



(74) 代理人: 特許業務法人 東京国際特許事務所 (TOKYO INTERNATIONAL PATENT FIRM); 〒1050003 東京都港区西新橋一丁目 1 7 番 1 6 号 宮田ビル 2 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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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, 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))

to be emitted toward the radio-frequency cavity (2) at specific timings among the timings corresponding to the periods from the fundamental frequency.

(57) 要約: 加速器 (1) は、荷電粒子ビーム (B) が通過可能な高周波空洞 (2) と、基本周波数の電磁波を高周波空洞 (2) に入力する高周波源 (3) と、レーザ光 (L) を出力するレーザ出力部 (10) と、レーザ光 (L) が照射されることで荷電粒子を発生させるターゲット部 (11) と、荷電粒子を一方方向に加速することで荷電粒子ビーム (B) を引き出すビーム引出部 (12) と、基本周波数の周期に対応するタイミングのうちの特定のタイミングで荷電粒子ビーム (B) を高周波空洞 (2) に向けて出力する制御を行う出力制御部 (15) とを備える。

明 細 書

発明の名称：

加速器、加速器の運転方法および加速器を用いた半導体の製造方法

技術分野

[0001] 本発明の実施形態は、高周波空洞を備える加速器に関する。

背景技術

[0002] 従来の加速器は、入射される荷電粒子ビームの速度を変更可能な高周波空洞を備える。このような加速器では、高周波源を用いて高周波空洞の内部に所定の周波数の基本波を生じさせるとともに、この基本波の周波数の整数分の1の周期で、荷電粒子ビームを高周波空洞の内部に繰り返し入射させるようにしている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2008-243375号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 高周波空洞では、荷電粒子ビームの速度変更に用いる基本波の周波数よりも、周波数が高い高次モード（HOM）が生じる場合がある。この高次モードは、荷電粒子ビームが発生させる電磁波が高周波空洞の内部で共振を起こすために生じる。この高次モードが荷電粒子ビームの入射周期と一致してしまうと、高周波空洞の内部にノイズとなる電磁波が溜まってしまい、高周波空洞が発熱してしまうという課題がある。

[0005] 本発明の実施形態はこのような事情を考慮してなされたもので、高周波空洞の発熱を抑えることができる加速器技術を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の実施形態に係る加速器は、荷電粒子ビームが通過可能な高周波空

洞と、基本周波数の電磁波を前記高周波空洞に入力する高周波源と、レーザー光を出力するレーザー出力部と、前記レーザー光が照射されることで荷電粒子を発生させるターゲット部と、前記荷電粒子を一方向に加速することで荷電粒子ビームを引き出すビーム引出部と、前記基本周波数の周期に対応するタイミングのうちの特定の前記タイミングで前記荷電粒子ビームを前記高周波空洞に向けて出力する制御を行う出力制御部と、を備えることを特徴とする。

[0007] 本発明の実施形態に係る加速器の運転方法は、基本周波数の電磁波を高周波源から高周波空洞に入力する高周波入力ステップと、レーザー出力部からレーザー光を出力するレーザー出力ステップと、前記レーザー光がターゲット部に照射されることで荷電粒子を発生させる粒子発生ステップと、前記荷電粒子を一方向に加速することで荷電粒子ビームを引き出すビーム引出ステップと、前記基本周波数の周期に対応するタイミングのうちの特定の前記タイミングで前記荷電粒子ビームを前記高周波空洞に向けて出力する制御を行う出力制御ステップと、前記荷電粒子ビームが前記高周波空洞を通過する通過ステップと、を含むことを特徴とする。

発明の効果

[0008] 本発明の実施形態により、高周波空洞の発熱を抑えることができる加速器技術が提供される。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]第1実施形態の加速器を示す図。

[図2]トリガ信号およびレーザー光のタイミングを示すタイミングチャート。

[図3]加速器の運転方法を示すフローチャート。

[図4]第2実施形態の加速器を示す図。

[図5]トリガ信号およびレーザー光のタイミングを示すタイミングチャート。

[図6]加速器の運転方法を示すフローチャート。

発明を実施するための形態

[0010] (第1実施形態)

以下、本実施形態を添付図面に基づいて説明する。まず、第1実施形態に

ついて図 1 から図 3 を用いて説明する。図 1 の符号 1 は、荷電粒子ビーム B を加速するための加速器である。なお、この加速器 1 は、荷電粒子ビーム B を一直線上で加速する線形加速器を例示している。

[0011] また、加速器 1 は、荷電粒子ビーム B が通過可能な高周波空洞 2 と、基本周波数の電磁波である高周波（R F : Radio Frequency）を高周波空洞 2 に入力する高周波源 3 と、荷電粒子ビーム B を発生させるビーム発生装置 4 と、高周波源 3 とビーム発生装置 4 とを制御する主制御部 5 とを備える。なお、図 1 では、理解を助けるために、簡略化した構成を示しているが、これらの装置以外の装置が、加速器 1 に含まれても良い。

[0012] また、高周波空洞 2 は、球体が扁平に潰れた形状を成す複数の空洞室 6 を備える。これらの空洞室 6 が荷電粒子ビーム B の進行方向に沿って並んで配置されている。さらに、空洞室 6 の中央部が貫通され、荷電粒子ビーム B が通過可能な経路が直線状に形成される。なお、高周波空洞 2 の内部に入射される高周波は、空洞室 6 の内部形状に応じて反射を繰り返す。そして、高周波空洞 2 の内部に基本波（定在波）が生じるようになっている。

[0013] さらに、高周波空洞 2 の端部には、R F 入力部 7 を介して高周波源 3 が接続されている。また、高周波源 3 は、基本周波数の電磁波 K（高周波 K）を高周波空洞 2 に入力する。なお、高周波源 3 は、高周波空洞 2 に入力する高周波 K の制御を行う高周波制御部 8 を備える。この高周波制御部 8 は、基本周波数の設定を行う周波数設定部 9 を備える。この周波数設定部 9 は、後述するように、所定期間内にレーザ光 L のパルスが選抜される割合に応じて基本周波数を高める設定を行う。

[0014] また、高周波空洞 2 は、高周波源 3 から高周波 K を入力されることで、その内部に基本波（定在波）を生じさせる。なお、高周波空洞 2 の内部に生じる基本波の周波数は、高周波源 3 から入力される高周波 K の周波数により制御される。

[0015] また、ビーム発生装置 4 は、基本波の周波数の整数分の 1 の周期で、荷電粒子ビーム B を高周波空洞 2 の内部に繰り返し入射させるようにしている。

なお、高周波空洞２の定在波に対する荷電粒子ビームＢの入射のタイミング、または荷電粒子ビームＢの入射タイミングに対する高周波Ｋの位相を適宜変更することにより、入射される荷電粒子ビームＢの速度を加速したり減速したりすることができる。

[0016] また、高周波空洞２は、基本波を発生させると発熱するため、熱伝導率が大きく電気抵抗が小さい金属材料が適している。この高周波空洞２は、ニオブ材などの超電導材料で構成される。なお、ニオブ材には、ニオブ単体とニオブと他の金属（銅など）との合金が含まれる。そして、高周波空洞２は、冷却装置（図示略）により極低温（約２Ｋ）に冷却される。このように、冷却された高周波空洞２は、電気抵抗が限りなくゼロになる超伝導状態に移される。高周波空洞２を超電導状態にすることで、高効率で荷電粒子ビームＢの速度の変更を行えるようにしている。

