

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2008年3月6日 (06.03.2008)

PCT

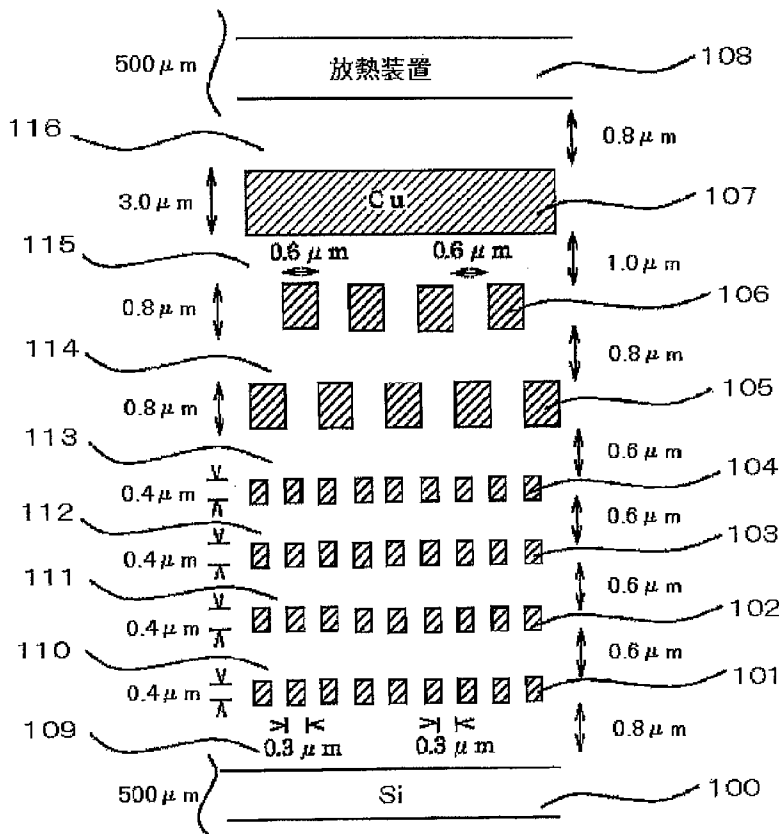
(10) 国際公開番号
WO 2008/026520 A1

- (51) 国際特許分類:
H05K 3/46 (2006.01) H01L 23/12 (2006.01)
H01L 21/312 (2006.01) H01L 23/522 (2006.01)
H01L 21/768 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/066478
- (22) 国際出願日: 2007年8月24日 (24.08.2007)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2006-231008 2006年8月28日 (28.08.2006) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 国立大学法人東北大学 (NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION TOHOKU UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 大見 忠弘 (OHMI, Tadahiro) [JP/JP]; 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 国立大学法人東北大学内 Miyagi (JP).
- (74) 代理人: 池田 憲保, 外 (IKEDA, Noriyasu et al.); 〒1050003 東京都港区西新橋1丁目4番10号 第三森ビル Tokyo (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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP,

[続葉有]

(54) Title: SEMICONDUCTOR DEVICE AND MULTILAYER WIRING BOARD

(54) 発明の名称: 半導体装置および多層配線基板



108 HEAT DISSIPATION DEVICE

(57) Abstract: A gas or insulating material having an average relative dielectric constant of not more than 2.5 is interposed between a first wiring layer and a second wiring layer contained in a multilayer wiring structure. A conductive connector is arranged between a wire of the first wiring layer and a wire of the second wiring layer, and an insulated heat conductor having a relative dielectric constant of not more than 5 is arranged between a certain wire of the first wiring layer and a certain wire of the second wiring layer.

(57) 要約: 多層配線構造に含まれる第1の配線層と第2の配線層との間に比誘電率が平均して2.5以下の気体または絶縁物を介在させる。第1の配線層における配線と第2の配線層における配線との間に導電接続体を設け、第1の配線層における所定の配線と第2の配線層における所定の配線との間に比誘電率が5以下の絶縁物熱伝導体を設ける。

WO 2008/026520 A1



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, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,

添付公開書類:
— 国際調査報告書

明 細 書

半導体装置および多層配線基板

技術分野

[0001] 本発明は、IC、LSI等の多層配線構造を有する半導体装置および半導体、導体、および絶縁体の少なくとも一つを含む基板上に多層配線構造を有する多層配線基板に関するものである。

背景技術

[0002] ICやLSI等の半導体装置では、その中の各種素子の集積化に伴う配線の長さ及び面積の増加に対応するため、多層配線構造が用いられている。そして、これらの半導体装置では、更なる高集積化に対応するため、配線パターンの微細化が進められ、配線断面積が小さくなる一方で、高速動作を実現するため、配線に流れる電流は増加する傾向にある。つまり、これらの半導体装置では、各配線に流れる電流の密度が増大する傾向にある。

[0003] 各配線における電流密度の増加は、ジュール熱の発生量を増大させ、配線の劣化をはじめとする種々の問題を招くため、配線に発生した熱を効率よく取り除く必要がある。

[0004] また、この種の半導体装置の動作速度は、配線の抵抗値 R と配線に起因する容量 C との積、即ち RC 時定数によって大きく制限される。したがって、半導体装置の動作速度を高くするには、配線の抵抗値 R を低減するだけでなく、容量 C を低減する必要がある。

[0005] 上記のような問題は、個別の多層配線構造半導体チップに存在するだけでなく、半導体チップを搭載した半導体パッケージの多層配線構造にも存在するし、また、多数の半導体装置を実装した多層配線構造を有する基板(所謂プリント基板等)やその他の多層配線基板にも存在する。すなわち、いくら個別の半導体チップにおいて配線の熱を除去したり配線の抵抗値 R 、容量 C を下げた動作速度を早くしても、パッケージや配線基板の多層配線構造が熱対応不備のものだったり抵抗値 R 、容量 C が大きければ、全体として動作速度が遅くなり、熱による問題が回避できないからである。

[0006] 上記問題を解決すべく従来提案された多層配線構造には、層間絶縁膜として、 SiO_2 や、 Si_3N_4 、あるいはポリイミド等の高分子材料を用い、層間を電氣的に接続するスルーホールのみならず、層間絶縁膜に形成された貫通孔に層間絶縁膜よりも大きい熱伝導率を有する絶縁物 (AIN) を充填した熱ビアを設けることによって、層間伝熱を行うようにしたものがある (例えば、特許文献1: 特開平9-129725号公報参照)。

[0007] また、従来提案された他の多層配線構造では、信号伝送速度をさらに上昇させるために、層間絶縁部の低誘電率化を目的として空気を層間絶縁に利用しているものがある (例えば、特許文献2: 国際公開WO00/74135参照)。

