

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(10) 国際公開番号

W O 2010/082342 A 1

(43) 国際公開日

2010年7月22日(22.07.2010)

PCT

- (51) 国際特許分類:
HOIL 21/28 (2006.01) C23C 14/34 (2006.01)
C23C 14/14 (2006.01) HOIL 21/285 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/050578
- (22) 国際出願日: 2009年1月16日(16.01.2009)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): トヨタ自動車株式会社 (TOYOTA JIDOKABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 Aickm (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 竹内 康恭 (TAKEUCHI Yasutaka) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人 快友国際特許事務所 (KAI-U PATENT LAW FIRM) ; 〒4500002 愛知県名古屋市中村区名駅二丁目45番14号 日石名駅ビル7階 Aickm (JP).

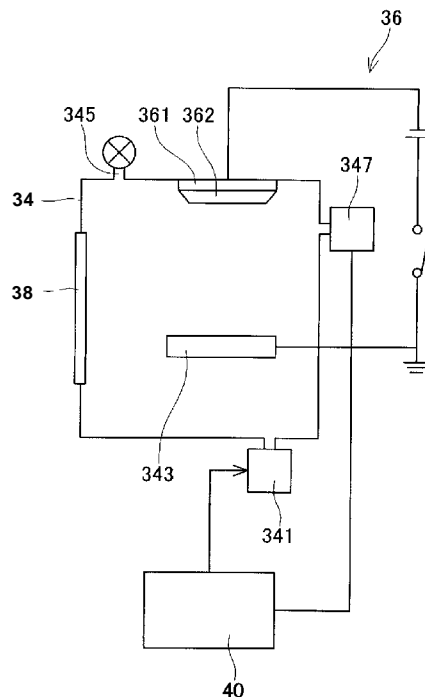
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DQ, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の区域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), エーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: SEMICONDUCTOR DEVICE, PROCESS FOR FABRICATING SEMICONDUCTOR DEVICE, APPARATUS FOR FABRICATING SEMICONDUCTOR DEVICE, AND METHOD FOR EVALUATING SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称: 半導体装置、半導体装置の製造方法、半導体装置の製造装置、および半導体装置の評価方法

[図4]



(57) Abstract: Provided is a process for fabricating a semiconductor device comprising a semiconductor substrate, and a rear electrode wherein a layer containing aluminum, a titanium layer, a nickel layer, and a nickel oxidation-prevention layer are laminated from the semiconductor substrate side. The titanium layer of the rear electrode is formed by performing sputtering while setting the partial pressure of oxygen at 5×10^{-6} Pa or less. The sputtering apparatus comprises a detector for detecting the partial pressure of oxygen, and a controller which makes it possible to perform sputtering in such an atmosphere where the partial pressure of oxygen is 5×10^{-6} Pa or less with reference to a detection value of the detector.

(57) 要約: 半導体基板と、半導体基板側からアルミニウム含有層、チタン層、ニッケル層、ニッケル酸化防止層が積層された裏面電極とを備えた半導体装置の製造方法を提供する。裏面電極のチタン層は、酸素分圧を 5×10^{-6} Pa 以下としてスパッタリングを行うことによって形成される。スパッタリング装置は、酸素分圧を検知する検知装置と、検知装置の検知値を参照して酸素分圧を 5×10^{-6} Pa 以下の雰囲気下でのスパッタリングを実施可能にする制御装置とを備えている。

WO 2010/082342 1

公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

半導体装置、半導体装置の製造方法、半導体装置の製造装置、および半導体装置の評価方法

技術分野

[0001] 本発明は、半導体装置、半導体装置の製造方法、および半導体装置の評価方法に関する。

背景技術

[0002] 半導体基板の裏面に、複数の金属層から成る裏面電極が設けられている半導体装置では、例えば、リードフレーム等の外部部材に裏面電極をはんだ付けにより接続固定した後、半導体基板の表面に形成された表面電極にワイヤボンディングを行う。裏面電極は、例えば、半導体基板側から、アルミニウム層、チタン層、ニッケル層、金層が積層されることによって構成されている。裏面電極の特性としては、半導体基板やはんだとの接着性に優れていること、裏面電極を構成する各金属層間の密着性が高いことが要求される。裏面電極がこれらの特性を十分に備えていないと、ワイヤボンディング工程等における不良発生の要因となり得る。そのため、例えば特許文献1では、裏面電極を構成する各金属層間の密着性を向上させるため、蒸着により裏面電極を形成した後、400～450°Cで熱処理を行うことが提案されている。

特許文献1:特開平10-163467号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0003] 本発明者は、鋭意研究の結果、以下のことを見出すに至った。すなわち、はんだ付けにより外部部材と接着固定した半導体装置に対して、後工程のワイヤボンディング工程を行うと、裏面電極のチタン層とニッケル層との界面において剥離すること(いわゆるクラッキング等の不良が発生すること)があることを見出した。このため、不良発生を防ぐためには、裏面電極におけるチタン層とニッケル層との密着性を向上することが必要であり、種々の検討を行った結果、界面の近傍でのチタン層の酸素含有量を適切に管理する必要があるとの知見を得るに至った。

[0004] 本発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、半導体

装置の裏面電極を構成するチタン層とニッケル層との界面における剥離（クレタリング等の不良発生）を抑制することにある。

課題を解決するための手段

- [0005] 本発明者らは、鋭意研究の結果、チタン層とニッケル層との界面における剥離を防止するためには、チタン層とニッケル層との界面近傍でのチタン層の酸素含有量を十分に低くする必要があることを見出し、本発明をなすに至った。
- [0006] そこで、本発明では、半導体基板と、半導体基板側からアルミニウム層（アルミニウム含有層を含む）、チタン層、ニッケル層、ニッケル酸化防止層が積層された裏面電極とを備えた半導体装置の製造方法であって、チタン層は、酸素分圧が 5×10^{-6} Pa以下の雰囲気下でスパッタリングを行うことによって形成する半導体装置の製造方法を提供する。
- [0007] 本発明者らは、鋭意研究の結果、チタン層のスパッタリングする工程において、酸素分圧を管理することで、クレタリング等の不良発生を抑制できることを見出すに至った。酸素分圧が 5×10^{-6} Pa以下の雰囲気下でスパッタリングを行うことによってチタン層を形成すれば、チタン層とニッケル層との界面近傍でのチタン層の酸素含有量を十分に低くすることができる。これによって、チタン層とニッケル層との密着性が向上し、チタン層とニッケル層との界面での剥離（クレタリング等の不良発生）を低減できる。また、チタン層のスパッタリングを行う工程において過度に減圧装置を逆伝させることを防ぐこともできるから、製造工程の効率向上にも寄与し得る。
- [0008] 本発明の半導体装置の製造方法では、さらに、ニッケル層も酸素分圧が 5×10^{-6} Pa以下の雰囲気下でスパッタリングを行うことによって形成されることが好ましい。チタン層とニッケル層との界面近傍でのニッケル層の酸素含有量を低くすることができ、チタン層とニッケル層との界面の密着性をより向上させることができる。
- [0009] また、本発明の半導体装置の製造方法は、チタン層をスパッタリングするスパッタリング装置のチャンバ内で、ターゲットを交換する第1工程と、チャンバ内の酸素分圧が 5×10^{-6} Pa以下の範囲で予め設定した閾値以下となるまで、前記チャンバ内の酸素分圧を調整する第2工程と、チャンバ内の酸素分圧が前記閾値以下となった場合に、スパッタリングを開始する第3工程とを含む製造方法によって実施することができる。

