

(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2004-47696

(P2004-47696A)

(43) 公開日 平成16年2月12日(2004.2.12)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H01L 21/265

H05H 1/46

F 1

H01L 21/265

H05H 1/46

H01L 21/265

テーマコード (参考)

T

L

F

審査請求 未請求 請求項の数 23 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2002-202484 (P2002-202484)	(71) 出願人	000005821 松下電器産業株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地
(22) 出願日	平成14年7月11日 (2002.7.11)	(74) 代理人	100097445 弁理士 岩橋 文雄
		(74) 代理人	100103355 弁理士 坂口 智康
		(74) 代理人	100109667 弁理士 内藤 浩樹
		(72) 発明者	奥村 智洋 大阪府門真市大字門真1006番地 松下 電器産業株式会社内
		(72) 発明者	中山 一郎 大阪府門真市大字門真1006番地 松下 電器産業株式会社内

最終頁に続く

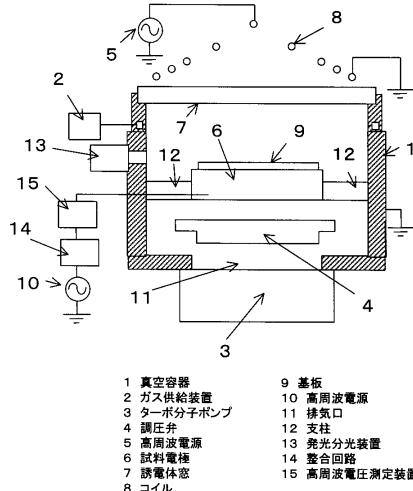
(54) 【発明の名称】 プラズマドーピング方法及び装置、整合回路

## (57) 【要約】

【課題】試料表面に導入される不純物濃度の制御性に優れたプラズマドーピング方法及び装置と、これに適した整合回路を提供する。

【解決手段】真空容器1内にガス供給装置2より所定のガスを導入しつつポンプ3で排気を行い、真空容器1内を所定の圧力に保ちながら、高周波電源5により高周波電力を、コイル8に印加すると、真空容器1内にプラズマが発生し、試料電極6上に載置された基板9に対してプラズマドーピングを行うことができる。このとき、発光分光装置13による測定値と高周波電圧測定装置15による測定値に基づき、不純物濃度を制御することができる。

【選択図】 図1



1 真空容器	9 基板
2 ガス供給装置	10 高周波電源
3 ターボ分子ポンプ	11 排気口
4 調圧弁	12 支柱
5 高周波電源	13 発光分光装置
6 試料電極	14 整合回路
7 測電体窓	15 高周波電圧測定装置
8 コイル	

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

真空容器内にガスを供給しつつ真空容器内を排気し、真空容器内を所定の圧力に制御しながら、プラズマ源に高周波電力を供給することにより、真空容器内にプラズマを発生させるとともに、真空容器内の試料電極に電力を供給することにより、試料電極に載置した試料または試料表面の膜中に不純物を導入するプラズマドーピング方法であって、  
プラズマの気相における状態をモニタリングするとともに、試料電極の電圧または電流をモニタリングすることにより、ドーピング濃度を制御すること  
を特徴とするプラズマドーピング方法。

**【請求項 2】**

真空容器内にガスを供給しつつ真空容器内を排気し、真空容器内を所定の圧力に制御しながら、プラズマ源に高周波電力を供給することにより、真空容器内にプラズマを発生させるとともに、真空容器内の試料電極及び試料電極の周辺部に設けられたモニタ用導体に電力を供給することにより、試料電極に載置した試料または試料表面の膜中に不純物を導入するプラズマドーピング方法であって、  
プラズマの気相における状態をモニタリングするとともに、モニタ用導体の電圧または電流をモニタリングすることにより、ドーピング濃度を制御すること  
を特徴とするプラズマドーピング方法。

**【請求項 3】**

20  
プラズマの気相における状態をモニタリングする方法が、発光分光法、レーザー誘起蛍光法、赤外半導体レーザー吸収分光法、真空紫外吸収分光法、レーザー散乱法、シングルプローブ法、ダブルプローブ法、トリプルプローブ法、質量分析法のいずれかであることを特徴とする請求項 1 または 2 記載のプラズマドーピング方法。

**【請求項 4】**

試料が、静電チャックにより試料電極に保持されていることを特徴とする請求項 1 または 2 記載のプラズマドーピング方法。

**【請求項 5】**

試料電極の高周波電圧をモニタリングすることを特徴とする請求項 1 記載のプラズマドーピング方法。

**【請求項 6】**

30  
試料電極の高周波電流をモニタリングすることを特徴とする請求項 1 記載のプラズマドーピング方法。

**【請求項 7】**

モニタ用導体の自己バイアス電圧をモニタリングすることを特徴とする請求項 2 記載のプラズマドーピング方法。

**【請求項 8】**

試料電極とモニタ用導体がコンデンサを介して結合されていることを特徴とする請求項 7 記載のプラズマドーピング方法。

**【請求項 9】**

モニタ用導体の高周波電流をモニタリングすることを特徴とする請求項 2 記載のプラズマドーピング方法。

**【請求項 10】**

モニタ用導体の直流電流をモニタリングすることを特徴とする請求項 2 記載のプラズマドーピング方法。

**【請求項 11】**

試料電極とモニタ用導体がコンデンサ及び抵抗を介して結合され、試料電極がコイルと電流計と前記抵抗を介して接地されていることを特徴とする請求項 10 記載のプラズマドーピング方法。

