

(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
2015年9月11日(11.09.2015)



(10) 国際公開番号

WO 2015/133071 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/3065 (2006.01) H05H 1/46 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/000713
- (22) 国際出願日: 2015年2月17日(17.02.2015)
- (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 2014-041911 2014年3月4日(04.03.2014) JP
- (71) 出願人: 東京エレクトロン株式会社(TOKYO ELECTRON LIMITED) [JP/JP]; 〒1076325 東京都港区赤坂五丁目3番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 林 恭輔(HAYASHI, Kyosuke); 〒9813629 宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ1番 東京エレクトロン宮城株式会社内 Miyagi (JP). 沢田石真之(SAWATAISHI, Masayuki); 〒9813629 宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ1番 東京エレクトロン宮城株式会社内 Miyagi (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人サクラ国際特許事務所(SAKURA PATENT OFFICE, P.C.); 〒1010048 東京都千代田区神田司町二丁目8番1号 PMO神田司町 Tokyo (JP).

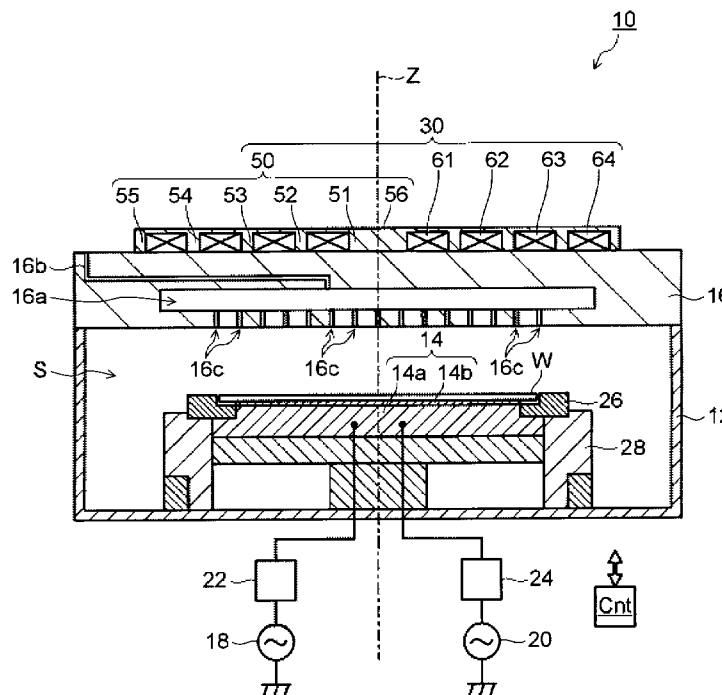
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, 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:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: PLASMA PROCESSING DEVICE CLEANING METHOD AND PLASMA PROCESSING DEVICE

(54) 発明の名称: プラズマ処理装置のクリーニング方法及びプラズマ処理装置



(57) Abstract: The plasma processing device cleaning method, which is for removing a deposit deposited on the upper part electrode of a plasma processing device equipped with a circular electromagnet arranged on the upper part of a processing chamber and having a plurality of concentrically arranged circular coils, comprises introducing a predetermined cleaning gas into the processing chamber, applying a radio-frequency electrical power between the upper part electrode and a lower part electrode to generate a cleaning gas plasma while electrifying the plurality of coils to generate a magnetic field, and changing coil-by-coil the electrification amount whereby the plurality of coils are electrified, according to the deposit thickness distribution in the radial direction of the deposit deposited on the upper part electrode.

(57) 要約: 処理チャンバーの上部に配設された環状の電磁石であって、同心状に配設された複数の環状のコイルを有する電磁石を具備したプラズマ処理装置の上部電極に堆積した堆積物を除去するプラズマ処理装置のクリーニング方法であって、処理チャンバー内に所定のクリーニングガスを導入し、上部電極と下部電極との間に高周波電力を印加してクリーニングガスのプラズマを発生させると共に、複数のコイルに通電して磁界を発生させ、かつ、上部電極に堆積した堆積物の径方向における堆積厚の分布に応じて複数のコイルに通電する通電量をコイル毎に変更する。

WO 2015/133071 A1

明 細 書

発明の名称：

プラズマ処理装置のクリーニング方法及びプラズマ処理装置

技術分野

[0001] 本発明は、プラズマ処理装置のクリーニング方法及びプラズマ処理装置に関する。

背景技術

[0002] 従来から、半導体装置の製造工程等では、ガスをプラズマ化して被処理基板（例えば、半導体ウエハ）に作用させ、被処理基板にエッチング処理等を施すプラズマ処理装置が用いられている。また、このようなプラズマ処理装置としては、処理チャンバー内に上部電極と下部電極が対向するように配置され、これらの電極間に高周波電力を印加してプラズマを発生させる所謂容量結合型のプラズマ処理装置が知られており、さらに、このような構造のプラズマ処理装置において磁界を用いてプラズマ密度を制御するものが知られている（例えば、特許文献 1 参照。）。

[0003] 上記のプラズマ処理装置では、プラズマエッチング等のプラズマ処理を繰り返して行くとポリマー等の堆積物（所謂デポ）が処理チャンバー内に堆積し、プラズマ処理に悪影響を与える可能性がある。このため、定期的に処理チャンバー内に堆積した堆積物を除去するクリーニングを行っている。このようなクリーニング方法としては、処理チャンバー内にクリーニングガスのプラズマを発生させてプラズマによって堆積物をエッチングし、除去する方法が知られている（例えば、特許文献 2 参照。）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開 2 0 1 3 － 1 4 9 7 2 2 号公報

特許文献2：特開 2 0 0 9 － 9 9 8 5 8 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上記のように従来のプラズマ処理装置では、ポリマー等の堆積物を除去するため、処理チャンバー内のクリーニングが行われている。ここで、近年メモリ等の半導体デバイスの微細化、高集積化は限界に近くなっており、積層によって容量を増やす3次元NANDメモリ等が主流になっている。このような3次元NANDメモリは、積層数を増やすことによって容量を増やすことができるが、積層数が増える分、プラズマエッチング工程の処理時間も延びるため、処理チャンバー内に大量の堆積物が堆積する。このため、上記したクリーニングを頻繁に行わなければならない、クリーニングを効率的に短時間でを行う方法の開発が求められていた。

[0006] また、例えば上部電極と下部電極とが対向するように処理チャンバー内に配設された容量結合型のプラズマ処理装置では、プラズマ処理におけるプラズマ密度の分布の状態等により上部電極に堆積する堆積物の厚さ（量）が、不均一になる場合がある。このような場合、厚く堆積した部分の堆積物を除去しようとする、堆積物の厚さが薄い部分では、堆積物が除去された後もクリーニングが継続されるため、上部電極がエッチングされ、消耗してしまうという問題もある。

[0007] 本発明は、上記の事情に対処してなされたもので、クリーニング時における上部電極の消耗を抑制することができるとともに、従来に比べてクリーニングを効率的に短時間で行うことができ、生産効率の向上を図ることのできるプラズマ処理装置のクリーニング方法及びプラズマ処理装置を提供しようとするものである。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明のプラズマ処理装置のクリーニング方法の一態様は、被処理基板を収容する処理チャンバーと、前記処理チャンバー内に配設され、前記被処理基板が載置される下部電極と、前記処理チャンバー内に配設され、前記下部電極と対向する上部電極と、前記上部電極と前記下部電極との間に高周波電力を印加する高周波電源と、前記処理チャンバーの上部に配設された環状の

電磁石であって、同心状に配設された複数の環状のコイルを有する電磁石と、を具備したプラズマ処理装置の前記上部電極に堆積した堆積物を除去するプラズマ処理装置のクリーニング方法であって、前記処理チャンバー内に所定のクリーニングガスを導入し、前記高周波電源から前記上部電極と前記下部電極との間に高周波電力を印加して前記クリーニングガスのプラズマを発生させると共に、複数の前記コイルに通電して磁界を発生させ、かつ、前記上部電極に堆積した堆積物の径方向における厚さの分布に応じて複数の前記コイルの通電量を前記コイル毎に調整することを特徴とする。

[0009] 本発明のプラズマ処理装置の一態様は、被処理基板にプラズマを作用させて処理を行うプラズマ処理装置であって、前記被処理基板を収容する処理チャンバーと、前記処理チャンバー内に配設され、前記被処理基板が載置される下部電極と、前記処理チャンバー内に配設され、前記下部電極と対向する上部電極と、前記上部電極と前記下部電極との間に高周波電力を印加する高周波電源と、前記処理チャンバーの上部に配設された環状の電磁石であって、同心状に配設された複数の環状のコイルを有する電磁石と、前記上部電極に堆積した堆積物を除去するクリーニング時に、前記処理チャンバー内に所定のクリーニングガスを導入し、前記高周波電源から前記上部電極と前記下部電極との間に高周波電力を印加して前記クリーニングガスのプラズマを発生させると共に、複数の前記コイルに通電して磁界を発生させ、かつ、前記上部電極に堆積した堆積物の径方向における厚さの分布に応じて複数の前記コイルの通電量を前記コイル毎に調整する制御部と、を具備したことを特徴とする。

