(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)公表番号
特表2024-501876
(P2024-501876A)
(43)公表日　令和6年1月16日(2024.1.16)

(51)国際特許分類			FI			テーマコード（参考）
H01L	*23/36*	*(2006.01)*	H01L	23/36	D	5F047
H01L	*21/52*	*(2006.01)*	H01L	21/52	E	5F136

審査請求　未請求　予備審査請求　未請求　（全14頁）

(21)出願番号　特願2023-540529(P2023-540529)
(86)(22)出願日　令和3年12月28日(2021.12.28)
(85)翻訳文提出日　令和5年8月22日(2023.8.22)
(86)国際出願番号　PCT/US2021/065266
(87)国際公開番号　WO2022/146953
(87)国際公開日　令和4年7月7日(2022.7.7)
(31)優先権主張番号　17/138,541
(32)優先日　令和2年12月30日(2020.12.30)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(81)指定国・地域　AP(BW,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,MC,
最終頁に続く

(71)出願人　507107291
テキサス インスツルメンツ インコーポレイテッド
アメリカ合衆国 テキサス州 ７５２６５－５４７４ ダラス メイル ステイション ３９９９ ピーオーボックス ６５５４７４
(74)代理人　230129078
弁護士　佐藤 仁
(72)発明者　ベンジャミン スタッセン クック
アメリカ合衆国 ９５０３２ カリフォルニア州 サンタ クララ， ロマ ヴィスタ アヴェニュー １５５４１
(72)発明者　ナジラ ダドバンド
アメリカ合衆国 ９５０５１ カリフォルニア州 サンタ クララ， セミコンダク
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　熱伝導性ウェハ層

(57)【要約】
記載される例において、熱伝導性表面層を備える半導体ウェハ（５０２）が、第１の表面及び第２の表面を有するバルク半導体層と、第１の表面上の回路要素と、第１の表面又は第２の表面に取り付けられる金属層（５１０）と、金属層（５１０）に取り付けられるグラフェン層（５１２）とを含む。第１の表面は第２の表面と対向する。金属層（５１０）は遷移金属を含む。

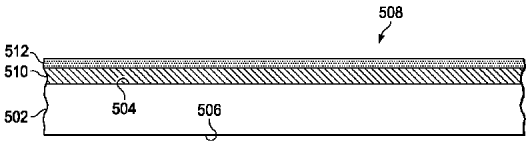


FIG. 5B

【特許請求の範囲】
【請求項１】
半導体ウェハであって、
対向する第１の表面及び第２の表面を有するバルク半導体層と、
前記第１の表面上の回路要素と、
前記第１の表面又は前記第２の表面に取り付けられる金属層であって、遷移金属を含む前記金属層と、
前記金属層に取り付けられたグラフェン層と、
を含む、半導体ウェハ。
【請求項２】
請求項１に記載の半導体ウェハであって、前記遷移金属が、銀、ニッケル、ルテニウム、コバルト、モリブデン、イリジウムのうちの一つである、半導体ウェハ。
【請求項３】
請求項１に記載の半導体ウェハであって、前記第２の表面と前記金属層との間に誘電体層を更に含む、半導体ウェハ。
【請求項４】
請求項３に記載の半導体ウェハであって、前記誘電体層が１ナノメートル未満の厚みである、半導体ウェハ。
【請求項５】
請求項１に記載の半導体ウェハであって、前記グラフェンシートが内部粒子境界を含む、半導体ウェハ。
【請求項６】
半導体ウェハであって、
対向する第１の表面及び第２の表面を有するバルク半導体層と、
前記第１の表面上の回路要素と、
インクの液滴の層と、
を含み、
前記インク中に金属ナノ粒子が懸濁又は溶解され、前記液滴が、前記第１の表面又は前記第２の表面上に存在するか、又は前記第１の表面又は前記第２の表面に対してかつ近接して取り付けられる材料の表面上に存在し、前記金属ナノ粒子が遷移金属を含み、前記金属ナノ粒子の少なくとも幾らかが炭素粒子を含む、
半導体ウェハ。
【請求項７】
請求項６に記載の半導体ウェハであって、前記遷移金属が、銀、ニッケル、ルテニウム、コバルト、モリブデン、イリジウムのうちの少なくとも一つである、半導体ウェハ。
【請求項８】
請求項６に記載の半導体ウェハであって、前記第２の表面と前記液滴の層との間に誘電体層を更に含む、半導体ウェハ。
【請求項９】
請求項８に記載の半導体ウェハであって、前記誘電体層が１ナノメートル未満の厚みである、半導体ウェハ。
【請求項１０】
請求項６に記載の半導体ウェハであって、前記金属ナノ粒子が直径が４ｎｍ～１５０ｎｍである、半導体ウェハ。
【請求項１１】
熱伝導層を含むように半導体ウェハを製造する方法であって、前記ウェハが対向する第１の表面及び第２の表面を有し、前記方法が、
ａ）　前記第１の表面上に回路要素を作製することと、
ｂ）　インクジェットプリンタを用いて、特定の表面上に金属ナノ粒子を堆積させることであって、前記金属ナノ粒子の少なくとも幾らかが１つ又はそれ以上の炭素粒子を含み