**【請求項 12】**

真空容器と、真空容器内にガスを供給するためのガス供給装置と、真空容器内を排気する

10

20

30

40

50

ための排気装置と、真空容器内を所定の圧力に制御するための調圧弁と、真空容器内に試料を載置するための試料電極と、試料電極に電力を供給する電源と、プラズマ源と、プラズマ源に高周波電力を供給する高周波電源と、プラズマの気相における状態をモニタリングする気相測定装置と、試料電極の電圧または電流をモニタリングする試料電極測定装置とを備えたこと

を特徴とするプラズマドーピング装置。

【請求項 13】

真空容器と、真空容器内にガスを供給するためのガス供給装置と、真空容器内を排気するための排気装置と、真空容器内を所定の圧力に制御するための調圧弁と、真空容器内に試料を載置するための試料電極と、試料電極の周辺部に設けられたモニタ用導体と、試料電極及びモニタ用導体に電力を供給する電源と、プラズマ源と、プラズマ源に高周波電力を供給する高周波電源と、プラズマの気相における状態をモニタリングする気相測定装置と、モニタ用導体の電圧または電流をモニタリングするモニタ用導体測定装置とを備えたこと

10

を特徴とするプラズマドーピング装置。

【請求項 14】

プラズマの気相における状態をモニタリングする方法が、発光分光法、レーザー誘起蛍光法、赤外半導体レーザー吸収分光法、真空紫外吸収分光法、レーザー散乱法、シングルプロープ法、ダブルプロープ法、トリプルプロープ法、質量分析法のいずれかであることを特徴とする請求項 12 または 13 記載のプラズマドーピング装置。

20

【請求項 15】

試料を静電チャックにより試料電極に保持する機構を備えたことを特徴とする請求項 12 または 13 記載のプラズマドーピング装置。

【請求項 16】

試料電極の高周波電圧をモニタリングする試料電極測定装置を備えたことを特徴とする請求項 12 記載のプラズマドーピング装置。

【請求項 17】

試料電極の高周波電流をモニタリングする試料電極測定装置を備えたことを特徴とする請求項 12 記載のプラズマドーピング装置。

30

【請求項 18】

モニタ用導体の自己バイアス電圧をモニタリングするモニタ用導体測定装置を備えたことを特徴とする請求項 13 記載のプラズマドーピング装置。

【請求項 19】

試料電極とモニタ用導体がコンデンサを介して結合されていることを特徴とする請求項 18 記載のプラズマドーピング装置。

【請求項 20】

モニタ用導体の高周波電流をモニタリングするモニタ用導体測定装置を備えたことを特徴とする請求項 13 記載のプラズマドーピング装置。

【請求項 21】

モニタ用導体の直流電流をモニタリングするモニタ用導体測定装置を備えたことを特徴とする請求項 13 記載のプラズマドーピング装置。

40

【請求項 22】

試料電極とモニタ用導体がコンデンサ及び抵抗を介して結合され、試料電極がコイルと電流計と前記抵抗を介して接地されていることを特徴とする請求項 21 記載のプラズマドーピング装置。

【請求項 23】

高周波電力を取り出すための第 1 高周波出力端子と、第 1 高周波出力端子とコンデンサ及び抵抗を介して結合された第 2 高周波出力端子とを備え、第 2 高周波出力端子がコイルと電流計と前記抵抗を介して接地され、電流計の測定値に対応した信号を出力する出力端子を備えたこと

50

を特徴とする整合回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、不純物を半導体基板等の固体試料の表面に導入するプラズマドーピング方法及び装置、及び、負荷の高周波インピーダンスを整合させるための整合回路に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

不純物を固体試料の表面に導入する技術としては、例えば、米国特許第4,912,065号明細書に示されているように、不純物をイオン化して低エネルギーで固体中に導入するプラズマドーピング法が知られている。

【0003】

プラズマドーピングにおいて、導入される不純物濃度を制御する方法として、特許第2,718,926号に示されているように、放電中の高周波電流を測定し、高周波電流を制御する方法がある。

【0004】

以下、図8を参照しながら従来の不純物導入方法としてのプラズマドーピング法について説明する。

【0005】

同図は、従来のプラズマドーピング法に用いられるプラズマドーピング装置の概略構成を示している。図8において、真空容器1内に、シリコン基板よりなる試料9を載置するための試料電極6が設けられている。真空容器1内に所望の元素を含むドーピングガス例えばB<sub>2</sub>H<sub>6</sub>を供給するためのガス供給装置2、真空容器1内の内部を減圧するポンプ3が設けられ、真空容器1内を所定の圧力に保つことができる。コンデンサ38、高周波変流器39を介して、試料電極6に電源10より高周波電力を供給することにより、真空容器1内にプラズマが形成され、プラズマ中のボロンイオンが試料9の表面に導入される。高周波変流器39を介して、電流計40で放電時の高周波電流を測定することにより、ドーピングされたボロン濃度を制御することができる。なお、試料電極に対向して、対向電極41が設けられ、対向電極41は接地される。

【0006】

このようにして不純物が導入された試料9の上に金属配線層を形成した後、所定の酸化雰囲気の中において金属配線層の上に薄い酸化膜を形成し、その後、CVD装置等により試料9上にゲート電極を形成すると、例えば、MOSトランジスタが得られる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の方式では、高周波電流を制御するために高周波電力の大きさを変えると、電子密度、プラズマ中のボロンイオン密度と、基板9に到達するイオンのエネルギーが全て変化てしまい、制御性が悪いという問題があった。