発明の効果

[0010] 本発明によれば、クリーニング時における上部電極の消耗を抑制することができるとともに、従来に比べてクリーニングを効率的に短時間で行うことができ、生産効率の向上を図ることができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本発明の実施形態に係るプラズマエッチング装置の概略構成を模式的に

示す図。

[図2]図1のプラズマエッチング装置の要部概略構成を模式的に示す図。

[図3]電磁石によって発生する磁界の例を示す図。

[図4]上部電極及びカバーリングに対する堆積物の厚さの分布の例を示すグラフ。

[図5]上部電極及びカバーリングに対する堆積物の厚さの分布の例を示すグラフ。

[図6]上部電極の径方向位置とエッチングレートとの関係を示すグラフ。

[図7]上部電極の径方向位置とエッチングレートとの関係を示すグラフ。

[図8]上部電極の径方向位置とエッチングレートとの関係を示すグラフ。

[図9]シールドリングの上下方向位置とエッチングレートとの関係を示すグラフ。

[図10]シールドリングの上下方向位置とエッチングレートとの関係を示すグラフ。

[図11]EPDにおける微分波形の例を示すグラフ。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。図1は、実施形態に係るプラズマ処理装置の概略断面構成を模式的に示す図である。図1に示すプラズマ処理装置10は、気密に構成され、直径が例えば300mmの半導体ウエハWを収容する円筒状の処理チャンバー12を具備している。

[0013] 処理チャンバー12内の下方には半導体ウエハWを載置する円板形状の載置台14が配設されている。載置台14は、基台14a及び静電チャック14bを含んでいる。基台14aは、アルミニウム等の導電性の部材から構成されている。

[0014] 基台14aの上面の周縁の領域には、半導体ウエハWの周囲を囲むように、環状のフォーカスリング26が設けられている。また、基台14aの上面の中央の領域には、静電チャック14bが設けられている。静電チャック1

4 bは、円板形状とされており、絶縁膜の内側に設けられた電極膜を有している。静電チャック14 bの電極膜には、直流電源（図示せず。）から直流電圧が供給され、静電力を発生して、被処理基板としての半導体ウエハWを吸着する。

[0015] 静電チャック14 b上に半導体ウエハWが載置された状態では、半導体ウエハWの中心を上下方向に通過する中心軸線Zは、基台14 a及び静電チャック14 bの中心軸線に略一致する。

[0016] 基台14 aは、下部電極を構成している。この基台14 aには、プラズマ生成用の高周波電力を発生する第1の高周波電源18が、第1の整合器22を介して接続されている。第1の高周波電源18は、例えば、周波数100 MHzの高周波電力を発生する。また、第1の整合器22は、当該第1の整合器22の出力インピーダンスと負荷側（下部電極側）の入力インピーダンスを整合させるための回路を有している。なお、第1の高周波電源18を、上部電極16に接続した構成とすることもできる。

[0017] 本実施形態では、第1の高周波電源18は、所望の周波数（例えば90 kHz）及び所望のデューティ比（例えば、50%）でプラズマ生成用の高周波電力をパルス状に印加することができるようになっている。これによって、プラズマ生成期間と、プラズマ非生成期間とを設け、半導体ウエハW上の特定の部位に電荷の蓄積が生じることを軽減できるようになっている。すなわち、プラズマ生成期間中は、プラズマ中の電子密度の不均一さによって電子密度の高い部分に電荷の蓄積が生じてしまうが、プラズマ非生成期間を設けることによって、この期間中に蓄積した電荷を周囲へ分散させることができ、電荷の蓄積を解消することができる。これによって絶縁膜の破壊等が生じることを防止することができる。

[0018] また、基台14 aには、イオン引き込み用の高周波バイアス電力を発生する第2の高周波電源20が、第2の整合器24を介して接続されている。第2の高周波電源20は、第1の高周波電源18よりも周波数の低い（例えば、周波数3.2 MHz）高周波電力を発生する。また、第2の整合器24は

、当該第2の整合器24の出力インピーダンスと負荷側（下部電極側）の入力インピーダンスを整合させるための回路を有している。なお、フォーカスリング26の下方の載置台14の周囲は、シールドリング28によって囲まれている。

[0019] 載置台（下部電極）14の上方には、処理空間Sを介して載置台14と対向するように、上部電極16が配設されている。上部電極16は、円板状とされており、処理空間Sをその上方から画成している。上部電極16は、その中心軸線が、載置台14の中心軸線と略一致するように配置されている。本実施形態において、上部電極16の載置台14との対向面を構成する部材は、クォーツ製とされている。このクォーツ製の上部電極16の周囲には図示しないカバーリングが配設されている。なお、上部電極16は、クォーツ製のものに限らずシリコン製のものであってもよい。また、処理空間Sに面した表面に、たとえば酸化イットリウム Y_2O_3 や、 YF_3 を含有するフッ化合物などの溶射膜が形成されていてもよい。また、上部電極16がシリコン製のものの場合、上部電極16に直流電圧を印加する構成であってもよい。

[0020] 上部電極16は、所定の処理ガスをシャワー状に処理空間Sに導入するシャワーヘッドの機能を兼ねている。本実施形態においては、上部電極16には、バッファ室16a、ガスライン16b、及び、複数のガス孔16cが形成されている。バッファ室16aには、ガスライン16bの一端が接続している。また、バッファ室16aには複数のガス孔16cが接続しており、これらガス孔16cは下方に延びて、処理空間Sに向けて開口している。一方、処理チャンバー12の底部には、図示しないTMP（Turbo Molecular Pump）及びDP（Dry Pump）等の排気機構が接続されており、処理チャンバー12内の圧力を所定の減圧雰囲気に維持できるようになっている。

[0021] 上部電極16の上部には、電磁石30が配設されている。電磁石30は、コア部材50、及び、コイル61～64を備えている。コア部材50は、柱状部51、複数の円筒部52～55、及びベース部56が一体形成された構造を有しており、磁性材料から構成されている。ベース部56は、略円板形

状を有しており、その中心軸線は中心軸線Zに沿うように設けられている。ベース部56の下面からは、柱状部51、複数の円筒部52～55が下方に突出するように配設されている。柱状部51は、略円柱形状を有しており、その中心軸線が中心軸線Zに沿うように設けられている。この柱状部51の半径L1（図2参照。）は、例えば、30mmである。

[0022] 円筒部52～55の各々は、軸線Z方向に延びる円筒形状を有している。図2に示すように、円筒部52～55はそれぞれ、中心軸線Zを中心とする複数の同心円C2～C5に沿って設けられている。具体的には、円筒部52は、半径L1よりも大きい半径L2の同心円C2に沿って配設されており、円筒部53は、半径L2よりも大きい半径L3の同心円C3に沿って配設されており、円筒部54は、半径L3よりも大きい半径L4の同心円C4に沿って配設されており、円筒部55は、半径L4よりも大きい半径L5の同心円C5に沿って配設されている。

[0023] 一例においては、半径L2、L3、L4、L5はそれぞれ、76mm、127mm、178mm、229mmである。この場合、L4、L5は半導体ウエハWの半径150mmよりも大きい。したがって、コイル64は、半導体ウエハWより外側のフォーカスリング26の上方に位置した構成となっている。また、コイル61、62、63、64の中心の位置は、夫々中心軸線Zから略50mm、100mm、150mm、200mmとなっている。

[0024] 柱状部51と円筒部52の間には、溝が画成されている。図1に示すように、この溝には、柱状部51の外周面に沿って巻回されたコイル61が収容されている。円筒部52と円筒部53の間にも溝が画成されており、当該溝には、円筒部52の外周面に沿って巻回されたコイル62が収容されている。また、円筒部53と円筒部54の間にも溝が画成されており、当該溝には、円筒部53の外周面に沿って巻回されたコイル63が収容されている。さらに、円筒部54と円筒部55の間にも溝が画成されており、当該溝には、円筒部54の外周面に沿って巻回されたコイル64が収容されている。これらコイル61～64の各々の両端は、図示しない電源に接続されている。コ

イル 6 1 ～ 6 4 のそれぞれに対する電流の供給及び供給停止、並びに、電流の値は、制御部 C n t からの制御信号によって制御される。

[0025] 上記構成の電磁石 3 0 によれば、コイル 6 1 ～ 6 4 のうち 1 つ以上のコイルに電流を供給することにより、中心軸線 Z に対して径方向に沿った水平磁界成分 B_H を有する磁界 B を処理空間 S において形成することができる。図 3 に電磁石 3 0 によって形成される磁界の例を示す。

