(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)公表番号
特表2025-503627
(P2025-503627A)
(43)公表日　令和7年2月4日(2025.2.4)

(51)国際特許分類		FI			テーマコード（参考）
Ｈ０１Ｌ	*21/768(2006.01)*	Ｈ０１Ｌ	21/90	Ｂ	５Ｆ０３３
Ｈ０１Ｌ	*21/3205(2006.01)*	Ｈ０１Ｌ	21/88	Ｒ	

審査請求　未請求　予備審査請求　未請求　（全16頁）

(21)出願番号　特願2024-541057(P2024-541057)
(86)(22)出願日　令和4年12月20日(2022.12.20)
(85)翻訳文提出日　令和6年7月8日(2024.7.8)
(86)国際出願番号　PCT/US2022/053521
(87)国際公開番号　WO2023/136914
(87)国際公開日　令和5年7月20日(2023.7.20)
(31)優先権主張番号　17/573,461
(32)優先日　令和4年1月11日(2022.1.11)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(81)指定国・地域　AP(BW,CV,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV
最終頁に続く

(71)出願人　507364838
クアルコム，インコーポレイテッド
アメリカ合衆国 カリフォルニア ９２１２１ サン ディエゴ モアハウス ドライブ ５７７５
(74)代理人　100108453
弁理士　村山 靖彦
(74)代理人　100163522
弁理士　黒田 晋平
(72)発明者　ジュンジン・バオ
アメリカ合衆国・カリフォルニア・９２１２１－１７１４・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライヴ・５７７５・クアルコム・インコーポレイテッド
(72)発明者　ジョン・ジエンホン・ズ
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　低ビア抵抗相互接続構造体

(57)【要約】
低ビア抵抗ビア構造体を含む相互接続構造体が開示される。ビア構造体は、ビア構造体の側壁上及び底部にバリア層を備える。相互接続構造体は、第１の金属層も含む。相互接続構造体は、ビア構造体の底部におけるバリア層と第１の金属層との間に第２の金属層を更に含み、第１の金属層と第２の金属層とは、異なる材料を含む。

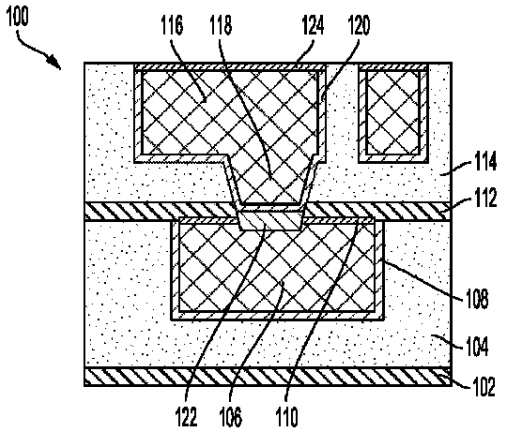


FIG. 1

【特許請求の範囲】
【請求項１】
半導体デバイスの相互接続構造体であって、
ビア構造体であって、前記ビア構造体の側壁上及び底部にバリア層を備える、ビア構造体と、
第１の金属層と、
前記ビア構造体の前記底部における前記バリア層と前記第１の金属層との間の第２の金属層と、
を備え、前記第１の金属層と前記第２の金属層とが、異なる材料を含む、相互接続構造体。
【請求項２】
前記バリア層が、窒化タンタル（ＴａＮ）及びコバルト（Ｃｏ）を含む、請求項１に記載の相互接続構造体。
【請求項３】
前記第１の金属層が、銅（Ｃｕ）を含む、請求項１に記載の相互接続構造体。
【請求項４】
前記第２の金属層が、７×１０$^{-6}$／Ｋ未満の熱膨張係数を有する金属材料を含む、請求項１に記載の相互接続構造体。
【請求項５】
前記金属材料が、タングステン（Ｗ）、モリブデン（Ｍｏ）、クロム（Ｃｒ）、及びルテニウム（Ｒｕ）のうちの少なくとも１つを含む、請求項４に記載の相互接続構造体。
【請求項６】
前記第２の金属層が、５ナノメートル未満の厚さを有する、請求項１に記載の相互接続構造体。
【請求項７】
前記第１の金属層上にキャップ層を更に含む、請求項１に記載の相互接続構造体。
【請求項８】
前記キャップ層が、Ｃｏを含む、請求項７に記載の相互接続構造体。
【請求項９】
前記キャップ層上にエッチング停止層を更に含む、請求項７に記載の相互接続構造体。
【請求項１０】
前記第２の金属層の上面が、前記エッチング停止層の上面と同一平面上にある、又は前記エッチング停止層の前記上面よりも下にある、請求項９に記載の相互接続構造体。
【請求項１１】
前記エッチング停止層が、シリコン炭窒化物（ＳｉＣＮ）及び酸素ドープ炭素（ＯＤＣ）を含む窒化アルミニウム（ＡｌＮ）のうちの少なくとも１つを含む、請求項９に記載の相互接続構造体。
【請求項１２】
半導体デバイスの相互接続構造体を製作する方法であって、
第１の金属層上にビア開口部を形成することと、
前記ビア開口部の底部に、第２の金属層であって、前記第１の金属層と前記第２の金属層とが、異なる材料を含む、第２の金属層を形成することと、
前記ビア開口部の側壁上及び前記底部に、バリア層であって、前記ビア開口部の前記底部の前記バリア層と前記第１の金属層との間に前記第２の金属層がある、バリア層を形成することと、
前記ビア開口部内に金属を堆積させることと、
を含む、方法。
【請求項１３】
前記バリア層が、窒化タンタル（ＴａＮ）及びコバルト（Ｃｏ）を含む、請求項１２に記載の方法。

