

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 3 部門第 1 区分

【発行日】平成27年12月3日(2015.12.3)

【公表番号】特表2015-501277(P2015-501277A)

【公表日】平成27年1月15日(2015.1.15)

【年通号数】公開・登録公報2015-003

【出願番号】特願2014-537240(P2014-537240)

【国際特許分類】

C 0 1 B 31/02 (2006.01)

【F I】

C 0 1 B 31/02 1 0 1 Z

【手続補正書】

【提出日】平成27年10月9日(2015.10.9)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体基板を作製するための方法であって、

前記半導体基板は、一方が前記半導体基板のフロント表面であり、他方が前記半導体基板のバック表面である実質的に平行な 2 つの主面と、前記半導体基板のフロント表面と前記半導体基板のバック表面とを繋ぎ合わせる周縁端と、を含み、

当該方法は、

フロント金属フィルム表面と、バック金属フィルム表面と、前記フロント金属フィルム表面と前記バック金属フィルム表面との間のバルク金属領域と、を含み、前記バック金属フィルム表面が、前記半導体基板のフロント表面と接触する金属フィルムを、前記半導体基板のフロント表面上に形成することと、

還元雰囲気中、前記金属フィルムのバルク金属領域に炭素原子を内部拡散させるのに十分な温度で、前記フロント金属フィルム表面に炭素含有ガスを接触させることと、

前記半導体基板のフロント表面と前記バック金属フィルム表面との間に炭素原子を析出させグラフェンの層を形成することと、を含む方法。

【請求項 2】

前記半導体基板には、半導体ウェハが含まれる請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

前記半導体ウェハには、シリコン、ガリウムヒ素、シリコンカーバイド、シリコンゲルマニウム、窒化ケイ素、二酸化ケイ素、及び、ゲルマニウム、並びに、それらの組み合わせからなる群から選択された材料が含まれる請求項 2 記載の方法。

【請求項 4】

前記半導体ウェハには、チョクラルスキー法により成長させた単結晶シリコンインゴットからスライスして得られたシリコンウェハが含まれる請求項 2 記載の方法。

【請求項 5】

前記半導体基板のフロント表面は、そのフロント表面上に誘電体層を含む請求項 1 記載の方法。

【請求項 6】

前記半導体基板のフロント表面は、そのフロント表面上にシリコン酸化物層を含む請求項 1 記載の方法。

## 【請求項 7】

前記シリコン酸化物層は、約 30 ナノメートル～約 1000 ナノメートルの厚さを有する請求項 6 記載の方法。

## 【請求項 8】

前記シリコン酸化物層は、約 90 ナノメートル～約 300 ナノメートルの厚さを有する請求項 6 記載の方法。

## 【請求項 9】

金属フィルムを形成する前に、前記シリコン酸化物層上に、炭化水素含有シラン、炭化水素含有シリケート、若しくは、それら両方を含む自己組織化モノレイヤーを析出させることをさらに含む請求項 6 記載の方法。

## 【請求項 10】

一般式  $\text{SiX}_3 - (\text{CH}_2)_n - \text{CH}_3$  (ここで、それぞれの X は独立にハロゲン原子、アルキル基、若しくは、アルコキシ基であり、n は 1～25 の間の整数である) を有する化合物を含む自己組織化モノレイヤーを析出させることをさらに含む請求項 6 記載の方法。