[0008] 特許文献1: 特開平9-129725号公報

特許文献2: 国際公開WO00/74135

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0009] 特許文献1および2で提案された多層配線構造では、熱ビアの材料として、熱伝導率の大きいAIN (および Si_3N_4) が用いられている。しかしながら、AINは、その比誘電率が8.7 (Si_3N_4 は7.9) と非常に大きいため、層間絶縁に低誘電率の物質を用いたとしても平均の誘電率を増加させてしまうという問題点がある。

[0010] そこで、本発明は、低比誘電率の熱ビアを提供し、もって層間絶縁の低誘電率化と高熱伝導率化を同時に実現することができる多層配線構造を提供することを目的とする。

[0011] 本発明の他の目的は、多層配線構造の層間絶縁が低誘電率化と高熱伝導率化を同時に実現することができる多層配線基板を提供することである。

[0012] 本発明の更に他の目的は、低誘電率化と高熱伝導率化を同時に実現することができる多層配線構造を有する半導体装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0013] 以下に、本発明の態様を記載する。

[0014] (第1の態様)

本発明の第1の態様によれば、半導体、導体、および絶縁体の少なくとも一つを含

む基板上に多層配線構造を有する多層配線基板において、前記多層配線構造中の第1の配線層とその上の第2の配線層との間に比誘電率が平均して2.5以下の気体または絶縁物が介在し、前記第1の配線層における少なくとも一つの配線と前記第2の配線層における少なくとも一つの配線との間に導電接続体を設け、さらに前記第1の配線層における所定の配線と前記第2の配線層における所定の配線との間に比誘電率が5以下の絶縁物熱伝導体を設けたことを特徴とする多層配線基板が得られる。

[0015] (第2の態様)

前記第1の態様による多層配線基板において、前記第1の配線層と前記第2の配線層との間に絶縁物が介在する場合、前記絶縁物熱伝導体の熱伝導率は該絶縁物の熱伝導率よりも大きいことが好ましい。

[0016] (第3の態様)

前記第2の態様による多層配線基板において、前記第1の配線層と前記第2の配線層との間に介在する絶縁物は、炭素とフッ素とを含有する材料層を含んでよい。この材料層は、たとえば、フロロカーボン層を主体とする絶縁層が好ましい。

[0017] (第4の態様)

前記第2の態様による多層配線基板において、前記第1の配線層と前記第2の配線層との間に介在する絶縁物は、炭素と水素とを含有する材料層を含んでよい。この材料層は、たとえば、ハイドロカーボン層を主体とする絶縁層や、フロロカーボン層およびハイドロカーボン層が混在する絶縁層が好ましい。

[0018] (第5の態様)

前記第1～第4のいずれかの態様による多層配線基板において、前記絶縁物熱伝導体は、珪素、炭素および窒素を含有する材料を含んでよく、例えば、SiCNを含む。

[0019] (第6の態様)

本発明の第6の態様によれば、複数の半導体素子が形成された基板上に多層配線構造を有する半導体装置において、前記多層配線構造中の第1の配線層とその上の第2の配線層との間に比誘電率が平均して2.5以下の気体または絶縁物が介

在し、前記第1の配線層における少なくとも一つの配線と前記第2の配線層における少なくとも一つの配線との間に所望の導電接続体を設け、さらに前記第1の配線層における所定の配線と前記第2の配線層における所定の配線との間に比誘電率が5以下の絶縁物熱伝導体を設けたことを特徴とする半導体装置が得られる。

[0020] (第7の態様)

前記第6の態様による半導体装置において、前記第1の配線層と前記第2の配線層との間に絶縁物が介在する場合、前記絶縁物熱伝導体の熱伝導率が該絶縁物の熱伝導率よりも大きいことが好ましい。

[0021] (第8の態様)

前記第7の態様による半導体装置において、前記第1の配線層と前記第2の配線層との間に介在する絶縁物は、炭素とフッ素とを含有する材料層を含んでよい。この材料層は、たとえば、フロロカーボン層を主体とする絶縁層が好ましい。

[0022] (第9の態様)

前記第7の態様による半導体装置において、前記第1の配線層と前記第2の配線層との間に介在する絶縁物は、炭素と水素とを含有する材料層を含んでよい。この材料層は、たとえば、ハイドロカーボン層を主体とする絶縁層や、フロロカーボン層およびハイドロカーボン層が混在する絶縁層が好ましい。

[0023] (第10の態様)

前記第6～第9のいずれかの態様による半導体装置において、前記絶縁物熱伝導体は、珪素、炭素および窒素を含有する材料を含んでよく、例えば、SiCNを含む。

発明の効果

[0024] 本発明によれば、前記第1の配線層と前記第2の配線層との間に比誘電率が平均して2.5以下の気体または絶縁物を介在させるとともに、比誘電率が5以下の絶縁物熱伝導体を用いて熱ビアを形成するようにしたことで、低誘電率でかつ高熱伝導率の多層配線構造を実現することができる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]本発明が適用される半導体装置の概略構成を示す断面図である。

[図2]本発明の第1の実施の形態に係る半導体装置に用いられる層間絶縁膜の構成

を示す断面図である。

[図3]本発明の第2の実施の形態に係る半導体装置構成を示す部分断面図である。

[図4A]図3に示した半導体装置の熱ビアの形成方法を説明するための図である。

[図4B]図3に示した半導体装置の熱ビアの形成方法を説明するための図である。

[図4C]図3に示した半導体装置の熱ビアの形成方法を説明するための図である。

[図4D]図3に示した半導体装置の熱ビアの形成方法を説明するための図である。

[図5A]図3に示した半導体装置の導電ビアの形成方法を説明するための図である。

[図5B]図3に示した半導体装置の導電ビアの形成方法を説明するための図である。

発明を実施するための最良の形態

[0026] 以下、図面を参照して本発明の実施の形態について詳細に説明する。

[0027] 本発明の第1の実施の形態に係る半導体装置は、半導体領域を含む基板上に第1の配線層とその上の第2の配線層とを少なくとも有している。例えば、図1に示すように、シリコン基板100上に形成された7層の配線層101～107と、それらの間、最下層の配線層101と基板100との間、及び最上層の配線層107と放熱装置108との間に配された層間絶縁膜109～116を有するものであってよい。図1では、便宜上、配線層と層間絶縁膜との境界は図示を省略している。また、各配線層の左側に示した数値、各層間絶縁膜の右側に示した数値は、それぞれ層厚、膜厚の例を示す。配線層101の下側、配線層106の上側に示した数値は、それぞれ配線幅、配線ピッチの例を示す。