る。

[0010] 本発明では、半導体装置の製造方法を実施するための装置も提供できる。本発明の半導体装置を製造する装置は、スパッタリング装置と、スパッタリング装置のチャンバ内の酸素分圧を検知する検知装置と、チャンバ内の酸素分圧を調整する調整装置と、制御装置とを備えている。制御装置は、検知装置の検知値に基づいて、チャンバ内の酸素分圧が 5×10^{-6} Pa以下の雰囲気下でスパッタリングによってチタン層が形成されるように、調整装置を制御する。

[0011] また、本発明の半導体装置を製造する装置では、制御装置は、検知装置の検知値が、 5×10^{-6} Pa以下の範囲で予め設定した閾値以下となった場合に、スパッタリング装置がスパッタリングを開始するように制御してもよい。

[0012] 本発明では、不良発生率の低い半導体装置を提供することもできる。本発明者は、鋭意研究の結果、半導体某板と、半導体某板側からアルミニウム含有層、チタン層、ニッケル層、ニッケル酸化防止層が積層された裏面電極とを備えた半導体装置であって、チタン層とニッケル層との界面のチタン層に存在する酸素が、2次イオン質呈分析による1秒当りの酸素原子カウント数が 2×10^4 以下である場合に、チタン層とニッケル層との界面での剥離が防止されることを見出した。

[0013] また、本発明では、半導体装置の不良判定方法についても提供することができる。本発明の不良判定方法では、チタン層とニッケル層との界面のチタン層に存在する酸素が、2次イオン質呈分析による1秒当りの酸素原子カウント数が 2×10^4 以下の範囲で予め設定した閾値以下である場合に、良品と判定する。これによって、裏面電極のチタン層とニッケル層との界面において剥離するといった不良品を排除することができる。例えば、はんだ付け工程やワイヤボンディング工程を行う前に、クレタリング等の不良が発生する可能性の高い半導体装置を排除することができる。

発明の効果

[0014] 本発明によれば、裏面電極を構成するチタン層とニッケル層の界面で剥離する半導体装置の不良発生を抑制しつつ、製造工程の効率化を図ることができる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]実施例の半導体装置を示す図。

[図2] 図2(a) および図2(b)は、実施例の半導体装置を外部部材に接続した状態を示す図である。

[図3] 実施例の半導体装置を製造する製造装置を構成するスパッタリング装置を示す図。

[図4] 実施例の半導体装置を製造する製造装置を構成するスパッタリング装置を示す図。

[図5] 実施例の半導体装置の裏面電極についてのSIMS分析結果。

[図6] 比較例の半導体装置の裏面電極についてのSIMS分析結果。

[図7] 従来の半導体装置の裏面電極についてのSIMS分析結果。

[図8] 従来の半導体装置の裏面電極の断面を示すSEM像。

[図9] 従来の半導体装置の裏面電極の断面を示すSEM像。

発明を実施するための最良の形態

[0016] 以下に説明する実施例の主要な特徴を以下に列記する。

(特徴1) ニッケル酸化防止層として金(Au)層を用いている。

(特徴2) アルミニウム含有層としては、アルミニウム-シリコン合金(Al-Si)を用いている。

実施例

[0017] 以下、本発明の実施例について、図面を参照しながら説明する。本実施例に係る半導体装置10は、図1に示すように、半導体基板1、裏面電極2、表面電極3によって構成されている。裏面電極2は、半導体基板1側から、アルミニウム含有層としてのアルミニウム-シリコン合金(Al-Si)層4、チタン(Ti)層5、ニッケル(Ni)層6、ニッケル酸化防止層としての金(Au)層7が順に積層されている。アルミニウム含有層は、本実施例のように、Al合金を用いてもよい、高純度Alを用いてもよい。半導体基板1は、シリコン基板、炭化シリコン基板等に回路形成されたものを用いることができる。本実施例では、Al-Si層の厚さ $\approx 800\text{nm}$ 、Ti層の厚さ $\approx 200\text{nm}$ 、Ni層6の厚さは 700nm 、Au層7の厚さ $\approx 100\text{nm}$ である。

[0018] 図2(a)に示すように、半導体装置10は、その裏面電極2をはんだ付けすることによって、リードフレーム等の外部部材12に接続固定される。この状態で、表面電極の上

面から、はんだ層8の下面までの厚さ t_{165} はm程度であり、はんだ層8の厚さ t_{10} はm程度である。はんだ層8は、すず(Sn)合金を材料としている。はんだ付けを行った後、ワイヤボンディング工程において、半導体装置10の表面電極3とワイヤ9を接続し、リードフレームのインナリード等とを導通させると、図2(b)に示す状態となる。

[0019] 本実施例の半導体装置10の裏面電極2の製造方法について説明する。半導体素子が形成されたウエハ100の表面に表面電極3を形成した後、ウエハ100の裏面に、スパッタリングによってAl-Si層4、Ti層5、Ni層6、Au層7をこの順序で形成し、裏面電極2を形成する。

[0020] 図3および図4は本実施例の裏面電極2を形成するために用いられるスパッタリング装置30の構成を示す模式図である。スパッタリング装置30は、開閉可能なドアバルブ38で隔てられたロードロックチャンバ32と、搬送チャンバ33と、複数のスパッタリングチャンバ34と、搬送機構(図示しない)と、制御装置40とを備えている。ロードロックチャンバ32、搬送チャンバ33、複数のスパッタリングチャンバ34には、それぞれ減圧装置(図4の341)と接続している減圧口(図示しない)が設置されている。減圧装置としては、ドライポンプ、ターボ分子ポンプ、クライオポンプ等の真空ポンプを好適に用いることができる。減圧装置は、各々のチャンバごとに設置されていてもよいし、レペつかのチャンバで共用されていてもよい。搬送チャンバ33は、典なるチャンバ間でのウエハ100のやり取りを真空下で行うために設置されている。ロードロックチャンバ32と複数のスパッタリングチャンバ34は、搬送チャンバ33を介して接続している。搬送機構としては、例えばウエハの側面を挟持するフロッグレッグ型ロボットを用いることができる。搬送機構は、ウエハ100を1枚ずつ保持して、ロードロックチャンバ32、搬送チャンバ33、スパッタリングチャンバ34の間でウエハ100の搬出入を行う。

[0021] ロードロックチャンバ32は、ウエハ搬入口(図示しない)と、ウエハ搬出口(図示しない)とを備えている。ウエハ100は、例えばマガジンセットに複数枚が載置された状態で、ロードロックチャンバ32に搬送される。搬送機構は、マガジンセットからウエハ100を1枚ずつ取り出し、ロードロックチャンバ32、搬送チャンバ33、スパッタリングチャンバ34の間でウエハ100を搬送する。

[0022] 複数のスパッタリングチャンバ34は、図4に示すように、それぞれ成膜装置36と、ガ

ス供給路 345 と、酸素分圧を検知する検知装置 347 とを備えている。スパッタリングチャンバ 34 内には、ステージ 343 が設けられている。ステージ 343 の上には誘電層が設けられている。ステージ 343 は、ステージ 343 とウェハ 100 の間に電圧を印加し、両者の間に発生した力によってウェハを吸着して保持する（いわゆる静電チャックである）。ステージ 343 には、ウェハを加熱する加熱ユニット（図示しない）と冷却ユニット（図示しない）が設けられている。減圧装置 341 としては、真空ポンプを用いることができる。減圧装置 341 は、制御装置 40 と電氣的に接続されている。減圧装置 341 の連伝は、制御装置 40 によって制御される。検知装置 347 としては、例えば真空中に残留するガスの種類と分圧を測定可能な四重極ガス分析計を用いることができる。検知装置 347 は、制御装置 40 に電氣的に接続されている。検知装置 347 で検知された結果（ガスの種類と種類毎の分圧）は、制御装置 40 に出力される。本実施例では、ガス供給路 345 によってスパッタリングチャンバ 34 内に、Ar ガスを導入することができる。

