

(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  
2019年6月20日(20.06.2019)

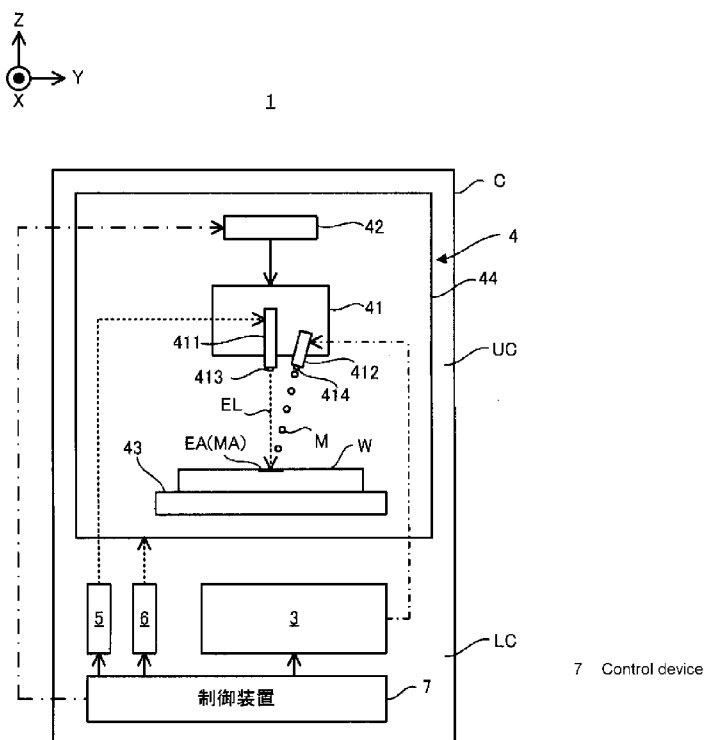


(10) 国際公開番号  
**WO 2019/116454 A1**

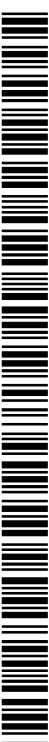
- (51) 国際特許分類:  
*B23K 26/342* (2014.01)    *B22F 3/16* (2006.01)  
*B22F 3/105* (2006.01)    *B29C 64/268* (2017.01)
- (21) 国際出願番号:                    PCT/JP2017/044623
- (22) 国際出願日:                    2017年12月12日(12.12.2017)
- (25) 国際出願の言語:                    日本語
- (26) 国際公開の言語:                    日本語
- (71) 出願人: 株式会社ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 関口 慧 (SEKIGUCHI, Kei); 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 安葉 浩一 (YASUBA, Koichi); 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 上野 和樹 (UENO, Kazuki); 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 白石 雅之 (SHIRAISHI, Masayuki); 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 江上 達夫 (EGAMI, Tatsuo); 〒1040031 東京都中央区京橋一丁目16番10号 オークビル京橋3階 東京セントラル特許事務所内 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,

(54) Title: PROCESSING DEVICE, PROCESSING METHOD, MARKING METHOD, AND MANUFACTURING METHOD

(54) 発明の名称: 処理装置、処理方法、マーキング方法、及び、造形方法



(57) Abstract: A processing device is provided with: a manufacturing device having an energy beam irradiation unit for irradiating the surface of an object with an energy beam and forming a molten pool and a material supply unit for supplying build material to the molten pool; and a change device for changing the positional relationship of the object and the molten pool. An article is manufactured along a first direction by supplying build material to the molten pool while changing the positional relationship of the object and the molten pool in the first direction, and the size of the article in a



WO 2019/116454 A1

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))

---

second direction orthogonal to the first direction is changed on the basis of the position of the article in the first direction.

(57) 要約 : 処理装置は、物体の表面にエネルギービームを照射して熔融池を形成するエネルギービーム照射部と、熔融池に造形材料を供給する材料供給部とを有する造形装置と、物体と熔融池との位置関係を変更する変更装置とを備え、物体と熔融池との第1方向における位置関係を変更しつつ熔融池に造形材料を供給することによって第1方向に沿って造形される造形物の第1方向と交差する第2方向のサイズを、造形物の第1方向での位置に基づいて変える。

## 明 細 書

発明の名称：

処理装置、処理方法、マーキング方法、及び、造形方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、例えば、物体にエネルギービームを照射する処理を行う処理装置、処理方法、マーキング方法、及び、造形方法の技術分野に関する。

### 背景技術

[0002] 特許文献1には、粉状の材料をエネルギービームで溶融した後に、溶融した材料を再固化させることで造形物を形成する造形装置が記載されている。このような造形装置では、適切な造形物を形成することが技術的課題となる。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献1：米国特許出願公開第2017/014909号明細書

### 発明の概要

[0004] 第1の態様によれば、物体の表面にエネルギービームを照射して前記表面に溶融池を形成するエネルギービーム照射部と、前記溶融池に造形材料を供給する材料供給部とを有する造形装置と、前記物体と前記溶融池との位置関係を変更する変更装置とを備え、前記物体と前記溶融池との第1方向における位置関係を変更しつつ前記溶融池に前記造形材料を供給することによって前記第1方向に沿って造形される造形物の前記第1方向と交差する第2方向のサイズを、前記造形物の前記第1方向での位置に基づいて変える処理装置が提供される。

[0005] 第2の態様によれば、物体の表面にエネルギービームを照射して前記表面に溶融池を形成するエネルギービーム照射部と、前記造形材料を溶融するために前記溶融池に造形材料を供給する材料供給部とを有する造形装置と、前記物体と前記溶融池とのうち、少なくとも一方の位置を変更する変更装置と、前記溶融された前記造形材料が固化することによって前記物体の表面に生じる

凸状の造形物がマークとなるように、前記マークに関する座標データを用いて前記変更装置を制御する制御装置とを備える処理装置が提供される。

[0006] 第3の態様によれば、物体の表面にエネルギービームを照射して前記表面に溶融池を形成するエネルギービーム照射部と、前記溶融池に造形材料を供給する材料供給部とを有する造形装置と、前記物体と前記溶融池との位置関係を変更する変更装置と、前記溶融池の周囲に特定ガスを供給するガス供給装置と、前記造形装置によって造形される造形物の色調を変更するために、前記周囲に供給される前記特定ガスの特性を変更するように、前記ガス供給装置を制御する制御装置とを備える処理装置が提供される。

[0007] 第4の態様によれば、物体の表面にエネルギービームを照射して前記表面に第1溶融池を形成するエネルギービーム照射部と、前記第1溶融池に造形材料を供給する材料供給部とを有する造形装置と、前記物体と前記第1溶融池との位置関係を変更する変更装置とを備え、前記物体と前記第1溶融池との第1方向における位置関係を変更しつつ前記溶融池に前記造形材料を供給することによって造形された第1造形物に前記エネルギービーム照射部からエネルギービームを照射して前記第1造形物上に第2溶融池を形成して、前記材料供給部から造形材料を供給して第2造形物を造形し、前記第2造形物の前記第1方向と交差する第2方向のサイズは、前記第1造形物の前記第2方向のサイズと異なる処理装置が提供される。

[0008] 第5の態様によれば、物体上の第1領域にエネルギービームを照射するエネルギービーム照射部と、前記第1領域と少なくとも部分的に重畳する第2領域に造形材料を供給する材料供給部とを有し、前記物体上に造形物を形成する造形装置と、前記物体上における前記第1及び第2領域の位置を変更する位置変更装置と、前記材料供給部から前記第2領域へ向かう前記造形材料の単位時間当たりの供給量を変更する供給量変更装置とを備える処理装置が提供される。

[0009] 第6の態様によれば、物体上の照射領域にエネルギービームを照射するエネルギービーム照射部と、前記照射領域に造形材料を供給する材料供給部とを有

する造形装置と、前記物体と前記照射領域との位置関係を変更する変更装置とを備え、前記物体と前記照射領域との位置関係を前記物体の表面に沿った方向で変更しつつ前記照射領域に前記造形材料を供給することによって造形される造形物の前記表面に沿った方向と交差する方向のサイズは、前記造形物の前記表面に沿った方向における第1位置と前記第1位置と異なる第2位置とで異なる処理装置が提供される。

[0010] 第7の態様によれば、物体の表面にエネルギービームを照射して前記表面に溶融池を形成することと、前記溶融池に造形材料を供給することと、前記物体と前記溶融池との位置関係を変更することとを含み、前記物体と前記溶融池との第1方向における位置関係を変更しつつ前記溶融池に前記造形材料を供給することによって前記第1方向に沿って造形される造形物の前記第1方向と交差する第2方向のサイズを、前記造形物の前記第1方向での位置に基づいて変える処理方法が提供される。

[0011] 第8の態様によれば、物体の表面に形成すべきマークに関する座標データを準備することと、前記物体の前記表面にエネルギービームを照射して前記表面に溶融池を形成することと、前記造形材料を溶融するために前記溶融池に造形材料を供給することと、前記物体と前記溶融池とのうち、少なくとも一方の位置を変更することとを含み、前記少なくとも一方の位置を変更することは、前記溶融された前記造形材料が固化することによって前記物体の表面に生じる凸状の造形物が前記マークとなるように、前記座標データを用いて前記少なくとも一方の位置を変更する処理方法が提供される。

[0012] 第9の態様によれば、物体の表面にエネルギービームを照射して前記表面に溶融池を形成することと、前記溶融池に造形材料を供給することと、前記物体と前記溶融池との位置関係を変更することと、前記溶融池の周囲に特定ガスを供給することと、前記造形装置によって造形される造形物の色調を変更するために、前記周囲に供給される前記特定ガスの特性を変更することとを含む処理方法が提供される。

[0013] 第10の態様によれば、物体の表面にエネルギービームを照射して前記表面

に第1融融池を形成することと、前記第1融融池に造形材料を供給することと、前記物体と前記第1融融池との位置関係を変更することと、前記物体と前記第1融融池との第1方向における位置関係を変更しつつ前記融融池に前記造形材料を供給することによって造形された第1造形物に前記エネルギービーム照射部からエネルギービームを照射して前記第1造形物上に第2融融池を形成することと、前記第2融融池に造形材料を供給して第2造形物を造形することとを含み、前記第2造形物の前記第1方向と交差する第2方向のサイズは、前記第1造形物の前記第2方向のサイズと異なる処理方法が提供される。

[0014] 第11の態様によれば、物体上の第1領域にエネルギービームを照射すること及び前記第1領域と少なくとも部分的に重畳する第2領域に造形材料を供給することとを含み、前記物体上に造形物を形成することと、前記物体上における前記第1及び第2領域の位置を変更することと、前記第2領域へ向かう前記造形材料の単位時間当たりの供給量を変更することを含む処理方法が提供される。

[0015] 第12の態様によれば、物体上の照射領域にエネルギービームを照射することと、前記照射領域に造形材料を供給することと、前記物体と前記照射領域との位置関係を変更することとを含み、前記物体と前記照射領域との位置関係を前記物体の表面に沿った方向で変更しつつ前記照射領域に前記造形材料を供給することによって造形される造形物の前記表面に沿った方向と交差する方向のサイズは、前記造形物の前記表面に沿った方向における第1位置と前記第1位置と異なる第2位置とで異なる処理方法が提供される。

[0016] 本発明の作用及び他の利得は次に説明する実施するための形態から明らかにされる。

### 図面の簡単な説明

[0017] [図1]図1は、本実施形態の造形システムの構造を示す断面図である。

[図2]図2(a)から図2(c)の夫々は、ワーク上のある領域において光を照射し且つ造形材料を供給した場合の様子を示す断面図である。

[図3]図3 (a) 及び図3 (b) の夫々は、造形面上での照射領域の移動軌跡を示す平面図である。

[図4]図4 (a) から図4 (c) の夫々は、3次元構造物を形成する過程を示す断面図である。

[図5]図5 (a) は、造形面上における照射領域の移動経路を示す平面図であり、図5 (b) は、照射領域の移動経路が交差する領域に形成される造形物及び照射領域の移動経路が交差しない領域に形成される造形物を示す断面図であり、図5 (c) は、照射領域の移動経路が交差する領域に形成される造形物及び照射領域の移動経路が交差しない領域に形成される造形物を示す平面図である。

[図6]図6 (a) から図6 (c) の夫々は、造形物の高さのばらつきを抑制するように制御される造形材料の供給レートを示すグラフである。

[図7]図7は、造形材料の供給レートと材料ノズルからの造形材料の供給量との関係を示すグラフである。

[図8]図8 (a) は、ガス噴出装置が不活性ガスを噴出している場合の造形材料の供給態様を示す断面図であり、図8 (b) は、ガス噴出装置が不活性ガスを噴出していない場合の造形材料の供給態様を示す断面図である。

[図9]図9 (a) は、遮蔽部材が非遮蔽状態にある場合の造形材料の供給態様を示す断面図であり、図9 (b) は、遮蔽部材が遮蔽状態にある場合の造形材料の供給態様を示す断面図である。

[図10]図10 (a) は、材料ノズルが供給状態にある場合の造形材料の供給態様を示す断面図であり、図10 (b) は、材料ノズルが非供給状態にある場合の造形材料の供給態様を示す断面図である。

[図11]図11 (a) から図11 (c) の夫々は、造形物の高さのばらつきを抑制するように制御される熱伝達レートを示すグラフである。

[図12]図12は、熱伝達レートと照射領域上での光の強度との関係を示すグラフである。

[図13]図13 (a) は、遮光部材が遮光状態にある場合の光の照射態様を示

す断面図であり、図13(b)は、遮光部材が非遮光状態にある場合の光の照射態様を示す断面図である。

[図14]図14(a)は、フォーカス位置が造形面上に設定されている場合の光の照射態様を示す断面図であり、図14(b)は、フォーカス位置が造形面から離れた位置に設定されている場合の光の照射態様を示す断面図である。

[図15]図15(a)及び図15(b)の夫々は、造形物の高さのばらつきを抑制するように制御される照射領域の移動速度を示すグラフである。

[図16]図16(a)は、造形面上における照射領域の移動経路を示す平面図であり、図16(b)は、照射領域の移動速度と造形物の高さとの関係を示すグラフである。

[図17]図17は、造形物の高さのばらつきを抑制するように、照射領域の移動速度に基づいて制御される造形材料の供給レートを示すグラフである。

[図18]図18は、照射領域の移動速度と造形材料の供給レートと造形物の高さとの関係を示すグラフである。

[図19]図19は、造形物の高さのばらつきを抑制するように、照射領域の移動速度に基づいて制御される熱伝達レートを示すグラフである。

[図20]図20は、照射領域の移動速度と熱伝達レートと造形物の高さとの関係を示すグラフである。

[図21]図21(a)は、既存構造物における熱が相対的に拡散されにくい領域及び熱が相対的に拡散されやすい領域の位置の一例を示す斜視図であり、図21(b)は、熱が相対的に拡散されにくい領域に形成される造形物及び熱が相対的に拡散されやすい領域に形成される造形物を示す断面図である。

[図22]図22は、造形物の高さのばらつきを抑制するように、熱の拡散度合いに基づいて制御される造形材料の供給レートを示すグラフである。

[図23]図23は、造形物の高さのばらつきを抑制するように、熱の拡散度合いに基づいて制御される熱伝達レートを示すグラフである。

[図24]図24は、造形物の高さのばらつきを抑制するように、熱の拡散度合

いに基づいて制御される照射領域の移動速度を示すグラフである。

[図25]図25(a)は、光ELが相対的に高頻度に照射される領域及び光ELが相対的に低頻度に照射される領域の位置の一例を示す斜視図であり、図25(b)は、光ELが相対的に高頻度に照射される領域に形成される造形物及び光ELが相対的に低頻度に照射される領域に形成される造形物を示す断面図である。

[図26]図26は、造形物の高さのばらつきを抑制するように、光が照射される頻度に基づいて制御される造形材料の供給レートを示すグラフである。

[図27]図27は、造形物の高さのばらつきを抑制するように、光が照射される頻度に基づいて制御される熱伝達レートを示すグラフである。

[図28]図28は、造形物の高さのばらつきを抑制するように、光が照射される頻度に基づいて制御される照射領域の移動速度を示すグラフである。

[図29]図29は、造形面に形成されるマークを示す平面図及び断面図である。

[図30]図30(a)及び図30(b)の夫々は、図29に示すマークを形成する場合における造形面上での照射領域の移動軌跡を示す平面図である。

[図31]図31(a)から図31(d)の夫々は、サイズ制御動作によってサイズが制御されたマークを示す平面図である。

[図32]図32は、熱伝達レートとマークのサイズとの関係を示すグラフである。

[図33]図33は、照射領域の移動速度とマークのサイズとの関係を示すグラフである。

[図34]図34は、照射領域のサイズとマークのサイズとの関係を示すグラフである。

[図35]図35(a)及び図35(b)の夫々は、マークのサイズとマークを構成する線状構造物の数との間の関係を示す平面図であり、図35(c)から図35(d)の夫々は、マークのサイズとマークを構成する線状構造物の長さとの間の関係を示す平面図である。

[図36]図36(a)から図36(d)の夫々は、高さ制御動作によって高さが制御されたマークを示す平面図である。

[図37]図37は、供給レートとマークの高さとの関係を示すグラフである。

[図38]図38は、熱伝達レートとマークの高さとの関係を示すグラフである。

[図39]図39は、照射領域の移動速度とマークの高さとの関係を示すグラフである。

[図40]図40(a)及び図40(b)の夫々は、マークの高さとマークを構成する構造層の数との間の関係を示す断面図である。

[図41]図41(a)から図41(c)の夫々は、形状制御動作によって表面の形状が制御されたマークを示す断面図である。

[図42]図42(a)から図42(c)の夫々は、形状制御動作によって連結面の形状が制御されたマークを示す断面図である。

[図43]図43(a)は、印章として対象物に押し付けられるマークを示す平面図及び断面図であり、図43(b)は、マークが押し付けられた対象物に転写された印影を示す平面図である。

[図44]図44(a)から図44(c)の夫々は、対象物の対象面と相補の関係になるように連結面の形状が制御されたマークを示す断面図である。

[図45]図45(a)は、複数のマークを形成している期間における特定ガスの特性の制御態様の一例を示すグラフであり、図45(b)は、図45(a)に示す制御態様で特定ガスの特性が制御された場合に形成される複数のマークを示す平面図であり、図45(c)は、単一のマークを形成している期間における特定ガスの特性の制御態様の一例を示すグラフであり、図45(d)は、図45(c)に示す制御態様で特定ガスの特性が制御された場合に形成されるマークを示す平面図である。

[図46]図46(a)から図46(c)の夫々は、研磨動作が行われている過程での研磨対象面の状態を示す断面図である。

[図47]図47(a)は、造形動作が行われている期間中の照射領域の移動経

路を示す平面図であり、図47(b)は、研磨動作が行われている期間中の照射領域の移動経路を示す平面図である。

[図48]図48(a)は、造形動作が行われている期間中の照射領域の移動経路を示す平面図であり、図48(b)は、研磨動作が行われている期間中の照射領域の移動経路を示す平面図である。

[図49]図49は、第1変形例の造形システムが備える照射光学系の焦点深度を示す断面図である

[図50]図50(a)は、造形面上のある領域部分に照射領域が設定された場合に、第1変形例の造形システムによって形成される構造層を示す断面図であり、図50(b)は、図50(a)に示す領域部分と同じ領域部分に再び照射領域が設定された場合に、第1変形例の造形システムによって形成される構造層を示す断面図である。

[図51]図51(a)及び図51(b)の夫々は、造形面と照射光学系の焦点深度の範囲との間の位置関係を示す断面図である。

[図52]図52は、第2変形例の造形システムの構造を示す断面図である。

[図53]図53(a)は、第3変形例の造形システムが備える照射光学系の構造を示す断面図であり、図53(b)は、第3変形例の照射光学系が備える光学系の構造を示す斜視図である。

[図54]図54は、第4変形例の造形システムが備える造形装置の構造を示す断面図である。

[図55]図55は、第5変形例の造形システムが備える造形装置の構造を示す断面図である。

[図56]図56は、第6変形例によって造形される造形物の構成を示す断面図である。

[図57]図57は、第7変形例によって造形される造形物の構成を示す断面図である。

[図58]図58は、第8変形例の動作を示す断面図である。

[図59]図59は、第8変形例で用いられる供給量変更装置の一例を示す断面

図である。

[図60]図60は、第8変型例で用いられる供給量変更装置の一例を示す断面図である。

[図61]図61(a)は、造形面上での照射領域の移動軌跡を示す平面図であり、図61(b)は、図61(a)に示す移動軌跡に沿って照射領域が移動した場合に形成される造形物の一部を示す断面図である。

[図62]図62(a)は、造形面上での照射領域の移動軌跡を示す平面図であり、図62(b)は、図62(a)に示す移動軌跡に沿って照射領域が移動した場合に形成される造形物の一部を示す断面図である。

### 発明を実施するための形態

[0018] 以下、図面を参照しながら、処理装置、処理方法、マーキング方法、造形システム及び造形方法の実施形態について説明する。以下では、レーザ肉盛溶接法(LMD: Laser Metal Deposition)により、造形材料Mを用いた付加加工を行うことで3次元構造物STを形成するための処理を実行可能な造形システム1を用いて、処理装置、処理方法、マーキング方法、造形システム及び造形方法の実施形態を説明する。尚、レーザ肉盛溶接法(LMD)は、ダイレクト・メタル・デポジション、ダイレクト・エネルギー・デポジション、レーザクラディング、レーザ・エンジニアード・ネット・シェイピング、ダイレクト・ライト・ファブリケーション、レーザ・コンソリデーション、シェイプ・デポジション・マニファクチャリング、ワイヤーフィード・レーザ・デポジション、ガス・スルー・ワイヤ、レーザ・パウダー・フージョン、レーザ・メタル・フォーミング、セレクトティブ・レーザ・パウダー・リメルティング、レーザ・ダイレクト・キャストイング、レーザ・パウダー・デポジション、レーザ・アディティブ・マニファクチャリング、レーザ・ラピッド・フォーミングと称してもよい。

[0019] また、以下の説明では、互いに直交するX軸、Y軸及びZ軸から定義されるXYZ直交座標系を用いて、造形システム1を構成する各種構成要素の位置関係について説明する。尚、以下の説明では、説明の便宜上、X軸方向及

びY軸方向のそれぞれが水平方向（つまり、水平面内の所定方向）であり、Z軸方向が鉛直方向（つまり、水平面に直交する方向であり、実質的には上下方向）であるものとする。また、X軸、Y軸及びZ軸周りの回転方向（言い換えれば、傾斜方向）を、それぞれ、 $\theta$  X方向、 $\theta$  Y方向及び $\theta$  Z方向と称する。ここで、Z軸方向を重力方向としてもよい。また、XY平面を水平方向としてもよい。

[0020] （１）造形システム１の構造

初めに、図１を参照しながら、本実施形態の造形システム１の全体構造について説明する。図１は、本実施形態の造形システム１の構造の一例を示す断面図である。

[0021] 造形システム１は、３次元構造物ST（つまり、３次元方向のいずれの方向においても大きさを持つ３次元の物体であり、立体物）を形成可能である。造形システム１は、３次元構造物STを形成するための基礎（つまり、母材）となるワークW上に、３次元構造物STを形成可能である。造形システム１は、ワークWに付加加工を行うことで、３次元構造物STを形成可能である。ワークWが後述するステージ４３である場合には、造形システム１は、ステージ４３上に、３次元構造物STを形成可能である。ワークWがステージ４３によって保持されている既存構造物である場合には、造形システム１は、既存構造物上に、３次元構造物STを形成可能である。この場合、造形システム１は、既存構造物と一体化された３次元構造物STを形成してもよい。既存構造物と一体化された３次元構造物STを形成する動作は、既存構造物に新たな構造物を付加する動作と等価である。或いは、造形システム１は、既存構造物と分離可能な３次元構造物STを形成してもよい。尚、図１は、ワークWが、ステージ４３によって保持されている既存構造物である例を示している。また、以下でも、ワークWがステージ４３によって保持されている既存構造物である例を用いて説明を進める。

[0022] 上述したように、造形システム１は、レーザ肉盛溶接法により３次元構造物STを形成可能である。つまり、造形システム１は、積層造形技術を用い

て物体を形成する3Dプリンタであるとも言える。尚、積層造形技術は、ラピッドプロトタイピング (Rapid Prototyping)、ラピッドマニュファクチャリング (Rapid Manufacturing)、又は、アディティブマニュファクチャリング (Additive Manufacturing) とも称される。

[0023] 3次元構造物STを形成するために、造形システム1は、図1に示すように、材料供給装置3と、造形装置4と、光源5と、ガス供給装置6と、制御装置7とを備える。材料供給装置3と、造形装置4と、光源5と、ガス供給装置6と、制御装置7とは、筐体C内に收容されている。図1に示す例では、造形装置4が、筐体Cの上部空間UCに收容され、材料供給装置3、光源5、ガス供給装置6及び制御装置7が、上部空間UCの下方に位置する筐体Cの下部空間LCに收容される。但し、材料供給装置3、造形装置4、光源5、ガス供給装置6及び制御装置7の夫々の筐体C内での配置位置が図1に示す配置位置に限定されることはない。

[0024] 材料供給装置3は、造形装置4に造形材料Mを供給する。材料供給装置3は、造形装置4が3次元構造物STを形成するために単位時間あたりに必要とする分量の造形材料Mが造形装置4に供給されるように、当該必要な分量に応じた所望量の造形材料Mを供給する。

[0025] 造形材料Mは、所定強度以上の光ELの照射によって溶融可能な材料である。このような造形材料Mとして、例えば、金属性の材料及び樹脂性の材料の少なくとも一方が使用可能である。但し、造形材料Mとして、金属性の材料及び樹脂性の材料とは異なるその他の材料が用いられてもよい。造形材料Mは、粉状の又は粒状の材料である。つまり、造形材料Mは、粉粒体である。但し、造形材料Mは、粉粒体でなくてもよく、例えばワイヤ状の造形材料やガス状の造形材料が用いられてもよい。

[0026] 造形装置4は、材料供給装置3から供給される造形材料Mを加工して3次元構造物STを形成する。造形材料Mを加工するために、造形装置4は、造形ヘッド41と、駆動系42と、ステージ43とを備える。更に、造形ヘッ

ド41は、照射光学系411と、材料ノズル（つまり造形材料Mを供給する供給系）412とを備えている。造形ヘッド41と、駆動系42と、ステージ43とは、チャンバ44内に收容されている。

[0027] 照射光学系411は、射出部413から光ELを射出するための光学系（例えば、集光光学系）である。具体的には、照射光学系411は、光ELを発する光源5と、光ファイバやライトパイプ等の不図示の光伝送部材を介して光学的に接続されている。照射光学系411は、光伝送部材を介して光源5から伝搬してくる光ELを射出する。照射光学系411は、照射光学系411から下方（つまり、 $-Z$ 側）に向けて光ELを照射する。照射光学系411の下方には、ステージ43が配置されている。ステージ43にワークWが搭載されている場合には、照射光学系411は、ワークWに向けて光ELを照射する。具体的には、照射光学系411は、光ELが照射される（典型的には、集光される）領域としてワークW上に設定される照射領域EAに光ELを照射可能である。更に、照射光学系411の状態は、制御装置7の制御下で、照射領域EAに光ELを照射する状態と、照射領域EAに光ELを照射しない状態との間で切替可能である。尚、照射光学系411から射出される光ELの方向は真下（つまり、 $-Z$ 軸方向と一致）には限定されず、例えば、 $Z$ 軸に対して所定の角度だけ傾いた方向であってもよい。

[0028] 材料ノズル412は、造形材料Mを供給する供給アウトレット414を有する。材料ノズル412は、供給アウトレット414から造形材料Mを供給（具体的には、噴射、噴出、吹き付ける）する。材料ノズル412は、造形材料Mの供給源である材料供給装置3と、不図示のパイプ等を介して物理的に接続されている。材料ノズル412は、パイプを介して材料供給装置3から供給される造形材料Mを供給する。材料ノズル412は、パイプを介して材料供給装置3から供給される造形材料Mを圧送してもよい。即ち、材料供給装置3からの造形材料Mと搬送用の気体（例えば、窒素やアルゴン等の不活性ガス）とを混合してパイプを介して材料ノズル412に圧送してもよい。尚、図1において材料ノズル412は、チューブ状に描かれているが、材

料ノズル412の形状は、この形状に限定されない。材料ノズル412は、材料ノズル412から下方（つまり、 $-Z$ 側）に向けて造形材料Mを供給する。材料ノズル412の下方には、ステージ43が配置されている。ステージ43にワークWが搭載されている場合には、材料ノズル412は、ワークWに向けて造形材料Mを供給する。尚、材料ノズル412から供給される造形材料Mの進行方向はZ軸方向に対して所定の角度（一例として鋭角）だけ傾いた方向であるが、 $-Z$ 側（つまり、真下）であってもよい。

[0029] 本実施形態では、材料ノズル412は、照射光学系411が光ELを照射する照射領域EAに向けて造形材料Mを供給するように、照射光学系411に対して位置合わせされている。つまり、材料ノズル412が造形材料Mを供給する領域としてワークW上に設定される供給領域MAと照射領域EAとが一致する（或いは、少なくとも部分的に重複する）ように、材料ノズル412と照射光学系411とが位置合わせされている。尚、照射光学系411から射出された光ELによって形成される溶融池MPに、材料ノズル412が造形材料Mを供給するように位置合わせされていてもよい。

[0030] 駆動系42は、造形ヘッド41を移動させる。駆動系42は、X軸、Y軸及びZ軸の少なくともいずれかに沿って造形ヘッド41を移動させる。造形ヘッド41がX軸及びY軸の少なくとも一方に沿って移動すると、照射領域EAは、ワークW上をX軸及びY軸の少なくとも一方に沿って移動する。更に、駆動系42は、X軸、Y軸及びZ軸の少なくともいずれかに加えて、 $\theta$ X方向、 $\theta$ Y方向及び $\theta$ Z方向の少なくとも一つに沿って造形ヘッド41を移動させてもよい。駆動系42は、例えば、モータ等を含む。尚、駆動系42は、照射光学系411と材料ノズル412とを別々に移動させてもよい。具体的には、例えば、駆動系42は、射出部413の位置、射出部413の向き、供給アウトレット414の位置及び供給アウトレット414の向きの少なくとも一つを調整可能であってもよい。この場合、照射光学系411が光ELを照射する照射領域EAと、材料ノズル412が造形材料Mを供給する供給領域MAとが別々に制御可能となる。尚、駆動系42は、造形ヘッド

4 1 を X 軸回りの回転軸、 Y 軸回りの回転軸に沿って回転可能にしてもよい。

[0031] ステージ 4 3 は、ワーク W を保持可能である。更に、ステージ 4 3 は、保持したワーク W をリリース可能である。上述した照射光学系 4 1 1 は、ステージ 4 3 がワーク W を保持している期間の少なくとも一部において光 E L を照射する。更に、上述した材料ノズル 4 1 2 は、ステージ 4 3 がワーク W を保持している期間の少なくとも一部において造形材料 M を供給する。尚、材料ノズル 4 1 2 が供給した造形材料 M の一部は、ワーク W の表面からワーク W の外部へと（例えば、ステージ 4 3 の周囲へと）散乱する又はこぼれ落ちる可能性がある。このため、造形システム 1 は、ステージ 4 3 の周囲に、散乱した又はこぼれ落ちた造形材料 M を回収する回収装置を備えていてもよい。尚、ステージ 4 3 は、ワーク W を保持するために、機械的なチャックや真空吸着チャック等を備えていてもよい。

[0032] 光源 5 は、例えば、赤外光、可視光及び紫外光のうちの少なくとも一つを、光 E L として射出する。但し、光 E L として、その他の種類の光が用いられてもよい。光 E L は、レーザ光である。この場合、光源 5 は、レーザ光源（例えば、レーザダイオード（L D : L a s e r D i o d e）等の半導体レーザを含んでいてもよい。レーザ光源としては、ファイバ・レーザや C O<sub>2</sub> レーザ、 Y A G レーザ、エキシマレーザ等であってもよい。但し、光 E L はレーザ光でなくてもよいし、光源 5 は任意の光源（例えば、 L E D（L i g h t E m i t t i n g D i o d e）及び放電ランプ等の少なくとも一つ）を含んでいてもよい。