【請求項１４】
前記バリア層内の前記ＴａＮが、原子層堆積（ＡＬＤ）及び物理気相堆積（ＰＶＤ）によって形成されたＴａＮを含む、請求項１３に記載の方法。
【請求項１５】
前記第１の金属層が、銅（Ｃｕ）を含む、請求項１２に記載の方法。
【請求項１６】
前記第２の金属層が、７×１０$^{-6}$／Ｋ未満の熱膨張係数を有する金属材料を含む、請求項１２に記載の方法。
【請求項１７】
前記金属材料が、タングステン（Ｗ）、モリブデン（Ｍｏ）、クロム（Ｃｒ）、及びルテニウム（Ｒｕ）のうちの少なくとも１つを含む、請求項１６に記載の方法。
【請求項１８】
前記第２の金属層が、無電解析出によって形成される、請求項１２に記載の方法。
【請求項１９】
前記ビア開口部内の前記金属上にキャップ層を形成することを更に含む、請求項１２に記載の方法。
【請求項２０】
前記キャップ層が、Ｃｏを含む、請求項１９に記載の方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示のいくつかの態様は、概して、相互接続部に関し、より詳細には、低ビア抵抗ビア構造体を備える相互接続構造体に関する。
【背景技術】
【０００２】
コンピューティングデバイスは、現代の社会においてますます一般的になっている。初期のコンピュータは部屋の大きさであり、基本的な数学的計算を行うために真空管を使用していた。対照的に、現代のコンピューティングデバイスは、集積回路（ＩＣｓ）に基づいて比較的小さいフットプリントで様々な複雑な機能を提供する。市場からは、ますます小型化する製品に、ますます多くの処理オプションを提供するよう圧力がある。
【０００３】
より小さいフットプリントでのＩＣ機能の継続的な進歩は、製造能力にストレスを与えている。現在のＩＣ製造プロセスは、リソグラフィを利用して、半導体ダイの形でＩＣを作成する。ＩＣは、フロントエンドプロセスで製作された活性半導体層を含み得る。活性半導体層は、様々な半導体デバイスを含むことができる。ＩＣはまた、バックエンドプロセスによって活性半導体層に隣接して形成された相互接続構造体を含み得る。相互接続構造体は、異なる半導体デバイスと外部相互接続部との間の接続を提供するために、それぞれのメタライゼーション層内に配置された金属線を各々有する複数のメタライゼーション層を含み得る。垂直相互接続アクセス（ビア）は、異なるメタライゼーション層の接続を提供するために、メタライゼーション層間に配置され得る。
【発明の概要】
【０００４】
本開示のいくつかの態様は、半導体デバイスの相互接続構造体を提供する。相互接続構造体は、ビア構造体を含み得、ビア構造体は、ビア構造体の側壁上及び底部にバリア層を備える。相互接続構造体はまた、第１の金属層を含んでもよい。相互接続構造体は、ビア構造体の底部におけるバリア層と第１の金属層との間に第２の金属層を更に含み得、第１の金属層と第２の金属層とは、異なる材料を含む。
【０００５】
本開示のいくつかの態様は、半導体デバイスの相互接続構造体を製作する方法を提供する。この方法は、第１の金属層上にビア開口部を形成することを含み得る。この方法は、

ビア開口部の底部に、第２の金属層を形成することも含み得る。第１の金属層と第２の金属層とは、異なる材料を含む。この方法は、ビア開口部の側壁上及び底部に、バリア層を形成することも含み得、ビア開口部の底部のバリア層と第１の金属層との間に第２の金属層がある。この方法は、ビア開口部内に金属を堆積させることを更に含み得る。

【０００６】

この概要は、以下の詳細な説明がより良く理解され得るように、本開示の特徴及び実施形態を概説したものである。本開示の追加の特徴及び実施形態について、以下で説明する。本開示が、本開示の同じ目的を遂行するための他の等価の構造を修正又は設計するための基礎として容易に利用されてもよいことを、当業者は理解されたい。そのような同等な構成は、添付の特許請求の範囲に記載される本開示の教示から逸脱しないことも当業者は認識されたい。本開示の構成と動作方法の両方に関して本開示の特徴と考えられる特徴は、以下の説明が添付の図面に関連して検討されればよりよく理解されよう。しかしながら、図の各々は例示及び説明のために提供されるにすぎず、本開示の範囲を定めるものではないことを明確に理解されたい。

【図面の簡単な説明】

【０００７】

【図１】本開示のいくつかの態様による、低ビア抵抗を有するビア構造体によって接続された第１の金属層及び第２の金属層を備える半導体デバイスの例示的な相互接続構造体を示す。

【図２Ａ】本開示のいくつかの態様による、図１の相互接続構造体１００の例示的な製作プロセスを示す。

【図２Ｂ】本開示のいくつかの態様による、図１の相互接続構造体１００の例示的な製作プロセスを示す。

【図３】図１の相互接続構造体１００の例示的な製作プロセスを示すフローチャートを示す。

【図４】本開示の一態様が使用され得る例示的なワイヤレス通信システムを示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【０００８】

図面を参照して、本開示のいくつかの例示的な態様について説明する。「例示的（ｅｘｅｍｐｌａｒｙ）」という語は、「例、事例、又は例示としての役割を果たすこと」を意味するために本明細書で使用される。「例示的」として本明細書に説明のいずれの態様も、必ずしも他の態様よりも好ましい又は有利であると解釈されるべきではない。

【０００９】

以下に記載された詳細な説明は、添付の図面に関連して、様々な態様について説明することを目的としたものであり、本明細書で説明する概念が実現されることがある態様のみを表すことを目的としたものではない。「発明を実施するための形態」は、様々な概念の完全な理解をもたらすことを目的とする、具体的な詳細を含む。しかしながら、これらの概念がこれらの具体的な詳細なしに実践されてもよいことは、当業者には明らかであろう。場合によっては、そのような概念を不明瞭にすることを回避するために、周知の構造及び構成要素は、ブロック図の形式で示されている。