[0017] また、ビーム発生装置４は、レーザ光Ｌを出力するレーザ出力部１０と、レーザ光Ｌが照射されることで荷電粒子を発生させるターゲット１１と、ターゲット１１で発生した荷電粒子を一方向に加速することで荷電粒子ビームＢを引き出すための引き出し電極１２と、ターゲット１１と引き出し電極１２とに接続される直流電源１３と、レーザ出力部１０とターゲット１１との間に設けられてレーザ光Ｌを遮断可能な光変調部１４と、レーザ出力部１０と光変調部１４とを制御する出力制御部１５とを備える。なお、第１実施形態では、引き出し電極１２が、ビーム引出部となっている。

[0018] また、レーザ出力部１０から出力されたレーザ光Ｌは、ターゲット１１に照射される。そして、ターゲット１１にて荷電粒子が発生する。そして、発生した荷電粒子は、引き出し電極１２により一方向に加速され、荷電粒子ビームＢとなって高周波空洞２に入射される。

[0019] なお、主制御部５は、高周波制御部８および出力制御部１５に接続され、高周波源３およびビーム発生装置４を制御している。なお、主制御部５や出力制御部１５や高周波制御部８は、プロセッサやメモリなどのハードウェア資源を有し、ＣＰＵが各種プログラムを実行することで、ソフトウェアによ

る情報処理がハードウェア資源を用いて実現されるコンピュータで構成される。

[0020] また、ビーム発生装置 4 から高周波空洞 2 に入射される荷電粒子ビーム B は、パルス列のビーム（パルス波）となっている。さらに、出力制御部 15 は、レーザ光 L がターゲット 11 に照射されるタイミングを制御することで、荷電粒子ビーム B の出力のタイミングを制御している。本実施形態では、高周波空洞 2 の内部で生じている基本波の基本周波数の周期に対応するタイミングで荷電粒子ビーム B が出力される。

[0021] ここで、高周波空洞 2 の内部に生じる高次モード（HOM: Higher Order Mode）について詳述する。例えば、高周波空洞 2 の内部に存在する高周波（基本波）の周波数成分は、高周波源 3 から入力される高周波 K の周波数のみであることが理想的である。しかし、荷電粒子ビーム B の加減速は、高周波空洞 2 に貯められた高周波のエネルギーが、高周波空洞 2 と荷電粒子ビーム B との間で授受されることで実現される。そのため、荷電粒子ビーム B の加減速の際に、高周波空洞 2 の内部の高周波が擾乱を受ける。そして、高周波源 3 から入力される高周波 K とは、異なる周波数成分が高周波空洞 2 の内部に生まれる場合がある。

[0022] 例えば、荷電粒子ビーム B のパルス列の電流の時間変化は、周期的 δ 関数とみなせる。これはフーリエ変換を行うと、基本周波数の整数倍の周波数成分を有する。これが高周波空洞 2 に貯められた高周波が受ける擾乱の周波数成分となる。

[0023] 理想的な高周波空洞 2 であれば、その内部で共振し得る高周波の周波数は、基本波とその整数倍の周波数のみである。一方、現実の高周波空洞 2 の内部形状は、3 次元的な形状を有するために、基本周波数以外にも様々な共振周波数を有する。これらの基本モード以外に高周波空洞 2 の内部に生じる電磁場の周波数成分が、高次モードと呼ばれる。

[0024] 前述したとおり、高周波空洞 2 に入射するビームは、基本周波数の整数分の 1 の周波数を有する。そして、荷電粒子ビーム B の加速または減速は、高

周波空洞 2 とのエネルギーの授受である。この授受されるエネルギーは、荷電粒子ビーム B に起因する周波数を持つため、高周波空洞 2 の高次モードが、荷電粒子ビーム B が持つ周波数成分のいずれかと一致してしまう場合がある。この場合に、高周波空洞 2 の内部にノイズとなる電磁波が溜まってしまい、高周波空洞 2 が発熱してしまうことがある。この発熱が、高周波空洞 2 の変形や、超伝導状態の破れ（クエンチ）の要因となるおそれがある。また、ノイズとなる電磁波により、次に加速される荷電粒子ビーム B が擾乱を受け、正常に加速されない、或いは荷電粒子ビーム B の形状が崩れるなどの悪影響を受ける場合がある。

[0025] そこで、本実施形態では、高周波空洞 2 に入射される荷電粒子ビーム B のパルス列を一定ではない間隔で選抜する（無作為に間引く）ことで、荷電粒子ビーム B が持つ周波数成分を分散または減衰させるようにする。このようにすれば、高次モードの発生が抑えられ、高周波空洞 2 の発熱を抑えることができる。

[0026] なお、ビーム発生装置 4 は、基本周波数の周期に対応する一定間隔のタイミングのうちの選抜された特定のタイミングで荷電粒子ビーム B を高周波空洞 2 に向けて出力する。第 1 実施形態では、光変調部 14 を用いてレーザ光 L のパルス列を選抜することで、荷電粒子ビーム B のパルス列を選抜している。つまり、レーザ光 L の選抜と荷電粒子ビーム B の選抜とが同義である。

[0027] ここで、ビーム発生装置 4 が出力する荷電粒子ビーム B の出力態様について詳述する。ビーム発生装置 4 の出力制御部 15 は、所定期間内にレーザ光 L のパルスが選抜される割合を設定する割合設定部 16 と、基本周波数の周期に同調する一定間隔の周期（同調タイミング）で同調信号 U を出力する同調部 17 と、レーザ出力部 10 がレーザ光 L を出力する契機となるトリガ信号 G を出力する信号出力部 18 と、基本周波数の周期に同調する一定間隔の周期で乱数 R を出力する乱数出力部 19 と、光変調部 14 を制御する選抜信号 S を出力する選抜部 20 とを備える。

[0028] また、第 1 実施形態の光変調部 14 は、光スイッチで構成される。なお、

光スイッチとは、光の通過（ON）または遮断（OFF）を切り換えることができるデバイスである。第1実施形態では、光スイッチとしてEOモジュレータが用いられる。なお、EOモジュレータは、電気制御で光の偏向制御を行い、電気光学結晶と偏光子を組み合わせることで光の強弱を変化させるデバイスである。また、他の実施形態としてMEMS式の光スイッチや、機械式の光スイッチなどを用いても良い。

[0029] 第1実施形態では、光変調部14が、ターゲット11に向かって進行するレーザ光Lの通過（ON）または遮断（OFF）を切り換えるようにしている。なお、レーザ出力部10とターゲット11との間の光路は、光ファイバなどにより構成されても良い。このように、ターゲット11に対するレーザ光Lの照射タイミングが制御されることで、荷電粒子ビームBの出力タイミングが制御される。

[0030] なお、信号出力部18は、同調部17から出力される同調信号U（同調タイミング）に応じてトリガ信号Gの出力を制御する。さらに、選抜部20は、同調部17から出力される同調信号Uおよび乱数出力部19から出力される乱数Rに応じて選抜信号Sの出力を制御する。

[0031] また、基本周波数の周期に同調する一定間隔の周期とは、基本周波数と同一周期であっても良いし、基本周波数の整数分の1の周期であっても良い。なお、以下の説明では、理解を助けるために、同調部17から出力される同調信号Uの出力タイミングが、基本周波数の周期と同一であるものとして説明する。

[0032] 図2に示すように、高周波源3から高周波空洞2に入力される高周波Kの基本周波数の周期を $T_1 \sim T_{20}$ とする。これらの周期 $T_1 \sim T_{20}$ に一致したタイミングで、荷電粒子ビームBが高周波空洞2に入射されると、荷電粒子ビームBの加減速を行うことができる。ここで、出力制御部15の同調部17は、基本周波数の周期 $T_1 \sim T_{20}$ に一致したタイミングで同調信号Uを出力する。また、信号出力部18は、同調信号Uに応じてトリガ信号Gを出力する。そして、レーザ出力部10が出力した時点のレーザ光Lのパル

