

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7120540号

(P7120540)

(45)発行日 令和4年8月17日(2022.8.17)

(24)登録日 令和4年8月8日(2022.8.8)

(51)国際特許分類

F I

C 2 3 C 14/48 (2006.01)

C 2 3 C 14/48

Z

C 2 3 C 14/58 (2006.01)

C 2 3 C 14/58

C

C 2 3 C 14/32 (2006.01)

C 2 3 C 14/32

A

H 0 5 H 1/50 (2006.01)

H 0 5 H 1/50

H 0 1 J 37/317(2006.01)

H 0 1 J 37/317

請求項の数 6 (全15頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2018-121004(P2018-121004)

(22)出願日 平成30年6月26日(2018.6.26)

(65)公開番号 特開2020-2400(P2020-2400A)

(43)公開日 令和2年1月9日(2020.1.9)

審査請求日 令和3年5月13日(2021.5.13)

(73)特許権者 000002107

住友重機械工業株式会社

東京都品川区大崎二丁目1番1号

(73)特許権者 513067727

高知県公立大学法人

高知県高知市永国寺町2番2号

(74)代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹

(74)代理人 100113435

弁理士 黒木 義樹

(74)代理人 100162640

弁理士 柳 康樹

(72)発明者 北見 尚久

神奈川県横須賀市夏島町19番地 住友

重機械工業株式会社 横須賀製造所内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 イオン照射装置、イオン照射方法、成膜装置、及び成膜方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

A 1 N基板にイオンを照射するイオン照射装置であって、
窒化物負イオンを生成して、前記A 1 N基板に窒化物負イオンを照射する窒化物負イオン照射部を備える、イオン照射装置。

【請求項2】

前記窒化物負イオン照射部は、前記窒化物負イオンとして、水素原子を含有するの窒化物負イオンを生成する、請求項1に記載のイオン照射装置。

【請求項3】

前記窒化物負イオン照射部による前記窒化物負イオンの照射中、又は照射後に、前記A 1 N基板を加熱する加熱部を更に備える、請求項1又は2に記載のイオン照射装置。

【請求項4】

A 1 N基板にイオンを照射するイオン照射方法であって、
窒化物負イオンを生成して、前記A 1 N基板に窒化物負イオンを照射する工程を備える、イオン照射方法。

【請求項5】

成膜対象物に成膜材料の膜を形成する成膜装置であって、
前記成膜対象物を収容し成膜を行うチャンバーと、
前記チャンバー内でプラズマを生成するプラズマガンと、
前記チャンバー内でA 1 又はA 1 Nを含む前記成膜材料を保持する成膜材料保持部と、

10

20

少なくとも窒化物ガスを前記チャンバー内へ供給するガス供給部と、

前記成膜装置を制御する制御部と、を備え、

前記制御部は、

前記プラズマガンで生成したプラズマを前記成膜材料又は前記成膜材料保持部へ照射し、前記成膜対象物に前記成膜材料の膜を形成し、

前記プラズマガンで前記プラズマを生成すると共に、前記ガス供給部から少なくとも前記窒化物ガスを前記チャンバー内へ供給することで窒化物負イオンを生成し、前記成膜材料の膜に前記窒化物負イオンを照射する、成膜装置。

【請求項 6】

成膜対象物に成膜材料の膜を形成する成膜方法であって、

チャンバー内にプラズマガンで生成したプラズマを Al 又は Al N を含む前記成膜材料又は当該成膜材料を保持する成膜材料保持部へ照射し、前記成膜対象物に前記成膜材料の膜を形成する工程と、

前記プラズマガンで前記プラズマを生成すると共に、ガス供給部から少なくとも窒化物ガスを前記チャンバー内へ供給することで窒化物負イオンを生成し、前記成膜材料の膜に前記窒化物負イオンを照射する工程と、を備える、成膜方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、イオン照射装置、イオン照射方法、成膜装置、及び成膜方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、半導体素子に用いられる基板として様々な種類の基板が用いられている。例えば、特許文献 1 には、発光ダイオードの製造に用いられる基板として、Ga N 基板が使用されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2016 - 141831 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ここで、次世代の半導体素子として、Al N 基板の使用が望まれている。Al N は、Ga N よりもバンドギャップが広く、熱伝導性が高く、且つ、静電破壊電界が高いという特性を有している。その一方、Al N 基板は欠陥が多く、誤作動などによって半導体素子としての性能を適切に出すことが難しい場合がある。

【0005】

そこで本発明は、半導体素子として使用可能な Al N 基板を製造できるイオン照射装置、成膜装置、イオン照射方法、及び成膜方法を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するため、本発明に係るイオン照射装置は、Al N 基板にイオンを照射するイオン照射装置であって、窒化物イオンを生成して、Al N 基板に窒化物イオンを照射する窒化物イオン照射部を備える。

【0007】

本発明に係るイオン照射装置は、窒化物イオンを生成して、Al N 基板に窒化物イオンを照射する窒化物イオン照射部を備える。このように、Al N 基板に窒化物イオンを照射すると、窒化物イオンは、Al N 中の空孔内に入り込むことができる。従って、Al N 中に入り込んだ窒化物イオンにより、Al N 基板の欠陥を低減することができる。以上により、半導体素子として使用可能な Al N 基板を製造できる。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 8 】

イオン照射装置において、窒化物イオン照射部は、窒化物イオンとして、水素の窒化物イオンを生成してよい。例えば、窒化物の負イオンを生成し、A 1 N基板へ負イオンを照射した後に窒素以外の元素を離脱させる際、水素であればA 1 N基板から離脱させ易くなる。

【 0 0 0 9 】

イオン照射装置は、窒化物イオン照射部による窒化物イオンの照射中、又は照射後に、A 1 N基板を加熱する加熱部を更に備えてよい。この場合、A 1 Nの格子間に入り込んだ窒化物イオンをアニールすることによって、A 1 Nの空孔に入り込ませることができる。また、水素の窒化物イオンを照射した場合は、A 1 Nから水素を外部へ出すことができる。

10

【 0 0 1 0 】

イオン照射装置において、窒化物イオン照射部は、窒化物イオンとして、負イオンを生成してよい。この場合、エネルギーの低い負イオンをA 1 N基板に照射することで、A 1 N基板に対するダメージを低減することができる。

【 0 0 1 1 】

本発明に係るイオン照射方法は、A 1 N基板にイオンを照射するイオン照射方法であって、窒化物イオンを生成して、A 1 N基板に窒化物イオンを照射する工程を備える。

