

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-325434  
(P2005-325434A)

(43) 公開日 平成17年11月24日(2005.11.24)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
C 2 3 C 16/513	C 2 3 C 16/513	4 K O 3 O
C 2 3 C 16/42	C 2 3 C 16/42	5 F O 4 5
H O 1 L 21/205	H O 1 L 21/205	
H O 5 H 1/24	H O 5 H 1/24	
H O 5 H 1/30	H O 5 H 1/30	

審査請求 未請求 請求項の数 19 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2004-146779 (P2004-146779)	(71) 出願人	504190548 国立大学法人埼玉大学 埼玉県さいたま市桜区下大久保2 5 5
(22) 出願日	平成16年5月17日 (2004. 5. 17)	(74) 代理人	100072051 弁理士 杉村 興作
		(74) 代理人	100100125 弁理士 高見 和明
		(74) 代理人	100101096 弁理士 徳永 博
		(74) 代理人	100107227 弁理士 藤谷 史朗
		(74) 代理人	100114292 弁理士 来間 清志
		(74) 代理人	100119530 弁理士 富田 和幸

最終頁に続く

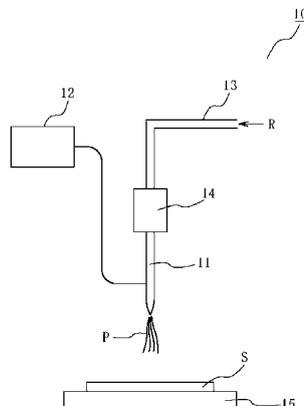
(54) 【発明の名称】 炭化シリコンの作製方法、炭化シリコン、及び炭化シリコンの作製装置

(57) 【要約】

【課題】 高温加熱を必要とせず、高品質な炭化シリコンを作製する。

【解決手段】 少なくともメタンを含む大気圧マイクロプラズマジェットPを生成し、シリコン基材Sの主面上に照射して、シリコン基材Sの表層部分に炭化シリコンを形成する。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

所定の導電性基材を準備する工程と、  
少なくともメタンを含む大気圧マイクロプラズマジェットを生成し、前記導電性基材の主面上に照射して、前記シリコン基材の表層部分に炭化シリコンを形成する工程と、  
を具えることを特徴とする、炭化シリコンの作製方法。

## 【請求項 2】

前記大気圧マイクロプラズマジェットは、針状電極を準備し、前記針状電極内に少なくともメタンを含有する原料ガスを導入するとともに、前記針状電極の先端部より前記原料ガスを放出し、前記針状電極に高周波を印加することによって生成することを特徴とする、請求項 1 に記載の炭化シリコンの作製方法。

10

## 【請求項 3】

前記針状電極の内径が  $50\ \mu\text{m} \sim 10\ \text{cm}$  であることを特徴とする、請求項 2 に記載の炭化シリコンの作製方法。

## 【請求項 4】

前記原料ガスの流量が  $1\ \text{sccm} \sim 1000\ \text{sccm}$  であることを特徴とする、請求項 2 又は 3 に記載の炭化シリコンの作製方法。

## 【請求項 5】

前記針状電極の内径を  $50\ \mu\text{m} \sim 10\ \text{cm}$  とし、前記炭化シリコンの生成領域を  $100\ \mu\text{m}$  以下とすることを特徴とする、請求項 2 ~ 4 のいずれか一に記載の炭化シリコンの作製方法。

20

## 【請求項 6】

前記原料ガスの流量を  $1 \sim 1000\ \text{sccm}$  とし、前記炭化シリコンの生成領域を  $100\ \mu\text{m}$  以下とすることを特徴とする、請求項 2 ~ 5 のいずれか一に記載の炭化シリコンの作製方法。

## 【請求項 7】

前記シリコン基材の温度が  $400$  以下であることを特徴とする、請求項 1 ~ 6 のいずれか一に記載の炭化シリコンの作製方法。

## 【請求項 8】

前記炭化シリコンは非加熱状態で形成することを特徴とする、請求項 7 に記載の炭化シリコンの作製方法。

30

## 【請求項 9】

前記炭化シリコンは多結晶であることを特徴とする、請求項 1 ~ 8 のいずれか一に記載の炭化シリコンの作製方法。

## 【請求項 10】

前記炭化シリコンの結晶化度が  $0\% \sim 70\%$  であることを特徴とする、請求項 1 ~ 8 のいずれか一に記載の炭化シリコンの作製方法。

## 【請求項 11】

前記原料ガスはシランを含み、前記大気圧マイクロプラズマジェットはメタン及びシランを含むことを特徴とする、請求項 1 ~ 9 のいずれか一に記載の炭化シリコンの作製方法。