ス列は、基本周波数の周期 $T_1 \sim T_{20}$ に一致する。

[0033] なお、同調信号 U は、選抜部 20 にも入力される。この選抜部 20 には、乱数出力部 19 から出力された乱数 R が入力される。また、乱数 R は、2 進数のランダム（不規則）な値となっている。乱数出力部 19 では、乱数生成器により所定の乱数列を生成する。また、乱数出力部 19 は、「0」または「1」の数値をランダムに出力する。なお、10 進数または 16 進数のランダムな値を出力し、この出力された値を「0」または「1」に変換して乱数列を出力しても良い。また、乱数出力部 19 から出力される乱数 R は、同調信号 U （基本周波数の周期 $T_1 \sim T_{20}$ ）に対応して出力される。

[0034] また、選抜部 20 は、同調信号 U および乱数 R に応じて選抜信号 S の出力を制御する。光変調部 14 は、選抜信号 S に基づいてレーザ光 L の通過（ON）および遮断（OFF）の制御を行う。例えば、同調信号 U が入力されたときに、この同調信号 U に対応する乱数 R が「0」の場合は、選抜部 20 が光変調部 14 を用いてレーザ光 L の遮断を行う。一方、同調信号 U に対応する乱数 R が「1」の場合は、選抜部 20 が光変調部 14 を用いたレーザ光 L の遮断を行わないで、レーザ光 L を通過させる。

[0035] なお、光変調部 14 により遮断されたレーザ光 L は、ターゲット 11 に照射されない。一方、光変調部 14 により遮断されなかったレーザ光 L は、ターゲット 11 に照射されて荷電粒子ビーム B が発生し、この荷電粒子ビーム B が高周波空洞 2 に入射される。

[0036] すなわち、レーザ光 L の照射タイミングであって、荷電粒子ビーム B の出力タイミングが乱数出力部 19 の乱数 R によって制御される。なお、乱数 R に応じてレーザ光 L の照射タイミングが決定されるので、高周波空洞 2 に入射される荷電粒子ビーム B のパルス列を一定ではない間隔で選抜することができる。このようにすれば、一定ではない間隔で荷電粒子ビーム B が出力されるので、高周波空洞 2 の内部の高次モードの発生を防ぐことができる。

[0037] 前述の通り、1 のレーザ光 L の照射タイミングと次のレーザ光 L の照射タイミングとの間隔が一定ではなく、乱数 R に応じて適宜変更される。つまり

、本実施形態では、1の荷電粒子ビームBが出力されるタイミングと次の荷電粒子ビームBが出力されるタイミングの間隔が変更可能となっている。このようにすれば、繰り返される荷電粒子ビームBが出力されるタイミングが変移されるので、高周波空洞2の内部の共振現象を防ぐことができる。

[0038] なお、割合設定部16は、所定期間内にレーザ光Lの照射タイミングが選抜される割合を予め設定する。この割合設定部16が設定した選抜割合に応じて乱数出力部19が乱数Rの出現態様を設定する。例えば、レーザ光Lの照射タイミングの50%を選抜する場合には、乱数出力部19が出力する乱数Rにおいて「0」の出現確率を50%に設定すれば良い。なお、所定期間内にレーザ光Lの照射タイミングが選抜される割合は、適宜変更しても良い。

[0039] ここで、荷電粒子ビームBを選抜して出力すると、荷電粒子ビームBの平均電流（平均エネルギー）が減少してしまう。そのため、目的の平均電流とするためには、予め選抜する割合を加味した分だけ、基本周波数を高めておく必要がある。例えば、特定の繰り返し周波数で高周波空洞2に入射する荷電粒子ビームBのパルス列の電流成分は、この周波数の整数倍に集中した周波数成分を有する。ウィーナーヒンチンの定理より、この荷電粒子ビームBによって受ける変調のスペクトルは、以下の数式1で表される。

[0040] [数1]

$$\Phi(\omega) = \int dt e^{i\omega t} C(t)$$

[0041] ここで、C(t)は、ビーム電流を信号列としたときの自己相関関数の期待値である。また、（基本周波数f1）＝（1／間隔δt）のパルス列であるときに、各パルスが確率Pで選抜された場合に、信号列P(t)は、以下の数式2で表される。

[0042] [数2]

$$P(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - n\Delta t) b_n$$

[0043] ここで、b_nは、確率Pで1となり、（1－P）で0となるため、自己相

関の期待値は、以下の数式 3 で表される。

[0044] [数3]

$$\begin{aligned}
 C(t) &< \int_{-\infty}^{\infty} dt P(t) P(t + \tau) > \\
 &= < \int dt \sum_{n,m} b_n b_m \delta(t - n\Delta t) \delta(t + \tau - m\Delta t) > \\
 &= < \sum_{m,n} b_n b_m \delta(\tau - (m - n)\Delta t) > \\
 &= \sum_{m,n} (p^2 + p(1 - p)\delta_{nm}) \delta(\tau - (m - n)\Delta t) \\
 &= \sum_{m,n} p^2 \delta(\tau - (m - n)\Delta t) + p(1 - p) \sum_n \delta(\tau) \\
 &= \sum_n \sum_r p^2 \delta(\tau - (m - n)\Delta t) + p(1 - p) \sum_n \delta(\tau) \\
 &= \sum_n \left(p^2 \sum_r \delta(\tau - r\Delta t) + p(1 - p)\delta(\tau) \right)
 \end{aligned}$$

[0045] この期待値を数式 1 に代入すると以下の数式 4 となる。

[0046]

[数4]

$$\begin{aligned}
\Phi(\omega) &= \sum_n \left(p^2 \sum_{r=-\infty}^{\infty} e^{i\omega r \Delta t} + p(1-p) \right) \\
&= \sum_n \left(p^2 \sum_{r=-\infty}^{\infty} e^{i\omega r \Delta t} + p - p^2 \right) \\
&= \sum_n \left(p + \sum_{r=1}^{\infty} 2p^2 \cos \omega r \Delta t \right) \\
&= \sum_n p \left(1 + 2p \sum_{r=1}^{\infty} \cos \omega r \Delta t \right)
\end{aligned}$$

[0047] ここで、 $\omega = 2\pi n / \Delta t$ となる。すなわち、 $f = n f_1 = n / \Delta t$ のときだけ値を持つ（ゼロではなくなる）。また、基本周波数 f_1 は、荷電粒子ビーム B を選抜した分だけ電流値を補う必要がある。そのため、基本周波数 f_1 は、本発明を適用しない場合の周波数 f_0 よりも大きくなる（ f_1 は f_0 よりも周波数が高くなる）。すなわち、確率 50% で荷電粒子ビーム B を選抜する場合は、 $f_1 = 2 \times f_0$ となる。そのため、高周波空洞 2 の内部で発生する高次モードは、本発明を適用しない場合の $f = f_0 \times n / \Delta t$ の半分、つまり、 $f = f_0 \times n / 2 \Delta t$ となる。よって、ビーム電流、ビームパルスの素性を変えずに全体として発熱を抑えることが可能となり、高周波空洞 2 における高次モードによる発熱を抑えることができる。

[0048] なお、基本周波数 f_1 を高めることで、本発明を適用しない場合の周波数 f_0 よりも周波数成分が少なくなる。例えば、 f_1 の周波数を 1.3 GHz とし、 f_0 の周波数が f_1 の半分の周波数の 650 MHz であると仮定する。この場合に、 f_0 の周波数成分は、650 MHz, 1.3 GHz, 1.95 GHz, 2.6 GHz, 3.25 GHz, 3.9 GHz … となる。一方、 f_1 の周波数成分は、1.3 GHz, 2.6 GHz, 3.9 GHz … となる。