[0028] ここで、半導体装置とは、電気回路や電気素子を一つの基板上に高密度に構成したもの、すなわち、トランジスタ、抵抗体、コンデンサ等を使って集積化したものを意味し、具体的には、ICやLSIである。

[0029] 基板としては、半導体素子を形成したシリコン基板のほかに、例えば、金属基板、一般の半導体基板、ガラスやプラスチックのような絶縁体基板、あるいは絶縁体膜で被覆された後さらに半導体膜で被覆された金属基板、半導体膜で被覆された絶縁体基板等が利用できる。

[0030] この基板は、導電性基板としての利用を可能にするため、少なくとも表面及び／又は裏面を構成する材料(SiやGaAsなどの半導体材料)の電気伝導度を $10^{-8}(\Omega \cdot \text{cm})$

m)⁻¹以上とすることが望ましい。また、この基板の表面及び／又は裏面は、その上に各種素子などを作製することから、可能なかぎり平坦な面であることが好ましい。金属としては、Ta, Ti, W, Co, Mo, Hf, Ni, Zr, Cr, V, Pd, Au, Pt, Mn, Nb, Cu, Ag, 又はAlが好ましい。半導体としては、Si, Ge, GaAs, 又はC(ダイヤモンド)が好ましい。半導体膜で被覆された絶縁体としては、SiO₂(酸化シリコン), SiN(窒化シリコン), AlN(窒化アルミニウム), Al₂O₃(酸化アルミニウム), 又はSiO_xN_yからなる混合膜が好ましい。絶縁体膜で被覆された後さらに半導体膜で被覆された金属としては、Ta, Ti, W, Co, Mo, Hf, Ni, Zr, Cr, V, Pd, Au, Pt, Mn, Nb, Cu, Ag, 又はAlが好ましい。

- [0031] 半導体領域を含む基板上に少なくとも2つの配線層を有する半導体装置の場合、第1の配線層及び第2の配線層の配線としては、金属配線やポリシリコン、ポリサイドが利用できる。この配線に用いられる金属薄膜は、半導体表面との間に酸化物のような中間層をつくらないように、高真空での金属の蒸着やスパッタ、あるいは金属の塩化物などを用いた高温中でのCVD法により作製される。
- [0032] 金属薄膜の材料としては、例えば、次に示すものが挙げられる。
- [0033] Si半導体装置では、Al, Cr, W, Mo, Cu, Ag, Au, Ti, WSi₂, MoSi₂, TiSi₂, 又は、これらを主成分とする合金(例えば、Cu-Mg合金、Cu-Nb合金、Cu-Al合金)、若しくは、これらの材料が層状に積層された配線(例えば、Al-Ti-Al、TiN-Al合金-TiN、W-Al合金-W)などがある。また、GaAs半導体装置では、Au, Al, Ni, Pt、又は、これらを主成分とする合金がある。
- [0034] 特に、以下の理由から、Si半導体装置では、Al, Cu, Ag, Au、又は、これらを主成分とする合金が重用されている。
- [0035] (A)電極材料とオーミック接触になること、
 (B)絶縁膜(SiO₂, Si₃N₄, Al₂O₃など)との密着性が良いこと、
 (C)導電率が大きいこと、
 (D)加工が容易で加工精度が高いこと、及び
 (E)化学的・物理的、さらに電氣的にも安定であること。
- [0036] また、本実施の形態に係る半導体装置は、第1の配線層と第2の配線層との間を電

氣的に絶縁する第1の絶縁物(層間絶縁膜)を有している。もちろん、基板と第1の配線層との間や配線層と放熱装置108との間、3以上の配線層を有する場合にそれらの配線層間にも、層間絶縁膜は設けられる。

[0037] 第1の絶縁物は、図2に示すように、下地層201とその上に形成されたCF(フッ素カーボン)膜202とを有している。

[0038] 下地層は、例えば、SiCN膜、 Si_3N_4 膜、SiCO膜、 SiO_2 膜、CH膜、またはそれらの組み合わせからなる多層膜である。これらの比誘電率は4以下である。特にSiCO膜の比誘電率は3以下、CH膜の比誘電率は2.5以下である。

[0039] CF膜202は、例えば、反応ガスとしてフルオロカーボンガスをXe又はKrプラズマによって分解するCVDにより形成される。あるいは、CF膜202はフルオロカーボンガスをArプラズマによって分解するCVDにより形成される。あるいは、これらのCVDを順次行うことにより2層構造のCF膜(図2の202a及び202b)とすることもできる。なお、Xe又はKrプラズマで形成したCF膜よりもArプラズマにより形成したCF膜のほうが、その比誘電率は低い。いずれにしても、その比誘電率は2以下、1.7程度まで低くすることも可能である。

[0040] フッ素カーボンガスとしては、一般式 C_nF_{2n} (但し、 n は2~8の整数)もしくは、 $\text{C}_n\text{F}_{2n-2}$ (n は2~8の整数)で示される不飽和脂肪族フッ化物を用いることができる。特に、オクタフルオロペンチン、オクタフルオロベンタジエン、オクタフルオロシクロペンテン、オクタフルオロメチルプタジエン、オクタフルオロメチルブチン、フルオロシクロプロペンもしくはフルオロシクロプロパンを含むフッ化炭素、フルオロシクロブテンもしくはフルオロシクロブタンを含むフッ化炭素等の一般式 C_5F_8 で示されるフルオロカーボンが好ましい。

[0041] 例えば、CF膜を2層構造とする場合、Xe又はKrプラズマにより、第1のCF膜を5~10nm形成し、続いて、Arプラズマにより第2のCF膜を280~500nm形成する。

[0042] また、CF膜の形成後、好ましくは、さらにアニールを行った後、Arガスによるプラズマに N_2 ガスを導入して窒素ラジカルを生成し(N_2 ガスのみによりプラズマを発生させ窒素ラジカルを生成しても良い)、CF膜の表面(厚み1~5nm、好ましくは2~3nm)を窒化する事により、このCF膜の表面からの脱ガスを低減するようにしてもよい。こ

れによって、膜剥がれをなくし、比誘電率を1.7～2.2の範囲で制御することができる。

[0043] なお、アニールを行う場合は、不活性ガス雰囲気下で、好ましくは1Torr(約133Pa)程度の減圧下で行う。

[0044] CF膜の代わりに、またはCF膜に積層して、CH膜を用いても良い。CH膜は上記のように2.5以下の低比誘電率とすることができる。CH膜は C_2H_2 や C_2H_4 のような C_xH_y ガスをAr等とともに導入しプラズマ化させてCVDで成膜される。

