

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2023年11月16日(16.11.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/218840 A1

(51) 国際特許分類:

C23C 14/06 (2006.01) *H01L 21/203* (2006.01)
C23C 14/34 (2006.01) *H01L 33/32* (2010.01)
C30B 29/38 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/014830

(22) 国際出願日: 2023年4月12日(12.04.2023)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:

特願 2022-077637 2022年5月10日(10.05.2022) JP

(71) 出願人: 株式会社ジャパンディスプレイ(JAPAN DISPLAY INC.) [JP/JP]; 〒1050003 東京都港区西新橋三丁目7番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 池田 雅延 (IKEDA Masanobu); 〒1050003 東京都港区西新橋三丁目7番1号 株式会社ジャパンディスプレイ内 Tokyo (JP).

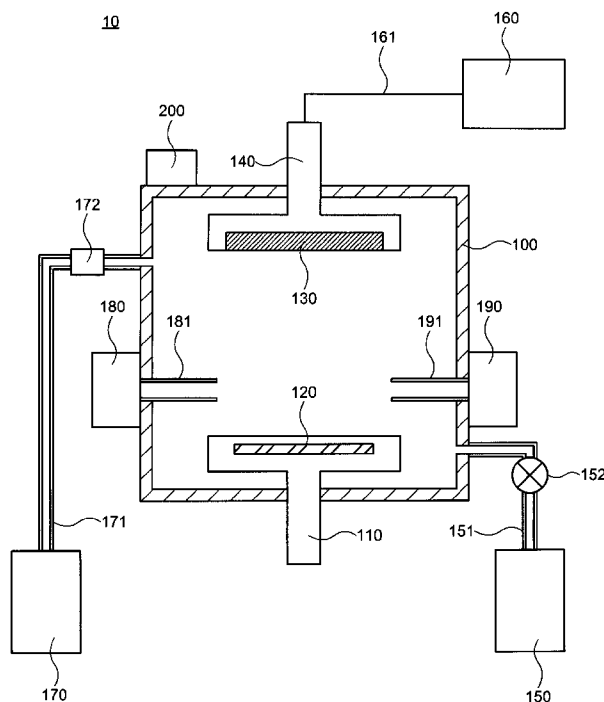
(74) 代理人: 弁理士法人高橋・林アンドパートナーズ(TAKAHASHI, HAYASHI AND PARTNER PATENT ATTORNEYS, INC.); 〒1440052 東京都大田区蒲田5-24-2 損保ジャパン蒲田ビル9階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG,

(54) Title: FILM FORMATION DEVICE AND FILM FORMATION METHOD FOR GALLIUM NITRIDE FILM

(54) 発明の名称: 成膜装置および窒化ガリウム膜の成膜方法



(57) Abstract: Provided is a gallium nitride film formation method comprising disposing a substrate in a vacuum chamber so as to be opposite from a target including nitrogen and gallium, heating the substrate, supplying a sputtering gas to the vacuum chamber, supplying nitrogen radicals and hydrogen radicals to the vacuum chamber, and applying a voltage to the target to generate a plasma of the sputtering gas. Deposited on the substrate are gallium nitride which is produced by a recombination reaction between the nitrogen radicals and gallium released from the gallium of the target, and gallium nitride which is produced by a recombination reaction between gallium positive ions produced from the gallium of the target and nitrogen negative ions produced from the nitrogen radicals.

ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：窒化ガリウムの成膜方法は、真空チャンバ内の窒素およびガリウムを含むターゲットと対向するように基板を配置し、基板を加熱し、真空チャンバにスパッタリングガスを供給し、真空チャンバに窒素ラジカルおよび水素ラジカルを供給し、ターゲットに電圧を印加してスパッタリングガスのプラズマを生成する、ことを含み、ターゲットのガリウムから放出されるガリウムと窒素ラジカルとの再結合反応によって生成される窒化ガリウム、およびターゲットのガリウムから生成されるガリウム陽イオンと窒素ラジカルから生成される窒素陰イオンとの再結合反応によって生成される窒化ガリウムを基板上に堆積させる。

明 細 書

発明の名称：成膜装置および窒化ガリウム膜の成膜方法

技術分野

[0001] 本発明の一実施形態は、窒化ガリウム膜を成膜する成膜装置に関する。また、本発明の一実施形態は、窒化ガリウム膜の成膜方法に関する。

背景技術

[0002] スマートフォン等の中小型表示装置においては、液晶やOLED (Organic Light Emitting Diode) を用いた表示装置が既に製品化されている。なかでも、自発光型素子であるOLEDを用いたOLED表示装置は、液晶表示装置と比べて、高コントラストでバックライトが不要という利点を有する。しかしながら、OLEDは有機化合物で構成されるため、有機化合物の劣化によってOLED表示装置の高信頼性を確保することが難しい。

[0003] 近年、次世代表示装置として、回路基板の画素内に微小なLEDチップを実装した、いわゆるマイクロLED表示装置またはミニLED表示装置の開発が進められている。LEDは、OLEDと同様の自発光型素子であるが、OLEDと異なり、ガリウム (Ga) またはインジウム (In) などを含む安定した無機化合物で構成されるため、OLED表示装置と比較すると、マイクロLED表示装置は高信頼性を確保しやすい。さらに、LEDチップは、発光効率が高く、高輝度を実現することができる。したがって、マイクロLED表示装置またはミニLED表示装置は、高信頼性、高輝度、および高コントラストの次世代表示装置として期待されている。

[0004] ところで、マイクロLEDなどで用いられる窒化ガリウム膜は、一般的には、サファイア基板上に、MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) またはHVPE (Hydride Vapor Phase Epitaxy) を用いて800℃～1000℃という高温で成膜されている。しかしながら、近年、比較的

温で成膜することができるスパッタリングによる窒化ガリウム膜の成膜が開発されている（例えば、特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2020-164927号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 窒化ガリウム膜の成膜が低温で行うことができれば、ガラス基板上に直接マイクロLEDを形成することも可能である。しかしながら、スパッタリングによる窒化ガリウム膜は、十分な品質のものが得られていなかった。

[0007] 本発明の一実施形態は、上記問題に鑑み、低温で窒化ガリウム膜を成膜することができる成膜装置を提供することを目的の一つとする。また、本発明の一実施形態は、高品質な窒化ガリウム膜の成膜方法を提供することを目的の一つとする。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の一実施形態に係る成膜装置は、内部を真空にすることが可能な真空チャンバと、真空チャンバ内に設けられ、基板を支持する基板支持部と、真空チャンバ内に設けられ、窒素およびガリウムを含むターゲットを支持するターゲット支持部と、真空チャンバと接続され、真空チャンバにスパッタリングガスを供給するスパッタリングガス供給部と、ターゲットに電圧を印加し、真空チャンバに供給されたスパッタリングガスのプラズマを生成するスパッタリング電源と、真空チャンバと接続され、真空チャンバに窒素ラジカルおよび水素ラジカルを供給することが可能な第1のラジカル供給源と、真空チャンバと接続され、真空チャンバに塩素ラジカルを供給することが可能な第2のラジカル供給源と、スパッタリングガス供給部、スパッタリング電源、第1のラジカル供給源、および第2のラジカル供給源の少なくとも1つを制御する制御部と、を含む。

[0009] 本発明の一実施形態に係る窒化ガリウムの成膜方法は、真空チャンバ内の窒素およびガリウムを含むターゲットと対向するように基板を配置し、基板を加熱し、真空チャンバにスパッタリングガスを供給し、真空チャンバに窒素ラジカルおよび水素ラジカルを供給し、ターゲットに電圧を印加してスパッタリングガスのプラズマを生成する、ことを含み、ターゲットから放出されるガリウムと窒素ラジカルとの再結合反応によって生成される窒化ガリウム、およびターゲットのガリウムから生成されるガリウム陽イオンと窒素ラジカルから生成される窒素陰イオンとの再結合反応によって生成される窒化ガリウムを基板上に堆積させる。

図面の簡単な説明

- [0010] [図1]本発明の一実施形態に係る成膜装置の構成を示す模式図である。
- [図2]本発明の一実施形態に係る成膜装置の制御部の接続関係を示すブロック図である。
- [図3]本発明の一実施形態に係る窒化ガリウム膜の成膜方法を示すフローチャート図である。
- [図4]本発明の一実施形態に係る窒化ガリウム膜の成膜方法において、制御部による制御のタイミングを示すシーケンス図である。
- [図5]本発明の一実施形態に係る窒化ガリウム膜の成膜方法において、制御部による制御のタイミングを示すシーケンス図である。
- [図6]本発明の一実施形態に係る窒化ガリウム膜の成膜方法において、制御部による制御のタイミングを示すシーケンス図である。
- [図7]本発明の一実施形態に係る窒化ガリウム膜の成膜方法において、制御部による制御のタイミングを示すシーケンス図である。
- [図8]本発明の一実施形態に係る成膜装置の基板支持部を示す模式図である。
- [図9]本発明の一実施形態に係る成膜装置における窒化ガリウム膜の膜厚測定を説明する模式図である。
- [図10]本発明の一実施形態に係る発光素子の構成を示す模式図である。
- [図11]本発明の一実施形態に係る半導体素子の構成を示す模式図である。

発明を実施するための形態

- [0011] 以下、本発明に係る各実施形態について、図面を参照しつつ説明する。なお、各実施形態はあくまで一例にすぎず、当業者が、発明の主旨を保ちつつ適宜変更することによって容易に想到し得るものについても、当然に本発明の範囲に含まれる。また、図面は、説明をより明確にするため、実際の態様に比べ、各部の幅、厚さ、または形状などが模式的に表される場合がある。しかし、図示された形状などはあくまで一例であって、本発明の解釈を限定するものではない。
- [0012] 本明細書において「 α はA、BまたはCを含む」、「 α はA、BおよびCのいずれかを含む」、「 α はA、BおよびCからなる群から選択される一つを含む」、といった表現は、特に明示が無い限り、 α がA～Cの複数の組み合わせを含む場合を排除しない。さらに、これらの表現は、 α が他の要素を含む場合も排除しない。
- [0013] 本明細書において、説明の便宜上、「上」または「上方」もしくは「下」または「下方」という語句を用いて説明するが、原則として、構造物が形成される基板を基準とし、基板から構造物に向かう方向を「上」または「上方」とする。逆に、構造物から基板に向かう方向を「下」または「下方」とする。したがって、基板上の構造物という表現において、基板と向き合う方向の構造物の面が構造物の下面となり、その反対側の面が構造物の上面となる。また、基板上の構造物という表現においては、基板と構造物との上下関係を説明しているに過ぎず、基板と構造物との間に他の部材が配置されていてもよい。さらに、「上」または「上方」もしくは「下」または「下方」の語句は、複数の層が積層された構造における積層順を意味するものであり、平面視において重畳する位置関係になくてもよい。
- [0014] 本明細書において、各構成に付記される「第1」、「第2」、または「第3」などの文字は、各構成を区別するために用いられる便宜的な標識であり、特段の説明がない限り、それ以上の意味を有さない。
- [0015] 本明細書および図面において、同一または類似する複数の構成を総じて表

記する際には同一の符号を用い、これらの複数の構成のそれぞれを区別して表記する際には、小文字または大文字のアルファベットを添えて表記する場合がある。また、1つの構成のうちの複数の部分を区別して表記する際には、ハイフンと自然数を用いる場合がある。

[0016] 本明細書において、陽イオンおよび陰イオンは、それぞれ、正イオンおよび負イオンという場合がある。

[0017] 以下の各実施形態は、技術的な矛盾を生じない限り、互いに組み合わせることができる。

[0018] <第1実施形態>

図1および図2を参照して、本発明の一実施形態に係る窒化ガリウム膜の成膜装置について説明する。

[0019] 図1は、本発明の一実施形態に係る成膜装置10の構成を示す模式図である。

[0020] 図1に示すように、成膜装置10は、真空チャンバ100、基板支持部110、加熱部120、ターゲット130、ターゲット支持部140、ポンプ150、スパッタリング電源160、スパッタリングガス供給部170、第1のラジカル供給源180、第2のラジカル供給源190、および制御部200を備える。