。このように、 f_1 は、 f_0 よりも周波数成分が少なくなる。そのため、基本周波数 f_1 を高めることで、高周波空洞2の内部で共振現象が生じる可能性（確率）を低減することができる。

[0049] 図1に示すように、出力制御部15は、主制御部5から入力される制御情報Cに応じて、割合設定部16でレーザ光Lの照射タイミングの選抜割合Wを設定する。また、割合設定部16は、設定した選抜割合Wを高周波制御部8の周波数設定部9に出力する。なお、この選抜割合は、乱数出力部19にも出力される。さらに、周波数設定部9は、選抜割合Wに応じて基本周波数を設定する。なお、高周波制御部8は、設定された基本周波数に基づいて制御信号Nを高周波源3に出力して制御を行う。

[0050] そして、周波数設定部9は、設定した基本周波数の周波数情報Fを割合設定部16に出力する。また、割合設定部16は、周波数情報Fを同調部17および乱数出力部19に出力する。そして、同調部17および乱数出力部19は、周波数情報Fに基づいて同調信号Uおよび乱数Rを出力する。

[0051] なお、出力制御部15は、乱数出力部19から出力される乱数Rに基づいてレーザ光Lの照射タイミングを選抜することで、これらのタイミングを無作為に選抜することができる。また、周波数設定部9が、所定期間内にレーザ光Lの照射タイミングが選抜される割合に応じて基本周波数を高める設定を行うことで、高周波空洞2から出力される荷電粒子ビームBの平均エネルギーが減少されることを防ぐことができる。

[0052] 第1実施形態では、一定間隔の周期で出力されるレーザ光Lを光変調部14により適宜遮断することで、特定のレーザ光Lのパルスを選抜することができる。さらに、光変調部14を用いることで、簡易的な構成で荷電粒子ビームBが出力されるタイミングを選抜することができる。

[0053] なお、ビーム発生装置4は、電子線をビーム状に出力する電子銃であっても良い。例えば、ターゲット11をフォトカソード部とし、引き出し電極12をアノード部とする。そして、レーザ出力部10から出力されるレーザ光Lが、ターゲット11（カソード部）に照射されることで生じる光電効果に

よって、荷電粒子としての光電子が発生する。この光電子の発生タイミングを、前述のように、適宜選抜することで、高周波空洞 2 の発熱を抑えることができる電子銃とすることができる。

[0054] なお、ビーム発生装置 4 は、陽イオンをビーム状に出力するイオン源であっても良い。例えば、ターゲット 11 をイオンターゲット部とし、引き出し電極 12 をカソード部とする。そして、レーザ出力部 10 から出力されるレーザ光 L が、ターゲット 11（イオンターゲット部）に照射されることで生じるアブレーションプラズマによって、荷電粒子としての陽イオンが発生する。この陽イオンの発生タイミングを、前述のように、適宜選抜することで、高周波空洞 2 の発熱を抑えることができるイオン源とすることができる。

[0055] 次に、第 1 実施形態の加速器 1 の運転方法について図 3 を用いて説明する。なお、フローチャートの各ステップの説明にて、例えば「ステップ S 11」と記載する箇所を「S 11」と略記する。

[0056] まず、高周波制御部 8 の周波数設定部 9 は、出力制御部 15 の割合設定部 16 から入力された選抜割合 W に基づいて、基本周波数を設定する（S 11）。次に、高周波制御部 8 は、高周波源 3 を制御し、基本周波数の高周波 K（電磁波 K）を高周波空洞 2 に入力する（S 12：高周波入力ステップ）。

[0057] 次に、出力制御部 15 の同調部 17 および乱数出力部 19 は、周波数設定部 9 が設定した基本周波数に基づいて高周波空洞 2 にレーザ光 L を入射させるための同調タイミング（基本周波数の周期）を取得する（S 13）。次に、同調部 17 は、同調タイミングに一致するタイミングで同調信号 U を信号出力部 18 に出力する。そして、同調信号 U を入力された信号出力部 18 は、同調タイミングでトリガ信号 G をレーザ出力部 10 に出力する（S 14）。

[0058] 次に、トリガ信号 G を入力されたレーザ出力部 10 は、同調タイミングでレーザ光 L を出力する（S 15：レーザ出力ステップ）。次に、選抜部 20 は、同調タイミングに対応した乱数 R を乱数出力部 19 から取得する（S 16）。次に、選抜部 20 は、取得した乱数 R に基づいて光変調部 14 を制御

し、基本周波数の周期に対応する同調タイミングのうちの特定のタイミングのレーザ光Lのパルスを選抜する（S 1 7：出力制御ステップ）。

[0059] 次に、特定のタイミングでレーザ光Lがターゲット11に照射されることで荷電粒子が発生する（S 1 8：粒子発生ステップ）。次に、引き出し電極12は、荷電粒子を一方向に加速することで荷電粒子ビームBを引き出し、ビーム発生装置4から荷電粒子ビームBが出力される（S 1 9：ビーム引出ステップ）。次に、荷電粒子ビームBが高周波空洞2を通過する（S 2 0：通過ステップ）。

[0060] （第2実施形態）

次に、第2実施形態の加速器1Aについて図4から図6を用いて説明する。なお、前述した実施形態に示される構成部分と同一構成部分については同一符号を付して重複する説明を省略する。

[0061] 第2実施形態の加速器1Aでは、前述の第1実施形態の引き出し電極12の替わりに、出力用高周波空洞21が設けられる。なお、第2実施形態では、出力用高周波空洞21が、ビーム引出部となっている。また、第1実施形態では、光変調部14がレーザ光Lのパルスの選抜を行っているが、第2実施形態では、トリガ信号Gの出力の有無によってレーザ光Lのパルスの選抜を行う。

[0062] 図4に示すように、出力用高周波空洞21は、ターゲット11に近接した位置に設けられる。また、出力用高周波空洞21の端部には、RF入力部22を介して高周波源23が接続されている。そして、出力用高周波空洞21は、ターゲット11で発生した荷電粒子を一方向に加速することで荷電粒子ビームBを引き出す。この出力用高周波空洞21で引き出された荷電粒子ビームBは、主たる高周波空洞2に入射される。

[0063] なお、出力用高周波空洞21は、出力用高周波制御部24から出力される制御信号Nにより制御される。また、出力制御部15Aの割合設定部16は、周波数情報Fを同調部17および乱数出力部19に出力するとともに、出力用高周波制御部24の周波数設定部25にも周波数情報Fを出力する。こ

の周波数設定部 25 は、周波数情報 F に基づいて基本周波数を設定する。そして、出力用高周波制御部 24 は、設定された基本周波数に基づいて高周波源 23 から高周波空洞 2 に高周波 K を入力する。

[0064] 第 2 実施形態の出力制御部 15 A の選抜部 20 は、選抜信号 S を信号出力部 18 に入力する。また、信号出力部 18 は、選抜部 20 から出力される選抜信号 S に応じた特定のタイミングでトリガ信号 G を出力する。つまり、この選抜部 20 は、トリガ信号 G の出力タイミングを一定ではない間隔で選抜する。そして、基本周波数の周期に同調する一定間隔の周期である同調タイミングのうちの特定のタイミングで、レーザ光 L がレーザ出力部 10 から出力される。

[0065] 図 5 に示すように、高周波源 3 から高周波空洞 2 に入力される高周波 K の基本周波数の周期を $T_1 \sim T_{20}$ とする。ここで、出力制御部 15 A の同調部 17 は、基本周波数の周期 $T_1 \sim T_{20}$ に一致したタイミングで同調信号 U を信号出力部 18 および選抜部 20 に出力する。また、乱数出力部 19 から出力される乱数 R は、同調信号 U（基本周波数の周期 $T_1 \sim T_{20}$ ）に対応して出力される。そして、この乱数 R が選抜部 20 に入力される。