[0045] さらに、層間絶縁膜は、形成したCF膜および／またはCH膜の上面に Si_3N_4 膜、SiCN膜、SiCO膜、CH膜、またはそれらの組み合わせからなる多層膜を形成したものであってもよい。

[0046] 以上のように構成された層間絶縁膜の比誘電率は、平均して(全体として)2.5以下となるように形成される。

[0047] なお、CF膜の熱伝導率は、0.13～0.21(W/mK)であり、 SiO_2 の10.7～6.2(W/mK)よりも2桁小さい。この熱伝導の悪さを、後述の熱ビアにより解消する。

[0048] 層間絶縁膜には、その上下に位置する配線層の配線間(例えば、第1の配線層と第2の配線層との配線間)を電気的、熱的に接続するために貫通孔(図示せず)が形成されている。この貫通孔はビアホールとも呼ばれ、一般的に、フォトエッチングと呼ばれる手法で作製できる。孔径は、上下に位置する配線の幅に基づいて決定される。この貫通孔は、電気的に配線間を接続するためのスルーホール、また熱的に配線間を接続するためのダミーホールとして利用される。

[0049] スルーホール(導電接続体)は、層間絶縁膜に形成された貫通孔の中に導電物質を充填したものである。スルーホールは、第1の絶縁物によって電気的に分離された上下に位置する配線の間で導通をとることが役目である。したがって、スルーホールは回路形成上必要な位置に限って設けられるもので、任意の位置に設けることはできない。スルーホールは公知の方法により形成することができる。なお、スルーホールは、電気信号のみならず、熱も伝達することができる。

[0050] ダミーホール(絶縁性熱伝導体)は、層間絶縁膜に形成された貫通孔の中に第1の絶縁物よりも大きな熱伝導率を有する第2の絶縁物を充填したものである。ダミーホ

ールは、第1の絶縁物によって電氣的に分離された上下に位置する配線間において、一方の配線から他方の配線へ、第1の絶縁物よりも早く熱を伝達することができる。従って、ダミーホールを熱ビアとも呼称する。熱ビアを設けることにより、ある配線の温度が上昇した場合に、熱を迅速に他の配線へ伝達し、放熱を促して、各配線の異常な温度上昇を抑えることができる。ダミーホールは絶縁物であるため、電気信号を伝達しない。したがって、ダミーホールは、任意の場所に設けることが可能である。

[0051] 第2の絶縁物としては、SiCNが用いられる。SiCNは、熱伝導率が約100W/mKと高く、層間絶縁膜としてCF膜を用いても、十分な熱伝導を実現できる。また、SiCNの比誘電率は5以下(4.0程度)であり、層間絶縁膜の平均の比誘電率を大きく上昇させることもない。

[0052] SiCNは、例えば、 $\text{SiH}_4 / \text{C}_2\text{H}_4 / \text{N}_2$ を用いたプラズマ処理によって形成することができる。なお、シランガス(SiH_4)／エチレン(C_2H_4)の代わりに、有機シランを用いることもできる。

[0053] 本実施の形態の半導体装置の最上層には、放熱装置108が設けられてもよい。放熱装置は、例えば、熱伝導率の大きな材料(例えば、Ag, Cu, Au, Al, Ta, Mo)で作製された導電性膜やフィン構造などである。

[0054] 以上の構成によれば、実質的な層間絶縁物の比誘電率を小さくして高速動作を保証し、かつ、熱伝導率の高いSiCNで配線間の要所要所にダミーホールを導入することにより、配線の温度上昇を抑えて配線の信頼性を向上させることが可能となる。SiCNの代わりに、誘電率が5以下で、熱伝導率がCF膜やCH膜よりも高い絶縁物を用いることができる。

[0055] 次に、本発明の第2の実施の形態について説明する。

[0056] 図3に、本発明の第2の実施の形態に係る半導体装置の部分構成を示す。図示の半導体装置は、配線層間の層間絶縁膜が熱ビア(第1の実施の形態におけるダミーホールに相当)を除いて除去され、気体により層間絶縁が成されている多層配線構造の集積回路である。

[0057] 詳述すると、この半導体装置は、p型基板301、CMOS構成用nウェル302、nMOSのソース領域303、nMOSのドレイン領域304、nMOSのゲート絶縁膜305、nM

OSのゲート電極306、nMOSのソース電極307、nMOSのドレイン電極308を含む。半導体装置はまた、pMOSのドレイン領域309、pMOSのソース領域310、pMOSのゲート絶縁膜312、pMOSのゲート電極311、pMOSのソース電極313、pMOSのドレイン電極314を含む。半導体装置はさらに、素子分離領域(SiO_2 等)315、その上面側に形成された絶縁膜(SiO_2 等)316、p型基板301の裏面側に形成された裏面電極317、1層以上の金属配線318、導電ビア(第1の実施の形態のスルーホールに相当)319、及び熱ビア320を含む。

- [0058] 図3において、熱ビア320は、図の上下方向に隣接する金属配線318間を接続するように示されているが、構造強度を高めるために、図の左右方向に隣接する金属配線318間をも接続するようにしてもよい。
- [0059] 図3の半導体装置は、金属配線としてCuを用いる。Cu配線は、その抵抗率を低減するため、ジャイアントグレイン構造とする。この金属配線と、気体を用いた層間絶縁により、各配線における信号遅延を1/8程度にすることができる。代表的な層間絶縁膜であるBPSG(Boron-doped Phospho-Silicate Glass)の比誘電率が4.0程度であるのに対して、気体(望ましくは、熱伝導度の大きいHe)では、その比誘電率が1.0と低いからである。
- [0060] 金属配線318及び導電ビア319は、その表面が図示しない窒化物(窒化チタン、窒化タンタル、あるいは窒化シリコン等)により覆われている。
- [0061] 導電ビア319の挿入個所は、回路設計により決定される一方、熱ビア320は、任意位置に挿入することが可能であり、構造的丈夫さと配線温度の上昇の程度等に基づいて挿入個所が決定される。
- [0062] 次に、図3の半導体装置の製造方法について説明する。
- [0063] この半導体装置は、層間絶縁膜としてBPSGを有する半導体装置(半完成品)として製造された後、BPSGを除去することにより得ることができる。したがって、半完成品の製造は、従来の半導体装置と同様の方法により行われる。熱ビアと導電ビアの形成は、以下のように行われる。
- [0064] まず、熱ビアの形成方法について説明する。
- [0065] 図4Aに示すように、Cu(合金)配線401上に、Cu配線401の表面を安定化させる

導電性窒化膜(TiN又はTaN等)402、薄い Si_3N_4 403、BPSG404、 Si_3N_4 405、及びビアホール形成用パターンとしてのフォトレジスト406が順次形成されているものとする。なお、 Si_3N_4 403、BPSG404及び Si_3N_4 405が、層間絶縁膜に相当する。