[0033] ガス供給装置 6 は、パージガスの供給源である。パージガスは、不活性ガスを含む。不活性ガスの一例として、窒素ガス又はアルゴンガスがあげられる。ガス供給装置 6 は、造形装置 4 のチャンバ 4 4 内にパージガスを供給する。その結果、チャンバ 4 4 の内部空間は、パージガスによってパージされた空間となる。尚、ガス供給装置 6 は、窒素ガスやアルゴンガス等の不活性ガスが格納されたボンベであってもよく、不活性ガスが窒素ガスである場合

には、大気を原料として窒素ガスを発生する窒素ガス発生装置であってもよい。

[0034] 制御装置7は、造形システム1の動作を制御する。制御装置7は、例えば、CPU (Central Processing Unit) や、メモリを含んでいてもよい。特に、本実施形態では、制御装置7は、照射光学系411による光ELの射出態様を制御する。射出態様は、例えば、光ELの強度及び光ELの射出タイミングの少なくとも一方を含む。光ELがパルス光である場合には、射出態様は、例えば、パルス光の発光時間の長さ及びパルス光の発光時間と消光時間との比（いわゆる、デューティ比）の少なくとも一方を含んでいてもよい。更に、制御装置7は、駆動系42による造形ヘッド41の移動態様を制御する。移動態様は、例えば、移動量、移動速度、移動方向及び移動タイミングの少なくとも一つを含む。更に、制御装置7は、材料ノズル412による造形材料Mの供給態様を制御する。供給態様は、例えば、供給量（特に、単位時間当たりの供給量）及び供給タイミングの少なくとも一方を含む。尚、制御装置7は、造形システム1の内部に設けられていなくてもよく、例えば、造形システム1外にサーバ等として設けられていてもよい。

[0035] (2) 造形システム1による造形動作

続いて、造形システム1による造形動作（つまり、3次元構造物STを形成するための動作）について説明する。上述したように、造形システム1は、レーザ肉盛溶接法により3次元構造物STを形成する。このため、造形システム1は、レーザ肉盛溶接法に準拠した既存の造形動作を行うことで、3次元構造物STを形成してもよい。以下、レーザ肉盛溶接法による3次元構造物STの造形動作の一例について簡単に説明する。

[0036] 造形システム1は、形成すべき3次元構造物STの3次元モデルデータ（例えば、CAD (Computer Aided Design) データ）等に基づいて、ワークW上に3次元構造物STを形成する。3次元モデルデータとして、造形システム1内に設けられた計測装置45で計測された立

体物の計測データ、造形システム1とは別に設けられた3次元形状計測機、例えばワークWに対して移動可能でワークWに接触可能なプローブを有する接触型の3次元座標測定機や、非接触型の3次元計測機（一例としてパターン投影方式の3次元計測機、光切断方式の3次元計測機、タイム・オブ・フライト方式の3次元計測機、モアレトポグラフィ方式の3次元計測機、ホログラフィック干渉方式の3次元計測機、CT (Computed Tomography) 方式の3次元計測機、MRI (Magnetic resonance imaging) 方式の3次元計測機等の計測データを用いてもよい。尚、3次元モデルデータとしては、例えばSTL (Stereo Lithography) フォーマット、VRML (Virtual Reality Modeling Language) フォーマット、AMF (Additive Manufacturing File Format)、IGES (Initial Graphics Exchange Specification) フォーマット、VDA-FS (Association of German Automobile Manufacturers-Surfaces Interface) フォーマット、HP/GL (Hewlett-Packard Graphics Language) フォーマット、ビットマップフォーマット等を用いることができる。造形システム1は、3次元構造物STを形成するために、例えば、Z軸方向に沿って並ぶ複数の層状の部分構造物（以下、“構造層”と称する）SLを順に形成していく。例えば、造形システム1は、3次元構造物STをZ軸方向に沿って輪切りにすることで得られる複数の構造層SLを1層ずつ順に形成していく。その結果、複数の構造層SLが積層された積層構造体である3次元構造物STが形成される。以下、複数の構造層SLを1層ずつ順に形成していくことで3次元構造物STを形成する動作の流れについて説明する。

[0037] まず、各構造層SLを形成する動作について説明する。造形システム1は、制御装置7の制御下で、ワークWの表面又は形成済みの構造層SLの表面に相当する造形面CS上の所望領域に照射領域EAを設定し、当該照射領域

E A に対して照射光学系 4 1 1 から光 E L を照射する。尚、照射光学系 4 1 1 から照射される光 E L が造形面 C S 上に占める領域を照射領域 E A と称してもよい。本実施形態においては、光 E L のフォーカス位置（つまり、集光位置）が造形面 C S に一致している。その結果、図 2（a）に示すように、照射光学系 4 1 1 から射出された光 E L によって造形面 C S 上の所望領域に溶融池（つまり、光 E L によって溶融した金属のプール）M P が形成される。更に、造形システム 1 は、制御装置 7 の制御下で、造形面 C S 上の所望領域に供給領域 M A を設定し、当該供給領域 M A に対して材料ノズル 4 1 2 から造形材料 M を供給する。ここで、上述したように照射領域 E A と供給領域 M A とが一致しているため、供給領域 M A は、溶融池 M P が形成された領域に設定されている。このため、造形システム 1 は、図 2（b）に示すように、溶融池 M P に対して、材料ノズル 4 1 2 から造形材料 M を供給する。その結果、溶融池 M P に供給された造形材料 M が溶融する。造形ヘッド 4 1 の移動に伴って溶融池 M P に光 E L が照射されなくなると、溶融池 M P において溶融した造形材料 M は、冷却されて再度固化（つまり、凝固）する。その結果、図 2（c）に示すように、再固化した造形材料 M が造形面 C S 上に堆積される。つまり、再固化した造形材料 M の堆積物による造形物が形成される。

[0038] このような光の照射 E L による溶融池 M P の形成、溶融池 M P への造形材料 M の供給、供給された造形材料 M の溶融及び溶融した造形材料 M の再固化を含む一連の造形処理が、造形面 C S に対して造形ヘッド 4 1 を X Y 平面に沿って相対的に移動させながら繰り返される。つまり、造形面 C S に対して造形ヘッド 4 1 が相対的に移動すると、造形面 C S に対して照射領域 E A もまた相対的に移動する。従って、一連の造形処理が、造形面 C S に対して照射領域 E A を X Y 平面に沿って（つまり、二次元平面内において）相対的に移動させながら繰り返される。この際、光 E L は、造形面 C S 上において造形物を形成したい領域に設定された照射領域 E A に対して選択的に照射される一方で、造形面 C S 上において造形物を形成したくない領域に設定された

照射領域 E A に対して選択的に照射されない（造形物を形成したくない領域には照射領域 E A が設定されないとも言える）。つまり、造形システム 1 は、造形面 C S 上を所定の移動軌跡に沿って照射領域 E A を移動させながら、造形物を形成したい領域の分布パターン（つまり、構造層 S L のパターン）に応じたタイミングで光 E L を造形面 C S に照射する。その結果、溶融池 M P もまた、照射領域 E A の移動軌跡に応じた移動軌跡に沿って造形面 C S 上を移動することになる。具体的には、溶融池 M P は、造形面 C S 上において、照射領域 E A の移動軌跡に沿った領域のうち光 E L が照射された部分に順次形成される。更に、上述したように照射領域 E A と供給領域 M A とが一致しているため、供給領域 M A もまた、照射領域 E A の移動軌跡に応じた移動軌跡に沿って造形面 C S 上を移動することになる。その結果、造形面 C S 上に、凝固した造形材料 M による造形物の集合体に相当する構造層 S L が形成される。つまり、溶融池 M P の移動軌跡に応じたパターンで造形面 C S 上に形成された造形物の集合体に相当する構造層 S L（つまり、平面視において、溶融池 M P の移動軌跡に応じた形状を有する構造層 S L）が形成される。なお、造形物を形成したくない領域に照射領域 E A が設定されている場合、光 E L を照射領域 E A に照射するとともに、造形材料 M の供給を停止してもよい。また、造形物を形成したくない領域に照射領域 E A が設定されている場合に、造形材料 M を照射領域 E L に供給するとともに、溶融池 M P ができない強度の光 E L を照射領域 E L に照射してもよい。

[0039] 造形面 C S 上にある一つの構造層 S L を形成している層形成期間中において、照射領域 E A は、図 3（a）に示すように、Y 軸方向に沿った照射領域 E A の移動と X 軸方向に沿った照射領域 E A の移動とが繰り返される第 1 の移動軌跡に沿って移動してもよい。図 3（a）に示す例では、照射領域 E A は、照射領域 E A の + Y 側への移動、照射領域 E A の + X 側への移動、照射領域 E A の - Y 側への移動及び照射領域 E A の + X 側への移動が繰り返される移動軌跡に沿って移動する。この場合、造形システム 1 は、造形面 C S 上で造形物を形成したい領域に照射領域 E A が設定されたタイミングで、光 E

Lを照射する。特に、図3(a)に示す例では、照射領域EAのY軸方向に沿った移動量（特に、照射領域EAの移動方向がX軸方向に切り替わるまでの1回の移動分の移動量）が、照射領域EAのX軸方向に沿った移動量よりも多い。この場合には、造形システム1は、照射領域EAがY軸（或いは、X軸及びY軸のうち、照射領域EAの1回の移動分の移動量が多いいずれか一方の軸）に沿って移動している期間中に光ELを照射し、照射領域EAがX軸（或いは、X軸及びY軸のうち、照射領域EAの1回の移動分の移動量が少ないいずれか他方）に沿って移動している期間中に光ELを照射しない。尚、図3(a)に示す移動軌跡は、いわゆるラスタスキャンでの走査に対応する移動軌跡であると言える。この場合には、照射領域EAの移動軌跡が造形面CS上で交差する可能性がゼロとは限らないものの、照射領域EAの移動軌跡が交差することはほとんどない。

[0040] 或いは、層形成期間中において、照射領域EAは、図3(b)に示すように、構造層SLのパターンに沿った第2の移動軌跡に沿って移動してもよい。この場合も、造形システム1は、造形面CS上で造形物を形成したい領域に照射領域EAが設定されたタイミングで、光ELを照射する。但し、照射領域EAが構造層SLのパターンに沿った第2の移動軌跡に沿って移動しているため、照射領域EAは、実質的には、造形面CS上で造形物を形成したい領域と概ね重なっているとも言える。従って、造形システム1は、照射領域EAが移動している期間中は光ELを照射し続けてもよい。この場合、溶融池MPもまた、構造層SLのパターンに沿った第2の移動軌跡に沿って移動することになる。結果、照射領域EAが構造層SLと相対的に移動する方向に造形物を成長させる造形処理が行われる。尚、図3(b)に示す移動軌跡は、いわゆるベクタースキャンでの走査に対応する移動軌跡であると言える。この場合には、制御装置7は、照射領域EAの移動軌跡が造形面CS上で交差しない（特に、溶融池MPの移動軌跡が造形面CS上で交差しない）ように、照射領域EAの移動軌跡を設定してもよい。但し、造形物を形成したい領域の造形面CS上での分布パターンによっては、照射領域EAの移動

軌跡（特に、溶融池MPの移動軌跡）が造形面CS上で交差する可能性がある。

[0041] 尚、上述では、造形面CSに対して造形ヘッド41（すなわち光EL）を移動させることにより、造形面CSに対して照射領域EAを移動させたが、造形面CSを移動させてもよいし、造形ヘッド41（すなわち光EL）と造形面CSの両方を動かしてもよい。

[0042] 造形システム1は、このような構造層SLを形成するための動作を、制御装置7の制御下で、3次元モデルデータに基づいて繰り返し行う。具体的には、まず、3次元モデルデータを積層ピッチでスライス処理してスライスデータを作成する。尚、造形システム1の特性に応じてこのスライスデータを一部修正したデータを用いてもよい。造形システム1は、ワークWの表面に相当する造形面CS上に1層目の構造層SL#1を形成するための動作を、構造層SL#1に対応する3次元モデルデータ、即ち構造層SL#1に対応するスライスデータに基づいて行う。その結果、造形面CS上には、図4（a）に示すように、構造層SL#1が形成される。その後、造形システム1は、構造層SL#1の表面（つまり、上面）を新たな造形面CSに設定した上で、当該新たな造形面CS上に2層目の構造層SL#2を形成する。構造層SL#2を形成するために、制御装置7は、まず、造形ヘッド41がZ軸に沿って移動するように駆動系42を制御する。具体的には、制御装置7は、駆動系42を制御して、照射領域EA及び供給領域MAが構造層SL#1の表面（つまり、新たな造形面CS）に設定されるように、+Z側に向かって造形ヘッド41を移動させる。これにより、光ELのフォーカス位置が新たな造形面CSに一致する。その後、造形システム1は、制御装置7の制御下で、構造層SL#1を形成する動作と同様の動作で、構造層SL#2に対応するスライスデータに基づいて、構造層SL#1上に構造層SL#2を形成する。その結果、図4（b）に示すように、構造層SL#2が形成される。以降、同様の動作が、ワークW上に形成すべき3次元構造物STを構成する全ての構造層SLが形成されるまで繰り返される。その結果、図4（c

)に示すように、複数の構造層SLが積層された積層構造物によって、3次元構造物STが形成される。

[0043] (3) ばらつき抑制動作

続いて、造形動作によって形成される造形物（つまり、各構造層SLを構成する造形物）の特性のばらつきを抑制するためのばらつき抑制制御動作について説明する。本実施形態では、造形システム1は、第1のばらつき抑制動作、第2のばらつき抑制動作、第3のばらつき抑制動作及び第4のばらつき抑制動作の少なくとも一つを行う。このため、以下では、第1のばらつき抑制動作から第4のばらつき抑制動作について順に説明する。

[0044] 尚、以下の説明では、造形物の特性として、造形物の造形面CSからの高さ（つまり、Z軸方向のサイズ又はZ軸方向の大きさであり、実質的には、造形物の厚み）を用いるものとする。つまり、以下の説明では、造形物の高さのばらつきを抑制するためのばらつき抑制動作について説明する。但し、造形物の特性として、造形物の高さ以外の任意の特性が用いられてもよい。例えば、造形物の特性として、造形物の造形面CSからの高さに加えて又は代えて、造形面CSに沿った造形物のサイズ（つまり、X軸方向及びY軸方向の少なくとも一方のサイズであり、例えば、幅）が用いられてもよい。

[0045] (3-1) 第1のばらつき抑制動作

はじめに、第1のばらつき抑制動作について説明する。第1のばらつき抑制動作は、造形面CS上に任意の一つの構造層SLを形成している層形成期間中に造形面CS上の同じ領域に2回以上照射領域EAが設定される場合に、造形物の高さのばらつきを抑制するための動作に相当する。尚、第1のばらつき抑制動作は、任意の一つの構造層SLにおける当該構造層SLが位置する面内の位置ごとの高さ（構造層SLが位置する面と交差する方向の大きさ）のばらつきを抑制するための動作としてもよい。

[0046] 具体的には、図5(a)に示すように、造形面CS上にある一つの構造層SLを形成している層形成期間中において、照射領域EAは、造形面CS上での構造層SLのパターンに応じた移動軌跡に沿って、造形面CS上を移動

する。ここで、構造層SLのパターンによっては、造形面CS上で照射領域EAの移動軌跡が交差する可能性がある。図5(a)に示す例では、造形面CS上の領域WA1において、照射領域EAの移動軌跡が交差している。照射領域EAの移動軌跡が交差する造形面CS上の領域WA1には、照射領域EAが2回以上設定される。一方で、照射領域EAの移動軌跡と重なる一方で照射領域EAの移動軌跡が交差しない造形面CS上の領域WA2には、照射領域EAが1回だけ設定される。つまり、造形面CSは、層形成期間中に照射領域EAが2回以上設定される領域WA1と、層形成期間中に照射領域EAが1回だけ設定される領域WA2とを含む。尚、領域WA1は、層形成期間中に照射領域EAがM回(Mは2以上の整数)設定される領域とすることができ、領域WA2は、層形成期間中に照射領域EAがN回(Nは1以上の整数であり、 $N < M$ の関係を満たす)設定される領域とすることができる。言い換えると、領域WA1に対する造形処理の回数は領域WA2に対する造形処理の回数と異なり、具体的には、領域WA1に対する造形処理の回数は領域WA2に対する造形処理の回数よりも多い。更に言い換えると、領域WA2に対する造形処理の回数は領域WA1に対する造形処理の回数よりも少ない。

[0047] 領域WA1では、上述した光の照射ELによる溶融池MPの形成、溶融池MPへの造形材料Mの供給、供給された造形材料Mの溶融及び溶融した造形材料Mの再固化を含む一連の造形処理が、領域WA1が照射領域EAの少なくとも一部と一致する異なるタイミングで2回以上行われる可能性がある。つまり、領域WA1では、造形面CS上での溶融池MPの移動軌跡が交差する可能性がある。一方で、領域WA2では、一連の造形処理が2回以上行われることはない。領域WA2では、領域WA2が照射領域EAの少なくとも一部と一致するタイミングで、一連の造形処理が多くても1回行われるだけである。つまり、領域WA2では、造形面CS上での溶融池MPの移動軌跡が交差することはない。尚、一つの構造層SLを形成している層形成期間中において、2回目以降の造形処理のために形成される溶融池MPの少なくと

も一部は、1回目の造形処理により領域WA1に形成された造形物に形成されてもよい。すなわち、2回目以降の造形処理のために形成される溶融池MPの少なくとも一部は、造形材料Mで形成されてもよい。

[0048] 領域WA1において一連の造形処理が2回以上行われる一方で領域WA2において一連の造形処理が1回だけ行われる、別の言い方をすると、領域WA1への造形処理の回数と領域WA2への造形処理の回数とが異なると、以下に示す技術的課題が生ずる。具体的には、領域WA1では、領域WA2と比較して、より多くの造形材料Mが供給、溶融及び再固化される可能性がある。このため、領域WA1と領域WA2とに同じ高さの造形物を形成すべき状況下で領域WA1と領域WA2とを区別することなく一連の造形処理が行われると、領域WA1に形成される造形物の高さ $h_1$ と領域WA2に形成される造形物の高さ $h_2$ とが一致しない可能性がある。典型的には、図5(b)に示すように、領域WA1に形成される造形物の高さ $h_1$ は、一連の造形処理が行われる回数が多い分だけ、領域WA2に形成される造形物の高さ $h_2$ よりも高くなる可能性がある。つまり、層形成期間中に造形面CS上のある領域に2回以上照射領域EAが設定される場合に造形物の高さがばらつく可能性がある。尚、以下では、説明の簡略化のため、領域WA1に形成される造形物を、“造形物S1”と称し、領域WA2に形成される造形物を、“造形物S2”と称する。

[0049] そこで、本実施形態では、制御装置7（言い換えれば、制御装置7の制御下にある造形システム1）は、第1のばらつき抑制動作を行うことで、造形物S1の高さ $h_1$ と造形物S2の高さ $h_2$ とのばらつきを抑制する。尚、本実施形態において、「一の造形物の高さ $h_1$ と他の造形物の高さ $h_2$ とのばらつきを抑制する」動作は、ばらつき抑制動作が行われない場合と比較して、一の造形物の高さ $h_1$ と他の造形物の高さ $h_2$ との差分を小さくする（つまり、差を低減する）動作を含む。「一の造形物の高さ $h_1$ と他の造形物の高さ $h_2$ とのばらつきを抑制する」動作は、一の造形物の高さ $h_1$ と他の造形物の高さ $h_2$ とを一致させる（つまり、同一にする）動作を含む。

[0050] 尚、図5(c)に示すように、領域WA1と領域WA2とに同じサイズの造形物を形成すべき状況下で、領域WA1に形成される造形物のサイズ(ここでは、X軸方向のサイズであり、実質的には幅)w1が、領域WA2に形成される造形物のサイズw2よりも大きくなる可能性もある。つまり、層形成期間中に造形面CS上のある領域に2回以上照射領域EAが設定される場合に造形物のサイズがばらつく可能性がある。このため、上述したように、造形物のサイズ(特に、XY平面に沿ったサイズ)は、第1のばらつき抑制動作によってばらつきを抑制すべき造形物の特性となり得る。この場合、第1のばらつき抑制動作は、任意の一つの構造層SLにおける当該構造層SLが位置する面内の位置ごとの、当該面に沿った方向の大きさのばらつきを抑制するための動作としてもよい。逆に言えば、領域WA1と領域WA2とに同じ特性の造形物を形成すべき状況下で領域WA1と領域WA2とを区別することなく一連の造形処理が行われると、領域WA1に形成される造形物の特性と領域WA2に形成される造形物の特性とが一致しなくなる可能性があるという条件を満たす任意の特性が、第1のばらつき抑制動作によってばらつきを抑制すべき造形物の特性として用いられてもよい。以下に説明する第2から第4のばらつき抑制動作についても同様である。

[0051] 制御装置7は、供給領域MA(つまり、照射領域EA又は溶融池MP)に対して単位時間当たりに供給される造形材料Mの供給量を制御する(例えば、調整、変更又は設定する、以下同じ)ことで、造形物の高さのばらつきを抑制する第1のばらつき抑制動作を行ってもよい。以下、供給領域MAに対して単位時間当たりに供給される造形材料Mの供給量を、説明の便宜上、“供給レート”と称する。尚、造形材料Mの供給量の単位として重量又は体積を用いてもよい。制御装置7は、供給レートを制御することに加えて又は代えて、照射領域EA(つまり、供給領域MA)を介して単位時間当たりに光ELから造形面CSに伝達される熱量を制御することで、造形物の高さのばらつきを抑制する第1のばらつき抑制動作を行ってもよい。以下、照射領域EAを介して単位時間当たりに光ELから造形面CSに伝達される熱量を、

説明の便宜上、“熱伝達レート”と称する。制御装置7は、供給レート及び熱伝達レートの少なくとも一方を制御することに加えて又は代えて、造形面CSに対する照射領域EA（つまり、供給領域MA又は溶融池MP）の相対的な移動速度を制御することで、造形物の高さのばらつきを抑制する第1のばらつき抑制動作を行ってもよい。以下、供給レートを制御する第1のばらつき抑制動作、熱伝達レートを制御する第1のばらつき抑制動作及び照射領域EAの移動速度を制御する第1のばらつき抑制動作について順に説明する。

[0052] （3-1-1）造形材料Mの供給レートを制御する第1のばらつき抑制動作

はじめに、図6（a）から図6（c）を参照しながら、造形材料Mの供給レートを制御する第1のばらつき抑制動作について説明する。尚、説明の簡略化のために、図6（a）から図6（c）の夫々は、層形成期間中において領域WA1に照射領域EAが2回設定される場合における造形材料Mの供給レートの制御方法を示している。

[0053] 図6（a）から図6（c）の夫々は、横軸が時間を示し且つ縦軸が造形材料Mの供給レートを示すグラフである。時間の経過と共に照射領域EAが造形面CS上で移動するため、図6（a）から図6（c）の横軸は、実質的には、造形面上で照射領域EAが設定されている位置に対応している。つまり、図6（a）から図6（c）の夫々は、造形面CS上のある領域部分に照射領域EAが設定されている期間中の、当該領域部分に対する造形材料Mの供給レートを示している。

[0054] 図6（a）に示すように、制御装置7は、（i）領域WA1に1回目に照射領域EAが設定されている期間中の領域WA1に対する供給レートが、領域WA2に対する供給レートと同じになり、且つ、（ii）領域WA1に2回目に照射領域EAが設定されている期間中の領域WA1に対する供給レートがゼロになるように、供給レートを制御してもよい。言い換えれば、制御装置7は、（i）照射領域EAが初めて設定された領域WA1に対する供給

レートが、領域WA 2に対する供給レートと同じになり、且つ、(i i) 照射領域EAが再度設定された領域WA 1に対する供給レートがゼロになるように、供給レートを制御してもよい。尚、制御装置7は、照射領域EAが再度設定された領域WA 1に対する供給レートが、照射領域EAが初めて設定された領域WA 1に対する供給レートよりも低くなるように、供給レートを制御してもよい。

[0055] 或いは、制御装置7は、(i) 領域WA 1に2回目に照射領域EAが設定されている期間中の領域WA 1に対する供給レートが、領域WA 2に対する供給レートと同じになり、且つ、(i i) 領域WA 1に1回目に照射領域EAが設定されている期間中の領域WA 1に対する供給レートがゼロになるように、供給レートを制御してもよい。つまり、制御装置7は、(i) あるタイミングで照射領域EAが設定された領域WA 1に対する供給レートが、領域WA 2に対する供給レートと同じになり、且つ、(i i) それ以外のタイミングで照射領域EAが設定された領域WA 1に対する供給レートがゼロになるように、供給レートを制御してもよい。層形成期間中において領域WA 1に照射領域EAが2回以上設定される場合においても同様に、制御装置7は、(i) あるタイミングで照射領域EAが設定された領域WA 1に対する供給レートが、領域WA 2に対する供給レートと同じになり、且つ、(i i) それ以外のタイミングで照射領域EAが設定された領域WA 1に対する供給レートがゼロになるように、供給レートを制御してもよい。尚、制御装置7は、あるタイミングで照射領域EAが設定された領域WA 1に対する供給レートが、領域WA 2に対する供給レートと同じになり、且つそれ以外のタイミングで照射領域EAが設定された領域WA 1に対する供給レートが、領域WA 2に対する供給レートよりも低くなるように、供給レートを制御してもよい。

[0056] このように供給レートが制御された結果、層形成期間中に領域WA 1に供給された造形材料Mの総量と、層形成期間中に領域WA 2に供給された造形材料Mの総量とが同じになる。より具体的には、層形成期間中にある大きさ

の領域WA 1 に供給された造形材料Mの総量と、層形成期間中に同じ大きさの領域WA 2 に供給された造形材料Mの総量とが同じになる。つまり、層形成期間中に領域WA 1 に供給された造形材料Mの総量を領域WA 1 の面積で除した値（つまり、単位面積当たりの造形材料Mの供給量）と、層形成期間中に領域WA 2 に供給された造形材料Mの総量を領域WA 2 の面積で除した値とが同じになる。このため、領域WA 1 及び領域WA 2 では、単位面積当たりで同じ量の造形材料Mが供給、溶融及び再固化される。その結果、領域WA 1 に形成される造形物S 1 の高さ $h_1$ と領域WA 2 に形成される造形物S 2 の高さ $h_2$ とのばらつきが抑制される。つまり、造形材料Mの供給レートが制御されなかった場合と比較して、造形物S 1 の高さ $h_1$ と造形物S 2 の高さ $h_2$ との差分が小さくなる。典型的には、造形物S 1 の高さ $h_1$ と造形物S 2 の高さ $h_2$ とが一致する。その結果、造形物の集合体である3次元構造物STの形成精度が向上する。尚、供給レートと層形成期間中に各領域WA 1、WA 2 に供給された造形材料Mの総量との関係が非線形である場合には、この非線形な関係を考慮して供給レートを制御すればよい。また、供給レートと造形物の高さ $h_1$ 、 $h_2$ との関係が非線形である場合には、この非線形な関係を考慮して供給レートを制御すればよい。

[0057] 或いは、図6 (b) 及び図6 (c) に示すように、制御装置7は、領域WA 1 に照射領域EAが設定されるたびに領域WA 1 に造形材料Mが供給されるように（つまり、領域WA 1 への供給レートがゼロにならないように）、供給レートを制御してもよい。この場合、制御装置7は、領域WA 1 に1回目に照射領域EAが設定されている期間中の領域WA 1 に対する供給レート及び領域WA 1 に2回目に照射領域EAが設定されている期間中の領域WA 1 に対する供給レートの双方が、領域WA 2 に対する供給レートよりも小さくなるように、供給レートを制御する。尚、制御装置7は、図6 (b) に示すように、領域WA 1 に1回目に照射領域EAが設定されている期間中の領域WA 1 に対する供給レートと領域WA 1 に2回目に照射領域EAが設定されている期間中の領域WA 1 に対する供給レートとが異なるように、供給レ

ートを制御してもよい。或いは、制御装置7は、図6(c)に示すように、領域WA1に1回目に照射領域EAが設定されている期間中の領域WA1に対する供給レートと領域WA1に2回目に照射領域EAが設定されている期間中の領域WA1に対する供給レートとが同一になるように、供給レートを制御してもよい。図6(b)又は図6(c)に示すように供給レートが制御された場合には、領域WA1に対する供給レートと領域WA2に対する供給レートとが常に同一である場合と比較して、層形成期間中に領域WA1に供給された造形材料Mの総量と、層形成期間中に領域WA2に供給された造形材料Mの総量との差分が小さくなる。その結果、領域WA1に形成される造形物S1の高さ $h_1$ と領域WA2に形成される造形物S2の高さ $h_2$ とのばらつきが抑制される。

[0058] 制御装置7は、領域WA1に照射領域EAが設定されるたびに領域WA1に造形材料Mが供給されるように供給レートを制御する場合には、層形成期間中に領域WA1に供給された造形材料Mの総量と、層形成期間中に領域WA2に供給された造形材料Mの総量とが同じになるように、領域WA1に1回目に照射領域EAが設定されている期間中の領域WA1に対する供給レート及び領域WA1に2回目に照射領域EAが設定されている期間中の領域WA1に対する供給レートを制御してもよい。その結果、図5(a)に示すように供給レートが制御された場合と同様に、層形成期間中に領域WA1に供給された造形材料Mの総量と、層形成期間中に領域WA2に供給された造形材料Mの総量とが同じになる。領域WA1に形成される造形物S1の高さ $h_1$ と領域WA2に形成される造形物S2の高さ $h_2$ とのばらつきがより適切に抑制される。尚、供給レートと層形成期間中に各領域WA1、WA2に供給された造形材料Mの総量との関係が非線形である場合には、この非線形な関係を考慮して供給レートを制御すればよい。また、供給レートと造形物の高さ $h_1$ 、 $h_2$ との関係が非線形である場合には、この非線形な関係を考慮して供給レートを制御すればよい。

[0059] 尚、層形成期間中において領域WA1に照射領域EAが2回以上設定され

る場合においても同様に、制御装置 7 は、領域 WA 1 に照射領域 EA が設定されている各期間中の領域 WA 1 に対する供給レートが、領域 WA 2 に対する供給レートよりも小さくなるように、供給レートを制御してもよい。更に、制御装置 7 は、層形成期間中に領域 WA 1 に供給された造形材料 M の総量と、層形成期間中に領域 WA 2 に供給された造形材料 M の総量とが同じになるように、領域 WA 1 に照射領域 EA が設定されている各期間中の領域 WA 1 に対する供給レートを制御してもよい。尚、層形成期間中に領域 WA 1 に供給された造形材料 M の総量と、層形成期間中に領域 WA 2 に供給された造形材料 M の総量とが、異なるように供給レートを制御してもよい。

[0060] 続いて、図 7 から図 10 を参照して、造形材料 M の供給レートを制御するための具体的方法について説明する。

[0061] 制御装置 7 は、供給レートを制御するために、材料ノズル 412 からの造形材料 M の単位時間当たりの供給量（つまり、噴射量）を制御してもよい。具体的には、図 7 に示すように、材料ノズル 412 からの造形材料 M の単位時間当たりの供給量が多くなるほど、供給レートは大きくなる。このため、制御装置 7 は、材料ノズル 412 からの造形材料 M の単位時間当たりの供給量を制御することで、供給レートを制御することができる。材料ノズル 412 からの造形材料 M の単位時間当たりの供給量を制御するために、制御装置 7 は、材料供給装置 3 を制御して、材料供給装置 3 から材料ノズル 412 への造形材料 M の単位時間当たりの供給量を制御してもよい。或いは、材料ノズル 412 からの造形材料 M の単位時間当たりの供給量を制御するために、制御装置 7 は、材料ノズル 412 を制御してもよい。例えば、材料ノズル 412 内の造形材料 M の供給経路中に配置されるバルブを材料ノズル 412 が備えている場合には、制御装置 7 は、当該バルブを制御して、材料ノズル 412 からの造形材料 M の単位時間当たりの供給量を制御してもよい。