[0026] 図 3 (a) には、中心軸線 Z に対して半平面内における電磁石 3 0 の断面及びコイル 6 2 に電流が供給されたときの磁界 B が示されており、図 3 (b) には、コイル 6 2 に電流が供給されたときの水平磁界成分 B_H の強度分布が示されている。

[0027] また、図 3 (c) には、中心軸線 Z に対して半平面内における電磁石 3 0 の断面及びコイル 6 4 に電流が供給されたときの磁界 B が示されており、図 3 (d) には、コイル 6 4 に電流が供給されたときの水平磁界成分 B_H の強度分布が示されている。図 3 (b) 及び図 3 (d) に示すグラフにおいては、横軸は中心軸線 Z の位置を 0 m m としたときの径方向の位置を示しており、縦軸は水平磁界成分 B_H の強度（磁束密度）を示している。

[0028] 電磁石 3 0 のコイル 6 2 に電流を供給すると、図 3 (a) に示すような磁界 B が形成される。すなわち、柱状部 5 1 及び円筒部 5 2 の処理空間 S 側の端部から円筒部 5 3 ～ 5 5 の処理空間 S 側の端部に向かう磁界 B が形成される。このような磁界 B の水平磁界成分 B_H の径方向の強度分布は、図 3 (b) に示すように、コイル 6 2 の中心の下方においてピークを有する強度分布となる。一例においては、コイル 6 2 の中心の位置は、軸線 Z から約 1 0 0 m m の位置であり、直径 3 0 0 m m のウエハ W が処理される場合には、径方向においてウエハ W の中心とエッジの中間位置である。

[0029] また、電磁石 3 0 のコイル 6 4 に電流を供給すると、図 3 (c) に示すような磁界 B が形成される。すなわち、柱状部 5 1 及び円筒部 5 2 ～ 5 4 の処理空間 S 側の端部から円筒部 5 5 の処理空間 S 側の端部に向かう磁界 B が形成される。このような磁界 B の水平磁界成分 B_H の径方向の強度分布は、図 3

(d) に示すように、コイル 6 4 の中心の下方においてピークを有する強度分布となる。一例においては、コイル 6 4 の中心の位置は、軸線 Z から約 200 mm の位置であり、直径 300 mm (半径 150 mm) のウエハ W が処理される場合には、径方向においてウエハ W のエッジの外側、つまりフォーカスリング 2 6 の位置である。

[0030] プラズマ処理装置 1 0 では、ガス供給系からの処理ガスを、シャワーヘッドを構成する上部電極 1 6 から処理空間 S に供給し、第 1 の高周波電源 1 8 からの高周波電力を下部電極としての載置台 1 4 に与えて上部電極 1 6 と載置台 1 4 との間に高周波電界を発生させる。これにより、処理空間 S において処理ガスのプラズマが生成される。そして、プラズマ中で解離した処理ガスを構成する分子又は原子の活性種により、半導体ウエハ W を処理することができる。また、第 2 の高周波電源 2 0 から下部電極としての載置台 1 4 に与える高周波バイアス電力を調整することにより、イオンの引き込みの程度を調整することが可能である。

[0031] また、プラズマ処理装置 1 0 は、制御部 C n t を有する。制御部 C n t は、プログラム可能なコンピュータ装置等から構成されている。第 1 の高周波電源 1 8 が発生する高周波電力、第 2 の高周波電源 2 0 が発生する高周波電力、排気装置の排気量、ガス供給系から供給するガス及び当該ガスの流量、並びに、電磁石 3 0 のコイル 6 1 ~ 6 4 に供給する電流の値及び電流の方向を制御する。そのために、制御部 C n t は、そのメモリに格納されるか、又は、入力装置によって入力されるレシピに従って、第 1 の高周波電源 1 8、第 2 の高周波電源 2 0、排気装置、ガス供給系の各構成要素、電磁石 3 0 に接続された電流源に対して制御信号を送出する。

[0032] 本実施形態において、制御部 C n t は、上部電極 1 6 に堆積した堆積物を除去するクリーニング時に、処理チャンバー 1 2 内に所定のクリーニングガスを導入し、第 1 の高周波電源 1 8 及び必要に応じて第 2 の高周波電源 2 0 から下部電極としての載置台 1 4 に高周波電力を印加してクリーニングガスのプラズマを発生させると共に、電磁石 3 0 のコイル 6 1 ~ 6 4 に通電して

磁界を発生させ、かつ、上部電極 16 に堆積した堆積物の径方向における厚さの分布に応じてコイル 61～64 の通電量をコイル毎に調整する。

[0033] 上記構成のプラズマ処理装置 10 では、半導体ウエハ W の周囲にフォーカスリング 26 を配置することにより、半導体ウエハ W の外周部におけるプラズマの状態を、半導体ウエハ W の上部と同様にし、半導体ウエハ W の周縁部におけるエッチング状態の変動を抑制して半導体ウエハ W の面内における処理の均一性を向上させている。

[0034] プラズマ処理装置 10 によって、半導体ウエハ W のプラズマエッチングを行うと、処理チャンバー 12 の内壁や、クォーツ製の上部電極 16 等に堆積物（所謂デポ）が堆積する。このため、所定のタイミング、例えば所定時間半導体ウエハ W の処理を行ったタイミングでクリーニングを実施する。

[0035] このクリーニングは、処理チャンバー 12 内に上部電極 16 を介して所定のクリーニングガス（例えば、 $\text{CF}_4 + \text{O}_2$ ）を導入し、第 1 の高周波電源 18 及び必要に応じて第 2 の高周波電源 20 から、下部電極として載置台 14 に高周波電力を印加することによって、クリーニングガスをプラズマ化し、プラズマの作用によって、堆積物を除去する。ここで、クォーツ製の上部電極 16 の載置台 14 との対向面には、堆積物が堆積しているが、この堆積物の厚さ（量）が上部電極 16 の径方向の位置によって異なる場合がある。

[0036] 図 4、5 は、縦軸を堆積物の厚さとして、上部電極 16 の中心からの距離が 0 mm（上部電極中心部）、120 mm（上部電極中間部）、180 mm（上部電極周縁部）、240 mm（カバーリング）の位置における堆積物の厚さを測定した例を示している。図 4 に示す堆積物の厚さの例では、上部電極 16 の中心からの距離が 0 mm の位置では 2555 nm、120 mm の位置では 2865 nm、180 mm の位置では 2227 nm、240 mm の位置では 1600 nm となっている。

[0037] 図 5 に示す堆積物の厚さの例では、上部電極 16 の中心からの距離が 0 mm の位置では 824 nm、120 mm の位置では 815 nm、180 mm の位置では 661 nm、240 mm の位置では 506 nm となっている。

[0038] 図4, 5に示すように、上部電極16に堆積する堆積物の厚さは一定ではなく、径方向位置によってその厚さが相違している。また、処理の種類によっても、堆積物の厚さの変化する傾向が相違しており、図4に示す例では、上部電極16の中心からの距離が120mmの位置で最も厚く、図5に示す例では、上部電極16の中心からの距離が0mmの位置で最も厚くなっている。

[0039] なお、図4は、 $C_4F_8/HBr/SF_6$ からなるガス系を用いてプラズマエッチングを実施した場合を示している。また、図5は、 $CH_2F_2/HBr/NF_3$ からなるガス系を用いてプラズマエッチングを実施した場合を示している。

[0040] 上記のように、上部電極16の径方向位置によって堆積物の厚さが異なっている場合、各部において均一なクリーニング速度でクリーニングを行うと、堆積物の厚さが薄い部分で先に上部電極16が露出し、この状態でクリーニングが継続されることによって、堆積物の厚さが厚い部分の堆積物が除去される。これによって、先に上部電極16が露出した部分において、上部電極16がエッチングされ、消耗してしまうことになる。

[0041] そこで、本実施形態では、電磁石30の各コイル61～64に電流を流し磁界を形成した状態でクリーニングを行う。また、上部電極16の径方向位置における堆積物の厚さの相違によってクリーニング速度を調整し、堆積物の厚さが厚い部分では相対的にクリーニング速度が速くなり、堆積物の厚さが薄い部分では相対的にクリーニング速度が遅くなるように磁界の状態を制御する。

[0042] 図6, 7は、クリーニングガスとして $CF_4/O_2=200/200\text{ sccm}$ のガス系を使用し、圧力26.6Pa (200mTorr)、第1の高周波電源18の高周波電力2000W、第2の高周波電源20の高周波電力150Wの条件でクリーニングを行った場合の上部電極16の径方向位置におけるエッチングレート（クリーニング速度）を測定した結果を示している。図6, 7において、黒塗りの菱形のマークのプロットは、電磁石30の各コ

イル61～64に1Gの磁界を発生させた場合（Low）、白抜きの正方形のマークのプロットは、電磁石30の各コイル61～64に18/26/27/28Gの磁界を発生させた場合（High）を示している。