[0021] 真空チャンバ100内には、基板支持部110、加熱部120、ターゲット130、およびターゲット支持部140が設けられている。基板支持部110および加熱部120は、真空チャンバ100内の下方に設けられている。基板は、基板支持部110上に載置される。加熱部120は、基板支持部110内に設けられ、基板支持部110上に載置される基板を加熱することができる。ターゲット130およびターゲット支持部140は、真空チャンバ100内の上方に設けられている。ターゲット130は、ターゲット支持部140によって支持され、基板支持部110上に配置される基板と対向するように設けられている。

[0022] なお、図1では、真空チャンバ100内の下方に基板支持部110および

加熱部 120 が設けられ、真空チャンバ 100 内の上方にターゲット 130 およびターゲット支持部 140 が設けられる構成を示したが、これらが設けられる位置は逆であってもよい。

[0023] ターゲット 130 は、窒素およびガリウムを含む窒化ガリウムである。ターゲット 130 の窒化ガリウムの組成比は、窒素に対するガリウムが 0.7 以上 2 以下であることが好ましい。基板上に成膜される窒化ガリウム膜の窒素はターゲット 130 および第 1 のラジカル供給源 180 から供給される一方で、窒化ガリウム膜のガリウムはターゲット 130 のみから供給されるため、ターゲット 130 の窒化ガリウムの組成は、窒素よりもガリウムが多いことがさらに好ましい。また、ターゲット支持部 140 は、後述するエッチングガス（第 2 のガス）である塩素に対して耐蝕性を有するイットリア系の材料であることが好ましい。

[0024] 真空チャンバ 100 の外側には、ポンプ 150、スパッタリング電源 160、スパッタリングガス供給部 170、第 1 のラジカル供給源 180、および第 2 のラジカル供給源 190 が設けられている。

[0025] ポンプ 150 は、配管 151 を通じて真空チャンバ 100 に接続されている。ポンプ 150 は、配管 151 を通じて、真空チャンバ 100 内の気体を排気することができる。すなわち、真空チャンバ 100 に接続されたポンプ 150 により、真空チャンバ 100 内を真空にすることができる。また、配管 151 に接続されたバルブ 152 の開閉によって、真空チャンバ 100 内の圧力を一定に保持することができる。ポンプ 150 として、例えば、ターボ分子ポンプまたはクライオポンプなどを用いることができる。

[0026] スパッタリング電源 160 は、配線 161 を介してターゲット 130 と電氣的に接続されている。スパッタリング電源 160 は、直流電圧（DC 電圧）または交流電圧（AC 電圧）を生成し、ターゲット 130 に生成した電圧を印加することができる。交流電圧は、13.56 MHz である。また、スパッタリング電源 160 は、ターゲット 130 にバイアス電圧を印加し、さらに、直流電圧または交流電圧を印加することもできる。

[0027] スパッタリング電源160は、ターゲット130に印加する電圧を周期的に変化させてもよい。例えば、 $50\mu\text{sec}$ 以上 10msec 以下の期間ターゲット130に電圧が印加し、その後、 $2\mu\text{sec}$ 以上 10msec 以下の期間ターゲット130に電圧を印加することを停止することができる。本実施形態に係る成膜装置では、ターゲット130への電圧の印加している期間とターゲット130への電圧の印加を停止している期間とを繰り返し、窒化ガリウム膜を成膜する。なお、以下では、ターゲット130に電圧を印加している状態をスパッタリング電源160のオン状態といい、ターゲット130に電圧を印加していない状態をスパッタリング電源160のオフ状態という場合がある。

[0028] スパッタリングガス供給部170は、配管171を通じて真空チャンバ100に接続されている。スパッタリングガス供給部170は、配管171を通じて、真空チャンバ100内にスパッタリングガスを供給することができる。また、配管171に接続されたマスフローコントローラ172によって、スパッタリングガスの流量を制御することができる。スパッタリングガス供給部170から供給されるスパッタリングガスとして、アルゴン(Ar)またはクリプトン(Kr)を用いることができる。

[0029] 第1のラジカル供給源180は、真空チャンバ100内に設けられた配管181と接続され、真空チャンバ100内に窒素ラジカルおよび水素ラジカルを供給することができる。また、配管181は、配管181の一端が基板支持部110に向けられて設けられていてもよい。この場合、配管181の一端から、基板支持部110上に配置される基板に向けて窒素ラジカルおよび水素ラジカルを照射することができる。詳細は後述するが、第1のラジカル供給源180は、窒素を含む第1のガスをプラズマ化して窒素ラジカルを生成することができる。

[0030] 第2のラジカル供給源190は、真空チャンバ100内に設けられた配管191と接続され、真空チャンバ100内に塩素ラジカルを供給することができる。また、配管191は、配管191の一端が基板支持部110に向け

られて設けられていてもよい。この場合、配管１９１の一端から、基板支持部１１０上に配置される基板に向けて塩素ラジカルを照射することができる。詳細は後述するが、第２のラジカル供給源１９０は、塩素を含む第２のガスをプラズマ化して塩素ラジカルを生成することができる。

[0031] なお、第１のラジカル供給源１８０は、真空チャンバ１００内に設けられ、真空チャンバ１００内で窒素ラジカルを生成してもよい。同様に、第２のラジカル供給源１９０は、真空チャンバ１００内に設けられ、真空チャンバ１００内で塩素ラジカルを生成してもよい。

[0032] 制御部２００は、窒化ガリウム膜の成膜において成膜装置１０の動作を制御することができる。制御部２００は、データまたは情報を用いて演算処理を行うことができるコンピュータであり、例えば、中央演算処理装置（Central Processing Unit：CPU）、マイクロプロセッサ（Micro Processing Unit：MPU）、またはランダムアクセスメモリ（Random Access Memory：RAM）などを含む。具体的には、制御部２００は、所定のプログラムを実行して成膜装置１０の動作を制御する。ここで、図２を参照して、制御部２００の制御の詳細について説明する。

[0033] 図２は、本発明の一実施形態に係る成膜装置１０の制御部２００の接続関係を示すブロック図である。

[0034] 図２に示すように、制御部２００は、スパッタリング電源１６０およびスパッタリングガス供給部１７０と接続されている。そのため、制御部２００は、スパッタリング電源１６０のオン状態またはオフ状態、および真空チャンバ１００へのスパッタリングガスの供給の開始または停止を制御することができる。なお、図２では、制御部２００がスパッタリングガス供給部１７０と接続されている構成を示したが、制御部２００は、マスフローコントローラ１７２と接続され、マスフローコントローラ１７２により、スパッタリングガスの供給の開始または停止を制御してもよい。

[0035] また、制御部２００は、第１のラジカル供給源１８０に設置されている第

1のプラズマ電源182および第1のガス供給部183と接続されている。そのため、制御部200は、第1のプラズマ電源182のオン状態またはオフ状態、および第1のガスの供給の開始または停止を制御することができる。第1のプラズマ電源182は、第1のガス供給部183から供給される第1のガスをプラズマ化する。そのため、制御部200が、第1のガスの供給を開始し、第1のプラズマ電源182をオン状態となるように制御すると、第1のガスのラジカルが、第1のラジカル供給源180から真空チャンバ100に供給される。第1のガスは、窒素および水素を含むガスであり、例えば、窒素・水素混合ガス(N_2/H_2 混合ガス)またはアンモニアガス(NH_3 ガス)などである。したがって、第1のガスのラジカルとして、窒素ラジカルおよび水素ラジカルが、第1のラジカル供給源180から真空チャンバ100に供給される。なお、制御部200が、第1のガスの供給を開始し、第1のプラズマ電源182をオフ状態となるように制御する場合、第1のガスが、第1のラジカル供給源180から真空チャンバ100に供給されてもよい。

[0036] また、制御部200は、第2のラジカル供給源190に設置されている第2のプラズマ電源192および第2のガス供給部193と接続されている。そのため、制御部200は、第2のプラズマ電源192のオン状態またはオフ状態、および第2のガスの供給の開始または停止を制御することができる。第2のプラズマ電源192は、第2のガス供給部193から供給される第2のガスをプラズマ化する。そのため、制御部200が、第2のガスの供給を開始し、第2のプラズマ電源192をオン状態となるように制御すると、第2のガスのラジカルが、第2のラジカル供給源190から真空チャンバ100に供給される。第2のガスは、塩素を含むガスであり、例えば、塩素ガス(Cl_2 ガス)または三塩化ホウ素ガス(BCl_3 ガス)などである。したがって、第2のラジカルとして、塩素ラジカルが、第2のラジカル供給源190から真空チャンバ100に供給される。なお、制御部200が、第2のガスの供給を開始し、第2のプラズマ電源192をオフ状態となるように制

御する場合、第2のガスが、第2のラジカル供給源190から真空チャンバ100に供給されてもよい。

[0037] 制御部200は、真空チャンバ100内が所定の圧力に保持されるようにポンプ150を制御してもよい。さらに、制御部200は、基板支持部110上に配置される基板が所定の温度で加熱されるように、加熱部120を制御してもよい。

[0038] 詳細は後述するが、本発明の一実施形態に係る成膜装置10では、窒素ラジカル、水素ラジカル、および塩素ラジカルを利用して、窒化ガリウム膜の形成処理、エッチング処理、および不純物低減処理を繰り返し行うことにより、基板の温度が400℃～600℃のような低温であっても、基板上に高品質な窒化ガリウム膜を成膜することができる。

[0039] なお、成膜装置10は、ターゲット130に窒化ガリウム以外の材料を用いることにより、窒化ガリウム膜以外の窒化物膜を成膜することも可能である。

[0040] <第2実施形態>

図3および図4を参照して、本発明の一実施形態である窒化ガリウム膜の成膜方法について説明する。本実施形態で説明する窒化ガリウム膜は、成膜装置10を用いて成膜されるため、以下では、便宜上、図1および図2に示す符号を参照して説明する場合がある。

[0041] 図3は、本発明の一実施形態に係る窒化ガリウム膜の成膜方法を示すフローチャート図である。図3に示す窒化ガリウム膜の成膜方法では、ステップS100～ステップS210が順次実行される。

[0042] ステップS100では、基板が、ターゲット130と対向するように基板支持部110上に載置される。成膜装置10では、基板として、例えば、ガラス基板または石英基板などを用いることができる。また、基板として、窒化アルミニウム膜が形成されたガラス基板または石英基板などを用いることもできる。

[0043] ステップS110では、基板が、加熱部120によって所定の温度に加熱

される。所定の温度は、例えば、400℃以上600℃以下である。

[0044] ステップS120では、ポンプ150が、所定の真空度以下となるように真空チャンバ100内の気体を排気する。所定の真空度は、例えば、 10^{-6} Paであるが、これに限られない。

[0045] ステップS130では、第1のラジカル供給源180が制御され、窒素ラジカルおよび水素ラジカルが第1のラジカル供給源180から真空チャンバ100に供給される。

[0046] ステップS140では、スパッタリングガス供給部170が制御され、スパッタリングガスがスパッタリングガス供給部170から真空チャンバ100に供給される。また、真空チャンバ100内の圧力は、所定の圧力となるようにマスフローコントローラ172によってスパッタリングガスの流量が調整される。所定の圧力は、例えば、0.1 Pa以上10 Pa以下である。

[0047] ステップS150では、スパッタリング電源160が制御され、基板に対してターゲット130がカソードとなるようにターゲット130に所定の電圧の印加が開始される（スパッタリング電源160のオン状態）。これにより、真空チャンバ100に供給されたスパッタリングガスがプラズマ化され、スパッタリングガスの陽イオンおよび電子が生成される。スパッタリングガスのイオンは、基板とターゲット130との間の電位差によって加速され、ターゲット130に衝突する。その結果、ターゲット130からスパッタリングされたガリウムおよびガリウム陽イオンが放出される。

[0048] ステップS150では、窒素ラジカルが第1のラジカル供給源180から真空チャンバ100に供給されている。そのため、ターゲット130から放出されたガリウムは、窒素ラジカルと再結合反応し、窒化ガリウムを生成する。生成された窒化ガリウムは基板上に堆積され、窒化ガリウム膜を形成する。

[0049] また、ステップS150では、別の再結合反応によっても窒化ガリウムが生成される。窒素は電気陰性度が大きく、電子を引き付けやすい。そのため、窒素ラジカルは、真空チャンバ100内の電子と反応し、窒素陰イオンを