[0066] さらに、選抜部 20 は、同調信号 U および乱数 R に応じて選抜信号 S を信号出力部 18 に出力する。例えば、選抜部 20 は、同調信号 U が入力されたときに、この同調信号 U に対応する乱数 R が「0」の場合は、トリガ信号 G を出力しない旨の選抜信号 S を信号出力部 18 に出力する。一方、同調信号 U に対応する乱数 R が「1」の場合は、トリガ信号 G を出力する旨の選抜信号 S を信号出力部 18 に出力する。なお、信号出力部 18 は、同調部 17 から入力される同調信号 U と選抜部 20 から入力される選抜信号 S とに応じて、トリガ信号 G を出力の有無を制御する。

[0067] なお、レーザ出力部 10 は、信号出力部 18 から出力されるトリガ信号 G に応じてレーザ光 L を出力する。そして、レーザ出力部 10 から出力されたレーザ光 L は、ターゲット 11 に照射されて荷電粒子ビーム B が発生し、この荷電粒子ビーム B が高周波空洞 2 に入射される。

[0068] すなわち、レーザ光Lの出力タイミングであって、荷電粒子ビームBの出力タイミングが乱数出力部19の乱数Rによって制御される。なお、乱数Rに応じてレーザ光Lの出力タイミングが決定されるので、高周波空洞2に入射される荷電粒子ビームBのパルス列を一定ではない間隔で選抜することができる。このようにすれば、一定ではない間隔で荷電粒子ビームBが出力されるので、高周波空洞2の内部の高次モードの発生を防ぐことができる。

[0069] このように第2実施形態では、乱数出力部19から出力される乱数Rに基づいて、信号出力部18のトリガ信号Gの出力の有無が制御されたため、光変調部14などの部品を用いなくても済むようになるので、簡易的な構成で荷電粒子ビームBが出力されるタイミングを選抜することができる。

[0070] なお、第2実施形態のビーム発生装置4Aは、ターゲット11をフォトリソード部とした電子銃であっても良いし、ターゲット11をイオンターゲット部としたイオン源であっても良い。

[0071] 次に、第2実施形態の加速器1Aの運転方法について図6を用いて説明する。まず、高周波制御部8の周波数設定部9は、出力制御部15Aの割合設定部16から入力された選抜割合Wに基づいて、基本周波数を設定する（S21）。次に、高周波制御部8は、高周波源3を制御し、基本周波数の高周波K（電磁波K）を高周波空洞2に入力する（S22：高周波入力ステップ）。

[0072] 次に、出力制御部15Aの同調部17および乱数出力部19は、周波数設定部9が設定した基本周波数に基づいて高周波空洞2にレーザ光Lを入射させるための同調タイミング（基本周波数の周期）を取得する（S23）。次に、選抜部20は、同調タイミングに対応した乱数Rを乱数出力部19から取得する（S24）。そして、選抜部20は、同調信号Uおよび乱数Rに応じて選抜信号Sを信号出力部18に出力する。

[0073] 次に、信号出力部18は、選抜部20から入力された選抜信号Sに基づいて、基本周波数の周期に対応する同調タイミングのうちの特定のタイミングのトリガ信号Gのパルスを選抜する（S25：出力制御ステップ）。次に、

信号出力部 18 は、特定のタイミングでトリガ信号 G をレーザ出力部 10 に出力する (S26)。次に、トリガ信号 G を入力されたレーザ出力部 10 は、特定のタイミングでレーザ光 L を出力する (S27: レーザ出力ステップ)。

[0074] 次に、特定のタイミングでレーザ光 L がターゲット 11 に照射されることで荷電粒子が発生する (S28: 粒子発生ステップ)。次に、出力用高周波空洞 21 は、荷電粒子を一方向に加速することで荷電粒子ビーム B を引き出し、ビーム発生装置 4A から荷電粒子ビーム B が出力される (S29: ビーム引出ステップ)。次に、荷電粒子ビーム B が高周波空洞 2 を通過する (S30: 通過ステップ)。

[0075] 本実施形態に係る加速器を第 1 実施形態から第 2 実施形態に基づいて説明したが、いずれか 1 の実施形態において適用された構成を他の実施形態に適用しても良いし、各実施形態において適用された構成を組み合わせても良い。例えば、第 1 実施形態の引き出し電極 12 を第 2 実施形態のビーム発生装置 4A に適用しても良いし、第 2 実施形態の出力用高周波空洞 21 を第 1 実施形態のビーム発生装置 4 に適用しても良い。

[0076] なお、本実施形態では、本発明が適用される加速器として線形加速器を例示しているが、本発明をサイクロトロンやシンクロトロンなどの円形加速器に適用しても良い。なお、荷電粒子は、磁場中を通るとローレンツ力を受けて軌道が曲げられる。これを利用して荷電粒子に円形の起動を描かせながら加速する加速器が円形加速器である。

[0077] 本実施形態の加速器 1 (1A) を半導体の製造装置 (半導体製造用イオン注入装置) に用いることができる。例えば、本実施形態の加速器を用いた半導体の製造方法は、前述の S20 または S30 の通過ステップの後に、荷電粒子ビーム B を所定の基板 (半導体) に照射する照射ステップを含む。高周波空洞 2 を通過した荷電粒子ビーム B (イオン) が基板に照射されることで、このイオンが基板に注入される。例えば、ホウ素、リンまたはヒ素などの元素をイオン化し、このイオンを加速器で加速して、シリコン、ガリウムヒ

素、シリコンカーバイドまたはガラス板表面のポリシリコン薄膜などの基板に注入する。このようにすれば、半導体の電気的特性を変化させることができる。さらに、加速器を用いてイオンを照射することで、基板の深い位置までイオンを注入することができる。

[0078] 本実施形態の加速器 1 (1 A) を半導体の製造装置 (半導体製造用リソグラフィ) に用いることができる。例えば、本実施形態の加速器を用いた半導体の製造方法は、前述の S 2 0 または S 3 0 の通過ステップの後に、荷電粒子ビーム B (電子) を所定のアンジュレータ (N 極 S 極が交互に並んだ磁石列) に入射させることで、放射光発生または自由電子レーザ発振を行う光発生ステップと、発生した光によって半導体回路のリソグラフィを行うリソグラフィステップとを含む。本実施形態によって、より大電流のビームを加速することができるようになることから、高周波空洞 2 を通過した大電流の荷電粒子ビーム B (電子) から高出力の光を発生させることができる。それによりリソグラフィを行うことで、スループットの高い回路製造が可能になる。また、アンジュレータによる光発生は、波長を自由に選ぶことが可能である。そのため、より短波長の光、例えば、13.5 nm の極端紫外光を用いて行う EUV (Extreme ultraviolet lithography) リソグラフィを行うことなどができ、より微細な回路線幅を持つ半導体回路の製造が可能になる。

[0079] 以上説明した実施形態によれば、基本周波数の周期に対応するタイミングのうちの特定のタイミングで荷電粒子ビームを高周波空洞に向けて出力する制御を行う出力制御部を持つことにより、高周波空洞の発熱を抑えることができる。

[0080] 本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更、組み合わせを行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるも

のである。

符号の説明

[0081] 1 (1 A) …加速器、2 …高周波空洞、3 …高周波源、4 (4 A) …ビーム発生装置、5 …主制御部、6 …空洞室、7 …RF入力部、8 …高周波制御部、9 …周波数設定部、10 …レーザ出力部、11 …ターゲット部、12 …引き出し電極、13 …直流電源、14 …光変調部、15 (15 A) …出力制御部、16 …割合設定部、17 …同調部、18 …信号出力部、19 …乱数出力部、20 …選抜部、21 …出力用高周波空洞、22 …RF入力部、23 …高周波源、24 …出力用高周波制御部、25 …周波数設定部。