[0066] 次に、バランスド・エレクトロン・ドリフト(BED)マグネトロンプラズマRIE装置で、 C_4F_8 ／ CO ／ O_2 ／Arガスを用い、 Si_3N_4 403、BPSG404及び Si_3N_4 405をエッチングすると、図4Bに示す状態となる。エッチングの最終工程(Si_3N_4 405の残りをエッチする工程)を、 C_4F_8 ／ CO ／ O_2 ／Xe(又はKr)ガスを用いて行うことにより、導電性窒化膜402に与える表面損傷を十分小さくすることができる。

[0067] 次に、 SiH_4 ／ C_2H_4 ／ N_2 を用いたプラズマ処理により、図4Cに示すように、SiCN407、408を堆積させる。なお、シランガス(SiH_4)／エチレン(C_2H_4)の代わりに、有機シランを用いてもよい。

[0068] 続いて、IPA(30%程度)／KF(10%程度)／ H_2O 溶液を用いて、0.5～3MHz程度のメガソニック超音波を照射する処理を行うと、図4Dに示すように、フォトレジスト406が Si_3N_4 405より剥離する。その結果、フォトレジスト406上に堆積したSiCN408は、リフトオフにより除去される。なお、必要なら、CMP(Chemical Mechanical Polishing)等の平坦化処理を行う。

[0069] 以上のようにして、BPSG404中に熱ビア(SiCN)407を形成することができる。

[0070] 配線層間が空気の場合、空気の熱伝導率は、0.0241(W/mK)であり、 SiO_2 の10.7～6.2(W/mK)より3桁小さい。しかしながら、SiCNの熱伝導率は約100(W/mK)であり、配線層間の熱伝導を十分に行うことができる。しかも、SiCNは、比誘電率が4程度なので、層間絶縁部(空間)の平均の比誘電率を大きく増加させることもない。

[0071] 次に、導電ビア及び配線を形成する工程について説明する。導電ビア及び配線の形成には、ダマシンあるいはデュアルダマシン工程が用いられる。配線には前述の通り、Cuが用いられる。導電ビアには、Al又はAl合金を用いることもできるが、ここでは、配線と同じCuを用いる場合について説明する。

[0072] 2段シャワープレートマイクロ波プラズマ装置を用い、図4Bと同様に、 Si_3N_4 403、BPSG404及び Si_3N_4 405にビアホールを形成する。

- [0073] 次に、上記装置にて、基板電極の高周波電力をゼロにするとともに、導入するガスを He/O_2 、 Kr/O_2 、または $\text{Kr}/\text{H}_2\text{O}$ などに切り換え、RLSA(Radial Line Slot Antenna)を通してマイクロ波を印加する。これにより、 O^* や OH^* を大量に発生させて、表面及びビアホール壁面に堆積した薄いフロロカーボン膜を除去する。
- [0074] 次に、Cuの拡散を抑制するための窒化膜をBPSG404のビアホール壁面に形成するため、 NH_3/Ar (又は Kr)、あるいは $\text{N}_2/\text{H}_2/\text{Ar}$ (または Kr)等のガスを流し、マイクロ波により高密度プラズマを励起する。これにより、大量の NH^* が発生し、図5 Aに示すように、BPSG404のビアホール壁面の表面が $5\sim 20\text{nm}$ 程度、 Si_3N_4 409に変わる。
- [0075] この状態で、Ar, Kr, Xe等の希ガスを1段目のシャワープレートから供給し、Cuの供給源となる $\text{Cu}(\text{hgac})(\text{tmvs})$ 、 $\text{Cu}(\text{hgac})(\text{teovs})$ 等をArキャリアガスとともに2段目のシャワープレートから供給する。マイクロ波によるプラズマ励起は、1段目のシャワープレート直下数mmの距離のところで行われ、2段目のシャワープレートは拡散プラズマ領域に設置されているため、原料ガスは過度に分解されることはない。 Ar^+ 、 Kr^+ 、 Xe^+ や Ar^* 、 Kr^* 、 Xe^* との衝突により、励起されたりイオン化されたりするものがほとんどであり、表面吸着後イオン照射によりCu膜が堆積する。CuのCMPやシリコンブロック表面に数 μm のダイヤモンド薄膜形成を行った後、研磨用の溝パターンを設けたダイヤモンド研削面による研削を行った後、臭酸(COOH)₂による洗浄を行うと、図5 Bに示すようなCu410が埋め込まれた導電ビアが形成される。
- [0076] Cu410の周囲は、 Si_3N_4 409により覆われており、CuのBPSG404への拡散は抑制される。
- [0077] なお、Cu410の表面に、TiNやTaNを熱CVDにより $5\sim 10\text{nm}$ 程度選択堆積させておくとその酸化を防止することができる。
- [0078] 以上のようにして、層間絶縁膜としてBPSGを有し、BPSGの所定個所に熱ビア及び導電ビアが形成された半完成品が得られる。
- [0079] 次に、少なくとも水分量を1ppmに低減した N_2 やArなどのガス中に無水のHFガスを1~7%添加したガスを用いて、層間絶縁膜としてのBPSGのみを選択的に取り除く。

[0080] HF分子は、水に溶解して、 SiO_2 をエッチングする HF_2^- イオンを発生させる。それゆえ、BPSGの除去を行う際には、ウェーハ表面に吸着している水分を少なくとも単分子層以下にまで除去しておく。例えば、水分量1ppm以下の N_2 ガス雰囲気下でウェーハをベーキング(200°C以上、望ましくは300°C以上)する。その後は、BPSGとHFとの反応により発生する水(H_2O)がウェーハ表面に吸着しないように、ウェーハ温度を120~140°Cに維持する。