## 【請求項 11】

それぞれの X が 1～4 の炭素原子を含むアルキル基である 請求項 10 記載の方法。

## 【請求項 12】

それぞれの X が 1～4 の炭素原子を含むアルコキシ基である 請求項 10 記載の方法。

## 【請求項 13】

それぞれの X がハロゲン原子である 請求項 10 記載の方法。

## 【請求項 14】

前記金属フィルムが、1000 において、少なくとも約 0.05 原子%の炭素溶解度を有する金属を含む 請求項 1 記載の方法。

## 【請求項 15】

前記金属フィルムが、1000 において、約 3 原子%未満の炭素溶解度を有する金属を含む 請求項 1 記載の方法。

## 【請求項 16】

前記金属フィルムが、ニッケル、銅、鉄、プラチナ、パラジウム、ルテニウム、コバルト、及び、これらの合金を含む請求項 1 記載の方法。

## 【請求項 17】

前記金属フィルムが、スパッタリング、蒸着、電解めっき、及び、金属箔ボンディングからなる群から選択された技術により形成される請求項 1 記載の方法。

## 【請求項 18】

前記金属フィルムが、約 50 ナノメートル～約 20 マイクロメートルの厚さを有する請求項 1 記載の方法。

## 【請求項 19】

前記金属フィルムが、約 50 ナノメートル～約 10 マイクロメートルの厚さを有する請求項 1 記載の方法。

## 【請求項 20】

前記炭素含有ガスが、メタン、エタン、エチレン、アセチレン、プロパン、プロピレン、プロピン、ブタン、ブチレン、ブチン、及び、これらの組み合わせからなる群から選択される請求項 1 記載の方法。

## 【請求項 21】

前記還元雰囲気、水素ガスを含む請求項 20 記載の方法。

## 【請求項 22】

半導体基板の上に金属フィルムを有する半導体基板において温度勾配プロファイルを形成することを含み、

前記温度勾配プロファイルは、前記フロント金属フィルム表面及び前記バック金属フィルム表面における温度が前記バルク金属領域内の中央平面近くの温度未満となるようなブ

ロファイルである請求項 1 記載の方法。

【請求項 2 3】

前記温度勾配により、前記フロント金属フィルム表面上にグラフェンが析出される請求項 2 2 記載の方法。

【請求項 2 4】

前記フロント金属フィルム表面上のグラフェン層を除去することをさらに備える請求項 2 3 記載の方法。

【請求項 2 5】

前記フロント金属フィルム表面上のグラフェン層が、酸素プラズマエッチングにより除去される請求項 2 4 記載の方法。

【請求項 2 6】

前記金属フィルムを除去して、それにより、前記半導体基板のフロント表面と接触するグラフェン層を露出させることをさらに備える請求項 1 記載の方法。

【請求項 2 7】

前記金属フィルムが、水溶性の金属エッチャントに金属フィルムを接触させることにより除去される請求項 2 6 記載の方法。

【請求項 2 8】

半導体基板の上に金属フィルムを有する半導体基板を急速に冷却することにより、前記炭素原子を析出させ、それにより、前記半導体基板のフロント表面と前記バック金属フィルム表面との間にグラフェン層を形成する請求項 1 記載の方法。

【請求項 2 9】

半導体基板を作製するための方法であって、

前記半導体基板は、一方が前記半導体基板のフロント表面であり、他方が前記半導体基板のバック表面である実質的に平行な 2 つの主面と、前記半導体基板のフロント表面と前記半導体基板のバック表面とを繋ぎ合わせる周縁端と、を含み、

当該方法は、

前記半導体基板のフロント表面層上に、炭素リッチポリマーを含む層を析出させることと、

フロント金属フィルム表面と、バック金属フィルム表面と、前記フロント金属フィルム表面と前記バック金属フィルム表面との間のバルク金属領域と、を含み、前記バック金属フィルム表面が、前記炭素リッチポリマーを含む層と接触する金属フィルムを、前記炭素リッチポリマーを含む層上に形成することと、

水素の存在下、前記半導体基板の上に前記炭素リッチポリマーを含む層及び前記金属フィルムを備える半導体基板を、前記炭素リッチポリマーを含む層を分解させるに十分な温度まで加熱することと、

前記半導体基板のフロント表面と前記バック金属フィルム表面との間に炭素原子を析出させグラフェン層を形成することと、を備える方法。

【請求項 3 0】

前記半導体基板には、半導体ウェハが含まれる請求項 2 9 記載の方法。

【請求項 3 1】

前記半導体ウェハには、シリコン、ガリウムヒ素、シリコンカーバイド、シリコンゲルマニウム、窒化ケイ素、二酸化ケイ素、及び、ゲルマニウム、並びに、それらの組み合わせからなる群から選択された材料が含まれる請求項 3 0 記載の方法。