請求の範囲

- [請求項1] 荷電粒子ビームが通過可能な高周波空洞と、
基本周波数の電磁波を前記高周波空洞に入力する高周波源と、
レーザ光を出力するレーザ出力部と、
前記レーザ光が照射されることで荷電粒子を発生させるターゲット部と、
前記荷電粒子を一方向に加速することで荷電粒子ビームを引き出すビーム引出部と、
前記基本周波数の周期に対応するタイミングのうちの特定の前記タイミングで前記荷電粒子ビームを前記高周波空洞に向けて出力する制御を行う出力制御部と、
を備えることを特徴とする加速器。
- [請求項2] 前記出力制御部は、前記基本周波数の周期に同調する一定間隔の前記タイミングを一定ではない間隔で選抜する請求項1に記載の加速器。
- [請求項3] 前記出力制御部は、1の前記荷電粒子ビームが出力される前記タイミングと次の前記荷電粒子ビームが出力される前記タイミングの間隔を変更する請求項1に記載の加速器。
- [請求項4] 前記基本周波数の周期に対応する乱数を出力する乱数出力部を備え、
前記出力制御部は、前記乱数出力部から出力される前記乱数に基づいて前記タイミングを選抜する請求項1に記載の加速器。
- [請求項5] 所定期間内に前記タイミングが選抜される割合に応じて前記基本周波数を高める周波数設定部を備える請求項1に記載の加速器。
- [請求項6] 前記レーザ出力部が前記レーザ光を出力する契機となるトリガ信号を出力する信号出力部と、
前記トリガ信号の出力タイミングを前記基本周波数の一定間隔の周期に同調させる同調部と、

前記レーザ出力部から出力される前記レーザ光を一定ではない間隔で選抜する選抜部と、

を備える請求項 1 に記載の加速器。

[請求項7] 前記レーザ出力部と前記ターゲット部との間に設けられて前記レーザ光を遮断可能な光変調部を備える請求項 6 に記載の加速器。

[請求項8] 前記レーザ出力部が前記レーザ光を出力する契機となるトリガ信号を出力する信号出力部と、

前記トリガ信号の出力タイミングを前記基本周波数の一定間隔の周期に同調させる同調部と、

前記トリガ信号の出力タイミングを一定ではない間隔で選抜する選抜部と、

を備える請求項 1 に記載の加速器。

[請求項9] 前記ビーム引出部は、前記荷電粒子を一方向に加速する電場を形成する電極である請求項 1 に記載の加速器。

[請求項10] 前記ビーム引出部は、前記荷電粒子を一方向に加速する電場を形成する出力用高周波空洞である請求項 1 に記載の加速器。

[請求項11] 前記ターゲット部がカソード部であり、このカソード部に前記レーザ光が照射されることで生じる光電効果によって、前記荷電粒子としての電子が発生する請求項 1 に記載の加速器。

[請求項12] 前記ターゲット部がイオンターゲット部であり、このイオンターゲット部に前記レーザ光が照射されることで生じるアブレーションプラズマによって、前記荷電粒子としてのイオンが発生する請求項 1 に記載の加速器。

[請求項13] 基本周波数の電磁波を高周波源から高周波空洞に入力する高周波入力ステップと、

レーザ出力部からレーザ光を出力するレーザ出力ステップと、

前記レーザ光がターゲット部に照射されることで荷電粒子を発生させる粒子発生ステップと、

前記荷電粒子を一方向に加速することで荷電粒子ビームを引き出すビーム引出ステップと、

前記基本周波数の周期に対応するタイミングのうちの特定の前記タイミングで前記荷電粒子ビームを前記高周波空洞に向けて出力する制御を行う出力制御ステップと、

前記荷電粒子ビームが前記高周波空洞を通過する通過ステップと、
を含むことを特徴とする加速器の運転方法。

[請求項14]