【0008】

また、特許第2,718,926号では、ECR(電子サイクロトロン共鳴)放電においても同様の結果が与えられたとされているが、ECR放電に代表される高密度プラズマを用いる場合、高周波電流が同じでも、真空容器内に供給されるマイクロ波電力の大きさが異なると、電子密度、プラズマ中のボロンイオン密度が異なる状態でドーピング処理が行われることとなり、同一のドーピング濃度が得られないという問題がある。

【0009】

本発明は、上記従来の問題点に鑑み、試料表面に導入される不純物濃度の制御性に優れたプラズマドーピング方法及び装置と、プラズマドーピングにおけるドーピング濃度制御に適した整合回路を提供することを目的としている。

【0010】

10

20

30

40

50

**【課題を解決するための手段】**

本願の第1発明のプラズマドーピング方法は、真空容器内にガスを供給しつつ真空容器内を排気し、真空容器内を所定の圧力に制御しながら、プラズマ源に高周波電力を供給することにより、真空容器内にプラズマを発生させるとともに、真空容器内の試料電極に電力を供給することにより、試料電極に載置した試料または試料表面の膜中に不純物を導入するプラズマドーピング方法であって、プラズマの気相における状態をモニタリングするとともに、試料電極の電圧または電流をモニタリングすることにより、ドーピング濃度を制御することを特徴とする。

**【0011】**

本願の第2発明のプラズマドーピング方法は、真空容器内にガスを供給しつつ真空容器内を排気し、真空容器内を所定の圧力に制御しながら、プラズマ源に高周波電力を供給することにより、真空容器内にプラズマを発生させるとともに、真空容器内の試料電極及び試料電極の周辺部に設けられたモニタ用導体に電力を供給することにより、試料電極に載置した試料または試料表面の膜中に不純物を導入するプラズマドーピング方法であって、プラズマの気相における状態をモニタリングするとともに、モニタ用導体の電圧または電流をモニタリングすることにより、ドーピング濃度を制御することを特徴とする。

**【0012】**

本願の第1または第2発明のプラズマドーピング方法において、好適には、プラズマの気相における状態をモニタリングする方法が、発光分光法、レーザー誘起蛍光法、赤外半導体レーザー吸収分光法、真空紫外吸収分光法、レーザー散乱法、シングルプローブ法、ダブルプローブ法、トリプルプローブ法、質量分析法のいずれかであることが望ましい。

**【0013】**

また、好適には、試料が、静電チャックにより試料電極に保持されていることが望ましい。

**【0014】**

本願の第1発明のプラズマドーピング方法において、試料電極の高周波電圧をモニタリングしてもよいし、試料電極の高周波電流をモニタリングしてもよい。

**【0015】**

本願の第2発明のプラズマドーピング方法において、モニタ用導体の自己バイアス電圧をモニタリングしてもよい。この場合、好適には、試料電極とモニタ用導体がコンデンサを介して結合されていることが望ましい。

**【0016】**

また、モニタ用導体の高周波電流をモニタリングしてもよいし、モニタ用導体の直流電流をモニタリングしてもよい。モニタ用導体の直流電流をモニタリングする場合、好適には、試料電極とモニタ用導体がコンデンサ及び抵抗を介して結合され、試料電極がコイルと電流計と前記抵抗を介して接地されていることが望ましい。

**【0017】**

本願の第3発明のプラズマドーピング装置は、真空容器と、真空容器内にガスを供給するためのガス供給装置と、真空容器内を排気するための排気装置と、真空容器内を所定の圧力に制御するための調圧弁と、真空容器内に試料を載置するための試料電極と、試料電極に電力を供給する電源と、プラズマ源と、プラズマ源に高周波電力を供給する高周波電源と、プラズマの気相における状態をモニタリングする気相測定装置と、試料電極の電圧または電流をモニタリングする試料電極測定装置とを備えたことを特徴とする。

**【0018】**

本願の第4発明のプラズマドーピング装置は、真空容器と、真空容器内にガスを供給するためのガス供給装置と、真空容器内を排気するための排気装置と、真空容器内を所定の圧力に制御するための調圧弁と、真空容器内に試料を載置するための試料電極と、試料電極の周辺部に設けられたモニタ用導体と、試料電極及びモニタ用導体に電力を供給する電源と、プラズマ源と、プラズマ源に高周波電力を供給する高周波電源と、プラズマの気相における状態をモニタリングする気相測定装置と、モニタ用導体の電圧または電流をモニタ

10

20

30

40

50

リングするモニタ用導体測定装置とを備えたことを特徴とする。

【0019】

本願の第3または第4発明のプラズマドーピング装置において、好適には、プラズマの気相における状態をモニタリングする方法が、発光分光法、レーザー誘起蛍光法、赤外半導体レーザー吸収分光法、真空紫外吸収分光法、レーザー散乱法、シングルプローブ法、ダブルプローブ法、トリプルプローブ法、質量分析法のいずれかであることが望ましい。

【0020】

また、好適には、試料を静電チャックにより試料電極に保持する機構を備えることが望ましい。

【0021】

本願の第3発明のプラズマドーピング装置において、試料電極の高周波電圧をモニタリングする試料電極測定装置を備えてもよいし、試料電極の高周波電流をモニタリングする試料電極測定装置を備えてもよい。