生成する。生成された窒素陰イオンは、基板近傍に存在するガリウム陽イオンと再結合反応し、窒化ガリウムを生成する。生成された窒化ガリウムは基板上に堆積され、窒化ガリウム膜を形成する。陽イオンと陰イオンの再結合反応は大きなエネルギーを放出する反応であるため、基板の温度が低い場合であっても、基板上に窒化ガリウム膜を形成することができる。

[0050] ところで、真空チャンバ100内には酸素が残留している場合がある。この場合、ガリウム陽イオンは、真空チャンバ100内の残留酸素と反応し、酸化ガリウムを生成する。酸化ガリウムが生成されると窒化ガリウム膜の成長が阻害されるため、真空チャンバ100内の残留酸素は可能な限り低減されていることが好ましい。ステップS150では、窒素ラジカルだけでなく、水素ラジカルも真空チャンバ100に供給されている。水素ラジカルは、残留酸素と反応し、水（水蒸気）を生成する。また、生成された水蒸気は、ポンプ150によって真空チャンバ100から排気される。すなわち、成膜装置10では、真空チャンバ100内の残留酸素が低減されているため、酸化ガリウムの生成が抑制され、その結果、基板上に形成される窒化ガリウム膜は高品質な膜となる。

[0051] 上述したように、水素ラジカルは、窒化ガリウムの生成を阻害する残留酸素を除去する効果を有する。また、水素ラジカルは、ガリウム陽イオンと反応し、水素化ガリウム陽イオンを生成する場合がある。水素化ガリウム陽イオンは反応性が高く、窒素陰イオンと容易に反応し、窒化ガリウムを生成する。そのため、水素ラジカルは、窒化ガリウムの生成を促進する効果も有する。

[0052] ステップS160では、スパッタリング電源160が制御され、ターゲット130への電圧の印加を停止する（スパッタリング電源160のオフ状態）。これにより、プラズマは消滅するが、成膜装置10では、この状態においても窒化ガリウムを生成することができる。具体的には、ステップS160では、スパッタリングガス（希ガス）の準安定状態を利用して、窒化ガリウムを生成することができる。ここで、ステップS160における窒化ガリ

ウムの生成の詳細について説明する。

[0053] 希ガスのプラズマ中には、寿命の長い準安定状態の希ガス原子が存在することが知られている。例えば、アルゴン原子およびクリプトン原子の準安定状態エネルギーは、それぞれ、 11.61 eV および 9.91 eV である。このような準安定状態のアルゴン原子またはクリプトン原子は、スパッタリングのプラズマ中において生成され、寿命が長いためにプラズマが消滅した後であっても存在することができる。すなわち、準安定状態のアルゴン原子またはクリプトン原子は、ターゲット130への電圧の印加を停止した後においても存在することができる。

[0054] ターゲット130への電圧の印加を停止した後において、真空チャンバ100内には、窒素ラジカルだけでなく、窒素分子が存在している。電子の衝突による窒素分子から窒素原子への解離エネルギーは 9.756 eV であるが、この解離エネルギーはアルゴン原子またはクリプトン原子の準安定状態エネルギーと近い。そのため、窒素分子と準安定状態のアルゴン原子またはクリプトン原子とが衝突すると、窒素分子の解離反応が起こり、窒素ラジカルが生成される。すなわち、ターゲット130への電圧の印加を停止した後においても、準安定状態のアルゴン原子またはクリプトン原子によって窒素ラジカルが生成される。上述したように、窒素の電気陰性度は大きいため、窒素ラジカルは真空チャンバ100内の電子と反応し、窒素陰イオンを生成する。また、ステップS160では、窒素ラジカルが第1のラジカル供給源180から真空チャンバ100に供給されている。供給された窒素ラジカルは、真空チャンバ100内の電子と反応し、窒素陰イオンを生成する。このように生成された窒素陰イオンは、基板近傍に存在するガリウム陽イオンと再結合反応し、窒化ガリウムを生成する。生成された窒化ガリウムは基板上に堆積され、窒化ガリウム膜を形成する。

[0055] したがって、ステップS160では、第1のラジカル供給源180から供給される窒素ラジカルだけでなく、準安定状態のアルゴン原子またはクリプトン原子を利用することにより、窒化ガリウムを効率よく生成することがで

きる。

- [0056] ステップS 170では、第1のラジカル供給源180が制御され、真空チャンバ100への窒素ラジカルおよび水素ラジカルの供給が停止される。
- [0057] ステップS 180では、第2のラジカル供給源190が制御され、塩素ラジカルが第2のラジカル供給源190から真空チャンバ100に供給される。ステップS 150およびステップS 160において形成された窒化ガリウム膜は、結晶領域だけでなく、非晶質領域も含む。そこで、ステップS 180では、塩素ラジカルを利用して、窒化ガリウム膜の非晶質領域のエッチングを行う。このエッチングにより、基板上に形成された窒化ガリウム膜の結晶性を向上することができる。なお、非晶質領域は、結晶領域よりもガリウムと窒素との結合が弱い。そのため、非晶質領域の選択的なエッチングが可能である。また、エッチングによって生成される塩化ガリウムの室温での沸点は約200℃である。そのため、400℃以上で加熱されている基板近傍では塩化ガリウムは気体であり、窒化ガリウムは基板に堆積されない。
- [0058] ステップS 190では、スパッタリング電源160が制御され、基板に対してターゲット130がカソードとなるようにターゲット130に所定の電圧の印加が開始される（スパッタリング電源160のオン状態）。これにより、真空チャンバ100に供給された塩素ラジカルがプラズマ化される。塩素は電気陰性度が大きく、電子を引き付けやすい。そのため、塩素ラジカルは、プラズマ中の電子と反応し、塩素陰イオンを生成する。したがって、ステップS 190では、塩素ラジカルだけでなく、塩素陰イオンを利用して、窒化ガリウム膜の非晶質領域のエッチングを行うことができる。そのため、窒化ガリウム膜の非晶質領域を効率よくエッチングすることができる。
- [0059] ステップS 200では、スパッタリング電源160が制御され、ターゲット130への電圧の印加を停止する（スパッタリング電源160のオフ状態）。
- [0060] ステップS 210では、第2のラジカル供給源190が制御され、真空チャンバ100への塩素ラジカルの供給が停止される。

[0061] 本実施形態に係る窒化ガリウム膜の成膜方法では、ステップS 1 3 0～ステップS 2 1 0を繰り返すことにより、基板上に結晶性が向上された高品質な窒化ガリウム膜を成膜することができる。ここで、図4を参照して、制御部2 0 0による制御のタイミングの詳細について説明する。

[0062] 図4は、本発明の一実施形態に係る窒化ガリウム膜の成膜方法において、制御部2 0 0による制御のタイミングを示すシーケンス図である。なお、図4に示すシーケンス図は、一例であって、制御部2 0 0による制御はこれに限定されない。いくつかの変形例については、後述する。

[0063] 図4には、窒化カリウム膜の成膜処理に関する第1の期間T 1～第5の期間T 5が示されている。第1の期間T 1および第4の期間T 4ではスパッタリング電源1 6 0がオン状態であり、第2の期間T 2、第3の期間T 3、および第5の期間T 5ではスパッタリング電源1 6 0がオフ状態である。スパッタリング電源1 6 0がオン状態の期間（スパッタリング電源1 6 0のオン期間）は、例えば、 $50\mu\text{sec}$ 以上 10msec 以下である。プラズマを安定させるためには、スパッタリング電源1 6 0のオン期間が $50\mu\text{sec}$ 以上であることが好ましい。また、スパッタリング電源1 6 0がオフ状態の期間（スパッタリング電源1 6 0のオフ期間）は、例えば、 $2\mu\text{sec}$ 以上 10msec 以下である。スパッタリング電源1 6 0のオフ期間は、準安定状態のスパッタリングガスの寿命以上であることが好ましい。

[0064] （第1の期間T 1）

第1の期間T 1は、スパッタリング電源1 6 0のオン期間である。第1の期間T 1では、スパッタリングガスがスパッタリングガス供給部1 7 0から真空チャンバ1 0 0に供給されている。また、第1のガス供給部1 8 3から第1のガスが供給され、第1のプラズマ電源1 8 2がオン状態である。すなわち、第1のラジカル供給源1 8 0では、窒素ラジカルおよび水素ラジカルが生成され、生成された窒素ラジカルおよび水素ラジカルが真空チャンバ1 0 0に供給されている。一方、第2のガス供給部1 9 3からの第2のガスの供給は停止され、第2のプラズマ電源1 9 2はオフ状態である。すなわち、

第2のラジカル供給源190では、塩素ラジカルが生成されておらず、塩素ラジカルは真空チャンバ100に供給されていない。

[0065] 第1の期間T1では、上述のステップS150が行われる。すなわち、第1の期間では、真空チャンバ100に供給されたスパッタリングガスがプラズマ化され、スパッタリングガスの陽イオンおよび電子が生成される。スパッタリングガスの陽イオンは、ターゲット130と衝突し、ターゲット130からスパッタリングされたガリウムおよびガリウム陽イオンが放出される。ターゲット130から放出されたガリウムは、窒素ラジカルと再結合反応し、窒化ガリウムを生成する。また、真空チャンバ100に供給された窒素ラジカルは、電子と反応し、窒素陰イオンが生成される。生成された窒素陰イオンは、基板近傍に存在するガリウム陽イオンと再結合反応し、窒化ガリウムを生成する。生成された窒化ガリウムは基板上に堆積され、窒化ガリウム膜が形成される。

[0066] (第2の期間T2)

第2の期間T2は、スパッタリング電源160のオフ期間に含まれる。第2の期間T2では、スパッタリングガス供給部170から真空チャンバ100へのスパッタリングガスの供給が停止される。また、第1のガス供給部183から第1のガスが供給されつつ、第1のプラズマ電源182がオフ状態となる。そのため、窒素ラジカルおよび水素ラジカルだけでなく、窒素を含む第1のガスが、第1のラジカル供給源180から真空チャンバ100に供給される。なお、第2のガス供給部193からの第2のガスの供給は停止され、第2のプラズマ電源192はオフ状態である。すなわち、第2のラジカル供給源190では、塩素ラジカルが生成されておらず、塩素ラジカルは第2のラジカル供給源190から真空チャンバ100に供給されていない。

[0067] 第2の期間T2では、上述のステップS160が行われる。すなわち、第2の期間T2では、準安定状態のスパッタリングガスを利用した窒素陰イオンとガリウム陽イオンとの再結合反応により、窒化ガリウムを生成する。生成された窒化ガリウムは基板上に堆積され、窒化ガリウム膜を形成する。生

成された窒化ガリウムは基板上に堆積され、窒化ガリウム膜が形成される。

[0068] 本実施形態では、第1の期間T1だけでなく、第2の期間T2においても窒化ガリウム膜を成膜することにより、窒化ガリウム膜の成膜速度を向上することができる。

[0069] (第3の期間T3)

第3の期間T3は、スパッタリング電源160のオフ期間に含まれる。第3の期間T3では、第2のガス供給部193から第2のガスが供給され、第2のプラズマ電源192がオン状態である。すなわち、第2のラジカル供給源190では、塩素ラジカルが生成され、生成された塩素ラジカルが真空チャンバ100に供給されている。また、スパッタリング電源160がオフ状態を維持しつつ、スパッタリングガスがスパッタリングガス供給部170から真空チャンバ100へのスパッタリングガスの供給が開始され、または停止される。なお、第1のガス供給部183からの第1のガスの供給は停止され、第1のプラズマ電源182はオフ状態である。すなわち、第1のラジカル供給源180では、窒素ラジカルおよび水素ラジカルが生成されておらず、窒素ラジカルおよび水素ラジカルは第1のラジカル供給源180から真空チャンバ100に供給されていない。

[0070] 第3の期間T3では、上述のステップS180が行われる。すなわち、第3の期間T3では、塩素ラジカルを利用した窒化ガリウム膜の非晶質領域のエッチングが行われる。

[0071] (第4の期間T4)

第4の期間T4は、スパッタリング電源160のオン期間である。第4の期間T4では、スパッタリングガスがスパッタリングガス供給部170から真空チャンバ100に供給されている。また、第2のガス供給部193から第2のガスが供給され、第2のプラズマ電源192がオン状態である。すなわち、第2のラジカル供給源190では、塩素ラジカルが生成され、生成された塩素ラジカルが真空チャンバ100に供給されている。なお、第1のガス供給部183からの第1のガスの供給は停止され、第1のプラズマ電源1