【請求項 3 2】

前記半導体ウェハには、チョクラルスキー法により成長させた単結晶シリコンインゴットをスライスして得られたシリコンウェハが含まれる請求項 3 0 記載の方法。

【請求項 3 3】

前記半導体基板のフロント表面は、そのフロント表面上に誘電体層を含む請求項 2 9 記載の方法。

【請求項 3 4】

前記半導体基板のフロント表面は、そのフロント表面上にシリコン酸化物層を含む請求項 29 記載の方法。

【請求項 35】

前記シリコン酸化物層は、約 30 ナノメートル～約 1000 ナノメートルの厚さを有する請求項 34 記載の方法。

【請求項 36】

前記シリコン酸化物層は、約 90 ナノメートル～約 300 ナノメートルの厚さを有する請求項 35 記載の方法。

【請求項 37】

前記炭素リッチポリマーが、ポリメチルメタクリレート (PMMA)、ポリブタジエン、ポリスチレン、ポリ(アクリロニトリル-コ-ブタジエン-コ-スチレン)(ABS)、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリ(4'-ビニルヘキサフェニルベンゼン)、及び、これらの組み合わせからなる群から選択される請求項 29 記載の方法。

【請求項 38】

前記炭素リッチポリマーを含む層は、約 1 ナノメートル～約 100 ナノメートルの厚さを有する請求項 29 記載の方法。

【請求項 39】

前記炭素リッチポリマーを含む層は、約 5 ナノメートル～約 100 ナノメートルの厚さを有する請求項 29 記載の方法。

【請求項 40】

前記炭素リッチポリマーを含む層は、約 10 ナノメートル～約 50 ナノメートルの厚さを有する請求項 29 記載の方法。

【請求項 41】

前記金属フィルムには、1000 において、少なくとも約 0.05 原子%の炭素溶解度を有する金属が含まれる請求項 29 記載の方法。

【請求項 42】

前記金属フィルムには、1000 において、約 3 原子%未満の炭素溶解度を有する金属が含まれる請求項 29 記載の方法。

【請求項 43】

前記金属フィルムには、ニッケル、銅、鉄、プラチナ、パラジウム、ルテニウム、コバルト、及び、これらの合金が含まれる請求項 29 記載の方法。

【請求項 44】

前記金属フィルムは、スパッタリング、蒸着、電解めっき、及び、金属箔ボンディングからなる群から選択された技術により析出される請求項 29 記載の方法。

【請求項 45】

前記金属フィルムは、約 50 ナノメートル～約 20 マイクロメートルの厚さを有する請求項 29 記載の方法。

【請求項 46】

前記金属フィルムは、約 50 ナノメートル～約 10 マイクロメートルの厚さを有する請求項 29 記載の方法。

【請求項 47】

半導体基板の上に金属フィルムを有する半導体基板において温度勾配プロファイルを形成することをさらに含み、

前記温度勾配プロファイルは、前記フロント金属フィルム表面及び前記バック金属フィルム表面における温度が前記バルク金属領域内の中央平面近くの温度未満となるようなプロファイルである請求項 29 記載の方法。

【請求項 48】

半導体基板の上に金属フィルムを有する半導体基板を急速に冷却することにより、前記炭素原子を析出させ、それにより、前記半導体基板のフロント表面と前記バック金属フィルム表面との間にグラフェン層を形成する請求項 29 記載の方法。

## 【請求項 49】

一方がドナー基板のフロント表面であり、他方がドナー基板のバック表面である実質的に平行な2つの主面と、前記フロント表面と前記バック表面とを繋ぎ合わせる周縁端と、前記フロント表面と前記バック表面との間の中央平面と、を含む半導体基板と、

前記半導体基板のフロント表面に接触するグラフェン層と、

前記グラフェン層に接触する金属フィルムであって、フロント金属フィルム表面と、バック金属フィルム表面と、前記フロント金属フィルム表面と前記バック金属フィルム表面との間のバルク金属領域と、を含む金属フィルムと、を備えるマルチレイヤー製品。

## 【請求項 50】

前記半導体基板には、半導体ウェハが含まれる請求項 49 記載のマルチレイヤー製品。

## 【請求項 51】

前記半導体ウェハには、シリコン、ガリウムヒ素、シリコンカーバイド、シリコンゲルマニウム、窒化ケイ素、二酸化ケイ素、及び、ゲルマニウム、並びに、それらの組み合わせからなる群から選択された材料が含まれる請求項 50 記載のマルチレイヤー製品。

## 【請求項 52】

前記半導体ウェハには、チョクラルスキー法により成長させた単結晶シリコンインゴットをスライスして得られたシリコンウェハが含まれる請求項 51 記載のマルチレイヤー製品。