[0062] 制御装置 7 は、図 8 (a) 及び図 8 (b) に示すように、供給レートを制御するために、材料ノズル 412 から供給される造形材料 M の少なくとも一部を供給領域 MA（つまり、照射領域 EA 又は溶融池 MP）に到達する前に

吹き飛ばすために造形装置4が備えるガス噴出装置461を制御してもよい。具体的には、ガス噴出装置461は、材料ノズル412と供給領域MAとの間における造形材料Mの供給経路の少なくとも一部に向けて、不活性ガスを噴出する。尚、ガス噴出装置461は、材料ノズル412と供給領域MAとの間における造形材料Mの供給経路の方向と交差する方向に沿って不活性ガスを噴出してもよい。ガス噴出装置461が噴出する不活性ガスは、例えば、ガス供給装置6からガス噴出装置461に供給される。ガス噴出装置461が不活性ガスを噴出している場合には、図8(a)に示すように、材料ノズル412から供給される造形材料Mの少なくとも一部は、供給領域MAに到達される前に、供給領域MAから離れるように吹き飛ばされる。つまり、材料ノズル412から供給される造形材料Mの少なくとも一部は、供給領域MAに到達しない。一方で、ガス噴出装置461が不活性ガスを噴出していない場合には、図8(b)に示すように、材料ノズル412から供給される造形材料Mは、供給領域MAから離れるように吹き飛ばされることはない。つまり、材料ノズル412から供給される造形材料Mは、供給領域MAに到達する。その結果、ガス噴出装置461が不活性ガスを噴出している場合には、ガス噴出装置461が不活性ガスを噴出していない場合と比較して、供給領域MAに対する造形材料Mの単位時間当たりの供給量が少なくなる。つまり、ガス噴出装置461が不活性ガスを噴出している場合には、ガス噴出装置461が不活性ガスを噴出していない場合と比較して、供給レートは小さくなる。このため、制御装置7は、ガス噴出装置461を制御することで、供給レートを制御することができる。

[0063] 制御装置7は、図9(a)及び図9(b)に示すように、供給レートを制御するために、材料ノズル412と供給領域MAとの間における造形材料Mの供給経路に挿脱可能に造形装置4に配置される遮蔽部材462を制御してもよい。具体的には、遮蔽部材462は、不図示の駆動系(例えば、アクチュエータ等)によって、造形材料Mの供給経路に対して移動可能である。尚、遮蔽部材462は、材料ノズル412と供給領域MAとの間における造形

材料Mの供給経路の方向と交差する方向に沿って移動可能であってもよい。遮蔽部材462の移動に伴い、遮蔽部材462の状態は、遮蔽部材462が造形材料Mの供給経路を遮っていない非遮蔽状態（図9（a）参照）と、遮蔽部材462が造形材料Mの供給経路を遮っている遮蔽状態（図9（b）参照）との間で切替可能である。遮蔽部材462が非遮蔽状態にある場合には、図9（a）に示すように、材料ノズル412から供給される造形材料Mは、遮蔽部材462によって遮られることなく、供給領域MAに到達する。一方で、遮蔽部材462が遮蔽状態にある場合には、図9（b）に示すように、材料ノズル412から供給される造形材料Mの少なくとも一部は、供給領域MAに到達する前に、遮蔽部材462によって遮られる。つまり、材料ノズル412から供給される造形材料Mの少なくとも一部は、供給領域MAに到達しない。その結果、遮蔽部材462が遮蔽状態にある場合には、遮蔽部材462が非遮蔽状態にある場合と比較して、供給領域MAに対する造形材料Mの単位時間当たりの供給量が少なくなる。つまり、遮蔽部材462が遮蔽状態にある場合には、遮蔽部材462が非遮蔽状態にある場合と比較して、供給レートは小さくなる。このため、制御装置7は、遮蔽部材462を制御することで、造形材料Mの供給レートを制御することができる。尚、遮蔽部材462の状態は、遮蔽部材462が造形材料Mの供給経路の一部を遮る半遮蔽状態であってもよい。また、一箇所の供給領域MAに間欠的に造形材料Mが供給されるように遮蔽部材462の状態を制御してもよい。この場合、非遮蔽状態と遮蔽状態との比（デューティ比）を制御して、当該一箇所の供給領域MAに対する造形材料Mの単位時間当たりの供給量を制御してもよい。このとき、非遮蔽状態と遮蔽状態との各々の時間は、単位時間よりも短くなってもよい。

[0064] 尚、ガス噴出装置461及び遮蔽部材462は、いずれも、材料ノズル412から供給される造形材料Mの少なくとも一部が供給領域MAに到達することを抑制するための供給量変更装置であると言える。このため、ガス噴出装置461及び遮蔽部材462とは異なる任意の供給量変更装置を造形装置

4が備えている場合には、制御装置7は、造形材料Mの供給レートを制御するために、任意の供給量変更装置を制御してもよい。尚、任意の供給量変更装置は、材料供給装置3及び材料供給装置3から材料ノズル412の供給アウトレット414に至る供給路のうち少なくとも一方に設けられてもよい。このような供給量変更装置としては、例えば通過流量を変更可能なバルブを用いてもよい。また、このような通過流量を変更可能なバルブは、材料供給装置3内及び供給路の少なくとも一方に設けられてもよい。このようなバルブとして、例えばバタフライバルブ、ゲートバルブ、グローブバルブ、ボールバルブ等を用いてもよい。

[0065] 制御装置7は、供給レートを制御するために、材料ノズル412からの造形材料Mの供給方向（つまり、噴射方向）を制御してもよい。具体的には、図10（a）及び図10（b）に示すように、制御装置7は、造形面CSに対する材料ノズル412の向きを制御することで、材料ノズル412からの造形材料Mの供給方向を制御してもよい。材料ノズル412の向きは、駆動系42を用いて材料ノズル412を移動させることで制御可能である。但し、この場合には、駆動系42は、照射光学系411と材料ノズル412とを別々に移動させる。材料ノズル412の向きの制御に伴い、材料ノズル412の状態は、供給領域MA（つまり、照射領域EA又は溶融池MP）に向けて造形材料Mを供給可能な供給状態（図10（a）参照）と、供給領域MA（つまり、照射領域EA又は溶融池MP）に向けて造形材料Mを供給不可能な非供給状態（図10（b）参照）との間で切替可能である。材料ノズル412が供給状態にある場合には、図10（a）に示すように、材料ノズル412から供給される造形材料Mは、供給領域MAに到達する。一方で、材料ノズル412が非供給状態にある場合には、図10（b）に示すように、材料ノズル412から供給される造形材料Mは、供給領域MAに到達しない。従って、材料ノズル412が非供給状態にある期間が長くなればなるほど、供給領域MAに対する造形材料Mの単位時間当たりの供給量が少なくなる。つまり、材料ノズル412が非供給状態にある期間が長くなればなるほど、

造形材料Mの供給レートは小さくなる。このため、制御装置7は、造形材料Mの供給方向を制御することで、造形材料Mの供給レートを制御することができる。尚、材料ノズル412の状態は、供給領域MA（つまり、照射領域EA又は熔融池MP）の一部に向けて造形材料Mを供給可能な半供給状態であってもよい。この場合、材料ノズル412から造形材料が供給される上記一部の面積を変更して、造形材料Mの供給レートを制御してもよい。

[0066] （3-1-2）熱伝達レートを制御する第1のばらつき抑制動作

続いて、図11（a）から図11（c）を参照しながら、熱伝達レートを制御する第1のばらつき抑制動作について説明する。尚、説明の簡略化のために、図11（a）から図11（c）の夫々は、層形成期間中において領域WA1に照射領域EAが2回設定される場合における造形材料Mの供給レートの制御方法を示している。

[0067] 図11（a）から図11（c）の夫々は、横軸が時間を示し且つ縦軸が熱伝達レートを示すグラフである。時間の経過と共に照射領域EAが造形面CS上で移動するため、図11（a）から図11（c）の横軸は、上述した図6（a）から図6（c）の横軸と同様に、造形面CS上で照射領域EAが設定されている位置に対応している。

[0068] 図11（a）に示すように、制御装置7は、（i）領域WA1に1回目に照射領域EAが設定されている期間中の領域WA1に対する熱伝達レートが、領域WA2に対する熱伝達レートと同じになり、且つ、（ii）領域WA1に2回目に照射領域EAが設定されている期間中の領域WA1に対する熱伝達レートがゼロになるように、熱伝達レートを制御してもよい。言い換えれば、制御装置7は、（i）照射領域EAが初めて設定された領域WA1に対する熱伝達レートが、領域WA2に対する熱伝達レートと同じになり、且つ、（ii）照射領域EAが再度設定された領域WA1に対する熱伝達レートがゼロになるように、熱伝達レートを制御してもよい。尚、熱伝達レートがゼロになる状態は、光ELが照射されない状態と等価である。従って、制御装置7は、（i）照射領域EAが初めて設定された領域WA1に対して、

領域WA 2と同じように光ELを照射し、且つ、(ii)照射領域EAが再度設定された領域WA 1に光ELを照射しないように、造形装置4を制御しているとも言える。尚、制御装置7は、2回目に照射領域が設定された領域WA 1に対する熱伝達レートが1回目に照射領域が設定された領域WA 1に対する熱伝達レートよりも低くなるように、熱伝達レートを制御してもよい。また、制御装置7は、2回目に照射領域が設定された領域WA 1に対する光ELの単位時間当たりの強度又はエネルギーが1回目に照射領域が設定された領域WA 1に対する光ELの単位時間当たりの強度又はエネルギーよりも低くなるように制御してもよい。

[0069] 或いは、制御装置7は、(i)領域WA 1に2回目に照射領域EAが設定されている期間中の領域WA 1に対する熱伝達レートが、領域WA 2に対する熱伝達レートと同じになり、且つ、(ii)領域WA 1に1回目に照射領域EAが設定されている期間中の領域WA 1に対する熱伝達レートがゼロになるように、熱伝達レートを制御してもよい。つまり、制御装置7は、(i)あるタイミングで照射領域EAが設定された領域WA 1に対する熱伝達レートが、領域WA 2に対する熱伝達レートと同じになり、且つ、(ii)それ以外のタイミングで照射領域EAが設定された領域WA 1に対する熱伝達レートがゼロになるように、熱伝達レートを制御してもよい。層形成期間中において領域WA 1に照射領域EAが2回以上設定される場合においても同様に、制御装置7は、(i)あるタイミングで照射領域EAが設定された領域WA 1に対する熱伝達レートが、領域WA 2に対する熱伝達レートと同じになり、且つ、(ii)それ以外のタイミングで照射領域EAが設定された領域WA 1に対する熱伝達レートがゼロになるように、熱伝達レートを制御してもよい。尚、制御装置7は、1回目に照射領域が設定された領域WA 1に対する熱伝達レートが2回目に照射領域が設定された領域WA 1に対する熱伝達レートよりも低くなるように、熱伝達レートを制御してもよい。また、制御装置7は、1回目に照射領域が設定された領域WA 1に対する光ELの単位時間当たりの強度又はエネルギーが2回目に照射領域が設定された領域

WA 1 に対する光 E L の単位時間当たりの強度又はエネルギーよりも低くなるように制御してもよい。また、制御装置 7 は、あるタイミングで照射領域 E A が設定された領域 WA 1 に対する熱伝達レートが、領域 WA 2 に対する熱伝達レートと同じになり、且つそれ以外のタイミングで照射領域 E A が設定された領域 WA 1 に対する熱伝達レートが領域 WA 2 に対する熱伝達レートよりも低くなるように、熱伝達レートを制御してもよい。

[0070] このように熱伝達レートが制御された結果、層形成期間中に光 E L から領域 WA 1 に伝達された熱の総量と、層形成期間中に光 E L から領域 WA 2 に伝達された熱の総量とが同じになる。より具体的には、層形成期間中に光 E L からある大きさの領域 WA 1 に伝達された熱の総量と、層形成期間中に光 E L から同じ大きさの領域 WA 2 に伝達された熱の総量とが同じになる。つまり、層形成期間中に光 E L から領域 WA 1 に伝達された熱の総量を領域 WA 1 の面積で除した値（つまり、単位面積当たり光 E L から伝達された熱量）と、層形成期間中に光 E L から領域 WA 2 に伝達された熱の総量を領域 WA 2 の面積で除した値とが同じになる。このため、領域 WA 1 及び領域 WA 2 では、単位面積当たりで同じ量の造形材料 M が供給、溶融及び再固化される。なぜならば、光 E L から伝達される熱量が多くなるほど多くの量の造形材料 M が溶融される可能性があるところ、光 E L から領域 WA 1 に伝達された熱の総量と光 E L から領域 WA 2 に伝達された熱の総量とが同じであるがゆえに、領域 WA 1 における造形材料 M の溶融量（具体的には、単位面積当たりの溶融量、以下同じ）と領域 WA 2 における造形材料 M の溶融量とが同じになる可能性が相対的に高いからである。その結果、上述した供給レートが制御される場合と同様に、領域 WA 1 に形成される造形物 S 1 の高さ  $h_1$  と領域 WA 2 に形成される造形物 S 2 の高さ  $h_2$  とのばらつきが抑制される。その結果、造形物の集合体である 3 次元構造物 S T の形成精度が向上する。尚、熱伝達レートと造形物の高さ  $h_1$ 、 $h_2$  との関係が非線形である場合には、この非線形な関係を考慮して熱伝達レートを制御すればよい。

[0071] 熱伝達レートが制御される場合には更に、領域 WA 1 では、領域 WA 2 と

同じ大きさの溶融池MPが形成される。なぜならば、光ELから伝達される熱量が多くなるほど大きな溶融池MPが形成される可能性があるところ、光ELから領域WA1に伝達された熱の総量と光ELから領域WA2に伝達された熱の総量とが同じであるがゆえに、領域WA1に形成される溶融池MPの大きさと領域WA2に形成される溶融池MPの大きさとが同じになる可能性が相対的に高いからである。その結果、上述した供給レートが制御される場合と同様に、領域WA1に形成される造形物S1の高さh1と領域WA2に形成される造形物S2の高さh2とのばらつきが抑制される。というのも、溶融池MPが大きくなるほど、溶融池MPで溶融した後に再固化した造形材料Mの幅（造形面CSに沿った方向のサイズ）が大きくなる可能性がある。このため、仮に、相対的に大きい溶融池MP及び相対的に小さい溶融池MPに同じ分量の造形材料Mが供給されるとすると、相対的に大きい溶融池MPが形成された部分には、相対的に幅が大きくなったことに起因して相対的に低い造形物が形成される一方で、相対的に小さい溶融池MPが形成された部分には、相対的に幅が小さくなったことに起因して相対的に高い造形物が形成される可能性がある。しかるに、本実施形態では、領域WA1に形成される溶融池MPの大きさと領域WA2に形成される溶融池MPの大きさとが同じになるため、領域WA1に形成される造形物S1の高さh1と領域WA2に形成される造形物S2の高さh2とのばらつきが抑制される。その結果、造形物の集合体である3次元構造物STの形成精度が向上する。

[0072] 或いは、図11(b)及び図11(c)に示すように、制御装置7は、領域WA1に照射領域EAが設定されるたびに領域WA1に光ELが照射されるように（つまり、領域WA1に対する熱伝達レートがゼロにならないように）、熱伝達レートを制御してもよい。この場合、制御装置7は、領域WA1に1回目に照射領域EAが設定されている期間中の領域WA1に対する熱伝達レート及び領域WA1に2回目に照射領域EAが設定されている期間中の領域WA1に対する熱伝達レートの双方が、領域WA2に対する熱伝達レートよりも小さくなるように、造形材料Mの供給レートを制御する。尚、制

御装置 7 は、図 1 1 ( b ) に示すように、領域 WA 1 に 1 回目に照射領域 E A が設定されている期間中の領域 WA 1 に対する熱伝達レートと領域 WA 1 に 2 回目に照射領域 E A が設定されている期間中の領域 WA 1 に対する熱伝達レートとが異なるように、熱伝達レートを制御してもよい。或いは、制御装置 7 は、図 1 1 ( c ) に示すように、領域 WA 1 に 1 回目に照射領域 E A が設定されている期間中の領域 WA 1 に対する熱伝達レートと領域 WA 1 に 2 回目に照射領域 E A が設定されている期間中の領域 WA 1 に対する熱伝達レートとが同一になるように、熱伝達レートを制御してもよい。図 1 1 ( b ) 又は図 1 1 ( c ) に示すように熱伝達レートが制御された場合には、領域 WA 1 に対する熱伝達レートと領域 WA 2 に対する熱伝達レートとが常に同一である場合と比較して、層形成期間中に領域 WA 1 に伝達された熱の総量と、層形成期間中に領域 WA 2 に伝達された熱の総量との差分が小さくなる。その結果、領域 WA 1 に形成される造形物 S 1 の高さ  $h_1$  と領域 WA 2 に形成される造形物 S 2 の高さ  $h_2$  とのばらつきが抑制される。尚、熱伝達レートと造形物の高さ  $h_1$ 、 $h_2$  との関係が非線形である場合には、この非線形な関係を考慮して熱伝達レートを制御すればよい。

[0073] 制御装置 7 は、領域 WA 1 に照射領域 E A が設定されるたびに領域 WA 1 に光 E L が照射されるように熱伝達レートを制御する場合には、層形成期間中に領域 WA 1 に伝達された熱の総量と、層形成期間中に領域 WA 2 に伝達された熱の総量とが同じになるように、領域 WA 1 に 1 回目に照射領域 E A が設定されている期間中の領域 WA 1 に対する熱伝達レート及び領域 WA 1 に 2 回目に照射領域 E A が設定されている期間中の領域 WA 1 に対する熱伝達レートを制御してもよい。その結果、図 1 1 ( a ) に示すように熱伝達レートが制御された場合と同様に、層形成期間中に領域 WA 1 に伝達された熱の総量と、層形成期間中に領域 WA 2 に伝達された熱の総量とが同じになる。その結果、領域 WA 1 に形成される造形物 S 1 の高さ  $h_1$  と領域 WA 2 に形成される造形物 S 2 の高さ  $h_2$  とのばらつきがより適切に抑制される。

[0074] 尚、層形成期間中において領域 WA 1 に照射領域 E A が 2 回以上設定され

る場合においても同様に、制御装置 7 は、領域 WA 1 に照射領域 EA が設定されている各期間中の領域 WA 1 に対する熱伝達レートが、領域 WA 2 に対する熱伝達レートよりも小さくなるように、熱伝達レートを制御してもよい。更に、制御装置 7 は、層形成期間中に領域 WA 1 に伝達された熱の総量と、層形成期間中に領域 WA 2 に伝達された熱の総量とが同じになるように、領域 WA 1 に照射領域 EA が設定されている各期間中の領域 WA 1 に対する熱伝達レートを制御してもよい。

[0075] 続いて、図 12 から図 14 を参照して、熱伝達レートを制御するための具体的方法について説明する。

[0076] 制御装置 7 は、熱伝達レートを制御するために、照射領域 EA 上での光 EL の単位面積当たりの強度又はエネルギー量を制御してもよい。具体的には、図 12 に示すように、照射領域 EA 上での光 EL の単位面積当たりの強度又はエネルギー量が大きくなるほど、熱伝達レートは大きくなる。このため、制御装置 7 は、照射領域 EA 上での光 EL の単位面積当たりの強度又はエネルギー量を制御することで、熱伝達レートを制御することができる。

[0077] 照射領域 EA 上での光 EL の単位面積当たりの強度を制御するために、制御装置 7 は、光源 5 を制御してもよい。例えば、制御装置 7 は、光源 5 が射出する光 EL の強度を制御してもよい。光 EL がパルス光である場合には、パルス光の発光時間が長くなるほど（言い換えれば、パルス光の消光時間が短くなるほど）、照射領域 EA 上での光 EL の単位面積当たりの強度が大きくなる。このため、光 EL がパルス光である場合には、例えば、制御装置 7 は、光源 5 が射出する光 EL のデューティ比を制御してもよい。

[0078] 照射領域 EA 上での光 EL の単位面積当たりの強度又はエネルギー量を制御するために、制御装置 7 は、照射光学系 411 を制御してもよい。例えば、制御装置 7 は、照射光学系 411 が射出する光 EL の強度又はエネルギー量を制御してもよい。この場合、照射光学系 411 は、照射光学系 411 内で光 EL の強度又はエネルギー量を調整するための光学部材を備えていてもよい。

[0079] 照射領域 EA 上での光 EL の単位面積当たりの強度又はエネルギー量を制御

するために、制御装置7は、図13(a)及び図13(b)に示すように、照射光学系411と照射領域EAとの間における光ELの光路に挿脱可能に造形装置4に配置される遮光部材471を制御してもよい。具体的には、遮光部材471は、不図示の駆動系(例えば、アクチュエータ等)によって、光ELの光路に対して移動可能である。遮光部材471の移動に伴い、遮光部材471の状態は、光ELの光路を遮っている遮光状態(図13(a)参照)と、光ELの光路を遮っていない非遮光状態(図13(b)参照)との間で切替可能である。遮光部材471が遮光状態にある場合には、図13(a)に示すように、照射光学系411から射出した光ELは、遮光部材471によって遮られる。光ELが透過できない材料から遮光部材471が形成されている場合には、光ELは、照射領域EAに到達しない。光ELの一部が透過可能な材料から遮光部材471が形成されている場合には、光ELの一部が、照射領域EAに到達しない。つまり、遮光部材471によって強度が減衰した光ELが、照射領域EAに照射される。一方で、遮光部材471が非遮光状態にある場合には、図13(b)に示すように、照射光学系411から射出した光ELは、遮光部材471によって遮られることなく、照射領域EAに到達する。その結果、遮光部材471が遮光状態にある場合には、遮光部材471が非遮光状態にある場合と比較して、照射領域EA上での光ELの単位面積当たりの強度が小さくなる。尚、遮光部材471は、照射光学系411から射出した光ELの一部を遮蔽する半遮光状態となるように、制御装置7によって制御されてもよい。尚、制御装置7は、遮光部材471が遮光状態にある期間と遮光部材471が非遮光状態にある期間との比を制御してもよい。遮光部材471が遮光状態にある期間が長くなるほど(言い換えれば、遮光部材471が非遮光状態にある期間が短くなるほど)、照射領域EA上での光ELの単位面積当たりの強度が小さくなる。また、遮光部材471は、照射光学系411の内部に設けられていてもよく、光源5と照射光学系411との間の光路に設けられてもよい。

[0080] 制御装置7は、熱伝達レートを制御するために、光ELのフォーカス位置

(言い換えれば、デフォーカス量)を制御してもよい。具体的には、フォーカス位置が造形面CSから離れるほど(つまり、デフォーカス量が大きくなるほど)、造形面CSに設定される照射領域EA上での光ELの単位面積当たりの強度又はエネルギー量が小さくなる。従って、フォーカス位置が造形面CSから離れるほど(つまり、デフォーカス量が大きくなるほど)、熱伝達レートは小さくなる。このため、制御装置7は、フォーカス位置を制御することで、熱伝達レートを制御することができる。フォーカス位置を制御するために、図14(a)及び図14(b)に示すように、制御装置7は、照射光学系411が備える集光光学素子472を制御してもよい。尚、図14(a)は、フォーカス位置が造形面CS上に設定されているがゆえに、照射領域EA上での光ELの単位面積当たりの強度又はエネルギー量が相対的に大きい状態を示している。一方で、図14(b)は、フォーカス位置が造形面CSから離れた位置に設定されているがゆえに、照射領域EA上での光ELの単位面積当たりの強度又はエネルギー量が相対的に小さい状態を示している。或いは、フォーカス位置を制御するために、制御装置7は、駆動系42を制御してもよい。具体的には、制御装置7は、造形面CSに対してZ軸に沿って造形ヘッド41(特に、照射光学系411)を移動させることで、造形面CSとフォーカス位置との間の相対位置を制御してもよい。後述するように、ステージ43を移動させる駆動系を造形装置4が備えている場合には、制御装置7は、造形ヘッド41に対してZ軸に沿ってステージ43(つまり、造形面CS)を移動させることで、造形面CSとフォーカス位置との間の相対位置を制御してもよい。尚、照射光学系411を構成する光学部材の一部を移動させることで、造形面CSとフォーカス位置との間の相対位置を制御してもよい。

[0081] 制御装置7は、熱伝達レートを制御するために、照射領域EA内での光ELの強度分布又はエネルギー量分布を制御してもよい。尚、上述した照射領域EA内での光ELの単位面積当たりの強度又はエネルギー量の制御及びフォーカス位置の制御は、照射領域EA内での光ELの強度分布の制御の一具体例

である。照射領域E A内での光E Lの強度分布を制御するために、制御装置7は、照射光学系4 1 1が備える強度分布を調整するための光学部材を制御してもよい。強度分布を調整するための光学部材としては、光E Lの光路を横切る面内で所要の濃度分布を有するフィルタ、光E Lの光路を横切る面内で所要の面形状を有する非球面な光学部材（例えば、屈折型の光学部材又は反射型の光学部材）、回折光学素子及び空間光変調器等の少なくとも一つを用いることができる。

[0082] 制御装置7は、熱伝達レートを制御するために、造形面C S上での照射領域E Aの大きさ、形状及び位置の少なくとも一つを制御してもよい。造形面C S上での照射領域E Aの大きさ、形状及び位置の少なくとも一つが変わると、造形面C S上での光E Lの強度分布又はエネルギー量分布が変わる。従って、制御装置7は、造形面C S上での照射領域E Aの大きさ、形状及び位置の少なくとも一つを制御することで、熱伝達レートを制御することができる。

[0083] 制御装置7は、熱伝達レートを制御するために、光E Lの強度と相関を有する光E Lの任意の特性を制御してもよい。制御装置7は、熱伝達レートを制御するために、熱伝達レートと相関を有する光E Lの任意の特性を制御してもよい。このような光E Lの任意の特性の一例として、造形面C S上での照射領域E Aの大きさ、形状及び位置の少なくとも一つがあげられる。なぜならば、造形面C S上での照射領域E Aの大きさ、形状及び位置の少なくとも一つが変わると、造形面C S上での光E Lの強度分布が変わるからである。また、任意の特性の一例としては、造形面C Sに向かう光E Lの波長であってもよい。光E Lの波長が異なると、造形材料Mでの光の吸収率が異なってくるため、単位時間当たりに光E Lから造形面C Sに伝達される熱量である熱伝達レートが変わる。尚、上述したように、2回目以降の造形処理においては、造形材料Mの造形物に溶融池が形成されることも考えられる。その場合、光E Lから造形面C Sと造形材料Mの光E Lの吸収率が異なる可能性がある。例えば、造形面C Sを形成する材料と造形材料Mとが異なる場合に

は、光ELから造形面CSと造形材料Mの光ELの吸収率が異なる可能性がある。このような場合も光ELの照射される部分の光ELの吸収率などを考慮して、熱伝達レートを制御してもよい。

[0084] (3-1-3) 照射領域EAの移動速度を制御する第1のばらつき抑制動作

続いて、図15(a)及び図15(b)を参照しながら、照射領域EAの移動速度を制御する第1のばらつき抑制動作について説明する。尚、説明の簡略化のために、図15(a)及び図15(b)の夫々は、層形成期間中において領域WA1に照射領域EAが2回設定される場合における照射領域EAの移動速度の制御方法を示している。

[0085] 図15(a)及び図15(b)の夫々は、横軸が時間を示し且つ縦軸が照射領域EAの移動速度を示すグラフである。時間の経過と共に照射領域EAが造形面CS上で移動するため、図15(a)及び図15(b)の横軸は、上述した図6(a)から図6(c)の横軸と同様に、造形面CS上で照射領域EAが設定されている位置に対応している。

[0086] 図15(a)から図15(b)に示すように、制御装置7は、領域WA1に1回目に照射領域EAが設定されている期間中の照射領域EAの移動速度及び領域WA1に2回目に照射領域EAが設定されている期間中の照射領域EAの移動速度の双方が、領域WA2に照射領域EAが設定されている期間中の照射領域EAの移動速度よりも速くなるように、照射領域EAの移動速度を制御する。尚、制御装置7は、図15(a)に示すように、領域WA1に1回目に照射領域EAが設定されている期間中の照射領域EAの移動速度と領域WA1に2回目に照射領域EAが設定されている期間中の照射領域EAの移動速度とが異なるように、照射領域EAの移動速度を制御してもよい。或いは、制御装置7は、図15(b)に示すように、領域WA1に1回目に照射領域EAが設定されている期間中の照射領域EAの移動速度と領域WA1に2回目に照射領域EAが設定されている期間中の照射領域EAの移動速度とが同じになるように、照射領域EAの移動速度を制御してもよい。

[0087] ここで、照射領域E Aの移動速度が速くなるほど、造形面CS上のある領域部分に照射領域E Aが設定されている時間が短くなる。造形面CS上のある領域部分に照射領域E Aが設定されている時間が短くなるほど、当該領域部分に対して光ELから伝達される熱量が少なくなる。造形面CS上のある領域部分に対して光ELから伝達される熱量が少なくなるほど、当該領域部分における造形材料Mの溶融量が減る。更に、照射領域E Aの移動速度が速くなるほど、照射領域E Aと同じ位置に設定される供給領域MAの移動速度が速くなる。供給領域MAの移動速度が速くなるほど、造形面CS上のある領域部分に供給領域MAが設定されている時間が短くなる。造形面CS上のある領域部分に供給領域MAが設定されている時間が短くなるほど、当該領域部分に対する造形材料光ELの供給量が少なくなる。造形面CS上のある領域部分に対する造形材料ELの供給量が少なくなるほど、当該領域部分における造形材料Mの溶融量が減る。このため、図15(a)又は図15(b)に示すように照射領域E Aの移動速度が制御されると、照射領域E Aの移動速度が常に一定である場合と比較して、層形成期間中に領域WA1で溶融した造形材料Mの総量と、層形成期間中に領域WA2で溶融した造形材料Mの総量との差分が小さくなる。より具体的には、層形成期間中にある大きさの領域WA1で溶融した造形材料Mの総量と、層形成期間中に同じ大きさの領域WA2で溶融した造形材料Mの総量との差分が小さくなる。つまり、層形成期間中に領域WA1で溶融した造形材料Mの総量を領域WA1の面積で除した値(つまり、単位面積当たりの造形材料Mの溶融量)と、層形成期間中に領域WA2で溶融した造形材料Mの総量を領域WA2の面積で除した値の差分が小さくなる。その結果、領域WA1に形成される造形物S1の高さ $h_1$ と領域WA2に形成される造形物S2の高さ $h_2$ とのばらつきが抑制される。

[0088] 制御装置7は、層形成期間中に領域WA1で溶融する造形材料Mの総量と、層形成期間中に領域WA2で溶融する造形材料Mの総量とが同じになるように、照射領域E Aの移動速度を制御してもよい。例えば、領域WA1に照

射領域E AがN（但し、Nは2以上の整数）回設定されることに起因して一連の造形処理がN回行われる場合には、制御装置7は、領域WA1に照射領域E Aが設定されている各期間中の照射領域E Aの移動速度が、領域WA2に照射領域E Aが設定されている期間中の照射領域E Aの移動速度のN倍になるように、照射領域E Aの移動速度を制御してもよい。或いは、例えば、領域WA1に照射領域E AがN回設定されることに起因して一連の造形処理がN回行われる場合には、制御装置7は、領域WA1に照射領域E Aが設定されている各期間中の照射領域E Aの移動速度の平均が、領域WA2に照射領域E Aが設定されている期間中の照射領域E Aの移動速度と同じになるように、照射領域E Aの移動速度を制御してもよい。その結果、領域WA1に形成される造形物S1の高さh1と領域WA2に形成される造形物S2の高さh2とのばらつきがより適切に抑制される。尚、照射領域E Aの移動速度と造形物の高さh1、h2との関係が非線形である場合には、この非線形な関係を考慮して移動速度を制御すればよい。