[0023] 成膜装置 36 は、バックングプレート 361 とターゲット 362 とを備えている。バックングプレート 361 は、ターゲット 362 が取り付けられている面と反対側の面が、図示していない冷却水等によって冷却されている。成膜装置 36 は、ターゲット 362 と、ステージ 343 上に載置するウェハ 100 との間に高電圧を印加することが可能な構成となっている。ターゲット 362 とステージ 343 とは、スパッタリングチャンバ 36 内において対向しており、離間して配置されている。ターゲット 362 は、形成する電極層によって交換される。本実施例では、複数のスパッタリングチャンバ 34 のそれぞれには異なる金属からなるターゲット 362 が設けられている。搬送チャンバ 33 を介してウェハ 100 が複数のスパッタリングチャンバ 34 に搬出入することによって、ウェハ 100 の裏面に Al-Si 層 4、Ti 層 5、Ni 層 6、Au 層 7 を形成していく。本実施例では、Al-Si 層 4 と Ti 層 5 を形成するスパッタリングチャンバ、Ni 層 6 を形成するスパッタリングチャンバ、Au 層 7 を形成するスパッタリングチャンバが設置されている。

[0024] 本実施例に係る半導体装置の裏面電極の製造工程においては、まず、ドアバルブ 38 を閉じた状態で、ウェハ 100 が載置されたマガジンセットをロードロックチャンバ 32 に搬送する。制御装置 40 は、ロードロックチャンバ 32 を閉じて減圧装置を作動し、ロードロックチャンバ 32 に設置された減圧口を開放してロードロックチャンバ 32 を減圧

する。

- [0025] ロードロックチャンバ32内の減圧が完了すると、制御装置40は、ロードロックチャンバ32と搬送チャンバ33とを仕切っているドアバルブ38を開放し、搬送機構を用いてマガジンセットに載置されたウェハ100をロードロックチャンバ32から搬送チャンバ33に移動させ、ロードロックチャンバ32と搬送チャンバ33とを仕切っているドアバルブ38を閉止する。次に、制御装置40は、搬送チャンバ33とスパッタリングチャンバ34とを仕切っているドアバルブ38を開放して、ウェハ100を搬送機構によってスパッタリングチャンバ34のステージ343に移動させる。なお、この時点で、搬送チャンバ33内およびスパッタリングチャンバ34内は、既に減圧装置341によって減圧されている。搬送機構は、ウェハ100をスパッタリングチャンバ34のステージ343上に載置する。搬送機構は、ウェハ100の裏面がターゲット343に対向するように、ウェハ100をステージ343に載置する。その後、制御装置40は、搬送チャンバ33とスパッタリングチャンバ34とを仕切っているドアバルブ38を閉止する。
- [0026] スパッタリングチャンバ34の減圧が完了したら、制御装置40はガス供給路345からスパッタリングチャンバ34内にArガスを導入しながら減圧装置341を逆転する。
- [0027] この状態でターゲット362とウェハ100との間に高電圧を印加する。その結果イオン化したArがターゲット362に衝突する。Arイオンが衝突したエネルギーにより、ターゲット362からターゲット362の材料である金属原子がたたき出される。たたき出された金属原子が、ターゲット362と対向しているウェハ100の裏面に堆積する。これによって、ウェハ100の裏面にターゲット362の材料である金属の屑が形成されていく。ウェハ100が入っているスパッタリングチャンバで行われるスパッタリング工程が終了した後は、制御装置40は搬送チャンバ33とスパッタリングチャンバ34とを仕切っているドアバルブ38を開放して、ウェハ100を搬送装置によって次のスパッタリングチャンバ34に移動させ、同様に金属屑を形成する。このように、順次異なるターゲット362を用いてスパッタリングを行うことによって、ウェハ100の裏面に、Al-Si屑4、Ti屑5、Ni屑6、Au屑7の順序で金属屑を積層し、ウェハ100の裏面に裏面電極2を形成する。尚、製造工程においては、ターゲット362を交換した後や、製品の製造前には、余分なウェハを何枚か処理する前処理工程を実施し、その後で、製品の製造を行う。

前処理工程の終了後に、スパッタリングチャンバ34内を減圧してから、製品となるウエハ100に対してスパッタリングを行う。

- [0028] 具体的には、まず、Al-Si層4を形成する。ターゲット362として、Al-Si合金を材料とするターゲットが用いられる。前処理工程を行った後のスパッタリングチャンバ34に、ウエハ100が搬送され、ターゲット362と対向する位置に設置される。制御装置40は、予め設定した減圧逆伝条件に従って減圧装置341を制御してスパッタリングチャンバ34を減圧し、ステージ343を70°Cに加熱する。減圧が完了した後に、ガス供給路345からArガスの導入を開始し、表1に示す投入電圧およびスパッタ時間で成膜装置36を操作する。表1に示すAl-Si層の投入電力およびスパッタ時間で成膜装置36を操作することによってウエハ100の裏面にAl-Si層4を形成する。

[表1]

形成する層	投入電力	スパッタ時間
Al-Si層	8kW	71秒
Ti層	3kW	68秒
Ni層	6kW	85秒
Au層	1kW	25秒

- [0029] 次に、Ti層5を形成する。ターゲット362をTiを材料とするターゲットに交換する。ウエハ100は、ターゲット362と対向する。制御装置40は、予め設定した減圧逆伝条件に従って減圧装置341を制御してスパッタリングチャンバ34を減圧し、ステージ343を70°Cに加熱する。減圧条件は、予め実験等を行うことによって求められる。例えば、酸素分圧が 5×10^{-6} Pa以下の雰囲気下でのスパッタリングが実施可能な減圧条件に設定されている。制御装置40は、減圧条件に従って減圧装置341を操作し、スパッタリングチャンバ34内の酸素分圧が 5×10^{-6} Pa以下となる状態にする。その後、成膜装置36を操作してスパッタリングを開始する。スパッタリング実施中においても、スパッタリングチャンバ34内の酸素分圧が 5×10^{-6} Pa以下となるように制御装置40が減圧装置341を制御する。表1に示すTi層の投入電力およびスパッタ時間で成膜装置36を操作することによってウエハ100の裏面にTi層5を形成する。

- [0030] 次に、Ni層6を形成する。Niを材料とするターゲット362を備えたスパッタリングチャンバ34にウエハ100が搬送される。ウエハ100は、ターゲット362と対向する位置に

搬送される。制御装置40は、予め設定した減圧逆伝条件に従って減圧装置341を制御してスパッタリングチャンバ34を減圧し、ステージ343の静電チャックによってウェハ100を冷却する。減圧条件は、予め実験等を行うことによって求められ、酸素分圧が 5×10^{-6} Pa以下の雰囲気下でのスパッタリングが実施可能な条件に設定されている。制御装置40は、減圧条件に従って減圧装置341を操作し、スパッタリングチャンバ34内の酸素分圧が 5×10^{-6} Pa以下となる状態にする。その後、成膜装置36を操作してスパッタリングを開始する。スパッタリング実施中においても、スパッタリングチャンバ34内の酸素分圧が 5×10^{-6} Pa以下となるように制御装置40が減圧装置341を制御する。表1に示すTi屑の投入電力およびスパッタ時間で成膜装置36を操作することによってウェハ100の裏面にNi屑6を形成する。