【0022】

本願の第4発明のプラズマドーピング装置において、モニタ用導体の自己バイアス電圧をモニタリングするモニタ用導体測定装置を備えてもよい。この場合、好適には、試料電極とモニタ用導体がコンデンサを介して結合されていることが望ましい。

【0023】

また、モニタ用導体の高周波電流をモニタリングするモニタ用導体測定装置を備えてもよいし、モニタ用導体の直流電流をモニタリングするモニタ用導体測定装置を備えてもよい。モニタ用導体の直流電流をモニタリングするモニタ用導体測定装置を備える場合、好適には、試料電極とモニタ用導体がコンデンサ及び抵抗を介して結合され、試料電極がコイルと電流計と前記抵抗を介して接地されていることが望ましい。

【0024】

本願の第5発明の整合回路は、高周波電力を取り出すための第1高周波出力端子と、第1高周波出力端子とコンデンサ及び抵抗を介して結合された第2高周波出力端子とを備え、第2高周波出力端子がコイルと電流計と前記抵抗を介して接地され、電流計の測定値に対応した信号を出力する出力端子を備えたことを特徴とする。

【0025】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の第1実施形態について、図1乃至図3を参照して説明する。

【0026】

図1に、本発明の第1実施形態において用いたプラズマドーピング装置の断面図を示す。

【0027】

図1において、真空容器1内に、ガス供給装置2から所定のガスを導入しつつ、排気装置としてのターボ分子ポンプ3により排気を行い、調圧弁4により真空容器1内を所定の圧力に保ちながら、高周波電源5により13.56MHzの高周波電力を試料電極6に対向した誘電体窓7の近傍に設けられたコイル8に供給することにより、真空容器1内に誘導結合型プラズマが発生し、試料電極6上に載置された試料としてのシリコン基板9に対してプラズマドーピング処理を行うことができる。

【0028】

また、試料電極6に高周波電力を供給するための高周波電源10が設けられており、試料としての基板がプラズマに対して負の電位をもつよう、試料電極6の電位を制御することができるようになっている。ターボ分子ポンプ3及び排気口11は、試料電極6の直下に配置されており、また、調圧弁4は、試料電極6の直下で、かつ、ターボ分子ポンプ3の直上に位置する昇降弁である。試料電極6は、4本の支柱12により、真空容器1に固定されている。

【0029】

プラズマの気相における状態をモニタリングする気相測定装置としての発光分光装置13が真空容器1の側壁面に設けられている。また、試料電極6への高周波電力は、整合回路

10

20

30

40

50

14 及び高周波電圧測定装置 15 を介して供給される。高周波電圧測定装置 15 は、試料電極の電圧をモニタリングすることができる試料電極測定装置として用いられ、気相測定装置による測定結果と試料電極測定装置による測定結果を用いて、ドーピングされたボロン濃度を制御することができる。

#### 【0030】

基板 9 を試料電極 6 に載置した後、試料電極 6 の温度を 10<sup>0</sup> に保ちつつ、真空容器 1 内にアルゴン (Ar) ガス及び B<sub>2</sub>H<sub>6</sub> ガスをそれぞれ 10 sccm、5 sccm 供給し、真空容器 1 内の圧力を 0.04 Pa に保ちながらコイル 8 及び試料電極 6 に高周波電力を供給して処理を行ったところ、ボロンが基板 9 の表面近傍に導入されていることが確認できた。このとき、コイル 8 に供給する高周波電力と試料電極 6 に供給する高周波電力を変化させ、ボロンの発光強度と高周波電圧をモニタリングしながら、試料表面から深さ 1 nm の位置におけるボロン濃度を測定した。結果を図 2 及び図 3 に示す。なお、測定した高周波電圧は、高周波電圧のピーク・トゥ・ピーク電圧である。

#### 【0031】

図 2 及び図 3 より、ボロン濃度は、高周波電圧一定のもとでは発光強度にほぼ比例し、また、発光強度一定のもとでは高周波電圧にほぼ比例することがわかった。この結果により、発光強度が一定になるようにコイル 8 に供給する高周波電力を制御するとともに、高周波電圧が一定になるように試料電極 6 に供給する高周波電力を制御することにより、極めて正確にボロンのドーピング濃度を制御することが可能となった。

#### 【0032】

次に、本発明の第 2 実施形態について、図 4 乃至図 5 を参照して説明する。

#### 【0033】

図 4 に、本発明の第 2 実施形態において用いたプラズマ処理装置の断面図を示す。図 4 において、真空容器 1 内に、ガス供給装置 2 から所定のガスを導入しつつ、排気装置としてのターボ分子ポンプ 3 により排気を行い、調圧弁 4 により真空容器 1 内を所定の圧力に保ちながら、高周波電源 5 により 13.56 MHz の高周波電力を試料電極 6 に対向した誘電体窓 7 の近傍に設けられたコイル 8 に供給することにより、真空容器 1 内に誘導結合型プラズマが発生し、試料電極 6 上に載置された試料としてのシリコン基板 9 に対してプラズマドーピング処理を行うことができる。また、試料電極 6 に高周波電力を供給するための高周波電源 10 が設けられており、試料としての基板がプラズマに対して負の電位をもつよう、試料電極 6 の電位を制御することができるようになっている。ターボ分子ポンプ 3 及び排気口 11 は、試料電極 6 の直下に配置されており、また、調圧弁 4 は、試料電極 6 の直下で、かつ、ターボ分子ポンプ 3 の直上に位置する昇降弁である。試料電極 6 は、4 本の支柱 12 により、真空容器 1 に固定されている。

