , 係以 ICP 發光分析 (感應耦合電漿發光分析) 法來求得。

針對上述方式成膜之 Al 合金膜 , 施以下述加熱處理後 , 測量耐熱性、Al 合金膜之電阻率、鋁基 (Al matrix) 之最大粒徑。詳細如下所示。

(1) 加熱處理後之耐熱性

針對成膜後之 Al 合金膜 , 在惰性氣體 (N₂) 環境下 , 如表 1 及表 2 所示 , 模擬半導體元件製程中對配線材料之熱處理 , 進行以 450°C、500°C、550°C、600°C 之各溫度保持 30 分鐘之加熱處理 (第 1 次熱處理) , 接著如表 1 及表 2 所示 , 進行以 500°C 保持 30 分鐘之加熱處理 (第 2 次熱處理 , 加熱形態 1) 。接著 , 以光學顯微鏡 (倍率 : 500 倍) 觀察加熱處理後之 Al 合金膜表面性狀 , 測量小丘密度 (個 / m²) 。另 , 該測量係以直徑 0.1μm 以上之小丘為對象。

接著，根據表 3 所示之判斷基準來評估耐熱性。本實施例中以◎、○及△為合格。結果揭示於表 1 及表 2。

(2) 加熱處理後之 Al 合金膜電阻率 (配線電阻)

針對成膜後之 Al 合金膜上形成有 $10\mu\text{m}$ 寬度之線寬 / 線距 (Line/Space) 圖樣者，在惰性氣體 (N_2) 環境下，如表 1 及表 2 所示，模擬半導體元件製程中對配線材料之熱處理，進行以 450°C 、 500°C 、 550°C 、 600°C 之各溫度保持 30 分鐘之加熱處理 (第 1 次熱處理)，接著如表 1 及表 2 所示，進行以 500°C 保持 30 分鐘之加熱處理 (第 2 次熱處理，加熱形態 1) 後，以 4 端子法測量電阻率。

接著，根據表 3 所示之判斷基準來評估電阻率。本實施例中以◎、○及△為合格。結果揭示於表 1 及表 2。

(3) 加熱處理後之鋁基 (Al matrix) 最大粒徑

針對成膜後之 Al 合金膜，在惰性氣體 (N_2) 環境下，如表 1 及表 2 所示，模擬半導體元件製程中對配線材料之熱處理，進行以 450°C 、 500°C 、 550°C 、 600°C 之各溫度保持 30 分鐘之加熱處理 (第 1 次熱處理)，接著進行以 500°C 保持 30 分鐘之加熱處理 (第 2 次熱處理)。接著，以平面 TEM (穿透式電子顯微鏡，倍率 15 萬倍) 觀察加熱處理後之 Al 合金膜表面。觀察時，於各樣本之任意位置對 3 視野 (一視野為 $1.2\mu\text{m}\times 1.6\mu\text{m}$) 進行，以 3 視野中觀察到鋁基 (Al matrix) 粒徑 (投影直徑) 之最大值

作為最大粒徑。

接著，根據表 3 所記載之判斷基準來評估粒徑，本實施例中以◎、○及△為合格。結果揭示於表 1 及表 2。

[表1]

No.	組成 (數值表示各元素之 含有量(原子%))	第2次 熱處理條件 (加熱形態1)			第1次熱處理條件 450°C 30分			第1次熱處理條件 500°C 30分			第1次熱處理條件 550°C 30分			第1次熱處理條件 600°C 30分		
		最大 粒徑	小丘 密度	配線 電阻	最大 粒徑	小丘 密度	配線 電阻	最大 粒徑	小丘 密度	配線 電阻	最大 粒徑	小丘 密度	配線 電阻	最大 粒徑	小丘 密度	配線 電阻
1	Al-1Si	X	X	◎	X	X	◎	X	X	◎	X	X	◎	X	X	◎
2	Al-2Nd	X	X	○	X	X	△	X	X	△	X	X	△	X	X	△
3	Al-0.5Ta	○	X	◎	○	X	△	○	X	△	○	X	△	○	X	△
4	Al-5Ta	◎	○	△	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
5	Al-0.5Ge-0.5Ta	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
6	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.1Ta	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
7	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Ta	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
8	Al-0.1Ni-0.5Ge-5Ta	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
9	Al-3Ni-0.5Ge-0.5Ta	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
10	Al-0.1Ni-2Ge-0.5Ta	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
11	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Nb	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
12	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Re	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
13	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Zr	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
14	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5W	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
15	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Mo	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
16	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5V	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
17	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Hf	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
18	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Ti	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
19	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Cr	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
20	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Pt	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
21	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Ta-0.5Zr	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
22	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Cu-0.5Ta	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
23	Al-0.1Co-0.5Ge-0.5Ta	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
24	Al-0.5Si-0.5Ta	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
25	Al-0.1Ni-0.5Si-0.1Ta	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
26	Al-0.1Ni-0.5Si-0.5Ta	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
27	Al-0.1Ni-0.5Si-5Ta	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
28	Al-3Ni-0.5Si-0.5Ta	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
29	Al-0.1Ni-2Si-0.5Ta	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
30	Al-0.1Ni-0.5Si-0.5Nb	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
31	Al-0.1Ni-0.5Si-0.5Re	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎

[表2]

No.	組成 (數值表示各元素之 含有量(原子%))	第2次 熱處理條件 (加熱形態1)	第1次熱處理條件 450°C 30分			第1次熱處理條件 500°C 30分			第1次熱處理條件 550°C 30分			第1次熱處理條件 600°C 30分		
			最大 粒徑	小丘 密度	配線 電阻	最大 粒徑	小丘 密度	配線 電阻	最大 粒徑	小丘 密度	配線 電阻	最大 粒徑	小丘 密度	配線 電阻
32	Al-0.1Ni-0.5Si-0.5Zr	500°C 30分	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
33	Al-0.1Ni-0.5Si-0.5W	500°C 30分	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
34	Al-0.1Ni-0.5Si-0.5Mo	500°C 30分	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
35	Al-0.1Ni-0.5Si-0.5V	500°C 30分	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
36	Al-0.1Ni-0.5Si-0.5Hf	500°C 30分	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
37	Al-0.1Ni-0.5Si-0.5Ti	500°C 30分	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
38	Al-0.1Ni-0.5Si-0.5Cr	500°C 30分	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
39	Al-0.1Ni-0.5Si-0.5Pt	500°C 30分	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
40	Al-0.1Ni-0.5Si-0.5Ta-0.5Zr	500°C 30分	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
41	Al-0.1Ni-0.5Si-0.5Cu-0.5Ta	500°C 30分	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
42	Al-0.1Co-0.5Si-0.5Ta	500°C 30分	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
43	Al-0.5Ge-0.5Si-0.5Ta	500°C 30分	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
44	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Si-0.1Ta	500°C 30分	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
45	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.3Si-0.5Ta	500°C 30分	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
46	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Si-0.5Ta	500°C 30分	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
47	Al-0.1Ni-0.5Ge-1.0Si-0.5Ta	500°C 30分	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
48	Al-0.1Ni-0.5Ge-2.5Si-0.5Ta	500°C 30分	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
49	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Si-5Ta	500°C 30分	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
50	Al-3Ni-0.5Ge-0.5Si-0.5Ta	500°C 30分	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
51	Al-0.1Ni-2Ge-0.5Si-0.5Ta	500°C 30分	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
52	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Si-0.5Nb	500°C 30分	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
53	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Si-0.5Re	500°C 30分	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
54	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Si-0.5Zr	500°C 30分	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
55	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Si-0.5W	500°C 30分	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
56	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Si-0.5Mo	500°C 30分	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
57	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Si-0.5V	500°C 30分	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
58	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Si-0.5Hf	500°C 30分	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
59	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Si-0.5Ti	500°C 30分	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
60	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Si-0.5Cr	500°C 30分	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
61	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.6Si-0.5Pt	500°C 30分	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
62	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.3Si-0.5Ta-0.5Zr	500°C 30分	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
63	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Si-0.5Ta-0.5Zr	500°C 30分	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
64	Al-0.1Ni-0.5Ge-2.5Si-0.5Ta-0.5Zr	500°C 30分	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
65	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Si-0.5Cu-0.5Ta	500°C 30分	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
66	Al-0.1Co-0.5Ge-0.5Si-0.5Ta	500°C 30分	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	