[0089] 制御装置7は、照射領域E Aの移動速度を制御するために、駆動系42を制御してもよい。つまり、制御装置7は、造形ヘッド41の移動速度（特に、XY平面に沿った方向の移動速度）を制御することで、造形面CSに対する照射領域E Aの相対的な移動速度を制御してもよい。後述するように、ステージ43を移動させる駆動系を造形装置4が備えている場合には、制御装置7は、ステージ43の移動速度（特に、XY平面に沿った方向の移動速度）を制御することで、造形面CSに対する照射領域E Aの相対的な移動速度を制御してもよい。後述するように、照射光学系411が光ELを偏向可能な光学部材（例えば、ガルバノスキャナ等）を備えている場合には、制御装置7は、光ELを偏向可能な光学部材を制御することで、造形面CSに対する照射領域E Aの相対的な移動速度を制御してもよい。

[0090] （3-2）第2のばらつき抑制動作

続いて、第2のばらつき抑制動作について説明する。第2のばらつき抑制動作は、光ELから伝達される熱に対する特性（以降、“熱特性”と称する

) が異なる領域が造形面CSに存在する場合に、造形物の高さなどのばらつきを抑制するための動作に相当する。特に、第2のばらつき抑制動作は、造形面CSに対する照射領域EA（つまり、供給領域MA又は熔融池MP）の相対的な移動速度の違いに起因して熱特性が異なる領域が造形面CSに存在する場合に、造形物の高さのばらつきを抑制するための動作に相当する。

[0091] 具体的には、図16(a)に示すように、造形面CS上にある一つの構造層SLを形成している層形成期間中において、造形面CS上での構造層SLのパターンに応じた移動軌跡に沿って照射領域EAが造形面CS上を移動することは上述したとおりである。ここで、照射領域EAは、移動軌跡に沿って常に一定の移動速度で移動するとは限らない。つまり、照射領域EAの移動速度は、層形成期間中に変わる可能性がある。例えば、図16(a)に示すように、造形面CS上のある地点P3において、照射領域EAの移動方向が変わる可能性がある。この場合、図16(b)に示すように、当初は一定であった照射領域EAの移動速度は、照射領域EAが地点P3に近づくにつれて徐々に減少していく。その後、照射領域EAの移動速度は、照射領域EAが地点P3に到達した時点で最小になる（例えば、ゼロになる）。その後、照射領域EAの移動速度は、照射領域EAが地点P3から遠ざかるにつれて徐々に増加していく。その後、照射領域EAの移動速度がある程度増加した後には、照射領域EAは、一定の移動速度で移動する。

[0092] このように照射領域EAの移動速度が変化すると、造形面CS上のある領域部分に照射領域EAが設定されている時間もまた変化する。造形面CS上のある領域部分に照射領域EAが設定されている時間が変化すると、当該領域部分に対して光ELから伝達される熱量もまた変化する。このため、照射領域EAの移動速度が変化する場合には、光ELから伝達される熱量に関する熱特性が異なる領域が造形面CSに存在することになる。より具体的には、照射領域EAの移動速度が遅くなるほど、造形面CS上のある領域部分に照射領域EAが設定されている時間が長くなる。造形面CS上のある領域部分に照射領域EAが設定されている時間が長くなるほど、当該領域部分に対

して光E Lから伝達される熱量が多くなる。

[0093] 造形面C S上のある領域部分に光E Lから伝達される熱量が変化すると、当該領域部分における造形材料Mの溶融量が増加する可能性がある。造形面C S上のある領域部分における造形材料Mの溶融量が増加すると、当該領域部分において溶融した造形材料Mから形成される造形物の高さ（或いは、サイズ等の任意の特性）もまた増加する可能性がある。より具体的には、造形面C S上のある領域部分に光E Lから伝達される熱量が多くなるほど、当該領域部分における造形材料Mの溶融量が多くなる可能性がある。造形面C S上のある領域部分に造形材料Mの溶融量が多くなるほど、当該領域部分において溶融した造形材料Mから形成される造形物が高くなる可能性がある。このため、造形面C Sに一定の高さの造形物を形成すべき状況下で照射領域E Aの移動速度の変化を考慮することなく一連の造形処理が行われると、図16（b）の下部に示すように、照射領域E Aの移動速度に応じて高さが異なる造形物が形成される可能性がある。より具体的には、造形面C S上のある領域部分を移動する照射領域E Aの移動速度が遅くなるほど、当該領域部分に形成される造形物が高くなる可能性がある。

[0094] 一例として、照射領域E Aの移動速度が変わる場合には、図16（a）及び図16（b）に示すように、造形面C S上には、照射領域E Aが第1の移動速度で移動する領域W A 3と、照射領域E Aが第1の移動速度よりも遅い第2の移動速度で移動する領域W A 4とが存在すると言える。この場合、領域W A 3と領域W A 4とに同じ高さの造形物を形成すべき状況下で領域W A 3と領域W A 4とを区別することなく一連の造形処理が行われると、図16（b）の下部に示すように、領域W A 3に形成される造形物の高さとは領域W A 4に形成される造形物の高さとは一致しない可能性がある。典型的には、図16（b）に示すように、領域W A 3に形成される造形物の高さは、光E Lから伝達される熱量が多くなる分だけ、領域W A 4に形成される造形物の高さよりも高くなる可能性がある。

[0095] そこで、本実施形態では、制御装置7（言い換えれば、制御装置7の制御

下にある造形システム1)は、第2のばらつき抑制動作を行うことで、照射領域EAの移動速度の違いに起因して熱特性が異なる領域に形成される造形物の高さのばらつきを抑制する。例えば、制御装置7は、第2のばらつき抑制動作を行うことで、領域WA3に形成される造形物の高さとのばらつきを抑制する。

[0096] 制御装置7は、造形材料Mの供給レートを制御することで、造形物の高さのばらつきを抑制する第2のばらつき抑制動作を行ってもよい。具体的には、図17に示すように、制御装置7は、照射領域EAの移動速度が遅くなるほど供給レートが小さくなるように、供給レートを制御してもよい。つまり、制御装置7は、造形面CS上のある領域部分を移動する照射領域EAの移動速度が遅くなるほど、当該領域部分に対する供給レートが小さくなるように、供給レートを制御してもよい。その結果、照射領域EAが相対的に遅い移動速度で移動する領域部分に形成される造形物が相対的に高くなる状況下において、当該領域部分に対する造形材料Mの供給量が少なくなる。造形材料Mの供給量が少なくなると、造形材料Mの溶融量もまた少なくなる。このため、照射領域EAが相対的に遅い移動速度で移動する領域部分に形成される造形物が相対的に高くなることが抑制される。その結果、照射領域EAの移動速度の違いに起因して熱特性が異なる領域に形成される造形物の高さのばらつきが抑制される。尚、移動速度と造形物の高さとの関係が非線形である場合には、この非線形な関係を考慮して供給レートを制御すればよい。

[0097] 一例として、図18の1段目のグラフ(図16(b)の上部のグラフと同一)に示すように照射領域EAの移動速度が変化する場合には、制御装置7は、図18の2段目のグラフに示すように供給レートが変化するように、供給レートを制御してもよい。つまり、制御装置7は、照射領域EAが相対的に早い第1の移動速度で移動する領域WA3に対する供給レートが、照射領域EAが相対的に遅い第2の移動速度で移動する領域WA4に対する供給レートよりも大きくなるように、供給レートを制御してもよい。その結果、図18の3段目に示すように、照射領域EAの移動速度の違いに起因して熱特

性が異なる領域に、一定の高さの造形物が形成可能となる。つまり、領域WA3に形成される造形物の高さと同様に領域WA4に形成される造形物の高さとのばらつきが抑制される。尚、図18では、照射領域EAの移動速度に関わらず一定に維持された供給レート及びその場合に形成される造形物を、比較例として一点鎖線で示している。

[0098] 制御装置7は、供給レートを制御することに加えて又は変えて、熱伝達レートを制御することで、造形物の高さのばらつきを抑制する第2のばらつき抑制動作を行ってもよい。具体的には、図19に示すように、制御装置7は、照射領域EAの移動速度が遅くなるほど熱伝達レートが小さくなるように、熱伝達レートを制御してもよい。つまり、制御装置7は、造形面CS上のある領域部分を移動する照射領域EAの移動速度が遅くなるほど、当該領域部分に対する熱伝達レートが小さくなるように、熱伝達レートを制御してもよい。その結果、照射領域EAが相対的に遅い移動速度で移動する領域部分に形成される造形物が相対的に高くなる状況下において、当該領域部分に対して光ELから伝達される熱量が少なくなる。伝達される熱量が少なくなると、造形材料Mの溶融量もまた少なくなる。このため、照射領域EAが相対的に遅い移動速度で移動する領域部分に形成される造形物が相対的に高くなることが抑制される。その結果、照射領域EAの移動速度の違いに起因して熱特性が異なる領域に形成される造形物の高さのばらつきが抑制される。尚、移動速度と造形物の高さとの関係が非線形である場合には、この非線形な関係を考慮して熱伝達レートを制御すればよい。

[0099] 一例として、図20の1段目のグラフ（図16（b）の上部のグラフと同一）に示すように照射領域EAの移動速度が変化する場合には、制御装置7は、図20の2段目のグラフに示すように熱伝達レートが変化するように、熱伝達レートを制御してもよい。つまり、制御装置7は、照射領域EAが相対的に早い第1の移動速度で移動する領域WA3に対する熱伝達レートが、照射領域EAが相対的に遅い第2の移動速度で移動する領域WA4に対する熱伝達レートよりも大きくなるように、熱伝達レートを制御してもよい。そ

の結果、図20の3段目に示すように、照射領域EAの移動速度の違いに起因して熱特性が異なる領域に、一定の高さの造形物が形成可能となる。つまり、領域WA3に形成される造形物の高さとのばらつきが抑制される。尚、図20では、照射領域EAの移動速度に関わらず一定に維持された熱伝達レート及びその場合に形成される造形物を、比較例として一点鎖線で示している。

[0100] 尚、第2のばらつき抑制動作において供給レート及び熱伝達レートの夫々を制御するための具体的方法は、上述した第1のばらつき抑制動作において供給レート及び熱伝達レートの夫々を制御するための具体的方法と同じであってもよい。このため、供給レート及び熱伝達レートの夫々を制御するための具体的方法についての説明は省略する。

[0101] また、第2のばらつき抑制動作において抑制すべき造形物の高さのばらつきが生ずる原因の一つが、造形面CSに対する照射領域EA（つまり、供給領域MA）の相対的な移動速度が変化することであることは上述したとおりである。そうすると、照射領域EAの移動速度を制御して本来の移動速度から変えたとしても所望の構造層SL（更には、3次元構造物ST）を形成することができる場合には、制御装置7は、照射領域EAの移動速度を制御することで、造形物の高さのばらつきを抑制する第2のばらつき抑制動作を行ってもよい。この場合、照射領域EAの移動速度が制御されることで、造形物の高さのばらつきが生ずる原因（つまり、造形物の高さのばらつきが生ずるとい技術的課題）そのものが解消される。このため、照射領域EAの移動速度を制御する第2のばらつき抑制動作は、造形物の高さのばらつきが生ずる原因を排除するための動作であるとも言える。一方で、照射領域EAの移動軌跡のパターンによっては、照射領域EAの移動速度を制御して本来の移動速度から変えることができない可能性がある。この場合には、制御装置7は、造形物の高さのばらつきを抑制する第2のばらつき抑制動作を行うために、照射領域EAの移動速度を制御しなくてもよい。尚、移動速度と造形物の高さとの関係が非線形である場合には、この非線形な関係を考慮して

移動速度を制御すればよい。

[0102] (3-3) 第3のばらつき抑制動作

続いて、第3のばらつき抑制動作について説明する。第3のばらつき抑制動作は、第2のばらつき抑制動作と同様に、熱特性が異なる領域が造形面CSに存在する場合に、造形物の高さなどのばらつきを抑制するための動作に相当する。但し、第3のばらつき抑制動作は、表面の少なくとも一部が造形面CSに設定されている既存構造物（例えば、ワークW及び既に形成済みの構造層SLの少なくとも一方）における熱の拡散度合いの違いに起因して熱特性が異なる領域が造形面CSに存在する場合に、造形物の高さのばらつきを抑制するための動作に相当する。

[0103] 具体的には、3次元構造物STが形成される場合には、造形面CSに光ELが照射されることは上述したとおりである。造形面CSには、光ELから熱が伝達される。この熱は、造形面CSを介して既存構造物の内部にも伝達（実質的には、拡散）される。ここで、既存構造物の特性（例えば、構造、材質及び形状の少なくとも一方）によっては、既存構造物における熱の拡散度合い（つまり、拡散のしやすさ又はしにくさを示す指標）が均一であるとは限らない。つまり、光ELから伝達される熱の拡散度合いに関する熱特性が異なる領域が造形面CSに存在する可能性がある。例えば、造形面CS上には、光ELから伝達された熱が相対的に拡散されにくい領域と、光ELから伝達された熱が相対的に拡散されやすい領域とが存在する可能性がある。

[0104] 例えば、図21(a)に示すように、既存構造物は、造形面CSが設定される表面SF1に加えて、造形面CSが設定されない表面SF2を有する。この場合、造形面CS上のある領域部分と表面SF2との近接度合いに応じて、造形面CS上のある領域部分に伝達された熱の拡散度合いを推定可能である。具体的には、図21(a)に示すように、造形面CS上の領域WA5は、造形面CS上の領域WA6よりも表面SF2に近い。このため、領域WA5に伝達された熱の拡散経路（つまり、既存構造物の内部の拡散経路）は、領域WA6に伝達された熱の拡散経路よりも小さく又は少なくなる。従っ

て、造形面CS上のある領域部分と造形面CSが設定されない表面SF2との間の距離が短くなるほど、当該領域部分に伝達された熱が拡散されにくくなる。尚、図21(a)に示す例では、造形面CS上には、光ELから伝達された熱が相対的に拡散されにくい領域WA5と、光ELから伝達された熱が相対的に拡散されやすい領域WA6とが存在しているとも言える。

[0105] 熱が相対的に拡散されにくい領域WA5では、熱が相対的に拡散されやすい領域WA6と比較して、熱が相対的に長い時間蓄積される。その結果、領域WA5では、熱が相対的に長い時間蓄積される分だけ、領域WA6よりも多くの造形材料Mが溶融する可能性がある。このため、造形面CSに一定の高さの造形物を形成すべき状況下で熱の拡散度合いの違いを考慮することなく一連の造形処理が行われると、熱の拡散度合いの違いに応じて高さが異なる造形物が形成される可能性がある。より具体的には、造形面CS上のある領域部分に伝達された熱が拡散されにくくなるほど、当該領域部分に形成される造形物が高くなる可能性がある。一例として、例えば、領域WA5と領域WA6とに同じ高さの造形物を形成すべき状況下で領域WA5と領域WA5とを区別することなく一連の造形処理が行われると、図21(b)に示すように、領域WA5に形成される造形物S5の高さh5と領域WA6に形成される造形物S6の高さh6とが一致しない可能性がある。

[0106] そこで、本実施形態では、制御装置7（言い換えれば、制御装置7の制御下にある造形システム1）は、第3のばらつき抑制動作を行うことで、熱の拡散度合いの違いに起因して熱特性が異なる領域に形成される造形物の高さのばらつきを抑制する。例えば、制御装置7は、第3のばらつき抑制動作を行うことで、領域WA5に形成される造形物の高さや領域WA6に形成される造形物の高さとのばらつきを抑制する。

[0107] 制御装置7は、造形材料Mの供給レートを制御することで、造形物の高さのばらつきを抑制する第3のばらつき抑制動作を行ってもよい。具体的には、図22に示すように、制御装置7は、熱が拡散しにくくなるほど供給レートが小さくなるように、供給レートを制御してもよい。つまり、制御装置7

は、造形面CS上のある領域部分に伝達された熱が拡散されにくくなるほど、当該領域部分に対する供給レートが小さくなるように、供給レートを制御してもよい。その結果、熱が相対的に拡散しにくい領域部分に形成される造形物が相対的に高くなる状況下において、当該領域部分に対する造形材料Mの供給量が少なくなる。造形材料Mの供給量が少なくなると、造形材料Mの溶融量もまた少なくなる。このため、熱が相対的に拡散しにくい領域部分に形成される造形物が相対的に高くなることが抑制される。その結果、熱の拡散度合いの違いに起因して熱特性が異なる領域に形成される造形物の高さのばらつきが抑制される。尚、熱の拡散度合いと造形物の高さとの関係が非線形である場合には、この非線形な関係を考慮して供給レートを制御すればよい。

[0108] 制御装置7は、供給レートを制御することに加えて又は変えて、熱伝達レートを制御することで、造形物の高さのばらつきを抑制する第3のばらつき抑制動作を行ってもよい。具体的には、図23に示すように、制御装置7は、熱が拡散しにくくなるほど熱伝達レートが小さくなるように、熱伝達レートを制御してもよい。つまり、制御装置7は、造形面CS上のある領域部分に伝達された熱が拡散されにくくなるほど、当該領域部分に対する熱伝達レートが小さくなるように、熱伝達レートを制御してもよい。その結果、熱が相対的に拡散しにくい領域部分に形成される造形物が相対的に高くなる状況下において、当該領域部分に対して伝達される熱量が少なくなる。伝達される熱量が少なくなると、造形材料Mの溶融量もまた少なくなる。このため、熱が相対的に拡散しにくい領域部分に形成される造形物が相対的に高くなることが抑制される。その結果、熱の拡散度合いの違いに起因して熱特性が異なる領域に形成される造形物の高さのばらつきが抑制される。尚、熱の拡散度合いと造形物の高さとの関係が非線形である場合には、この非線形な関係を考慮して熱伝達レートを制御すればよい。

[0109] 制御装置7は、供給レート及び熱伝達レートの少なくとも一方を制御することに加えて又は変えて、造形面CSに対する照射領域EAの相対的な移動

速度を制御することで、造形物の高さのばらつきを抑制する第3のばらつき抑制動作を行ってもよい。具体的には、図24に示すように、制御装置7は、熱が拡散しにくくなるほど照射領域EAの移動速度が速くなるように、照射領域EAの移動速度を制御してもよい。つまり、制御装置7は、造形面CS上のある領域部分に伝達された熱が拡散されにくくなるほど、当該領域部分に照射領域EAが設定されている場合の照射領域EAの移動速度が速くなるように、照射領域EAの移動速度を制御してもよい。造形面CS上のある領域部分に照射領域EAが設定されている場合の照射領域EAの移動速度が速くなるほど、当該領域部分に対する造形材料Mの供給量及び当該領域部分に対して光ELから伝達される熱量が少なくなることは、既に上述したとおりである。このため、図24に示すように照射領域EAの移動速度が制御されると、熱が相対的に拡散しにくい領域部分に形成される造形物が相対的に高くなる状況下において、当該領域部分に対する造形材料Mの供給量及び当該領域部分に対して伝達される熱量が少なくなる。このため、熱が相対的に拡散しにくい領域部分に形成される造形物が相対的に高くなることが抑制される。その結果、熱の拡散度合いの違いに起因して熱特性が異なる領域に形成される造形物の高さのばらつきが抑制される。尚、熱の拡散度合いと造形物の高さとの関係が非線形である場合には、この非線形な関係を考慮して移動速度を制御すればよい。

[0110] 尚、第3のばらつき抑制動作において供給レート、熱伝達レート及び照射領域EAの移動速度の夫々を制御するための具体的方法は、上述した第1のばらつき抑制動作において供給レート、熱伝達レート及び照射領域EAの移動速度の夫々を制御するための具体的方法と同じであってもよい。このため、供給レート、熱伝達レート及び照射領域EAの移動速度の夫々を制御するための具体的方法についての説明は省略する。

[0111] 尚、第3のばらつき抑制動作の説明においては、熱特性として熱の経時的な特性を例に挙げて説明したが、熱に関する他の特性であってもよい。

[0112] (3-4) 第4のばらつき抑制動作

続いて、第4のばらつき抑制動作について説明する。第4のばらつき抑制動作は、第2のばらつき抑制動作と同様に、熱特性が異なる領域が造形面CSに存在する場合に、造形物の高さなどのばらつきを抑制するための動作に相当する。但し、第4のばらつき抑制動作は、光ELが照射される頻度の違いに起因して熱特性が異なる領域が造形面CSに存在する場合に、造形物の高さのばらつきを抑制するための動作に相当する。

[0113] 具体的には、3次元構造物STを構成する各構造層SLが形成される場合には、造形面CS上で照射領域EAが移動し且つ造形面CS上で造形物を形成したい領域に照射領域EAが設定されたタイミングで光ELが照射されることは上述したとおりである。ここで、照射領域EAの移動軌跡のパターン及び構造層SLのパターン（つまり、造形面CS上で造形物を形成したい領域の分布パターン）の少なくとも一方によっては、造形面CS上に、光ELが照射される頻度が異なる領域が存在する可能性がある。例えば、図25（a）に示すように、造形面CS上に、光ELが相対的に高頻度に照射される領域WA7と、光ELが相対的に低頻度に照射される領域WA8とが存在する可能性がある。

[0114] 尚、造形面CS上のある領域に光ELが照射される頻度は、当該ある領域の一部に光ELが照射されてから次に当該ある領域の別の一部に光ELが照射されるまでの時間が短くなるほど、高くなる。造形面CS上のある領域に光ELが照射される頻度は、当該ある領域に単位時間当たりに光ELが照射される回数が増えるほど、高くなる。造形面CS上のある領域に光ELが照射される頻度は、当該ある領域に単位面積当たりに光ELが照射される回数が増えるほど、高くなる。

[0115] 光ELが相対的に高頻度に照射される領域WA7では、光ELが相対的に低頻度に照射される領域WA8と比較して、光ELから伝達される熱によって加熱した領域WA7が冷却される前に新たに領域WA7に照射された光からの熱によって更に領域WA7が加熱される可能性が高くなる。つまり、光ELが相対的に高頻度に照射される領域WA7では、光ELが相対的に低頻

度に照射される領域WA 8と比較して、光ELからの熱が放熱されにくくなる。言い換えれば、光ELが相対的に高頻度に照射される領域WA 7では、光ELが相対的に低頻度に照射される領域WA 8と比較して、光ELからの熱が相対的に長い時間蓄積される。その結果、領域WA 7では、熱が相対的に長い時間蓄積される分だけ、領域WA 8よりも多くの造形材料Mが熔融する可能性がある。このため、造形面CSに一定の高さの造形物を形成すべき状況下で光ELが照射される頻度の違いを考慮することなく一連の造形処理が行われると、光ELが照射される頻度の違いに応じて高さが異なる造形物が形成される可能性がある。より具体的には、造形面CS上のある領域に光ELが照射される頻度が高くなるほど、当該領域部分に形成される造形物が高くなる可能性がある。一例として、例えば、領域WA 7と領域WA 8とに同じ高さの造形物を形成すべき状況下で領域WA 7と領域WA 8とを区別することなく一連の造形処理が行われると、図25(b)に示すように、領域WA 7に形成される造形物S 7の高さ $h_7$ と領域WA 8に形成される造形物S 8の高さ $h_8$ とが一致しない可能性がある。

[0116] そこで、本実施形態では、制御装置7（言い換えれば、制御装置7の制御下にある造形システム1）は、第4のばらつき抑制動作を行うことで、光ELが照射される頻度の違いに起因して熱特性が異なる領域に形成される造形物の高さのばらつきを抑制する。例えば、制御装置7は、第4のばらつき抑制動作を行うことで、領域WA 7に形成される造形物の高さ $h_7$ と領域WA 8に形成される造形物の高さ $h_8$ とのばらつきを抑制する。

[0117] 制御装置7は、造形材料Mの供給レートを制御することで、造形物の高さのばらつきを抑制する第4のばらつき抑制動作を行ってもよい。具体的には、図26に示すように、制御装置7は、光ELが照射される頻度が高くなるほど供給レートが小さくなるように、供給レートを制御してもよい。つまり、制御装置7は、造形面CS上のある領域部分に光ELが照射される頻度が高くなるほど、当該領域部分に対する供給レートが小さくなるように、供給レートを制御してもよい。その結果、光ELが照射される頻度が高い領域部

分に形成される造形物が相対的に高くなる状況下において、当該領域部分に対する造形材料Mの供給量が少なくなる。造形材料Mの供給量が少なくなると、造形材料Mの熔融量もまた少なくなる。このため、光E Lが照射される頻度が高い領域部分に形成される造形物が相対的に高くなることが抑制される。その結果、光E Lが照射される頻度の違いに起因して熱特性が異なる領域に形成される造形物の高さのばらつきが抑制される。尚、光E Lが照射される頻度と造形物の高さとの関係が非線形である場合には、その非線形な関係を考慮して供給レートを制御してもよい。

[0118] 制御装置7は、供給レートを制御することに加えて又は変えて、熱伝達レートを制御することで、造形物の高さのばらつきを抑制する第4のばらつき抑制動作を行ってもよい。具体的には、図27に示すように、制御装置7は、光E Lが照射される頻度が高くなるほど熱伝達レートが小さくなるように、熱伝達レートを制御してもよい。つまり、制御装置7は、造形面CS上のある領域部分に光E Lが照射される頻度が高くなるほど、当該領域部分に対する熱伝達レートが小さくなるように、熱伝達レートを制御してもよい。その結果、光E Lが照射される頻度が高い領域部分に形成される造形物が相対的に高くなる状況下において、当該領域部分に対して伝達される熱量が少なくなる。伝達される熱量が少なくなると、造形材料Mの熔融量もまた少なくなる。このため、光E Lが照射される頻度が高い領域部分に形成される造形物が相対的に高くなることが抑制される。その結果、光E Lが照射される頻度の違いに起因して熱特性が異なる領域に形成される造形物の高さのばらつきが抑制される。尚、光E Lが照射される頻度と造形物の高さとの関係が非線形である場合には、その非線形な関係を考慮して熱伝達レートを制御してもよい。

[0119] 制御装置7は、供給レート及び熱伝達レートの少なくとも一方を制御することに加えて又は変えて、造形面CSに対する照射領域EAの相対的な移動速度を制御することで、造形物の高さのばらつきを抑制する第4のばらつき抑制動作を行ってもよい。具体的には、図28に示すように、制御装置7は

、光E Lが照射される頻度が高くなるほど照射領域E Aの移動速度が速くなるように、照射領域E Aの移動速度を制御してもよい。つまり、制御装置7は、造形面C S上のある領域部分に光E Lが照射される頻度が高くなるほど、当該領域部分に照射領域E Aが設定されている場合の照射領域E Aの移動速度が速くなるように、照射領域E Aの移動速度を制御してもよい。造形面C S上のある領域部分に照射領域E Aが設定されている場合の照射領域E Aの移動速度が速くなるほど、当該領域部分に対する造形材料Mの供給量及び当該領域部分に対して光E Lから伝達される熱量が少なくなることは、既に上述したとおりである。このため、図28に示すように照射領域E Aの移動速度が制御されると、光E Lが照射される頻度が高い領域部分に形成される造形物が相対的に高くなる状況下において、当該領域部分に対する造形材料Mの供給量及び当該領域部分に対して伝達される熱量が少なくなる。このため、光E Lが照射される頻度が高い領域部分に形成される造形物が相対的に高くなることが抑制される。その結果、光E Lが照射される頻度の違いに起因して熱特性が異なる領域に形成される造形物の高さのばらつきが抑制される。尚、光E Lが照射される頻度と造形物の高さとの関係が非線形である場合には、その非線形な関係を考慮して移動速度を制御してもよい。

[0120] 尚、第4のばらつき抑制動作において供給レート、熱伝達レート及び照射領域E Aの移動速度の夫々を制御するための具体的方法は、上述した第1のばらつき抑制動作において供給レート、熱伝達レート及び照射領域E Aの移動速度の夫々を制御するための具体的方法と同じであってもよい。このため、供給レート、熱伝達レート及び照射領域E Aの移動速度の夫々を制御するための具体的方法についての説明は省略する。

[0121] 尚、第4のばらつき抑制動作の説明においては、熱特性として熱の経時的な特性を例に挙げて説明したが、熱に関する他の特性であってもよい。

[0122] (3-5) ばらつき抑制動作の変形例

上述した説明では、制御装置7は、造形面C S上の異なる領域に形成される造形物の高さ（或いは、サイズ等の任意の特性）のばらつきを抑制するた

めに、造形材料Mの供給レート、熱伝達レート及び造形面CSに対する照射領域EAの移動速度の少なくとも一つを制御している。しかしながら、逆に言えば、制御装置7は、供給レート、熱伝達レート及び造形面CSに対する照射領域EAの移動速度の少なくとも一つを制御することで、造形面CS上に形成される造形物（更には、構造層SL及び3次元構造物ST）の特性を制御することができる。このため、制御装置7は、造形面CS上に形成される造形物（更には、構造層SL及び3次元構造物ST）の特性が所望の特性となるように、供給レート、熱伝達レート及び造形面CSに対する照射領域EAの移動速度の少なくとも一つを制御してもよい。つまり、制御装置7は、特性のばらつきを抑制する目的とは異なる目的で、供給レート、熱伝達レート及び造形面CSに対する照射領域EAの移動速度の少なくとも一つを制御してもよい。例えば、制御装置7は、後述するマーキング動作で形成されるマークの特性（例えば、高さ及びサイズの少なくとも一方）を制御するために、供給レート、熱伝達レート及び造形面CSに対する照射領域EAの移動速度の少なくとも一つを制御してもよい。

[0123] 上述した説明では、熱特性が異なる複数の領域が造形面CSに存在する原因の一例として、造形面CSに対する照射領域EAの相対的な移動速度の違い、表面の少なくとも一部が造形面CSに設定されている既存構造物における熱の拡散度合いの違い、及び、光ELが照射される頻度の違いについて説明している。しかしながら、その他の理由で、熱特性が異なる領域が造形面CSに存在する可能性もある。この場合においても、熱特性が異なる領域に同じ特性の造形物を形成すべき状況下で熱特性の違いを考慮することなく一連の造形処理が行われると特性がばらついた造形物が形成される可能性がある。このため、制御装置7は、上述した原因とは異なるその他の原因で熱特性が異なる領域に形成される造形物の高さのばらつきを抑制するためのばらつき抑制動作を行ってもよい。尚、熱特性が異なる複数の領域が造形面CSに存在する場合として、造形面CSの場所ごとに材料の種類や密度等が異なる場合が挙げられる。

[0124] (4) マーキング動作

続いて、上述した造形動作を用いて造形面CSにマークSMを形成するためのマーキング動作について説明する。

[0125] (4-1) マーキング動作の概要

マーキング動作は、上述した造形動作を用いて造形面CS上に所定の分布パターンで分布する造形物を形成することで、当該造形物の集合体から構成されるマークSMを造形面CSに形成するための動作である。

[0126] マークSMは、造形面CSに沿った平面上で所定の意味を有する記号に関するマークを含んでいてもよい。記号は、例えば、任意の文字を意味する記号、任意の数字を意味する記号、任意の図形を意味する記号、任意の印を意味する記号及びその他何らかの意味を有する記号の少なくとも一つを含んでいてもよい。例えば、図29は、造形面CS上に、アルファベットのNを意味する記号に関するマークSM1、感嘆符を意味する記号に関するマークSM2及び円形の図形を意味する記号に関するマークSM3が造形面CS上に形成されている例を示している。