[0031] さらに、Au屑7を形成する。Auを材料とするターゲット362を備えたスパッタリングチャンバ34にウェハ100が搬送される。ウェハ100は、ターゲット362と対向する位置に搬送される。制御装置40は、予め設定した減圧逆伝条件に従って減圧装置341を制御してスパッタリングチャンバ34を減圧し、ステージ343の静電チャックによってウェハ100を冷却する。減圧が完了した後に、成膜装置36を操作することによってウェハ100の裏面にAu屑7を形成する。上記のようにウェハ100に裏面電極2を形成した後、ウェハ100をダイシングすることによって、半導体装置10を製造することができる。

[0032] 尚、本実施例では、制御装置40は予め設定された減圧逆伝条件を実施したが、制御装置40が検知装置347によって検知される酸素分圧に基づいて減圧装置341を制御し、スパッタリングを開始するようにしてもよい。例えば、Ti屑5やNi屑6等をスパッタリングによって形成する工程において、制御装置40は、 5×10^{-6} Pa以下の範囲で予め設定した閾値Aに基づいて、検知装置347によって検知される酸素分圧が閾値A以下となった場合に、成膜装置36がスパッタリングを開始するように制御するようにしてもよい。酸素分圧が閾値A ($\equiv 5 \times 10^{-6}$ Pa) 以下となるまで制御装置40によって減圧装置341の連伝が継続され、その後、スパッタリングが開始されるから、確実に酸素分圧が 5×10^{-6} Pa以下の雰囲気下でのスパッタリングが実施可能となる。

[0033] 表2に示すようにスパッタリングチャンバ34で行う減圧工程の条件を変更することに

よって、Ti層形成工程を実施するスパッタリングチャンバ34内の酸素分圧を調整し、半導体装置の裏面電極を作製した。本実施例に係る酸素分圧の検知装置347としては、アルバック社製のベーシックプロセスガスモニタQulee BGMを用いた。表2に示す減圧工程を実施した後のスパッタリングチャンバ内の酸素分圧について、この検知装置347によって検知した値を併せて表2に示した。さらに、実施例および比較例において作製した半導体装置をはんだ付けした後、ワイヤボンディングを行い、クラッキングが発生したサンプルの個数を調べ、その結果も表2に示した。

[0034] (実施例1)

実施例1では、まずTi層5をスパッタリングによって形成する前に、前処理工程を12時間行った。前処理工程を行った後、スパッタリングチャンバ34に備えられた減圧装置341を用いて、6h減圧(真空引き)を行った。この減圧工程を実施した後のスパッタリングチャンバ34内の酸素分圧は、 5×10^{-6} Paであった。実施例1において作製した半導体装置10を35個用いて、クラッキングが発生したサンプルの個数を調べたところ、クラッキングが発生したサンプルは0個であった。

[0035] (実施例2)

実施例2では、前処理工程を12時間行った後、スパッタリングチャンバ34に備えられた減圧装置341を用いて、9h減圧(真空引き)を行った。この減圧工程を実施した後のスパッタリングチャンバ34内の酸素分圧は、 3×10^{-6} Paであった。実施例2において作製した半導体装置10を35個用いて、クラッキングが発生したサンプルの個数を調べたところ、クラッキングが発生したサンプルは0個であった。

[0036] (比較例)

比較例では、前処理工程を12時間行った後、スパッタリングチャンバ34に備えられた減圧装置341を用いて、1h減圧(真空引き)を行った。この減圧工程を実施した後のスパッタリングチャンバ34内の酸素分圧は、 7×10^{-6} Paであった。比較例において作製した半導体装置10を35個用いて、クラッキングが発生したサンプルの個数を調べたところ、クラッキングが発生したサンプルは6個であった。

[表2]

	減圧時間	酸素分圧[Pa]	ルタルゲ発生個数/製造個数
実施例1	6時間	5×10^{-6}	0個/35個
実施例2	9時間	3×10^{-6}	0個/35個
比較例	1時間	7×10^{-6}	6個/35個

- [0037] 表2に示した実施例1、2および比較例における酸素分圧とクレタリング発生の頻度を比較すると、Ti層5を形成する工程において、実施例1、2のようにスパッタリングチャンバ34内の酸素分圧を 5×10^{-6} Pa以下とすれば、クレタリングの発生を効果的に抑制できることがわかる。
- [0038] 実施例2によって作製された半導体装置の裏面電極を2次イオン質呈分析法(Secondary Ion Mass Spectrometry:SIMS)によって分析した。その結果を図5に示す。SIMS分析装置としては、PHI社製 ADEPT1 01 0を用い、1次イオン: Cs^+ 、1次イオン加速エネルギー: 3keV の条件で測定を行った。同様に、比較例によって作製された半導体装置の裏面電極についても、SIMS分析を実施し、その結果を図6に示した。
- [0039] 図5と図6とを比較すると、図6では、Ti層とNi層との界面において、SIMS分析による1秒当りの酸素原子カウント数の急峻なピークが認められる。図6においては、Ti層とNi層との界面でのTi層の2次イオン質呈分析による1秒当りの酸素原子カウント数が、 2×10^4 よりも大きい。これは、図7に示す従来の不良品サンプルと同様の結果を示している。一方、図5においては、SIMS分析による1秒当りの酸素原子カウント数が、Ti層とNi層との界面にピークを有していない。図5においては、Ti層とNi層との界面でのTi層の2次イオン質呈分析による1秒当りの酸素原子カウント数が、 2×10^4 以下となっている。これらの結果より、酸素分圧が 5×10^{-6} Paよりも高い条件下でNi層のスパッタリング工程を実施することによって、Ti層とNi層との界面において、酸素含有量を低くすることができることが明らかになった。
- [0040] 図8は、従来のスパッタリング工程によって作製した半導体装置について、はんだ付け工程とワイヤボンディング工程を行った場合に、クレタリングが発生しなかった良品サンプルについて、はんだ層および裏面電極の断面をSEMにより撮影したものである。それに対して、図9は、従来のスパッタリング工程によって作製した半導体装置

について、はんだ付け工程とワイヤボンディング工程を行った場合に、クレタリングが発生した不良品サンプルについて、はんだ層および裏面電極の断面をSEMにより撮影したものである。クレタリングが発生した不良品の裏面電極の状態は、図9に示すように、はんだ層からAl-Si層にかけて、それぞれの金属層が層を成している。これに対して、クレタリングが発生しなかった良品の裏面電極の状態を示す図8では、Ti層からはんだ層にかけて明確な界面が形成されておらず、はんだ層と、Ni層と、Ti層が合金を形成していることがわかる。

[0041] 上記の不良品サンプルの裏面電極をSIMS分析した結果を図7に示す。SIMS分析装置としては、PHI社製 ADEPT1010を用い、1次イオン:Cs⁺、1次イオン加速エネルギー:3keVの条件で測定を行った。図7に示すように、不良品サンプルでは、図6と同様に、Ti層とNi層との界面において、SIMS分析による1秒当りの酸素原子カウント数の急峻なピークが認められた。図5〜9に示す分析結果より、Ti層とNi層との界面においてTi層の酸素濃度が高過ぎると、図9のように、はんだ層と、Ni層と、Ti層を合金化させることができなくなることが推察される。すなわち、後述するように、Ti層やNi層を形成する工程において酸素分圧を適切に管理することによって、Ti層とNi層との界面においてTi層の酸素含有量を低くすることができ、裏面電極とはんだ層との密着性を向上させることができる。これによって、Ti層とNi層との界面の剥離(クレタリング)が発生することを抑制し得る。