、前記特定の表面が前記第１の表面又は前記第２の表面である、前記堆積させることと、
ｃ）　工程ａ）の後に、前記特定の表面上に金属層を形成し、前記金属層上にグラフェン層を形成するために、前記特定の表面上の前記金属ナノ粒子を焼結することと、
を含む、方法。
【請求項１２】
請求項１１に記載の方法であって、工程ｂ）の前に、アーク反応器を用いて、遷移金属及び炭素を蒸発させて前記金属ナノ粒子を形成することを更に含む、方法。
【請求項１３】
請求項１１に記載の方法であって、前記特定の表面上に堆積させることが、前記特定の表面上に直接堆積させること、又は、前記特定の表面に対してかつ前記特定の表面に近接して取り付けられる材料の表面上に堆積させることのいずれかを意味する、方法。
【請求項１４】
請求項１１に記載の方法であって、工程ｂ）の前に、誘電体層又は１つ又はそれ以上の金属層を前記第２の表面上に作製することを更に含む、方法。
【請求項１５】
請求項１１に記載の方法であって、工程ｂ）の前に、前記第１の表面に接着剤を付加することと、前記第１の表面をガラスキャリアに結合するために前記接着剤を用いることとを更に含む、方法。
【請求項１６】
請求項１１に記載の方法であって、工程ｃ）の後に、前記ガラスキャリアを取り除き、前記ウェハを個別のダイにダイシングすることを更に含む、方法。
【請求項１７】
請求項１１に記載の方法であって、工程ｂ）の前に、前記ウェハの厚みを減少させるために前記第２の表面を研削することを更に含む、方法。
【請求項１８】
請求項１１に記載の方法であって、工程ｂ）が、前記金属ナノ粒子が溶解又は懸濁されているインクの液滴を前記インクジェットプリンタが堆積させることを含む、方法。
【請求項１９】
請求項１８に記載の方法であって、前記液滴の直径の上限が２００ｎｍ～１ミクロンである、方法。
【請求項２０】
請求項１１に記載の方法であって、前記金属ナノ粒子が直径が４ｎｍ～１５０ｎｍである、方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本願は概して、半導体デバイス製造に関し、より詳細には、基板のための熱伝導性コーティングに関する。
【０００２】
図１（従来技術）は、表面１０２上に材料を堆積させるために用いられるドロップオンデマンドのインクジェットプリンタ１００の例示の側面図を示す。図１に示すように、ドロップオンデマンドのインクジェットプリンタ１００は、容器(reservoir)１０６によって供給される材料を放出するノズル１０４を含む。アクチュエータ（図示せず）が、特定の時間に（オンデマンドで）、ノズル１０４から材料を液滴１０８として放出させる。液滴１０８は、表面１０２に衝突し表面１０２により吸着されて、表面張力によってまとまった液状ビーズ（bead）１１０を形成する。インクジェットプリンタ１００が表面１０２の上を移動するときにノズル１０４から吐出される液滴１０８のタイミングが、結果として形成されるパターンを決定する。
【０００３】
他のインクジェットプリンタ構成も利用可能である。或る表面上に材料を選択的に堆積

するために、連続インクジェットプリンタ（図示せず）を用いることもできる。連続インクジェットプリンタは、インクジェットノズルと基板表面との間に配置されるキャッチャーを用いる。キャッチャーは、液滴材料を捕らえ、キャッチャーが偏向されないとき液滴材料を容器に戻して、インクジェットプリンタが液滴を連続的に形成及び放出することを可能にする。キャッチャーがインクジェットノズルと基板表面との間の中間位置から離れて偏向され、液滴が基板表面に到達することを可能にするときに、堆積が生じる。熱作動（actuation）、圧電作動、電気力学的作動、及び音響作動インクジェットプリンタなど、様々なタイプの液滴堆積作動を用いることができる。

【０００４】

半導体デバイス関連材料の堆積に用いられるインクジェットプリンタ、及び本明細書で用いられるような名詞「インクジェットプリンタ」は、ビジネスオフィスにおいて、読みやすい文書及び画像を印刷するために用いられるインクジェットプリンタではない。そうではなく、本明細書で用いる場合の「インクジェットプリンタ」は、通常はピコリットル又はフェムトリットルの縮尺で、半導体ウェハ表面上に或る量の液体（「インク」）を堆積させるための機構を指し、いわゆる「インク」は、懸濁液中の半導体処理関連ナノ粒子及び／又は前駆体を含む。その後インクは乾燥され、懸濁材料がアニールされて、インクが堆積された表面上に永久構造を形成することができる。インクジェットプリンタ１００から表面１０２にナノ粒子を届けるために用いられる液体及び他の搬送媒体の不要成分は、アニーリング又は焼結プロセスによってウェハ表面から揮発され、表面１０２上に所望の堆積材料が残る。ビジネスオフィスのインクジェットプリンタと本明細書に記載されるようなインクジェットプリンタとは幾つかの類似の機能を有するので、「インクジェットプリンタ」という用語が用いられている。

【０００５】

本明細書に記載のインクジェット印刷は、非接触でアディティブな製造及びパターン化プロセスである。（「非接触」とは、堆積装置、即ちインクジェットプリンタ、と基板表面との間の接触がないことを指す。）材料は、概してマスク又はステンシルを使用せずに、層毎に特定のパターンで直接堆積され、特定のパターンは、表面の一部分上への従来のようなパターン化された堆積、又は、表面全体にわたるブランケット堆積に対応し得る。インクが堆積されると、インクは、乾燥され、アニール又は焼結されて、所望の層が形成される。インクジェット印刷は、それぞれのインク中に、導体、誘電体、セラミック、酸化物、及び半導体を含む様々な材料を含めることによって、或る表面上で種々の材料をパターン化するのに有用である。