## 【請求項 53】

前記半導体基板のフロント表面は、そのフロント表面上に誘電体層を含む請求項 52 記載のマルチレイヤー製品。

## 【請求項 54】

前記半導体基板のフロント表面は、シリコン酸化物層を含む請求項 52 記載のマルチレイヤー製品。

## 【請求項 55】

前記シリコン酸化物層は、約 50 ナノメートル～約 1000 ナノメートルの厚さを有する請求項 54 記載のマルチレイヤー製品。

## 【請求項 56】

前記シリコン酸化物層は、約 90 ナノメートル～約 300 ナノメートルの厚さを有する請求項 55 記載のマルチレイヤー製品。

## 【請求項 57】

前記半導体基板のフロント表面に接触するグラフェン層が、単一の単原子グラフェン層を含む請求項 49 記載のマルチレイヤー製品。

## 【請求項 58】

前記半導体基板のフロント表面に接触するグラフェン層が、グラフェンバイレイヤーを含む請求項 49 記載のマルチレイヤー製品。

## 【請求項 59】

前記金属フィルムが、約 50 ナノメートル～約 20 マイクロメートルの厚さを有する請求項 49 記載のマルチレイヤー製品。

## 【請求項 60】

前記金属フィルムが、約 50 ナノメートル～約 10 マイクロメートルの厚さを有する請求項 49 記載のマルチレイヤー製品。

## 【請求項 61】

前記フロント金属フィルム表面に接触するグラフェン層をさらに備える請求項 49 記載のマルチレイヤー製品。

## 【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0048

【補正方法】変更

【補正の内容】

## 【 0 0 4 8 】

本発明の次のステップによれば、金属フィルムを除去して、それにより、半導体基板のフロント表面に接触したグラフェン層を露出させる。金属フィルムの金属を溶解させるのに十分な、当該技術分野において知られた技術、例えば、ニッケル、銅、鉄、若しくはそれらの合金を溶解させるために十分な技術により除去してもよい。好ましい実施の形態において、金属フィルムを水溶性の金属エッチャントに接触させる。金属フィルムの除去に適した金属エッチャントには、塩化第二鉄、鉄(III)窒化物、王水、硝酸が含まれる。好適には、これらの金属エッチャントは、グラフェンを除去しない。

## 【 手 続 補 正 3 】

【 補 正 対 象 書 類 名 】 明 細 書

【 補 正 対 象 項 目 名 】 0 0 5 4

【 補 正 方 法 】 変 更

【 補 正 の 内 容 】

## 【 0 0 5 4 】

本明細書は、本発明を開示するため（ベストモードを含む）、また、当該技術分野における当業者が、本発明を実施することができるようにするため（任意のデバイス若しくはシステムを作製し使用し、任意の組み合わせられた方法を実行することを含む）、実施例を用いる。本発明の特許可能な範囲は、クレームにより規定され、当該技術分野における当業者にとってなしえる他の実施例を含んでいてもよい。そのような他の実施例は、それらがクレームの文字通りの文言から異なる構造的構成要素を有する場合、又は、それらがクレームの文字通りの文言と実質的に差異のない同等の構造的構成要素を含む場合、クレームの範囲に含まれることが意図されている。

本明細書の開示内容は、以下の態様を含み得る。

（ 態 様 1 ）

半導体基板を作製するための方法であって、

前記半導体基板は、一方が前記半導体基板のフロント表面であり、他方が前記半導体基板のバック表面である実質的に平行な2つの主面と、前記半導体基板のフロント表面と前記半導体基板のバック表面とを繋ぎ合わせる周縁端と、を含み、

当該方法は、

フロント金属フィルム表面と、バック金属フィルム表面と、前記フロント金属フィルム表面と前記バック金属フィルム表面との間のバルク金属領域と、を含み、前記バック金属フィルム表面が、前記半導体基板のフロント表面と接触する金属フィルムを、前記半導体基板のフロント表面上に形成することと、

還元雰囲気中、前記金属フィルムのバルク金属領域に炭素原子を内部拡散させるのに十分な温度で、前記フロント金属フィルム表面に炭素含有ガスを接触させることと、

前記半導体基板のフロント表面と前記バック金属フィルム表面との間に炭素原子を析出させグラフェンの層を形成することと、を含む方法。

（ 態 様 2 ）

前記半導体基板には、半導体ウェハが含まれる態様1記載の方法。

（ 態 様 3 ）

前記半導体ウェハには、シリコン、ガリウムヒ素、シリコンカーバイド、シリコンゲルマニウム、窒化ケイ素、二酸化ケイ素、及び、ゲルマニウム、並びに、それらの組み合わせからなる群から選択された材料が含まれる態様2記載の方法。