[0042] 実施例1の半導体装置では、Ti層とNi層との界面において、酸素含有量のピークが無い状態を得ることができている。このため、図8に示すようにはんだ層と裏面電極のTi層やNi層とが合金層が形成された状態となっており、Ti層とNi層との界面での剥離(クレタリング)の発生が抑制されているものと推察される。

[0043] 上記のとおり、本実施例に係る製造方法によって半導体装置の裏面電極を形成すると、Ti層とNi層との界面において、酸素含有量を低くすることができる。このため、ワイヤボンディング工程において、裏面電極のTi層とNi層との界面での剥離(クレタリング)の発生を効果的に抑制できる。

[0044] また、本実施例のように、半導体某板と、半導体某板側からAl含有層、Ti層、Ni層、Ni酸化防止層が積層された裏面電極とを備えた半導体装置において、Ti層とNi

層との界面でのTi層の2次イオン質呈分析による1秒当りの酸素原子カウント数が 2×10^0 以下である場合には、Ti層とNi層との界面での剥離が防止される。

[0045] この知見を利用して、半導体装置の不良判定を行うことができる。例えば、半導体某板と、半導体某板側からAl含有層、Ti層、Ni層、Ni酸化防止層が積層された裏面電極とを備えた半導体装置に対して、裏面電極の2次イオン質呈分析を行う。Ti層とNi層との界面でのTi層の2次イオン質呈分析による1秒当りの酸素原子カウント数が、 2×10^0 以下の範囲で予め設定した閾値以下である場合に、良品と判定する。これによって、裏面電極のTi層とNi層との界面において剥離する可能性のある不良品を排除することができる。例えば、はんだ付け工程やワイヤボンディング工程を行う前に、クレタリング等の不良が発生する可能性の高い半導体装置を排除することができる。従来、ワイヤボンディング工程で発生するクレタリング等は、実際にはんだ付けを行って、引き剥がし等の試験を行って調べる必要があった。SIMS分析法によって裏面電極のTi層とNi層との界面の酸素含有呈を調べる判定方法を実施すれば、はんだ付けを行う前の段階で半導体装置の不良判定を行うことが可能であるため、製造工程の効率向上に寄与し得る。

[0046] 以上、本発明の実施例について詳細に説明したが、これらは例示に過ぎず、特許請求の範囲を限定するものではない。特許請求の範囲に記載の技術には、以上に例示した具体例を様々に変形、変更したものが含まれる。

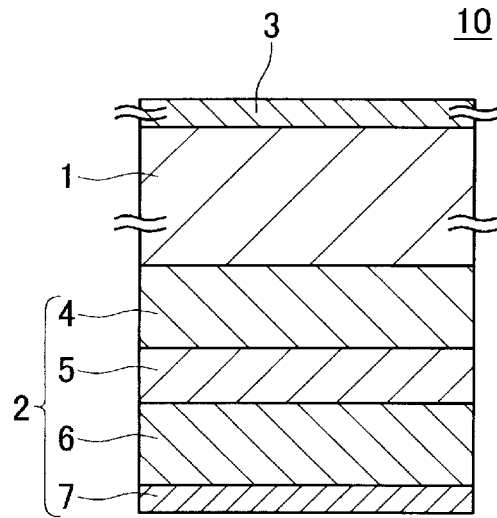
[0047] 本明細書または図面に説明した技術要素は、単独であるいは各種の組合せによって技術的有用性を発揮するものであり、出願時請求項記載の組合せに限定されるものではない。また、本明細書または図面に例示した技術は複数目的を同時に達成し得るものであり、そのうちの一つの目的を達成すること自体で技術的有用性を持つものである。

請求の範囲

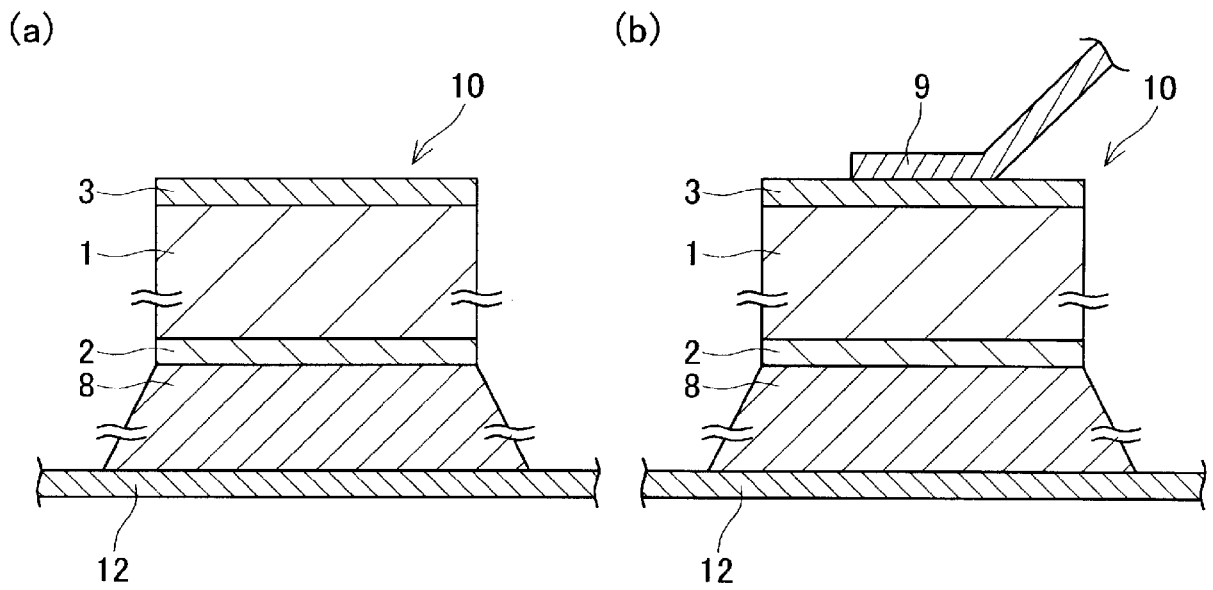
- [1] 半導体基板と、前記半導体基板側からアルミニウム含有層、チタン層、ニッケル層、ニッケル酸化防止層が積層された裏面電極とを備えた半導体装置の製造方法であって、
前記チタン層を、酸素分圧が 5×10^{-6} Pa以下の雰囲気下でスパッタリングを行うことによって形成することを特徴とする半導体装置の製造方法。
- [2] 前記ニッケル層を、酸素分圧が 5×10^{-6} Pa以下の雰囲気下でスパッタリングを行うことによって形成することを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の製造方法。
- [3] 半導体基板と、前記半導体基板側からアルミニウム含有層、チタン層、ニッケル層、ニッケル酸化防止層が積層された裏面電極とを備えた半導体装置の製造方法であって、
前記チタン層をスパッタリングするスパッタリング装置のチャンバ内で、ターゲットを交換する第1工程と、
第1工程後に、前記チャンバ内の酸素分圧が 5×10^{-6} Pa以下の範囲で予め設定した閾値以下となるまで、前記チャンバ内の酸素分圧を調整する第2工程と、
前記チャンバ内の酸素分圧が前記閾値以下となった場合に、スパッタリングを開始する第3工程とを含んでいることを特徴とする半導体装置の裏面電極の製造方法。
- [4] 半導体基板と、前記半導体基板側からアルミニウム含有層、チタン層、ニッケル層、ニッケル酸化防止層が積層された裏面電極とを備えた半導体装置を製造する装置であって、
スパッタリング装置と、
前記スパッタリング装置のチャンバ内の酸素分圧を検知する検知装置と、
前記チャンバ内の酸素分圧を調整する調整装置と、
前記検知装置の検知値に基づいて、前記チャンバ内の酸素分圧が 5×10^{-6} Pa以下となるように前記調整装置を制御する制御装置と、を備えている製造装置。
- [5] 前記制御装置は、前記検知装置の検知値が、 5×10^{-6} Pa以下の範囲で予め設定した閾値以下となった場合に、前記スパッタリング装置がスパッタリングを開始するように制御することを特徴とする請求項4に記載の製造装置。