【０００６】

図２（従来技術）は、ウェハ２０２の例示の図２００を示す。概して、半導体デバイスは、本明細書では「フロント」表面２０４と称する、ウェハ２０２の一方の表面上に作製される。「フロント」表面に対向する表面は、本明細書では「裏側」表面２０６又は「裏側」２０６と称する。熱伝導を高めるために裏側表面２０６上に裏側金属層２０８が作製される。金属層２０８は、通常は銅を含むが、他の高度に熱伝導性の金属を用いることもできる。

【０００７】

デバイスにおける高い局所的な電力消費は、著しい局所的な熱を発生させる可能性があり、これはデバイスが構築される基板を反らせる恐れがあり、又はデバイス構成要素における破壊的な化学反応を引き起こす恐れがある。伝導性金属層２０８は、ウェハ２０２全体にわたって熱を拡散させ、高温を非局在化させ、取り付けられるヒートシンクなどを介して熱放散を促進する。

【０００８】

図３（従来技術）は、図２のウェハ２０２（又は他の基板）の裏側表面２０６上に裏側金属層２０８を作製するための例示の工程３００を示す。工程３０２において、ウェハ２０２のフロント表面２０４がパターン化されて、伝導性金属又はポリシリコンなどのパターン材料３０４が、エッチングプロセスを用いてつくられたトレンチ３０６を充填する。

エッチングプロセスは、例えば、フォトレジストスピンオン、フォトレジストの光学露光、（ポジ型フォトレジスト又はネガ型フォトレジストのいずれが用いられるかに応じて）フォトレジストの露光された部分又は露光されていない部分を除去するためのフォトレジストの現像、及びトレンチ３０６をつくるためのエッチングを含むことができる。工程３０８において、接着剤３１０が、ウェハ２０２のフロント表面２０４を覆うように塗布される。工程３１２において、ウェハ２０２を把持して操作するための安全なハンドルとして有用なガラスキャリア３１４が、接着剤３１０に接着される。工程３１６において、両面研削テープ３１８がガラスキャリア３１４に接着される。工程３２０において、ウェハ２０２はガラスキャリア３１４を用いて裏返され、研削テープ３１８は、安定した表面（図示せず）上に貼り付けられる。ウェハ２０２の厚みを、例えば、６８０～７００ミクロンの厚みから５０ミクロンの厚みまで低減するように、グラインダ３２２が準備される。工程３２４において、ウェハ２０２の厚みがグラインダ３２２によって低減される。工程３２６において、ウェハ２０２、接着剤３１０、及びガラスキャリア３１４が、研削テープ３１８及び安定した表面から取り除かれる。

【０００９】

工程３２７において、ＴｉＷ（チタン－タングステン合金）層３２８が、ウェハ２０２の裏側表面２０４上に堆積され、ＴｉＷ層３２８上に銅層３３０が堆積される。工程３３２において、フォトレジスト３３４の層が、銅層３３０上のウェハ２０２上に回転塗布（spin onto）される。次いで、スクライブラインに対応するフォトレジスト３３４の領域３３６にはフォトレジスト３３４がないように、フォトレジスト３３４の層が（例えば、光学露光及び現像を用いて）パターン化される。スクライブライン領域３３６は、回路を損傷することなくウェハ２０２を個別のダイに切断しても問題のない、ダイ間の位置である。工程３３８において、ウェハ２０２の裏側２０４がエッチングされて、領域３３６に対応するＴｉＷ層３２８及び銅層３３０の部分が取り除かれる。工程３４０及び工程３４２において、ウェハ２０２の裏側２０４は、後続のダイシング（ダイ分離）を容易にするために更にエッチングされる。

【００１０】

工程３４４において、両面ダイシングテープ３４６が、フォトレジスト３３４の層に接着され、ウェハ２０２を安定した表面上の適所に保持するために用いられる。工程３４８において、ガラスキャリア３１４は、例えば、レーザー剥離（debonding）を用いて取り除かれる。工程３５０において、ウェハ２０２を個別のダイに切断するために、スクライブラインに沿ってダイシングが行われる。

【発明の概要】

【００１１】

記載される例において、熱伝導性表面層を備える半導体ウェハが、第１の表面及び第２の表面を有するバルク半導体層と、第１の表面上の回路要素と、第１の表面又は第２の表面に取り付けられた金属層と、金属層に取り付けられたグラフェン層とを含む。第１の表面は第２の表面と対向する。金属層は遷移金属を含む。