〔表 3〕

項目		◎	○	△	x
鋁基(Al matrix)最大粒徑(nm)		500 以下	超出 500 且 700 以下	超出 700 且 800 以下	超出 800
耐熱性(小丘密度, 個/m ²)		1×10 ⁸ 以下	超出 1×10 ⁸ 且未滿 5×10 ⁸	5×10 ⁸ 以上未滿 1×10 ⁹	1×10 ⁹ 以上
電阻率(μΩcm)	第 1 次熱處理溫度為 450°C	8.0 以下	超出 8.0 且 9.0 以下	超出 9.0 且 10 以下	超出 10
	第 1 次熱處理溫度為 500°C	8.0 以下	超出 8.0 且 9.0 以下	超出 9.0 且 10 以下	超出 10
	第 1 次熱處理溫度為 550°C	7.0 以下	超出 7.0 且 8.0 以下	超出 8.0 且 10 以下	超出 10
	第 1 次熱處理溫度為 600°C	6.0 以下	超出 6.0 且 8.0 以下	超出 8.0 且 10 以下	超出 10

可以如下方式考察表 1 及表 2。亦即，No.1~4 為習知之 Al-Si 或被認為耐熱性高之 Al-Nd、Al-Ta 所構成之 Al 合金膜，但在這些例子中，特別是以高溫進行第 1 次熱處理時，施以熱處理後之鋁基 (Al matrix) 最大粒徑很大，小丘過度產生而超出規定範圍。相較於此，No.5~66 為滿足本發明要件者，在第 2 次加熱處理後，鋁基 (Al matrix) 最大粒徑仍小，此外小丘的產生亦受到抑制，更得到電阻率為小者。

此外，有關熱處理條件與鋁基 (Al matrix) 結晶粒徑之關係，將實施例 1 所得之結果傾向揭示於圖 2(a)~(i)。圖 2(a)~(d) 為針對本發明之 Al 合金膜施以第 1 次熱處理後之物 (圖 2(a) 為 450°C 30 分鐘之熱處理條件、圖 2(b) 為 500°C 30 分鐘之熱處理條件、圖 2(c) 為 550°C 30 分鐘之熱處理條件、圖 2(d) 為 600°C 30 分鐘之熱處理條件)、圖 2(e)~(h) 為將圖 2(a)~

(d) 之物分別以 500°C 30 分鐘之條件施以第 2 次熱處理後之物。圖 2 (i) 為針對相當於比較例之 Al 合金膜，以 500°C 30 分鐘之條件施以熱處理後之物。在該圖 2 (a) ~ (h) 中，本發明之 Al 合金膜，在第 1 次熱處理後其鋁基 (Al matrix) 的結晶粒，於每一種加熱溫度 (450°C、500°C、550°C、600°C) 下皆小，且施以 500°C 30 分鐘之熱處理作為第 2 次熱處理後，鋁基 (Al matrix) 的結晶粒徑相較於第 1 次熱處理後仍幾乎無改變，鋁基 (Al matrix) 的結晶粒仍小。相對於此，如圖 2 (i) 所示般，相當於比較例之 Al 合金膜，其施以 500°C 30 分鐘間加熱保持之熱處理作為第 1 次熱處理後，鋁基 (Al matrix) 的結晶粒明顯地粗大化。

(實施例 2)

將表 4 及表 5 所示之各種合金組成之 Al 合金膜 (膜厚 = 500nm)，以 DC 磁電管濺鍍法，在環境氣體 = 氬、壓力 = 2mTorr、基板溫度 = 25°C (室溫) 的條件下成膜。作為基板，係使用單晶矽基板 (面方位 100) (基板尺寸為直徑 4 英寸)。

另，上述各種合金組成之 Al 合金膜之形成，係使用以真空溶解法製作之各種組成之 Al 合金靶材，作為濺鍍靶材。

此外，實施例中所用之各種 Al 合金膜的各合金元素含有量，係以 ICP 發光分析 (感應耦合電漿發光分析) 法

來求得。

針對上述方式成膜之 Al 合金膜，施以下述加熱處理後，測量耐熱性、Al 合金膜之電阻率、鋁基（Al matrix）之最大粒徑。詳細如下所示。

（1）加熱處理後之耐熱性

針對成膜後之 Al 合金膜，係在惰性氣體（N₂）環境下，模擬在半導體元件製程中對配線材料施加之熱處理，如表 4 及表 5 所示般，進行以 450°C、500°C、550°C、600°C 各溫度保持 30 分鐘之加熱處理（第 1 次熱處理）。接著模擬實際使用環境時所施加之熱處理，如表 4 及表 5 所示般，反覆 5 次施以 300°C 保持 5 小時之加熱處理（第 2 次熱處理，即加熱形態 2，針對一部分試料，加熱處理次數定為 10 次或 30 次）。接著，以光學顯微鏡（倍率：500 倍）觀察加熱處理後之 Al 合金膜表面性狀，測量小丘密度（個 / m²）。另，該測量係以直徑 0.1 μm 以上之小丘為對象。