[0127] マークSMは、図29の下部に示すように、造形面CSから凸状に突き出した構造物である。マークSMは、単一の構造層SLを含む構造物であってもよい。つまり、マークSMは、単一の構造層SLから構成されていてもよい。この場合、マークSMの高さ（つまり、造形面CSからマークSMの上面（つまり、+Z側の面）までの長さ、以下同じ）は、構造層SLの高さと同じになる。或いは、マークSMは、積層された複数の構造層SLを含む構造物であってもよい。つまり、マークSMは、積層された複数の構造層SLから構成されていてもよい。この場合、マークSMの高さは、積層された複数の構造層SLの高さと同じになる。従って、マークSMの高さは、典型的には、マークSMを構成する構造層SLの数が増えるほど高くなる。

[0128] 但し、マークSMの高さの最大値は、造形面CSに沿った方向におけるマークSMのサイズの最小値を超えない。つまり、マークSMのうち最も高い部分の高さは、マークSMのうち最も細い部分のサイズを超えない。例えば

、図29に示す例では、マークSM1の高さの最大値 $h_{m1}$ は、造形面CSに沿った方向におけるマークSM1のサイズの最小値 $w_{m1}$ を超えない。マークSM2の高さの最大値 $h_{m2}$ は、造形面CSに沿った方向におけるマークSM2のサイズの最小値 $w_{m2}$ を超えない。但し、高さの最大値が造形面CSに沿った方向におけるマークSMのサイズの最小値を超えているマークSMが形成されてもよい。

[0129] このようなマークSMを形成するために、制御装置7は、まず、造形面CSに形成すべきマークSMに関する座標データを取得する。座標データは、造形面CS上でマークSMが分布する位置（つまり、マークSMを構成する造形物を形成すべきマーク形成領域が分布する位置）を示すデータである。造形面CSが平面であることから、座標データは、2次元座標系上でマークSMが分布する位置に対応付けられた（或いは、関連付けられた）データに相当する。このような座標データの一例として、フォントデータ（例えば、ビットマップフォントデータ等）及び画像データ（例えば、ビットマップ画像データ等）のうちの少なくとも一方があげられる。制御装置7は、座標データを提供する他の装置から座標データを取得してもよい。或いは、制御装置7は、制御装置7自身で座標データを生成してもよい。この場合、制御装置7は、まず、造形面CSに形成すべきマークSMに対応する記号を示す記号情報を取得する。例えば、制御装置7は、造形面CSに形成したい記号を入力するためにユーザが操作可能な入力装置から、当該記号を指定するユーザの操作内容に関する情報を、記号情報として取得する。その後、制御装置7は、取得した記号情報を、座標データに変換する。例えば、制御装置7は、記号情報が示す記号を、二次元平面上での記号パターンに変換し、当該記号パターンが分布する領域の二次元平面上での座標を特定する。その結果、制御装置7は、特定した座標を示す座標データを取得することができる。

[0130] 座標データを取得した後、制御装置7は、座標データに基づいて造形動作を行うことで、マークSMを形成する。具体的には、制御装置7は、座標デ

ータに基づいて少なくとも一つの構造層SLを形成することで、当該構造層SLから構成されるマークSMを形成する。各構造層SLを形成する場合には、制御装置7は、図30(a)に示すように、Y軸方向に沿った照射領域EAの移動とX軸方向に沿った照射領域EAの移動とを繰り返すように造形面CSに対して照射領域EAを移動させながら、座標データが示すマーク形成領域と照射領域EAとが重なるタイミングで光ELを照射するように、造形装置4を制御してもよい。言い換えると、照射領域EAを造形面CS上でラスタスキャンするように移動させてもよい。或いは、制御装置7は、図30(b)に示すように、座標データが示すマーク形成領域の分布パターンに沿って照射領域EAを移動させながら光ELを照射するように、造形装置4を制御してもよい。言い換えると、照射領域EAを造形面CS上でベクタースキャンするように移動させてもよい。いずれにせよ、造形面CS上には、マークSMに応じたパターン（つまり、熔融池MPの移動軌跡に応じたパターン）の構造層SLが形成される。

[0131] 尚、制御装置7は、マーキング動作を行っている期間の少なくとも一部において、上述したばらつき抑制動作を行ってもよい。つまり、制御装置7は、マーキング動作を行っている期間の少なくとも一部において、上述したばらつき抑制動作を行うことで、マーキング動作によって形成されるマークSMの特性（例えば、高さ及びサイズの少なくとも一方）のばらつきを抑制してもよい。例えば、マークSMを形成する期間の少なくとも一部において、造形面CS上の同じ領域に2回以上照射領域EAが設定される場合には、制御装置7は、上述した第1のばらつき抑制動作を行ってもよい。例えば、マークSMを形成する期間の少なくとも一部において、造形面CSに対する照射領域EAの相対的な移動速度の違いに起因して熱特性が異なる領域が造形面CSに存在する場合には、制御装置7は、上述した第2のばらつき抑制動作を行ってもよい。例えば、マークSMを形成する期間の少なくとも一部において、表面の少なくとも一部が造形面CSに設定されている既存構造物における熱の拡散度合いの違いに起因して熱特性が異なる領域が造形面CSに

存在する場合には、制御装置 7 は、上述した第 3 のばらつき抑制動作を行ってもよい。例えば、マーク SM を形成する期間の少なくとも一部において、光 EL が照射される頻度の違いに起因して熱特性が異なる領域が造形面 CS に存在する場合には、制御装置 7 は、上述した第 4 のばらつき抑制動作を行ってもよい。

[0132] (4-2) マーク SM の特性を制御するための特性制御動作

続いて、マーキング動作によって形成されるマーク SM の特性を制御するための特性制御動作について説明する。本実施形態では、造形システム 1 は、特性制御動作の一例として、マーク SM のサイズを制御するサイズ制御動作、マーク SM の高さを制御する高さ制御動作、マーク SM の表面（特に、マーク SM を構成する凸状の構造物の上面）の形状を制御する形状制御動作、及び、マーク SM の色調を制御する色調制御動作の少なくとも一つを行う。このため、以下では、サイズ制御動作、高さ制御動作、形状制御動作及び色調制御動作について順に説明する。尚、造形システム 1 は、マーク SM のその他の特性を制御するための特性制御動作を行ってもよい。

[0133] (4-2-1) サイズ制御動作

はじめに、サイズ制御動作について説明する。サイズ制御動作は、マーク SM のサイズ（特に、X 軸方向及び Y 軸方向の少なくとも一方のサイズであり、例えば、幅）を制御するための特性制御動作である。尚、マーク SM のサイズは、造形面 CS の面内方向におけるサイズであってもよい。造形システム 1 は、制御装置 7 の制御下で、サイズ制御動作を行うことで、所望のサイズのマーク SM を形成することができる。更には、造形システム 1 は、制御装置 7 の制御下で、サイズ制御動作を行うことで、夫々同じ記号を示しながらサイズが異なる複数のマーク SM を形成することができる。更には、造形システム 1 は、制御装置 7 の制御下で、サイズ制御動作を行うことで、マーク SM の形成中にマーク SM のサイズを変えながらマーク SM を形成することができる。

[0134] 例えば、図 31 (a) から図 31 (d) は、いずれも、造形面 CS に形成

された線状の図形に関するマークSM11及び円形の図形に関するマークSM12を示している。図31(a)に示す例では、制御装置7は、マークSM11のサイズ(具体的には、Y軸方向のサイズであり、幅)が、所望の第1サイズ $w_{m11}$ になり、且つ、マークSM12のサイズが、所望の第2サイズ $w_{m12}$ になるように、サイズ制御動作を行っている。図31(b)に示す例では、制御装置7は、マークSM11のサイズが、第1サイズ $w_{m11}$ よりも小さい所望の第3サイズ $w_{m13}$ になり、且つ、マークSM12のサイズが、第2サイズ $w_{m12}$ よりも大きい所望の第4サイズ $w_{m14}$ になるように、サイズ制御動作を行っている。尚、図31(a)及び図31(b)に示す例では、制御装置7は、マークSM11の一の部分のサイズと、一の部分とは異なるマークSM11の他の部分のサイズとが同じになるように(つまり、マークSM11の形成中にサイズを変えないように)、サイズ制御動作を行っているとも言える。図31(c)に示す例では、制御装置7は、マークSM11の長手方向(つまり、X軸方向)に沿って、マークSM11のサイズが第1サイズ $w_{m11}$ から第1サイズ $w_{m11}$ よりも大きい第5サイズ $w_{m15}$ にまで連続的に変化する(ここでは、大きくなる)ように、サイズ制御動作を行っている。図31(d)に示す例では、制御装置7は、マークSM11の長手方向に沿って、マークSM11のサイズが第1サイズ $w_{m11}$ から第5サイズ $w_{m15}$ にまで段階的に又は離散的に変化する(ここでは、大きくなる)ように、サイズ制御動作を行っている。尚、図31(c)及び図31(d)に示す例では、制御装置7は、マークSM11の一の部分のサイズと、一の部分とは異なるマークSM11の他の部分のサイズとが異なるものとなるように(つまり、マークSM11の形成中にサイズを変えるように)、サイズ制御動作を行っているとも言える。

[0135] 制御装置7は、熱伝達レートを制御することで、マークSMのサイズを制御してもよい。具体的には、造形面CSのある領域部分に対する熱伝達レートが大きくなるほど、当該領域部分に光ELから伝達される熱量が大きくなる。造形面CSのある領域部分に伝達される熱量が多くなるほど、当該領域

部分に形成される溶融池MPのサイズが大きくなる。造形面CSのある領域部分における溶融池MPのサイズが大きくなるほど、当該領域部分に形成される造形物のサイズが大きくなる。造形面CSのある領域部分に形成される造形物のサイズが大きくなるほど、当該造形物から構成されるマークSMのサイズも大きくなる。つまり、図32に示すように、熱伝達レートが大きくなるほど、マークSMのサイズも大きくなる。従って、制御装置7は、熱伝達レートを制御することで、マークSMのサイズを制御することができる。尚、サイズ制御動作を含む特性制御動作において熱伝達レートを制御するための具体的方法は、上述したばらつき抑制動作において熱伝達レートを制御するための具体的方法と同じであってもよい。従って、特性制御動作の説明においては、熱伝達レートを制御するための具体的方法についての説明は省略する。尚、熱伝達レートとマークSMのサイズとの関係が非線形な関係となる場合には、この非線形な関係を考慮して熱伝達レートを制御してもよい。

[0136] 制御装置7は、造形面CSに対する照射領域EAの相対的な移動速度を制御することで、マークSMのサイズを制御してもよい。具体的には、造形面CSのある領域部分における照射領域EAの移動速度が遅くなるほど、造形面CS上のある領域部分に照射領域EAが設定されている時間が長くなる。造形面CS上のある領域部分に照射領域EAが設定されている時間が長くなるほど、当該領域部分に対して光ELから伝達される熱量が多くなる。造形面CS上のある領域部分に伝達される熱量が多くなるほど、当該領域部分に形成される造形物のサイズ（更には、マークSMのサイズ）が大きくなる。つまり、図33に示すように、照射領域EAの移動速度が遅くなるほど、マークSMのサイズも大きくなる。従って、制御装置7は、照射領域EAの移動速度を制御することで、マークSMのサイズを制御することができる。尚、サイズ制御動作を含む特性制御動作において照射領域EAの移動速度を制御するための具体的方法は、上述したばらつき抑制動作において照射領域EAの移動速度を制御するための具体的方法と同じであってもよい。従って、

特性制御動作の説明においては、照射領域 E A の移動速度を制御するための具体的方法についての説明は省略する。尚、移動速度とマーク S M のサイズとの関係が非線形な関係となる場合には、この非線形な関係を考慮して移動速度を制御してもよい。

[0137] 制御装置 7 は、照射領域 E A のサイズを制御することで、マーク S M のサイズを制御してもよい。具体的には、造形面 C S 上のある領域部分に設定される照射領域 E A のサイズが大きくなるほど、当該領域部分において光 E L が実際に照射される領域のサイズが大きくなる。造形面 C S 上のある領域部分において光 E L が実際に照射される領域のサイズが大きくなるほど、当該領域部分に形成される溶融池 M P のサイズが大きくなる。造形面 C S のある領域部分における溶融池 M P のサイズが大きくなるほど、当該領域部分に形成される造形物のサイズ（更には、マーク S M のサイズ）が大きくなる。つまり、図 34 に示すように、照射領域 E A のサイズが大きくなるほど、マーク S M のサイズも大きくなる。従って、制御装置 7 は、照射領域 E A のサイズを制御することで、マーク S M のサイズを制御することができる。尚、照射領域 E A のサイズとマーク S M のサイズとの関係が非線形な関係となる場合には、この非線形な関係を考慮して照射領域 E A のサイズを制御してもよい。

[0138] 照射領域 E A のサイズを制御するために、制御装置 7 は、照射光学系 4 1 1 を制御してもよい。例えば、制御装置 7 は、照射領域 E A のサイズを制御するために照射光学系 4 1 1 が備えている光学部材を制御することで、照射領域 E A のサイズを制御してもよい。このような光学部材の一例として、集光光学素子、光 E L が通過可能な開口の形状及び大きさの少なくとも一方を変更可能な絞り部材、並びに、照射光学系 4 1 1 の光軸に交差する面（つまり、光 E L の伝搬方向に交差する面）内において光 E L が通過可能な領域と光 E L を遮光可能な領域とを可変に設定可能な光成形部材等の少なくとも一つがあげられる。或いは、照射光学系 4 1 1 に対する造形面 C S の相対的な位置（特に、Z 軸方向における相対的な位置）が変わると照射領域 E A のサ

イズもまた変わり得るがゆえに、制御装置 7 は、駆動系 4 2 を制御して照射光学系 4 1 1 に対する造形面 C S の相対的な位置を制御することで、照射領域 E A のサイズを制御してもよい。

[0139] 図 3 5 ( a ) から図 3 5 ( b ) に示すように、あるマーク S M が、複数の線状構造物 L P から構成されることがある。このような複数の線状構造物 L P から構成されるマーク S M は、例えば、図 5 ( a ) 及び図 3 0 ( a ) に示すように、Y 軸方向に沿って照射領域 E A を移動させながら光 E L を照射する動作と光 E L を照射することなく X 軸方向に沿って照射領域 E A を移動させる動作とが繰り返される場合に形成される可能性がある。具体的には、Y 軸方向に沿って照射領域 E A を移動させながら光 E L を照射することで Y 軸方向に延伸するように形成される複数の線状構造物 L P が、X 軸方向に沿って隙間なく又は隙間を空けて形成されると、当該複数の線状構造物 L P の集合体に相当するマーク S M が形成可能である。

[0140] このようにマーク S M が複数の線状構造物 L P から構成される場合には、制御装置 7 は、マーク S M を構成する複数の線状構造物 L P の数を制御することで、マーク S M のサイズ（特に、複数の線状構造物 L P が並ぶ方向に沿ったサイズ）を制御してもよい。具体的には、図 3 5 ( a ) 及び図 3 5 ( b ) に示すように、マーク S M を構成する複数の線状構造物 L P の数が少なくなるほど、マーク S M のサイズが小さくなる。図 3 5 ( a ) 及び図 3 5 ( b ) は、 $N_1$  本の線状構造物 L P から構成されるマーク S M のサイズ  $w_{m16}$  よりも、 $N_2$ （但し、 $N_2 < N_1$ ）本の線状構造物 L P から構成されるマーク S M のサイズ  $w_{m17}$  が小さくなる例を示している。

[0141] このようにマーク S M が複数の線状構造物 L P から構成される場合には、制御装置 7 は、マーク S M を構成する複数の線状構造物 L P の長さを制御することで、マーク S M のサイズ（特に、複数の線状構造物 L P の長手方向又は延伸方向に沿ったサイズ）を制御してもよい。具体的には、図 3 5 ( c ) 及び図 3 5 ( d ) に示すように、マーク S M を構成する複数の線状構造物 L P の長さが短くなるほど、マーク S M のサイズが小さくなる。図 3 5 ( c )

及び図35(d)は、相対的に長い(具体的には、長さが $w_{m18}$ となる)線状構造物LPから構成されるマークSMのサイズ $w_{m18}$ よりも、相対的に短い(具体的には、長さが $w_{m19}$ (但し、 $w_{m19} < w_{m18}$ )となる)線状構造物LPから構成されるマークSMのサイズ $w_{m19}$ が小さくなる例を示している。

[0142] 尚、制御装置7は、造形材料Mの供給レートの制御、熱伝達レートの制御、移動速度の制御及び線状構造物の数の制御のうち少なくとも2つを組み合わせさせて制御してもよい。

[0143] (4-2-2) 高さ制御動作

続いて、高さ制御動作について説明する。高さ制御動作は、マークSMの高さを制御するための特性制御動作である。造形システム1は、制御装置7の制御下で、特性制御動作を行うことで、所望の高さのマークSMを形成することができる。更には、造形システム1は、制御装置7の制御下で、高さ制御動作を行うことで、夫々同じ記号を示しながらも高さが異なる複数のマークSMを形成することができる。更には、造形システム1は、制御装置7の制御下で、高さ制御動作を行うことで、マークSMの形成中のマークSMの高さを変えながらマークSMを形成することができる。

[0144] 例えば、図36(a)から図36(d)は、いずれも、造形面CSに形成された線状の図形に関するマークSMを示している。図36(a)に示す例では、制御装置7は、マークSMの高さが所望の第1高さ $h_{m21}$ になるように、高さ制御動作を行っている。図36(b)に示す例では、制御装置7は、マークSMの高さが、第1高さ $h_{m21}$ よりも高い所望の第2高さ $h_{m22}$ になるように、高さ制御動作を行っている。尚、図36(a)及び図36(b)に示す例では、制御装置7は、マークSMの一の部分の高さと、一の部分とは異なるマークSMの他の部分の高さとが同じになるように(つまり、マークSMの形成中に高さを変えないように)、高さ制御動作を行っているとと言える。図36(c)に示す例では、制御装置7は、マークSMの長手方向(つまり、X軸方向)に沿って、マークSMの高さが第1高さ $h_m$

21から第1高さ $h_{m21}$ よりも高い第3高さ $h_{m23}$ にまで連続的に変化  
する（ここでは、高くなる）ように、高さ制御動作を行っている。図36（  
d）に示す例では、制御装置7は、マークSMの長手方向に沿ってマークS  
Mの高さが第1高さ $h_{m21}$ から第3高さ $h_{m23}$ にまで段階的に又は離散  
的に変化（ここでは、高くなる）ように、高さ制御動作を行っている。  
特に、図36（c）及び図36（d）に示す例では、制御装置7は、造形面  
CS上で照射領域EA（つまり、熔融池MP）をY軸方向に沿って移動させ  
ることで形成されるY軸方向に延伸するマークSMを構成する各部分の高さ  
（つまり、Y軸方向に交差するZ軸方向に沿った高さ）が、当該各部分のY  
軸方向に沿った位置に応じて異なるように、高さ制御動作を行っている。尚  
、図36（c）及び図36（d）に示す例では、制御装置7は、マークSM  
の一の部分の高さと、一の部分とは異なるマークSMの他の部分の高さとが  
異なるものとなるように（つまり、マークSMの形成中に高さを変えるよう  
に）、高さ制御動作を行っているとも言える。尚、制御装置7は、マークS  
Mの長手方向に沿ってマークSMの高さが連続的に変化するように、高さ制  
御動作を行ってもよい。

[0145] 制御装置7は、造形材料Mの供給レートを制御することで、マークSMの  
高さを制御してもよい。具体的には、造形面CSのある領域部分に対する供  
給レートが大きくなるほど、当該領域部分に対する造形材料Mの供給量が多  
くなる。造形面CSのある領域部分に対する造形材料Mの供給量が多くなる  
ほど、当該領域部分における造形材料Mの熔融量が多くなる。造形面CSの  
ある領域部分における造形材料Mの熔融量が多くなるほど、当該領域部分に  
形成される造形物が高くなる。造形面CSのある領域部分に形成される造形  
物が高くなるほど、当該造形物から構成されるマークSMも高くなる。つま  
り、図37に示すように、供給レートが大きくなるほど、マークSMが高くな  
る。従って、制御装置7は、供給レートを制御することで、マークSMの高  
さを制御することができる。尚、高さ制御動作を含む特性制御動作におい  
て供給レートを制御するための具体的方法は、上述したばらつき抑制動作に

において供給レートを制御するための具体的方法と同じであってもよい。従って、特性制御動作の説明においては、供給レートを制御するための具体的方法についての説明は省略する。尚、供給レートとマークSMの高さとの関係が非線形な関係である場合には、この非線形な関係を考慮して供給レートを制御してもよい。

[0146] 制御装置7は、熱伝達レートを制御することで、マークSMの高さを制御してもよい。具体的には、造形面CSのある領域部分に対する熱伝達レートが大きくなるほど、当該領域部分に光ELから伝達される熱量が大きくなる。造形面CSのある領域部分に伝達される熱量が多くなるほど、当該領域部分における造形材料Mの溶融量が多くなる可能性がある。造形面CS上のある領域部分に造形材料Mの溶融量が多くなるほど、当該領域部分に形成される造形物（更には、マークSM）が高くなる。つまり、図38に示すように、熱伝達レートが大きくなるほど、マークSMが高くなる。従って、制御装置7は、熱伝達レートを制御することで、マークSMの高さを制御することができる。尚、熱伝達レートとマークSMの高さとの関係が非線形な関係である場合には、この非線形な関係を考慮して熱伝達レートを制御してもよい。

[0147] 制御装置7は、造形面CSに対する照射領域EAの相対的な移動速度を制御することで、マークSMの高さを制御してもよい。具体的には、上述したように、造形面CSのある領域部分における照射領域EAの移動速度が遅くなるほど、当該領域部分に対して光ELから伝達される熱量が多くなる。造形面CS上のある領域部分に伝達される熱量が多くなるほど、当該領域部分に形成される造形物（更には、マークSM）が高くなる。つまり、図39に示すように、照射領域EAの移動速度が遅くなるほど、マークSMが高くなる。従って、制御装置7は、照射領域EAの移動速度を制御することで、マークSMの高さを制御することができる。尚、移動速度とマークSMの高さとの関係が非線形な関係である場合には、この非線形な関係を考慮して移動速度を制御してもよい。

[0148] 上述したように、マークSMは、積層された複数の構造層SLを含む構造物である場合がある。この場合には、制御装置7は、マークSMを構成する複数の構造層SLの数（つまり、構造層SLの積層数）を制御することで、マークSMの高さを制御してもよい。具体的には、図40（a）及び図40（b）に示すように、マークSMを構成する複数の構造層SLの数が少なくなるほど、マークSMが低くなる。図40（a）及び図40（b）は、L1個の構造層SLから構成されるマークSMの高さ $h_{m24}$ よりも、L2（但し、 $L2 > L1$ ）個の構造層SLから構成されるマークSMの高さ $w_{m25}$ が高くなる例を示している。

[0149] 尚、制御装置7は、造形材料Mの供給レートの制御、熱伝達レートの制御、移動速度の制御及び積層数の制御のうち少なくとも2つを組み合わせる制御してもよい。

[0150] （4-2-3）形状制御動作

続いて、形状制御動作について説明する。形状制御動作は、マークSMの表面（特に、マークSMを構成する凸状の構造物の上面）の形状を制御するための特性制御動作である。造形システム1は、制御装置7の制御下で、形状制御動作を行うことで、表面の形状が所望の形状となるマークSMを形成することができる。例えば、図41（a）に示すように、制御装置7は、表面が平面（特に、造形面CSに対して平行な平面）を含むマークSMを形成するように、形状制御動作を行ってもよい。例えば、図41（b）に示すように、制御装置7は、表面が曲面を含むマークSMを形成するように、形状制御動作を行ってもよい。例えば、図41（c）に示すように、制御装置7は、表面が造形面CSに対して傾斜した平面を含むマークSMを形成するように、形状制御動作を行ってもよい。

[0151] 制御装置7は、上述したサイズ制御動作と同様の動作を行ってマークSMを構成する造形物のサイズを制御することで、マークSMの表面の形状を制御してもよい。制御装置7は、上述した高さ制御動作と同様の動作を行ってマークSMを構成する造形物の高さを制御することで、マークSMの表面の

形状を制御してもよい。制御装置 7 は、所望の形状の 3 次元構造物 S T を形成するための通常の造形動作と同様の動作を行うことで、表面の形状が所望の形状となっているマーク S M を形成してもよい。

[0152] 造形システム 1 は、制御装置 7 の下で、マーク S M の表面の形状及びマーク S M の高さのうち少なくとも一方を制御して、造形面 C S 上に形成されたマーク S M の表面を結ぶ仮想的な連結面 V S の形状（特に、構造層 S L の積層方向である Z 軸を含む断面の形状）を制御してもよい。造形システム 1 は、制御装置 7 の制御下で、形状制御動作及び高さ制御動作のうち少なくとも一方を行うことで、連結面 V S の形状が所望の形状となる複数のマーク S M を形成することができる。例えば、図 4 2 ( a ) に示すように、制御装置 7 は、連結面 V S が平面（特に、造形面 C S に対して平行な平面）を含むマーク S M を形成するように、形状制御動作を行ってもよい。例えば、図 4 2 ( b ) に示すように、制御装置 7 は、連結面 V S が曲面を含むマーク S M を形成するように、形状制御動作及び高さ制御動作のうち少なくとも一方を行ってもよい。例えば、図 4 2 ( c ) に示すように、制御装置 7 は、連結面 V S が造形面 C S に対して傾斜した平面を含むマーク S M を形成するように、形状制御動作及び高さ制御動作のうち少なくとも一方を行ってもよい。

[0153] 上述したように、マーク S M は、造形面 C S から突き出た凸状の構造物である。この場合、マーク S M は、マーク S M の表面が対象物 T G に押し付けられることでマーク S M のパターンに対応する印影を対象物 T G に対して転写するための印章として使用可能である。例えば、図 4 3 ( a ) は、ワーク W の表面に相当する造形面 C S 上に、アルファベットの N と C とが反転したパターンを有するマーク S M が形成されている例を示している。このようなマーク S M の表面に塗料を塗布した後、当該マーク S M の表面を対象物 T G の対象面 T G S に押し付けると、図 4 3 ( b ) に示すように、アルファベットの N と C とを含む印影が対象面 T G S に転写される。

[0154] このようにマーク S M が対象物に押し付けられる場合には、制御装置 7 は、対象物 T G の特性に基づいて連結面 V S の形状を制御するように、形状制

御動作を行ってもよい。具体的には、制御装置7は、対象物TGの表面のうちマークSMが押し付けられる対象面TGSの形状（具体的には、対象面TGSに交差する軸を含む断面の形状）に基づいて、連結面VSの形状を制御するように、形状制御動作を行ってもよい。この場合、制御装置7は、連結面VSの形状と対象面TGSの形状とが相補の関係になるように、連結面VSの形状を制御してもよい。例えば、図44(a)に示すように、制御装置7は、対象面TGSが平面となる場合において、連結面VSが対象面TGSと相補の関係を有する平面となるマークSMを形成するように、形状制御動作を行ってもよい。例えば、図44(b)に示すように、制御装置7は、対象面TGSが凹状の曲面となる場合において、連結面VSが対象面TGSと相補の関係を有する凸状の曲面となるマークSMを形成するように、形状制御動作を行ってもよい。例えば、図44(c)に示すように、制御装置7は、対象面TGSが凸状の平面となる場合において、連結面VSが対象面TGSと相補の関係を有する凹状の平面となるマークSMを形成するように、形状制御動作を行ってもよい。このように形状制御動作が行われると、形状制御動作が行われない場合と比較して、マークSMの表面を対象物TGの対象面TGSに対して適切に押し付けることができる。具体的には、マークSMの表面を対象面TGSに押し付けた際に、マークSMの表面と対象面TGSとの間に隙間ができにくくなる。その結果、対象面TGSがどのような形状であっても、マークMSのパターンに応じた印影が対象面TGSに適切に転写可能となる。

[0155] 対象物TGの特性に基づいて連結面VSの形状を制御する場合には、制御装置7は、対象物TGの特性に関する特性情報を取得し、当該取得した特性情報に基づいて連結面VSの形状を制御してもよい。制御装置7は、対象物TGの特性を計測する計測装置の計測結果を、特性情報として取得してもよい。この場合、計測装置は、造形システム1が備えていてもよいし、造形システム1とは別個に用意されてもよい。或いは、制御装置7は、特性情報を保有する他の装置から、特性情報を取得してもよい。

[0156] 尚、上述の説明では、対象物 T G の特性は対象面 T G S の形状であったが、対象物 T G の特性は対象物 T G の硬度、弾性等であってもよい。

[0157] (4-2-4) 色調制御動作

続いて、色調制御動作について説明する。色調制御動作は、マーク S M の色調（特に、マーク S M の表面の色調）を制御するための特性制御動作である。造形システム 1 は、制御装置 7 の制御下で、色調制御動作を行うことで、所望の色調のマーク S M を形成することができる。更には、造形システム 1 は、制御装置 7 の制御下で、色調制御動作を行うことで、夫々同じ記号を示しながらも色調が異なる複数のマーク S M を形成することができる。更には、造形システム 1 は、制御装置 7 の制御下で、色調制御動作を行うことで、マーク S M の形成中にマーク S M の色調を変えながらマーク S M を形成することができる。

[0158] 制御装置 7 は、チャンバ 4 4 の内部空間における特定ガスの特性を制御することで、マーク S M の色調を制御してもよい。特に、制御装置 7 は、チャンバ 4 4 の内部空間に位置する溶融池 M P の周囲の空間における特定ガスの特性を制御することで、マーク S M の色調を制御してもよい。この場合、制御装置 7 は、特定ガスの特性が、マーク S M の色調を所望の色調に設定することが可能な所望の特性となるように、特定ガスの特性を制御してもよい。特定ガスは、マーク S M の色調に対して影響を及ぼす所定の気体を含む。このような特定ガスの一例として、酸素ガスがあげられる。

[0159] 特定ガスの特性は、特定ガスの濃度（つまり、チャンバ 4 4 の内部空間（特に、当該内部空間のうちの溶融池 M P の周囲の空間）における特定ガスの濃度）を含んでいてもよい。特定ガスがパージガスに含まれている（つまり、ガス供給装置 6 が、特定ガスを含むパージガスを供給する）場合には、制御装置 7 は、パージガス中での特定ガスの濃度（つまり、パージガスにおける特定ガスの含有量）を制御することで、チャンバ 4 4 の内部空間における特定ガスの濃度を制御してもよい。特定ガスがパージガスに含まれていない（つまり、ガス供給装置 6 がパージガスとは別の供給経路を介して特定ガス

を供給する又はガス供給装置 6 とは異なる装置が特定ガスを供給する) 場合には、制御装置 7 は、チャンバ 4 4 の内部空間に供給されるパージガス及び特定ガスの少なくとも一方の流量を制御することで、チャンバ 4 4 の内部空間における特定ガスの濃度を制御してもよい。尚、チャンバ 4 4 の内部空間全体における特定ガスの濃度の制御に変えて、溶融池 MP の周囲の空間のみにおける特定ガスの濃度の制御を行ってもよい。

[0160] 制御装置 7 は、図 4 5 (a) に示すように、第 1 のマーク SM 2 1 を形成している期間中の特定ガスの特性と、第 1 のマーク SM 2 1 とは異なる第 2 のマーク SM 2 2 を形成している期間中の特定ガスの特性とが異なるように、特定ガスの特性を制御してもよい。この場合、図 4 5 (b) に示すように、第 1 マーク SM 2 1 の色調は、第 2 マーク SM 2 2 の色調とは異なるものとなる。制御装置 7 は、図 4 5 (c) に示すように、第 1 のマーク SM 2 1 のうちの第 1 部分 SM 2 1 - 1 を形成している期間中の特定ガスの特性と、第 1 のマーク SM 2 1 のうちの第 1 部分 SM 2 1 - 1 とは異なる第 2 部分 SM 2 1 - 2 を形成している期間中の特定ガスの特性とが異なるように、特定ガスの特性を制御してもよい。この場合、図 4 5 (d) に示すように、第 1 マーク SM 2 1 の第 1 部分 SM 2 1 - 1 の色調は、第 1 マーク SM 2 1 の第 2 部分 SM 2 1 - 2 の色調とは異なるものとなる。