【図面の簡単な説明】

【００１２】

【図１】図１（従来技術）は、表面上に材料を堆積させるために用いられるドロップオンデマンドのインクジェットプリンタの例示の側面図を示す。

【００１３】

【図２】図２（従来技術）は、熱伝導を向上させるためにウェハ裏側表面上に作製された裏側金属層の図を示す。

【００１４】

【図３】図３（従来技術）は、図２のウェハの裏側表面上に裏側金属を作製するプロセスを示す。

【００１５】

【図４Ａ】金属ナノ粒子を作製するための例示のプロセスの図を示す。

【００１６】
【図４Ｂ】金属ナノ粒子の例示の図を示す。
【００１７】
【図５Ａ】様々な炭素種の粒子が埋め込まれた金属ナノ粒子を含む、ウェハの裏側に液滴状に堆積された金属ナノ粒子の層を有するウェハの例示の図を示す。
【００１８】
【図５Ｂ】熱伝導裏側層を形成するための金属ナノ粒子の層の焼結後のウェハの例示の図を示す。
【００１９】
【図６】ウェハの裏側表面上に熱伝導層を作製するための例示のプロセスを示す。
【００２０】
【図７】図６の工程６３０の代替の実施例を示し、この実施例において、ＴｉＷの層及びＣｕの層などの１つ又は複数の金属層が、ウェハの裏側に付加される。
【発明を実施するための形態】
【００２１】
図４Ａは、金属性ナノ粒子４０２を作製するための例示のプロセス４００の図を示す。導入によって、幾つかの金属性ナノ粒子４０２が、炭素種粒子と共に埋め込まれる。そのような金属-炭素ナノ粒子は、図５Ａ及び図５Ｂに関して更に説明するように、半導体ウェハ５０２の裏側５０４に熱伝導層を作製するのに有用である。グラフェンも好ましい高い熱伝導率を提供し得、これは通常、Ｗ/ｍＫ（ワット／メートル－ケルビン）で測定される。アモルファスカーボンは、約１．７Ｗ／ｍＫの熱伝導率を有し、純銅は、約４０１Ｗ／ｍＫの熱伝導率を有するが、グラフェンは、２０００～２５００Ｗ／ｍＫの熱伝導率を有する。
【００２２】
図４Ａは、遷移金属４０４及び固体炭素４０６（例えば、非晶質又はグラファイト炭素ロッド）が、アーク反応器４１０内で高パワー電流４０８を印加することによって気化されて、金属性ナノ粒子４０２を形成することを示す。特に、銀、ニッケル、ルテニウム、コバルト、モリブデン、及びイリジウムなどの遷移金属は、概して、固体形態の六面表面構造を有する。（金属成分はその反応性を考慮して選択される。反応性が強すぎる金属は、相変態に起因する微細構造の変化に関連して、最終製品の構造的不安定性につながる恐れがある。）また、六面構造の遷移金属上に核形成する（nucleate）炭素は、六面構造で成長してグラフェンを形成しやすい。従って、金属及び炭素が冷えると、金属性ナノ粒子４０２が形成され、これには、炭素粒子が埋め込まれた金属性ナノ粒子４０２が含まれる。図４Ａのプロセス４００によって生成される金属性ナノ粒子４０２は、直径が概して４～１５０ｎｍである。概して、より小さい粒径は、より大きい粒径と比較してより高い表面積に起因する熱伝導率の増加に対応する。実験の設計は、気化エネルギー、チャンバのサイズ及び形状、反応物の形状及び内容、並びに冷却速度などのパラメータを最適化することによって、粒子生成プロセスを最適化するためのアークツールを較正するのに有用である。一部の金属性ナノ粒子４０２が、埋め込まれた炭素粒子を伴わずに形成する一方、一部の金属性ナノ粒子４０２は、複数の炭素粒子を伴って形成する。様々な炭素種が、この段階で金属性ナノ粒子４０２に埋め込まれ得る。しかしながら、焼成工程（これは、図５Ａ及び図５Ｂに関して説明する、ウェハ５０２上に裏側５０４熱伝導層を堆積させるためのプロセスの一部である）を経ると、炭素の初期種にかかわらず、金属から生じて再構成する炭素となってグラフェン炭素を形成する。
【００２３】
図４Ｂは、金属性ナノ粒子４０２の例示の図４１２を示す。ナノ粒子４０２は、金属４１６及びグラフェン小板４１４を含む。グラフェン小板は、二次元グラファイトシートの単層又は多層部分であり、六面格子構造を有する。
【００２４】
図５Ａは、ウェハ５０２の例示の図５００を示し、様々な炭素種の微粒子が埋め込まれ

た金属性ナノ粒子４０２を含んで、ウェハ５０２の裏側５０４上に液滴状に堆積された金属性ナノ粒子４０２の層を有する。堆積は、回路（パターン材料６０８、図６参照）が、ウェハ５０２のフロント側５０６（フロント表面）上に形成された後に行われる。回路は、ウェハ５０２のフロント側５０６に対して取り付けられた（その中又はその上に作製された）電気的機能構造を含むことができる。金属性ナノ粒子４０２の堆積は、ウェハ５０２の裏側５０４で行われ、従って、ウェハ５０２のバルクの、ウェハ５０２及び回路のフロントとは反対側にある。本明細書で用いる場合、ウェハの表面上への堆積は、ウェハの表面上に直接堆積すること、又は、ウェハの表面に対して取り付けられた及びウェハの表面に近接して取り付けられる材料の表面上に堆積することのいずれかを意味する。

【００２５】

堆積は、金属性ナノ粒子４０２が凝集（clump）しないように、例えば、図１に関して記載されたようなインクジェットプリンタ１００によって、ナノ粒子４０２がインク中に溶解又は懸濁された状態で、有効に行われる。ナノ粒子４０２は、不均一に堆積され得る。堆積に用いられる液滴は、例えば、２００ｎｍ～１ミクロンの上限直径を有し得る。例えば、８～２０立方パスカルの粘度で、２８～３２ｍＮ/ｍ（ミリニュートン／メートル）の表面張力で、４～９のｐＨの、直径２００ｎｍ以下の液滴を用いることができる。液滴の複数の層が概して用いられ、堆積される液滴の層の数は、設計された有効熱コンダクタンスに依存する。基板表面は、基板表面へのナノ粒子担持インクの均一な接着を可能にするために、印刷前に準備され得る。