接著，根據表 3 所示之判斷基準來評估耐熱性。本實施例中以 ⊙、○ 及 △ 為合格。結果揭示於表 4 及表 5。

（2）加熱處理後之 Al 合金膜電阻率（配線電阻）

針對成膜後之 Al 合金膜上形成有 10 μm 寬度之線寬 / 線距（Line/Space）圖樣者，係在惰性氣體（N₂）環境下，模擬在半導體元件製程中對配線材料施加之熱處理，

如表 4 及表 5 所示般，進行以 450°C、500°C、550°C、600°C 各溫度保持 30 分鐘之加熱處理（第 1 次熱處理）。接著模擬實際使用環境時所施加之熱處理，如表 4 及表 5 所示般，反覆 5 次施以 300°C 保持 5 小時之加熱處理（第 2 次熱處理，即加熱形態 2，針對一部分試料，加熱處理次數定為 10 次或 30 次）後，以 4 端子法來測量電阻率。

接著，根據表 3 所示之判斷基準來評估電阻率。本實施例中以 ⊙、○ 及 △ 為合格。結果揭示於表 4 及表 5。

（3）加熱處理後之鋁基（Al matrix）最大粒徑

針對成膜後之 Al 合金膜，係在惰性氣體（N₂）環境下，模擬在半導體元件製程中對配線材料施加之熱處理，如表 4 及表 5 所示般，進行以 450°C、500°C、550°C、600°C 各溫度保持 30 分鐘之加熱處理（第 1 次熱處理）後，模擬實際使用環境時所施加之熱處理，如表 4 及表 5 所示般，反覆 5 次施以 300°C 保持 5 小時之加熱處理（第 2 次熱處理，即加熱形態 2，針對一部分試料，加熱處理次數定為 10 次或 30 次）。接著，以平面 TEM（穿透式電子顯微鏡，倍率 15 萬倍）觀察加熱處理後之 Al 合金膜表面。觀察時，於各樣本之任意位置對 3 視野（一視野為 1.2 μm × 1.6 μm）進行，以 3 視野中觀察到鋁基（Al matrix）粒徑（投影直徑）之最大值作為最大粒徑。

接著，根據表 3 所記載之判斷基準來評估粒徑，本實施例中以 ⊙、○ 及 △ 為合格。結果揭示於表 4 及表 5。

[表4]

No.	組成 (數值表示元素之 含有量(原子%))	第2次 熱處理條件 (加熱形態2)	第1次熱處理條件 450°C, 30分			第1次熱處理條件 500°C, 30分			第1次熱處理條件 550°C, 30分			第1次熱處理條件 600°C, 30分		
			最大 粒徑	小丘 密度	配線 電阻	最大 粒徑	小丘 密度	配線 電阻	最大 粒徑	小丘 密度	配線 電阻	最大 粒徑	小丘 密度	配線 電阻
1	Al-1Si	300°C 5小時 5次	X	X	◎	X	X	◎	X	X	◎	X	X	◎
2	Al-2Nd	300°C 5小時 5次	X	X	◎	X	X	◎	X	X	◎	X	X	◎
3	Al-0.5Ta	300°C 5小時 5次	O	X	◎	O	X	◎	O	X	◎	O	X	◎
4	Al-5Ta	300°C 5小時 5次	◎	O	△	◎	X	△	◎	X	△	◎	X	△
5	Al-0.5Ge-0.5Ta	300°C 5小時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
6	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.1Ta	300°C 5小時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
7	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Ta	300°C 5小時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
8	Al-0.1Ni-0.5Ge-5Ta	300°C 5小時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
9	Al-3Ni-0.5Ge-0.5Ta	300°C 5小時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
10	Al-0.1Ni-2Ge-0.5Ta	300°C 5小時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
11	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Nb	300°C 5小時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
12	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Re	300°C 5小時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
13	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Zr	300°C 5小時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
14	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5W	300°C 5小時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
15	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Mo	300°C 5小時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
16	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5V	300°C 5小時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
17	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Hf	300°C 5小時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
18	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Ti	300°C 5小時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
19	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Cr	300°C 5小時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
20	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Pt	300°C 5小時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
21	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Ta-0.5Zr	300°C 5小時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
22	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Cu-0.5Ta	300°C 5小時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
23	Al-0.1Co-0.5Ge-0.5Ta	300°C 5小時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
24	Al-0.5Si-0.5Ta	300°C 5小時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
25	Al-0.1Ni-0.5Si-0.1Ta	300°C 5小時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
26	Al-0.1Ni-0.5Si-0.5Ta	300°C 5小時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
27	Al-0.1Ni-0.5Si-5Ta	300°C 5小時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
28	Al-3Ni-0.5Si-0.5Ta	300°C 5小時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
29	Al-0.1Ni-2Si-0.5Ta	300°C 5小時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎

[表5]

No.	組成 (數值表示各元素之 含有量(原子%)	第2次 熱處理條件 (加熱形態2)	第1次熱處理條件 450°C 30分			第1次熱處理條件 500°C 30分			第1次熱處理條件 550°C 30分			第1次熱處理條件 600°C 30分		
			最大 粒徑	小丘 密度	配線 電阻	最大 粒徑	小丘 密度	配線 電阻	最大 粒徑	小丘 密度	配線 電阻	最大 粒徑	小丘 密度	配線 電阻
30	Al-0.1Ni-0.5Si-0.5Nb	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
31	Al-0.1Ni-0.5Si-0.5Re	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
32	Al-0.1Ni-0.5Si-0.5Zr	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
33	Al-0.1Ni-0.5Si-0.5W	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
34	Al-0.1Ni-0.5Si-0.5Mo	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
35	Al-0.1Ni-0.5Si-0.5V	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
36	Al-0.1Ni-0.5Si-0.5Hf	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
37	Al-0.1Ni-0.5Si-0.5Ti	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
38	Al-0.1Ni-0.5Si-0.5Cr	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
39	Al-0.1Ni-0.5Si-0.5Pt	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
40	Al-0.1Ni-0.5Si-0.5Ta-0.5Zr	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
41	Al-0.1Ni-0.5Si-0.5Cu-0.5Ta	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
42	Al-0.1Co-0.5Si-0.5Ta	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
43	Al-0.5Ge-0.5Si-0.5Ta	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
44	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Si-0.1Ta	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
45	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.3Si-0.5Ta	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
46	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Si-0.5Ta	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
47	Al-0.1Ni-0.5Ge-1.0Si-0.5Ta	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
48	Al-0.1Ni-0.5Ge-1.0Si-0.5Ta	300°C 5/1時 10次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
49	Al-0.1Ni-0.5Ge-1.0Si-0.5Ta	300°C 5/1時 30次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
50	Al-0.1Ni-0.5Ge-2.5Si-0.5Ta	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
51	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Si-5Ta	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
52	Al-3Ni-0.5Ge-0.5Si-0.5Ta	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
53	Al-0.1Ni-2Ge-0.5Si-0.5Ta	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
54	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Si-0.5Nb	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
55	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Si-0.5Re	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
56	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Si-0.5Zr	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
57	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Si-0.5W	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
58	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Si-0.5Mo	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
59	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Si-0.5V	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
60	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Si-0.5Hf	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
61	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Si-0.5Ti	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
62	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Si-0.5Cr	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
63	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Si-0.5Pt	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
64	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.3Si-0.5Ta-0.5Zr	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
65	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Si-0.5Ta-0.5Zr	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
66	Al-0.1Ni-0.5Ge-2.5Si-0.5Ta-0.5Zr	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
67	Al-0.1Ni-0.5Ge-0.5Si-0.5Cu-0.5Ta	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
68	Al-0.1Co-0.5Ge-0.5Si-0.5Ta	300°C 5/1時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	

可以如下方式考察表 4 及表 5。亦即，No.1~4 並非滿足本發明要件者，在反覆施以熱處理後，鋁基（Al matrix）的最大粒徑很大，且小丘過度產生而超出規定範圍。相較於此，No.5~68 為滿足本發明要件者，在第 2 次加熱處理後，鋁基（Al matrix）最大粒徑仍小，小丘密度小，且得到電阻率為小者。

另，在表 5 中，針對 Al-0.1Ni-0.5Ge-1.0Si-0.5Ta，對於其第 2 次熱處理之反覆次數為 10 次（No.48）、30 次（No.49）時亦進行了評估，像這樣即使增加反覆次數，也如同反覆次數為 5 次時般，顯示了良好之特性。