[0161] (4-2-5) 特性制御動作の変形例

上述した説明では、制御装置 7 は、マーキング動作によって形成されたマーク SM の特性を制御するために、特性制御動作を行っている。しかしながら、制御装置 7 は、マーク SM に限らず、造形動作によって形成された造形物、構造層 SL 及び 3 次元構造物 ST の少なくとも一つの特性を制御するために、上述した特性制御動作を行ってもよい。つまり、制御装置 7 は、造形物、構造層 SL 及び 3 次元構造物 ST の少なくとも一つのサイズを制御するために、上述したサイズ制御動作を行ってもよい。制御装置 7 は、造形物、構造層 SL 及び 3 次元構造物 ST の少なくとも一つの高さを制御するために、上述した高さ制御動作を行ってもよい。制御装置 7 は、造形物、構造層 S

L及び3次元構造物STの少なくとも一つの形状を制御するために、上述した形状制御動作を行ってもよい。制御装置7は、造形物、構造層SL及び3次元構造物STの少なくとも一つの色調を制御するために、上述した色調制御動作を行ってもよい。

[0162] (5) 加工動作（研磨動作）

造形システム1は、3次元構造物ST及びマークSMの少なくとも一方の表面の少なくとも一部を加工するための加工動作を行ってもよい。尚、マーキング動作によって形成したマークSMは、造形動作によって形成した3次元構造物STの一具体例である。このため、加工動作に説明においては、3次元構造物STは、3次元構造物ST及びマークSMの少なくとも一方を意味するものとする。

[0163] 本実施形態では、造形システム1は、加工動作の一例として、3次元構造物STの表面（特に、3次元構造物STを構成する最上層の構造層SLの上面）の少なくとも一部を研磨するための研磨動作を行ってもよい。以下、研磨動作について説明する。尚、以下では、説明の便宜上、研磨動作によって研磨される面を、研磨対象面PSと称する。尚、造形システム1は、3次元構造物を1以上の構造層SLの側面（構造層SLが積層される方向と交差する方向を向いた面）の少なくとも一部を研磨するための研磨動作を行ってもよい。

[0164] 本実施形態では、「研磨対象面PSを研磨する研磨動作」は、「研磨動作を行う前と比較して、研磨対象面PSを滑らかにする、研磨対象面PSの平坦度を上げる（つまり、平坦にする）、及び／又は、研磨対象面PSの表面粗さを細かくする（つまり、小さくする）動作」を含む。尚、研磨対象面PSが研磨されると、研磨対象面PSが研磨される前と比較して、研磨対象面PSの色調が変わる可能性がある。従って、「研磨対象面PSを研磨する研磨動作」は、「研磨動作を行う前と比較して、研磨対象面PSの色調を変える動作」を含んでいてもよい。研磨対象面PSが研磨されると、研磨対象面PSが研磨される前と比較して、研磨対象面PSの反射率（例えば、任意の

光に対する反射率)及び拡散率(例えば、任意の光に対する拡散率)の少なくとも一方が変わる可能性がある。従って、「研磨対象面PSを研磨する研磨動作」は、「研磨動作を行う前と比較して、研磨対象面PSの反射率及び拡散率の少なくとも一方を変える動作」を含んでいてもよい。

[0165] このような研磨対象面PSは、研磨動作によって研磨することで滑らかに(或いは、平坦に又は表面粗さを細かくする)ことが可能な相対的に粗い面(つまり、凹凸が形成されている面)となっている可能性がある。例えば、上述したように、本実施形態では、粉状の又は粒状の造形材料Mを溶融した後、再固化させることで3次元構造物STが形成される。このため、3次元構造物STの表面の少なくとも一部には、溶融しなかった造形材料Mが付着している可能性がある。この場合、溶融しなかった造形材料Mが付着している面は、研磨動作によって滑らかにすることが可能な相対的に粗い面となり得る。更には、3次元構造物STの表面の少なくとも一部には、意図しなかった形状で再固化してしまった造形材料Mが付着している可能性がある。この場合、意図しなかった形状で再固化してしまった造形材料Mが付着している面は、研磨動作によって滑らかにすることが可能な相対的に粗い面となり得る。例えば、上述したように、本実施形態では、各構造層SLが形成される期間中において、造形ヘッド41は、X軸及びY軸の少なくとも一方に沿って(つまり、XY平面に沿って)移動する。この場合、造形面CSに対する造形ヘッド41の相対的な移動態様によっては、XY平面に沿った構造層SLの表面(ひいては、3次元構造層STの表面)の少なくとも一部に、造形ヘッド41の移動パターン(典型的には、移動のピッチ)に応じた規則的な又は不規則な凹凸が現れる可能性がある。この場合、規則的な又は不規則な凹凸が現れる面は、研磨動作によって滑らかにすることが可能な相対的に粗い面となり得る。

[0166] このような研磨対象面PSを研磨するために、造形システム1は、制御装置7の制御下で、研磨対象面PSに光ELを照射する。つまり、本実施形態では、光ELで研磨対象面PSを研磨する。具体的には、制御装置7は、図

46 (a) に示すように、研磨対象面 P S 上のある領域部分に照射領域 E A を設定し、当該照射領域 E A に対して照射光学系 4 1 1 から光 E L を照射する。尚、図 4 6 (a) は、研磨対象面 P S が、研磨動作によって研磨すべき規則的な又は不規則な凹凸が現れる面である例を示している。このとき、制御装置 7 は、必要に応じて、造形ヘッド 4 1 を移動させて、研磨対象面 P S 上の所望の領域部分に照射領域 E A を設定する。照射領域 E A に光 E L が照射されると、図 4 6 (b) に示すように、研磨対象面 P S のうち照射領域 E A が設定された領域部分内の造形材料 M が、光 E L によって再度溶融する。凹凸を形成するように固化していた造形材料 M が溶融すると、溶融した造形材料 M の自重及び表面張力の少なくとも一方により、溶融した造形材料 M の表面（つまり、界面）が平面に近づく又は平面になる。つまり、溶融した造形材料 M の表面（つまり、界面）の滑らかさが向上する。その後、造形ヘッド 4 1 の移動に伴って溶融した造形材料 M に光 E L が照射されなくなると、溶融した造形材料 M は、冷却されて再度固化（つまり、凝固）する。その結果、図 4 6 (c) に示すように、滑らかになった（或いは、平坦度が向上した、及び／又は、表面粗さが細かくなった）表面を有するように再固化した造形材料 M が、3次元構造物 S T の表面を構成することになる。このように、研磨動作によって研磨対象面 P S が研磨される。

[0167] 制御装置 7 は、このような光の照射 E L による造形材料 M の溶融及び溶融した造形材料 M の再固化を含む一連の研磨処理を、造形ヘッド 4 1 を 3次元構造物 S T に対して相対的に移動させながら繰り返し行う。つまり、制御装置 7 は、一連の研磨処理を、研磨対象面 P S に対して照射領域 E A を相対的に移動させながら繰り返し行う。具体的には、例えば、制御装置 7 は、Y 軸方向に沿った照射領域 E A の移動と X 軸方向に沿った照射領域 E A の移動と繰り返しながら、一連の研磨処理を繰り返し行ってもよい。つまり、制御装置 7 は、図 3 (a) を参照して説明したラスタスキャンでの走査に対応する移動軌跡に沿って照射領域 E A を移動させながら、一連の研磨処理を繰り返し行ってもよい。この場合、制御装置 7 は、X 軸及び Y 軸のうち 1 回の移動

分の移動量が多いいずれか一方の軸に沿って照射領域 E A が移動している期間中に光 E L を照射して研磨対象面 P S を研磨する一方で、X 軸及び Y 軸のうち 1 回の移動分の移動量が少ないいずれか他方の軸に沿って照射領域 E A が移動している期間中に光 E L を照射しない。但し、制御装置 7 は、図 3 ( b ) を参照して説明したベクタースキャンでの走査に対応する移動軌跡に沿って照射領域 E A を移動させながら、一連の研磨処理を繰り返し行ってもよい。

[0168] 造形動作（或いは、マーキング動作）及び研磨動作の双方において照射領域 E A がラスタスキャンでの走査に対応する移動軌跡に沿って移動する場合には、制御装置 7 は、造形動作において光 E L が照射されている期間中の照射領域 E A の移動方向と、研磨動作において光 E L が照射されている期間中の照射領域 E A の移動方向とが交差する（つまり、異なるものとなる）ように、照射領域 E A を移動させてもよい。具体的には、図 4 7 ( a ) 及び図 4 7 ( b ) に示すように、造形動作において光 E L が照射されている期間中の照射領域 E A の移動方向が Y 軸方向である場合には、制御装置 7 は、研磨動作において光 E L が照射されている期間中の照射領域 E A の移動方向が X 軸方向になるように、研磨動作中の照射領域 E A の移動方向を設定してもよい。或いは、造形動作において光 E L が照射されている期間中の照射領域 E A の移動方向が X 軸方向である場合には、研磨動作において光 E L が照射されている期間中の照射領域 E A の移動方向が Y 軸方向になるように、研磨動作中の照射領域 E A の移動方向を設定してもよい。その結果、造形システム 1 は、造形動作時に造形ヘッド 4 1 の移動パターン（典型的には、移動のピッチ）に起因して生じた凹凸が存在する研磨対象面 P S を、当該凹凸を滑らかにする（特に、研磨対象面 P S から当該凹凸を除去する）ように適切に研磨することができる。尚、造形動作において光 E L が照射されている期間中の照射領域 E A の移動方向と、研磨動作において光 E L が照射されている期間中の照射領域 E A の移動方向とは直交していなくてもよい。

[0169] 或いは、造形動作（或いは、マーキング動作）及び研磨動作の双方におい

て照射領域E Aがラスタスキャンでの走査に対応する移動軌跡に沿って移動する場合において、制御装置7は、造形動作において光E Lが照射されている期間中の照射領域E Aの移動方向と、研磨動作において光E Lが照射されている期間中の照射領域E Aの移動方向とが揃う（つまり、同じになる）ように、照射領域E Aを移動させてもよい。この場合であっても、研磨対象面P Sを研磨することができることに変わりはない。但し、この場合には、制御装置7は、造形動作において光E Lが照射されていない期間中の照射領域E Aの1回分の移動量（つまり、移動のピッチ）と、研磨動作において光E Lが照射されていない期間中の照射領域E Aの1回分の移動量とが異なるものとなるように、照射領域E Aを移動させてもよい。特に、制御装置7は、造形動作において光E Lが照射されていない期間中の照射領域E Aの移動量よりも、研磨動作において光E Lが照射されていない期間中の照射領域E Aの移動量が小さくなるように、照射領域E Aを移動させてもよい。例えば、具体的には、図48（a）及び図48（b）に示すように、造形動作において光E Lが照射されていない期間中の照射領域E Aの移動量が第1移動量P 1である場合には、制御装置7は、研磨動作において光E Lが照射されていない期間中の照射領域E Aの移動量が第1移動量P 1よりも小さい第2移動量P 2となるように、照射領域E Aを移動させてもよい。その結果、造形システム1は、造形動作時に造形ヘッド4 1の移動パターンに起因して生じた凹凸が存在する研磨対象面P Sを、当該凹凸を滑らかにするように適切に研磨することができる。尚、造形動作において光E Lが照射されていない期間中の照射領域E Aの移動のピッチに対して、研磨動作において光E Lが照射されていない期間中の照射領域E Aの移動のピッチは、大きくてもよく、また小さくてもよい。

[0170] 制御装置7は、造形動作において光E Lが照射されている期間中の照射領域E Aの大きさと、研磨動作において光E Lが照射されている期間中の照射領域E Aの大きさとが異なるものとなるように、照射領域E Aのサイズを制御してもよい。例えば、制御装置7は、造形動作において光E Lが照射され

ている期間中の照射領域 E A が、研磨動作において光 E L が照射されている期間中の照射領域 E A よりも大きくなるように、照射領域 E A のサイズを制御してもよい。例えば、制御装置 7 は、造形動作において光 E L が照射されている期間中の照射領域 E A が、研磨動作において光 E L が照射されている期間中の照射領域 E A よりも小さくなるように、照射領域 E A のサイズを制御してもよい。を移動させてもよい。この場合であっても、造形システム 1 は、造形動作時に造形ヘッド 4 1 の移動パターンに起因して生じた凹凸が存在する研磨対象面 P S を、当該凹凸を滑らかにするように適切に研磨することができる。尚、照射領域 E A のサイズを制御するための具体的方法は、上述したサイズ制御動作において照射領域 E A のサイズを制御するための具体的方法と同じであってもよい。尚、制御装置 7 は、造形動作において光 E L が照射されている期間中の照射領域 E A が、研磨動作において光 E L が照射されている期間中の照射領域 E A よりも小さくなるように、照射領域 E A のサイズを制御してもよい。

[0171] (6) 変形例

(6-1) 第 1 変形例

はじめに、造形システム 1 の第 1 変形例について説明する。上述した説明では、層形成期間中に照射領域 E A が 2 回以上設定される領域 W A 1 に形成される造形物 S 1 の高さ  $h_1$  と、層形成期間中に照射領域 E A が 1 回設定される領域 W A 2 に形成される造形物 S 2 の高さ  $h_2$  とのばらつきを抑制するために、制御装置 7 が第 1 のばらつき抑制動作を行っている。一方で、第 1 変形例における造形システム 1 a は、第 1 のばらつき抑制動作を行わなくても造形物 S 1 の高さ  $h_1$  と造形物 S 2 の高さ  $h_2$  とのばらつきを抑制することができる。

[0172] 具体的には、造形システム 1 a は、造形装置 4 に代えて造形装置 4 a を備えているという点で、造形システム 1 とは異なる。造形装置 4 a は、集光光学系である照射光学系 4 1 1 a を照射光学系 4 1 1 に代えて備えているという点で、造形装置 4 とは異なる。照射光学系 4 1 1 a は、造形物 S 1 の高さ

h 1 と造形物 S 2 の高さ h 2 とのばらつきを抑制するように光学特性が予め設定（言い換えれば、設計又は調整）されているという点で、照射光学系 4 1 1 とは異なる。造形システム 1 a のその他の構成要件は、造形システム 1 と同じであってもよい。

[0173] 照射光学系 4 1 1 a の光学特性は、造形物 S 1 の高さ h 1 と造形物 S 2 の高さ h 2 とのばらつきを抑制するように予め設定されている。本実施形態では、照射光学系 4 1 1 a の光学特性として、焦点深度を用いる。従って、照射光学系 4 1 1 a の焦点深度は、造形物 S 1 の高さ h 1 と造形物 S 2 の高さ h 2 とのばらつきを抑制するように予め設定されている。焦点深度は、照射光学系 4 1 1 a の光学特性の他の一例である開口数（NA : Numerical Aperture）と相関を有する。従って、照射光学系 4 1 1 a の開口数が、造形物 S 1 の高さ h 1 と造形物 S 2 の高さ h 2 とのばらつきを抑制するように、予め設定されているともいえる。尚、本説明における焦点深度とは、光 E L の単位面積当たりの強度又はエネルギー量が造形材料 M を熔融できる強度よりも大きくなる、光軸方向（光の進行方向）における範囲を指してもよい。

[0174] 照射光学系 4 1 1 a の焦点深度は、造形システム 1 a が形成する構造層 S L の設計上の高さ（つまり、厚さ）h 0 に基づいて設定されている。具体的には、照射光学系 4 1 1 a の焦点深度は、図 4 9 に示すように、焦点深度の大きさ（言い換えれば、Z 軸に沿った幅）が構造層 S L の設計上の高さ h 0 の 2 倍未満になるという第 1 条件を満たすように、設定されている。つまり、照射光学系 4 1 1 a の焦点深度は、積層された 2 つ以上の構造層 S L が焦点深度の範囲内に同時に位置することができない（つまり、積層された 2 つ以上の構造層 S L の一部が焦点深度の範囲から外れる）という第 1 条件を満たすように、設定されている。

[0175] このような条件が満たされている場合において、領域 W A 1 に照射領域 E A が 2 回設定される状況を想定する。この場合、領域 W A 1 に 1 回目の照射領域 E A が設定されると、図 5 0 ( a ) に示すように、当該領域 W A 1 に、

その高さ  $h_a$  が高さ  $h_0$  に一致する造形物  $S_{0a}$  が形成される。その後、領域  $WA_1$  に2回目の照射領域  $E_A$  が設定されると、当該領域  $WA_1$  に既に形成された造形物  $S_{0a}$  上に、新たな造形物  $S_{0b}$  が形成される可能性がある。しかしながら、焦点深度の大きさが高さ  $h_0$  の2倍未満であるため、図50(b)に示すように、仮に新たな造形物  $S_{0b}$  が形成されたとしても、その高さ  $h_b$  は、高さ  $h_0$  よりも小さくなる。なぜなら、焦点深度の範囲から外れた領域では、光  $E_L$  の強度不足によって造形材料  $M$  が溶融しないからである。一方で、第1条件が満たされていない場合には、領域  $WA_1$  に2回目の照射領域  $E_A$  が設定されると、造形物  $S_{0a}$  上に、高さ  $h_b$  が高さ  $h_0$  に一致する造形物  $S_{0b}$  が形成される可能性がある。このため、第1条件が満たされている場合には、第1条件が満たされていない場合と比較して、領域  $WA_1$  に形成される造形物  $S_1$  の高さ  $h_1$  (=造形物  $S_{0a}$  の高さ  $h_a$  と造形物  $S_{0b}$  の高さ  $h_b$  との総和) と領域  $WA_2$  に形成される造形物  $S_2$  の高さ  $h_2$  (=造形物  $S_{0a}$  の高さ  $h_a$ ) とのばらつきが抑制される。つまり、造形システム  $1a$  は、上述したように造形材料  $M$  の供給レート、光  $E_L$  から伝達される熱に関する熱伝達レート及び照射領域  $E_A$  の移動速度の少なくとも一つを制御しなくても、造形物  $S_1$  の高さ  $h_1$  と造形物  $S_2$  の高さ  $h_2$  とのばらつきを適切に抑制することができる。

[0176] 造形物は、造形面  $CS$  上に形成される。更に、造形材料  $M$  が照射光学系  $411a$  の焦点深度の範囲内において溶融するがゆえに、造形物は、焦点深度の範囲内に形成される。従って、造形物は、図51(a)及び図51(b)に示すように、造形面  $CS$  と、照射光学系  $411a$  の物体面側(図51(a)及び図51(b)に示す例では、+Z側であり、上側)における焦点深度の範囲の境界  $UB$  との間に形成される。そうすると、構造層  $SL$  の設計上の高さ  $h_0$  と同じ造形物を造形面  $CS$  上に形成するためには、図51(a)及び図51(b)に示すように、造形面  $CS$  と境界  $UB$  との間隔が高さ  $h_0$  以上となるように、造形面  $CS$  に対して照射光学系  $413$  が位置合わせされていてもよい。図51(a)は、造形面  $CS$  と境界  $UB$  との間隔が高

さ  $h_0$  と一致する例を示している。この場合には、造形面  $CS$  上に、高さが  $h_0$  となる造形物が形成される。一方で、図 5 1 (b) は、造形面  $CS$  と境界  $UB$  との間隔が高さ  $h_0$  より大きくなる例を示している。この場合には、造形面  $CS$  上に、高さが少なくとも  $h_0$  となる造形物が形成される。尚、図 5 1 (a) に示すように、造形面  $CS$  と境界  $UB$  との間隔が高さ  $h_0$  と一致する状態は、光  $EL$  のフォーカス位置が造形面  $CS$  に設定される状態と等価である。同様に、図 5 1 (b) に示すように、造形面  $CS$  と境界  $UB$  との間隔が高さ  $h_0$  より大きくなる状態は、光  $EL$  のフォーカス位置が造形面  $CS$  よりも照射光学系 4 1 1 a の物体面側にシフトした位置に設定される状態と等価である。

[0177] 但し、照射光学系 4 1 1 a の焦点深度の大きさが、構造層  $SL$  の設計上の高さ  $h_0$  未満になってしまうと、造形面  $CS$  と境界  $UB$  との間隔を高さ  $h_0$  以上にすることができない。その結果、造形面  $CS$  上に、高さが  $h_0$  となる造形物を形成することができなくなってしまう。このため、照射光学系 4 1 1 a の焦点深度は、焦点深度の大きさが構造層  $SL$  の設計上の高さ  $h_0$  以上になるという第 2 条件も合わせて満たすように、設定されていてもよい。

[0178] 尚、第 1 変形例において、造形システム 1 a は第 1 のばらつき抑制動作も併せて行ってもよい。

[0179] (6-2) 第 2 変形例

続いて、図 5 2 を参照しながら、造形システム 1 の第 2 変形例について説明する。第 2 変形例における造形システム 1 b は、造形装置 4 に代えて造形装置 4 b を備えているという点で、造形システム 1 とは異なる。造形装置 4 b は、駆動系 4 5 b を備えているという点で、造形装置 4 とは異なる。造形システム 1 a のその他の構成要件は、造形システム 1 と同じであってもよい。

[0180] 駆動系 4 5 b は、ステージ 4 3 を移動させる。駆動系 4 5 b は、 $X$  軸、 $Y$  軸及び  $Z$  軸の少なくともいずれかに沿ってステージ 4 3 を移動させる。駆動

系45bは、X軸、Y軸及びZ軸の少なくともいずれかに加えて、 $\theta$ X方向、 $\theta$ Y方向及び $\theta$ Z方向の少なくとも一つに沿ってステージ43を移動させてもよい。駆動系45bは、例えば、モータ等を含む。ステージ43が移動すると、ステージ43が保持しているワークW（更には、ワークW上の構造層SL）が、造形ヘッド41に対して移動する。つまり、ワークW又は構造層SLの表面の少なくとも一部である造形面CSが、造形ヘッド41から光ELが照射される照射領域EA（つまり、造形ヘッド41から造形材料Mが供給される供給領域MA）に対して移動する。従って、第2変形例では、制御装置7は、駆動系42に加えて又は代えて駆動系45bを制御することで、造形面CSに対する照射領域EAの相対的な移動速度を制御可能である。

[0181] （6-3）第3変形例

続いて、図53（a）及び図53（b）を参照しながら、造形システム1の第3変形例について説明する。第3変形例における造形システム1cは、造形装置4に代えて造形装置4cを備えているという点で、造形システム1とは異なる。造形装置4cは、照射光学系411に代えて照射光学系411cを備えているという点で、造形装置4とは異なる。照射光学系411cは、図53（a）に示すように、光ELを偏向可能な光学系491cを備えているという点で、照射光学系411とは異なる。造形システム1aのその他の構成要件は、造形システム1と同じであってもよい。

[0182] 図53（b）に示すように、光学系491cは、フォーカスレンズ4911cと、ガルバノミラー4912cと、 $f\theta$ レンズ4913cとを備える。光ELは、フォーカスレンズ4911cと、ガルバノミラー4912cと、 $f\theta$ レンズ4913cとを介して、造形面CS（更には、必要に応じて研磨対象面PS）に照射される。

[0183] フォーカスレンズ4911cは、1以上のレンズで構成され、その少なくとも一部のレンズの光軸方向に沿った位置を調整することで、光ELの集光位置（つまり、光学系491cの焦点位置）を調整するための光学素子である。ガルバノミラー4912cは、光ELが造形面CSを走査する（つまり

、照射領域E Aが造形面C S上を移動する) ように、光E Lを偏向する。ガルバノミラー4 9 1 2 cは、X走査ミラー4 9 1 2 Xと、Y走査ミラー4 9 1 2 Yとを備える。X走査ミラー4 9 1 2 Xは、光E LをY走査ミラー4 9 1 2 Yに向けて反射する。X走査ミラー4 9 1 2 Xは、 $\theta$  Y方向(つまり、Y軸周りの回転方向)に揺動又は回転可能である。X走査ミラー4 9 1 2 Xの揺動又は回転により、光E Lは、造形面C SをX軸方向に沿って走査する。X走査ミラー4 9 1 2 Xの揺動又は回転により、照射領域E Aは、造形面C S上をX軸方向に沿って移動する。Y走査ミラー4 9 1 2 Yは、光E Lをf  $\theta$  レンズ4 9 1 3 cに向けて反射する。Y走査ミラー4 9 1 2 Yは、 $\theta$  X方向(つまり、X軸周りの回転方向)に揺動又は回転可能である。Y走査ミラー4 9 1 2 Yの揺動又は回転により、光E Lは、造形面C SをY軸方向に沿って走査する。Y走査ミラー4 9 1 2 Yの揺動又は回転により、照射領域E Aは、造形面C S上をY軸方向に沿って移動する。f  $\theta$  レンズ4 9 1 3 cは、ガルバノミラー4 9 1 2 cからの光E Lを造形面C S上に集光するための光学素子である。

[0184] 従って、第3変形例では、制御装置7は、駆動系4 2に加えて又は代えて光学系4 9 1 c(特に、ガルバノミラー4 9 1 2 c)を制御することで、造形面C Sに対する照射領域E Aの相対的な移動速度を制御可能である。

[0185] 尚、第3変形例において、造形材料Mを供給する材料ノズル4 1 2は、照射領域E Aの造形面C S上での位置に応じて、照射領域E Aが造形面C S上に形成する熔融池M Pに造形材料Mを供給することができるように、X軸、Y軸及びZ軸の少なくとも一つに沿って移動可能であってもよい。

[0186] (6-4) 第4変形例

続いて、造形システム1の第4変形例について説明する。上述した説明では、造形システム1が備える造形ヘッド4 1は、造形動作に用いられる光E L及び研磨動作に用いられる光E Lの双方を射出する。つまり、造形動作が行われている期間中の光E Lの照射光学系4 1 1内での光路は、研磨動作が行われている期間中の光E Lの照射光学系4 1 1内での光路と同じになる。

一方で、第4変形例の造形システム1dは、造形動作に用いられる光ELを射出する造形ヘッド41とは別個に、研磨動作に用いられる光ELを射出する研磨ヘッド41dを備えている。

[0187] 具体的には、造形システム1dは、造形装置4に代えて造形装置4dを備えているという点で、造形システム1とは異なる。造形装置4dは、研磨ヘッド41d及び駆動系42dを備えているという点で、造形装置4とは異なる。造形システム1dのその他の構成要件は、造形システム1と同じであってもよい。このため、以下、図54を参照しながら、第4変形例の造形装置4dについて更に説明する。尚、造形システム1が備える構成要件と同じ構成要件については、同一の参照符号を付してその詳細な説明を省略する。

[0188] 図54に示すように、造形装置4dは、上述した造形ヘッド41、駆動系42、ステージ43に加えて、研磨ヘッド41d及び駆動系42dを備えている。研磨ヘッド41dは、照射光学系411dを備えている。

[0189] 照射光学系411dは、射出部413dから光ELdを射出するための光学系（例えば、集光光学系）である。具体的には、照射光学系411dは、光ELを発する光源5と、光ファイバやライトパイプ等の不図示の光伝送部材を介して光学的に接続されている。照射光学系411dは、光伝送部材を介して光源5から伝搬してくる光ELを、光ELdとして射出する。つまり、光源5が発した光ELは、光源5と造形装置4dとの間又は造形装置4d内に配置された光分岐器によって2つの光ELに分岐され、一方の光ELが造形ヘッド41に伝搬し、他方の光ELが研磨ヘッド41dに伝搬する。照射光学系411dは、照射光学系411dから下方（つまり、-Z側）に向けて光ELdを照射する。照射光学系411dの下方には、ステージ43が配置されている。ステージ43に3次元構造物STが搭載されている場合には、照射光学系411dは、3次元構造物STに向けて光ELdを照射する。具体的には、照射光学系411dは、光ELdが照射される領域として研磨対象面PS上に設定される円形の（或いは、その他任意の形状の）照射領域EA dに光ELdを照射する。照射領域EA dは、造形ヘッド41からの

光E Lが照射される照射領域E Aとは異なる位置に設定されるが、同じ位置に設定されてもよい。照射領域E A dは、照射領域E Aと重複することはないが、少なくとも部分的に重複していてもよい。更に、照射光学系4 1 1 dの状態は、制御装置7の制御下で、照射領域E A dに光E L dを照射する状態と、照射領域E A dに光E L dを照射しない状態との間で切替可能である。

[0190] 駆動系4 2 dは、研磨ヘッド4 1 dを移動させる。具体的には、駆動系4 2 dは、X軸、Y軸及びZ軸の夫々に沿って研磨ヘッド4 1 dを移動させる。尚、駆動系4 2 dの構造は、駆動系4 2の構造と同一であってもよい。従って、駆動系4 2 dの構造についての詳細な説明は省略する。

[0191] 研磨ヘッド4 1 dが造形ヘッド4 1とは別個に用意されるため、研磨ヘッド4 1 dは、造形ヘッド4 1とは異なる方向から光E L dを照射する。つまり、光E L dは、光E Lの光路とは異なる光路を伝搬して研磨対象面P Sに照射される。このため、研磨ヘッド4 1 dは、造形ヘッド4 1が光E Lを照射している期間の少なくとも一部において、光E L dを照射することができる。つまり、造形システム1 dは、造形動作と研磨動作とを並行して行うことができる。言い換えると、造形システム1 dは、造形動作が行われる時間帯（又は時期）と研磨動作が行われる時間帯（又は時期）とをそれらの少なくとも一部が重なった状態とすること、或いは造形動作が行われるタイミングと研磨動作が行われるタイミングとの少なくとも一部を重ねることができる。具体的には、造形システム1 dは、造形ヘッド4 1が光E Lを造形面C S上の一の領域に照射することで3次元構造物S Tの一部を形成している期間の少なくとも一部において、造形面C S上の他の領域に既に形成済みの3次元構造物S Tの他の一部の表面の少なくとも一部である研磨対象面P Sに光E L dを照射することで、当該研磨対象面P Sを研磨することができる。その結果、3次元構造物S Tを形成し且つ研磨するためのスルーカットが向上する。つまり、第4変形例の造形システム1 dは、上述した造形システム1が享受可能な効果と同様の効果を楽しむつも、研磨された3次元構造物

S Tを形成するためのスルーブットを向上させることができる。

[0192] 但し、造形装置4 dが造形ヘッド4 1とは別個に研磨ヘッド4 1 dを備える場合であっても、造形システム1 dは、造形動作によって3次元構造物S Tが形成された後に、研磨動作を行ってもよい。この場合であっても、第4変形例の造形システム1 dは、上述した造形システム1が享受可能な効果と同様の効果を享受することができることに変わりはない。

[0193] 尚、図5 4では、共通の光源5が射出した光E Lが造形ヘッド4 1及び研磨ヘッド4 1 dに伝搬されている。しかしながら、造形システム1 dは、造形動作で用いられる光E Lを射出する光源5とは別個に、研磨動作で用いられる光E L dを射出する光源5 dを備えていてもよい。光源5 dは、光源5 dが射出する光E Lと同じ特性（例えば、強度や、波長や、偏光等）の光E L dを射出してもよい。光源5 dは、光源5が射出する光E Lと異なる特性（例えば、強度や、波長や、偏光等）の光E L dを射出してもよい。光源5 dは、光源5が射出する光E Lとは異なる種類のエネルギービームを射出してもよい。

[0194] (6-5) 第5変形例

続いて、造形システム1の第5変形例について説明する。上述した説明では、造形システム1は、単一の造形ヘッド4 1を備えている。一方で、第5変形例の造形システム1 eは、複数の造形ヘッド4 1を備えている。具体的には、造形システム1 eは、造形装置4に代えて造形装置4 eを備えているという点で、造形システム1とは異なる。造形装置4 eは、複数の造形ヘッド4 1を備えているという点で、造形装置4とは異なる。造形システム1 eのその他の構成要件は、造形システム1と同じであってもよい。このため、以下、図5 5を参照しながら、第5変形例の造形装置4 eについて更に説明する。尚、造形システム1が備える構成要件と同じ構成要件については、同一の参照符号を付してその詳細な説明を省略する。