- [6] 半導体基板と、前記半導体基板側からアルミニウム含有層、チタン層、ニッケル層、ニッケル酸化防止層が積層された裏面電極とを備えた半導体装置であって、
前記チタン層と前記ニッケル層との界面のチタン層に存在する酸素は、二次イオン質呈分析による1秒当りの酸素原子カウント数が 2×10^0 以下であることを特徴とする半導体装置。
- [7] 半導体基板と、前記半導体基板側からアルミニウム含有層、チタン層、ニッケル層、ニッケル酸化防止層が積層された裏面電極とを備えた半導体装置の不良判定方法であって、
前記チタン層と前記ニッケル層との界面のチタン層に存在する酸素は、二次イオン質呈分析による1秒当りの酸素原子カウント数が 2×10^0 以下の範囲で予め設定した閾値以下である場合に、良品と判定することを特徴とする半導体装置の不良判定方法。

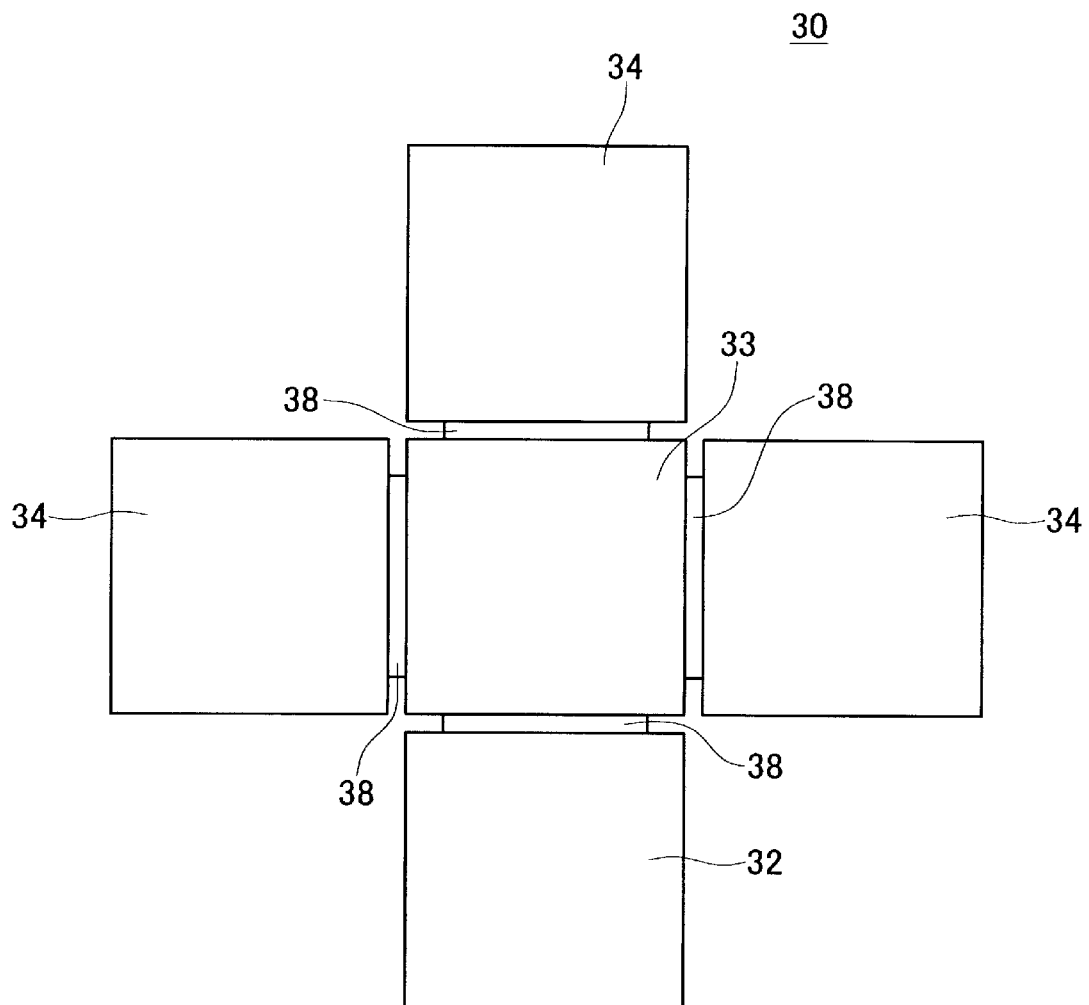
[図1]



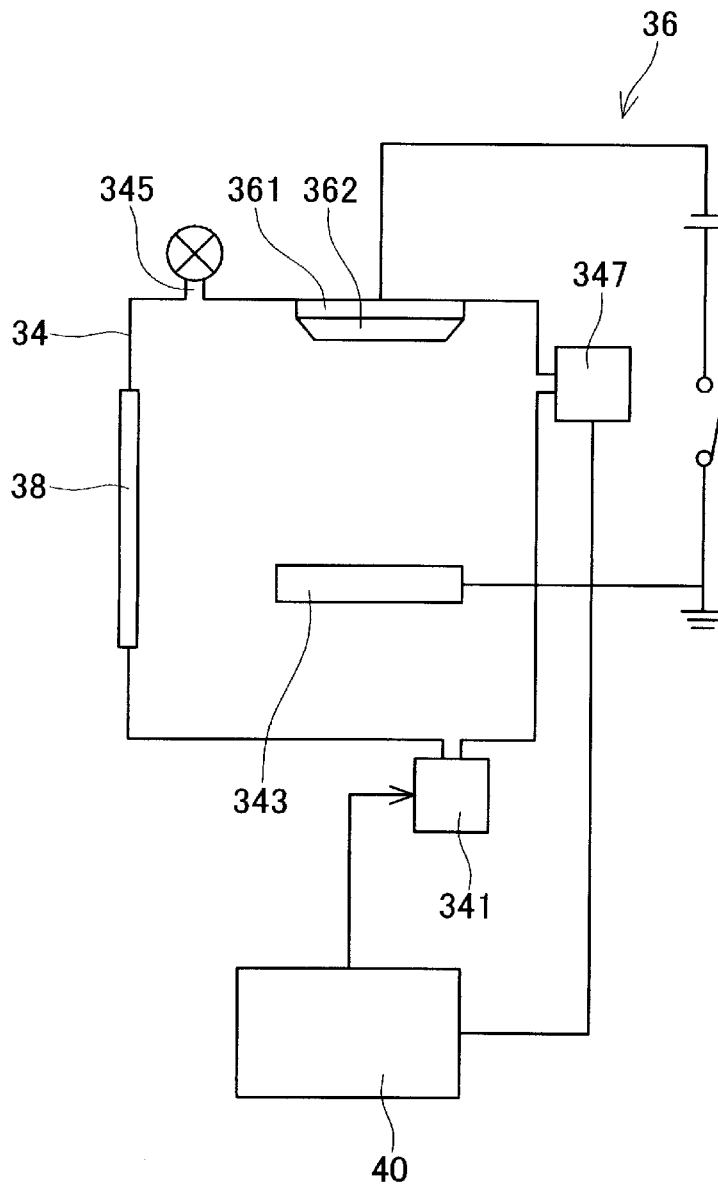
[図2]