【００１０】

図１は、本開示のいくつかの態様による、低ビア抵抗を有するビア構造体によって接続された第１の金属層及び第２の金属層を備える半導体デバイスの例示的な相互接続構造体を示す。相互接続構造体１００が、図１に示される。相互接続構造体１００は、第１のエッチング停止層１０２を含む。一例として、第１のエッチング停止層１０２は、シリコン炭窒化物（ＳｉＣＮ）及び酸素ドープ炭素（ＯＤＣ）を含む窒化アルミニウム（ＡｌＮ）のうちの少なくとも１つを含むことができる。相互接続構造体１００は、第１のエッチング停止層１０２上に第１の誘電体層１０４も含む。一例として、第１の誘電体層１０４は、炭素ドープ酸化ケイ素（ＳｉＣＯＨ）を含み得る。相互接続構造体１００は、第１の誘

電体層１０４内に第１の金属層１０６も含む。一例として、第１の金属層１０６は、銅（Ｃｕ）を含み得る。相互接続構造体１００は、第１の誘電体層１０４と第１の金属層１０６との間に第１のバリア層１０８も含む。一例として、第１のバリア層１０８は、第１の誘電体層１０４と第１の金属層１０６との間の第１の窒化タンタル（ＴａＮ）層と、第１のＴａＮ層と第１の金属層１０６との間の第１のコバルト（Ｃｏ）ライナとを含むことができる。相互接続構造体１００は、第１の金属層１０６上に第１のキャップ層１１０も含む。一例として、第１のキャップ層１１０は、Ｃｏを含み得る。

【００１１】

相互接続構造体１００は、第１の誘電体層１０４上及び第１のキャップ層１１０上に第２のエッチング停止層１１２も含む。一例として、第２のエッチング停止層１１２は、ＳｉＣＮ及びＯＤＣを有するＡｌＮのうちの少なくとも１つを含むことができる。相互接続構造体１００は、第２のエッチング停止層１１２上に第２の誘電体層１１４も含む。一例として、第２の誘電体層１１４は、ＳｉＣＯＨを含み得る。相互接続構造体１００は、第２の誘電体層１１４内に第２の金属層１１６及びビア構造体１１８も含む。一例として、第２の金属層１１６は、Ｃｕを含み得る。ビア構造体１１８は、第１の金属層１０６と第２の金属層１１６との間にある。ビア構造体１１８は、ビア構造体１１８の側壁上及び底部の第２のバリア層１２０と、ビア構造体１１８内のビア金属とを含む。一例として、ビア金属はＣｕを含み得る。第２のバリア層１２０はまた、第２の金属層１１６の側壁上及び底部にある。一例として、第２のバリア層１２０は、第２の誘電体層１１４とビア金属との間、及び第２の誘電体層１１４と第２の金属層１１６との間の第２のＴａＮ層と、第２のＴａＮ層とビア金属との間、及び第２のＴａＮ層と第２の金属層１１６との間の、ビア構造体１１８の側壁上、並びに第２の金属層１１６の側壁上及び底部の第２のＣｏライナとを含むことができる。ビア構造体１１８の底部において、第２のＴａＮ層は、第１の金属層１０６とビア金属との間にあってもよく、第２のＣｏライナは、第２のＴａＮ層とビア金属との間にあってもよい。

【００１２】

ＴａＮ層は、室温で物理気相堆積（ＰＶＤ）によって形成され得る。ＰＶＤは、非コンフォーマル堆積プロセスである。ビア構造体１１８の底部におけるＰＶＤ　ＴａＮ層の厚さは、ビア構造体１１８の側壁上のＰＶＤ　ＴａＮ層の厚さの約２倍である。あるいは、ＴａＮ層は、約２７５℃で原子層堆積（ＡＬＤ）によって形成されてもよい。ＡＬＤは、コンフォーマル堆積プロセスである。ビア構造体１１８の底部におけるＡＬＤ　ＴａＮ層の厚さは、ビア構造体１１８の側壁上のＡＬＤ　ＴａＮ層の厚さとほぼ同じである。ビア構造体１１８の底部におけるＴａＮ層の厚さは、ビア構造体１１８のビア抵抗に影響を及ぼすことになる。ビア構造体１１８の底部におけるＴａＮ層がより薄いことにより、ビア構造体１１８のビア抵抗が低減し、相互接続構造体１００の性能が向上する。一方、ＰＶＤ　ＴａＮ層は、ＡＬＤ　ＴａＮ層と比較して、Ｃｏライナとのより良好な接着性を有する。したがって、低ビア抵抗とＣｏライナとの良好な接着性の両方を実現するために、ＡＬＤ　ＴａＮ層をＰＶＤ　ＴａＮ層と組み合わせて、第２のバリア層１２０内に第２のＴａＮ層を形成することができる。例えば、第２のＴａＮ層は、ビア構造体１１８の側壁上に、１６オングストローム（Ａ）の厚さを有するＡＬＤ　ＴａＮ層と、１０Ａの厚さを有するＰＶＤ　ＴａＮ層とを含み得る。ビア構造体１１８の底部において、第２のＴａＮ層は、１６Ａの厚さを有するＡＬＤ　ＴａＮ層と、２０Ａの厚さを有するＰＶＤ　ＴａＮ層とを含み得る。したがって、ビア構造体１１８の底部において、第２のＴａＮ層は、約３６Ａの厚さであり得る。一方、第２のＴａＮ層が、ビア構造体１１８の側壁上に同じＴａＮ層厚さ（２６Ａ）を有するＰＶＤ　ＴａＮ層のみを含む場合、ビア構造体１１８の底部における第２のＴａＮ層の厚さは、約５２Ａであり、これは、３６Ａと比較して厚い。したがって、ＡＬＤ　ＴａＮ層とＰＶＤ　ＴａＮ層とを組み合わせて第２のＴａＮ層を形成することは、低ビア抵抗とＣｏライナとの良好な接着性の両方を実現する。第２のＴａＮ層は、第２の誘電体層１１４と第２のＣｏライナとの間に１１Ａ～２１Ａの厚さを有するＡＬＤ　ＴａＮ層と、ビア構造体１１８の側壁上のＡＬＤ　ＴａＮ層と第２のＣｏライナ