[0195] 図5 5に示すように、造形装置4 dは、複数の造形ヘッド4 1を備えている。複数の造形ヘッド4 1は、X軸及びY軸のいずれか一方（図5 5に示す

例では、Y軸)に沿って直線状に並ぶように支持フレーム48eに組みつけられている。駆動系42は、X軸、Y軸及びZ軸の少なくともいずれかに沿って支持フレーム48eを移動させる。つまり、駆動系42は、X軸、Y軸及びZ軸の少なくともいずれかに沿って複数の造形ヘッド41をまとめて移動させる。

[0196] このような第5変形例の造形システム1eによれば、複数の光ELを造形面CSに同時に照射して3次元構造物STを形成することができる。このため、その結果、3次元構造物STを形成するためのスループットが向上する。つまり、第5変形例の造形システム1eは、上述した造形システム1が享受可能な効果と同様の効果を楽しむつも、3次元構造物STを形成するためのスループットを向上させることができる。

[0197] 尚、複数の造形ヘッド41は、支持フレーム48eに組み付けられていなくてもよい。この場合、造形装置4dは、複数の造形ヘッド41を夫々移動させるための複数の駆動系42を備えていてもよい。

[0198] (6-6) 第6変形例

上述した説明では、造形物の造形面CSからの高さを造形物の位置に応じて異ならせるとき、造形面CSは平面である場合を例として説明している。しかしながら、造形面CS自体は、平面には限定されない、即ち、造形面CS自体は造形面CS上での位置に応じて異なる高さ(Z軸方向の位置)であってもよい。例えば、図56(a)に示すように、造形面CSが曲面であってもよい。このとき、曲面状の造形面CSの上部に造形される構造層SL#1の上面がXY平面に沿うように、言い換えると、構造層SL#1の上面のZ軸方向の高さが構造層SL#1のX軸方向及びY軸方向の位置によらずに一定となるように、造形物のX軸方向の位置及びY軸方向の位置に応じた高さが異なってもよい。また、図56(b)に示すように、造形面CSが凹凸状であってもよい、このときにも、凹凸状の造形面CSの上部に造形される構造層SL#1の上面がXY平面に沿うように、言い換えると、構造層SL#1の上面のZ軸方向の高さが構造層SL#1のX軸方向及びY軸方向

の位置によらずに一定となるように、造形物のX軸方向の位置及びY軸方向の位置に応じた高さが異なってもよい。また、図56(c)に示すように、造形面CSは、構造層SL#1の上面であってもよい。いずれの場合にも、造形面CSの面形状によらずに、造形物SL#1（更には、構造層SL#2）の上面を平らにすることができる。この場合において構造層SL#1（更には、構造層SL#2）の上面を所定の曲面としてもよい。

[0199] （6-7）第7変形例

上述した説明では、造形物の造形面CSからの高さを造形物の位置に応じて異ならせている。しかしながら、造形物の造形面CSからの高さは造形物の位置に応じて異ならなくてもよい（一定であってもよい）。例えば、図57に示すように、既に造形された構造層SL#1の高さ（Z軸方向（積層方向）のサイズ）と異なる高さの構造層SL#2を、構造層SL#1の上に造形してもよい。この場合、最終的に造形される3次元構造物STの積層方向（Z軸方向）の高さの精度を高精度にすることができる。

[0200] （6-8）第8変形例

造形材料Mを供給する供給する材料ノズル412は、ワークWの外側の位置に供給領域MAが位置している状態から、ワークW上、ひいては造形面CS上の造形開始位置SPに供給領域MAが位置している状態までの間の期間（以下、第1期間と称する）において、造形材料Mを供給し続けてもよい。材料ノズル412から造形材料Mの供給を開始した時点から供給される単位時間当たりの供給量が安定する時点までの間が長くかかるような場合には、造形開始位置SPでの単位時間当たりの供給量を安定させることができる。

[0201] このとき、材料ノズル412から造形面CSに造形材料MAが衝突して、造形面CSを傷つける恐れがある。この場合には、図58(a)に示すように、図8において説明したガス噴出装置461を設けてもよい。そして、第1期間においてガス噴出装置461から、造形材料Mの供給経路を横切る方向からガスを噴出させ、材料ノズル412から供給領域MAへ向かうはずの造形材料MをワークW、ひいては造形面CSの外側へ向けてもよい。そして

、図58(b)に示すように、材料ノズル412による供給領域MAが造形開始位置SPに位置した後の期間(以下、第2期間と称する)では、ガス噴出装置461のガス噴出動作を停止して、材料ノズル412からの造形材料Mの供給領域MAへの供給が開始されるようにしてもよい。ここで、材料ノズル412による供給領域MAが造形開始位置SPに位置した時点から、照射光学系411による光ELの照射領域EAへの照射を開始してもよい。

[0202] 尚、第1期間における造形材料Mの単位時間当たりの供給量は、造形物を形成している第2期間における造形材料Mの単位時間当たりの供給量よりも小さくすることができる。また、上述の説明では、ガス噴出装置461を用いて、材料ノズル412から供給領域MAへ向かうはずの造形材料MをワークW、ひいては造形面CSの外側へ向けたが、図9を用いて説明した遮蔽部材462を使用してもよく、図10を用いて説明した供給ノズル412の供給方向(噴射方向)を変えてもよい。また、ガス噴出装置461及び遮蔽部材462とは異なる任意の供給量変更装置を造形装置4が備えている場合には、制御装置7は、造形材料Mの供給レートを制御するために、任意の供給量変更装置を制御してもよい。尚、任意の供給量変更装置は、図59に示すように材料供給装置3内に設けられた供給量変更装置3aであってもよく、図60に示すように材料供給装置3から材料ノズル412の供給アウトレット414に至る供給路に設けられた供給量調整装置481であってもよい。このような供給量変更装置3a及び481としては、例えば通過流量を変更可能なバルブを用いてもよい。尚、図59及び図60に夫々示した供給量変更装置3a及び481は、図8及び図9を用いて説明した、ガス噴出装置461及び遮蔽部材462とは異なる任意の供給量変更装置として用いることができる。

[0203] (6-9) 第9変形例

図30を用いて説明した例では、Y軸方向に沿った照射領域EAの1回分の移動(つまり、移動方向が変わるまでの移動であり、ラスタスキャンにおける1本の走査線に沿った移動)に着目すると、照射領域EAのY軸方向に

沿った移動の際にマーク形成領域と照射領域E Aとが重なるタイミングで光E Lを照射し、その1回分の移動（更には、その1回分の移動中に行われる複数回の光E Lの照射）で造形される造形物の高さは同じになっている。しかしながら、照射領域E Aの所定方向（例えば、Y軸方向又はX軸方向等の造形面C S内の方向）の移動時に光E Lを複数回照射して、所定方向に並んだ複数の造形物を造形する場合、それらの造形物の高さ（Z軸方向の造形面C Sからの高さ）は互いに異なってもよい。例えば、図61（a）において、ラスタスキャンの同じ走査線に沿って並ぶ領域WA 9と領域WA 10とに対して、造形材料Mの供給レート、熱伝達レート、及び照射領域E Aの移動速度等のうち少なくとも1つを異なるものとしてもよい。この動作により、例えば図61（b）に示すように、Z軸方向において造形面C Sからの高さが互いに異なる造形物を造形することができる。

[0204] また、上述の例では、照射領域E Aの1回分の移動（つまり、ラスタスキャンにおける1本の走査線に沿った移動）で造形される複数の造形物の高さを互いに変えたが、複数の走査線に沿って照射領域E Aを移動させるラスタスキャンにおける、互いに異なる走査線に沿った照射領域E Aの移動（更には、移動中に行われる造形材料Mの供給）によって造形される複数の造形物の間で高さ（Z軸方向の造形面C Sからの高さ）を変えてもよい。例えば、図62（a）に示すように、互いに異なる走査線上に並ぶ領域WA 9と領域WA 11とに対して、造形材料Mの供給レート、熱伝達レート、及び照射領域E Aの移動速度等のうち少なくとも1つを異なるものとしてもよい。この動作により、例えば図62（b）に示すように、Z軸方向において造形面C Sからの高さが互いに異なる造形物を造形することができる。

[0205] 尚、第9変形例では、造形面C Sに対するマーキング動作を例に挙げたが、この第9変形例は、造形面C S自体が積層造形された造形物の面である場合であっても適用できる。

[0206] （6-10）その他の変形例

上述した説明では、造形装置4は、造形材料Mに光E Lを照射することで

、造形材料Mを溶融させている。しかしながら、造形装置4は、任意のエネルギービームを造形材料Mに照射して溶融池MPを形成し、その溶融池MPで造形材料Mを溶融させてもよい。この場合、造形装置4は、照射光学系411に加えて又は代えて、任意のエネルギービームを照射可能なビーム照射装置を備えていてもよい。任意のエネルギービームは、限定されないが、電子ビーム、イオンビーム等の荷電粒子ビーム又は電磁波を含む。

[0207] 上述した説明では、造形システム1は、レーザ肉盛溶接法により3次元構造物STを形成可能である。しかしながら、造形システム1は、造形材料Mに光EL（或いは、任意のレーザビーム）を照射することで3次元構造物STを形成可能なその他の方式により造形材料Mから3次元構造物STを形成してもよい。その他の方式として、例えば、粉末焼結積層造形法（SLS：Selective Laser Sintering）等の粉末床溶融結合法（Powder Bed Fusion）、結合材噴射法（Binder Jetting）又は、レーザメタルフュージョン法（LMF：Laser Metal Fusion）があげられる。

[0208] 上述の各実施形態の構成要件の少なくとも一部は、上述の各実施形態の構成要件の少なくとも他の一部と適宜組み合わせることができる。上述の各実施形態の構成要件のうちの一部が用いられなくてもよい。また、法令で許容される限りにおいて、上述の各実施形態で引用した全ての公開公報及び米国特許の開示を援用して本文の記載の一部とする。

[0209] 本発明は、上述した実施例に限られるものではなく、特許請求の範囲及び明細書全体から読み取れる発明の要旨或いは思想に反しない範囲で適宜変更可能であり、そのような変更を伴う処理装置、処理方法、マーキング方法、造形システム及び造形方法もまた本発明の技術的範囲に含まれるものである。

## 符号の説明

- [0210] 1 造形システム  
3 材料供給装置

## 4 造形装置

## 4 1 造形ヘッド

## 4 1 1 照射光学系

## 4 1 2 材料ノズル

## 4 2 駆動系

## 4 3 ステージ

## 5 光源

## W ワーク

## M 造形材料

## S L 構造層

## C S 造形面

## E A 照射領域

## M A 供給領域

## M P 熔融池

## 請求の範囲

- [請求項1] 物体の表面にエネルギービームを照射して前記表面に溶融池を形成するエネルギービーム照射部と、前記溶融池に造形材料を供給する材料供給部とを有する造形装置と、  
前記物体と前記溶融池との位置関係を変更する変更装置とを備え、  
前記物体と前記溶融池との第1方向における位置関係を変更しつつ前記溶融池に前記造形材料を供給することによって前記第1方向に沿って造形される造形物の前記第1方向と交差する第2方向のサイズを、前記造形物の前記第1方向での位置に基づいて変える処理装置。
- [請求項2] 前記材料供給部は、前記造形材料の供給量を前記第1方向における前記位置に基づいて変えるように、前記造形材料を供給する請求項1に記載の処理装置。
- [請求項3] 前記エネルギービーム照射部は、単位面積当たりの強度又はエネルギーを前記第1方向における前記位置に基づいて変えるように、前記エネルギービームを照射する請求項1又は2に記載の処理装置。
- [請求項4] 前記造形物の前記第2方向のサイズは、前記第1方向に沿って連続的に変化している請求項1から3のいずれか一項に記載の処理装置。
- [請求項5] 前記造形物の前記第2方向のサイズは、前記第1方向に沿って離散的に変化している請求項1から3のいずれか一項に記載の処理装置。
- [請求項6] 前記材料供給部によって前記造形材料が前記溶融池に供給される位置は、前記物体と前記溶融池との位置関係に基づいて変更される請求項1から5のいずれか一項に記載の処理装置。
- [請求項7] 前記造形物は、前記物体上での前記溶融池の移動軌跡に基づく形状

を有する

請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の処理装置。

[請求項8] 前記移動軌跡は交差しない

請求項 7 に記載の処理装置。

[請求項9] 前記移動軌跡は二次元平面内に位置する

請求項 7 または 8 に記載の処理装置。

[請求項10] 前記物体は、前記エネルギービーム照射部から母材上に照射されることにより形成される溶融池と前記母材との位置関係を変更しつつ前記母材上の溶融池に前記造形材料を供給することによって造形される

請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の処理装置。

[請求項11] 物体の表面にエネルギービームを照射して前記表面に溶融池を形成するエネルギービーム照射部と、前記造形材料を溶融するために前記溶融池に造形材料を供給する材料供給部とを有する造形装置と、

前記物体と前記溶融池とのうち、少なくとも一方の位置を変更する変更装置と、

前記溶融された前記造形材料が固化することによって前記物体の表面に生じる凸状の造形物がマークとなるように、前記マークに関する座標データを用いて前記変更装置を制御する制御装置と

を備える処理装置。

[請求項12] 前記物体の前記表面に交差する方向における前記凸状の造形物のサイズの最大値は、前記物体の前記表面に沿った方向における前記凸状の造形物のサイズのうち最も小さいサイズを超えない

請求項 1 1 に記載の処理装置。

[請求項13] 前記凸状の造形物は、前記物体上での前記溶融池の移動軌跡に応じた形状を有する

請求項 1 1 又は 1 2 に記載の処理装置。

[請求項14] 前記移動軌跡は交差しない

請求項 1 3 に記載の処理装置。

- [請求項15] 前記移動軌跡は二次元平面内に位置する  
請求項 1 3 又は 1 4 に記載の処理装置。
- [請求項16] 前記造形装置は、前記エネルギービーム照射部からの前記エネルギービームを前記物体の表面に照射して第 1 溶融池を形成し前記材料供給部からの前記造形材料を前記第 1 溶融池に供給して第 1 層を造形し、前記エネルギービーム照射部からの前記エネルギービームを前記第 1 層の表面に照射して第 2 溶融池を形成し前記材料供給部からの前記造形材料を前記第 2 溶融池に供給して第 2 層を造形し、  
前記凸状の造形物は、前記第 1 層及び前記第 2 層を含む  
請求項 1 1 から 1 5 のいずれか一項に記載の処理装置。
- [請求項17] 前記制御装置は、前記変更装置によって移動する前記溶融池に前記造形材料を供給するために、前記造形材料が供給される位置を変更するように、前記変更装置を制御する  
請求項 1 1 から 1 6 のいずれか一項に記載の処理装置。
- [請求項18] 前記マークは記号であり、  
前記制御装置は、前記物体の表面に形成すべき前記記号の入力を受け、前記記号に対応する前記座標データを生成する  
請求項 1 1 から 1 7 のいずれか一項に記載の処理装置。
- [請求項19] 前記マークに関する座標データは、二次元座標系上での位置に対応付けられた属性を有するデータである  
請求項 1 1 から 1 8 のいずれか一項に記載の処理装置。
- [請求項20] 前記制御装置は、前記表面に交差する交差方向における前記凸状の造形物の第 1 サイズを制御する  
請求項 1 1 から 1 9 のいずれか一項に記載の処理装置。
- [請求項21] 前記制御装置は、前記凸状の造形物のうちの第 1 部分の前記交差方向におけるサイズと前記凸状の造形物のうちの前記第 1 部分とは異なる第 2 部分の前記交差方向におけるサイズとが同じになるように、前記第 1 サイズを制御する

請求項 20 に記載の処理装置。

[請求項22] 前記制御装置は、前記凸状部分のうちの第3部分の前記交差方向におけるサイズと前記凸状の造形物のうちの前記第3部分とは異なる第4部分の前記交差方向におけるサイズとが異なるものとなるように、前記第1サイズを制御する

請求項 20 又は 21 に記載の処理装置。

[請求項23] 前記制御装置は、前記表面と平行な面に沿って形成される層状構造物を複数積層させることで前記凸状の造形物を形成するように、前記造形装置を制御し、

前記制御装置は、前記層状構造物の積層数を制御することで、前記第1サイズを制御する

請求項 20 から 22 のいずれか一項に記載の処理装置。

[請求項24] 前記制御装置は、前記溶融池に対する前記造形材料の供給量を制御することで、前記第1サイズを制御する

請求項 20 から 23 のいずれか一項に記載の処理装置。

[請求項25] 前記制御装置は、前記エネルギービームから前記表面に伝達される熱量を制御することで、前記第1サイズを制御する

請求項 20 から 24 のいずれか一項に記載の処理装置。

[請求項26] 前記制御装置は、前記エネルギービームの特性を制御して前記熱量を制御する

請求項 25 に記載の処理装置。

[請求項27] 前記エネルギービームの特性は、前記エネルギービームの単位面積当たりの強度又はエネルギー、前記エネルギービームのフォーカス位置、前記エネルギービームのデフォーカス量、前記エネルギービームが照射される領域として前記表面に設定される第1照射領域の大きさ、前記第1照射領域の形状、前記第1照射領域の位置及び前記エネルギービームの強度分布又はエネルギー分布を含む

請求項 26 に記載の処理装置。

- [請求項28] 前記制御装置は、前記変更装置による位置の変更の態様を制御することで、前記熱量を制御する  
請求項25から27のいずれか一項に記載の処理装置。
- [請求項29] 前記制御装置は、前記エネルギービームが照射される領域として前記表面に設定される第1照射領域の前記表面に対する相対的な移動速度を制御することで、前記第1サイズを制御する  
請求項20から28のいずれか一項に記載の処理装置。
- [請求項30] 前記制御装置は、前記表面に沿った第1方向における前記凸状の造形物の第2サイズを制御する  
請求項11から29のいずれか一項に記載の処理装置。
- [請求項31] 前記制御装置は、前記凸状の造形物のうちの第5部分の前記第1方向におけるサイズと前記凸状の造形物のうちの前記第5部分とは異なる第6部分の前記第1方向におけるサイズとが同じになるように、前記第2サイズを制御する  
請求項30に記載の処理装置。
- [請求項32] 前記制御装置は、前記凸状の造形物のうちの第7部分の前記第1方向におけるサイズと前記凸状の造形物のうちの前記第7部分とは異なる第8部分の前記第1方向におけるサイズとが異なるものとなるように、前記第2サイズを制御する  
請求項30又は31に記載の処理装置。
- [請求項33] 前記制御装置は、前記表面に沿っており且つ前記第1方向とは異なる第2方向に延びる複数の線状構造物を前記第1方向に沿って並ぶように形成することで前記凸状の造形物を形成するように、前記造形装置を制御し、  
前記制御装置は、前記第1方向に沿って並ぶ前記線状構造物の数を制御することで、前記第2サイズを制御する  
請求項30から32のいずれか一項に記載の処理装置。
- [請求項34] 前記制御装置は、前記第1方向に延びる複数の線状構造物を前記造

形面に沿っており且つ前記第1方向とは異なる第3方向に沿って並ぶように形成することで前記凸状の造形物を形成するように、前記造形装置を制御し、

前記制御装置は、前記第1方向に沿った前記複数の線状構造物の長さを制御することで、前記第2サイズを制御する

請求項30から33のいずれか一項に記載の処理装置。

[請求項35] 前記制御装置は、前記エネルギービームから前記表面に伝達される熱量を制御することで、前記サイズを制御する

請求項30から34のいずれか一項に記載の処理装置。

[請求項36] 前記制御装置は、前記エネルギービームの特性を制御して前記熱量を制御する

請求項35に記載の処理装置。

[請求項37] 前記エネルギービームの特性は、前記エネルギービームの単位面積当たりの強度又はエネルギー、前記エネルギービームのフォーカス位置、前記エネルギービームのデフォーカス量、前記エネルギービームが照射される領域として前記表面に設定される第1照射領域の大きさ、前記第1照射領域の形状、前記第1照射領域の位置及び前記エネルギービームの強度分布又はエネルギー分布を含む

請求項36に記載の処理装置。

[請求項38] 前記制御装置は、前記変更装置による位置の変更の態様を制御することで、前記熱量を制御する

請求項30から37のいずれか一項に記載の処理装置。

[請求項39] 前記制御装置は、前記エネルギービームが照射される領域として前記表面に設定される第1照射領域の前記表面に対する相対的な移動速度を制御することで、前記第2サイズを制御する

請求項30から38のいずれか一項に記載の処理装置。

[請求項40] 前記制御装置は、対象物に押し付けられることで前記対象物に対して印影を転写可能な前記凸状の造形物を形成するように、前記造形装

置を制御する

請求項 11 から 39 のいずれか一項に記載の処理装置。

[請求項41] 前記制御装置は、前記対象物の特性に基づいて、前記凸状の造形物の特性を制御する

請求項 40 に記載の処理装置。

[請求項42] 前記対象物の特性は、前記対象物のうち前記凸状の造形物が押し付けられる対象面の形状を含み、

前記凸状の造形物の特性は、前記対象物に押し付けられる前記凸状の造形物の表面を連結する仮想面の形状を含む

請求項 41 に記載の処理装置。

[請求項43] 前記制御装置は、前記仮想面の形状と前記対象面の形状とが相補関係となるように、前記仮想面の形状を制御する

請求項 42 に記載の処理装置。

[請求項44] 前記制御装置は、前記対象物の特性に関する特性情報を取得し、取得した前記特性情報に基づいて、前記凸状の造形物の特性を制御する

請求項 41 から 43 のいずれか一項に記載の処理装置。

[請求項45] 前記制御装置は、前記造形装置を制御して、前記凸状の造形物のうちの第 9 部分を対象物の表面の第 1 領域に形成する場合の前記造形装置の動作状態と、前記凸状の造形物のうちの前記第 9 部分とは異なる第 10 部分を前記対象物の表面の前記第 1 領域とは異なる第 2 領域に形成する場合の前記造形装置の動作状態とを定める

請求項 11 から 44 のいずれか一項に記載の処理装置。

[請求項46] 前記第 1 領域は、前記対象物の表面のうち、前記エネルギービームからの熱の伝達態様が前記第 2 領域とは異なる領域を含む

請求項 45 に記載の処理装置。

[請求項47] 前記伝達態様は、前記エネルギービームからの熱の拡散特性を含む

請求項 46 に記載の処理装置。

[請求項48] 前記第 1 領域は、前記表面のうち、前記エネルギービームが照射され

てから次に前記エネルギービームが照射されるまでの時間が前記第2領域とは異なる領域を含む

請求項45から47のいずれか一項に記載の処理装置。

[請求項49] 前記第1領域は、前記表面のうち、前記エネルギービームが単位領域に単位時間あたりに照射される回数が前記第2領域とは異なる領域を含む

請求項45から48のいずれか一項に記載の処理装置。

[請求項50] 前記動作状態は、前記エネルギービーム照射部の動作状態及び前記材料供給部の動作状態の少なくとも一方を含む

請求項45から49のいずれか一項に記載の処理装置。

[請求項51] 前記エネルギービーム照射部の動作状態は、前記エネルギービームの特性を含む

請求項50に記載の処理装置。

[請求項52] 前記エネルギービームの特性は、前記エネルギービームの単位面積当たりの強度又はエネルギー、前記エネルギービームのフォーカス位置、前記エネルギービームのデフォーカス量、前記エネルギービームが照射される領域として前記表面に設定される第1照射領域の大きさ、前記第1照射領域の形状、前記第1照射領域の位置及び前記エネルギービームの強度分布又はエネルギー分布を含む

請求項51に記載の処理装置。

[請求項53] 前記材料供給部の動作状態は、前記溶融池に対する前記造形材料の供給量を含む

請求項50から52のいずれか一項に記載の処理装置。

[請求項54] 前記動作状態は、前記変更装置の動作状態を含む

請求項45から53のいずれか一項に記載の処理装置。

[請求項55] 前記変更装置の動作状態は、前記エネルギービームが照射される領域として前記表面に設定される第1照射領域の前記表面に対する相対的な移動速度を含む

請求項54に記載の処理装置。

[請求項56] 前記制御装置は、前記第9部分を前記第1領域に形成する場合の前記造形装置の動作状態と前記第10部分を前記第2領域に形成する場合の前記造形装置の動作状態とを変えて、前記第9部分の特性と前記第10部分の特性との差が低減するように、前記造形装置を制御する請求項45から55のいずれか一項に記載の処理装置。

[請求項57] 前記第9部分の特性は、前記表面に交差する方向における前記第9部分のサイズを含み、  
前記第10部分の特性は、前記表面に交差する方向における前記第10部分のサイズを含む  
請求項56に記載の処理装置。

[請求項58] 前記第9部分の特性は、前記表面に沿った第4方向における前記第9部分のサイズを含み、  
前記第10部分の特性は、前記第4方向における前記第10部分のサイズを含む  
請求項56又は57に記載の処理装置。

[請求項59] 前記凸状の造形物の表面のうちの少なくとも一部である研磨対象面を研磨する  
請求項11から58のいずれか一項に記載の処理装置。

[請求項60] 研磨エネルギービームで前記研磨対象面を研磨する  
請求項59に記載の処理装置。

[請求項61] 前記研磨エネルギービームは、前記エネルギービームを含む  
請求項60に記載の処理装置。

[請求項62] 前記研磨エネルギービームは、前記エネルギービームとは異なる  
請求項60に記載の処理装置。

[請求項63] 前記エネルギービームは、第5方向から照射され、  
前記研磨エネルギービームは、前記第5方向とは異なる第6方向から照射される

請求項 6 2 に記載の処理装置。

[請求項64]

前記表面のうちの第 3 領域に前記エネルギービームで前記凸状の造形物の一部を形成している期間の少なくとも一部において、前記表面のうちの前記第 3 領域とは異なる第 4 領域に既に形成された前記凸状の造形物の他の一部の前記研磨対象面を前記研磨エネルギービームで研磨する

請求項 6 2 又は 6 3 に記載の処理装置。

[請求項65]

前記制御装置は、前記表面に沿った第 7 方向に沿って、前記エネルギービームが照射される領域として前記表面に設定される第 1 照射領域と前記表面との位置関係を変更させながら前記エネルギービームを照射することで、前記凸状の造形物の少なくとも一部を形成するように、前記造形装置及び前記変更装置を制御し、

前記表面に沿っており且つ前記第 7 方向と交差する第 8 方向に沿って、前記研磨エネルギービームが照射される領域として前記研磨対象面に設定される第 2 照射領域と前記研磨対象面との位置関係を変更させながら前記研磨エネルギービームを照射することで、前記研磨対象面を研磨する

請求項 6 0 から 6 4 のいずれか一項に記載の処理装置。

[請求項66]

前記制御装置は、前記表面に沿った第 9 方向に沿って、前記エネルギービームが照射される領域として前記表面に設定される第 1 照射領域と前記表面との位置関係を変更させながら前記エネルギービームを照射することで、前記凸状の造形物の少なくとも一部を形成する動作と、前記エネルギービームを照射することなく、前記表面に沿っており且つ前記第 9 方向に交差する第 1 0 方向に沿って前記第 1 照射領域と前記表面との位置関係を第 1 所定量だけ変更させる動作とを交互に繰り返して前記凸状の造形物を形成するように、前記造形装置及び前記変更装置を制御し、

前記第 9 方向に沿って、前記研磨エネルギービームが照射される領域

として前記研磨対象面に設定される第2照射領域と前記研磨対象面との位置関係を変更させながら前記研磨エネルギービームを照射する動作と、前記研磨エネルギービームを照射することなく、前記第10方向に沿って前記第2照射領域と前記研磨対象面との位置関係を第2所定量だけ変更させる動作とを交互に繰り返して、前記研磨対象面を研磨する

請求項60から65のいずれか一項に記載の処理装置。

[請求項67] 前記第2所定量は、前記第1所定量よりも小さい

請求項66に記載の処理装置。

[請求項68] 前記制御装置は、前記エネルギービームが照射される領域として前記表面に設定される第1照射領域と前記表面との位置関係を変更させながら前記エネルギービームを照射することで、前記凸状の造形物の少なくとも一部を形成するように、前記造形装置及び前記変更装置を制御し、

前記研磨エネルギービームが照射される領域として前記研磨対象面に設定され且つ前記第1照射領域とは大きさが異なる第2照射領域と前記研磨対象面との位置関係を変更させながら前記研磨エネルギービームを照射することで、前記研磨対象面を研磨する

請求項60から67のいずれか一項に記載の処理装置。

[請求項69] 前記表面を収容し、且つ、前記凸状の造形物を形成するための収容空間を内部に含む収容装置を更に備え、

前記制御装置は、前記収容空間に供給される第1ガスの特性を制御して前記凸状の造形物の少なくとも一部の色調を制御する

請求項11から68のいずれか一項に記載の処理装置。

[請求項70] 前記制御装置は、前記収容空間内で前記凸状の造形物が形成されている期間の少なくとも一部において、前記第1ガスの特性を制御する  
請求項69に記載の処理装置。

[請求項71] 前記第1ガスの特性は、前記第1ガスの供給量を含む

請求項 69 又は 70 に記載の処理装置。

[請求項72]

前記第 1 ガスは、酸素ガスを含む

請求項 69 から 71 のいずれか一項に記載の処理装置。

[請求項73]

前記制御装置は、前記第 1 ガスの特性を制御することで前記収容空間内における前記第 1 ガスの濃度を制御して、前記色調を制御する

請求項 69 から 72 のいずれか一項に記載の処理装置。

[請求項74]

前記凸状の造形物は、前記表面に沿って所定のパターンを有している

請求項 11 から 73 のいずれか一項に記載の処理装置。

[請求項75]

前記所定のパターンは、記号パターンを含む

請求項 74 に記載の処理装置。

[請求項76]

前記制御装置は、前記表面に沿った第 1 1 方向に沿って、前記エネルギービームが照射される領域として前記表面に設定される第 1 照射領域と前記表面との位置関係を変更させながら前記エネルギービームを照射することで、前記凸状の造形物の少なくとも一部を形成する動作と、前記エネルギービームを照射することなく、前記表面に沿っており且つ前記第 1 1 方向に交差する第 1 2 方向に沿って前記第 1 照射領域と前記表面との位置関係を変更させる動作とを交互に繰り返して前記凸状の造形物を形成するように、前記造形装置及び前記変更装置を制御する

請求項 11 から 75 のいずれか一項に記載の処理装置。

[請求項77]

前記制御装置は、前記マークが有する所定のパターンに応じた移動軌跡に沿って前記溶融池と前記表面とを相対的に移動させながら前記エネルギービームを照射することで、前記凸状の造形物を形成するように、前記造形装置及び前記変更装置を制御する

請求項 11 から 76 のいずれか一項に記載の処理装置。

[請求項78]

前記溶融池の周囲に第 2 ガスを供給するガス供給装置を備える

請求項 1 から 77 のいずれか一項に記載の処理装置。

- [請求項79] 前記第2ガスの特性を変更するガス特性変更装置を更に備える請求項78に記載の処理装置。
- [請求項80] 前記第2ガスの前記特性は、前記第2ガス中の酸素濃度である請求項79に記載の処理装置。
- [請求項81] 前記第2ガスの特性を変更して前記造形物の色調を変更する請求項79又は80に記載の処理装置。
- [請求項82] 前記材料供給部は、粉状の又は粒状の前記造形材料を供給する請求項1から81のいずれか一項に記載の処理装置。
- [請求項83] 物体の表面にエネルギービームを照射して前記表面に熔融池を形成するエネルギービーム照射部と、前記熔融池に造形材料を供給する材料供給部とを有する造形装置と、  
前記物体と前記熔融池との位置関係を変更する変更装置と、  
前記熔融池の周囲に第1ガスを供給するガス供給装置と、  
前記造形装置によって造形される造形物の色調を変更するために、前記周囲に供給される前記第1ガスの特性を変更するように、前記ガス供給装置を制御する制御装置と  
を備える処理装置。
- [請求項84] 前記制御装置は、前記造形物が形成されている期間の少なくとも一部において、前記第1ガスの特性を制御する請求項83に記載の処理装置。
- [請求項85] 前記第1ガスの特性は、前記第1ガスの供給量を含む請求項83又は84に記載の処理装置。
- [請求項86] 前記第1ガスは、酸素ガスを含む請求項83から85のいずれか一項に記載の処理装置。
- [請求項87] 前記制御装置は、前記第1ガスの特性を制御することで前記熔融池の周囲における前記第1ガスの濃度を制御して、前記造形物の少なくとも一部の色を制御する請求項83から86のいずれか一項に記載の処理装置。