[0081] HFガスの濃度は、低すぎるとエッチング速度が遅くなりすぎ、高すぎると SiO_2 等、BPSG以外の部分をエッチングし始める。

[0082] 配線は Si_3N_4 、TaN、TiNなどで覆われており、これら窒化物はHFガスと反応しないので、配線がエッチングされることはない。

[0083] 以上のようにして、図3の半導体装置が製造できる。

産業上の利用可能性

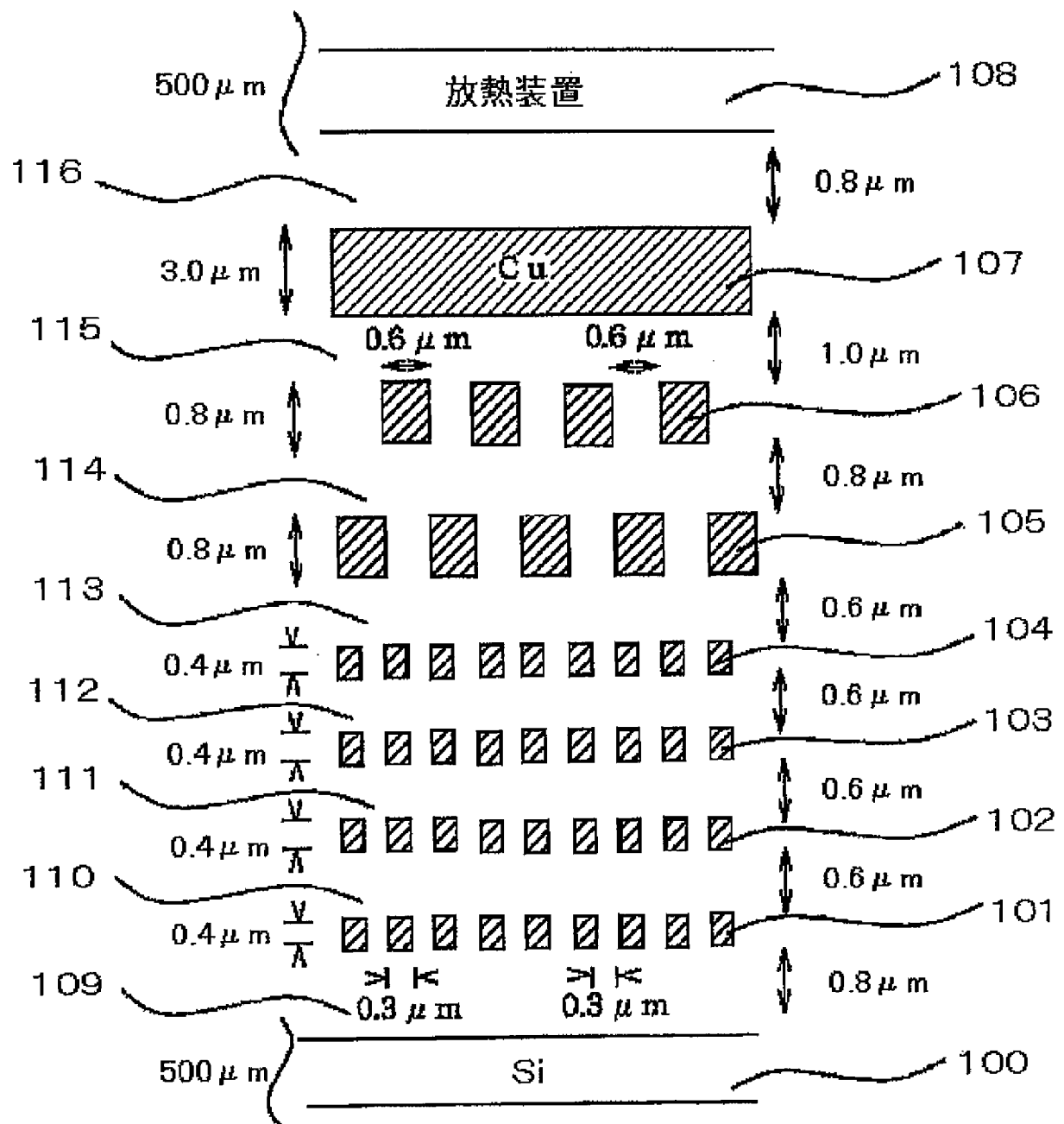
[0084] 以上、実施例を半導体装置の場合について説明したが、本発明は半導体、導体、および絶縁体の少なくとも一つを含む基板上に多層配線構造を有する多層配線基板全般に適用できることは言うまでもない。

請求の範囲

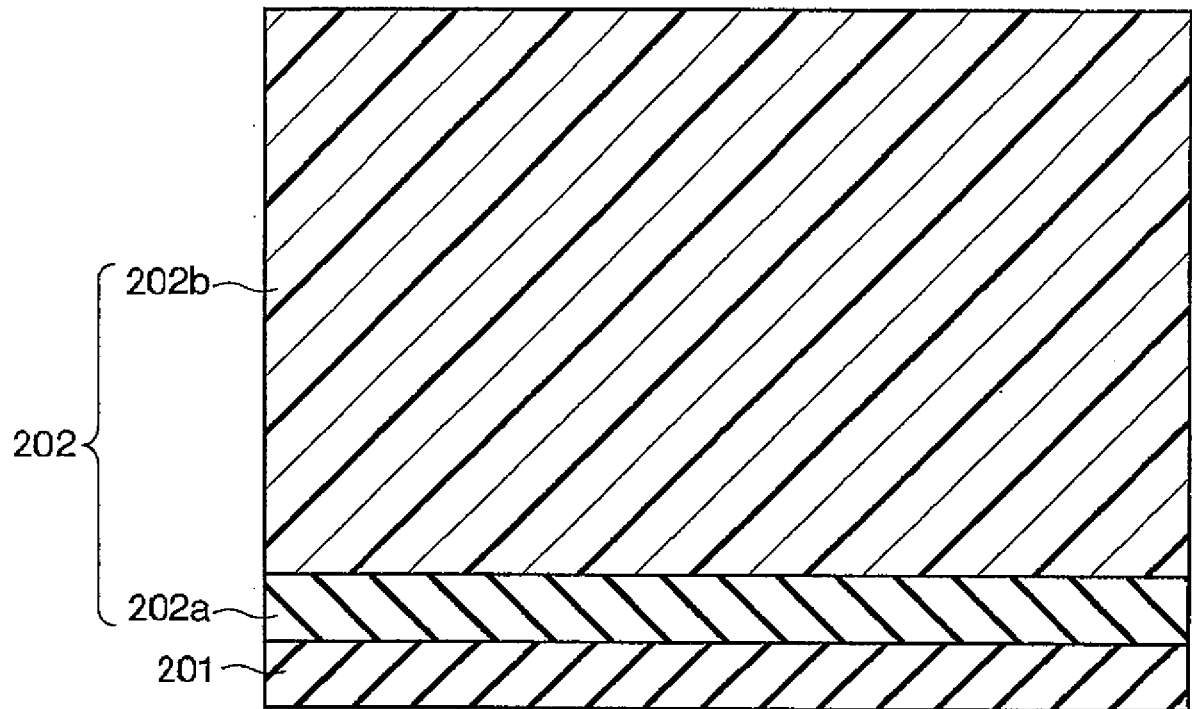
- [1] 半導体、導体、および絶縁体の少なくとも一つを含む基板上に多層配線構造を有する多層配線基板において、
- 前記多層配線構造中の第1の配線層とその上の第2の配線層との間に比誘電率が平均して2.5以下の気体または絶縁物が介在し、前記第1の配線層における少なくとも一つの配線と前記第2の配線層における少なくとも一つの配線との間に導電接続体を設け、さらに前記第1の配線層における所定の配線と前記第2の配線層における所定の配線との間に比誘電率が5以下の絶縁物熱伝導体を設けたことを特徴とする多層配線基板。
- [2] 前記第1の配線層と前記第2の配線層との間に絶縁物が介在し、前記絶縁物熱伝導体の熱伝導率が該絶縁物の熱伝導率よりも大きいことを特徴とする請求項1に記載の多層配線基板。
- [3] 前記第1の配線層と前記第2の配線層との間に介在する絶縁物が炭素とフッ素とを含有する材料を含むことを特徴とする請求項2に記載の多層配線基板。
- [4] 前記第1の配線層と前記第2の配線層との間に介在する絶縁物が炭素と水素とを含有する材料を含むことを特徴とする請求項2に記載の多層配線基板。
- [5] 前記絶縁物熱伝導体が珪素、炭素および窒素を含有する材料を含むことを特徴とする請求項1に記載の多層配線基板。
- [6] 前記絶縁物熱伝導体がSiCNを含むことを特徴とする請求項5に記載の多層配線基板。
- [7] 複数の半導体素子が形成された基板上に多層配線構造を有する半導体装置において、
- 前記多層配線構造中の第1の配線層とその上の第2の配線層との間に比誘電率が平均して2.5以下の気体または絶縁物が介在し、前記第1の配線層における少なくとも一つの配線と前記第2の配線層における少なくとも一つの配線との間に導電接続体を設け、さらに前記第1の配線層における所定の配線と前記第2の配線層における所定の配線との間に比誘電率が5以下の絶縁物熱伝導体を設けたことを特徴とする半導体装置。