#### 【0034】

プラズマの気相における状態をモニタリングする気相測定装置としてのシングルプローブ 16 及びシングルプローブ制御装置 17 が設けられ、真空容器 1 の側壁面からイオン電流密度を測定できるようになっている。また、試料電極 6 への高周波電力は、整合回路 14 を介して供給される。また、試料電極 6 の周辺部にリング状のモニタ用導体 18 が設けられている。

#### 【0035】

図 5 に、試料電極 6 及び整合回路 14 の詳細図を示す。試料電極 6 は、ペデスタル 19、絶縁体 20、第 1 チャック電極 21、第 2 チャック電極 22 から成り、ペデスタル 19 は整合回路 14 の第 1 高周波出力端子 23 に接続されている。第 1 及び第 2 チャック電極 21 及び 22 に、直流電源 24 より、極性の異なる高圧直流電圧 (数百 ~ 数キロ V) を印加することにより、基板 9 は、静電チャックにより基板電極 6 に保持される。整合回路 14 は、2 つの可変コンデンサ 25 及び 26、コイル 27、高周波入力端子 28、第 1 高周波出力端子 23、第 2 高周波出力端子 29、結合コンデンサ 30、モニタ回路 31、直流電位モニタ出力端子 32 から成り、高周波入力端子 28 は高周波電源 10 に接続されている。モニタ用導体 18 には、結合コンデンサ 30 及び第 2 高周波出力端子 29 を介して高周

10

20

30

40

50

波電力が供給されるが、第2高周波出力端子29とモニタ用導体18は同電位であるから、第2高周波出力端子29から取り出した電圧をモニタ回路31で分圧・整流することにより、直流電位モニタ出力端子32に、モニタ用導体18の直流電位（自己バイアス電位）に比例する電圧が現れる。結合コンデンサ30は、モニタ用導体18とペデスタル19を直流通して分離するためのものである。結合コンデンサ30が無い場合、ペデスタル19に大きな負の直流電圧が発生し、絶縁体20の劣化を引き起こす場合がある。なお、第2高周波出力端子29とモニタ回路31の間には、高周波電力の浸入を防止するためのローパスフィルタ33が設けられている。また、直流電位モニタ出力端子32は、プラズマ処理装置の制御系34に接続されている。図5に示す構成が、モニタ用導体18の電圧をモニタリングすることができるモニタ用導体測定装置として機能する。なお、図5の構成については、特開平10-180092号公報に詳述されている。10

#### 【0036】

このように構成されたプラズマドーピング装置において、気相測定装置による測定結果とモニタ導体測定装置による測定結果を用いて、ドーピングされたボロン濃度を制御することができる。11

#### 【0037】

基板9を試料電極6に載置した後、試料電極6の温度を10℃に保ちつつ、真空容器1内にアルゴン（Ar）ガス及びB<sub>2</sub>H<sub>6</sub>ガスをそれぞれ10sccm、5sccm供給し、真空容器1内の圧力を0.04Paに保ちながらコイル8及び試料電極6に高周波電力を供給して処理を行ったところ、ボロンが基板9の表面近傍に導入されていることが確認できた。このとき、コイル8に供給する高周波電力と試料電極6に供給する高周波電力を変化させ、シングルプローブ16によるイオン電流密度と、モニタ用導体18による自己バイアス電圧をモニタリングしながら、試料表面から深さ1nmの位置におけるボロン濃度を測定した。その結果、ボロン濃度は、自己バイアス電圧一定のもとではイオン電流密度にほぼ比例し、また、イオン電流密度一定のもとでは自己バイアス電圧にほぼ比例することがわかった。この結果により、イオン電流密度が一定になるようにコイル8に供給する高周波電力を制御するとともに、自己バイアス電圧が一定になるように試料電極6に供給する高周波電力を制御することにより、極めて正確にボロンのドーピング濃度を制御することが可能となった。20

#### 【0038】

次に、本発明の第3実施形態について、図6乃至図7を参照して説明する。30

#### 【0039】

図6に、本発明の第3実施形態において用いたプラズマ処理装置の断面図を示す。図6において、真空容器1内に、ガス供給装置2から所定のガスを導入しつつ、排気装置としてのターボ分子ポンプ3により排気を行い、調圧弁4により真空容器1内を所定の圧力に保ちながら、高周波電源5により13.56MHzの高周波電力を試料電極6に対向した誘電体窓7の近傍に設けられたコイル8に供給することにより、真空容器1内に誘導結合型プラズマが発生し、試料電極6上に載置された試料としてのシリコン基板9に対してプラズマドーピング処理を行うことができる。また、試料電極6に高周波電力を供給するための高周波電源10が設けられており、試料としての基板がプラズマに対して負の電位をもつよう、試料電極6の電位を制御することができるようになっている。ターボ分子ポンプ3及び排気口11は、試料電極6の直下に配置されており、また、調圧弁4は、試料電極6の直下で、かつ、ターボ分子ポンプ3の直上に位置する昇降弁である。試料電極6は、4本の支柱12により、真空容器1に固定されている。40

#### 【0040】

プラズマの気相における状態をモニタリングする気相測定装置としてのシングルプローブ16及びシングルプローブ制御装置17が設けられ、真空容器1の側壁面からイオン電流密度を測定できるようになっている。また、試料電極6への高周波電力は、整合回路14を介して供給される。また、試料電極6の周辺部にリング状のモニタ用導体18が設けられている。50