との間に５Ａ～１５Ａの厚さを有するＰＶＤ　ＴａＮ層とを含むことができる。ビア構造体１１８の底部において、ＡＬＤ　ＴａＮ層は、第１の金属層１０６と第２のＣｏライナとの間にあってもよく、ＰＶＤ　ＴａＮ層は、ＡＬＤ　ＴａＮ層と第２のＣｏライナとの間にあってもよい。第２のＣｏライナは、２０Ａ～３０Ａの厚さを有してもよい。第１のＴａＮ層は、ビア構造体１１８のビア抵抗に寄与しないので、第１のＴａＮ層は、ＡＬＤ　ＴａＮ層のみ、ＰＶＤ　ＴａＮ層のみ、又はＡＬＤ　ＴａＮ層とＰＶＤ　ＴａＮ層との組み合わせを含み得る。

【００１３】

上述したように、ＡＬＤは約２７５℃で行われてもよい。この温度は、ＴａＮ（３．６×１０$^{-6}$／Ｋ）とＣｕ（１６．５×１０$^{-6}$／Ｋ）との間の熱膨張係数が異なることに起因して、ビア構造体１１８の底部におけるＡＬＤ　ＴａＮ層と第１の金属層１０６内のＣｕとの間の界面において、応力を発生させる。発生した応力は、界面にボイドが形成され、ビア構造体１１８のビア抵抗が増加する可能性がある。そのような応力を回避するために、相互接続構造体１００は、ビア構造体１１８の底部のＡＬＤ　ＴａＮ層と第１の金属層１０６との間に第３の金属層１２２も備える。一例として、第３の金属層１２２は、７×１０$^{-6}$／Ｋ未満の熱膨張係数を有する金属材料、例えば、タングステン（Ｗ）、モリブデン（Ｍｏ）、クロム（Ｃｒ）、オスミウム（Ｏｓ）、ジルコニウム（Ｚｒ）、ハフニウム（Ｈｆ）、レニウム（Ｒｅ）、セリウム（Ｃｅ）、タンタル（Ｔａ）、ルテニウム（Ｒｕ）、イリジウム（Ｉｒ）、及びプラセオジム（Ｐｒ）を含み得る。第３の金属層１２２は、５ナノメートル（ｎｍ）未満の厚さを有し得る。第３の金属層１２２の上面は、第２のエッチング停止層１１２の上面と同一平面上にある、又は第２のエッチング停止層１１２の上面より下にあり得る。上述の金属材料は、室温で成長し、金属結合を介してＣｕとの良好な接着を達成することができる。上述の金属材料は、ＴａＮと同様の熱膨張係数を有するので、これらの金属材料上のＡＬＤ　ＴａＮ層の接着力は、Ｃｕ上のＡＬＤ　ＴａＮ層の接着力よりも良好である。したがって、第３の金属層１２２を用いると、ビア構造体１１８の底部のＡＬＤ　ＴａＮ層と第１の金属層１０６内のＣｕとの間の界面で生成される応力が小さくなる。第３の金属層１２２は、界面におけるボイドを排除し、ビア構造体１１８のビア抵抗を低減するのに役立つ。相互接続構造体１００は、第２の金属層１１６上に第２のキャップ層１２４を更に含む。一例として、第２のキャップ層１２４はＣｏを含み得る。

【００１４】

上述したように、本開示のいくつかの態様によれば、ビア構造体１１８の底部におけるＡＬＤ　ＴａＮ層とＰＶＤ　ＴａＮ層との組み合わせは、第３の金属層１２２とともに、ビア構造体１１８のビア抵抗を低減し、相互接続構造体１００の性能を改善する。

【００１５】

図２Ａ～図２Ｂは、本開示のいくつかの態様による、図１の相互接続構造体１００の例示的な製作プロセスを示す。図２Ａにおいて、ステージ２００（１）は、半導体デバイスの相互接続構造体内にトレンチ及びビア開口部２０２を形成することを含む。一例として、相互接続構造体は、第１のエッチング停止層２０４を含んでもよい。第１のエッチング停止層２０４は、ＳｉＣＮ及びＯＤＣを有するＡｌＮのうちの少なくとも１つを含むことができる。相互接続構造体は、第１のエッチング停止層２０４上に第１の誘電体層２０６も含み得る。第１の誘電体層２０６は、ＳｉＣＯＨを含み得る。相互接続構造体はまた、第１の誘電体層２０６内に第１の金属層２０８を含んでもよい。第１の金属層２０８は、Ｃｕを含み得る。相互接続構造体はまた、第１の誘電体層２０６と第１の金属層２０８との間に第１のバリア層２１０を含んでもよい。第１のバリア層２１０は、第１の誘電体層２０６と第１の金属層２０８との間の第１のＴａＮ層と、第１のＴａＮ層と第１の金属層２０８との間の第１のＣｏライナとを含み得る。相互接続構造体はまた、第１の金属層２０８上に第１のキャップ層２１２を含んでもよい。第１のキャップ層２１２はＣｏを含んでもよい。相互接続構造体はまた、第１の誘電体層２０６上及び第１のキャップ層２１２上に第２のエッチング停止層２１４を含んでもよい。第２のエッチング停止層２１４は、

ＳｉＣＮ及びＯＤＣを有するＡｌＮのうちの少なくとも１つを含むことができる。相互接続構造体は、第２のエッチング停止層２１４上に第２の誘電体層２１６を更に含み得る。第２の誘電体層２１６は、ＳｉＣＯＨを含み得る。トレンチ及びビア開口部２０２は、第２の誘電体層２１６内に、第２のエッチング停止層２１４及び第１のキャップ層２１２を貫通して形成される。トレンチ及びビア開口部２０２は、第１の金属層２０８内に延びて、第１の金属層２０８内に凹部を形成する。一例として、トレンチ及びビア開口部２０２は、デュアルダマシンプロセスによって形成され得る。