- [8] 前記第1の配線層と前記第2の配線層との間に絶縁物が介在し、前記絶縁物熱伝導体の熱伝導率が該絶縁物の熱伝導率よりも大きいことを特徴とする請求項7に記載の半導体装置。
- [9] 前記第1の配線層と前記第2の配線層との間に介在する絶縁物が炭素とフッ素とを含有する材料を含むことを特徴とする請求項8に記載の半導体装置。
- [10] 前記第1の配線層と前記第2の配線層との間に介在する絶縁物が炭素と水素とを含有する材料を含むことを特徴とする請求項8に記載の半導体装置。
- [11] 前記絶縁物熱伝導体が珪素、炭素および窒素を含有する材料を含むことを特徴とする請求項7に記載の半導体装置。
- [12] 前記絶縁物熱伝導体がSiCNを含むことを特徴とする請求項11に記載の半導体装置。

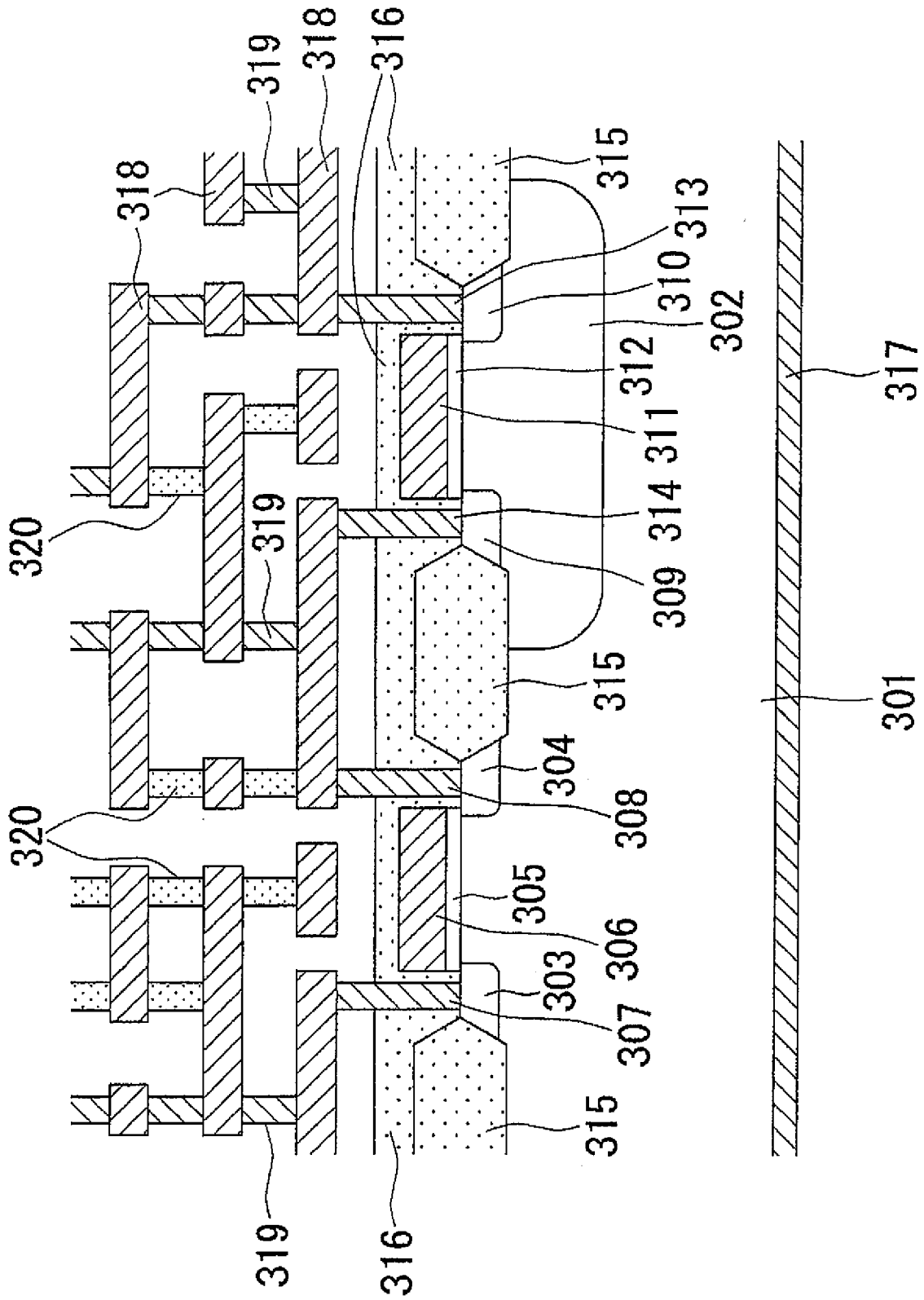
[図1]