82はオフ状態である。すなわち、第1のラジカル供給源180では、窒素ラジカルおよび水素ラジカルが生成されておらず、窒素ラジカルおよび水素ラジカルは第1のラジカル供給源180から真空チャンバ100に供給されていない。

[0072] 第4の期間T4では、上述のステップS190が行われる。すなわち、第4の期間T4では、塩素ラジカルおよび塩素陰イオンを利用した窒化ガリウム膜の非晶質領域のエッチングが行われる。

[0073] 本実施形態では、第3の期間T3だけでなく、第4の期間T4においても窒化ガリウム膜の非晶質領域のエッチングを行うことにより、窒化ガリウム膜の結晶性を向上することができる。

[0074] なお、第4の期間T4の長さは、第1の期間T1の長さと同じであってもよく、異なってもよい。

[0075] (第5の期間T5)

第5の期間は、スパッタリング電源160のオフ期間に含まれる。第5の期間T5では、スパッタリングガス供給部170から真空チャンバ100へのスパッタリングガスの供給が開始される。また、第1のガス供給部183から第1のガスが供給されつつ、第1のプラズマ電源182がオン状態となる。そのため、窒素ラジカルおよび水素ラジカルが、第1のラジカル供給源180から真空チャンバ100に供給される。なお、第2のガス供給部193からの第2のガスの供給は停止され、第2のプラズマ電源192はオフ状態である。すなわち、第2のラジカル供給源190では、塩素ラジカルが生成されておらず、塩素ラジカルは第2のラジカル供給源190から真空チャンバ100に供給されていない。

[0076] 第5の期間T5では、真空チャンバ100に供給された水素ラジカルが、真空チャンバ100内または窒化ガリウム膜中の塩素と反応し、塩化水素を生成する。生成された塩化水素は、ポンプによって真空チャンバ100から排気されるため、真空チャンバ100内または窒化ガリウム膜中の残留塩素が低減される。すなわち、第5の期間T5における水素ラジカルは、窒化ガ

リウム膜の不純物である塩素を除去し、窒化ガリウム膜の不純物を低減する効果を有する。したがって、窒化ガリウム膜は、不純物濃度が低い高品質な膜となる。

[0077] 本発明の一実施形態に係る窒化ガリウム膜の成膜方法によれば、第1の期間T1～第5の期間T5が繰り返されることにより、窒化ガリウム膜の形成処理、非晶質領域のエッチング処理、および不純物の低減処理が繰り返される。そのため、基板上に成膜される窒化ガリウム膜は、結晶性が高く、高品質な膜となる。

[0078] <変形例1>

図5を参照して、本発明の一実施形態に係る窒化ガリウム膜の成膜方法の変形例について説明する。なお、以下では、第2実施形態で説明した構成と同様の構成は、その説明を省略する場合がある。

[0079] 図5は、本発明の一実施形態に係る窒化ガリウム膜の成膜方法において、制御部200による制御のタイミングを示すシーケンス図である。図5に示すように、本変形例に係る窒化ガリウム膜の成膜方法では、第4の期間T4'が含まれる。

[0080] 第4の期間T4'は、スパッタリング電源160のオン期間である。第4の期間T4'では、スパッタリングガスがスパッタリングガス供給部170から真空チャンバ100に供給されていない。供給された塩素ラジカルによってプラズマが安定して形成される場合、真空チャンバ100にスパッタリングガスが供給されなくてもよい。安定したプラズマが形成されることにより、塩素ラジカルおよび塩素陰イオンが生成されるため、窒化ガリウム膜の非晶質領域のエッチングを行うことができる。

[0081] <変形例2>

図6を参照して、本発明の一実施形態に係る窒化ガリウム膜の成膜方法の別の変形例について説明する。なお、以下では、第2実施形態で説明した構成と同様の構成は、その説明を省略する場合がある。

[0082] 図6は、本発明の一実施形態に係る窒化ガリウム膜の成膜方法において、

制御部 200 による制御のタイミングを示すシーケンス図である。図 6 に示すように、本変形例に係る窒化ガリウム膜の成膜方法では、第 4 の期間 T 4' ' が含まれる。

[0083] 第 4 の期間 T 4' ' は、スパッタリング電源 160 のオン期間である。第 4 の期間 T 4' ' では、第 2 のガス供給部 193 から第 2 のガスが供給されているが、第 2 のプラズマ電源 192 がオフ状態である。そのため、第 2 のラジカル供給源 190 では、塩素ラジカルが生成されず、第 2 のガスが真空チャンバ 100 に供給されている。第 4 の期間 T 4' ' では、スパッタリング電源 160 がオン状態であるため、真空チャンバ 100 に供給された第 2 のガスはプラズマ化され、塩素ラジカルおよび塩素陰イオンが生成される。そのため、真空チャンバ 100 内で生成された塩素ラジカルおよび塩素陰イオンを利用して、窒化ガリウム膜の非晶質領域のエッチングを行うことができる。

[0084] <変形例 3>

図 7 を参照して、本発明の一実施形態に係る窒化ガリウム膜の成膜方法のさらに別の変形例について説明する。なお、以下では、第 2 実施形態で説明した構成と同様の構成は、その説明を省略する場合がある。

[0085] 図 7 は、本発明の一実施形態に係る窒化ガリウム膜の成膜方法において、制御部 200 による制御のタイミングを示すシーケンス図である。本変形例に係る窒化ガリウム膜の成膜方法では、第 1 のガスとして、窒素・水素混合ガス (N_2/H_2 混合ガス) を用いるが、窒素ガスおよび水素ガスは、それぞれ、第 1-1 のガス供給部および第 1-2 のガス供給部から供給される。すなわち、窒素ガスと水素ガスとは別々のガス供給源から供給される。そのため、制御部 200 は、窒素ガスの供給の開始もしくは停止、または水素ガスの供給の開始もしくは停止を独立して制御することができる。図 7 に示すように、本変形例に係る窒化ガリウム膜の成膜方法では、第 2 の期間 T 2' および第 5 の期間 T 5' が含まれる。

[0086] 第 2 の期間 T 2' は、スパッタリング電源 160 のオフ期間に含まれる。

第2の期間T2'では、スパッタリングガス供給部170から真空チャンバ100へのスパッタリングガスの供給が停止される。また、第1-1のガス供給部および第1-2のガス供給部から、それぞれ、窒素ガスおよび水素ガスが供給されつつ、第1のプラズマ電源182がオフ状態となる。そのため、窒素ラジカルおよび水素ラジカルだけでなく、窒素ガスおよび水素ガスが、真空チャンバ100に供給される。なお、第2のガス供給部193からの第2のガスの供給は停止され、第2のプラズマ電源192はオフ状態である。すなわち、第2のラジカル供給源190では、塩素ラジカルが生成されておらず、塩素ラジカルは第2のラジカル供給源190から真空チャンバ100に供給されていない。

[0087] また、第2の期間T2'では、第1-1のガス供給部からの窒素ガスの供給が停止された後、第1-2のガス供給部からの水素ガスの供給が停止される。このような制御により、スパッタリング電源160のオフ期間において、基板表面に堆積されたガリウムに対する水素の表面マイグレーションを促進することができる。すなわち、基板表面のガリウムを水素で終端させることにより、基板表面における酸化ガリウムの生成を抑制することができる。また、形成される窒化ガリウム膜の平坦性を向上させることができる。

[0088] 第5の期間T5'は、スパッタリング電源160のオフ期間に含まれる。第5の期間T5'では、スパッタリングガス供給部170から真空チャンバ100へのスパッタリングガスの供給が開始される。また、第1-1のガス供給部及び第1-2のガス供給部から、それぞれ、窒素ガスおよび水素ガスが供給されつつ、第1のプラズマ電源182がオン状態となる。そのため、窒素ラジカルおよび水素ラジカルが、真空チャンバ100に供給される。なお、第2のガス供給部193からの第2のガスの供給は停止され、第2のプラズマ電源192はオフ状態である。すなわち、第2のラジカル供給源190では、塩素ラジカルが生成されておらず、塩素ラジカルは第2のラジカル供給源190から真空チャンバ100に供給されていない。

[0089] また、第5の期間T5'では、第1-2のガス供給部から水素ガスの供給

が開始された後、第 1 - 1 のガス供給部からの窒素ガスの供給が開始される。このような制御により、スパッタリング電源 160 のオフ期間において、窒素ガスを供給する前に、水素ガスを用いて、基板表面に残留する塩素を効率よく除去することができる。

[0090] 図 7 に示すシーケンス図では、窒素ガスの供給の停止および水素ガスの供給の停止または水素ガスの供給の停止および窒素ガスの供給の開始および水素ガスの供給の開始が順次実行される例を示したが、窒素ガスの供給の停止および水素ガスの供給の停止または水素ガスの供給の停止および窒素ガスの供給の開始および水素ガスの供給の開始が同時に実行されてもよい。また、第 1 - 1 のガス供給部および第 1 - 2 のガス供給部の各々に第 1 のプラズマ電源 182 を設け、窒素ラジカルの供給の開始または停止および水素ラジカルの供給の開始または停止を独立して制御してもよい。

[0091] なお、本変形例に係る窒化ガリウム膜の成膜方法は、他の変形例に適用することもできる。

[0092] <第 3 実施形態>

図 8 および図 9 を参照して、本発明の一実施形態に係る窒化ガリウム膜の成膜装置 10 の基板支持部 110A について説明する。なお、以下では、第 1 実施形態および第 2 実施形態で説明した構成と同様の構成は、その説明を省略する場合がある。

[0093] 図 8 は、本発明の一実施形態に係る成膜装置 10 の基板支持部 110A を示す模式図である。

[0094] 図 8 に示すように、成膜装置 10 内には、基板支持部 110A 上に配置される基板 510 に対して光を照射する照射部 111A、および基板 510 から反射された光を受光する受光部 112A が設けられている。成膜装置 10 内における照射部 111A および受光部 112A の設置位置は、特に限定されない。照射部 111A が照射する光は、赤外光線または可視光線である。

[0095] 図 9 は、本発明の一実施形態に係る成膜装置 10 における窒化ガリウム膜の膜厚測定を説明する模式図である。

[0096] 第2実施形態で説明したように、成膜装置10を用いた窒化ガリウム膜の成膜においては、スパッタリング電源160のオフ期間が存在する。このオフ期間では、真空チャンバ100内においてプラズマが形成されていない。そのため、照射部111Aから光L1が照射されると、受光部112Aは、基板510および基板上に形成される窒化ガリウム膜520から反射された光を受光することができる。

[0097] 基板510、窒化ガリウム膜520、および真空チャンバ100内の雰囲気は、それぞれ屈折率が異なる。そのため、照射部111Aから照射された光L1は、基板510および窒化ガリウム膜520を透過するだけでなく、基板510または基板510上に形成されるバッファ層と窒化ガリウム膜520との界面、または窒化ガリウム膜520の表面で反射される。すなわち、受光部112Aでは、多重反射された光L2が受光される。受光部112Aで受光される光L2の強度は、平坦な窒化ガリウム膜520の成長とともに、基板510および窒化ガリウム膜520からの反射光が干渉し合い、周期的な振動が生じる。すなわち、受光部112Aで受光される光は、反射率の振動が生じ、周期的なパターンとして検出される。具体的には、光L1の波長を λ とすると、光L2の光路差 $2nd$ は、式 $2nd = k\lambda$ (k は自然数)で表される。ここで、 n は窒化ガリウム膜520の屈折率であり、 d は窒化ガリウム膜520の膜厚である。したがって、周期的なパターンおよび上述の式に基づき、窒化ガリウム膜520の膜厚 d を算出することができる。

[0098] 本発明の一実施形態に係る成膜装置10では、スパッタリング電源160のオフ期間中に光を照射し、干渉現象を利用して窒化ガリウム膜の膜厚を測定することができる。そのため、成膜装置10では、成膜される窒化ガリウム膜の膜厚を制御することができる。

[0099] <第4実施形態>

図10は、本発明の一実施形態に係る発光素子1000の構成を示す模式図である。

[0100] 図10に示すように、発光素子1000は、基板1010、バリア層1020、バッファ層1030、n型半導体層1040、発光層1050、p型半導体層1060、n型電極1070、およびp型電極1080を含む。発光素子1000は、いわゆるLED (Light Emitting Diode) であるが、これに限られない。