【 0 0 1 2 】

本発明に係るイオン照射方法によれば、上述のイオン照射装置と同様な作用・効果を得ることができる。

20

【 0 0 1 3 】

本発明に係る成膜装置は、成膜対象物に成膜材料の膜を形成する成膜装置であって、成膜対象物を収容し成膜を行うチャンバーと、チャンバー内でプラズマを生成するプラズマガンと、チャンバー内でA 1 又はA 1 Nを含む成膜材料を保持する成膜材料保持部と、窒化物ガスをチャンバー内へ供給する窒化物ガス供給部と、成膜装置を制御する制御部と、を備え、制御部は、プラズマガンで生成したプラズマを成膜材料又は成膜材料保持部へ照射し、成膜対象物に成膜材料の膜を形成し、プラズマガンでプラズマを生成すると共に、窒化物ガス供給部から窒化物ガスをチャンバー内へ供給することで窒化物イオンを生成し、成膜材料の膜に窒化物イオンを照射する。

【 0 0 1 4 】

30

本発明に係る成膜装置では、制御部は、プラズマガンで生成したプラズマを成膜材料又は成膜材料保持部へ照射し、成膜対象物に成膜材料の膜を形成する。これにより、成膜対象物にA 1 Nの膜が形成される。また、制御部は、プラズマガンでプラズマを生成すると共に、窒化物ガス供給部から窒化物ガスをチャンバー内へ供給することで窒化物イオンを生成し、成膜材料の膜に窒化物イオンを照射する。これにより、成膜装置は、A 1 Nの膜に対して窒化物イオンを照射することができる。従って、上述のイオン照射装置と同様の作用・効果を得ることができる。更に、成膜装置は、成膜とイオン照射を同一のチャンバー内で行うことができる。

【 0 0 1 5 】

本発明に係る成膜方法は、成膜対象物に成膜材料の膜を形成する成膜方法であって、チャンバー内にプラズマガンで生成したプラズマをA 1 又はA 1 Nを含む成膜材料又は当該成膜材料を保持する成膜材料保持部へ照射し、成膜対象物に成膜材料の膜を形成する工程と、プラズマガンでプラズマを生成すると共に、窒化物ガス供給部から窒化物ガスをチャンバー内へ供給することで窒化物イオンを生成し、成膜材料の膜に窒化物イオンを照射する工程と、を備える。

40

【 0 0 1 6 】

本発明に係る成膜方法によれば、上述の成膜装置と同様の作用・効果を得ることができる。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 7 】

50

本発明によれば、半導体素子として使用可能なA 1 N基板を製造できるイオン照射装置、イオン照射方法、成膜装置、及び成膜方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明の実施形態に係る成膜装置の構成を示す概略断面図であって、成膜処理モードにおける動作状態を示す図である。

【図2】図1の成膜装置の構成を示す概略断面図であって、窒化物イオン照射モードにおける動作状態を示す図である。

【図3】本発明の実施形態に係る成膜装置における成膜方法を示すフローチャートである。

【図4】A 1 N基板に窒化物イオンを照射したときの様子を示す概念図である。

10

【図5】A 1 N基板に窒化物イオンを照射したときの様子を示す概念図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、添付図面を参照しながら本発明の一実施形態に係る成膜装置について説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0020】

まず、図1及び図2を参照して、本発明の実施形態に係る成膜装置の構成について説明する。図1及び図2は、本実施形態に係る成膜装置の構成を示す概略断面図である。図1は、成膜処理モードにおける動作状態を示し、図2は、窒化物イオン照射モードにおける動作状態を示している。ここで、成膜処理モードとは、真空チャンバー10内で成膜対象物11に対して成膜処理を行うモードである。窒化物イオン照射モードは、真空チャンバー10内で窒化物イオンを生成し、成膜対象物11に形成された膜の表面に照射するモードである。なお、成膜処理モード及び窒化物イオン照射モードの詳細については後述する。

20

【0021】

図1及び図2に示すように、本実施形態の成膜装置1は、いわゆるイオンプレーティング法に用いられるイオンプレーティング装置である。成膜装置1は、窒化物イオンを生成するイオン照射装置100としても機能する。以降の説明においては、特段の事情がない限り、イオン照射装置100と成膜装置1とをまとめて「成膜装置1」と説明する場合がある。なお、説明の便宜上、図1及び図2には、XYZ座標系を示す。Y軸方向は、後述する成膜対象物が搬送される方向である。X軸方向は、成膜対象物と後述するハース機構とが対向する位置である。Z軸方向は、Y軸方向とX軸方向とに直交する方向である。

30

【0022】

成膜装置1は、成膜対象物11の板厚方向がX軸方向となるように、成膜対象物11を配置させた状態で、成膜対象物11が真空チャンバー10内に配置されて搬送される横型の成膜装置である。この場合には、X軸方向は鉛直方向且つ成膜対象物11の板厚方向であり、Y軸方向は水平方向であり、Z軸方向は水平方向となる。なお、本発明の一実施形態に係る成膜装置は、成膜対象物の板厚方向が略水平方向となるように成膜対象物が真空チャンバー内に配置されて搬送されるいわゆる縦型の成膜装置であってもよい。この場合には、X軸及びY軸方向は水平方向であり、Z軸方向は鉛直方向となる。以下、横型の成膜装置を例として説明する。

40

【0023】

成膜装置1は、真空チャンバー10、搬送機構3、成膜部14、窒化物イオン照射部24、磁場発生コイル30、及び加熱部160を備えている。

【0024】

真空チャンバー10は、成膜対象物11を収納し成膜処理を行う。真空チャンバー10は、成膜材料Maの膜が形成される成膜対象物11を搬送するための搬送室10aと、成膜材料Maを拡散させる成膜室10bと、プラズマガン7からビーム状に照射されるプラズマPを真空チャンバー10に受け入れるプラズマ口10cとを有している。搬送室10a、成膜室10b、及びプラズマ口10cは互いに連通している。搬送室10aは、所定の搬送方向（図中の矢印A）に（Y軸に）沿って設定されている。また、真空チャンバー

50

10は、導電性の材料からなり接地電位に接続されている。

【0025】

成膜室10bは、壁部10wとして、搬送方向（矢印A）に沿った一对の側壁と、搬送方向（矢印A）と交差する方向（Z軸方向）に沿った一对の側壁10h、10iと、X軸方向と交差して配置された底面壁10jと、を有する。