## 【0041】

図7に、試料電極6及び整合回路14の詳細図を示す。試料電極6は、ペデスタル19、絶縁体20、第1チャック電極21、第2チャック電極22から成り、ペデスタル19は整合回路14の第1高周波出力端子23に接続されている。第1及び第2チャック電極21及び22に、直流電源24より、極性の異なる高圧直流電圧(数百~数キロV)を印加することにより、基板9は、静電チャックにより基板電極6に保持される。整合回路14は、2つの可変コンデンサ25及び26、コイル27、高周波入力端子28、第1高周波出力端子23、第2高周波出力端子29、結合コンデンサ30、電流計としてのモニタ回路31、直流電流モニタ出力端子35から成り、高周波入力端子28は高周波電源10に接続されている。モニタ用導体18には、結合コンデンサ30、第2高周波出力端子29、抵抗36を介して高周波電力が供給される。

## 【0042】

また、モニタ用導体18は、抵抗36、コイル37、モニタ回路31を介して接地される。高周波電力はコイル37とローパスフィルタ33により遮断され、直流電流のみがモニタ回路31に流入する。モニタ用導体18の直流電位は、抵抗36における電圧降下によって決まり、試料電極の直流電圧の影響を受けない。また、抵抗36が無いと、場合によつてはコイル37、ローパスフィルタ33、モニタ回路31に非常に大きな電流が流れ、発熱や故障が起きる場合がある。直流電流モニタ出力端子35に、モニタ用導体18の直流電流に比例する電圧が現れる。結合コンデンサ30は、モニタ用導体18とペデスタル19を直流通じて分離するためのものである。結合コンデンサ30が無い場合、ペデスタル19に大きな負の直流電圧が発生し、絶縁体20の劣化を引き起こす場合がある。また、直流電流モニタ出力端子35は、プラズマ処理装置の制御系34に接続されている。図7に示す構成が、モニタ用導体18の電流をモニタリングすることができるモニタ用導体測定装置として機能する。

## 【0043】

なお、抵抗36を整合回路14の内部に設け、高周波電力を取り出すための第1高周波出力端子と、第1高周波出力端子とコンデンサ及び抵抗を介して結合された第2高周波出力端子とを備え、第2高周波出力端子がコイルと電流計と前記抵抗を介して接地され、電流計の測定値に対応した信号を出力する出力端子を備えた整合回路を構成することも可能である。

## 【0044】

このように構成されたプラズマドーピング装置において、気相測定装置による測定結果とモニタ導体測定装置による測定結果を用いて、ドーピングされたボロン濃度を制御することができる。

## 【0045】

基板9を試料電極6に載置した後、試料電極6の温度を10℃に保ちつつ、真空容器1内にアルゴン(Ar)ガス及びB<sub>2</sub>H<sub>6</sub>ガスをそれぞれ10sccm、5sccm供給し、真空容器1内の圧力を0.04Paに保ちながらコイル8及び試料電極6に高周波電力を供給して処理を行ったところ、ボロンが基板9の表面近傍に導入されていることが確認できた。このとき、コイル8に供給する高周波電力と試料電極6に供給する高周波電力を変化させ、シングルプローブ16によるイオン電流密度と、モニタ用導体18による直流電流をモニタリングしながら、試料表面から深さ1nmの位置におけるボロン濃度を測定した。

## 【0046】

その結果、ボロン濃度は、直流電流一定のもとではイオン電流密度にほぼ比例し、また、イオン電流密度一定のもとでは直流電流にほぼ比例することがわかった。この結果により、イオン電流密度が一定になるようにコイル8に供給する高周波電力を制御するとともに、直流電流が一定になるように試料電極6に供給する高周波電力を制御することにより、極めて正確にボロンのドーピング濃度を制御することが可能となった。

## 【0047】

10

20

30

40

50

以上述べた本発明の実施形態においては、本発明の適用範囲のうち、真空容器の形状、プラズマ源の方式及び配置等に関する様々なバリエーションのうちの一部を例示したに過ぎない。本発明の適用にあたり、ここで例示した以外にも様々なバリエーションが考えられることは、いうまでもない。

【0048】

例えば、コイル8を平面状とした構成も可能である。

【0049】

あるいは、コイル8の代わりにアンテナ及び磁場形成装置としての電磁石を用いた構成も可能である。この場合、真空容器内にヘリコン波プラズマまたは磁気中性ループプラズマを形成することができ、誘導結合型プラズマよりも高密度のプラズマを発生させることができる。電磁石に流れる電流を制御することで、真空容器内に直流磁場または周波数1kHz以下の低周波磁場を印加してもよい。10

【0050】

あるいは、コイル8の代わりに、マイクロ波放射アンテナ及び磁場形成装置としての電磁石を用いた構成も可能である。この場合、真空容器内に電子サイクロトロン共鳴プラズマを形成することができ、誘導結合型プラズマよりも高密度のプラズマを発生させることができ。電磁石に流れる電流を制御することで、真空容器内に直流磁場または周波数1kHz以下の低周波磁場を印加してもよい。

【0051】

また、試料がシリコンよりなる半導体基板である場合を例示したが、他の様々な材質の試料を処理するに際して、本発明を適用することができる。20

【0052】

また、不純物がボロンである場合について例示したが、試料がシリコンよりなる半導体基板である場合、とくに不純物が砒素、燐、ボロン、アルミニウムまたはアンチモンである場合に本発明は有効である。これは、トランジスタ部分に浅い接合を形成することができるからである。