【００１６】

図２Ａにおいて、ステージ２００（２）は、トレンチ及びビア開口部２０２の底部において第１の金属層２０８上に第２の金属層２１８を形成することを含む。一例として、第２の金属層２１８は、Ｗ、Ｍｏ、Ｃｒ、Ｏｓ、Ｚｒ、Ｈｆ、Ｒｅ、Ｃｅ、Ｔａ、Ｒｕ、Ｉｒ、及びＰｒなど、7×10^{-6}／Ｋ未満の熱膨張係数を有する金属材料を含み得る。第２の金属層２１８は、５ｎｍ未満の厚さを有し得る。第２の金属層２１８の上面は、第２のエッチング停止層２１４の上面と同一平面上にある、又は第２のエッチング停止層２１４の上面よりも下にあり得る。一例として、第２の金属層２１８は、室温での無電解析出などの選択的堆積によって形成することができ、金属結合を介して第１の金属層２０８内のＣｕとの良好な接着を達成することができる。

【００１７】

図２Ｂにおいて、ステージ２００（３）は、トレンチ及びビア開口部２０２の側壁上、並びに第２の金属層２１８上に第２のバリア層２２０を形成することを含む。一例として、第２のバリア層２２０は、トレンチ及びビア開口部２０２の側壁上並びに第２の金属層２１８上の第２のＴａＮ層と、第２のＴａＮ層上の第２のＣｏライナとを含み得る。第２のＴａＮ層は、１１Ａ～２１Ａの厚さを有するＡＬＤ　ＴａＮによって形成され、その後、トレンチ及びビア開口部２０２の側壁上に５Ａ～１５Ａの厚さを有するＰＶＤ　ＴａＮによって形成され得る。次に、ＰＶＤ　ＴａＮ上に化学気相堆積（ＣＶＤ）によって第２のＣｏライナを形成することができる。第２のＣｏライナは、２０Ａ～３０Ａの厚さを有することができる。

【００１８】

上述したように、ＰＶＤは非コンフォーマル堆積プロセスである。第２の金属層２１８上のＰＶＤ　ＴａＮ層の厚さは、トレンチ及びビア開口部２０２の側壁上のＰＶＤ　ＴａＮ層の厚さの約２倍である。ＡＬＤは、コンフォーマル堆積プロセスである。第２の金属層２１８上のＡＬＤ　ＴａＮ層の厚さは、トレンチ及びビア開口部２０２の側壁上のＡＬＤ　ＴａＮ層の厚さとほぼ同じである。第２の金属層２１８上の第２のＴａＮ層の厚さは、ビア抵抗に影響を及ぼすことになる。第２の金属層２１８上の第２のＴａＮ層がより薄いことにより、ビア抵抗が低減し、相互接続構造体の性能が向上する。一方、ＰＶＤ　ＴａＮ層は、ＡＬＤ　ＴａＮ層と比較して、Ｃｏライナとのより良好な接着性を有する。したがって、低ビア抵抗とＣｏライナとの良好な接着の両方を実現するために、ＡＬＤ　ＴａＮとＰＶＤ　ＴａＮの組み合わせを使用して、第２のＴａＮ層を形成することができる。たとえＡＬＤが約２７５℃で行われても、第２の金属層２１８がＴａＮと同様の熱膨張係数を有するので、第２のＴａＮ層と第２の金属層２１８との間の界面で生成される応力がより少ないことになる。第２のＴａＮ層と第１の金属層２０８との間への第２の金属層２１８の導入は、トレンチ及びビア開口部２０２の底部におけるボイドを排除し、ビア抵抗を低減するのに役立つ。したがって、相互接続構造体の性能が改善されることになる。

【００１９】

図２Ｂにおいて、ステージ２００（４）は、トレンチ及びビア開口部２０２内に第３の金属を堆積させることを含む。一例として、第３の金属はＣｕを含み得る。ステージ２００（４）は、第３の金属及び第２の誘電体層２１６の化学機械研磨（ＣＭＰ）も含む。ステージ２００（４）は、第３の金属上に第２のキャップ層２２２を形成することを更に含む。一例として、第２のキャップ層２２２はＣｏを含み得る。

【００２０】

図３は、図１の相互接続構造体１００の例示的な製作プロセスを示すフローチャート３００を示す。ブロック３０２は、第１の金属層上にビア開口部を形成することを含む。ブロック３０４は、ビア開口部の底部に第２の金属層を形成することを含む。ブロック３０６は、ビア開口部の側壁上及び底部に、バリア層を形成することを含み、ビア開口部の底部のバリア層と第１の金属層との間に第２の金属層がある。ブロック３０８は、相互接続構造体１００を形成するために、ビア開口部内に金属を堆積させることを含む。

【００２１】

本明細書で開示されるいくつかの態様による低ビア抵抗ビア構造体を含む相互接続構造体は、任意の電子デバイス内に設けられるか、又は任意の電子デバイス内に組み込まれ得る。例には、限定はしないが、セットトップボックス、エンターテイメントユニット、ナビゲーションデバイス、通信デバイス、固定ロケーションデータユニット、モバイルロケーションデータユニット、全地球測位システム（ＧＰＳ）デバイス、モバイルフォン、セルラーフォン、スマートフォン、セッション開始プロトコル（ＳＩＰ）フォン、タブレット、ファブレット、サーバ、コンピュータ、ポータブルコンピュータ、モバイルコンピューティングデバイス、ウェアラブルコンピューティングデバイス（例えば、スマートウォッチ、ヘルス又はフィットネストラッカ、アイウェアなど）、デスクトップコンピュータ、携帯情報端末（ＰＤＡ）、モニタ、コンピュータモニタ、テレビ、チューナ、ラジオ、衛星ラジオ、音楽プレーヤ、デジタル音楽プレーヤ、ポータブル音楽プレーヤ、デジタルビデオプレーヤ、ビデオプレーヤ、デジタルビデオディスク（ＤＶＤ）プレーヤ、ポータブルデジタルビデオプレーヤ、自動車、車両部品、アビオニクスシステム、及びドローンが含まれる。