基本周波数の電磁波を高周波源から高周波空洞に入力する高周波入力ステップと、

レーザ出力部からレーザ光を出力するレーザ出力ステップと、

前記レーザ光がターゲット部に照射されることで荷電粒子を発生させる粒子発生ステップと、

前記荷電粒子を一方向に加速することで荷電粒子ビームを引き出すビーム引出ステップと、

前記基本周波数の周期に対応するタイミングのうちの特定の前記タイミングで前記荷電粒子ビームを前記高周波空洞に向けて出力する制御を行う出力制御ステップと、

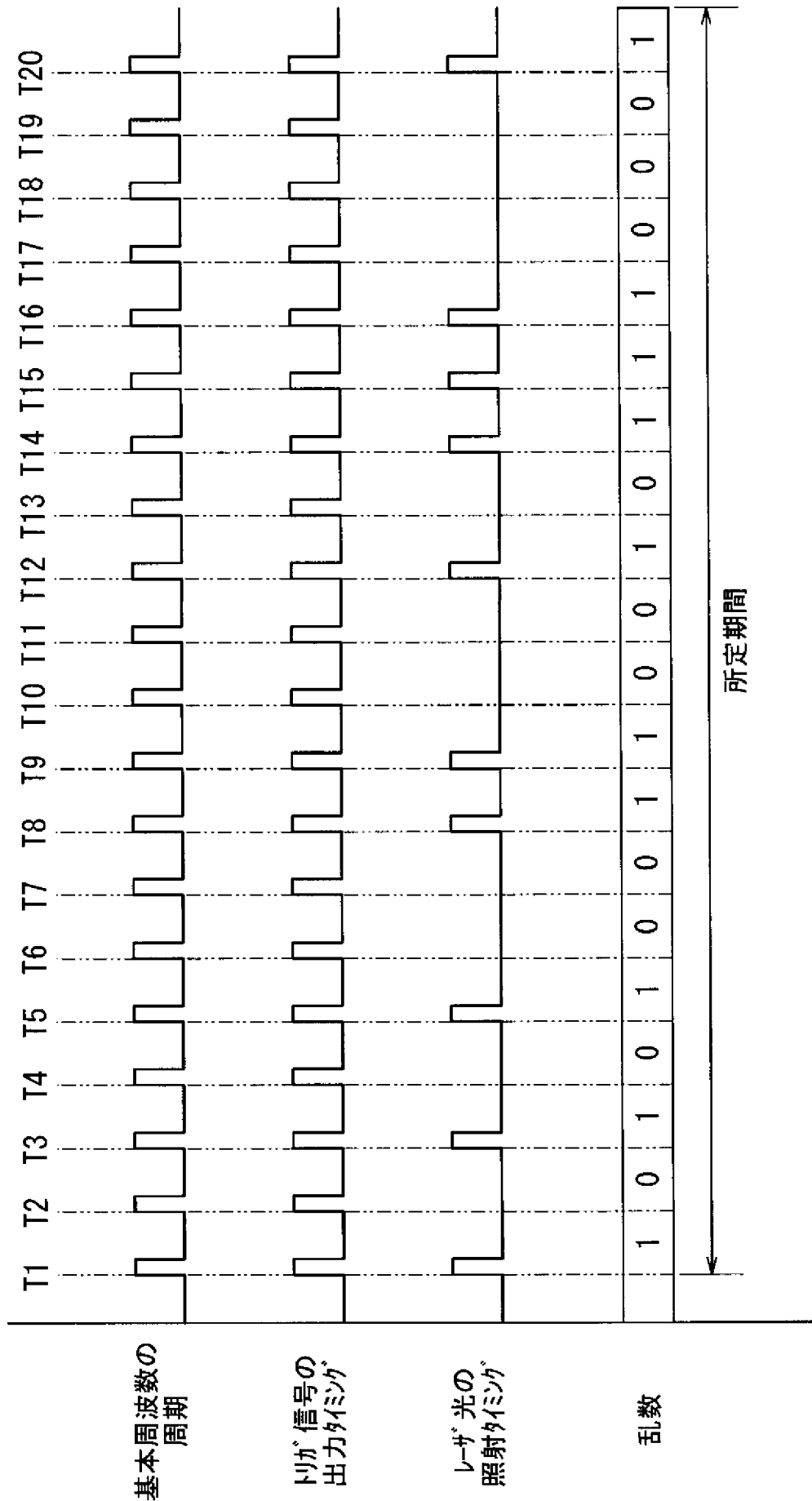
前記荷電粒子ビームが前記高周波空洞を通過する通過ステップと、

前記高周波空洞を通過した前記荷電粒子ビームをアンジュレータに入射させて光を発生させる光発生ステップと、

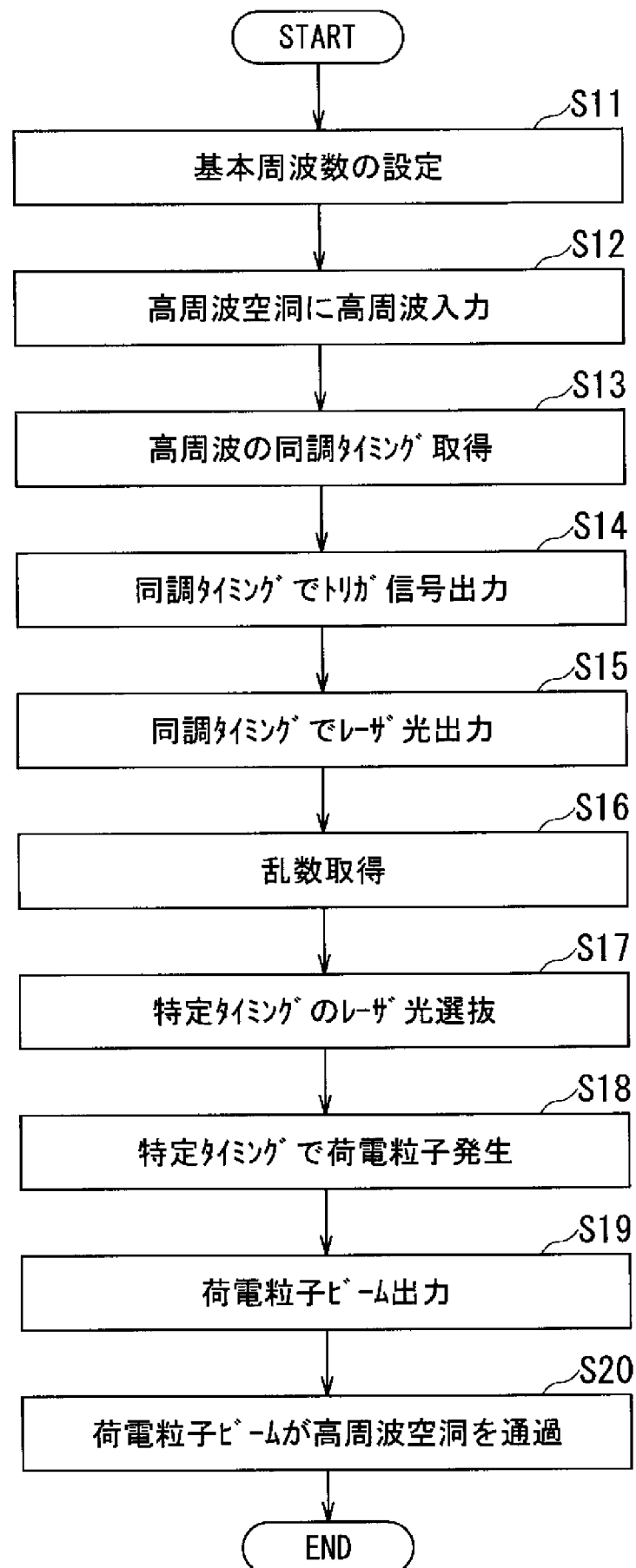
発生した前記光を用いて電子回路のリソグラフィを行うリソグラフィステップと、

を含むことを特徴とする加速器を用いた半導体の製造方法。

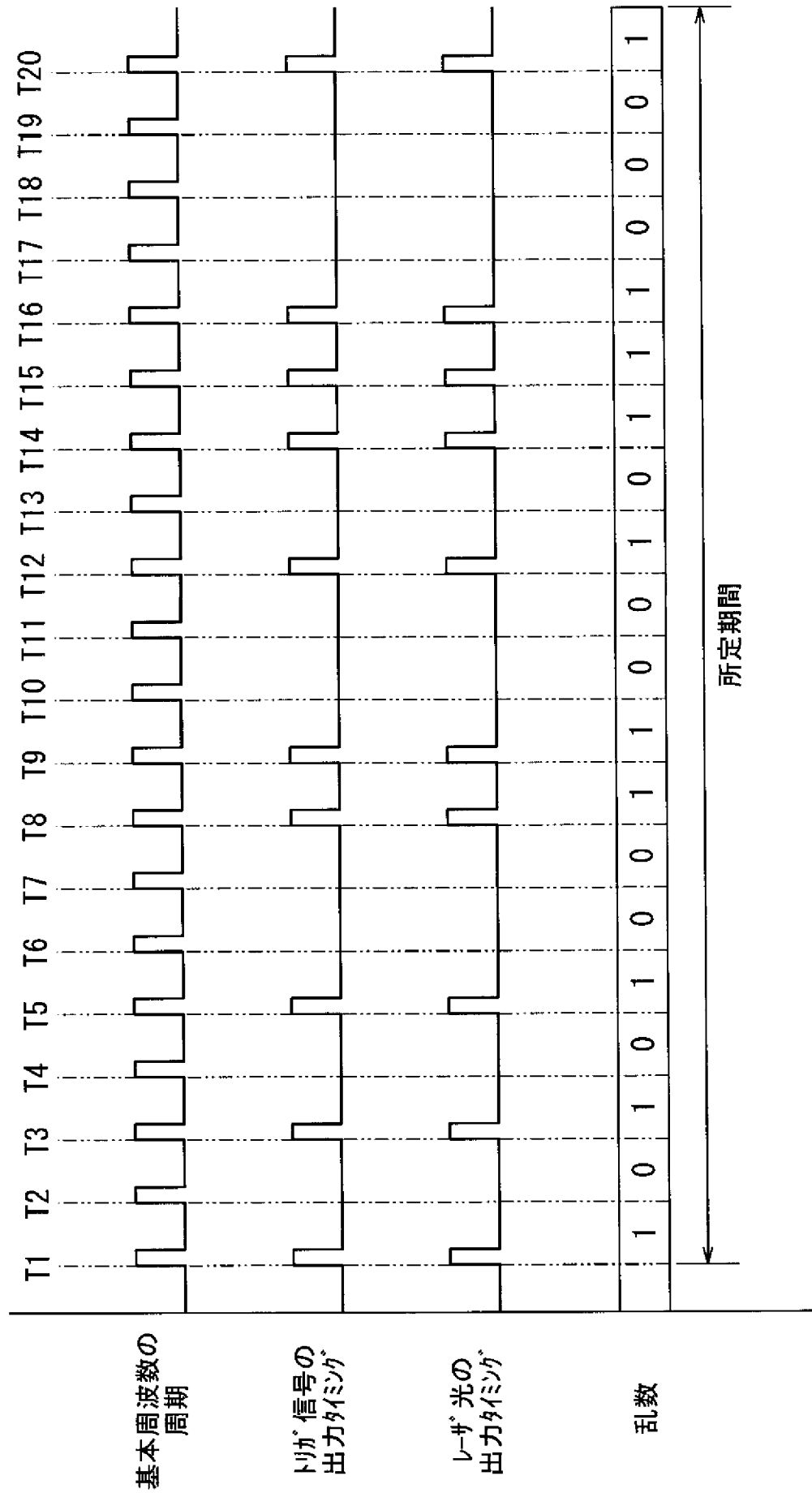
[図2]