【0053】

また、希釈ガスがアルゴンである場合を例示したが、希釈ガスとして窒素、ヘリウムまたはアルゴンを含むガスを用いることができる。

【0054】

また、ガスとして不純物を含むガス( $B_2H_6$ )を用いる場合を例示したが、不純物を含むガスを用いずに、不純物を含む固体をスパッタリングすることにより、プラズマ中に不純物原子を供給してもよい。30

【0055】

また、プラズマの気相における状態をモニタリングする方法が、発光分光法またはシングルプローブ法である場合を例示したが、プラズマの気相における状態をモニタリングする方法が、発光分光法、レーザー誘起蛍光法、赤外半導体レーザー吸収分光法、真空紫外吸収分光法、レーザー散乱法、シングルプローブ法、ダブルプローブ法、トリプルプローブ法、質量分析法のいずれかであれば、気相における状態を良好に検知できる。

【0056】

また、試料電極の高周波電圧をモニタリングする場合を例示したが、試料電極の高周波電流をモニタリングしてもよい。

【0057】

また、モニタ用導体の自己バイアス電圧をモニタリングする場合と、モニタ用導体の直流電流をモニタリングする場合を例示したが、モニタ用導体の高周波電流をモニタリングしてもよい。

【0058】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本願の第1発明のプラズマドーピング方法によれば、真空容器内にガスを供給しつつ真空容器内を排気し、真空容器内を所定の圧力に制御しながら

10

20

30

40

50

ら、プラズマ源に高周波電力を供給することにより、真空容器内にプラズマを発生させるとともに、真空容器内の試料電極に電力を供給することにより、試料電極に載置した試料または試料表面の膜中に不純物を導入するプラズマドーピング方法であって、プラズマの気相における状態をモニタリングするとともに、試料電極の電圧または電流をモニタリングすることにより、ドーピング濃度を制御するため、試料表面に導入される不純物濃度の制御性に優れたプラズマドーピング方法を提供することができる。

#### 【0059】

また、本願の第2発明のプラズマドーピング方法によれば、真空容器内にガスを供給しつつ真空容器内を排気し、真空容器内を所定の圧力に制御しながら、プラズマ源に高周波電力を供給することにより、真空容器内にプラズマを発生させるとともに、真空容器内の試料電極及び試料電極の周辺部に設けられたモニタ用導体に電力を供給することにより、試料電極に載置した試料または試料表面の膜中に不純物を導入するプラズマドーピング方法であって、プラズマの気相における状態をモニタリングするとともに、モニタ用導体の電圧または電流をモニタリングすることにより、ドーピング濃度を制御するため、試料表面に導入される不純物濃度の制御性に優れたプラズマドーピング方法を提供することができる。10

#### 【0060】

また、本願の第3発明のプラズマドーピング装置によれば、真空容器と、真空容器内にガスを供給するためのガス供給装置と、真空容器内を排気するための排気装置と、真空容器内を所定の圧力に制御するための調圧弁と、真空容器内に試料を載置するための試料電極と、試料電極に電力を供給する電源と、プラズマ源と、プラズマ源に高周波電力を供給する高周波電源と、プラズマの気相における状態をモニタリングする気相測定装置と、試料電極の電圧または電流をモニタリングする試料電極測定装置とを備えたため、試料表面に導入される不純物濃度の制御性に優れたプラズマドーピング装置を提供することができる。20

#### 【0061】

また、本願の第4発明のプラズマドーピング装置によれば、真空容器と、真空容器内にガスを供給するためのガス供給装置と、真空容器内を排気するための排気装置と、真空容器内を所定の圧力に制御するための調圧弁と、真空容器内に試料を載置するための試料電極と、試料電極の周辺部に設けられたモニタ用導体と、試料電極及びモニタ用導体に電力を供給する電源と、プラズマ源と、プラズマ源に高周波電力を供給する高周波電源と、プラズマの気相における状態をモニタリングする気相測定装置と、モニタ用導体の電圧または電流をモニタリングするモニタ用導体測定装置とを備えたため、試料表面に導入される不純物濃度の制御性に優れたプラズマドーピング装置を提供することができる。30

#### 【0062】

また、本願の第5発明の整合回路によれば、高周波電力を取り出すための第1高周波出力端子と、第1高周波出力端子とコンデンサ及び抵抗を介して結合された第2高周波出力端子とを備え、第2高周波出力端子がコイルと電流計と前記抵抗を介して接地され、電流計の測定値に対応した信号を出力する出力端子を備えたため、プラズマドーピングにおけるドーピング濃度制御に適した整合回路を提供することができる。40

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態で用いたプラズマドーピング装置の構成を示す断面図

【図2】本発明の第1実施形態におけるボロン濃度の測定結果を示すグラフ

【図3】本発明の第1実施形態におけるボロン濃度の測定結果を示すグラフ

【図4】本発明の第2実施形態で用いたプラズマドーピング装置の構成を示す断面図

【図5】本発明の第2実施形態で用いた試料電極及び整合回路の詳細図

【図6】本発明の第3実施形態で用いたプラズマドーピング装置の構成を示す断面図

【図7】本発明の第3実施形態で用いた試料電極及び整合回路の詳細図

【図8】従来例で用いたプラズマドーピング装置の構成を示す断面図

#### 【符号の説明】

10

20

30

40

50

- 1 真空容器
- 2 ガス供給装置
- 3 ターボ分子ポンプ
- 4 調圧弁
- 5 高周波電源
- 6 試料電極
- 7 誘電体窓
- 8 コイル
- 9 基板