【0026】

搬送機構3は、成膜材料Maと対向した状態で成膜対象物11を保持する成膜対象物保持部材16を搬送方向（矢印A）に搬送する。例えば成膜対象物保持部材16は、成膜対象物11の外周縁を保持するトレイである。搬送機構3は、搬送室10a内に設置された複数の搬送ローラ15によって構成されている。搬送ローラ15は、搬送方向（矢印A）に沿って等間隔に配置され、成膜対象物保持部材16を支持しつつ搬送方向（矢印A）に搬送する。なお、成膜対象物11は、例えばガラス基板やプラスチック基板などの板状部材が用いられる。

10

【0027】

続いて、成膜部14の構成について詳細に説明する。成膜部14は、イオンプレーティング法により成膜材料Maの粒子を成膜対象物11に付着させる。成膜部14は、プラズマガン7と、ステアリングコイル5と、ハース機構2と、輪ハース6とを有している。

【0028】

プラズマガン7は、例えば圧力勾配型のプラズマガンである。プラズマガン7は、アーク放電によってプラズマPを生成する。プラズマガン7の本体部分は、成膜室10bの側壁に設けられたプラズマ口10cを介して成膜室10bに接続されている。プラズマガン7は、真空チャンバー10内でプラズマPを生成する。プラズマガン7において生成されたプラズマPは、プラズマ口10cから成膜室10b内へビーム状に出射される。これにより、成膜室10b内にプラズマPが生成される。

20

【0029】

プラズマガン7は、陰極60により一端が閉塞されている。陰極60とプラズマ口10cとの間には、第1の中間電極（グリッド）61と、第2の中間電極（グリッド）62とが同心的に配置されている。第1の中間電極61内にはプラズマPを収束するための環状永久磁石61aが内蔵されている。第2の中間電極62内にもプラズマPを収束するため電磁石コイル62aが内蔵されている。なお、プラズマガン7は、後述する窒化物イオン照射部24としての機能も有する。この詳細については、窒化物イオン照射部24の説明において後述する。

30

【0030】

ステアリングコイル5は、プラズマガンが装着されたプラズマ口10cの周囲に設けられている。ステアリングコイル5は、プラズマPを成膜室10b内に導く。ステアリングコイル5は、ステアリングコイル用の電源（不図示）により励磁される。

【0031】

ハース機構2は、成膜材料Maを保持する。ハース機構2は、真空チャンバー10の成膜室10b内に設けられ、搬送機構3から見てX軸方向の負方向に配置されている。ハース機構2は、プラズマガン7から出射されたプラズマPを成膜材料Maに導く主陽極又はプラズマガン7から出射されたプラズマPが導かれる主陽極である主ハース17を有している。

40

【0032】

主ハース17は、成膜材料Maが充填されたX軸方向の正方向に延びた筒状の充填部17aと、充填部17aから突出したフランジ部17bとを有している。主ハース17は、真空チャンバー10が有する接地電位に対して正電位に保たれている。また、プラズマPは負電位である。従って、主ハース17は、プラズマPを吸引する。このプラズマPが入射する主ハース17の充填部17aには、成膜材料Maを充填するための貫通孔17cが形成されている。そして、成膜材料Maの先端部分が、この貫通孔17cの一端において成膜室10bに露出している。

50

【 0 0 3 3 】

成膜材料M aには、導電材料や、絶縁材料が例示される。成膜材料M aが絶縁性物質からなる場合、主ハース1 7にプラズマPが照射されると、プラズマPからの電流によって主ハース1 7が加熱され、成膜材料M aの先端部分が蒸発又は昇華し、プラズマPによりイオン化された成膜材料粒子（蒸発粒子）M bが成膜室1 0 b内に拡散する。また、成膜材料M aが導電性物質からなる場合、主ハース1 7にプラズマPが照射されると、プラズマPが成膜材料M aに直接入射し、成膜材料M aの先端部分が加熱されて蒸発又は昇華し、プラズマPによりイオン化された成膜材料粒子M bが成膜室1 0 b内に拡散する。成膜室1 0 b内に拡散した成膜材料粒子M bは、成膜室1 0 bのX軸正方向へ移動し、搬送室1 0 a内において成膜対象物1 1の表面に付着する。なお、成膜材料M aは、所定長さの円柱形状に成形された固体物であり、一度に複数の成膜材料M aがハース機構2に充填される。そして、最先端側の成膜材料M aの先端部分が主ハース1 7の上端との所定の位置関係を保つように、成膜材料M aの消費に応じて、成膜材料M aがハース機構2のX負方向側から順次押し出される。本実施形態では、成膜材料M aとして、A 1、A 1 N、又はA 1 x N 1 - xを含有した材料が採用される。その結果、成膜対象物1 1に成膜材料M aを成膜することで、A 1 N膜1 5 1を有するA 1 N基板1 5 0が形成される（図2、図4及び図5参照）。

10

【 0 0 3 4 】

輪ハース6は、プラズマPを誘導するための電磁石を有する補助陽極である。輪ハース6は、成膜材料M aを保持する主ハース1 7の充填部1 7 aの周囲に配置されている。輪ハース6は、環状のコイル9と環状の永久磁石部2 0と環状の容器1 2とを有し、コイル9及び永久磁石部2 0は容器1 2に収容されている。本実施形態では、搬送機構3から見てX負方向にコイル9、永久磁石部2 0の順に設置されているが、X負方向に永久磁石部2 0、コイル9の順に設置されていてもよい。輪ハース6は、コイル9に流れる電流の大きさに応じて、成膜材料M aに入射するプラズマPの向き、または、主ハース1 7に入射するプラズマPの向きを制御する。

20

【 0 0 3 5 】

続いて、窒化物イオン照射部2 4の構成について詳細に説明する。窒化物イオン照射部2 4は、プラズマガン7と、窒化物ガス供給部4 0と、制御部5 0と、回路部3 4とを有している。なお、制御部5 0及び回路部3 4に含まれる一部の機能は、前述の成膜部1 4にも属する。窒化物イオン照射部2 4は、窒化物イオンを生成する。また、窒化物イオン照射部2 4は、生成した窒化物イオンをA 1 N基板1 5 0に照射する（図4参照）。窒化物イオン照射部2 4は、窒化物イオンとして、負イオンを生成する。窒化物イオンとして、水素の窒化物イオン（ NH_2^- ）が挙げられる。なお、窒化物イオン照射部2 4は、例えば、 N^+ 、 N_2^+ などの窒素の陽イオンを生成してもよい。