【００２６】

より大きな液滴を堆積させるインクジェットプリンタであれば、より大きな金属性ナノ粒子４０２を用いることが可能となる。小さな（４～１５０ｎｍ）金属性ナノ粒子４０２の場合、金属性ナノ粒子４０２が重なるか又は凝集し得る。より大きい金属性ナノ粒子４０２は重なり及び凝集を低減し、これにより、焼結後のグラフェンシート５１２内により少ない粒子境界を有するグラフェンシート５１２（図５Ｂ）作製が可能となる。（グラフェンシート５１２は、本明細書ではグラフェン層とも称する。）粒子境界は電子散乱を引き起こす。粒子境界が少なくなると熱伝導率が改善される。概して、焼結は、（以下で更に説明するように）グラフェンシート５１２を形成するように、ボイドや、形成された金属層から出てこない炭素などの、或る量の介在物をもたらす。より少ない介在物は、より高い熱伝導率と相関する。従って、焼結プロセスは、介在物を低減するように設計され得る。

【００２７】

図５Ｂは、熱伝導裏側層５０４を形成するための金属性ナノ粒子４０２の層の焼結後の、ウェハ５０２の例示の図５０８を示す。金属性ナノ粒子４０２が堆積された後（図５Ａ）、それらは、例えば４００℃（摂氏）未満、概して２５０℃～３００℃の温度で焼結される。温度制限は、ウェハ５０２のフロント側５０６上に予め作製された回路に関連する。４００℃を超える温度は回路を損傷させる可能性がある。

【００２８】

例えばオーブン（図示せず）などの加熱装置が、金属ナノ粒子４０２を焼結（加熱）して溶融させる。溶融した金属が冷えるにつれて、炭素含有ナノ粒子４０２からの炭素は、流れる金属から金属の表面まで上昇する。炭素は再構成し、金属の六角形に構造化された冷却表面上にシーディングして、グラフェンシート５１２を形成する。従って、金属から出てくる炭素は、固化する金属の六面表面構造に合致するように再配置され、これは、炭素がグラフェンを形成することを意味する。グラフェンシート５１２は、例えば、数単分子層（原子分子層）の厚みとし得る。図５Ｂはまた、溶融した金属性ナノ粒子５１０を示す。溶融した金属性ナノ粒子５１０は均一シートとして示されているが、頂部及び底部表面は、溶融した金属性ナノ粒子５１０に対応する層の焼結ナノ粒子起源を反映して、ある程度粗くなり得る。図４Ａに関して上述したように、グラフェンシート５１２は高度に伝導性であり、より薄い熱伝導性裏側層５０４を可能にし、その結果、ウェハ５０２の反りが減少する傾向がある。従って、より薄い熱伝導裏側層５０４は、ウェハ５０２の応力及

び関連する反りを低減する。例えば、厚みが数ミクロン以下の裏側層５０４は、ウェハ５０２にかかる過度の応力を回避し得る。焼結の結果、溶融した金属性ナノ粒子５１０は、ウェハ５０２の裏側表面５０４に対してかつそれに近接して取り付けられる。従って、溶融した金属性ナノ粒子５１０は、ウェハ５０２の裏側表面５０４に直接取り付けられるか、又は、ウェハ５０２の裏側表面５０４に重なり直接的又は間接的に取り付けられる層に取り付けられる。グラフェンシート５１２は、それが、溶融した金属性ナノ粒子５１０の層に固定的に結合される（取り付けられる）ように形成される。

【００２９】

図６は、ウェハ６０６の裏側表面６０１上に熱伝導性層を作製するための例示のプロセスを示す。工程６０２において、ウェハ６０６のフロント表面６０４がパターン化されて、伝導性金属又はポリシリコンなどのパターン材料６０８が（図３に関して説明したものと同様に）エッチングプロセスを用いて予めつくられたトレンチ６１０を充填する。幾つかの例において、パターン材料６０８が、回路を形成するように配置（設計）される。工程６１２において、接着剤６１４が、ウェハ６０６のフロント表面６０４を覆うように塗布される。工程６１６において、ウェハ６０６を把持して操作するための安全なハンドルとして有用なガラスキャリア６１８が、接着剤６１４に貼り付けられる。工程６２０において、両面研削テープ６２２がガラスキャリア６１８に接着される。工程６２４において、ガラスキャリア６１８を用いてウェハ６０６を裏返し、研削テープ６２２を安定した表面（図示せず）に接着し、それによってウェハ６０６を適所に保持する。ウェハ６０６の厚みを第１の厚み（例えば、６８０～７００ミクロン）から第２の厚み（例えば、５０ミクロン）まで減少させるようにグラインダ６２６が準備される。工程６２８において、ウェハの厚みは、グラインダ６２６によって低減される。

【００３０】

工程６３０において、ウェハ６０６、接着剤６１４、及びガラスキャリア６１８が、研削テープ６２２及び安定した表面から取り除かれる。また、工程６３０において、SiO_2層６３２がウェハ６０６の裏側６０１に付加される。SiO_2層６３２は、誘電体層を提供するために付加するのに有用であるが、その後付加される熱伝導層（グラフェン層６３６）の効果的な機能を可能にするため、例えば数１０分の１ｎｍの厚みなど、薄いものである。工程６３４において、インクジェットプリンタが、ウェハ６０６の裏側６０１上に（従って、図６に示すように、SiO_2層６３２上に）炭素微粒子を含む金属ナノ粒子を堆積させ、金属ナノ粒子は焼結されて金属層（図５Ｂに溶融金属ナノ粒子５１０として示す）を形成し、次いで冷却されて金属層の表面上にグラフェン層６３６が形成される。工程６３８において、ガラスキャリア６１８が取り除かれる。工程６４０において、ウェハ６０６は、個別のダイに切断される（６４２）。