[0043] また、図6は有機系の堆積物を想定してフォトレジストのエッチングレートを測定した結果を示しており、図7はシリコン系の堆積物を想定してシリコン酸化膜のエッチングレートを測定した結果を示している。実際の測定においては、所定膜厚のフォトレジスト膜を形成した短冊状のウエハチップ、及び所定膜厚のシリコン酸化膜を形成した短冊状のウエハチップを上部電極16の各部に貼り付け、クリーニングを実施し、その後これらの短冊状のウエハチップの残膜量を測定してエッチングレートを算出した。

[0044] 図6、7に示されるとおり、フォトレジストについてもシリコン酸化膜についても、電磁石30の各コイル61～64によって、より強い磁界を形成した状態でクリーニングを実施すると、全体としてエッチングレート（クリーニング速度）が上昇した。これによって、クリーニングに要する時間を従来に比べて短縮することができ、生産性の向上を図ることができる。なお、磁界を形成した場合、電子の滞在時間が長くなりプラズマ密度が高くなるためエッチングレート（クリーニング速度）が上昇すると考えられる。

[0045] また、電磁石30の各コイル61～64によってより強い磁界を形成した場合、弱い磁界を形成した場合に比べて中心付近のエッチングレート（クリーニング速度）が上昇する傾向がある。一方、周縁部におけるエッチングレート（クリーニング速度）は、弱い磁界を形成した場合と同等或いは低くなる傾向がある。このように、電磁石30の各コイル61～64によりどのような強度の磁界を形成するかによって、上部電極16の径方向位置におけるエッチングレート（クリーニング速度）を調整することができる。

[0046] 図8は、クリーニングガスを変更し、 $O_2/He = 950/900$ sccmのガス系を使用し、圧力106.4 Pa（800 mTorr）、第1の高周波電源18の高周波電力2000 W、第2の高周波電源20の高周波電力0 Wの条件でクリーニングを行った場合の上部電極16の径方向位置における

エッチングレート（クリーニング速度）をフォトリジストについて測定した結果を示している。図8に示されるように、クリーニングガスを O_2/H_e 変更した場合においても、図6に示した CF_4/O_2 のガス系を使用した場合と同様な傾向が見られた。

[0047] したがって、電磁石30の各コイル61～64に通電する電流の量を調整して電磁石30によって形成される磁界の状態を変更することにより、上部電極16に対する堆積物の堆積量が多い（堆積物の厚さが厚い）部分については、エッチングレートが高く（クリーニング速度が速く）なり、堆積物の堆積量が少ない（堆積物の厚さが薄い）部分については、エッチングレートが低く（クリーニング速度が遅く）なるようにエッチングレート（クリーニング速度）を制御することができる。これにより、堆積量が少ない（堆積物の厚さが薄い）部分において、全体のクリーニングが終了する以前に早期に上部電極16の表面が露出し、上部電極16がエッチングされて消耗してしまうことを抑制することができる。

[0048] 図9、10は、クリーニングガスとして $CF_4/O_2=200/200\text{ sccm}$ のガス系を使用し、圧力26.6Pa（200mTorr）、第1の高周波電源18の高周波電力2000W、第2の高周波電源20の高周波電力150Wの条件でクリーニングを行った場合のシールドリング28の上下方向位置におけるエッチングレート（クリーニング速度）を測定した結果を示している。図9は有機系の堆積物を想定してフォトリジストのエッチングレートを測定した結果を示しており、図10はシリコン系の堆積物を想定してシリコン酸化膜のエッチングレートを測定した結果を示している。なお、前述したとおり、シールドリングは、図1に示した載置台14の側方に配設された部材であり、その下端部を0mmとし、上方向100mmの位置までのエッチングレート（クリーニング速度）を測定した。これらの図9、10に示される通り、より強い磁界を形成することによって、シールドリング28の部位におけるエッチングレート（クリーニング速度）を向上させることができる。また、磁界の強度の変化によっては、シールドリング28の部位に

おけるエッチングレート（クリーニング速度）の分布の変化はほとんど生じていない。

[0049] 図11は、EPD（終点検出装置）によって、カーボン系のデポ条件でフォトレジストを形成したブランケットウエハを処理した後、クリーニングにおける波長440nm（CO）の微分波形を測定した結果を示すもので、横軸は時間（秒）、縦軸は発光強度を表す。図中の実線は、電磁石30の各コイル61～64に1Gの磁界を発生させた場合（Low）、点線は、電磁石30の各コイル61～64に18/26/27/28Gの磁界を発生させた場合（High）を示している。図11に示されるとおり、強い磁界を発生させた場合、弱い磁界を発生させた場合よりも微分波形が速く収束しており、エッチングレート（クリーニング速度）が速いことが分かる。

[0050] なお、本発明は上記の実施形態に限定されるものではなく、各種の変形が可能であることは、勿論である。例えば、クリーニングガスは、 CF_4/O_2 、 O_2/He に限らず、例えば、 NF_3/O_2 等の各種のガス系を使用することができる。

産業上の利用可能性

[0051] 本発明のプラズマ処理装置のクリーニング方法及びプラズマ処理装置は、半導体装置の製造分野等で利用することができる。したがって、産業上の利用可能性を有する。

符号の説明

[0052] 10……プラズマエッチング装置、12……処理チャンバー、14……載置台、16……上部電極、18……第1の高周波電源、20……第2の高周波電源、22……第1の整合器、24……第2の整合器、26……フォーカスリング、30……電磁石、61～64……コイル、Cnt……制御部、S……処理空間、W……半導体ウエハ。

請求の範囲

[請求項1]

被処理基板を収容する処理チャンバーと、
前記処理チャンバー内に配設され、前記被処理基板が載置される下部電極と、
前記処理チャンバー内に配設され、前記下部電極と対向する上部電極と、
前記上部電極と前記下部電極との間に高周波電力を印加する高周波電源と、
前記処理チャンバーの上部に配設された環状の電磁石であって、同心状に配設された複数の環状のコイルを有する電磁石と、
を具備したプラズマ処理装置の前記上部電極に堆積した堆積物を除去するプラズマ処理装置のクリーニング方法であって、
前記処理チャンバー内に所定のクリーニングガスを導入し、前記高周波電源から前記上部電極と前記下部電極との間に高周波電力を印加して前記クリーニングガスのプラズマを発生させると共に、
複数の前記コイルに通電して磁界を発生させ、かつ、前記上部電極に堆積した堆積物の径方向における厚さの分布に応じて複数の前記コイルの通電量を前記コイル毎に調整することを特徴とするプラズマ処理装置のクリーニング方法。

[請求項2]

請求項1記載のプラズマ処理装置のクリーニング方法であって、
前記電磁石は、前記コイルを4つ具備し、4つの前記コイルの通電量を前記コイル毎に調整することを特徴とするプラズマ処理装置のクリーニング方法。

[請求項3]

請求項1又は2記載のプラズマ処理装置のクリーニング方法であって、
前記上部電極に堆積した堆積物の厚さが相対的に厚い部分でクリーニング速度が速く、前記上部電極に堆積した堆積物の厚さが相対的に薄い部分でクリーニング速度が遅くなるように複数の前記コイルの通