（實施例 3）

將表 6 所示之各種合金組成之 Al 合金膜，如表 6 所示般改變其膜厚（膜厚 = 600nm ~ 4 μ m），以 DC 磁電管濺鍍法，在環境氣體 = 氬、壓力 = 2mTorr、基板溫度 = 25 $^{\circ}$ C（室溫）的條件下成膜。作為基板，係使用單晶矽基板（面方位 100）（基板尺寸為直徑 4 英吋）。

另，上述各種合金組成之 Al 合金膜之形成，係使用以真空溶解法製作之各種組成之 Al 合金靶材，作為濺鍍靶材。

此外，實施例中所用之各種 Al 合金膜的各合金元素含有量，係以 ICP 發光分析（感應耦合電漿發光分析）法來求得。

針對以上述方式成膜之 Al 合金膜，如同實施例 2

般，施以熱處理後（實施例 3 中，第 2 次熱處理之反覆次數如表 6 所示，均為 5 次），測量耐熱性、Al 合金膜之電阻率、鋁基（Al matrix）之最大粒徑。結果揭示於表 6。

[表6]

No.	組成 (數值表示各元素之 含有量(原子%))	膜厚	第2次 熱處理條件 (加熱形態2)	第1次熱處理條件 450°C 30分			第1次熱處理條件 500°C 30分			第1次熱處理條件 550°C 30分			第1次熱處理條件 600°C 30分		
				最大 粒徑	小丘 密度	配線 電阻	最大 粒徑	小丘 密度	配線 電阻	最大 粒徑	小丘 密度	配線 電阻	最大 粒徑	小丘 密度	配線 電阻
1	Al-1Si	600nm	300°C 5小時 5次	X	X	◎	X	X	△	X	X	X	X	X	X
2	Al-1Si	4 μm	300°C 5小時 5次	X	O	◎	X	X	△	X	X	X	X	X	X
3	Al-2Nd	600nm	300°C 5小時 5次	X	X	△	X	X	△	X	X	X	X	X	X
4	Al-2Nd	4 μm	300°C 5小時 5次	X	◎	O	X	O	△	X	△	X	△	X	X
5	Al-0.1Ni-0.5Ge-1Si-0.5Ta	600nm	300°C 5小時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	O	◎	◎	◎	◎	◎
6	Al-0.1Ni-0.5Ge-1Si-0.5Ta	1 μm	300°C 5小時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
7	Al-0.1Ni-0.5Ge-1Si-0.5Ta	2 μm	300°C 5小時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	O	◎	◎	◎	◎	◎
8	Al-0.1Ni-0.5Ge-1Si-0.5Ta	4 μm	300°C 5小時 5次	◎	◎	◎	◎	◎	◎	O	◎	◎	◎	◎	◎

可以如下方式考察表 6。亦即，No.1~4 並非滿足本發明要件者，在施以熱處理後，鋁基（Al matrix）的最大粒徑很大，且小丘過度產生而超出規定範圍。相較於此，No.5~8 為滿足本發明要件者，即使在第 2 次加熱處理後，在任一種膜厚之情形下，鋁基（Al matrix）最大粒徑仍小，小丘密度小，且得到電阻率為小者。

另，在實施例 1~3 中，第 1 次熱處理中任一種溫度之保持時間均為 30 分，但將該保持時間設為 200 分的情形下，仍會得到相同結果。

以上已詳細地且參照特定之實施態樣說明本申請案，但所屬技術領域者當然明白，在不脫離本發明精神與範圍內可施加種種變更或修正。

本申請案係基於 2011 年 5 月 17 日申請之日本發明專利（特願 2011-110791），該內容作為參照而涵括於此。

產業上利用之可能性

按照本發明，因 Al 合金膜之耐熱性（特別是高溫耐熱性）優良，故例如在具備其作為半導體元件之電極、電氣配線之例如 IGBT 之製程中，能對其以高溫進行用於集極層之離子活性化等之熱處理。此外，實際使用環境中，即使在反覆處於約 250~350℃溫度的情形下，仍可抑制特性劣化。再者，能實現電阻率小，且可謀求薄膜化之 Al 合金膜。其結果，能夠實現具備上述 Al 合金膜而特性提升之功率半導體元件，或具備該半導體元件而發揮優良特