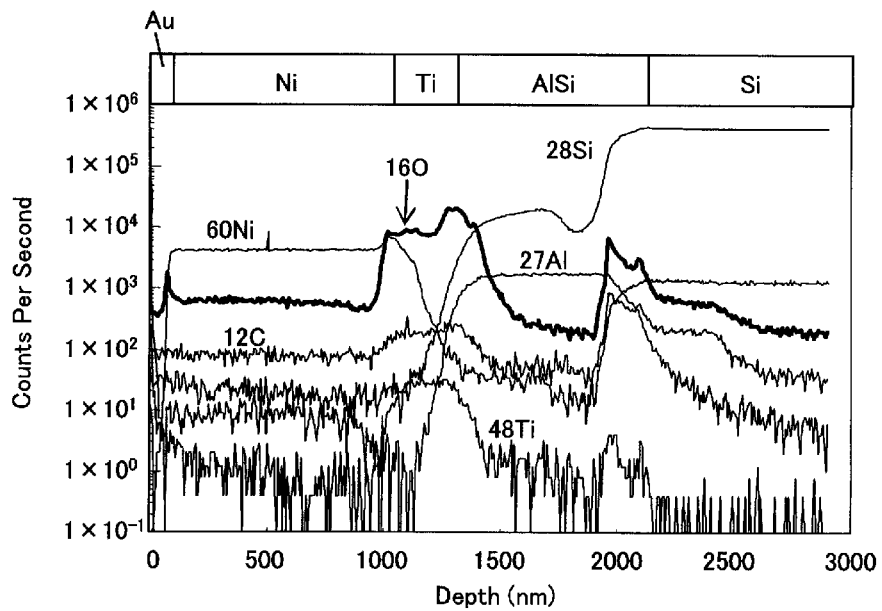
[図3]



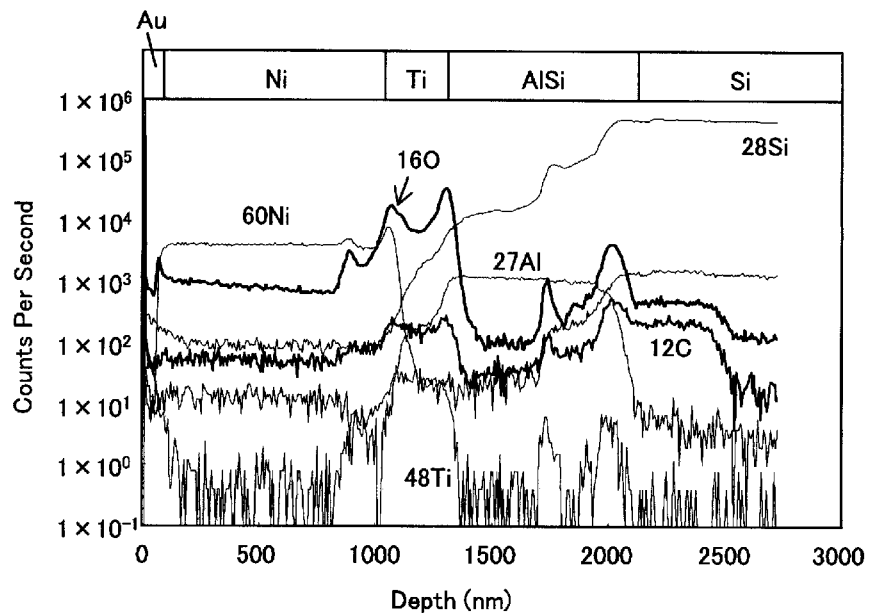
[図4]



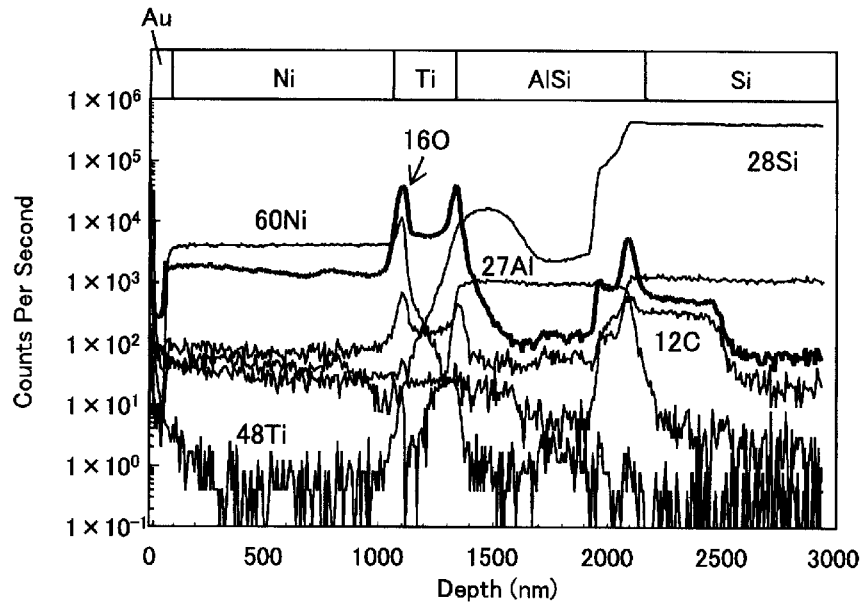
[図5]



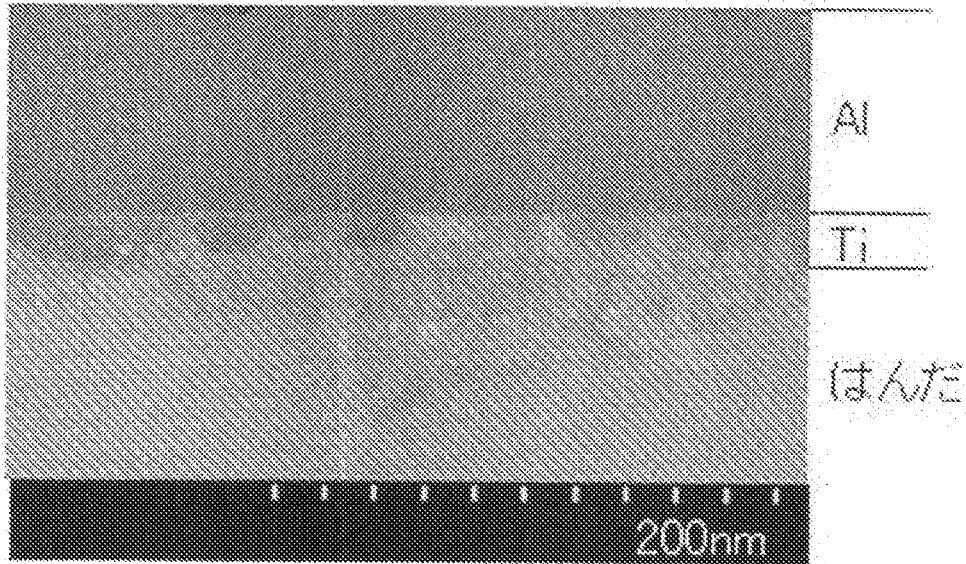
[図6]