【００２２】

図４は、本開示の一態様が使用され得る例示的なワイヤレス通信システム４００を示すブロック図である。例示の目的で、図４は、３つのリモートユニット４２０、４３０、及び４５０と、２つの基地局４４０とを示している。ワイヤレス通信システムがこれよりも多くのリモートユニット及び基地局を有してもよいことが認識されよう。リモートユニット４２０、４３０及び４５０は、開示された相互接続構造体を含み得る集積回路（ＩＣ）デバイス４２５Ａ、４２５Ｃ及び４２５Ｂを含む。基地局、スイッチングデバイス、及びネットワーク機器などの他のデバイスも、開示された相互接続構造体を含んでもよいことが認識されよう。図４は、基地局４４０からリモートユニット４２０、４３０、及び４５０への順方向リンク信号４８０と、リモートユニット４２０、４３０、及び４５０から基地局４４０への逆方向リンク信号４９０とを示す。

【００２３】

図４では、リモートユニット４２０はモバイル電話として示され、リモートユニット４３０はポータブルコンピュータとして示され、リモートユニット４５０はワイヤレスローカルループシステム内の固定ロケーションリモートユニットとして示される。例えば、リモートユニットは、モバイルフォン、ハンドヘルドパーソナル通信システム（ＰＣＳ）ユニット、ＰＤＡなどのポータブルデータユニット、ＧＰＳ対応デバイス、ナビゲーションデバイス、セットトップボックス、音楽プレーヤ、ビデオプレーヤ、エンターテイメントユニット、メーター読取り機器などの固定ロケーションデータユニット、又はデータ若しくはコンピュータ命令を記憶するか若しくは取り出す他の通信デバイス、あるいはそれらの組み合わせであってもよい。図４は本開示のいくつかの態様によるリモートユニットを示すが、本開示はこれらの例示的に示されるユニットに限定されない。本開示のいくつかの態様は、開示された相互接続構造体を含む、多くのデバイスにおいて適切に利用することができる。

【００２４】

以下の番号付けされた条項において、実装例について説明する。

【００２５】

条項１：半導体デバイスの相互接続構造体であって、ビア構造体であって、ビア構造体の側壁上及び底部にバリア層を備える、ビア構造体と、第１の金属層と、ビア構造体の底

部におけるバリア層と第１の金属層との間の第２の金属層と、を備え、第１の金属層と第２の金属層とが、異なる材料を含む、相互接続構造体。

【００２６】

条項２：バリア層が、窒化タンタル（ＴａＮ）及びコバルト（Ｃｏ）を含む、条項１に記載の相互接続構造体。

【００２７】

条項３：第１の金属層が、銅（Ｃｕ）を含む、条項１又は条項２に記載の相互接続構造体。

【００２８】

条項４：第２の金属層が、７×１０$^{-6}$／Ｋ未満の熱膨張係数を有する金属材料を含む、条項１～条項３のいずれか一項に記載の相互接続構造体。

【００２９】

条項５：金属材料が、タングステン（Ｗ）、モリブデン（Ｍｏ）、クロム（Ｃｒ）、及びルテニウム（Ｒｕ）のうちの少なくとも１つを含む、条項４に記載の相互接続構造体。

【００３０】

条項６：第２の金属層が、５ナノメートル未満の厚さを有する、条項１～条項５のいずれか一項に記載の相互接続構造体。

【００３１】

条項７：第１の金属層上にキャップ層を更に含む、条項１～条項６のいずれか一項に記載の相互接続構造体。

【００３２】

条項８：キャップ層が、Ｃｏを含む、条項７に記載の相互接続構造体。

【００３３】

条項９：キャップ層上にエッチング停止層を更に含む、条項７又は条項８に記載の相互接続構造体。

【００３４】

条項１０：第２の金属層の上面が、エッチング停止層の上面と同一平面上にある、又はエッチング停止層の上面よりも下にある、条項９に記載の相互接続構造体。

【００３５】

条項１１：エッチング停止層が、シリコン炭窒化物（ＳｉＣＮ）及び酸素ドープ炭素（ＯＤＣ）を含む窒化アルミニウム（ＡｌＮ）のうちの少なくとも１つを含む、条項９又は条項１０に記載の相互接続構造体。

【００３６】

条項１２：半導体デバイスの相互接続構造体を製作する方法であって、第１の金属層上にビア開口部を形成することと、ビア開口部の底部に、第２の金属層であって、第１の金属層と第２の金属層とが、異なる材料を含む、第２の金属層を形成することと、ビア開口部の側壁上及び底部に、バリア層であって、ビア開口部の底部のバリア層と第１の金属層との間に第２の金属層がある、バリア層を形成することと、ビア開口部内に金属を堆積させることと、を含む、方法。