電量を前記コイル毎に調整することを特徴とするプラズマ処理装置のクリーニング方法。

[請求項4] 被処理基板にプラズマを作用させて処理を行うプラズマ処理装置であって、

前記被処理基板を収容する処理チャンバーと、

前記処理チャンバー内に配設され、前記被処理基板が載置される下部電極と、

前記処理チャンバー内に配設され、前記下部電極と対向する上部電極と、

前記上部電極と前記下部電極との間に高周波電力を印加する高周波電源と、

前記処理チャンバーの上部に配設された環状の電磁石であって、同心状に配設された複数の環状のコイルを有する電磁石と、

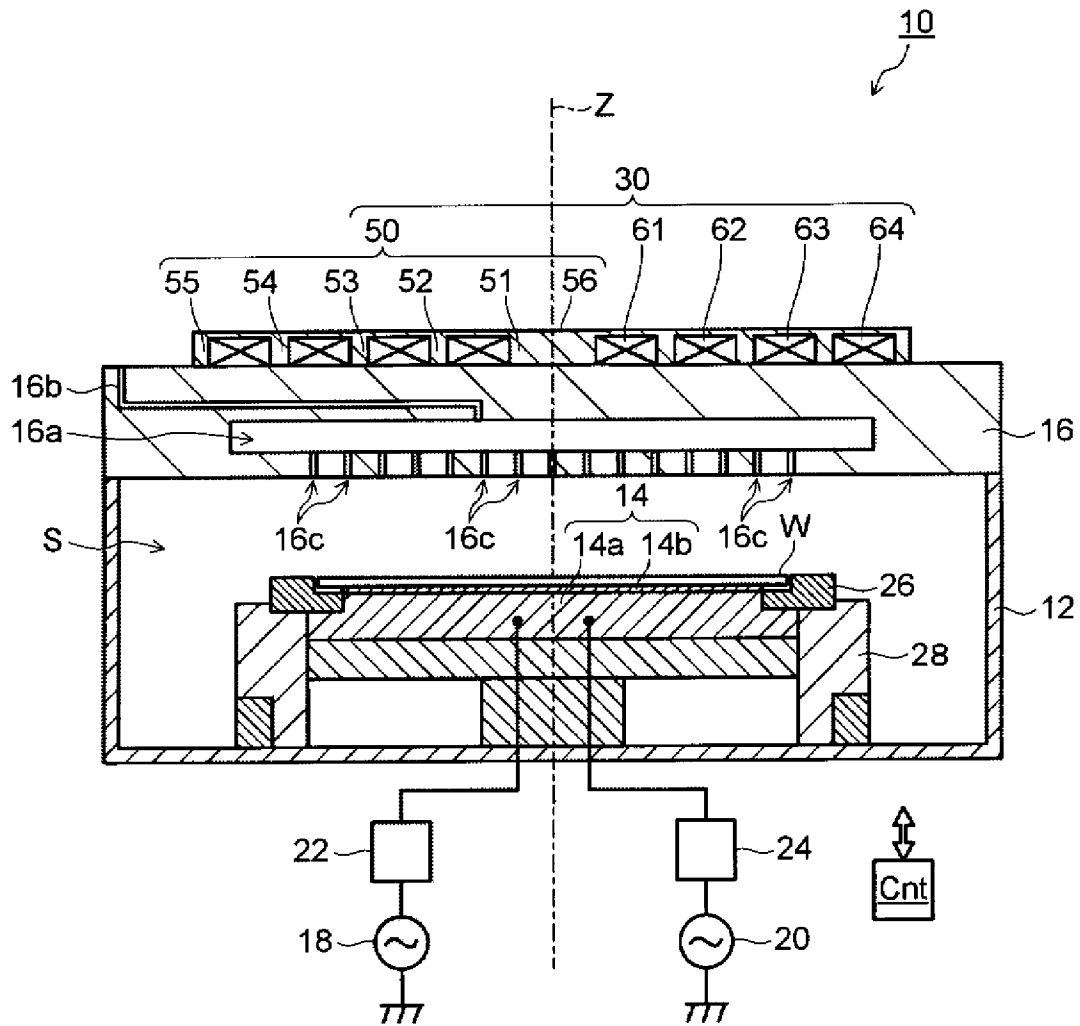
前記上部電極に堆積した堆積物を除去するクリーニング時に、前記処理チャンバー内に所定のクリーニングガスを導入し、前記高周波電源から前記上部電極と前記下部電極との間に高周波電力を印加して前記クリーニングガスのプラズマを発生させると共に、複数の前記コイルに通電して磁界を発生させ、かつ、前記上部電極に堆積した堆積物の径方向における厚さの分布に応じて複数の前記コイルの通電量を前記コイル毎に調整する制御部と、