（ 態 様 4 ）

前記半導体ウェハには、チョクラルスキー法により成長させた単結晶シリコンインゴットからスライスして得られたシリコンウェハが含まれる態様2記載の方法。

（ 態 様 5 ）

前記半導体基板のフロント表面は、そのフロント表面上に誘電体層を含む態様1記載の方法。

（ 態 様 6 ）

前記半導体基板のフロント表面は、そのフロント表面上にシリコン酸化物層を含む態様 1 記載の方法。

(態様 7)

前記シリコン酸化物層は、約 30 ナノメートル～約 1000 ナノメートルの厚さを有する態様 6 記載の方法。

(態様 8)

前記シリコン酸化物層は、約 90 ナノメートル～約 300 ナノメートルの厚さを有する態様 6 記載の方法。

(態様 9)

金属フィルムを形成する前に、前記シリコン酸化物層上に、炭化水素含有シラン、炭化水素含有シリケート、若しくは、それら両方を含む自己組織化モノレイヤーを析出（または堆積）させることをさらに含む態様 6 記載の方法。

(態様 10)

一般式  $\text{SiX}_3 - (\text{CH}_2)_n - \text{CH}_3$ （ここで、それぞれの X は独立にハロゲン原子、アルキル基、若しくは、アルコキシ基であり、n は 1～25 の間の整数である）を有する化合物を含む自己組織化モノレイヤーを析出（または堆積）させることをさらに含む態様 6 記載の方法。

(態様 11)

それぞれの X が 1～4 の炭素原子を含むアルキル基である態様 10 記載の方法。

(態様 12)

それぞれの X が 1～4 の炭素原子を含むアルコキシ基である態様 10 記載の方法。

(態様 13)

それぞれの X がハロゲン原子である態様 10 記載の方法。

(態様 14)

前記金属フィルムが、1000 において、少なくとも約 0.05 原子%の炭素溶解度を有する金属を含む態様 1 記載の方法。

(態様 15)

前記金属フィルムが、1000 において、約 3 原子%未満の炭素溶解度を有する金属を含む態様 1 記載の方法。

(態様 16)

前記金属フィルムが、ニッケル、銅、鉄、プラチナ、パラジウム、ルテニウム、コバルト、及び、これらの合金を含む態様 1 記載の方法。

(態様 17)

前記金属フィルムが、スパッタリング、蒸着、電解めっき、及び、金属箔ボンディングからなる群から選択された技術により形成（または堆積）される態様 1 記載の方法。

(態様 18)

前記金属フィルムが、約 50 ナノメートル～約 20 マイクロメートルの厚さを有する態様 1 記載の方法。

(態様 19)

前記金属フィルムが、約 50 ナノメートル～約 10 マイクロメートルの厚さを有する態様 1 記載の方法。

(態様 20)

前記炭素含有ガスが、メタン、エタン、エチレン、アセチレン、プロパン、プロピレン、プロピン、ブタン、ブチレン、ブチン、及び、これらの組み合わせからなる群から選択される態様 1 記載の方法。

(態様 21)

前記還元雰囲気、水素ガスを含む態様 20 記載の方法。

(態様 22)

半導体基板の上に金属フィルムを有する半導体基板において温度勾配プロファイルを形成することを含み、

前記温度勾配プロファイルは、前記フロント金属フィルム表面及び前記バック金属フィルム表面における温度が前記バルク金属領域内の中央平面近くの温度未満となるようなプロファイルである態様 1 記載の方法。

( 態様 2 3 )

前記温度勾配により、前記フロント金属フィルム表面上にグラフェンが析出される態様 2 2 記載の方法。

( 態様 2 4 )

前記フロント金属フィルム表面上のグラフェン層を除去することをさらに備える態様 2 3 記載の方法。

( 態様 2 5 )

前記フロント金属フィルム表面上のグラフェン層が、酸素プラズマエッチングにより除去される態様 2 4 記載の方法。

( 態様 2 6 )

前記金属フィルムを除去して、それにより、前記半導体基板のフロント表面と接触するグラフェン層を露出させることをさらに備える態様 1 記載の方法。

( 態様 2 7 )