30

【 0 0 3 6 】

プラズマガン7は、前述の成膜部1 4が有するプラズマガン7と同様のものが用いられる。すなわち、本実施形態において、成膜部1 4のプラズマガン7は、窒化物イオン照射部2 4のプラズマガン7と兼用されている。プラズマガン7は、成膜部1 4として機能すると共に、窒化物イオン照射部2 4としても機能する。なお、成膜部1 4と窒化物イオン照射部2 4とで、互いに異なる別箇のプラズマガン7を有していてもよい。

40

【 0 0 3 7 】

プラズマガン7は、成膜室1 0 b内において間欠的にプラズマPを生成する。具体的には、プラズマガン7は、後述の制御部5 0によって成膜室1 0 b内において間欠的にプラズマPを生成するように制御されている。この制御については、後述の制御部5 0の説明において詳述する。

【 0 0 3 8 】

窒化物ガス供給部4 0は、真空チャンバー1 0の外部に配置されている。窒化物ガス供給部4 0は、成膜室1 0 bの側壁（例えば、側壁1 0 h）に設けられたガス供給口4 1を通し、真空チャンバー1 0内へ窒化物イオンの原料ガスである窒化物ガスを供給する。窒

50

化物ガスとして、例えば、 NH_3 ガス、 NH_2 ガス等が用いられる。窒化物ガス供給部 40 は、例えば成膜処理モードから窒化物イオン照射モードに切り替わると、窒化物ガスの供給を開始する。また、窒化物ガス供給部 40 は、成膜処理モード及び窒化物イオン照射モードの両方において窒化物ガスの供給を行い続けてもよい。

【0039】

例えば、成膜材料として Al を採用する場合、窒化物ガス供給部 40 は、成膜処理モード時に N_2 ガスを供給する。これにより、 N_2 をプラズマ P と反応させて N^+ または N_2^+ とし、昇華した Al と N^+ または N_2^+ によって、AlN 膜を形成する。そして、窒化物ガス供給部 40 は、窒化物イオン照射モード時には、 N_2 ガス（正イオンを作る場合）、または NH_3 ガス若しくは NH_2 ガス（負イオンを作る場合）を供給する。このような場合、窒化物ガス供給部 40 は、供給するガスの種類に応じた複数のガス貯留部と接続され、使用するガスに応じてガス貯留部からガスを引き出してよい。

10

【0040】

ガス供給口 41 の位置は、成膜室 10b と搬送室 10a との境界付近の位置が好ましい。この場合、窒化物ガス供給部 40 からの窒化物ガスを、成膜室 10b と搬送室 10a との境界付近に供給することができるので、当該境界付近において後述する窒化物イオンの生成が行われる。よって、生成した窒化物イオンを、搬送室 10a における成膜対象物 11 に好適に付着させることができる。なお、ガス供給口 41 の位置は、成膜室 10b と搬送室 10a との境界付近に限られない。

20

【0041】

制御部 50 は、真空チャンバー 10 の外部に配置されている。制御部 50 は、回路部 34 が有する切替部を切り替える切替制御部として機能する。この制御部 50 による切替部の切り替えについては、以下、回路部 34 の説明と併せて詳述する。また、制御部 50 は、窒化物ガス供給部 40 を制御する窒化物ガス供給制御部として機能する。また、制御部 50 は、磁場発生コイル 30 による磁場の発生を制御するコイル制御部として機能する。

【0042】

より詳細には、制御部 50 は、プラズマガン 7 で生成したプラズマ P を成膜材料 Ma 又は主ハースへ照射し、成膜対象物 11 に成膜材料 Ma の膜を形成する。また、制御部 50 は、プラズマガン 7 でプラズマ P を生成すると共に、窒化物ガス供給部 40 から窒化物ガスを真空チャンバー 10 内へ供給することで窒化物イオンを生成し、成膜材料 Ma の膜、すなわち AlN 基板 150 に窒化物イオンを照射する。

30

【0043】

回路部 34 は、可変電源 80 と、第 1 の配線 71 と、第 2 の配線 72 と、抵抗器 R1 ~ R4 と、短絡スイッチ SW1, SW2 と、を有している。

【0044】

可変電源 80 は、接地電位にある真空チャンバー 10 を挟んで、負電圧をプラズマガン 7 の陰極 60 に、正電圧をハース機構 2 の主ハース 17 に印加する。これにより、可変電源 80 は、プラズマガン 7 の陰極 60 とハース機構 2 の主ハース 17 との間に電位差を発生させる。

40

【0045】

第 1 の配線 71 は、プラズマガン 7 の陰極 60 を、可変電源 80 の負電位側と電氣的に接続している。第 2 の配線 72 は、ハース機構 2 の主ハース 17（陽極）を、可変電源 80 の正電位側と電氣的に接続している。

【0046】

抵抗器 R1 は、一端がプラズマガン 7 の第 1 の中間電極 61 と電氣的に接続されていると共に、他端が第 2 の配線 72 を介して可変電源 80 と電氣的に接続されている。すなわち、抵抗器 R1 は、第 1 の中間電極 61 と可変電源 80 との間において直列接続されている。

【0047】

50

抵抗器 R 2 は、一端がプラズマガン 7 の第 2 の中間電極 6 2 と電氣的に接続されていると共に、他端が第 2 の配線 7 2 を介して可変電源 8 0 と電氣的に接続されている。すなわち、抵抗器 R 2 は、第 2 の中間電極 6 2 と可変電源 8 0 との間において直列接続されている。

【 0 0 4 8 】

抵抗器 R 3 は、一端が成膜室 1 0 b の壁部 1 0 W と電氣的に接続されていると共に、他端が第 2 の配線 7 2 を介して可変電源 8 0 と電氣的に接続されている。すなわち、抵抗器 R 3 は、成膜室 1 0 b の壁部 1 0 W と可変電源 8 0 との間において直列接続されている。

【 0 0 4 9 】

抵抗器 R 4 は、一端が輪ハース 6 と電氣的に接続されていると共に、他端が第 2 の配線 7 2 を介して可変電源 8 0 と電氣的に接続されている。すなわち、抵抗器 R 4 は、輪ハース 6 と可変電源 8 0 との間において直列接続されている。

【 0 0 5 0 】

短絡スイッチ S W 1 , S W 2 は、それぞれ前述の制御部 5 0 からの指令信号を受信することにより、ON / OFF 状態に切り替えられる切替部である。