[0101] 基板1010として、例えば、ガラス基板または石英基板などを用いることができる。バリア層1020として、例えば、窒化シリコン膜などを用いることができる。バッファ層1030として、例えば、窒化アルミニウム膜などを用いることができる。n型半導体層1040として、シリコンをドーピングした窒化ガリウム膜などを用いることができる。発光層1050として、窒化インジウムガリウム膜と窒化ガリウム膜とが交互に積層された積層体を用いることができる。p型半導体層1060として、マグネシウムをドーピングした窒化ガリウム膜などを用いることができる。n型電極1070として、インジウムなどの金属を用いることができる。p型電極1080として、パラジウムまたは金などの金属を用いることができる。なお、本実施形態に係る発光素子1000では、バリア層1020が設けられない構成を適用することもできる。

[0102] 発光素子1000の製造方法は次のとおりである。基板1010上に、窒化シリコン膜および窒化アルミニウム膜を順に成膜し、バリア層1020およびバッファ層1030を形成する。また、バッファ層1030の上に、シリコンをドーピングした窒化ガリウム膜を成膜する。また、バッファ層1030の上に、窒化インジウムガリウム膜と窒化ガリウム膜とを交互に成膜し、積層体を形成する。また、積層体の上に、マグネシウムをドーピングした窒化ガリウム膜を成膜する。次に、マグネシウムをドーピングしたガリウム膜、積層体、およびシリコンをドーピングした窒化ガリウム膜を、フォトリソグラフィを用いてエッチングし、p型半導体層1060、発光層1050、およびn型半導体層1040を形成する。このとき、シリコンをドーピングした窒化ガリウム膜の一部の表面を露出させるようにエッチングする。n型半導体層1

040およびp型半導体層1060のそれぞれの上に、n型電極1070およびp型電極1080を形成する。

[0103] 本実施形態では、成膜装置10を利用して、発光層1050の窒化ガリウム膜だけでなく、発光層1050の窒化アルミニウム膜を成膜することもできる。窒化アルミニウムガリウム膜を成膜する場合、成膜装置10のターゲット130として、窒素、アルミニウム、およびガリウムを含む窒化アルミニウムガリウムを用いることができる。また、2つの真空チャンバを基板搬送部を介して接続し、一方の真空チャンバ内で窒化ガリウム膜を成膜し、真空を破ることなく、他方の真空チャンバ内で窒化アルミニウムガリウムを成膜してもよい。

[0104] なお、成膜装置10を利用して、バッファ層1030の窒化アルミニウム膜、n型半導体層1040のシリコンをドーピングした窒化ガリウム膜、またはp型半導体層1060のマグネシウムをドーピングした窒化ガリウム膜を成膜することもできる。

[0105] 以上、本実施形態に係る発光素子1000は、成膜装置10を利用して窒化ガリウム膜を成膜することができるため、耐熱性の低い、例えばガラス基板を用いて作製することができる。

[0106] <第5実施形態>

図11は、本発明の一実施形態に係る半導体素子2000の構成を示す模式図である。

[0107] 図11に示すように、半導体素子2000は、基板2010、バリア層2020、バッファ層2030、窒化ガリウム層2040、第1の窒化アルミニウムガリウム層2050、第2の窒化アルミニウムガリウム層2060、第3の窒化アルミニウムガリウム層2070、ソース電極2080、ドレイン電極2090、ゲート電極2100、第1の絶縁層2110、第2の絶縁層2120、およびシールド電極2130を含む。半導体素子2000は、いわゆるHEMT (High Electron Mobility Transistor) であるが、これに限られない。

[0108] 基板 2010 として、例えば、ガラス基板または石英基板などを用いることができる。バリア層 2020 として、例えば、窒化シリコン膜などを用いることができる。バッファ層 2030 として、例えば、窒化アルミニウム膜などを用いることができる。窒化ガリウム層 2040 として、窒化ガリウム膜を用いることができる。第 1 の窒化アルミニウムガリウム層 2050 として、窒化アルミニウムガリウム膜を用いることができる。第 2 の窒化アルミニウムガリウム層 2060 として、例えば、シリコンをドーピングした窒化ガリウム膜を用いることができる。第 3 の窒化アルミニウムガリウム層 2070 として、窒化アルミニウムガリウム膜を用いることができる。ソース電極 2080 およびドレイン電極 2090 として、例えば、チタンまたはアルミニウムなどの金属を用いることができる。ゲート電極 2100 として、例えば、ニッケルまたは金などの金属を用いることができる。第 1 の絶縁層 2110 として、例えば、窒化シリコン膜を用いることができる。第 2 の絶縁層 2120 として、例えば、酸化シリコン膜を用いることができる。シールド電極 2130 として、例えば、アルミニウム／チタン (Al/Ti) などの積層金属を用いることができる。なお、本実施形態に係る半導体素子 2000 では、バリア層 1020 が設けられない構成を適用することもできる。

[0109] 半導体素子 2000 の製造方法は次のとおりである。基板 2010 上に、窒化シリコン膜、窒化アルミニウム膜、窒化ガリウム膜、および窒化アルミニウムガリウム膜を成膜し、バリア層 2020、バッファ層 2030、窒化ガリウム層 2040、および第 1 の窒化アルミニウムガリウム層 2050 を形成する。また、第 1 の窒化アルミニウムガリウム層 2050 の上に、シリコンをドーピングした窒化アルミニウムガリウム膜および窒化アルミニウムガリウム膜を成膜する。次に、窒化アルミニウムガリウム膜およびシリコンをドーピングした窒化アルミニウムガリウム膜を、フォトリソグラフィーを用いてエッチングし、第 3 の窒化アルミニウムガリウム層 2070 および第 2 の窒化アルミニウムガリウム層 2060 を形成する。このとき、シリコンをドーピングした窒化アルミニウムガリウム膜の一部の表面を露出させるようにエッチ

ングする。第2の窒化アルミニウムガリウム層2060の上に、ソース電極2080およびドレイン電極2090を形成する。また、第3の窒化アルミニウムガリウム層2070の上に、ゲート電極2100を形成する。ソース電極2080、ドレイン電極2090、およびゲート電極2100を覆うように、窒化シリコン膜および酸化シリコン膜を順に成膜し、第1の絶縁層2110および第2の絶縁層2120を形成する。第2の絶縁層2120の上に、シールド電極2130を形成する。

[0110] 本実施形態では、成膜装置10を利用して、窒化ガリウム層2040の窒化ガリウム膜だけでなく、バッファ層2030の窒化アルミニウム膜、第1の窒化アルミニウムガリウム層2050の窒化アルミニウム膜、第2の窒化アルミニウムガリウム層2060のシリコンをドーピングした窒化アルミニウムガリウム膜、および第3の窒化アルミニウムガリウム層2070の窒化アルミニウムガリウム膜を成膜することができる。

[0111] 以上、本実施形態に係る半導体素子2000は、成膜装置10を利用して窒化ガリウム膜を成膜することができるため、耐熱性の低い、例えばガラス基板を用いて作製することができる。

[0112] 本発明の実施形態として上述した各実施形態は、相互に矛盾しない限りにおいて、適宜組み合わせて実施することができる。また、各実施形態を基にして、当業者が適宜構成要素の追加、削除、もしくは設計変更を行ったもの、または、工程の追加、省略、もしくは条件変更を行ったものも、本発明の要旨を備えている限り、本発明の範囲に含まれる。

[0113] 上述した各実施形態によりもたらされる作用効果とは異なる他の作用効果であっても、本明細書の記載から明らかなもの、または、当業者において容易に予測し得るものについては、当然に本発明によりもたらされるものと解される。

符号の説明

[0114] 10：成膜装置、 100：真空チャンバ、 110：基板支持部、 111A：照射部、 112A：受光部、 120：加熱部、 130：ター

ゲット、 140 : ターゲット支持部、 150 : ポンプ、 151 : 配管、
152 : バルブ、 160 : スパッタリング電源、 161 : 配線、
170 : スパッタリングガス供給部、 171 : 配管、 172 : マスフロー
コントローラ、 180 : 第1のラジカル供給源、 181 : 配管、 1
82 : 第1のプラズマ電源、 183 : 第1のガス供給部、 190 : 第2
のラジカル供給源、 191 : 配管、 192 : 第2のプラズマ電源、 1
93 : 第2のガス供給部、 200 : 制御部、 510 : 基板、 520 :
窒化ガリウム膜、 1000 : 発光素子、 1010 : 基板、 1020 :
バリア層、 1030 : バッファ層、 1040 : n型半導体層、 10
50 : 発光層、 1060 : p型半導体層、 1070 : n型電極、 10
80 : p型電極、 2000 : 半導体素子、 2010 : 基板、 2020
: バリア層、 2030 : バッファ層、 2040 : 窒化ガリウム層、
2050 : 第1の窒化アルミニウムガリウム層、 2060 : 第2の窒化ア
ルミニウムガリウム層、 2070 : 第3の窒化アルミニウムガリウム層、
2080 : ソース電極、 2090 : ドレイン電極、 2100 : ゲート
電極、 2110 : 第1の絶縁層、 2120 : 第2の絶縁層、 2130
: シールド電極

請求の範囲

- [請求項1] 内部を真空にすることが可能な真空チャンバと、
前記真空チャンバ内に設けられ、基板を支持する基板支持部と、
前記真空チャンバ内に設けられ、窒素およびガリウムを含むターゲットを支持するターゲット支持部と、
前記真空チャンバと接続され、前記真空チャンバにスパッタリングガスを供給するスパッタリングガス供給部と、
前記ターゲットに電圧を印加し、前記真空チャンバに供給された前記スパッタリングガスのプラズマを生成するスパッタリング電源と、
前記真空チャンバと接続され、前記真空チャンバに窒素ラジカルおよび水素ラジカルを供給することが可能な第1のラジカル供給源と、
前記真空チャンバと接続され、前記真空チャンバに塩素ラジカルを供給することが可能な第2のラジカル供給源と、
前記スパッタリングガス供給部、前記スパッタリング電源、前記第1のラジカル供給源、および前記第2のラジカル供給源の少なくとも1つを制御する制御部と、を含む、成膜装置。
- [請求項2] 前記制御部は、前記第1のラジカル供給源から前記窒素ラジカルおよび前記水素ラジカルが供給されているとき、前記第2のラジカル供給源から前記塩素ラジカルを供給しないように前記第2のラジカル供給源を制御する、請求項1に記載の成膜装置。
- [請求項3] 前記制御部は、前記第2のラジカル供給源から前記塩素ラジカルが供給されているとき、前記第1のラジカル供給源から前記窒素ラジカルおよび前記水素ラジカルを供給しないように前記第1のラジカル供給源を制御する、請求項1に記載の成膜装置。
- [請求項4] 前記制御部は、前記スパッタリング電源をオフ状態とした後、一定の期間、前記窒素ラジカルおよび前記水素ラジカルを前記真空チャンバに供給するように前記第1のラジカル供給源を制御する、請求項1に記載の成膜装置。

- [請求項5] 前記制御部は、前記スパッタリング電源をオフ状態とした後、前記第1のラジカル供給源のプラズマ電源をオフ状態にして窒素ガスおよび水素ガスを前記真空チャンバに供給し、その後、前記窒素ガスの供給を停止させ、前記窒素ガスの供給の停止後に前記水素ガスの供給を停止するように前記第1のラジカル供給源を制御する、請求項1に記載の成膜装置。
- [請求項6] 前記制御部は、前記第2のラジカル供給源から前記塩素ラジカルが供給されているとき、前記スパッタリング電源をオン状態とするように前記スパッタリング電源を制御する、請求項1に記載の成膜装置。
- [請求項7] さらに、
前記真空チャンバ内に設けられ、前記基板に赤外光線または可視光線を照射する照射部と、
前記真空チャンバ内に設けられ、照射された前記赤外光線または前記可視光線の反射光を受光する受光部と、を含む、請求項1に記載の成膜装置。
- [請求項8] 真空チャンバ内の窒素およびガリウムを含むターゲットと対向するように基板を配置し、
前記基板を加熱し、
前記真空チャンバにスパッタリングガスを供給し、
前記真空チャンバに窒素ラジカルおよび水素ラジカルを供給し、
前記ターゲットに電圧を印加して前記スパッタリングガスのプラズマを生成する、ことを含み、
前記ターゲットから放出される前記ガリウムと前記窒素ラジカルとの再結合反応によって生成される窒化ガリウム、および前記ターゲットの前記ガリウムから生成されるガリウム陽イオンと前記窒素ラジカルから生成される窒素陰イオンとの再結合反応によって生成される窒化ガリウムを前記基板上に堆積させる、窒化ガリウム膜の成膜方法。
- [請求項9] 前記窒素ラジカルおよび前記水素ラジカルは、 N_2/H_2 混合ガス