1 0 高周波電源 10

1 1 排気口

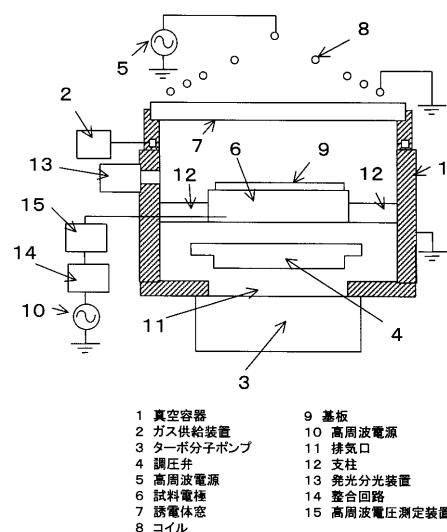
1 2 支柱

1 3 発光分光装置

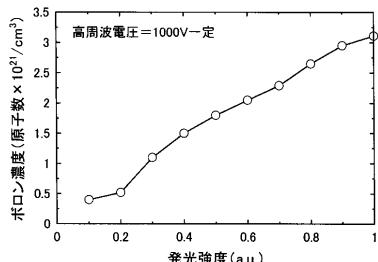
1 4 整合回路

1 5 高周波電圧測定装置

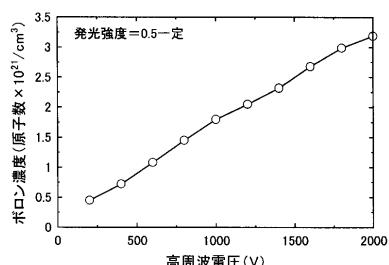
【図 1】



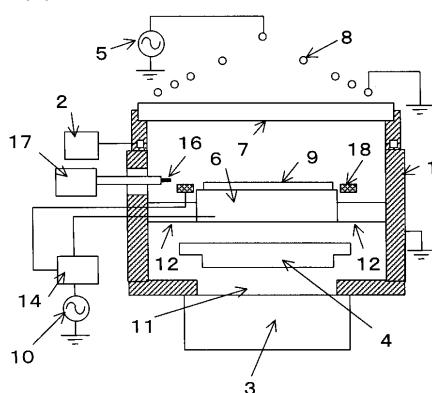
【図 2】



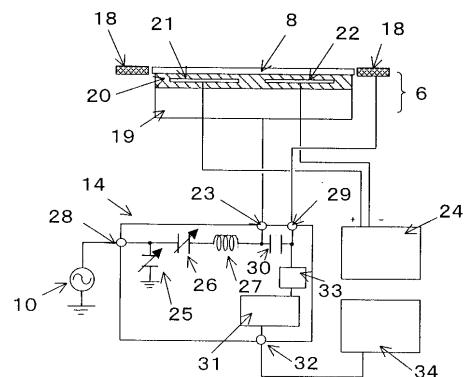
【図 3】



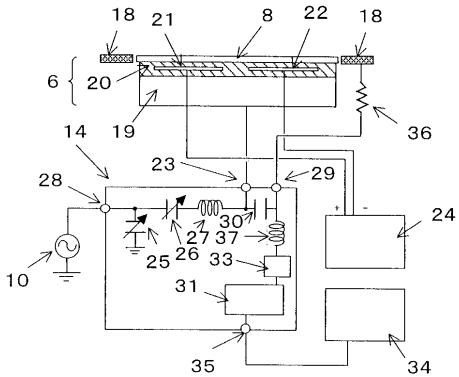
【図 4】



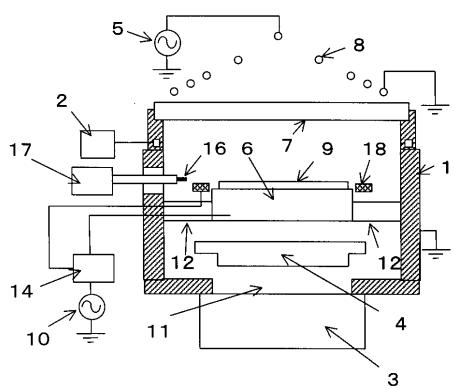
【図5】



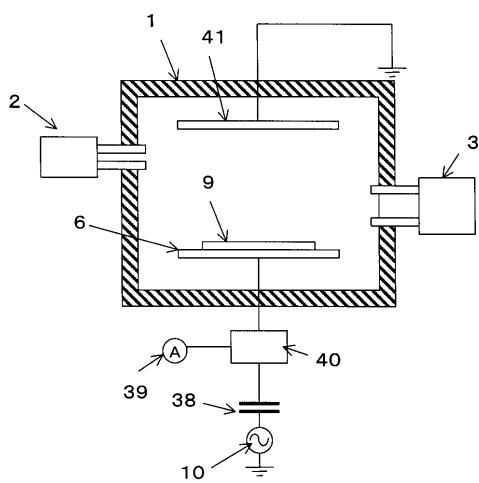
【図7】



【図6】



【図8】



---

フロントページの続き

(72)発明者 水野 文二  
大阪府門真市大字門真 1006 番地 松下電器産業株式会社内