40

## 【請求項 12】

前記原料ガス中における前記シランの濃度が  $1\ \text{mol}\% \sim 10\ \text{mol}\%$  であることを特徴とする、請求項 11 に記載の炭化シリコンの作製方法。

## 【請求項 13】

前記炭化シリコンの結晶化度が  $10\% \sim 80\%$  であることを特徴とする、請求項 11 又は 12 に記載の炭化シリコンの作製方法。

## 【請求項 14】

請求項 1 ~ 13 のいずれか一に記載の方法によって作製された炭化シリコンを含むことを特徴とする、半導体デバイス。

50

## 【請求項 15】

結晶化度が 0% ~ 70%であることを特徴とする、炭化シリコン。

## 【請求項 16】

結晶化度が 10% ~ 80%であることを特徴とする、炭化シリコン。

## 【請求項 17】

内部に少なくともメタンを含有する原料ガスを導入するように構成された針状電極と、前記針状電極に対して高周波を印加し、前記原料ガスから所定のシリコン基材に対して照射すべき大気圧マイクロプラズマジェットを生成するための高周波電極と、を具備することを特徴とする、炭化シリコンの作製装置。

## 【請求項 18】

前記針状電極の内径は 50  $\mu\text{m}$  ~ 10 cmであることを特徴とする、請求項 17 に記載の炭化シリコンの作製装置。

## 【請求項 19】

前記針状電極の内径は 50  $\mu\text{m}$  ~ 10 cmであることを特徴とする、請求項 17 に記載の炭化シリコンの作製装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、炭化シリコンの作製方法、炭化シリコン、及び炭化シリコンの作製装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

炭化シリコン結晶は、半導体シリコンの次世代半導体材料として注目されている代表的な基盤材料である。従来、前記炭化シリコン結晶は、所定のシリコン基材を準備するとともに、前記導電性基材上にメタン及び/又はプロパンなどの原料ガスを供給する熱CVD法により作製されていた。この場合、前記炭化シリコン結晶は、前記シリコン基材と前記原料ガスとの熱化学反応を通じて、前記シリコン基材の表層部分に形成されるものであるため、前記シリコン基材を 1000 以上に加熱する必要があった。

## 【0003】

このため、特別な加熱手段が必要となるなど、前記炭化シリコン結晶を作製する際に使用する装置が複雑化し、前記シリコン基材に対する高温制御などの複雑な温度制御が必要となって、前記炭化シリコンの作製が複雑化し、困難になるなどの諸問題が生じていた。

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

本発明は、高温加熱を必要とせず、高品質な炭化シリコンを作製することを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0005】

上記目的を達成すべく、本発明は、所定の導電性基材を準備する工程と、少なくともメタンを含む大気圧マイクロプラズマジェットを生成し、前記シリコン基材の主面上に照射して、前記導電性基材の表層部分に炭化シリコンを生成する工程と、を具備することを特徴とする、炭化シリコンの作製方法に関する。

## 【0006】

従来の熱CVD法などでは、メタンを含む原料ガスとシリコン基材とを熱化学的に反応させて目的とする炭化シリコンを形成させていた。前記原料ガス自体は化学的に大きな反応性を有しないために、前記熱化学反応を生ぜしめるためには、前記シリコン基材を 1000 以上にまで加熱することが要求されていた。

## 【0007】

10

20

30

40

50

一方、本発明では、前記原料ガスをそのまま使用せずに、前記原料ガスに対して高周波などを印加して得た大気圧マイクロプラズマジェットを原料として用いるようにしている。前記大気圧マイクロプラズマジェットは極めて反応性に富むので、前記大気圧マイクロプラズマジェットを所定のシリコン基材上に照射することにより、前記シリコン基材を高温に加熱しない場合においても、前記シリコン基材の表層部分に前記大気圧マイクロプラズマジェットと前記シリコン基材との化学反応を通じて、目的とする炭化シリコンを形成することができる。