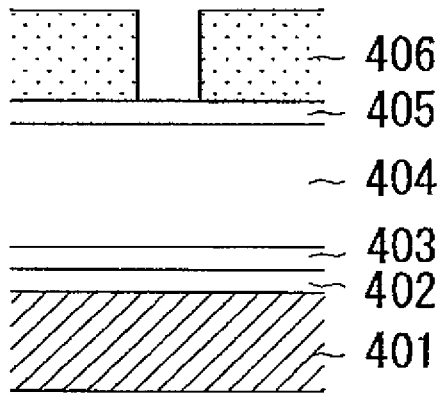
[図2]



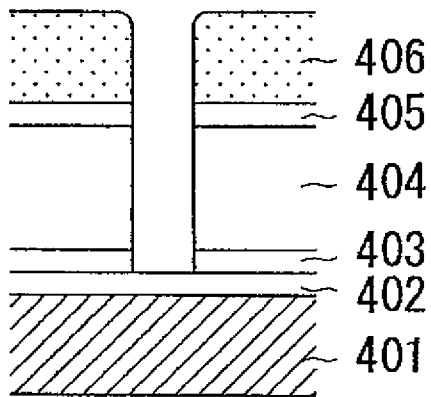
[図3]



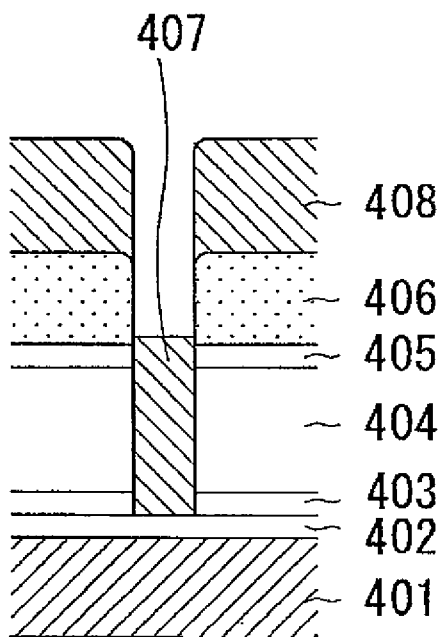
[図4A]



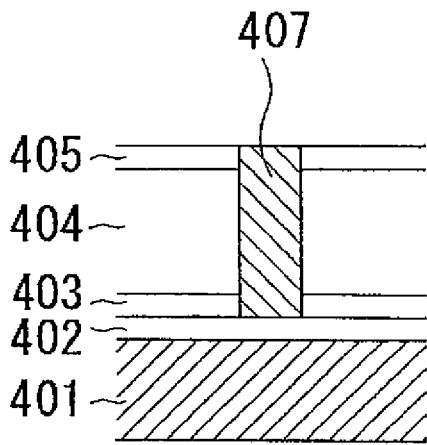
[図4B]



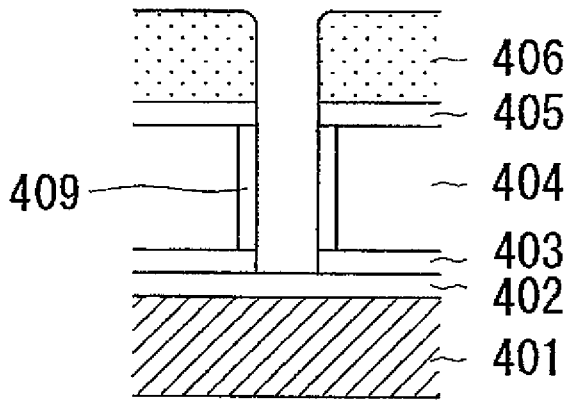
[図4C]



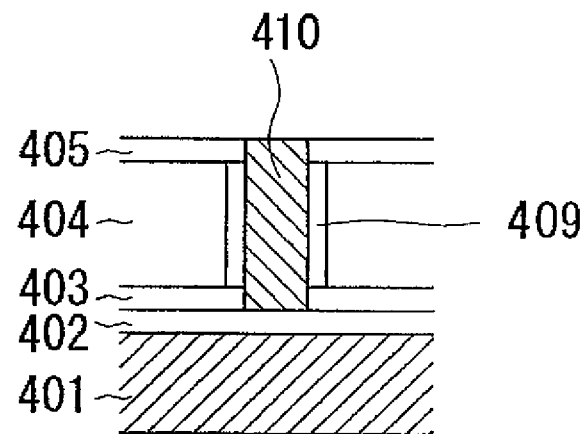
[図4D]



[図5A]



[図5B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/066478

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H05K3/46(2006.01)i, H01L21/312(2006.01)i, H01L21/768(2006.01)i, H01L23/12(2006.01)i, H01L23/522(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)

H05K3/46, H01L21/312, H01L21/768, H01L23/12, H01L23/522

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	1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2007	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2007

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.
A	JP 2006-140326 A (Toshiba Corp.), 01 June, 2006 (01.06.06), Full text; all drawings & US 2006/0103017 A1	1-12
A	JP 08-083797 A (Texas Instruments Inc.), 26 March, 1996 (26.03.96), Full text; all drawings & US 5625232 A & US 5675187 A & EP 0692824 A2	1-12

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "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)
- "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

- "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
- "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
- "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
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
01 November, 2007 (01.11.07)

Date of mailing of the international search report
13 November, 2007 (13.11.07)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H05K3/46(2006.01)i, H01L21/312(2006.01)i, H01L21/768(2006.01)i, H01L23/12(2006.01)i, H01L23/522(2006.01)i		
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. H05K3/46, H01L21/312, H01L21/768, H01L23/12, H01L23/522		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2007年 日本国実用新案登録公報 1996-2007年 日本国登録実用新案公報 1994-2007年		
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)		
C. 関連すると認められる文献		
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 請求の範囲の番号
A	J P 2 0 0 6 - 1 4 0 3 2 6 A (株式会社東芝) 2 0 0 6 . 0 6 . 0 1 , 全文, 全図 & U S 2 0 0 6 / 0 1 0 3 0 1 7 A 1	1 - 1 2
A	J P 0 8 - 0 8 3 7 9 7 A (テキサス インストルメンツ インコーポレイテッド) 1 9 9 6 . 0 3 . 2 6 , 全文, 全図 & U S 5 6 2 5 2 3 2 A & U S 5 6 7 5 1 8 7 A & E P 0 6 9 2 8 2 4 A 2	1 - 1 2
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「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 「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) 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」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 「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 「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 「&」同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 0 1 . 1 1 . 2 0 0 7	国際調査報告の発送日 1 3 . 1 1 . 2 0 0 7	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 小野田 誠 電話番号 03-3581-1101 内線 3498	4 L 8 4 2 7