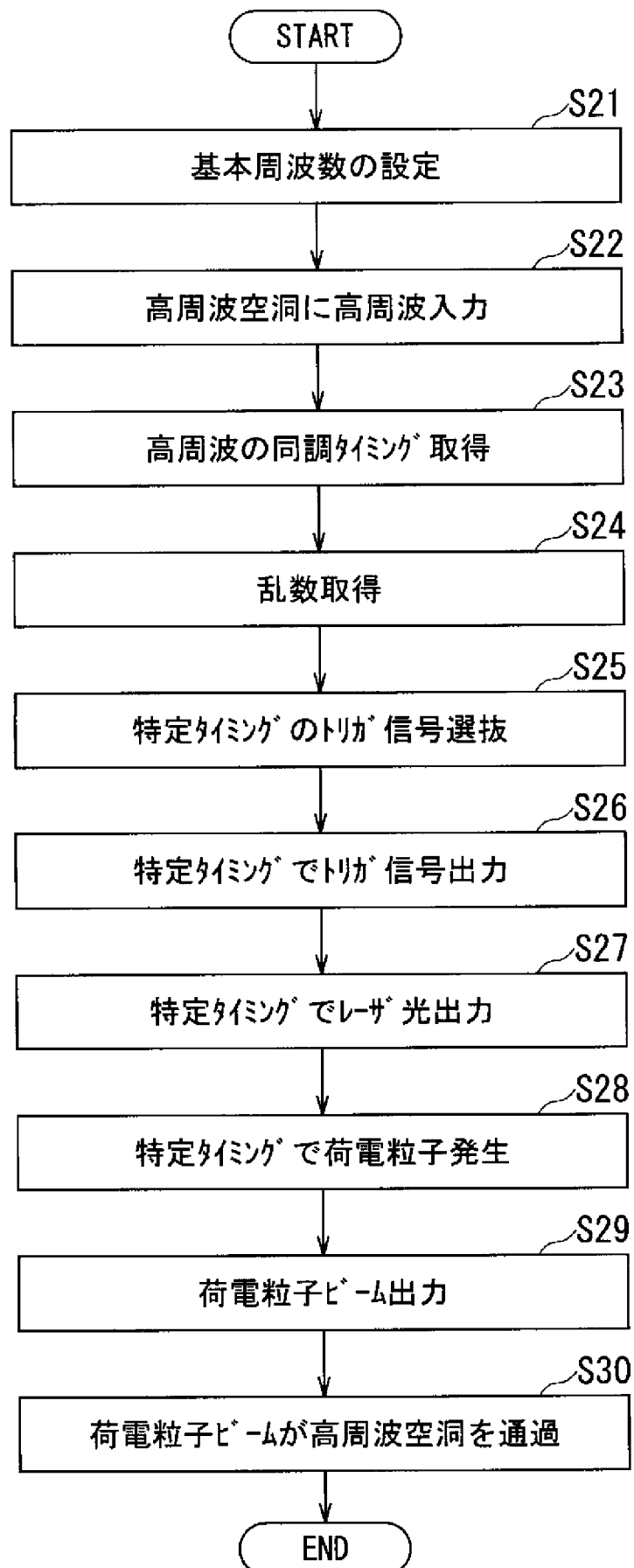
[図3]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/031582

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H05H7/18(2006.01)i, G03F7/20(2006.01)i, H05H9/00(2006.01)i, H05H13/04(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)

H05H7/18, G03F7/20, H05H9/00, H05H13/04

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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

JSTPlus/JST7580 (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 6-76990 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 18 March 1994 (18.03.1994), fig. 3; paragraphs [0002] to [0005] (Family: none)	1, 10-11, 13 14 2-9, 12
Y A	JP 2008-243375 A (IHI Corp.), 09 October 2008 (09.10.2008), fig. 1 to 3(c); paragraphs [0027] to [0040] & US 2010/0080356 A1 fig. 4 to 6(c); paragraphs [0049] to [0077]	1, 3, 9-14 2, 4-8

☒ 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
13 November 2017 (13.11.17)

Date of mailing of the international search report
21 November 2017 (21.11.17)

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/JP2017/031582

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	WO 2012/043475 A1 (Inter-University Research Institute Corporation High Energy Accelerator Research Organization), 05 April 2012 (05.04.2012), fig. 7 to 12; paragraphs [0001] to [0057] & US 2013/0187541 A1 fig. 7 to 12; paragraphs [0001] to [0076]	1, 3, 9-14 2, 4-8
Y A	JP 39-30375 B1 (Hitachi, Ltd.), 26 December 1964 (26.12.1964), fig. 4 to 5; entire text (Family: none)	1, 3, 9-14 2, 4-8
Y A	JP 11-176595 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 02 July 1999 (02.07.1999), fig. 1; paragraphs [0011], [0018] to [0026] (Family: none)	9-10 1-8, 11-14
Y A	JP 2014-164855 A (Toshiba Corp.), 08 September 2014 (08.09.2014), fig. 2; paragraphs [0035] to [0040] & US 2014/0243576 A1 fig. 2; paragraphs [0044] to [0048]	12 1-11, 13-14
Y A	JP 2005-228489 A (Japan Atomic Energy Research Institute), 25 August 2005 (25.08.2005), fig. 5; paragraphs [0012] to [0014] & US 2005/0175042 A1 fig. 5; paragraphs [0022] to [0026]	14 1-13

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H05H7/18(2006.01)i, G03F7/20(2006.01)i, H05H9/00(2006.01)i, H05H13/04(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（IPC））

Int.Cl. H05H7/18, G03F7/20, H05H9/00, H05H13/04

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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）

JSTPlus/JST7580 (JDreamIII)

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 6-76990 A（浜松ホトニクス株式会社） 1994.03.18, 第3図、第[0002] - [0005] 段落（ファミリーなし）	1, 10-11, 13 14 2-9, 12
Y A	JP 2008-243375 A（株式会社 IHI） 2008.10.09, 第1-3(c)図、第[0027] - [0040] 段落 & US 2010/0080356 A1, 第4-6(c)図、第[0049] - [0077] 段落	1, 3, 9-14 2, 4-8

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

13.11.2017

国際調査報告の発送日

21.11.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/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）

長谷川 聡一郎

2G

5552

電話番号 03-3581-1101 内線 3226

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 A	WO 2012/043475 A1 (大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構) 2012.04.05, 第7-12図、第[0001] - [0057] 段落 & US 2013/0187541 A1, 第7-12図、第[0001] - [0076] 段落	1, 3, 9-14 2, 4-8
Y A	JP 39-30375 B1 (株式会社日立製作所) 1964.12.26, 第4-5図、全文 (ファミリーなし)	1, 3, 9-14 2, 4-8
Y A	JP 11-176595 A (三菱重工業株式会社) 1999.07.02, 第1図、第[0011] 段落、第[0018] - [0026] 段落 (ファミリーなし)	9-10 1-8, 11-14
Y A	JP 2014-164855 A (株式会社東芝) 2014.09.08, 第2図、第[0035] - [0040] 段落 & US 2014/0243576 A1, 第2図、第[0044] - [0048] 段落	12 1-11, 13-14
Y A	JP 2005-228489 A (日本原子力研究所) 2005.08.25, 第5図、第[0012] - [0014] 段落 & US 2005/0175042 A1, 第5図、第[0022] - [0026] 段落	14 1-13