【 0 0 5 1 】

短絡スイッチ S W 1 は、抵抗器 R 2 に並列接続されている。短絡スイッチ S W 1 は、成膜処理モードであるか窒化物イオン照射モードであるかに応じて、制御部 5 0 によって ON / OFF 状態が切り替えられる。短絡スイッチ S W 1 は、成膜処理モードにおいては OFF 状態とされる。これにより、成膜処理モードにおいては、第 2 の中間電極 6 2 と可変電源 8 0 とが抵抗器 R 2 を介して互いに電氣的に接続されるので、第 2 の中間電極 6 2 と可変電源 8 0 との間には電流が流れにくい。その結果、プラズマガン 7 からのプラズマ P が真空チャンバー 1 0 内に出射され、成膜材料 M a に入射する（図 1 参照）。なお、プラズマガン 7 からのプラズマ P を真空チャンバー 1 0 内に出射する場合、第 2 の中間電極 6 2 への電流を流れにくくする事に代えて、第 1 の中間電極 6 1 への電流を流れにくくしてもよい。この場合、短絡スイッチ S W 1 は、第 2 の中間電極 6 2 側に代えて、第 1 の中間電極 6 1 側に接続される。

【 0 0 5 2 】

一方、短絡スイッチ S W 1 は、窒化物イオン照射モードにおいては、プラズマガン 7 からのプラズマ P を真空チャンバー 1 0 内で間欠的に生成するため、制御部 5 0 によって ON / OFF 状態が所定間隔で切り替えられる。短絡スイッチ S W 1 が ON 状態に切り替えられると、第 2 の中間電極 6 2 と可変電源 8 0 との間の電氣的な接続が短絡するので、第 2 の中間電極 6 2 と可変電源 8 0 との間に電流が流れる。すなわち、プラズマガン 7 に短絡電流が流れる。その結果、プラズマガン 7 からのプラズマ P が真空チャンバー 1 0 内に出射されなくなる。

【 0 0 5 3 】

短絡スイッチ S W 1 が OFF 状態に切り替えられると、第 2 の中間電極 6 2 と可変電源 8 0 とが抵抗器 R 2 を介して互いに電氣的に接続されるので、第 2 の中間電極 6 2 と可変電源 8 0 との間には電流が流れにくい。その結果、プラズマガン 7 からのプラズマ P が真空チャンバー 1 0 内に出射される。このように、短絡スイッチ S W 1 の ON / OFF 状態が制御部 5 0 によって所定間隔で切り替えられることにより、プラズマガン 7 からのプラズマ P が真空チャンバー 1 0 内において間欠的に生成される。すなわち、短絡スイッチ S W 1 は、真空チャンバー 1 0 内へのプラズマ P の供給と遮断とを切り替える切替部である。

【 0 0 5 4 】

短絡スイッチ S W 2 は、抵抗器 R 4 に並列接続されている。短絡スイッチ S W 2 は、例えば成膜処理モードになる前の成膜対象物 1 1 の搬送前の状態であるスタンバイモードであるか成膜処理モードであるかに応じて、制御部 5 0 によって ON / OFF 状態が切り替えられる。短絡スイッチ S W 2 は、スタンバイモードでは ON 状態とされる。これにより、輪ハース 6 と可変電源 8 0 との間の電氣的な接続が短絡するので、主ハース 1 7 よりも輪ハース 6 に電流を流しやすくなり、成膜材料 M a の無駄な消費を防ぐことができる。

【 0 0 5 5 】

一方、短絡スイッチ S W 2 は、成膜処理モードでは O F F 状態とされる。これにより、輪ハース 6 と可変電源 8 0 が抵抗器 R 4 を介して電氣的に接続されるので、輪ハース 6 よりも主ハース 1 7 に電流を流しやすくなり、プラズマ P の出射方向を好適に成膜材料 M a に向けることができる。なお、短絡スイッチ S W 2 は、窒化物イオン照射モードでは O N 状態又は O F F 状態のいずれの状態とされてもよい。

【 0 0 5 6 】

磁場発生コイル 3 0 は、真空チャンバー 1 0 内であって、成膜室 1 0 b と搬送室 1 0 a との間に設けられている。磁場発生コイル 3 0 は、例えばハース機構 2 と搬送機構 3 との間に配置されている。より具体的には、磁場発生コイル 3 0 は、成膜室 1 0 b の搬送室 1 0 a 側の端部と、搬送室 1 0 a の成膜室 1 0 b 側の端部とに介在するように位置している。磁場発生コイル 3 0 は、互いに対向する一対のコイル 3 0 a , 3 0 b を有している。各コイル 3 0 a , 3 0 b は、例えば成膜室 1 0 b から搬送室 1 0 a へ向かう方向（ハース機構 2 から搬送機構 3 へ向かう方向）に交差する方向で互いに対向している。

10

【 0 0 5 7 】

磁場発生コイル 3 0 は、成膜処理モードにおいては励磁されず、窒化物イオン照射モードにおいて磁場発生コイル 3 0 用の電源（不図示）により励磁される。磁場発生コイル 3 0 は、窒化物イオン照射モードにおいて励磁されることにより、成膜室 1 0 b から搬送室 1 0 a へ向かう方向（ハース機構 2 から搬送機構 3 へ向かう方向）と交差する方向に伸びる磁力線を有する封止磁場 M を真空チャンバー 1 0 内に形成する（図 2 参照）。磁場発生コイル 3 0 は、このような封止磁場 M を発生させることにより、成膜室 1 0 b 内の電子が搬送室 1 0 a 内へ流入するのを抑制する。封止磁場 M が有する磁力線は、例えば成膜対象物 1 1 の搬送方向（矢印 A ）に略平行な方向に伸びる部分を有していてもよい。なお、磁場発生コイル 3 0 用の電源の O N / O F F 状態の切り替えは、制御部 5 0 によって制御されてもよい。磁場発生コイル 3 0 は、成膜材料 M a が堆積しないようケース 3 1 で覆われている。なお、磁場発生コイル 3 0 はケース 3 1 で覆われていなくてもよい。

20

【 0 0 5 8 】

加熱部 1 6 0 は、窒化物イオン照射部 2 4 による窒化物イオンの照射中、又は照射後に、A l N 基板 1 5 0 を加熱する。加熱部 1 6 0 は、制御部 5 0 からの制御信号に基づいて、加熱の O N / O F F を切り替える。加熱部 1 6 0 は、電熱線等によって構成される。なお、図 1 及び図 2 では、加熱部 1 6 0 は、搬送機構 3 のうち真空チャンバー 1 0 に対応する位置に一つ設けられているが、当該位置よりも下流側に設けてもよく、二つ以上設けてもよい。