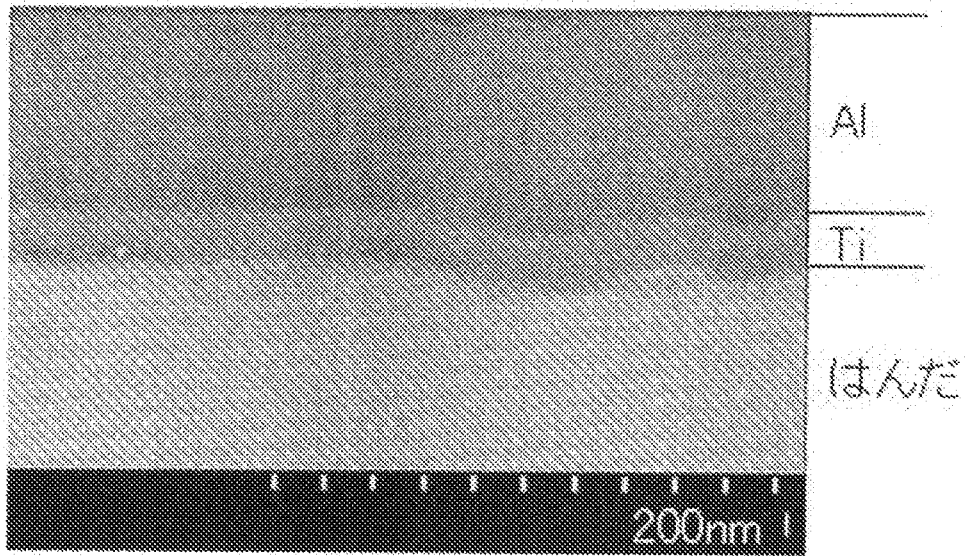
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/050578

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/28 (2006.01) i, C23C14/14 (2006.01) i, C23C14/34 (2006.01) i, H01L21/285 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L21/28, C23C14/14, C23C14/34, H01L21/285

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2006-156910 A (Denso Corp.), 15 June, 2006 (15.06.06), Full text; all drawings (Family: none)	1-3, 6 4-5, 7
Y	JP 58-121674 A (Nippon Telegraph & Telephone Public Corp.), 20 July, 1983 (20.07.83), Page 2, upper right column, line 11 to lower left column, line 13 (Family: none)	1-3, 6
A	JP 9-223779 A (Texas Instruments Japan Ltd.), 26 August, 1997 (26.08.97), Full text; all drawings (Family: none)	1-7

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
07 April, 2009 (07.04.09)

Date of mailing of the international search report
14 April, 2009 (14.04.09)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/050578

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2007-335431 A (Toyota Motor Corp.), 27 December, 2007 (27.12.07), Full text; all drawings & US 2007/0296080 A1 & DE 102007026365 A1 & CN 101090133 A	1 - 7

<p>A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int Cl H01L21/28 (2006.01)i, C23C14/14 (2006.01)1, C23C14/34 (2006.01)1, H01L21/285 (2006.01)i</p>														
<p>B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int Cl H01L21/28, C23C14/14, C23C14/34, H01L21/285</p>														
<p>最小限資料以外資料で調査を行った分野に含まれるもの</p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2009年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2009年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2009年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2009年	日本国実用新案登録公報	1996-2009年	日本国登録実用新案公報	1994-2009年				
日本国実用新案公報	1922-1996年													
日本国公開実用新案公報	1971-2009年													
日本国実用新案登録公報	1996-2009年													
日本国登録実用新案公報	1994-2009年													
<p>国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)</p>														
<p>C. 関連する認められる文献</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">引用文献のカテゴリ</th> <th style="width: 70%;">引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示</th> <th style="width: 20%;">関連する請求大項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Y A</td> <td>JP 2006-156910 A (株式会社デンソー) 2006.06.15, 全文、全m (ファミVーなし)</td> <td style="text-align: center;">1-3, 6 4-5, 7</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Y</td> <td>JP 58-121674 A (日本電信電話公社) 1983.07.20, 第2頁右上欄第11行~左下欄第13行 (ファミリーなし)</td> <td style="text-align: center;">1-3, 6</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td>JP 9-223779 A (日本テキサス・インスツルメンツ株式会社) 1997.08.26, 全文、全図 (ファミVーなし)</td> <td style="text-align: center;">1-7</td> </tr> </tbody> </table>			引用文献のカテゴリ	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求大項の番号	Y A	JP 2006-156910 A (株式会社デンソー) 2006.06.15, 全文、全m (ファミVーなし)	1-3, 6 4-5, 7	Y	JP 58-121674 A (日本電信電話公社) 1983.07.20, 第2頁右上欄第11行~左下欄第13行 (ファミリーなし)	1-3, 6	A	JP 9-223779 A (日本テキサス・インスツルメンツ株式会社) 1997.08.26, 全文、全図 (ファミVーなし)	1-7
引用文献のカテゴリ	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求大項の番号												
Y A	JP 2006-156910 A (株式会社デンソー) 2006.06.15, 全文、全m (ファミVーなし)	1-3, 6 4-5, 7												
Y	JP 58-121674 A (日本電信電話公社) 1983.07.20, 第2頁右上欄第11行~左下欄第13行 (ファミリーなし)	1-3, 6												
A	JP 9-223779 A (日本テキサス・インスツルメンツ株式会社) 1997.08.26, 全文、全図 (ファミVーなし)	1-7												
<p>旺 C欄の続きにも文献が列挙されている。 汀 パテントファミリーに関する別紙を参照。</p>														
<table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>引用文献のカテゴリ</p> <p>「IA」 特に関連のある文献でなく、一般的技術水準を示すもの</p> <p>「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</p> <p>「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)</p> <p>「IO」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>rpj 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</p> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>の日の後に公表された文献</p> <p>「IT」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</p> <p>「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</p> <p>「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</p> <p>I&J 同一パテントファミリー文献</p> </td> </tr> </table>			<p>引用文献のカテゴリ</p> <p>「IA」 特に関連のある文献でなく、一般的技術水準を示すもの</p> <p>「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</p> <p>「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)</p> <p>「IO」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>rpj 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</p>	<p>の日の後に公表された文献</p> <p>「IT」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</p> <p>「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</p> <p>「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</p> <p>I&J 同一パテントファミリー文献</p>										
<p>引用文献のカテゴリ</p> <p>「IA」 特に関連のある文献でなく、一般的技術水準を示すもの</p> <p>「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</p> <p>「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)</p> <p>「IO」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>rpj 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</p>	<p>の日の後に公表された文献</p> <p>「IT」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</p> <p>「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</p> <p>「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</p> <p>I&J 同一パテントファミリー文献</p>													
<p>国際調査を完了した日 07.04.2009</p>	<p>国際調査報告の発送日 14.04.2009</p>													
<p>国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号</p>	<p>特許庁審査官 (権限のある職員) ▲止▼ 弘捕 電話番号 03-3581-1101 内線 3498</p>	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: center;">4L</td> <td style="width: 80%; text-align: center;">3239</td> </tr> </table>	4L	3239										
4L	3239													

C (続き) 関連すると沼められる文献		
引用文献の カテゴリー	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請大項の番号
A	JP 2007-335431 A (トヨタ自動車株式会社) 2007. 12. 27, 全文、全 図 & US 2007/0296080 A1 & DE 102007026365 A1 & CN 101090133 A	1-7