性之上述 IGBT 等半導體裝置。

【圖式簡單說明】

〔圖 1〕圖 1 為一般之 IGBT 構造示意概略剖面圖。

〔圖 2〕圖 2 (a) ~ (i) 為熱處理條件與 Al 合金膜之鋁基 (Al matrix) 結晶粒徑之間的關係模型示意說明圖。圖 2 (a) ~ (d) 為針對本發明之 Al 合金膜施以第 1 次熱處理後之物 (圖 2 (a) 為 450°C 30 分鐘之熱處理條件、圖 2 (b) 為 500°C 30 分鐘之熱處理條件、圖 2 (c) 為 550°C 30 分鐘之熱處理條件、圖 2 (d) 為 600°C 30 分鐘之熱處理條件)、圖 2 (e) ~ (h) 為將圖 2 (a) ~ (d) 之物分別以 500°C 30 分鐘之條件施以第 2 次熱處理後之物。圖 2 (i) 為針對相當於比較例之 Al 合金膜，以 500°C 30 分鐘之條件施以熱處理後之物。

七、申請專利範圍：

1. 一種半導體裝置用 Al 合金膜，其特徵為，作為金屬成分，係包含 0.1~5 原子%之從 Ta、Nb、Re、Zr、W、Mo、V、Hf、Ti、Cr 及 Pt 所構成之群（X 群）中所選擇之至少一種元素（X 群元素），以及 0.1~3 原子%之 Si 及 / 或 Ge，更包含 0.1~3 原子%之 Ni 及 / 或 Co。

2. 如申請專利範圍第 1 項之半導體裝置用 Al 合金膜，其中，膜厚為 500nm~5 μ m。

3. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項之半導體裝置用 Al 合金膜，其中，更包含 0.1~2 原子%之 Cu。

4. 一種濺鍍靶材，係用來形成申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之半導體裝置用 Al 合金膜之濺鍍靶材，其特徵為：

包含 0.1~5 原子%之從 Ta、Nb、Re、Zr、W、Mo、V、Hf、Ti、Cr 及 Pt 所構成之群（X 群）中所選擇之至少一種元素（X 群元素），且

包含 0.1~3 原子%之 Si 及 / 或 Ge，

更包含 0.1~3 原子%之 Ni 及 / 或 Co，剩餘部分為 Al 及不可避雜質。

5. 如申請專利範圍第 4 項之濺鍍靶材，其中，更包含 0.1~2 原子%之 Cu。

6. 一種半導體構造，係在基板上至少具備如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之半導體裝置用 Al 合金膜之半導體構造，其特徵為：

前述基板與前述 Al 合金膜直接接觸。

7. 如申請專利範圍第 6 項之半導體構造，其中，前述基板為 Si 基板、SiC 基板、或 GaN 基板。

圖1

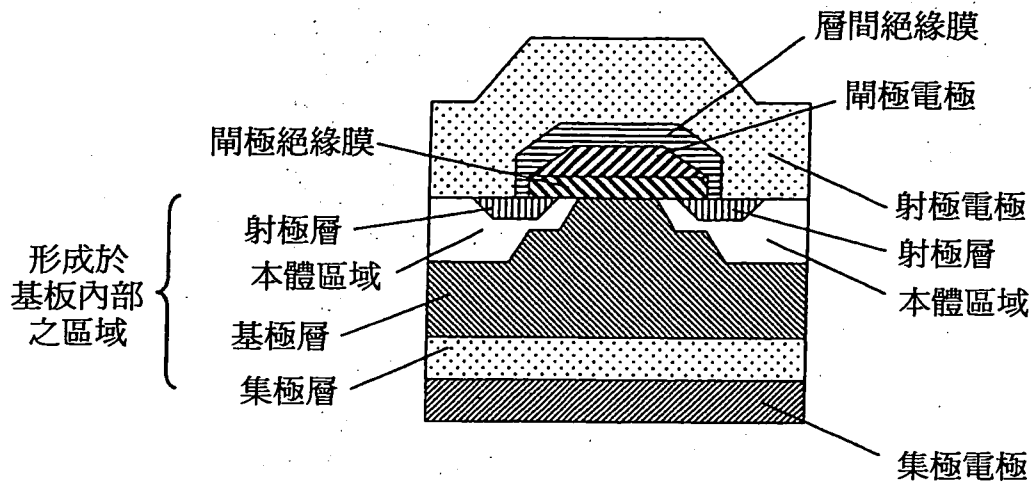


圖 2