30

【 0 0 5 9 】

次に、図 3 を参照して、成膜装置 1 における成膜方法について詳細に説明する。図 3 は、成膜装置 1 における成膜方法を示すフローチャートである。

【 0 0 6 0 】

図 3 に示すように、まず、成膜装置 1 は、制御部 5 0 によって成膜処理モードに切り替えられると、成膜対象物 1 1 に成膜材料 M a の膜を形成する（S 1：成膜工程）。このとき、制御部 5 0 によって短絡スイッチ S W 1 が O F F 状態とされている。また、成膜処理モードにおいて、ステアリングコイル 5 が励磁されている一方、磁場発生コイル 3 0 は励磁されていない。これにより、プラズマガン 7 によって成膜室 1 0 b 内でプラズマ P が生成され、当該プラズマ P が主ハース 1 7 に照射される（図 1 参照）。その結果、主ハース 1 7 における成膜材料 M a がプラズマ P によりイオン化されて成膜材料粒子 M b となり、成膜室 1 0 b 内に拡散し、搬送室 1 0 a 内の成膜対象物 1 1 の表面に付着する。このようにして、成膜対象物 1 1 に成膜材料 M a の膜が形成され、成膜工程 S 1 が終了する。

40

【 0 0 6 1 】

続いて、成膜装置 1 では、窒化物イオン照射モードにおいて、A l N 基板 1 5 0 に窒化物イオンを照射する（S 2：窒化物イオン照射工程）。以下、窒化物イオン照射工程 S 2 について具体的に説明する。まず、窒化物ガス供給部 4 0 によって、成膜室 1 0 b 内に窒

50

化物ガスが供給される（Ｓ２１：窒化物ガス供給工程）。

【００６２】

続いて、制御部５０によって、プラズマガン７からのプラズマＰを成膜室１０ｂ内で間欠的に生成するようにプラズマガン７が制御される（Ｓ２２：プラズマ生成工程）。例えば、制御部５０によって、短絡スイッチＳＷ１のＯＮ／ＯＦＦ状態が所定間隔で切り替えられることにより、プラズマガン７からのプラズマＰが成膜室１０ｂ内で間欠的に生成される。

【００６３】

短絡スイッチＳＷ１がＯＮ状態とされているときは、プラズマガン７からのプラズマＰが成膜室１０ｂ内に出射されないので成膜室１０ｂ内におけるプラズマＰの電子温度が急激に低下する。このため、前述の窒化物ガス供給工程Ｓ２１において成膜室１０ｂ内に供給された窒化物ガスの粒子に、プラズマＰの電子が付着し易くなる。これにより、成膜室１０ｂ内には、窒化物イオンが効率的に生成される。

【００６４】

続いて、制御部５０によって、真空チャンバー１０内に封止磁場Ｍが形成される（Ｓ２３：封止磁場形成工程）。例えば、磁場発生コイル３０が励磁されることにより、真空チャンバー１０内で成膜室１０ｂと搬送室１０ａとの間に介在するように封止磁場Ｍが形成される（図２参照）。封止磁場Ｍは、成膜室１０ｂから搬送室１０ａへ向かう方向（ハース機構２から搬送機構３へ向かう方向）に交差する方向に伸びる磁力線を有している。なお、封止電場形成工程Ｓ２３は省略されてもよい。この場合、プラズマＰの生成を止めた後、所定時間（例えば２ｍｓｅｃ）経過した後に、Ａ１Ｎ基板１５０にバイアス電圧をかけてＡ１Ｎ基板１５０に負イオンを照射する。このようにプラズマＰを止めてから所定時間が経過することで電子の多くが消失するため、電子の流入を抑制しつつ負イオンをＡ１Ｎ基板１５０に照射することが可能となる。

【００６５】

前述のプラズマ生成工程Ｓ２２において生成された成膜室１０ｂ内におけるプラズマＰの電子は、封止磁場形成工程Ｓ２３において形成された封止磁場Ｍの磁力線に阻害され、搬送室１０ａへの流入が抑制される。これにより、成膜室１０ｂ内の窒化物ガスの粒子に、プラズマＰの電子が付着し易くなり、より効率的に窒化物イオンを生成することができる。そして、プラズマ生成工程Ｓ２２において生成された窒化物イオンが成膜室１０ｂのＸ軸正方向へ移動し、搬送室１０ａ内において、成膜処理によってＡ１Ｎ基板１５０のＡ１Ｎ膜１５１の表面に付着する。なお、Ａ１Ｎ基板１５０に正のバイアス電圧をかけることによって、より積極的に窒化物イオンをＡ１Ｎ基板１５０に形成されたＡ１Ｎ膜１５１の表面に付着させてもよい。以上のようにして、窒化物イオン照射工程Ｓ２が終了すると、図３に示す成膜方法が終了する。

【００６６】

ここで、図４及び図５を参照して、Ａ１Ｎ基板１５０に窒化物イオンを照射したときの窒化物イオンの挙動等について説明する。ここでは、窒化物イオン８５として、水素の負イオンである「 NH_2^- 」を照射するものとする。また、成膜対象物１１にＡ１Ｎ膜１５１を形成したものをＡ１Ｎ基板１５０と称する。まず、図４（ａ）に示すように、Ａ１Ｎ基板１５０に対して、加速された窒化物イオン８５を照射する。これにより、図４（ｂ）に示すように、窒化物イオン８５がＡ１Ｎ膜１５１中に注入される。このとき、窒化物イオン８５の電子はＡ１Ｎ膜１５１との衝突時に、窒化物イオン８５から取れる。

【００６７】

次に、図５（ａ）に示すように、一部の窒素８１は、Ａ１Ｎ膜１５１の空孔１５１ａ内に入り（例えば窒素８１Ａ）、他の一部はＡ１Ｎ膜１５１の格子間に入り込む（例えば窒素８１Ｂ）。また、水素８２の一部もＡ１Ｎ膜１５１の格子間に残存する。次に、Ａ１Ｎ基板１５０を加熱部１６０で加熱することにより、水素８２はＡ１Ｎ膜１５１から外部へ出て行く。加熱によってアニールされることで、格子間に入り込んでいた窒素８１が、空孔１５１ａに入り込む。以上により、Ａ１Ｎ膜１５１の空孔１５１ａに窒素８１が入り込