【００３１】

図３及び図６の比較から明らかなように、グラフェンシート裏側層の選択的インクジェット堆積により、熱伝導裏側層の作製を含むダイ作製プロセスにおける工程数の低減が可能となる。例えば、ダイシング位置を覆わないようにグラフェンシート及び金属性裏側層を堆積させることによって、工程の数を減らすことができる。

【００３２】

図７は、図６の工程６３０の代替の実施例を示し、この実施例において、ＴｉＷの層及びＣｕの層などの１つ又は複数の金属層７３２が、ウェハ６０６の裏側６０１に付加される。

【００３３】

幾つかの実施例において、基板表面にナノ粒子を塗布するためにスピンコーティングが用いられる。

【００３４】

幾つかの実施例において、ウェハの裏側の異なる部分が、金属層及びグラフェン層によって覆われる。幾つかの実施例において、ウェハの裏側の実質的にすべてが金属層及びグラフェン層によって覆われ、実質的にすべての意味は、熱伝導性の裏側層の熱拡散のため

の設計要件を満たすために覆われる必要があるウェハの裏側の部分によって決まる。

【００３５】

幾つかの実施例において、基板のフロント表面上にグラフェンシート層が作製される。例えば、基板のフロント表面上のグラフェンシート層は、熱拡散に有用である。そのようなグラフェンシート層は、例えば、集積回路又は他の機能デバイス又は他の熱源の近くに作製されてもよい。

【００３６】

幾つかの実施例において、グラフェンシート層が、基板のフロント表面又は裏側表面の一部のみに作製される。幾つかの実施例において、グラフェンシート層が、集積回路などの機能デバイスによって覆われたフロント表面の一部を除いて、基板のフロント表面上に作製される。