【００３７】

条項１３：バリア層が、窒化タンタル（ＴａＮ）及びコバルト（Ｃｏ）を含む、条項１２に記載の方法。

【００３８】

条項１４：バリア層内のＴａＮが、原子層堆積（ＡＬＤ）及び物理気相堆積（ＰＶＤ）によって形成されたＴａＮを含む、条項１３に記載の方法。

【００３９】

条項１５：第１の金属層が、銅（Ｃｕ）を含む、条項１２～条項１４のいずれか一項に記載の方法。

【００４０】

条項１６：第２の金属層が、７×１０$^{-6}$／Ｋ未満の熱膨張係数を有する金属材料を含

む、条項１２～条項１５のいずれか一項に記載の方法。
【００４１】
条項１７：金属材料が、タングステン（Ｗ）、モリブデン（Ｍｏ）、クロム（Ｃｒ）、及びルテニウム（Ｒｕ）のうちの少なくとも１つを含む、条項１６に記載の方法。
【００４２】
条項１８：第２の金属層が、無電解析出によって形成される、条項１２～条項１７のいずれか一項に記載の方法。
【００４３】
条項１９：ビア開口部内の金属上にキャップ層を形成することを更に含む、条項１２～条項１８のいずれか一項に記載の方法。
【００４４】
条項２０：キャップ層が、Ｃｏを含む、条項１９に記載の方法。
【００４５】
当業者であれば、本明細書に開示のいくつかの態様に関連して説明する種々の例示的な論理ブロック、モジュール、回路、及びアルゴリズムが、電子ハードウェアとして、メモリ内に若しくは別のコンピュータ可読媒体内に記憶され、プロセッサ若しくは他の処理デバイスによって実行される命令として、又は両方の組み合わせとして実装され得ることを更に理解するであろう。本明細書で説明するデバイスは、例として、回路、ハードウェア構成要素、ＩＣ、又はＩＣチップにおいて利用されてもよい。本明細書に開示のメモリは、任意のタイプ及びサイズのメモリであり得、所望される任意のタイプの情報を記憶するように構成され得る。この互換性について明確に説明するために、様々な例示的な構成要素、ブロック、モジュール、回路、及びステップについて、それらの機能性に関して上記で全般的に説明してきた。このような機能性がどのように実装されるかは、特定の適用例、設計上の選択、及び／又はシステム全体に課される設計制約によって決まる。当業者は、説明する機能性を特定の用途毎に様々な方法で実現し得るが、そのような実装決定は、本開示の範囲からの逸脱を引き起こすものと解釈されるべきではない。
【００４６】
本明細書における例示的な態様のうちのいずれかで説明されている動作ステップは、例及び論述を提供するために記載されていることにも留意されたい。説明されている動作は、図示のシーケンス以外の多数の異なるシーケンスで実施され得る。更に、単一の動作ステップで説明されている動作は、実際にはいくつかの異なるステップで実施され得る。加えて、例示的な態様において論述されている１つ又は複数の動作ステップは組み合わされてもよい。当業者には容易に明らかになるように、任意のフローチャート図に示されている動作ステップには多数の異なる修正がなされる場合があることを理解されたい。当業者であれば、様々な異なる技術及び技法のうちのいずれかを使用して情報及び信号が表され得ることも理解するであろう。例えば、上記の説明全体にわたって言及され得るデータ、命令、コマンド、情報、信号、ビット、シンボル、及びチップは、電圧、電流、電磁波、磁場若しくは磁性粒子、光場若しくは光学粒子、又はそれらの任意の組み合わせによって表されてもよい。
【００４７】
本開示の前述の説明は、あらゆる当業者が本開示を作成又は使用することが可能となるように提供される。本開示に対する様々な修正が、当業者には容易に明らかとなり、本明細書で定義されている一般的原理は、本開示の趣旨又は範囲から逸脱することなく、他の変形例に適用することができる。したがって、本開示は、本明細書に説明の例及び設計に限定することを意図するものでなく、本明細書に開示の原理及び特徴と一致する最も広い範囲を与えられるべきである。
【符号の説明】
【００４８】
１００　相互接続構造体
１０２　第１のエッチング停止層

１０４　第１の誘電体層
１０６　第１の金属層
１０８　第１のバリア層
１１０　第１のキャップ層
１１２　第２のエッチング停止層
１１４　第２の誘電体層
１１６　第２の金属層
１１８　ビア構造体
１２０　第２のバリア層
１２２　第３の金属層
１２４　第２のキャップ層
２００　ステージ
２０２　ビア開口部
２０４　第１のエッチング停止層
２０６　第１の誘電体層
２０８　第１の金属層
２１０　第１のバリア層
２１２　第１のキャップ層
２１４　第２のエッチング停止層
２１６　第２の誘電体層
２１８　第２の金属層
２２０　第２のバリア層
２２２　第２のキャップ層
４００　ワイヤレス通信システム
４２０　リモートユニット
４２５Ａ　デバイス
４２５Ｂ　デバイス
４２５Ｃ　デバイス
４３０　リモートユニット
４４０　基地局
４５０　リモートユニット
４８０　順方向リンク信号
４９０　逆方向リンク信号