前記金属フィルムが、水溶性の金属エッチャントに金属フィルムを接触させることにより除去される態様 2 6 記載の方法。

( 態様 2 8 )

半導体基板の上に金属フィルムを有する半導体基板を急速に冷却することにより、前記炭素原子を析出させ、それにより、前記半導体基板のフロント表面と前記バック金属フィルム表面との間にグラフェン層を形成する態様 1 記載の方法。

( 態様 2 9 )

半導体基板を作製するための方法であって、

前記半導体基板は、一方が前記半導体基板のフロント表面であり、他方が前記半導体基板のバック表面である実質的に平行な 2 つの主面と、前記半導体基板のフロント表面と前記半導体基板のバック表面とを繋ぎ合わせる周縁端と、を含み、

当該方法は、

前記半導体基板のフロント表面層上に、炭素リッチポリマーを含む層を析出させることと、

フロント金属フィルム表面と、バック金属フィルム表面と、前記フロント金属フィルム表面と前記バック金属フィルム表面との間のバルク金属領域と、を含み、前記バック金属フィルム表面が、前記炭素リッチポリマーを含む層と接触する金属フィルムを、前記炭素リッチポリマーを含む層上に形成することと、

水素の存在下、前記半導体基板の上に前記炭素リッチポリマーを含む層及び前記金属フィルムを備える半導体基板を、前記炭素リッチポリマーを含む層を分解させるに十分な温度まで加熱することと、

前記半導体基板のフロント表面と前記バック金属フィルム表面との間に炭素原子を析出させグラフェンの層を形成することと、を備える方法。

( 態様 3 0 )

前記半導体基板には、半導体ウェハが含まれる態様 2 9 記載の方法。

( 態様 3 1 )

前記半導体ウェハには、シリコン、ガリウムヒ素、シリコンカーバイド、シリコンゲルマニウム、窒化ケイ素、二酸化ケイ素、及び、ゲルマニウム、並びに、それらの組み合わせからなる群から選択された材料が含まれる態様 3 0 記載の方法。

( 態様 3 2 )

前記半導体ウェハには、チョクラルスキー法により成長させた単結晶シリコンインゴットをスライスして得られたシリコンウェハが含まれる態様 3 0 記載の方法。

( 態様 3 3 )

前記半導体基板のフロント表面は、そのフロント表面上に誘電体層を含む態様 2 9 記載



の方法。

( 態 様 3 4 )

前記半導体基板のフロント表面は、そのフロント表面上にシリコン酸化物層を含む態様 2 9 記載の方法。

( 態 様 3 5 )

前記シリコン酸化物層は、約 3 0 ナノメートル～約 1 0 0 0 ナノメートルの厚さを有する態様 3 4 記載の方法。

( 態 様 3 6 )

前記シリコン酸化物層は、約 9 0 ナノメートル～約 3 0 0 ナノメートルの厚さを有する態様 3 5 記載の方法。

( 態 様 3 7 )

前記炭素リッチポリマーが、ポリメチルメタクリレート ( P M M A )、ポリブタジエン、ポリスチレン、ポリ ( アクリロニトリル - コ - ブタジエン - コ - スチレン ) ( A B S )、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリ ( 4 ' - ビニルヘキサフェニルベンゼン )、及び、これらの組み合わせからなる群から選択される態様 2 9 記載の方法。

( 態 様 3 8 )

前記炭素リッチポリマーを含む層は、約 1 ナノメートル～約 1 0 0 ナノメートルの厚さを有する態様 2 9 記載の方法。

( 態 様 3 9 )

前記炭素リッチポリマーを含む層は、約 5 ナノメートル～約 1 0 0 ナノメートルの厚さを有する態様 2 9 記載の方法。

( 態 様 4 0 )

前記炭素リッチポリマーを含む層は、約 1 0 ナノメートル～約 5 0 ナノメートルの厚さを有する態様 2 9 記載の方法。

( 態 様 4 1 )

前記金属フィルムには、1 0 0 0 において、少なくとも約 0 . 0 5 原子 % の炭素溶解度を有する金属が含まれる態様 2 9 記載の方法。

( 態 様 4 2 )

前記金属フィルムには、1 0 0 0 において、約 3 原子 % 未満の炭素溶解度を有する金属が含まれる態様 2 9 記載の方法。

( 態 様 4 3 )