【００３７】

幾つかの実施例において、堆積のための粒子を生成するためにアークプロセスにおいてフィルタが用いられる。

【００３８】

幾つかの実施例において、ナノ粒子の金属部分は、複数の遷移金属の合金によって形成される。

【００３９】

本発明の特許請求の範囲内で、説明した例示の実施例に改変が成され得、他の実施例が可能である。

【図面】

【図１】

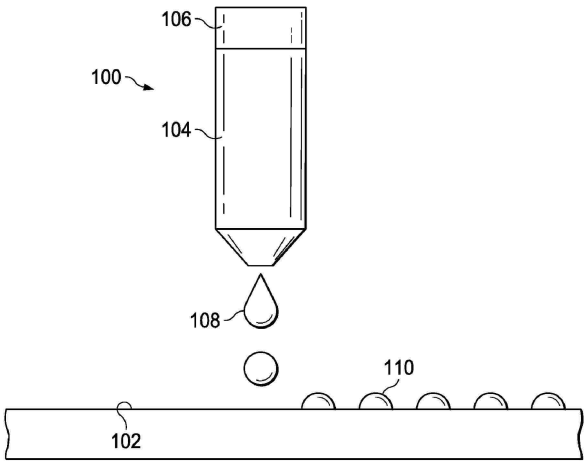


FIG. 1
（従来技術）

【図２】

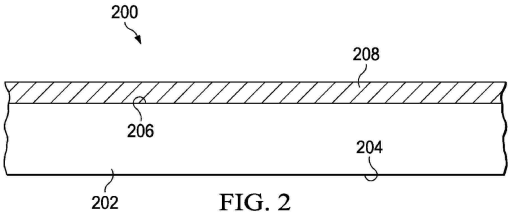


FIG. 2
（従来技術）

【図３】

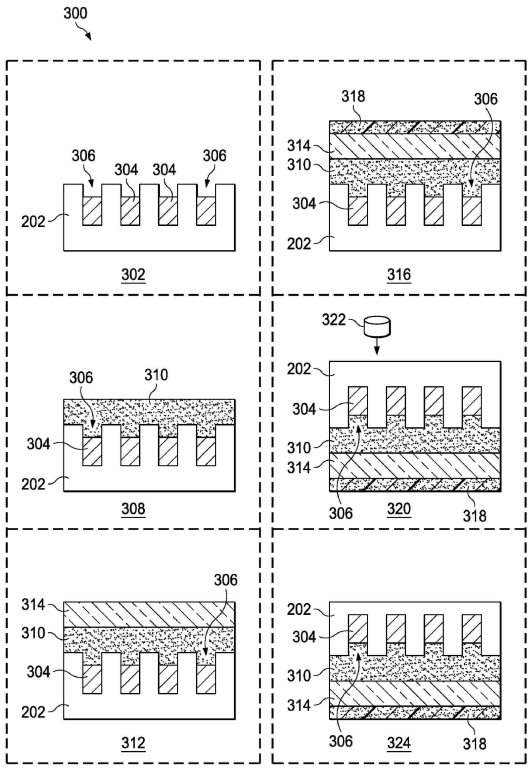


FIG. 3
（従来技術）

【図３－１】

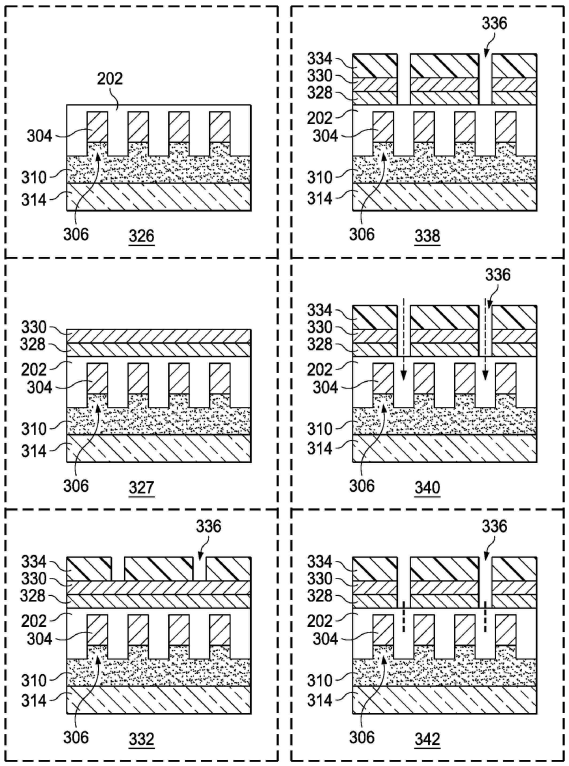


図３（続き）
（従来技術）

【図３－２】

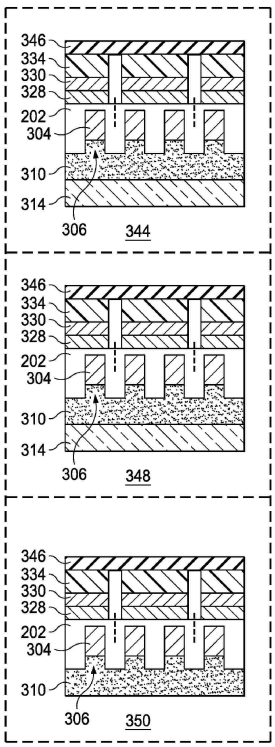


図３（続き）
（従来技術）

【図４Ａ】

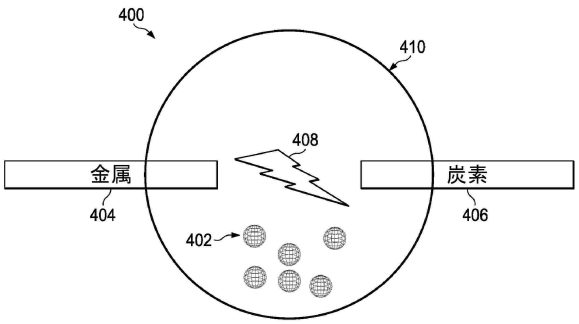


FIG. 4A

【図４Ｂ】

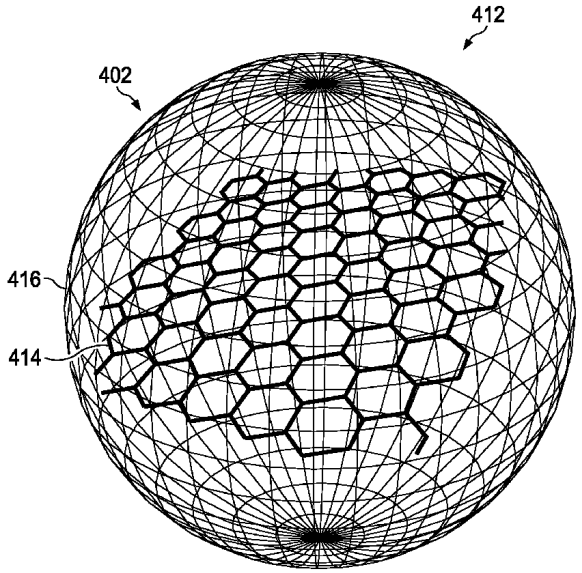


FIG. 4B

【図５Ａ】

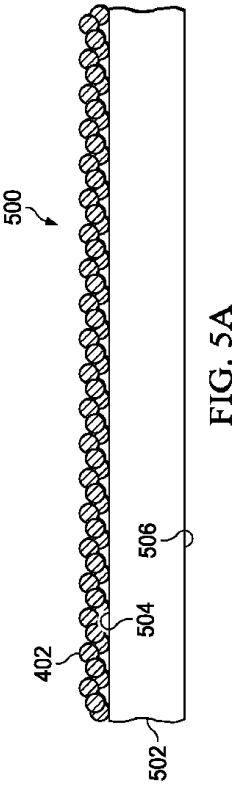


FIG. 5A

【図５Ｂ】

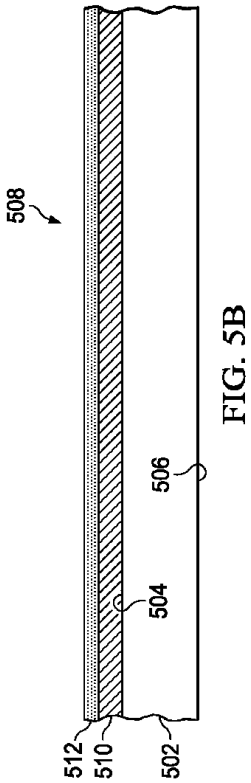


FIG. 5B

【図６】

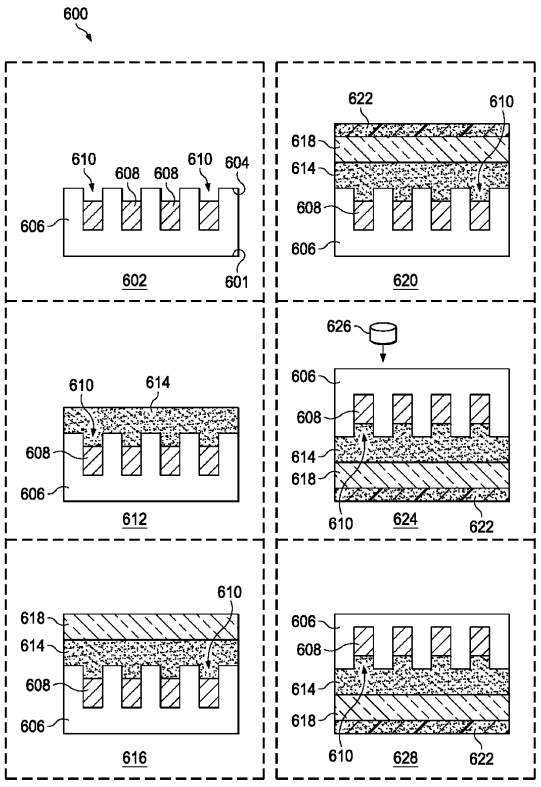


FIG. 6

【図６－１】

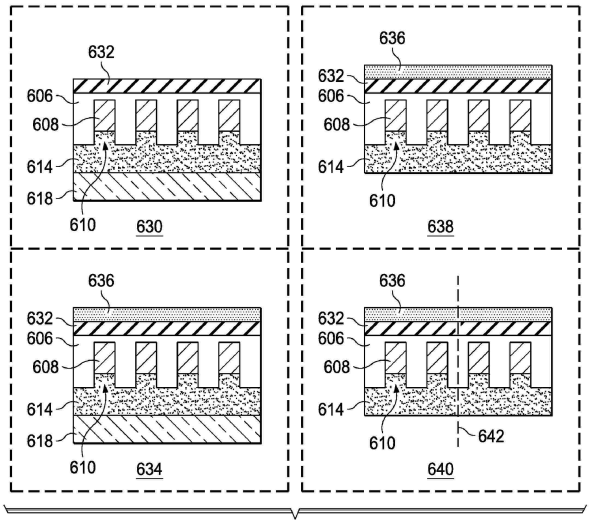


図６（続き）

【図７】

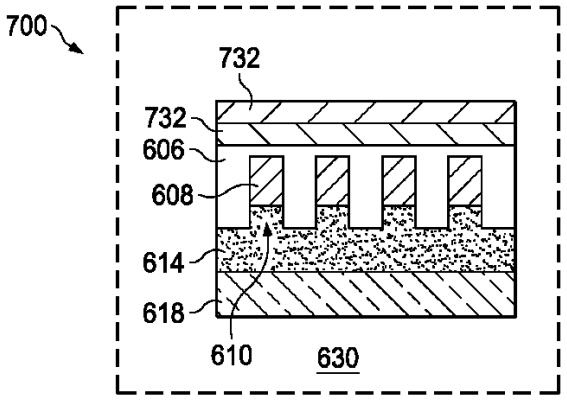


FIG. 7

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US 2021/065266

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 21/76 *(2006.01)*
B82Y 30/00 *(2011.01)*

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)

H 01L 21/71 - 21/78, B 82Y 30/00

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)

PatSearch (RUPTO internal), USPTO, PAJ, Esp@cenet, DWPI, EAPATIS, PATENTSCOPE