**【0008】**

例えば、前記シリコン基材の加熱温度が400以下においても良好な結晶性を有する炭化シリコンを形成することができ、作製時の諸条件を制御することによって、前記シリコン基材を全く加熱しない場合、すなわち室温状態においても良好な結晶性を有する炭化シリコンを形成することができる。したがって、特別な加熱手段などを用いることなく、また複雑な高温制御を行うことなく、目的とする炭化シリコンを簡易に形成することができる。

10

**【0009】**

また、上述した熱CVD法などでは、シリコン基材の局所領域に炭化シリコンを形成する場合、前記シリコン基材上に所定のマスクパターンを形成し、このマスクパターンを介して原料ガスを供給することが要求される。

**【0010】**

一方、本発明では、大気圧マイクロプラズマジェットを用いているので、その径を適宜絞り込んでシリコン基材上に照射することにより、前述したようなマスクパターンを必要とすることなく、前記シリコン基材の局所領域に炭化シリコンを形成することができる。例えば、作製時の諸条件を制御することによって、前記シリコン基材の、100 $\mu$ m以下の局所領域に炭化シリコンを形成することができる。

20

**【0011】**

したがって、本発明によれば、マスクパターンなどを必要とすることなく、極めて簡易にシリコン基材上に炭化シリコンを集積するようにして形成することができる。この結果、炭化シリコンを含む集積化した半導体デバイスを簡易に作製することができる。

**【0012】**

本発明の好ましい態様においては、前記原料ガス中にシランを含有させ、前記大気圧マイクロプラズマジェット中にメタンに加えてシランを含有させることができる。このようにシランを含有した大気圧マイクロプラズマジェットを用いることにより、シランを含有しない大気圧マイクロプラズマジェットを用いた場合に比べて、形成された炭化シリコンの結晶化度を向上させることができる。例えば、シランを含有しないメタン含有の大気圧マイクロプラズマジェットを用いた場合、形成された炭化シリコンの結晶化度は0%~70%であるが、シランを含有したメタン含有の大気圧マイクロプラズマジェットを用いた場合、形成された炭化シリコンの結晶化度は10%~80%まで向上させることができる。

30

**【0013】**

なお、原料ガス中におけるシランの濃度は1mol%~10mol%であることが好ましい。

40

**【発明の効果】****【0014】**

以上説明したように、本発明によれば、高温加熱を必要とせず、高品質な炭化シリコンを作製することができる。

**【発明を実施するための最良の形態】****【0015】**

以下、本発明の詳細、並びにその他の特徴及び利点について、最良の形態に基づいて詳細に説明する。

**【0016】**

50

図1は、本発明の炭化シリコン作製方法に使用する装置の一例を示す概略図である。図1に示す炭化シリコン作製装置10は、内部に原料ガスを導入し、貫通するように構成された針状電極11と、この針状電極11に高周波を印加するための高周波電源12とを具えている。また、針状電極11にはジョイント14を介してガス導入管13が接続されており、このガス導入管13を介して針状電極11内部に原料ガスを導入するように構成されている。

【0017】

また、針状電極11と対向するようにしてサセプタ15が設けられ、サセプタ15上にはシリコン基材Sが載置されている。シリコン基材Sは、サセプタ15上に例えば静電気力によって吸引固定されている。さらに、シリコン基材Sは、例えばサセプタ15内に埋設された図示しないヒータによって所定温度に加熱されるように構成されている。

10

【0018】

なお、針状電極11及びシリコン基材Sを含むサセプタ15は所定の雰囲気中に保持された容器内に設置し、以下に示す炭化シリコンの形成工程を、前記雰囲気中の密閉状態で行うこともできる。

【0019】

メタンを含む原料ガスRは、ガス導入管13を介して針状電極11内に導入され、その先端部より放出される。また、針状電極11には、高周波電源12よりRF又はVHF (Very High Frequency) などの高周波が印加される。すると、針状電極11の前記先端部から放出された前記原料ガスはプラズマ化され、結果として、針状電極11の先端部には大気圧マイクロプラズマジェットPが生成されるようになる。この大気圧マイクロプラズマジェットPは、サセプタ15上に設置されたシリコン基材Sの主面上に照射される。