【図面】

【図１】

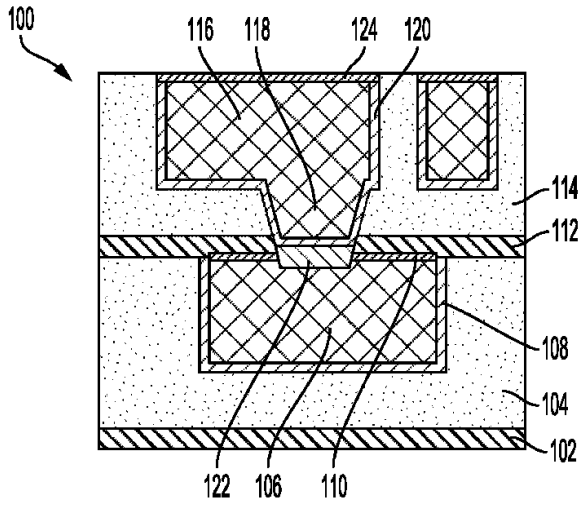


FIG. 1

【図２Ａ】

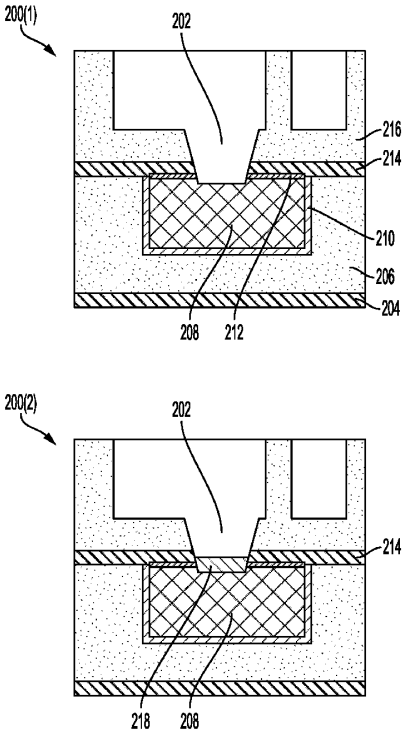


FIG. 2A

【図２Ｂ】

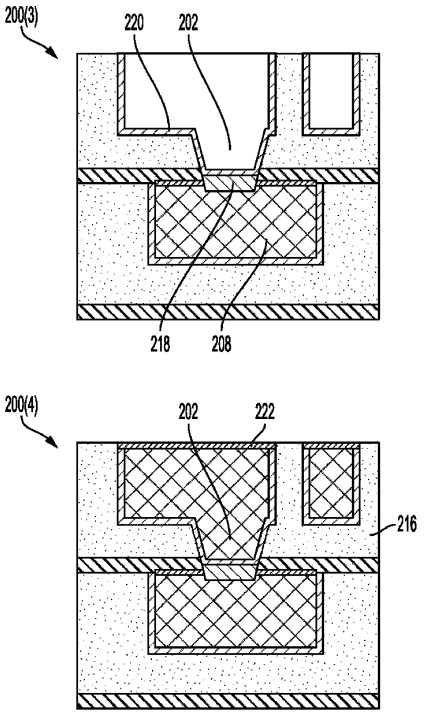
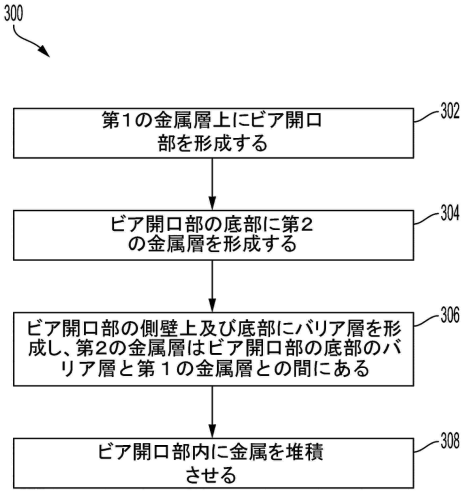


FIG. 2B

【図３】



【図４】

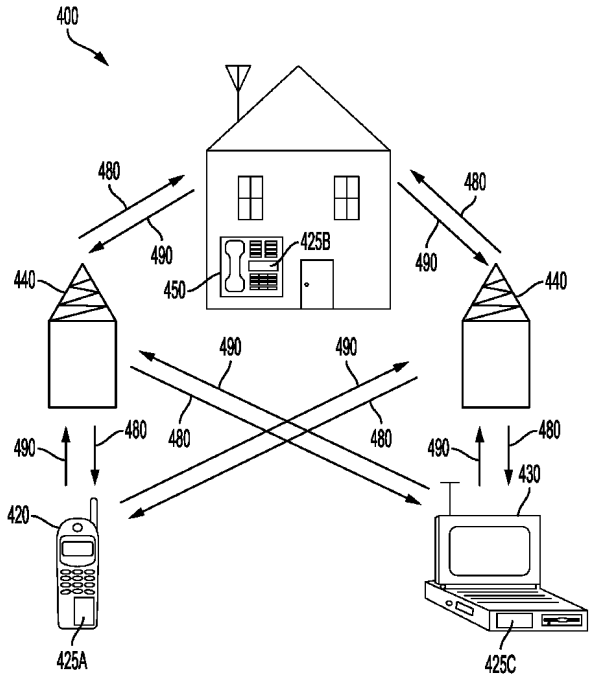


FIG. 4

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2022/053521

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01L21/768 H01L23/485 H01L23/522 H01L23/532
ADD.

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)
H01L

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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2014/183738 A1 (JEZEWSKI CHRISTOPHER J [US] ET AL) 3 July 2014 (2014-07-03) paragraph [0033] - paragraph [0049]; figures 5A-5F	1-20
X	US 2021/296172 A1 (PARK CHANRO [US] ET AL) 23 September 2021 (2021-09-23)	1
A	paragraph [0010]; figure 3	7-10,19, 20
A	US 2020/144117 A1 (PARIKH SUKETU ARUN [US] ET AL) 7 May 2020 (2020-05-07) paragraph [0056]	11
A	EP 3 503 168 A1 (INTEL CORP [US]) 26 June 2019 (2019-06-26) figure 3b	1

☐ 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	Date of mailing of the international search report
29 March 2023	04/04/2023

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Hedouin, Mathias

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/US2022/053521

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2014183738 A1	03-07-2014	CN 104813446 A	29-07-2015
		CN 107452711 A	08-12-2017
		DE 112013005829 T5	24-09-2015
		GB 2522825 A	05-08-2015
		GB 2562626 A	21-11-2018
		KR 20150070339 A	24-06-2015
		TW 201442184 A	01-11-2014
		US 2014183738 A1	03-07-2014
		WO 2014105477 A1	03-07-2014
US 2021296172 A1	23-09-2021	NONE	
US 2020144117 A1	07-05-2020	CN 111146143 A	12-05-2020
		KR 20200050405 A	11-05-2020
		TW 202036789 A	01-10-2020
		US 10629484 B1	21-04-2020
		US 2020219768 A1	09-07-2020
		US 2021166973 A1	03-06-2021
EP 3503168 A1	26-06-2019	CN 107004597 A	01-08-2017
		CN 109216267 A	15-01-2019
		CN 115547924 A	30-12-2022
		EP 3238235 A1	01-11-2017
		EP 3503168 A1	26-06-2019
		KR 20170095829 A	23-08-2017
		TW 201639035 A	01-11-2016
		TW 202013514 A	01-04-2020
		US 2017338148 A1	23-11-2017
		US 2018350672 A1	06-12-2018
		US 2019221478 A1	18-07-2019
		US 2020090992 A1	19-03-2020
		WO 2016105400 A1	30-06-2016

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (April 2005)

フロントページの続き

,MC,ME,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CV,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,IR,IS,IT,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

アメリカ合衆国・カリフォルニア・９２１２１－１７１４・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライヴ・５７７５・クアルコム・インコーポレイテッド

(72)発明者　ギリダール・ナラパティ

アメリカ合衆国・カリフォルニア・９２１２１－１７１４・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライヴ・５７７５・クアルコム・インコーポレイテッド

Ｆターム（参考）　5F033　HH07 HH11 HH15 HH32 JJ01 JJ07 JJ11 JJ15 JJ17 JJ19
JJ20 JJ21 JJ32 KK11 KK15 KK32 MM02 MM05 MM12 MM13 NN03
NN06 NN07 PP06 PP14 PP28 PP33 QQ23 QQ25 QQ48 RR01 RR02
RR05 RR12 WW02 XX09 XX10 XX13 XX14