を具備したことを特徴とするプラズマ処理装置。

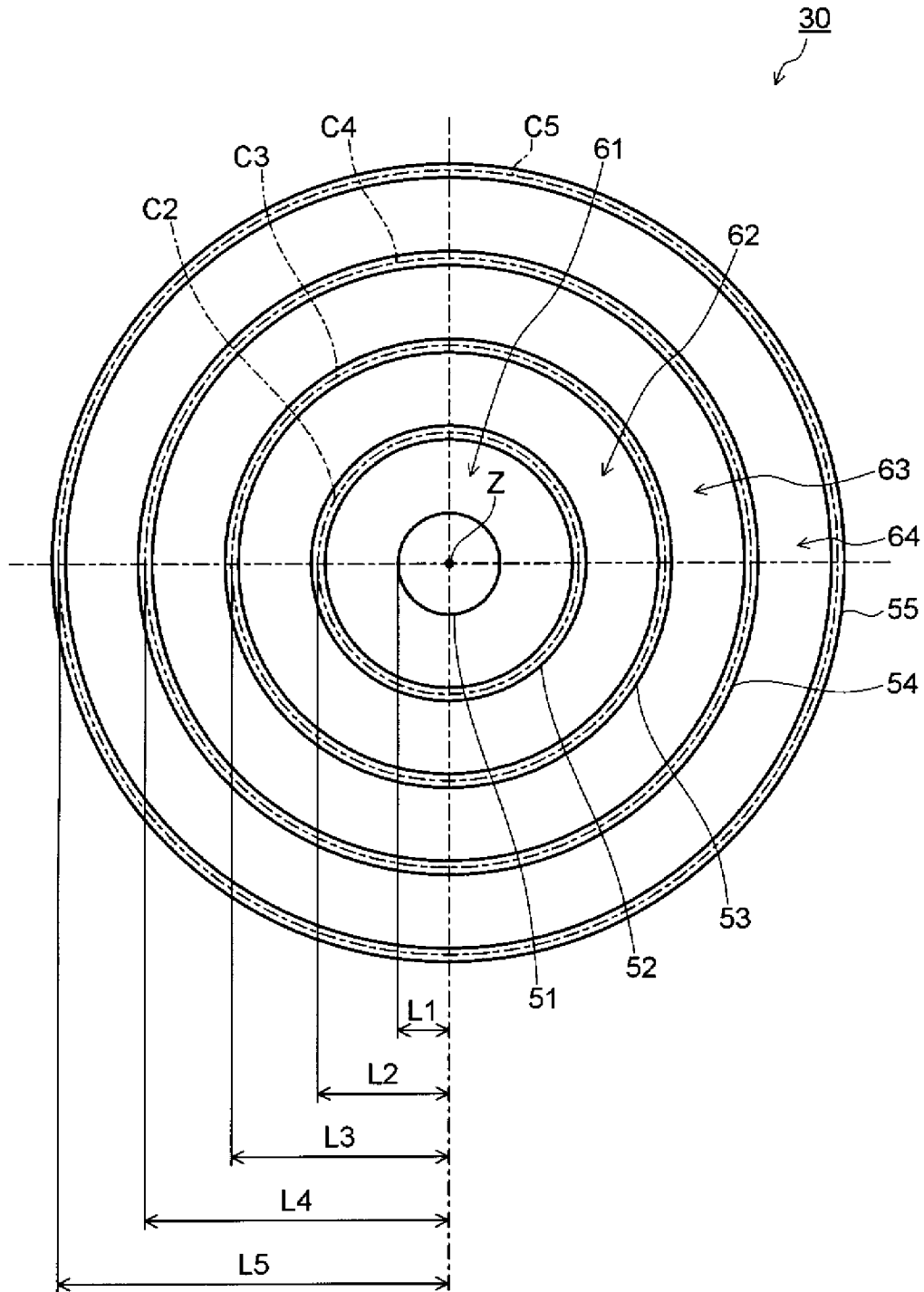
[請求項5] 請求項4記載のプラズマ処理装置であって、

前記電磁石は、前記コイルを4つ具備し、前記制御部は、4つの前記コイルの通電量を前記コイル毎に調整することを特徴とするプラズマ処理装置。

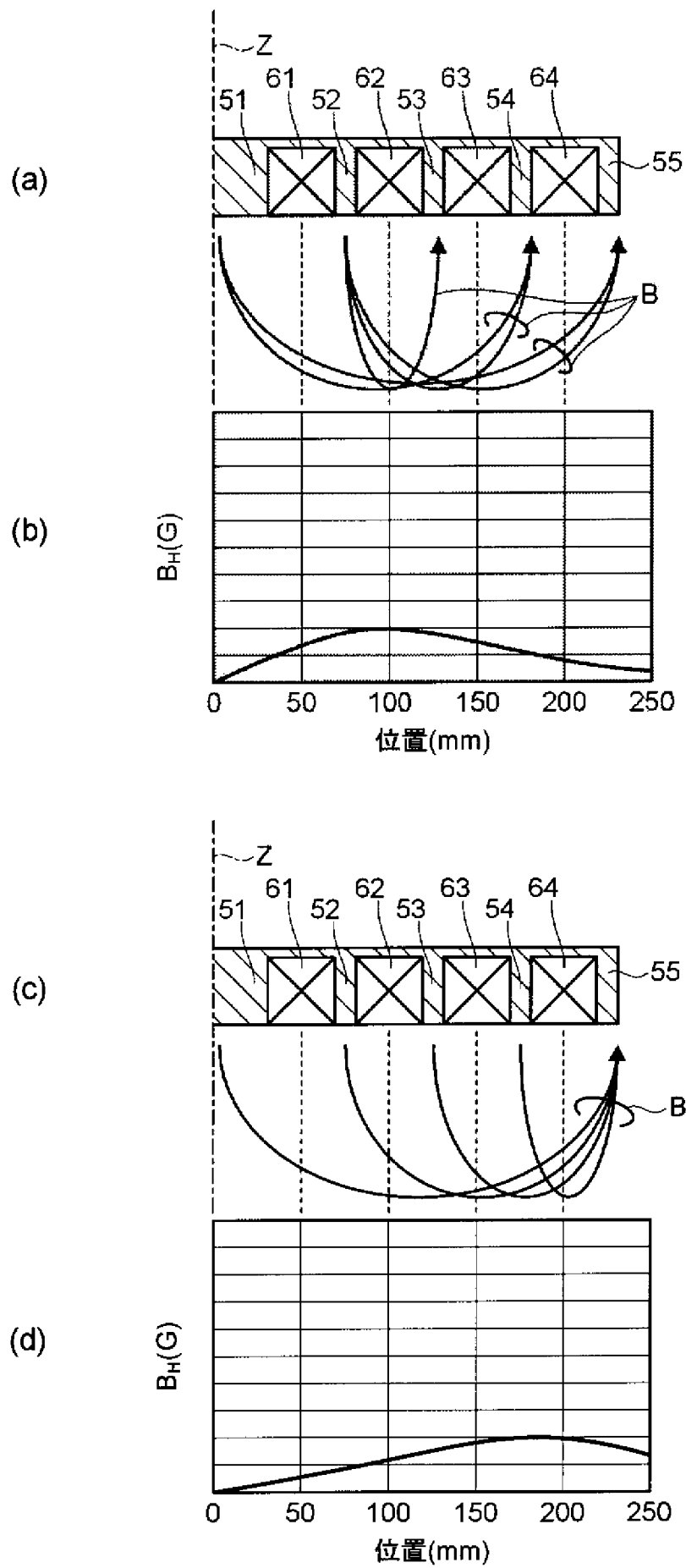
[図1]



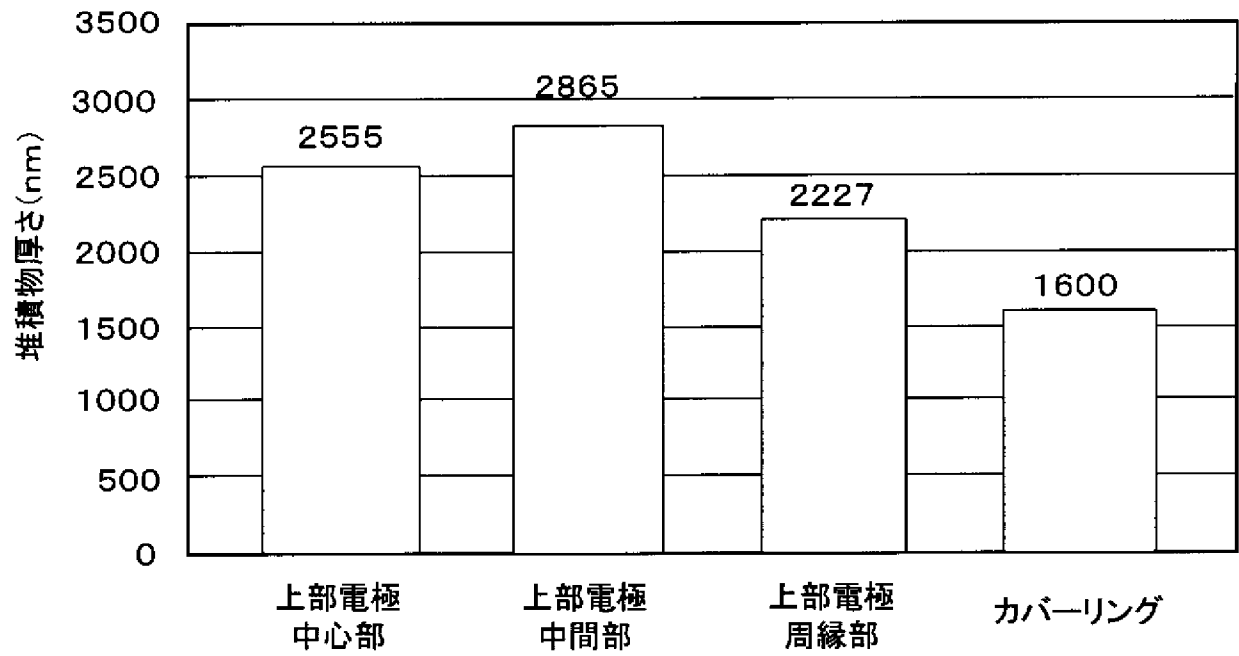
[図2]



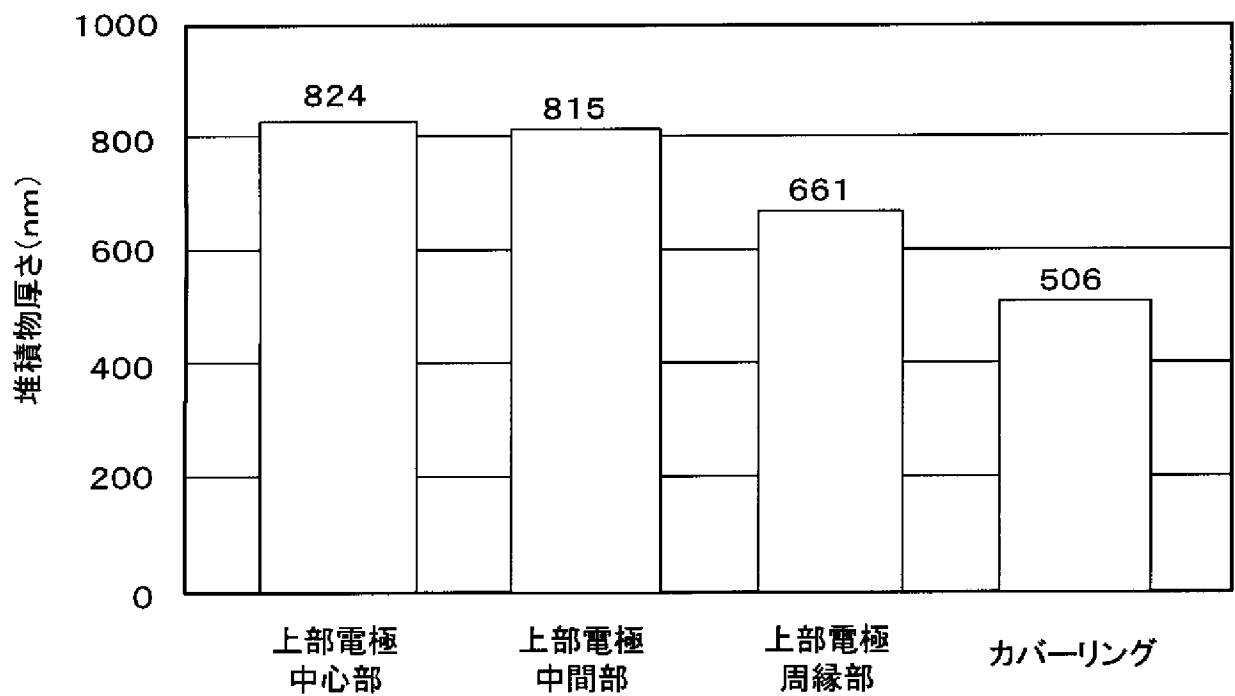
[図3]



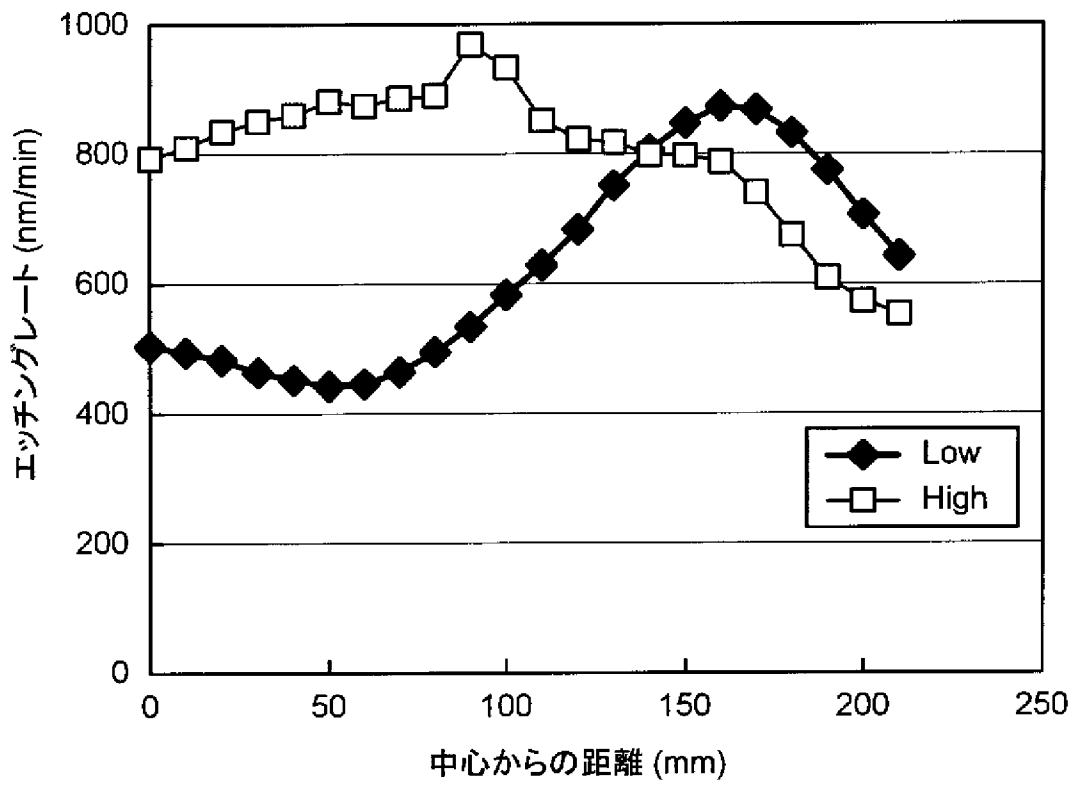
[図4]