10

20

30

40

50

むことにより、A 1 N 膜 1 5 1 の強度が向上し、A 1 N 基板 1 5 0 の欠陥が抑制される。

【 0 0 6 8 】

次に、本実施形態に係るイオン照射装置 1 0 0、イオン照射方法、成膜装置 1、及び成膜方法の作用・効果について説明する。

【 0 0 6 9 】

本実施形態に係るイオン照射装置 1 0 0 は、窒化物イオンを生成して、A 1 N 基板に窒化物イオンを照射する窒化物イオン照射部 2 4 を備える。このように、A 1 N 基板に窒化物イオンを照射すると、窒化物イオンは、A 1 N 膜 1 5 1 中の空孔 1 5 1 a 内に入り込むことができる（図 5 参照）。従って、A 1 N 膜 1 5 1 中に入り込んだ窒化物イオンにより、A 1 N 基板 1 5 0 の欠陥を低減することができる。以上により、半導体素子として使用可能な A 1 N 基板 1 5 0 を製造できる。

10

【 0 0 7 0 】

イオン照射装置 1 0 0 において、窒化物イオン照射部 2 4 は、窒化物イオンとして、水素の窒化物イオンを生成してよい。例えば、窒化物の負イオンを生成し、A 1 N 基板 1 5 0 へ負イオンを照射した後に窒素以外の元素を離脱させる際、水素であれば A 1 N 基板 1 5 0 から離脱させ易くなる。より詳細に説明すると、N₂ ガスからは直接 N⁻ を作ることができないため、NH₂⁻ などの状態で窒化物の負イオンを生成する。このとき、NH₂⁻ を A 1 N 基板 1 5 0 に注入した後、A 1 N 基板 1 5 0 を加熱処理することでサイズが小さな水素は A 1 N 基板 1 5 0 から離脱することができる。なお、水素以外の他の元素の場合、サイズが大きいため、A 1 N 基板 1 5 0 から脱離させにくくなる。

20

【 0 0 7 1 】

イオン照射装置 1 0 0 は、窒化物イオン照射部 2 4 による窒化物イオンの照射中、又は照射後に、A 1 N 基板 1 5 0 を加熱する加熱部 1 6 0 を更に備えてよい。この場合、A 1 N 膜 1 5 1 の格子間に入り込んだ窒化物イオン（及び窒化物（中性））をアニールすることによって、A 1 N 膜 1 5 1 の空孔 1 5 1 a に入り込ませることができる（図 5（b）参照）。また、水素の窒化物イオンを照射した場合は、A 1 N 膜 1 5 1 から水素を外部へ出すことができる（図 5（b）参照）。

【 0 0 7 2 】

イオン照射装置 1 0 0 において、窒化物イオン照射部 2 4 は、窒化物イオンとして、負イオンを生成してよい。この場合、エネルギーの低い負イオンを A 1 N 基板 1 5 0 に照射することで、A 1 N 基板 1 5 0 に対するダメージを低減することができる。

30

【 0 0 7 3 】

本実施形態に係るイオン照射方法は、A 1 N 基板 1 5 0 にイオンを照射するイオン照射方法であって、窒化物イオンを生成して、A 1 N 基板 1 5 0 に窒化物イオンを照射する工程を備える。

【 0 0 7 4 】

このイオン照射方法によれば、上述のイオン照射装置 1 0 0 と同様な作用・効果を得ることができる。

【 0 0 7 5 】

本発明に係る成膜装置 1 では、制御部 5 0 は、プラズマガン 7 で生成したプラズマを成膜材料 M a 又は主ハース 1 7 へ照射し、成膜対象物 1 1 に成膜材料 M a の膜を形成する。これにより、成膜対象物 1 1 に A 1 N の膜が形成される。また、制御部 5 0 は、プラズマガン 7 でプラズマを生成すると共に、窒化物ガス供給部 4 0 から窒化物ガスを真空チャンバー 1 0 内へ供給することで窒化物イオンを生成し、成膜材料の膜に窒化物イオンを照射する。これにより、成膜装置 1 は、A 1 N 膜 1 5 1 に対して窒化物イオンを照射することができる。従って、上述のイオン照射装置 1 0 0 と同様の作用・効果を得ることができる。更に、成膜装置 1 は、成膜とイオン照射を同一のチャンバー内で行うことができる。

40

【 0 0 7 6 】

本実施形態に係る成膜方法は、成膜対象物 1 1 に成膜材料 M a の膜を形成する成膜方法であって、真空チャンバー 1 0 内にプラズマガン 7 で生成したプラズマを A 1 又は A 1 N

50

を含む成膜材料M a又は当該成膜材料M aを保持する主ハース1 7へ照射し、成膜対象物1 1に成膜材料M aの膜を形成する工程と、プラズマガン7でプラズマを生成すると共に、窒化物ガス供給部4 0から窒化物ガスをチャンバー内へ供給することで窒化物イオンを生成し、成膜材料M aの膜に窒化物イオンを照射する工程と、を備える。

【0 0 7 7】

この成膜方法によれば、上述の成膜装置1と同様の作用・効果を得ることができる。

【0 0 7 8】

本発明は、上述の実施形態に限定されるものではない。

【0 0 7 9】

例えば、上述の実施形態では、一つのチャンバー内で成膜と窒化物イオンの照射を行った。これに代えて、成膜を行うチャンバーと、窒化物イオンの照射を行うチャンバーを分けてもよい。

10

【0 0 8 0】

上記実施形態に係る成膜装置は、イオンプレーティング法を用いて成膜を行う装置であるとしたが、これに限られない。例えば、スパッタリング法、又は化学蒸着法等を用いて成膜を行ってもよい。

【符号の説明】

【0 0 8 1】

1 ...成膜装置、7 ...プラズマガン、1 0 ...真空チャンバー（チャンバー）、1 1 ...成膜対象物、1 4 ...成膜部、1 7 ...主ハース（成膜材料保持部）、2 4 ...窒化物イオン照射部、5 0 ...制御部、1 0 0 ...イオン照射装置。