20

【0020】

シリコン基材Sの、大気圧マイクロプラズマジェットPが照射された部分においては、シリコン基材Sと大気圧マイクロプラズマジェットPとの化学的な反応が生じ、シリコン基材Sのシリコン元素と、大気圧マイクロプラズマジェットPの炭素元素とが反応して、シリコン基材Sの表層部分に炭化シリコンが形成されるようになる。

【0021】

なお、針状電極11の、原料ガスRを導入し、貫通させる内側部分の径、すなわち内径は50 $\mu$ m~10cmであることが好ましい。また、原料ガスRの流量は1sccm~1000sccmであることが好ましい。これによって、大気圧マイクロプラズマジェットPの、シリコン基材Sに対する流速が最適化され、シリコン基材Sの表層部分において、より低温度で目的とする炭化シリコンを形成することができる。例えば、シリコン基材Sを400以下の温度、さらには200以下の温度に加熱した状態で、目的とする炭化シリコンを形成することができる。

30

【0022】

従来は熱CVD法などでは、シリコン基材上に、このシリコン基材とメタンなどの原料ガスとの熱化学反応を通じて炭化シリコンを形成するため、前記シリコン基材を1000以上の高温に加熱する必要があった。これに対して、図1に示す装置を用いた本発明の作製方法では、上述したように、反応性に富んだ大気圧マイクロプラズマジェットPを用い、これをシリコン基材Sに直接照射するようにしているので、シリコン基材Sを400以下の温度に加熱しても、十分に目的とする炭化シリコンを形成することができるようになる。

40

【0023】

したがって、特別な加熱手段などを用いることなく図1に示す簡易な構成の装置を用いて、また複雑な高温制御を行うことなく、目的とする炭化シリコンを簡易に形成することができる。

【0024】

針状電極11の前記先端部とシリコン基材Sとの距離は、針状電極11から放出された大気圧マイクロプラズマジェットPがシリコン基材Sに到達する範囲内に設定することが

50

要求されるが、この要求が満足される限りにおいて、前記距離は任意に決定することができる。しかしながら、好ましくは1 mm ~ 4 mmの範囲に設定する。

【0025】

なお、針状電極11の内径及び原料ガスRの流量、並びに針状電極11とシリコン基材Sとの距離を上述した範囲内で適宜に制御することによって、シリコン基材Sを加熱することなく、すなわち大気圧マイクロプラズマジェットPを非加熱のシリコン基材S上に照射するのみで、シリコン基材Sの表層部分に目的とする炭化シリコンを形成することができる。

【0026】

また、針状電極11の内径を50 μm ~ 10 cmとし、及び/又は原料ガスRの流量を1 s c c m ~ 1000 s c c mとすることにより、シリコン基材Sでの炭化シリコンの形成を可能とした状態で、大気圧マイクロプラズマジェットPの径を十分に絞り込むことができる。したがって、シリコン基材Sの、例えば100 μm以下の局所領域における炭化シリコンの形成を実現することができる。

10

【0027】

従来熱CVD法などでは、シリコン基材の局所領域に炭化シリコンを形成する場合、前記シリコン基材上に所定のマスクパターンを形成し、このマスクパターンを介して原料ガスを供給し、熱化学反応を通じて目的とする炭化シリコンを前記シリコン基材の表層部分に形成していた。

【0028】

これに対して、図1に示す装置を用いた本発明の作製方法では、大気圧マイクロプラズマジェットPの径を絞り込むことによって、マスクパターンを用いることなく局所的な炭化シリコンの形成を実現することができる。したがって、極めて簡易にシリコン基材上に炭化シリコンを集積するようにして形成することができ、この結果、炭化シリコンを含む集積化した半導体デバイスを簡易に作製することができる。

20

【0029】

なお、原料ガスR中には、メタンに加えてシランを混合させることもできる。この場合、大気圧マイクロプラズマジェットPはメタン及びシランを含むことになり、このような大気圧マイクロプラズマジェットPを用いて炭化シリコンを形成することにより、シランを含まない大気圧マイクロプラズマジェットPを用いて炭化シリコンを形成した場合に比べて、炭化シリコンの結晶化度を向上させることができる。

30

【0030】

例えば、シランを含まない大気圧マイクロプラズマジェットPを用いた場合、得られた炭化シリコンの結晶化度は0% ~ 70%であるが、シランを含む大気圧マイクロプラズマジェットPを用いた場合、得られた炭化シリコンの結晶化度は10% ~ 80%となる。