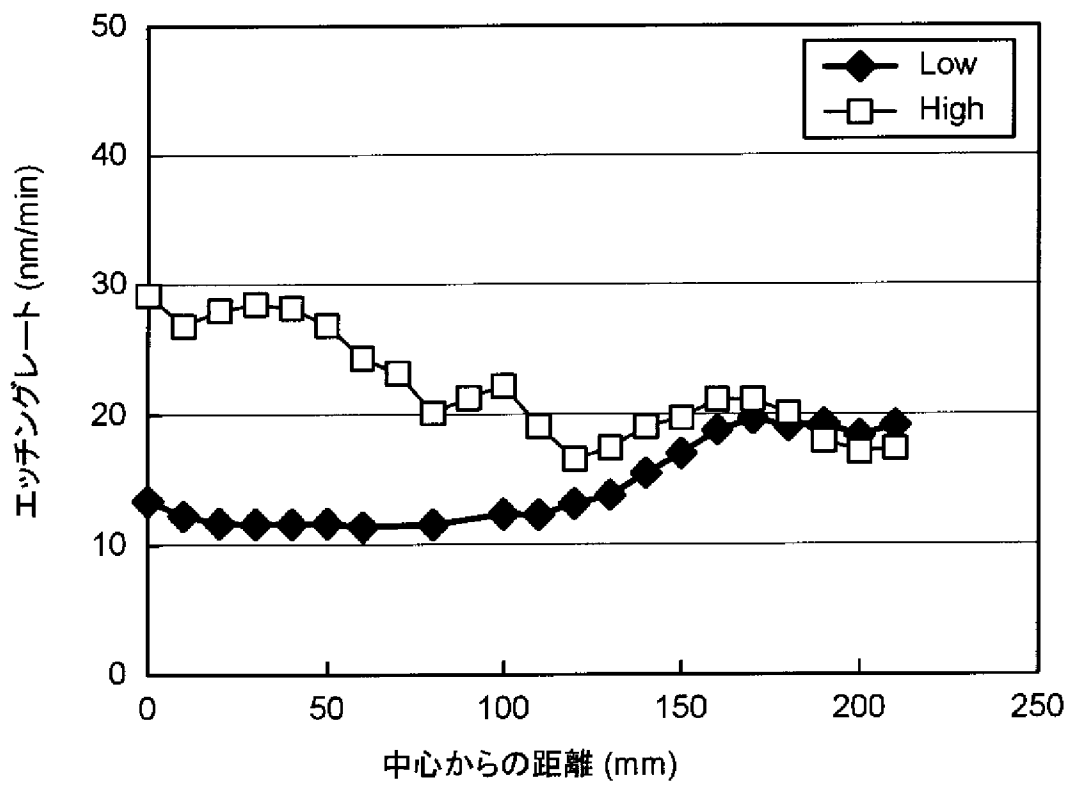
[図5]



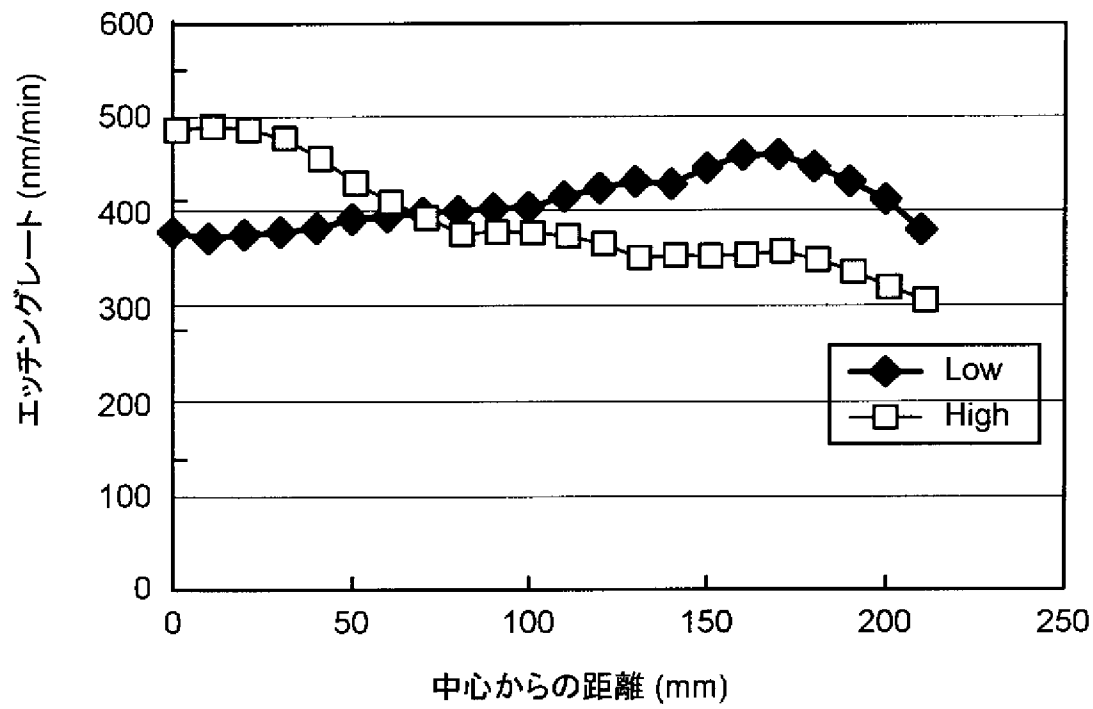
[図6]



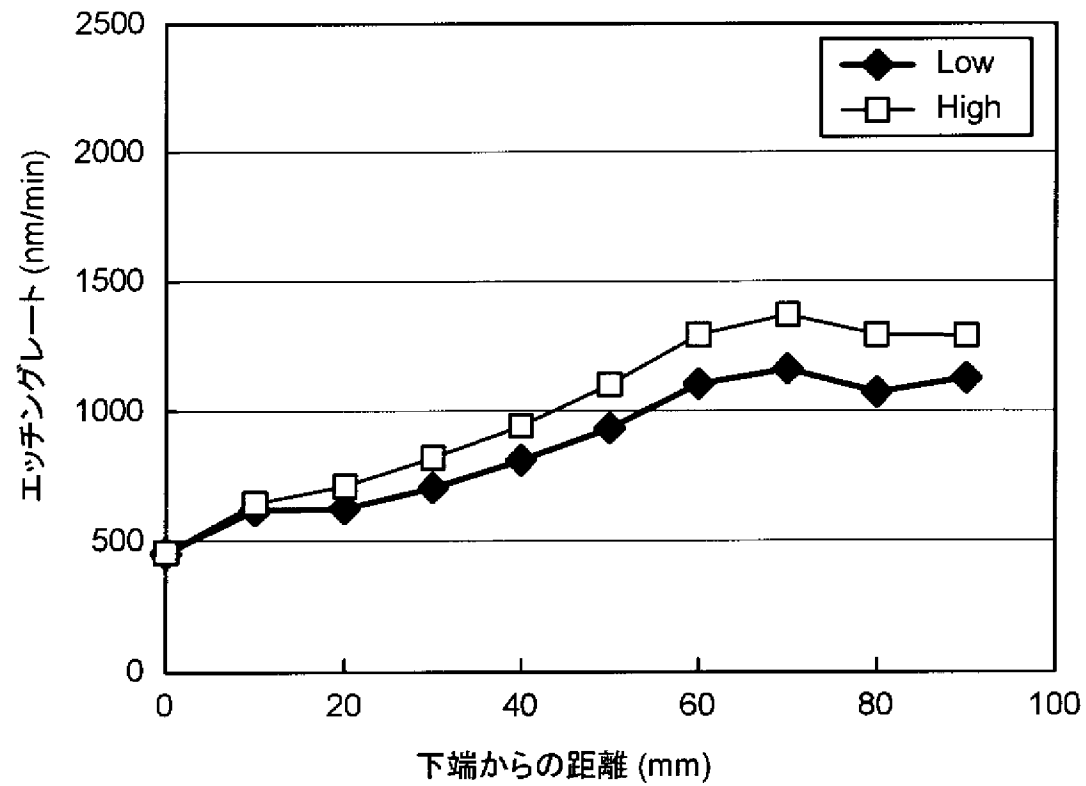
[図7]