および NH_3 ガスのいずれか1つから生成される、請求項8に記載の窒化ガリウム膜の成膜方法。

[請求項10] さらに、前記ターゲットへの前記電圧の印加を停止することを含み、

前記ターゲットへの前記電圧の印加が停止された期間において、前記ガリウム陽イオンと、電子と前記窒素ラジカルとの反応により生成される窒素陰イオンとの再結合反応によって生成される窒化ガリウムを前記基板上に堆積させる、請求項8に記載の窒化ガリウム膜の成膜方法。

[請求項11] さらに、
前記ターゲットへの前記電圧の印加を停止し、
前記真空チャンバへの前記窒素ラジカルおよび前記水素ラジカルの供給を停止し、
前記真空チャンバに塩素ラジカルを供給する、ことを含み、
前記塩素ラジカルにより前記基板上に形成された前記窒化ガリウム膜をエッチングする、請求項8に記載の窒化ガリウム膜の成膜方法。

[請求項12] さらに、
前記窒素ラジカルおよび前記水素ラジカルの供給を停止した後に、
前記真空チャンバに窒素ガスおよび水素ガスを供給し、
前記真空チャンバへの前記窒素ガスの供給を停止した後に、前記真空チャンバへの前記水素ガスの供給を停止する、ことを含む、請求項11に記載の窒化ガリウム膜の成膜方法。

[請求項13] 前記塩素ラジカルは、 Cl_2 ガスおよび BCl_3 ガスのいずれか1つから生成される、請求項11または請求項12に記載の窒化ガリウム膜の成膜方法。

[請求項14] さらに、前記真空チャンバに前記塩素ラジカルが供給された後、前記ターゲットに電圧を印加して塩素陰イオンを生成することを含み、
前記塩素陰イオンにより前記基板上に形成された前記窒化ガリウム

膜をエッチングする、請求項 1 1 または請求項 1 2 に記載の窒化ガリウム膜の成膜方法。

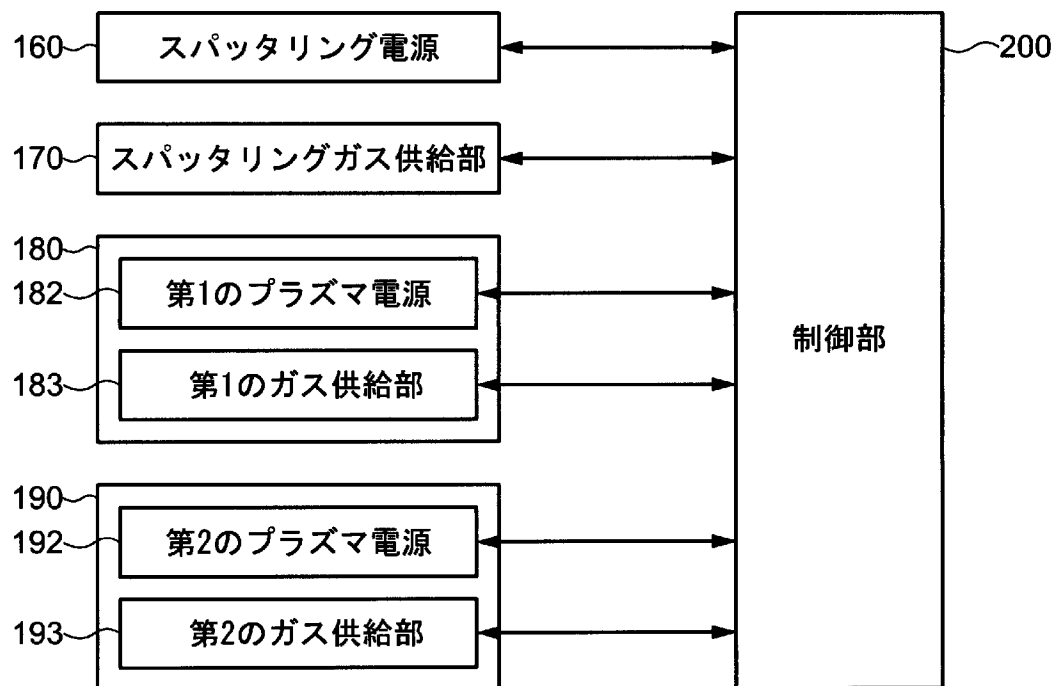
[請求項15] 前記スパッタリングガスは、アルゴンおよびクリプトンの少なくとも 1 つである、請求項 8 に記載の窒化ガリウム膜の成膜方法。

[請求項16] 前記基板は、ガラス基板および石英基板のいずれか 1 つである、請求項 8 に記載の窒化ガリウム膜の成膜方法。

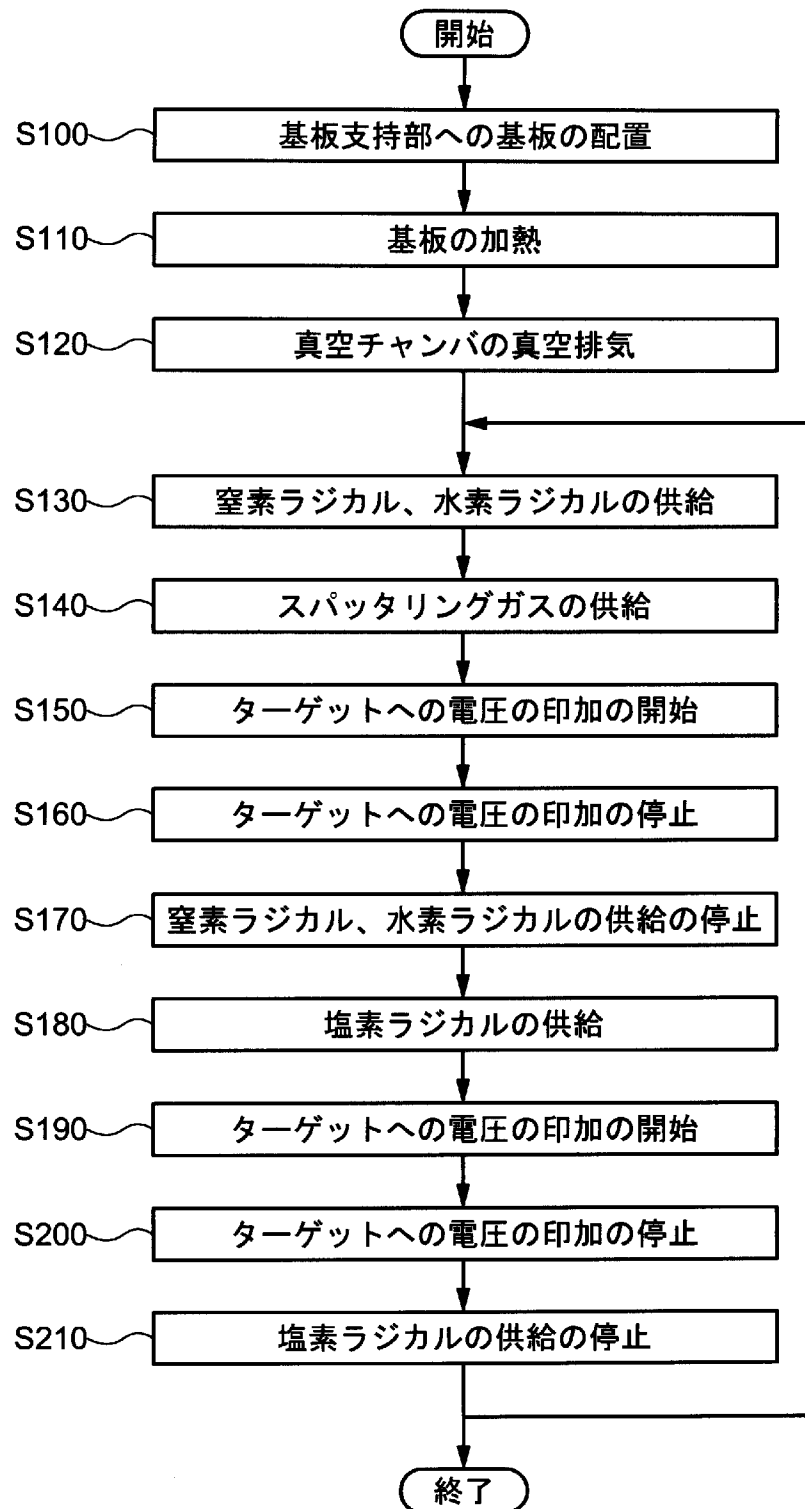
[請求項17] 前記基板はガラス基板であり、
前記ガラス基板は、400℃以上600℃以下で加熱される、請求項 8 に記載の窒化ガリウム膜の成膜方法。

The diagram shows a cross-sectional view of a vacuum furnace system 10. A central chamber 100 is surrounded by a thick, hatched insulation layer. Inside the chamber, there are two horizontal heating elements: a top one 130 and a bottom one 120, both shown with diagonal hatching. The chamber has four vertical ports: 110 at the bottom, 140 at the top, 181 on the left, and 191 on the right. Each port is equipped with a flange or gasket. The top port 140 is connected to a vertical tube 161, which leads to a rectangular component 160. The bottom port 110 is connected to a vertical tube 151, which leads to a rectangular component 150. A pump or vacuum source 170 is connected to the left side of the chamber via a double-line tube 171. This tube passes through a component 172 and then through the left port 181. A rectangular component 180 is positioned between the chamber and the pump. A top flange 200 is also shown on the top port 140.

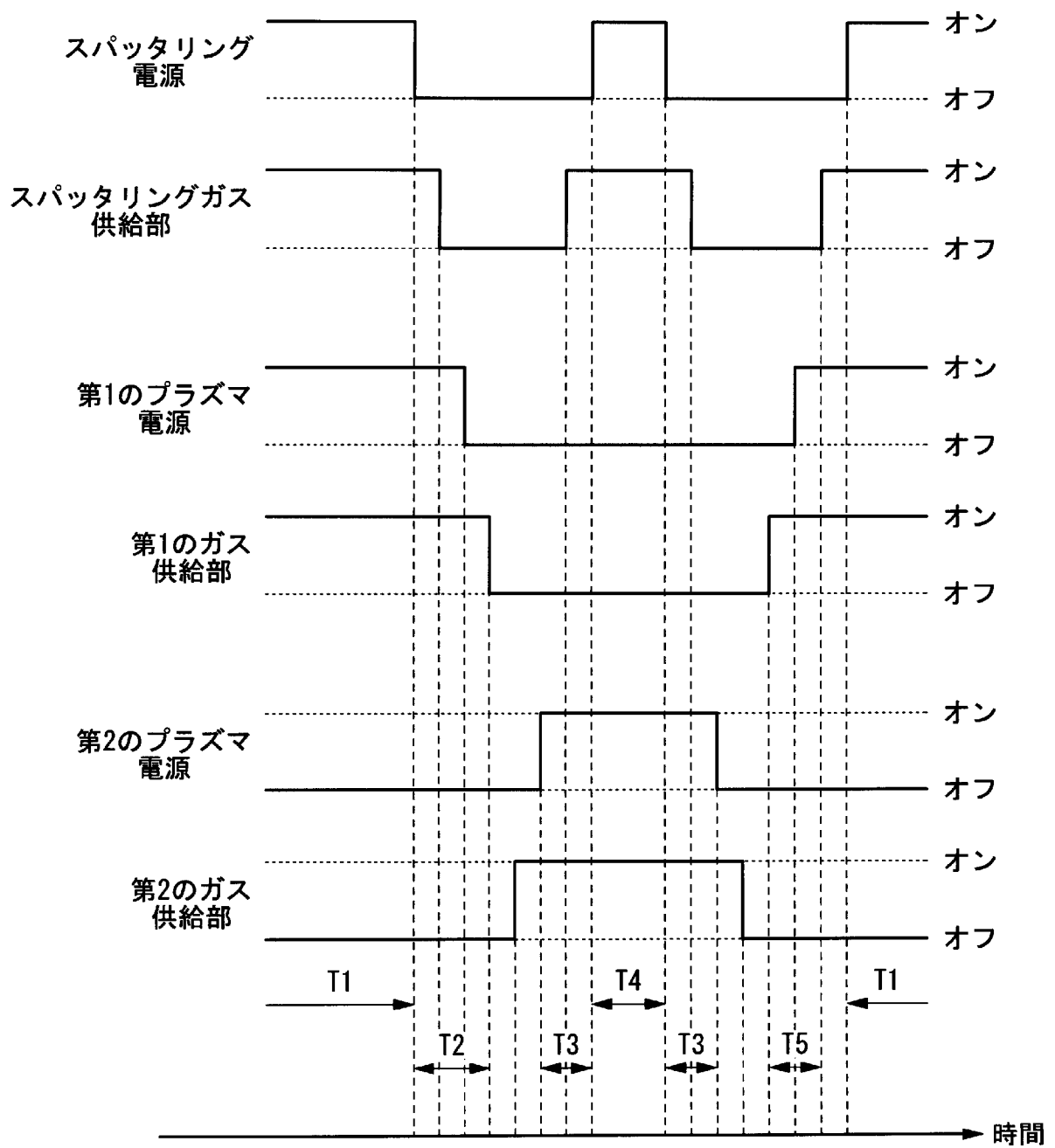
[図2]