【0031】

なお、結晶化度はX線回折やラマン分光法などを用いた汎用の方法によって導出することができる。

【0032】

また、原料ガスR中のシランの濃度は1 mol% ~ 10 mol%であることが好ましい。

40

【実施例】

【0033】

以下、本発明の特徴を実施例によって具体的に説明する。

(実施例1)

図1に示すような装置を用い、針状電極11の内径を0.7 mm、原料ガスとしてのメタンガスの流量を3 s c c m、メタンガスの流量を10 s c c m、及び針状電極11とシリコン基材S間の距離を2 mmとして、炭化シリコンを形成した。なお、針状電極11には高周波電源12より20 WのRFを印加し、前記メタンガスをプラズマ化して大気圧マイクロプラズマジェットPを生成させ、シリコン基材S上に照射させた。なお、シリコン

50

基材 S の温度は 400、200 及び室温の 3 段階で変化させた。

【0034】

図 2 は、シリコン基材 S の表層部分のラマン分光スペクトルを示すグラフである。図 2 から明らかなように、シリコン基材 S の温度を上記範囲内で変化させた場合においては、いずれにおいてもシリコン基材 S の表層部分からは、多結晶炭化シリコンに起因した  $2500\text{ cm}^{-1}$  及び  $800\text{ cm}^{-1}$  のラマンピークが観測された。すなわち、シリコン基材 S の温度を 400 以下に加熱した状態、特にシリコン基材 S を加熱することなく室温に設定した場合においても、シリコン基材 S の表層部分には多結晶炭化シリコンが形成されていることが確認された。

【0035】

なお、得られた炭化シリコンの結晶化度は、シリコン基材 S の加熱温度とともに、10%、40% 及び 70% のように増大していることが判明した。

【図面の簡単な説明】

【0036】

【図 1】本発明の炭化シリコンの作製方法に使用する装置の一例を概略的に示した構成図である。

【図 2】本発明の炭化シリコンの作製方法によって得た炭化シリコンのラマンスペクトルを示すグラフである。

【符号の説明】

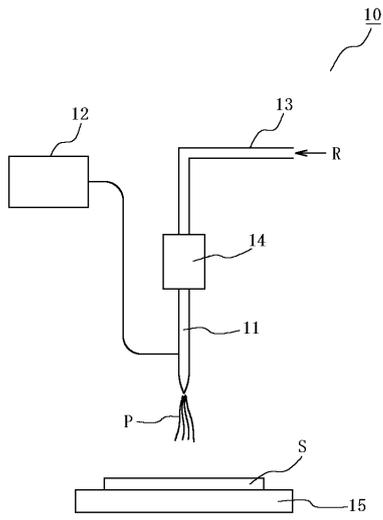
【0037】

- 10 炭化シリコン作製装置
- 11 針状電極
- 12 高周波電源
- 13 ガス導入管
- 14 ジョイント
- 15 サセプタ
- R 原料ガス
- S シリコン基材

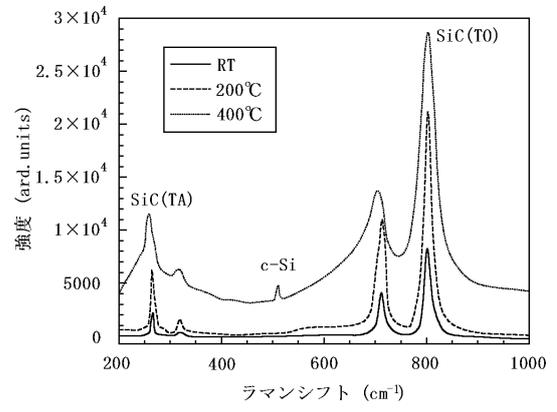
10

20

【 図 1 】



【 図 2 】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100110180

弁理士 阿相 順一

(72)発明者 白井 肇

埼玉県さいたま市浦和区常盤 1 0 - 1 9 - 4 2

Fターム(参考) 4K030 AA06 AA09 BA37 BB03 CA04 FA01 JA03 JA05 JA06 JA09

JA10 KA30 LA12

5F045 AA08 AA20 AB03 AC01 AC08 AE29 DP03 EF02 EH12 EH18