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2013/059457 A1 (MEMC ELECTRONIC MATERIALS) 25.04.2013, [0008],[0011],[0015],[0019],[0024],[0031],[0037],[0038],[0053].	1-20
Y	US 2010/244241 A1 (STATS CHIPPAC LTD) 30.09.2010, [0036], [0067]), [0043], [0044]), [0037], [0061]	1-5, 7, 9, 15, 19
Y	US 2014/054802 A1 (STATS CHIPPAC LTD) 27.02.2014, [0030], [0038], [0043], [0054] [0045], [0064]	6-20

☐ 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
"D" document cited by the applicant in the international application
"E" earlier document 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
23 March 2022 (23.03.2022)	21 April 2022 (21.04.2022)
Name and mailing address of the ISA/RU: Federal Institute of Industrial Property, Berezhkovskaya nab., 30-1, Moscow, G-59, GSP-3, Russia, 125993 Facsimile No: (8-495) 531-63-18, (8-499) 243-33-37	Authorized officer O. Nikolaev Telephone No. 8 499 240 25 91

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2019)

フロントページの続き

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,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IR,IS,IT,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,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

ター ドライブ ２９００

(72)発明者 アルチャナ ヴェヌゴパル

アメリカ合衆国 ９４０４３ カリフォルニア州 マウンテン ビュー， ユニット ユー， アダ アヴェニュー ２２７

(72)発明者 ダニエル リー レヴィエール

アメリカ合衆国 ７５０４０ テキサス州 ガーランド， ナンバー２２１４， エヌ フィフス ストリート ２５０

Ｆターム（参考） 5F047 AA00 BA00 CA00

5F136 BC07 FA01 FA05 FA23