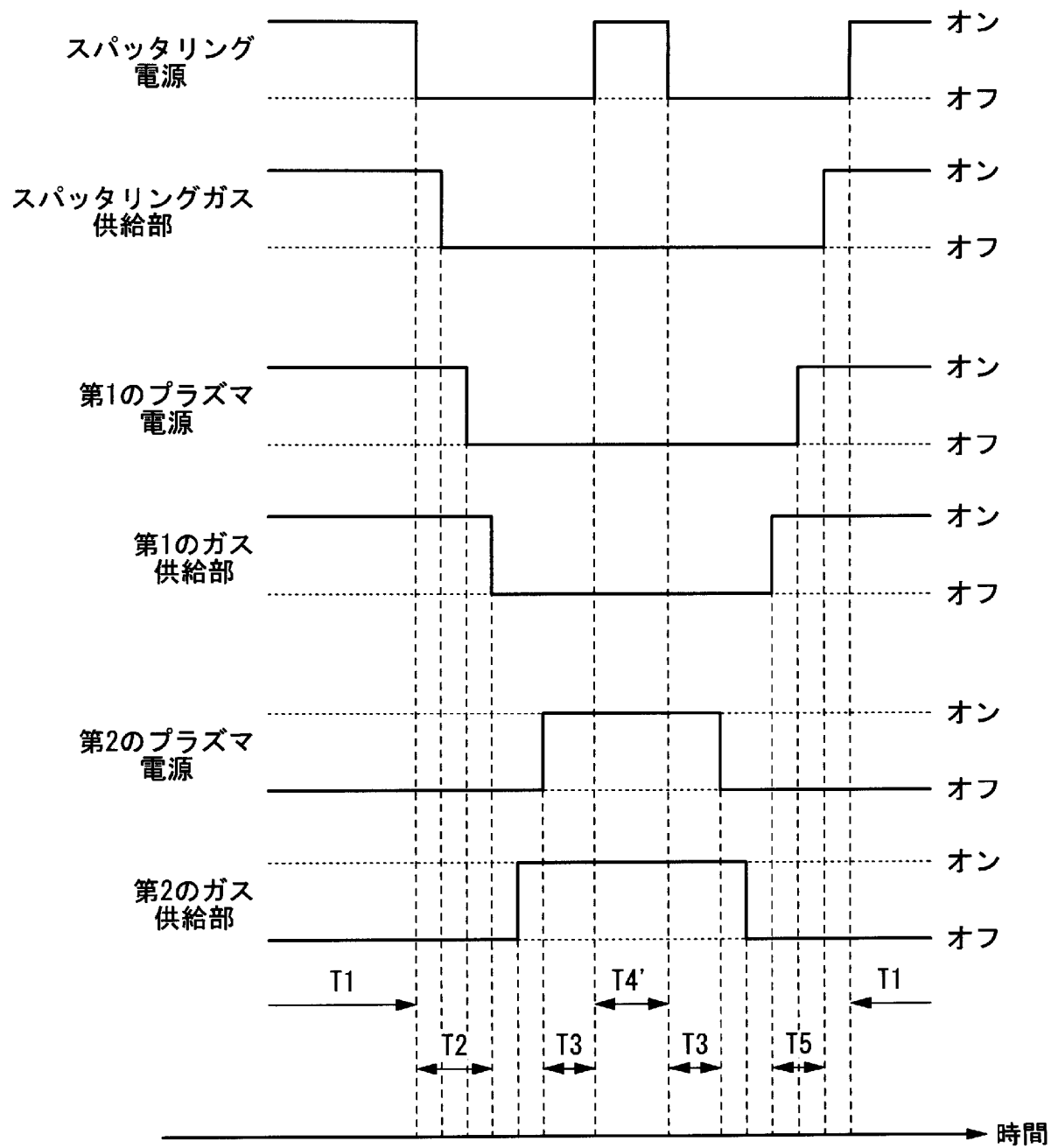
[図3]



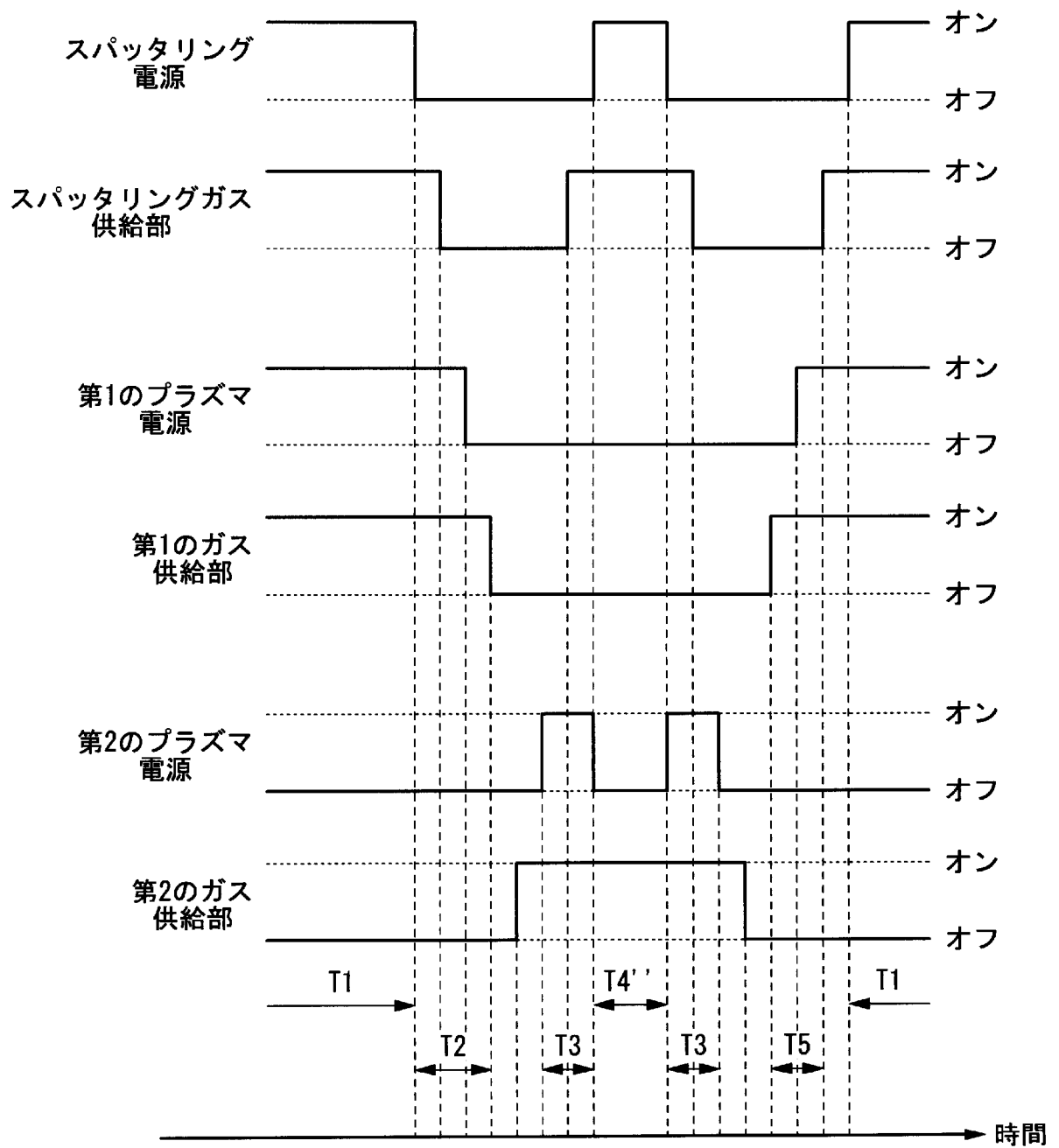
[図4]



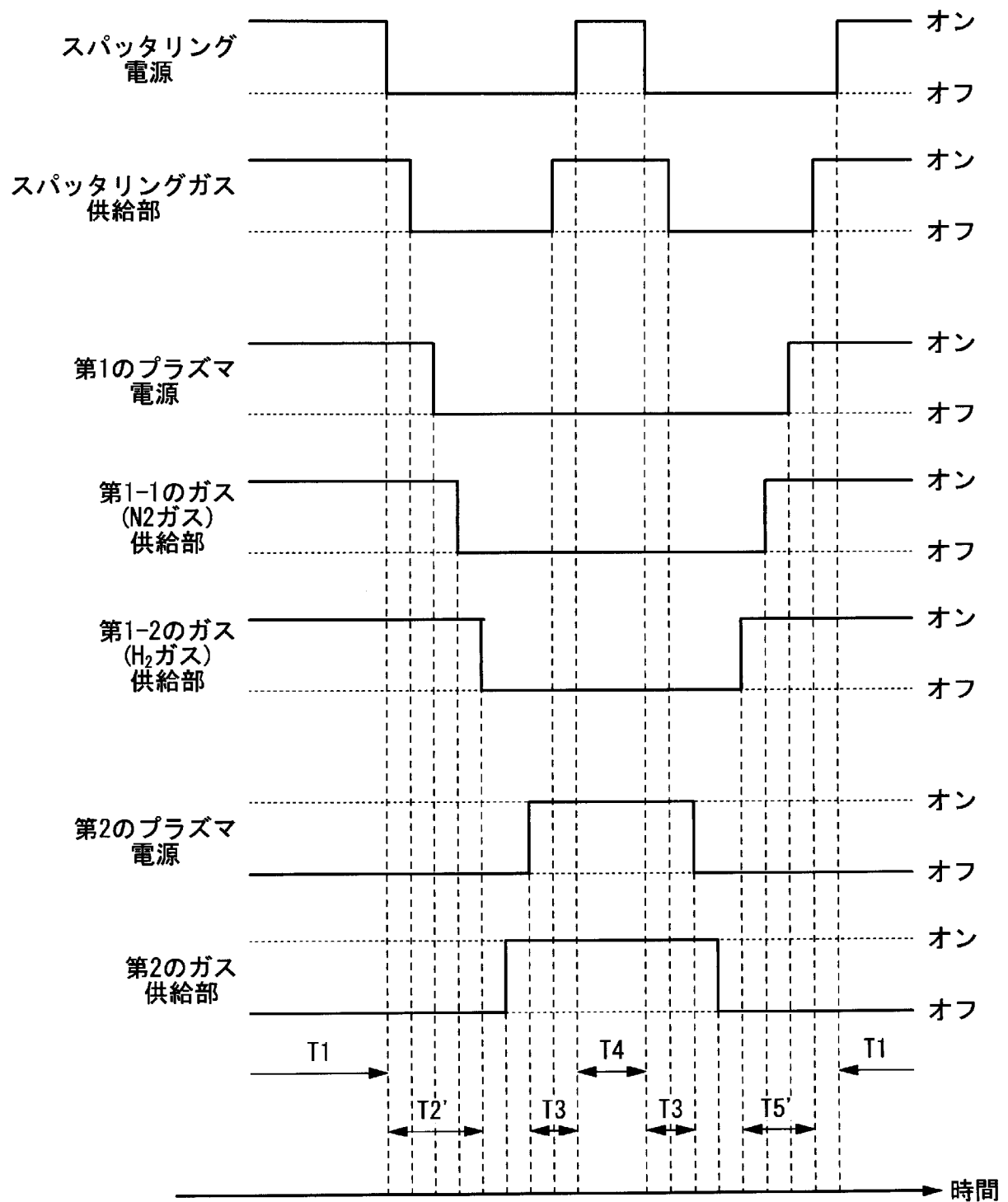
[図5]