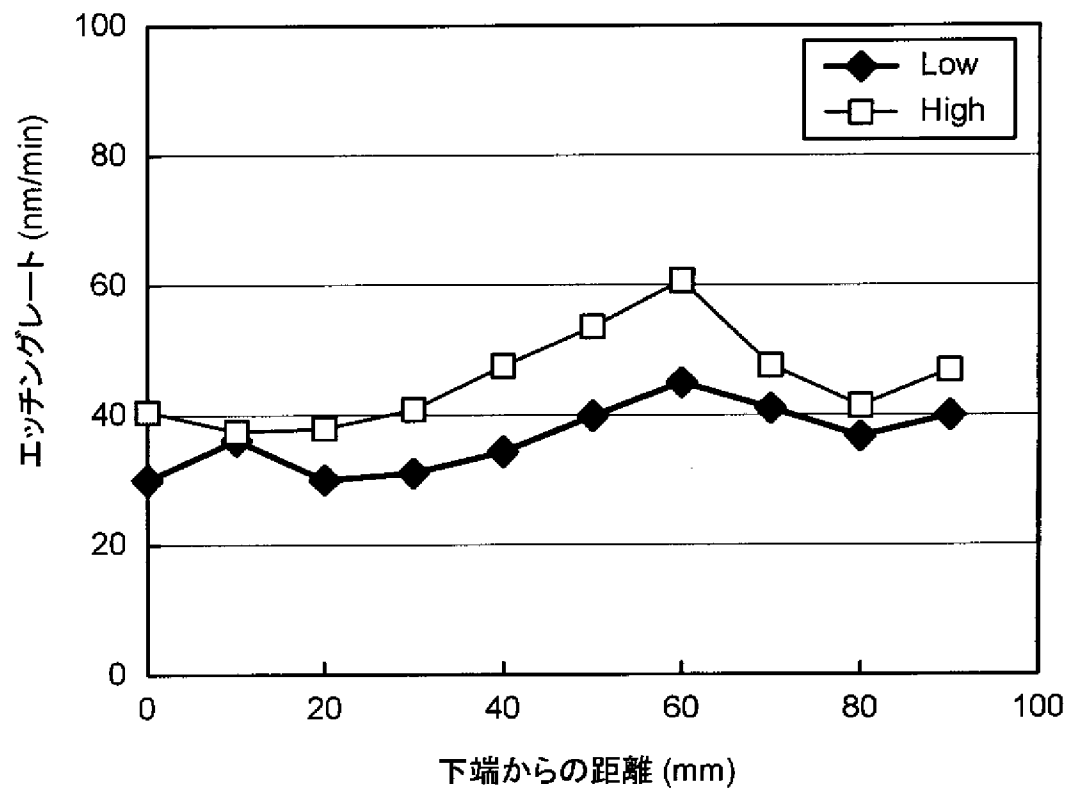
[図8]



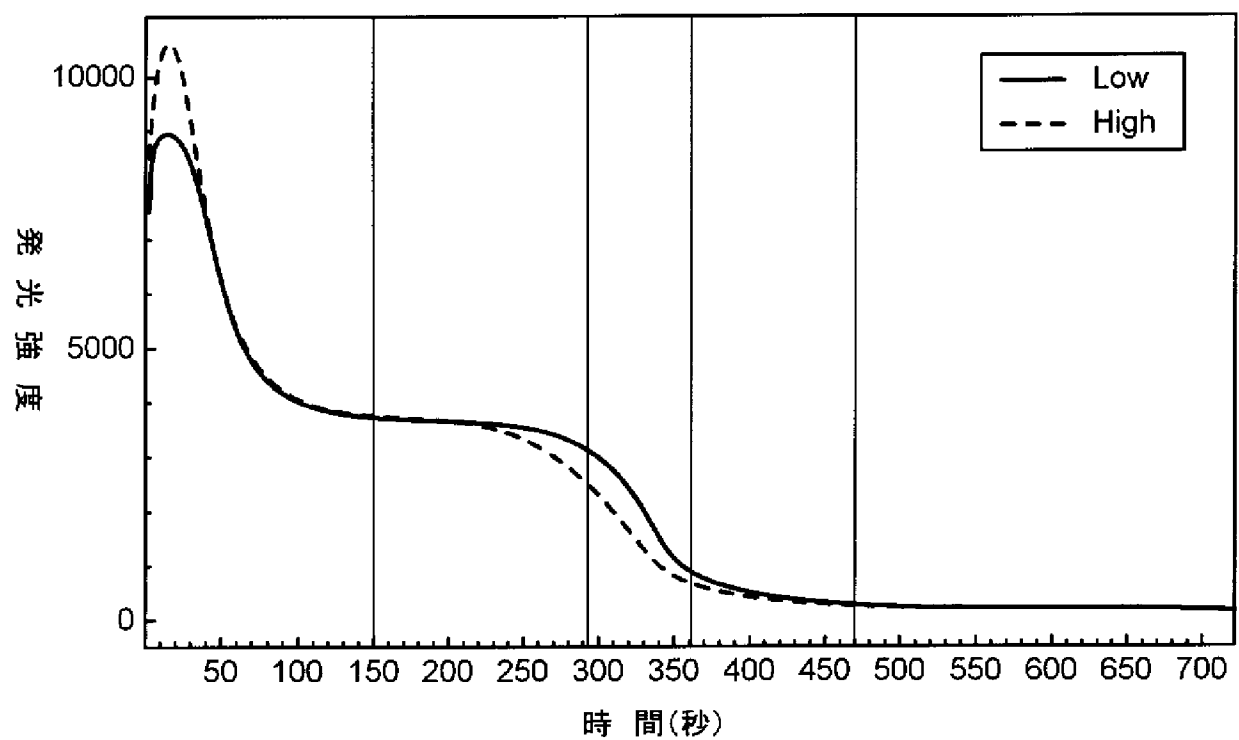
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/000713

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/3065(2006.01)i, H05H1/46(2006.01)i

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)

H01L21/3065, H05H1/46

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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.
Y	JP 2005-259836 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 22 September 2005 (22.09.2005), paragraphs [0022], [0033] to [0050], [0054], [0055]; fig. 1, 4 & US 2005/0199343 A1 & US 2007/0074815 A1	1-5
Y	JP 2010-238981 A (Tokyo Electron Ltd.), 21 October 2010 (21.10.2010), fig. 1 to 6 & US 2010/0243162 A1 & CN 101853764 A & KR 10-2010-0109492 A & TW 201127222 A	1-5
Y	JP 2000-58296 A (FOI Corp.), 25 February 2000 (25.02.2000), paragraph [0031]; fig. 1, 2 (Family: none)	1-5

☒ 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
15 April 2015 (15.04.15)

Date of mailing of the international search report
28 April 2015 (28.04.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/000713

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-57110 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 22 February 2002 (22.02.2002), paragraph [0108] (Family: none)	1-5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L21/3065(2006.01)i, H05H1/46(2006.01)i

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（I P C））

Int.Cl. H01L21/3065, H05H1/46

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	1971-2015年
日本国実用新案登録公報	1996-2015年
日本国登録実用新案公報	1994-2015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
Y	JP 2005-259836 A（松下電器産業株式会社）2005.09.22, 段落【0022】、【0033】－【0050】、【0054】、【0055】、図1、4 & US 2005/0199343 A1 & US 2007/0074815 A1	1-5
Y	JP 2010-238981 A（東京エレクトロン株式会社）2010.10.21, 図1－6 & US 2010/0243162 A1 & CN 101853764 A & KR 10-2010-0109492 A & TW 201127222 A	1-5

☒ 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矛盾するものではなく、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

15.04.2015

国際調査報告の発送日

28.04.2015

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

正山 旭

50

9276

電話番号 03-3581-1101 内線 3559

C (続き) . 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 2000-58296 A (株式会社エフオーアイ) 2000.02.25, 段落【0031】、図1、2 (ファミリーなし)	1-5
A	JP 2002-57110 A (三菱重工業株式会社) 2002.02.22, 段落【0108】 (ファミリーなし)	1-5