前記金属フィルムには、ニッケル、銅、鉄、プラチナ、パラジウム、ルテニウム、コバルト、及び、これらの合金が含まれる態様 2 9 記載の方法。

( 態 様 4 4 )

前記金属フィルムは、スパッタリング、蒸着、電解めっき、及び、金属箔ボンディングからなる群から選択された技術により析出 ( または堆積 ) される態様 2 9 記載の方法。

( 態 様 4 5 )

前記金属フィルムは、約 5 0 ナノメートル～約 2 0 マイクロメートルの厚さを有する態様 2 9 記載の方法。

( 態 様 4 6 )

前記金属フィルムは、約 5 0 ナノメートル～約 1 0 マイクロメートルの厚さを有する態様 2 9 記載の方法。

( 態 様 4 7 )

半導体基板の上に金属フィルムを有する半導体基板において温度勾配プロファイルを形成することをさらに含み、

前記温度勾配プロファイルは、前記フロント金属フィルム表面及び前記バック金属フィルム表面における温度が前記バルク金属領域内の中央平面近くの温度未満となるようなプロファイルである態様 2 9 記載の方法。

( 態 様 4 8 )

半導体基板の上に金属フィルムを有する半導体基板を急速に冷却することにより、前記

炭素原子を析出させ、それにより、前記半導体基板のフロント表面と前記バック金属フィルム表面との間にグラフェン層を形成する態様 29 記載の方法。

( 態様 49 )

一方がドナー基板のフロント表面であり、他方がドナー基板のバック表面である実質的に平行な 2 つの主面と、前記フロント表面と前記バック表面とを繋ぎ合わせる周縁端と、前記フロント表面と前記バック表面との間の中央平面と、を含む半導体基板と、

前記半導体基板のフロント表面に接触するグラフェン層と、

前記グラフェン層に接触する金属フィルムであって、フロント金属フィルム表面と、バック金属フィルム表面と、前記フロント金属フィルム表面と前記バック金属フィルム表面との間のバルク金属領域と、を含む金属フィルムと、を備えるマルチレイヤー製品。

( 態様 50 )

前記半導体基板には、半導体ウェハが含まれる態様 49 記載のマルチレイヤー製品。

( 態様 51 )

前記半導体ウェハには、シリコン、ガリウムヒ素、シリコンカーバイド、シリコンゲルマニウム、窒化ケイ素、二酸化ケイ素、及び、ゲルマニウム、並びに、それらの組み合わせからなる群から選択された材料が含まれる態様 50 記載のマルチレイヤー製品。

( 態様 52 )

前記半導体ウェハには、チョクラルスキー法により成長させた単結晶シリコンインゴットをスライスして得られたシリコンウェハが含まれる態様 51 記載のマルチレイヤー製品。

( 態様 53 )

前記半導体基板のフロント表面は、そのフロント表面上に誘電体層を含む態様 52 記載のマルチレイヤー製品。

( 態様 54 )

前記半導体基板のフロント表面は、シリコン酸化物層を含む態様 52 記載のマルチレイヤー製品。

( 態様 55 )

前記シリコン酸化物層は、約 50 ナノメートル～約 1000 ナノメートルの厚さを有する態様 54 記載のマルチレイヤー製品。

( 態様 56 )

前記シリコン酸化物層は、約 90 ナノメートル～約 300 ナノメートルの厚さを有する態様 55 記載のマルチレイヤー製品。

( 態様 57 )

前記半導体基板のフロント表面に接触するグラフェン層が、単一の単原子グラフェン層 (または一原子厚さのグラフェン層) を含む態様 49 記載のマルチレイヤー製品。

( 態様 58 )

前記半導体基板のフロント表面に接触するグラフェン層が、グラフェンバイレイヤーを含む態様 49 記載のマルチレイヤー製品。

( 態様 59 )

前記金属フィルムが、約 50 ナノメートル～約 20 マイクロメートルの厚さを有する態様 49 記載のマルチレイヤー製品。

( 態様 60 )

前記金属フィルムが、約 50 ナノメートル～約 10 マイクロメートルの厚さを有する態様 49 記載のマルチレイヤー製品。

( 態様 61 )

前記フロント金属フィルム表面に接触するグラフェン層をさらに備える態様 49 記載のマルチレイヤー製品。