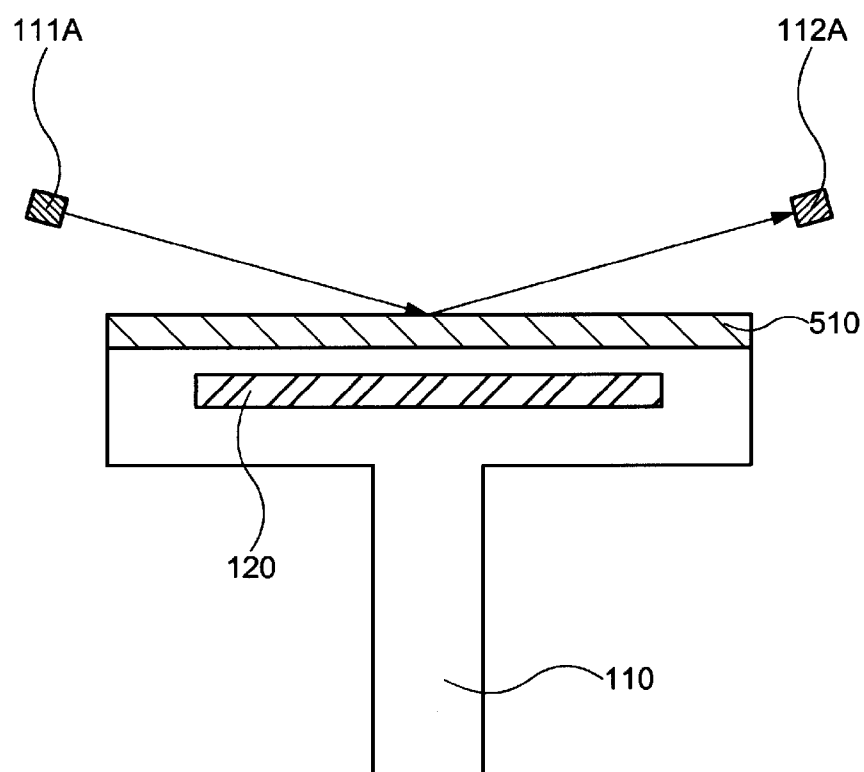
[図6]



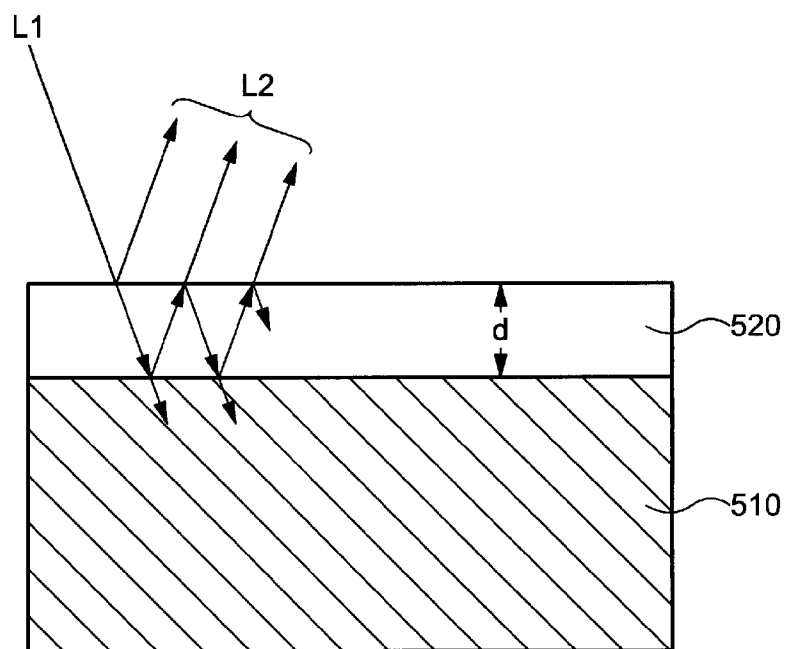
[図7]



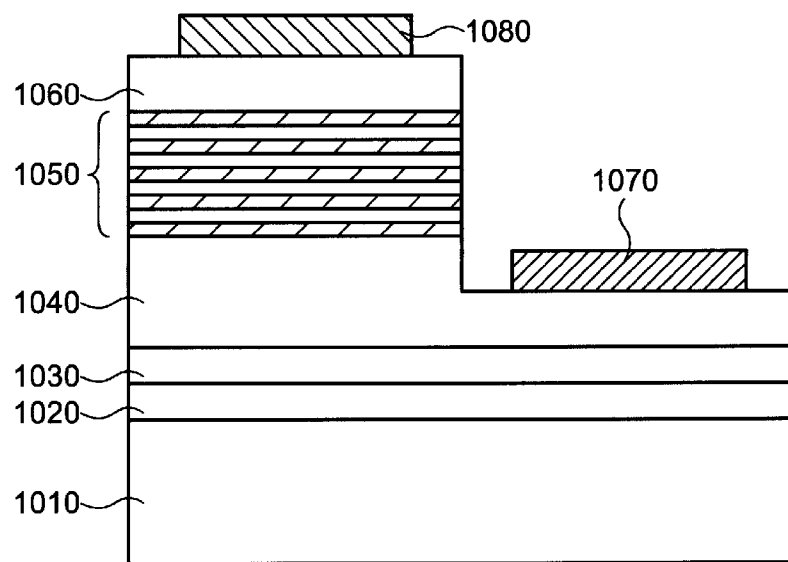
[図8]



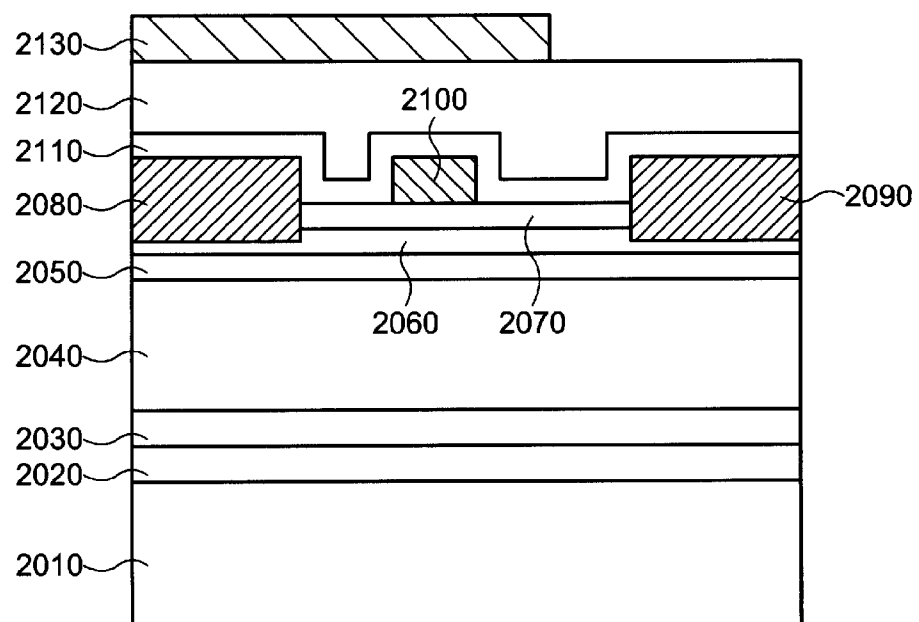
[図9]



[図10]

1000

[図11]

2000

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/014830

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C23C 14/06(2006.01)i; **C23C 14/34**(2006.01)i; **C30B 29/38**(2006.01)i; **H01L 21/203**(2006.01)i; **H01L 33/32**(2010.01)i
 FI: C23C14/06 A; C23C14/34 M; C30B29/38 D; H01L21/203 S; H01L33/32

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)

C23C14/06; C23C14/34; C30B29/38; H01L21/203; H01L33/32

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2013-125851 A (ULVAC INC.) 24 June 2013 (2013-06-24) claims, paragraphs [0004]-[0041], fig. 1, 2	8-9, 15-17
Y		8-10, 15-17
A		1-7, 11-14
X	WO 2016/009577 A1 (CANON ANELVA CORP.) 21 January 2016 (2016-01-21) claims, paragraphs [0005]-[0126], fig. 3	8-9, 15-17
Y		8-10, 15-17
A		1-7, 11-14
Y	JP 2020-147837 A (NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION TOKAI NATIONAL HIGHER EDUCATION AND RESEARCH SYSTEM) 17 September 2020 (2020-09-17) claims, paragraphs [0033]-[0036], [0053], [0080], fig. 2	8-10, 15-17
A		1-7, 11-14
Y	WO 2019/167715 A1 (ULVAC INC.) 06 September 2019 (2019-09-06) paragraphs [0022]-[0024], [0026], [0027], fig. 1	8-9, 15-17
A		1-7, 10-14

☒ 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
 “E” earlier application or patent 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

07 June 2023

Date of mailing of the international search report

27 June 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/014830**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2008-270749 A (KANAGAWA ACAD OF SCI & TECHNOL) 06 November 2008 (2008-11-06)	8-10, 15-17
A	claims, paragraphs [0004]-[0140], fig. 2	1-7, 11-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/014830

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2013-125851	A	24 June 2013	(Family: none)	
WO	2016/009577	A1	21 January 2016	KR 10-2016-0020401	A
				TW 201614083	A
JP	2020-147837	A	17 September 2020	(Family: none)	
WO	2019/167715	A1	06 September 2019	KR 10-2019-0131541	A
				CN 110574144	A
				TW 201938829	A
JP	2008-270749	A	06 November 2008	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） C23C 14/06(2006.01)i; C23C 14/34(2006.01)i; C30B 29/38(2006.01)i; H01L 21/203(2006.01)i; H01L 33/32(2010.01)i FI: C23C14/06 A; C23C14/34 M; C30B29/38 D; H01L21/203 S; H01L33/32		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） C23C14/06; C23C14/34; C30B29/38; H01L21/203; H01L33/32		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	JP 2013-125851 A（株式会社アルバック）24.06.2013（2013-06-24） 特許請求の範囲, [0004]-[0041], [図1]-[図2]	8-9, 15-17 8-10, 15-17 1-7, 11-14
X Y A	WO 2016/009577 A1（キヤノンアネルバ株式会社）21.01.2016（2016-01-21） 請求の範囲, [0005]-[0126], [図3]	8-9, 15-17 8-10, 15-17 1-7, 11-14
Y A	JP 2020-147837 A（国立大学法人東海国立大学機構）17.09.2020（2020-09-17） 特許請求の範囲, [0033]-[0036], [0053], [0080], [図2]	8-10, 15-17 1-7, 11-14
Y A	WO 2019/167715 A1（株式会社アルバック）06.09.2019（2019-09-06） [0022]-[0024], [0026]-[0027], [図1]	8-9, 15-17 1-7, 10-14
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 07.06.2023		国際調査報告の発送日 27.06.2023
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 宮崎 園子 4G 9277 電話番号 03-3581-1101 内線 3416

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2008-270749 A (財団法人神奈川科学技術アカデミー) 06.11.2008 (2008 - 11 - 06)	8-10, 15-17
A	特許請求の範囲, [0004]-[0140], [図2]	1-7, 11-14

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/014830

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2013-125851	A	24.06.2013	(ファミリーなし)	
WO	2016/009577	A1	21.01.2016	KR 10-2016-0020401	A
				TW 201614083	A
JP	2020-147837	A	17.09.2020	(ファミリーなし)	
WO	2019/167715	A1	06.09.2019	KR 10-2019-0131541	A
				CN 110574144	A
				TW 201938829	A
JP	2008-270749	A	06.11.2008	(ファミリーなし)	