20

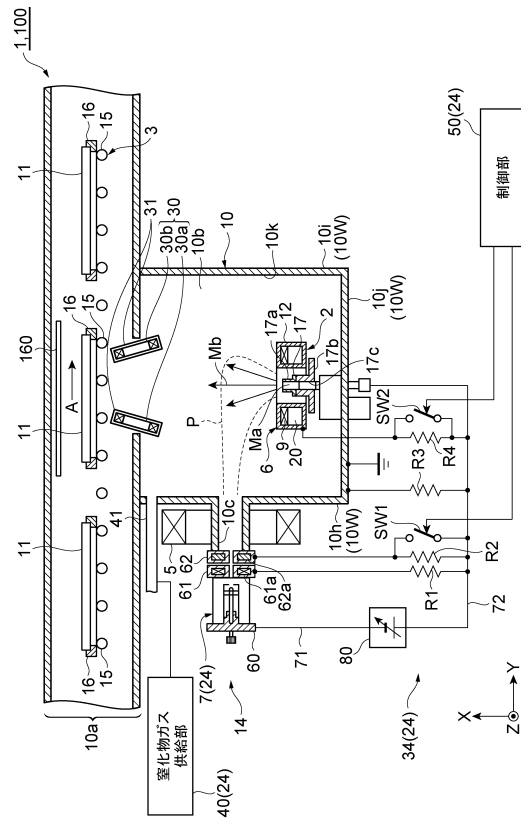
30

40

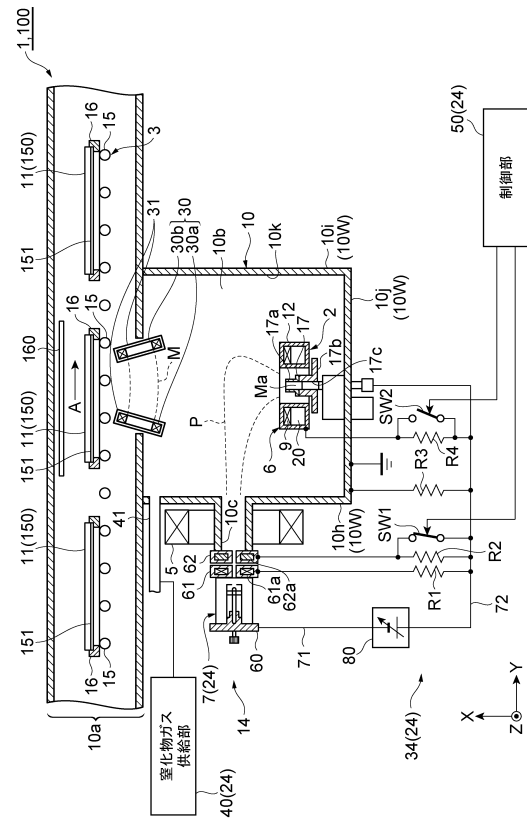
50

【 図面 】

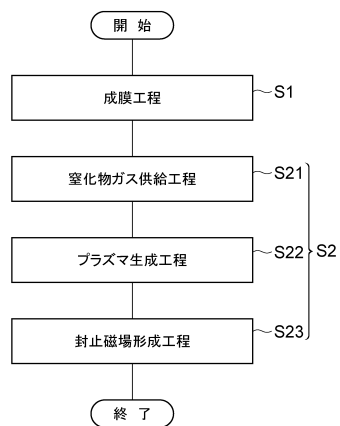
【圖 1】



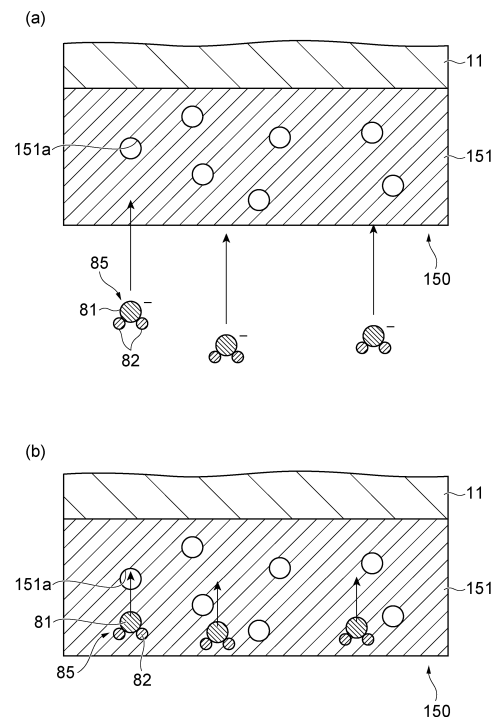
【図 2】



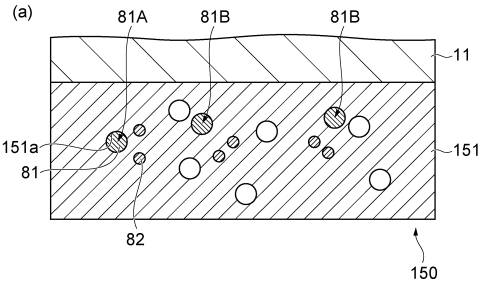
【 図 3 】



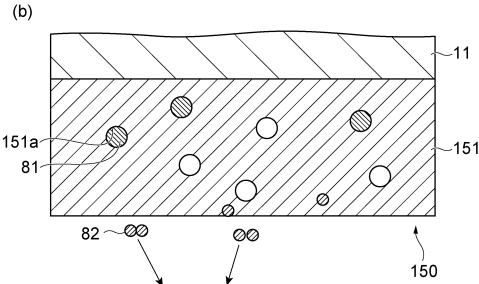
【 図 4 】



【 図 5 】



10



20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類 F I
C 2 3 C 14/22 (2006.01) C 2 3 C 14/22 A

(72)発明者 野本 淳一
高知県香美市土佐山田町宮ノ口 1 8 5 高知県公立大学法人 高知工科大学内

(72)発明者 酒見 俊之
神奈川県横須賀市夏島町 1 9 番地 住友重機械工業株式会社 横須賀製造所内

(72)発明者 山本 哲也
高知県香美市土佐山田町宮ノ口 1 8 5 高知県公立大学法人 高知工科大学内

審査官 今井 淳一

(56)参考文献 特開平 0 1 - 1 5 6 4 6 0 (J P , A)
特開平 0 7 - 2 2 1 0 1 8 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 0 8 7 2 2 7 (J P , A)
特開 2 0 1 7 - 0 2 5 4 0 7 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
C 2 3 C 1 4 / 4 8
C 2 3 C 1 4 / 5 8
C 2 3 C 1 4 / 3 2
H 0 5 H 1 / 5 0
H 0 1 J 3 7 / 3 1 7
C 2 3 C 1 4 / 2 2