- [請求項88] 物体の表面にエネルギービームを照射して前記表面に第1溶融池を形成するエネルギービーム照射部と、前記第1溶融池に造形材料を供給する材料供給部とを有する造形装置と、  
前記物体と前記第1溶融池との位置関係を変更する変更装置とを備え、  
前記物体と前記第1溶融池との第1方向における位置関係を変更しつつ前記溶融池に前記造形材料を供給することによって造形された第1造形物に前記エネルギービーム照射部からエネルギービームを照射して前記第1造形物上に第2溶融池を形成して、前記材料供給部から造形材料を供給して第2造形物を造形し、  
前記第2造形物の前記第1方向と交差する第2方向のサイズは、前記第1造形物の前記第2方向のサイズと異なる  
処理装置。
- [請求項89] 物体上の第1領域にエネルギービームを照射するエネルギービーム照射部と、前記第1領域と少なくとも部分的に重畳する第2領域に造形材料を供給する材料供給部とを有し、前記物体上に造形物を形成する造形装置と、  
前記物体上における前記第1及び第2領域の位置を変更する位置変更装置と、  
前記材料供給部から前記第2領域へ向かう前記造形材料の単位時間当たりの供給量を変更する供給量変更装置とを備える処理装置。
- [請求項90] 粉粒体を供給する供給源と、前記供給源からの前記粉粒体を前記材料供給部に圧送する圧送装置とをさらに備える  
請求項89に記載の処理装置。
- [請求項91] 前記供給量変更装置は、前記供給源から前記材料供給部に向かう前記造形材料の単位時間当たりの供給量を変更して、前記材料供給部から前記第2領域へ向かう前記造形材料の単位時間当たりの供給量を変

更する

請求項 90 に記載の処理装置。

[請求項92] 前記供給量変更装置は、前記造形物の造形が開始される造形開始位置に前記第2領域が位置するまでの間、前記造形材料を供給しない  
請求項 89 から 91 のいずれか一項に記載の処理装置。

[請求項93] 前記供給量変更装置は、前記造形物の造形が開始される造形開始位置に前記第2領域が位置するまでの第1期間における前記造形材料の単位時間当たりの第1供給量は、前記造形物を形成している第2期間における前記造形材料の単位時間当たりの第2供給量よりも小さくする

請求項 89 から 91 のいずれか一項に記載の処理装置。

[請求項94] 物体上の照射領域にエネルギービームを照射するエネルギービーム照射部と、前記照射領域に造形材料を供給する材料供給部とを有する造形装置と、

前記物体と前記照射領域との位置関係を変更する変更装置とを備え、

前記物体と前記照射領域との位置関係を前記物体の表面に沿った方向で変更しつつ前記照射領域に前記造形材料を供給することによって造形される造形物の前記表面に沿った方向と交差する方向のサイズは、前記造形物の前記表面に沿った方向における第1位置と前記第1位置と異なる第2位置とで異なる

処理装置。

[請求項95] 前記造形物は、前記表面上に複数造形される  
請求項 94 に記載の処理装置。

[請求項96] 前記材料供給部は、前記造形材料の供給量が前記第1位置と前記第2位置とで異なるように、前記造形材料を供給する  
請求項 94 又は 95 に記載の処理装置。

[請求項97] 前記エネルギービーム照射部は、単位面積当たりの強度又はエネルギー

が前記第1位置と前記第2位置とで異なるように、前記エネルギービームを照射する

請求項94から96のいずれか一項に記載の処理装置。

[請求項98]

物体の表面にエネルギービームを照射して前記表面に溶融池を形成することと、

前記溶融池に造形材料を供給することと、

前記物体と前記溶融池との位置関係を変更することと

を含み、

前記物体と前記溶融池との第1方向における位置関係を変更しつつ前記溶融池に前記造形材料を供給することによって前記第1方向に沿って造形される造形物の前記第1方向と交差する第2方向のサイズを、前記造形物の前記第1方向での位置に基づいて変える

処理方法。

[請求項99]

物体の表面に形成すべきマークに関する座標データを準備することと、

前記物体の前記表面にエネルギービームを照射して前記表面に溶融池を形成することと、

前記造形材料を溶融するために前記溶融池に造形材料を供給することと、

前記物体と前記溶融池とのうち、少なくとも一方の位置を変更することと

を含み、

前記少なくとも一方の位置を変更することは、前記溶融された前記造形材料が固化することによって前記物体の表面に生じる凸状の造形物が前記マークとなるように、前記座標データを用いて前記少なくとも一方の位置を変更する

処理方法。

[請求項100]

物体の表面にエネルギービームを照射して前記表面に溶融池を形成す

ることと、

前記溶融池に造形材料を供給することと、

前記物体と前記溶融池との位置関係を変更することと、

前記溶融池の周囲に第1ガスを供給することと、

前記造形装置によって造形される造形物の色調を変更するために、

前記周囲に供給される前記第1ガスの特性を変更することと

を含む処理方法。

[請求項101]

物体の表面にエネルギービームを照射して前記表面に第1溶融池を形成することと、

前記第1溶融池に造形材料を供給することと、

前記物体と前記第1溶融池との位置関係を変更することと、

前記物体と前記第1溶融池との第1方向における位置関係を変更し

つつ前記溶融池に前記造形材料を供給することによって造形された第

1造形物に前記エネルギービーム照射部からエネルギービームを照射して

前記第1造形物上に第2溶融池を形成することと、

前記第2溶融池に造形材料を供給して第2造形物を造形することと

を含み、

前記第2造形物の前記第1方向と交差する第2方向のサイズは、前記第1造形物の前記第2方向のサイズと異なる

処理方法。

[請求項102]

物体上の第1領域にエネルギービームを照射すること及び前記第1領域と少なくとも部分的に重畳する第2領域に造形材料を供給すること

とを含み、前記物体上に造形物を形成することと、

前記物体上における前記第1及び第2領域の位置を変更することと

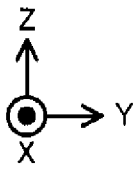
、

前記第2領域へ向かう前記造形材料の単位時間当たりの供給量を変更することと

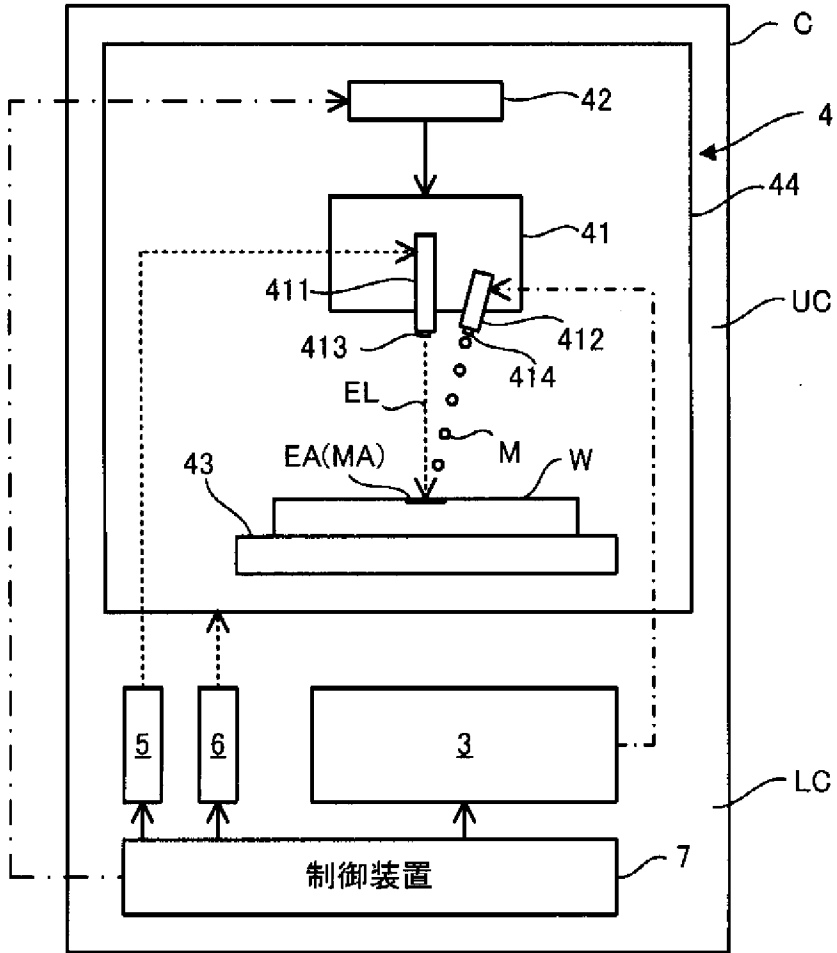
を含む処理方法。

- [請求項103] 前記供給量を変更することは、前記造形物の造形が開始される造形開始位置に前記第2領域が位置するまでの間、前記造形材料を供給しない
- 請求項98から103のいずれか一項に記載の処理方法。
- [請求項104] 前記供給量を変更することは、前記造形物の造形が開始される造形開始位置に前記第2領域が位置するまでの第1期間における前記造形材料の単位時間当たりの第1供給量は、前記造形物を形成している第2期間における前記造形材料の単位時間当たりの第2供給量よりも小さくする
- 請求項98から103のいずれか一項に記載の処理方法。
- [請求項105] 物体上の照射領域にエネルギービームを照射することと、  
前記照射領域に造形材料を供給することと、  
前記物体と前記照射領域との位置関係を変更することと  
を含み、  
前記物体と前記照射領域との位置関係を前記物体の表面に沿った方向で変更しつつ前記照射領域に前記造形材料を供給することによって造形される造形物の前記表面に沿った方向と交差する方向のサイズは、前記造形物の前記表面に沿った方向における第1位置と前記第1位置と異なる第2位置とで異なる  
処理方法。
- [請求項106] 請求項11から82のいずれか一項に記載の処理装置を用いて前記物体の表面にマーキングを施すマーキング方法。
- [請求項107] 請求項83から97のいずれか一項に記載の処理装置を用いて前記造形物を形成する造形方法。

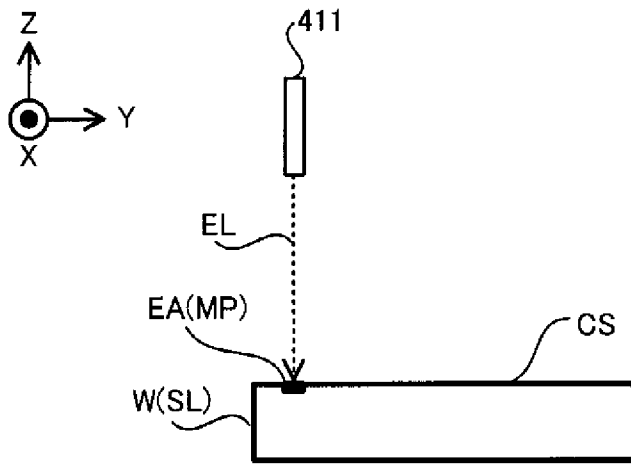
[図1]



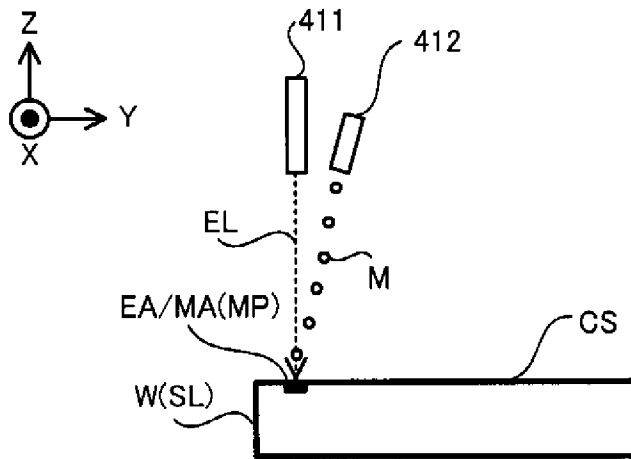
1



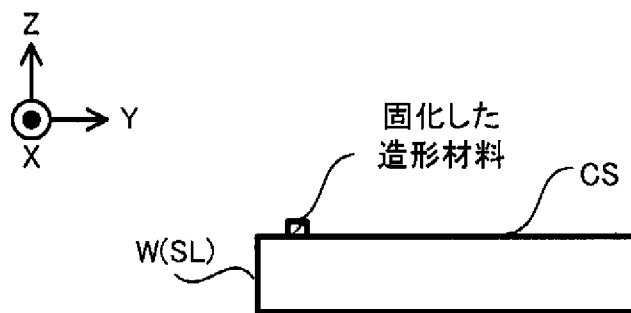
[図2]



(a)

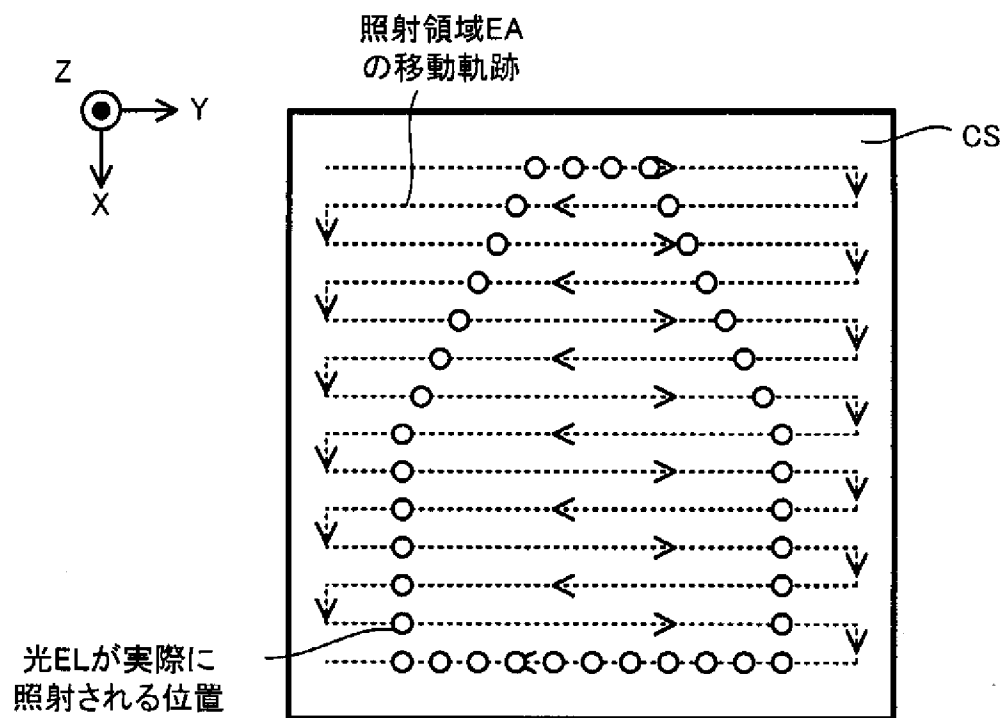


(b)

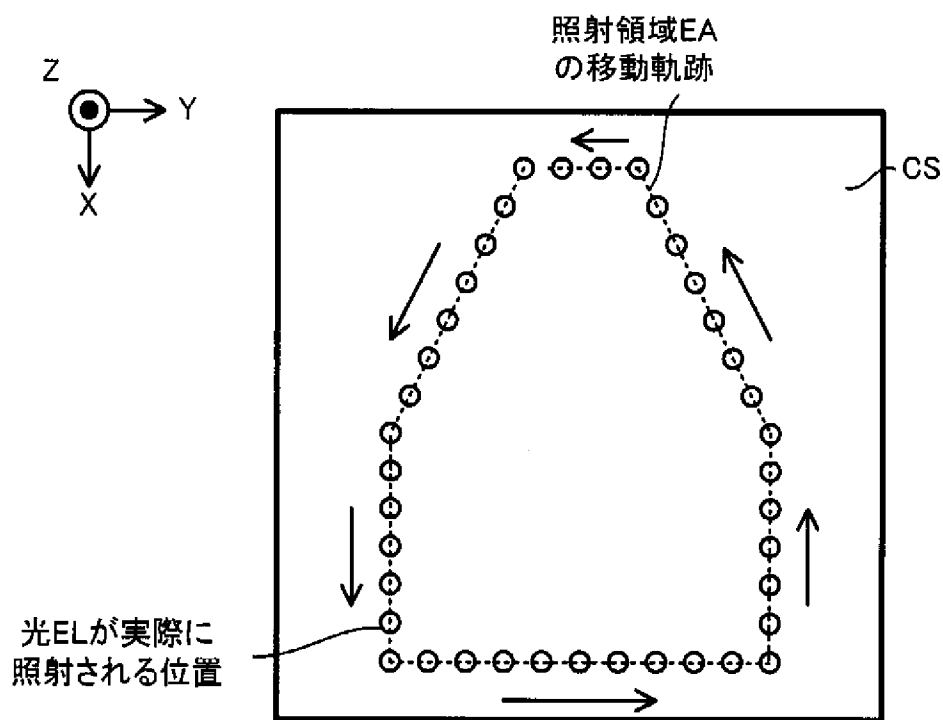


(c)

[図3]

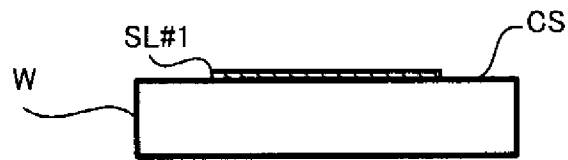
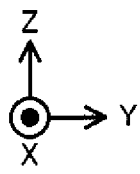


(a)

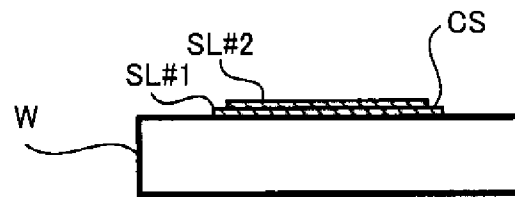
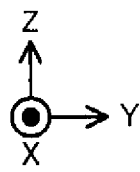


(b)

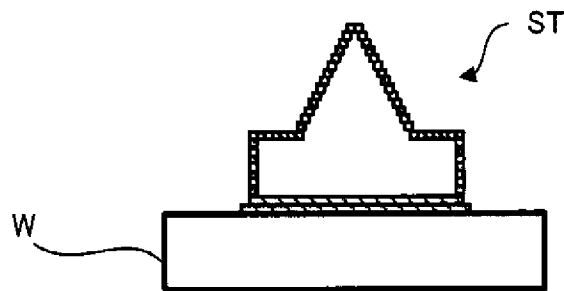
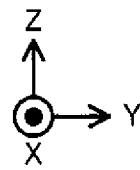
[図4]



(a)

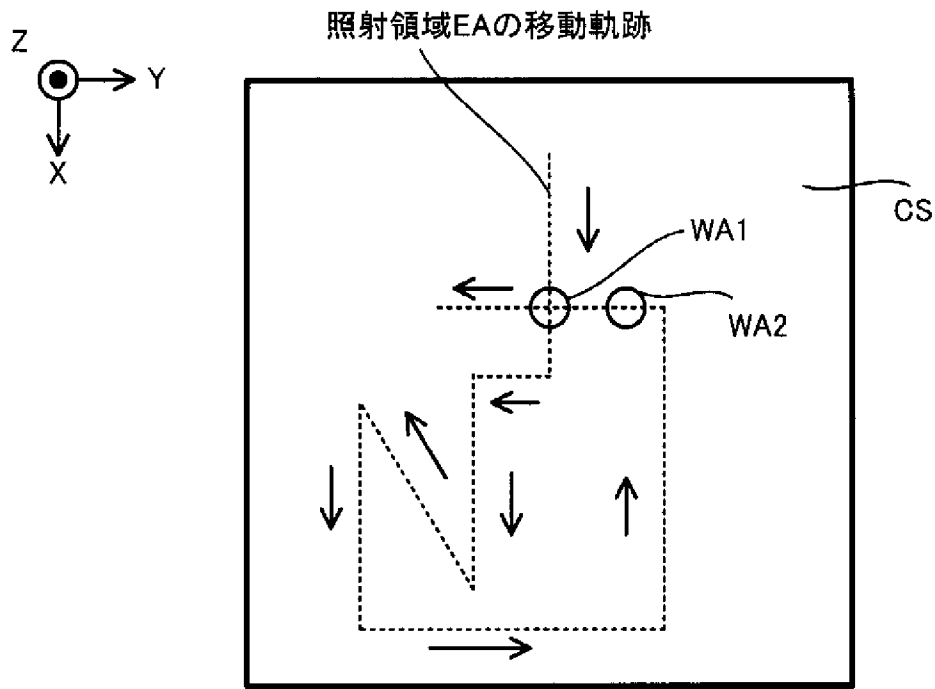


(b)

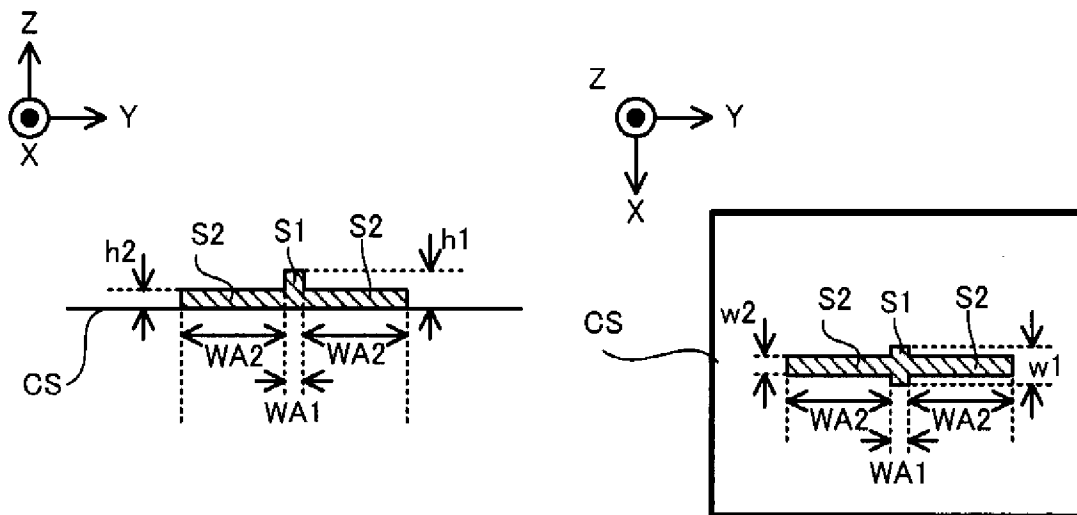


(c)

[図5]



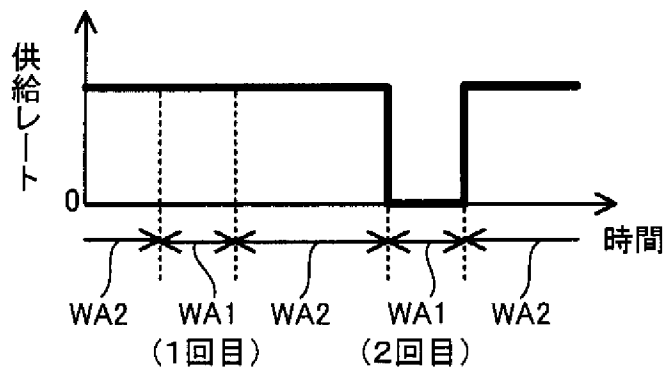
(a)



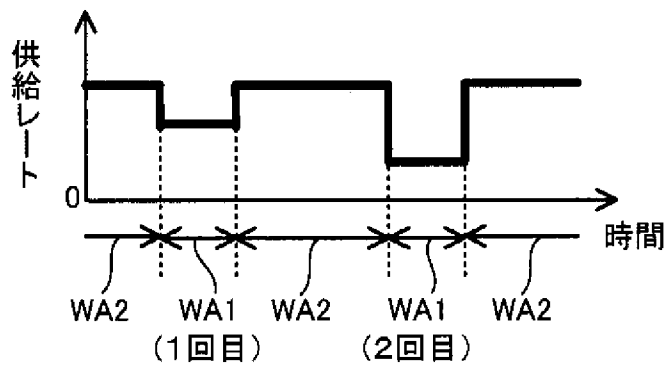
(b)

(c)

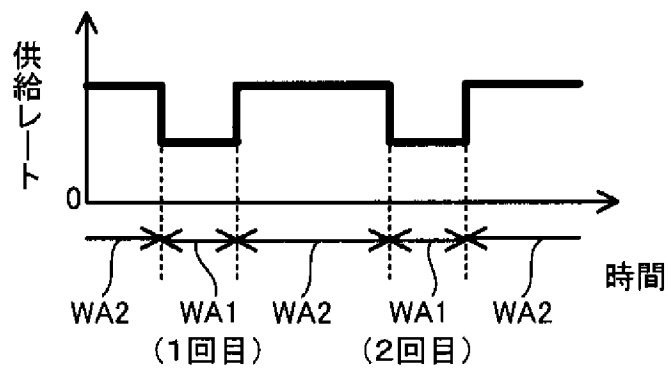
[図6]



(a)

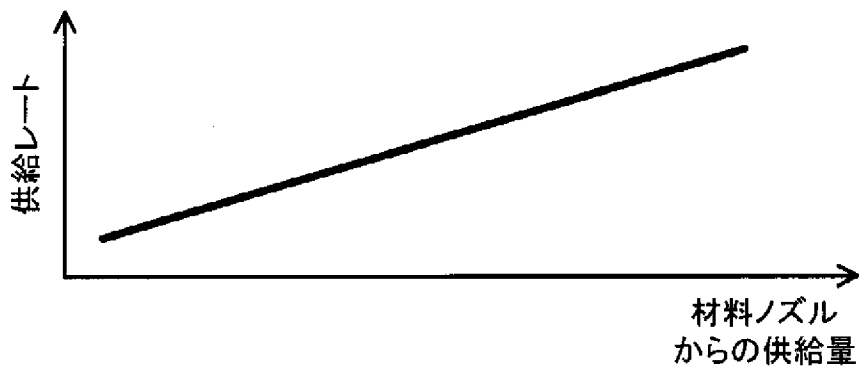


(b)

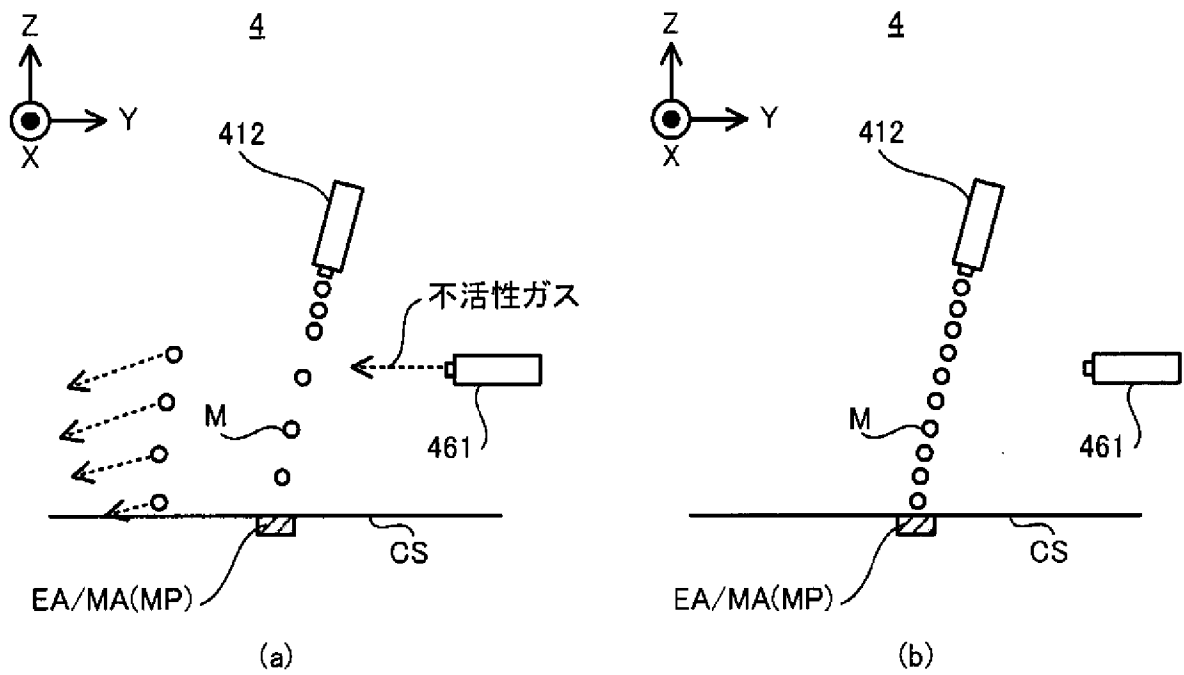


(c)

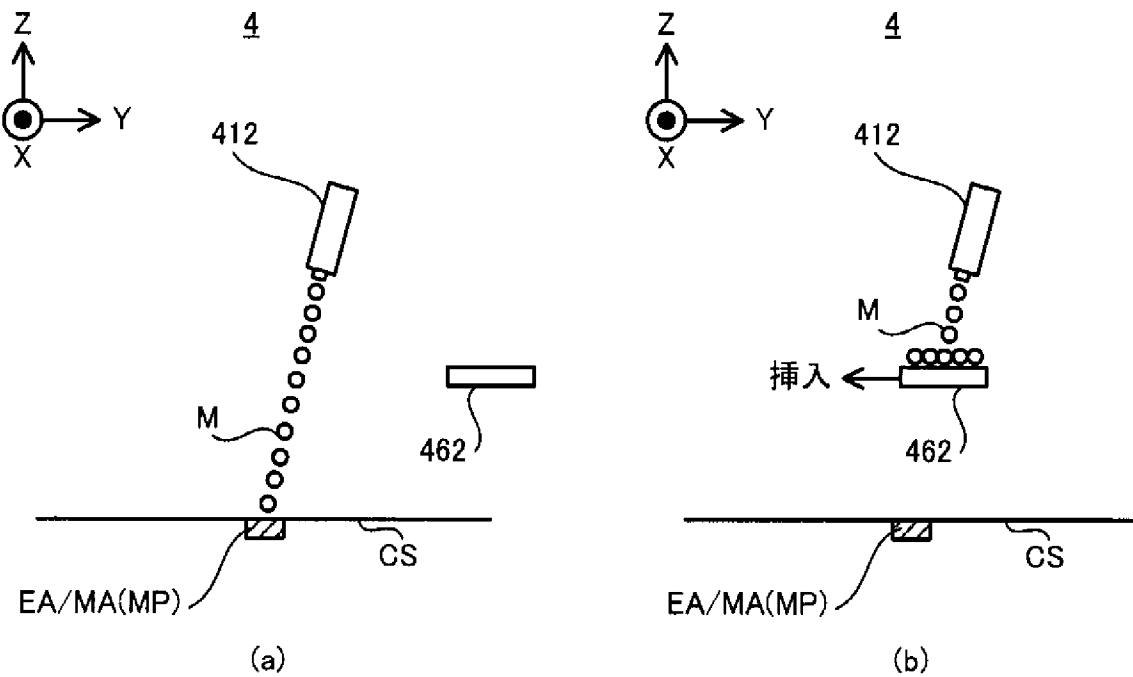
[図7]



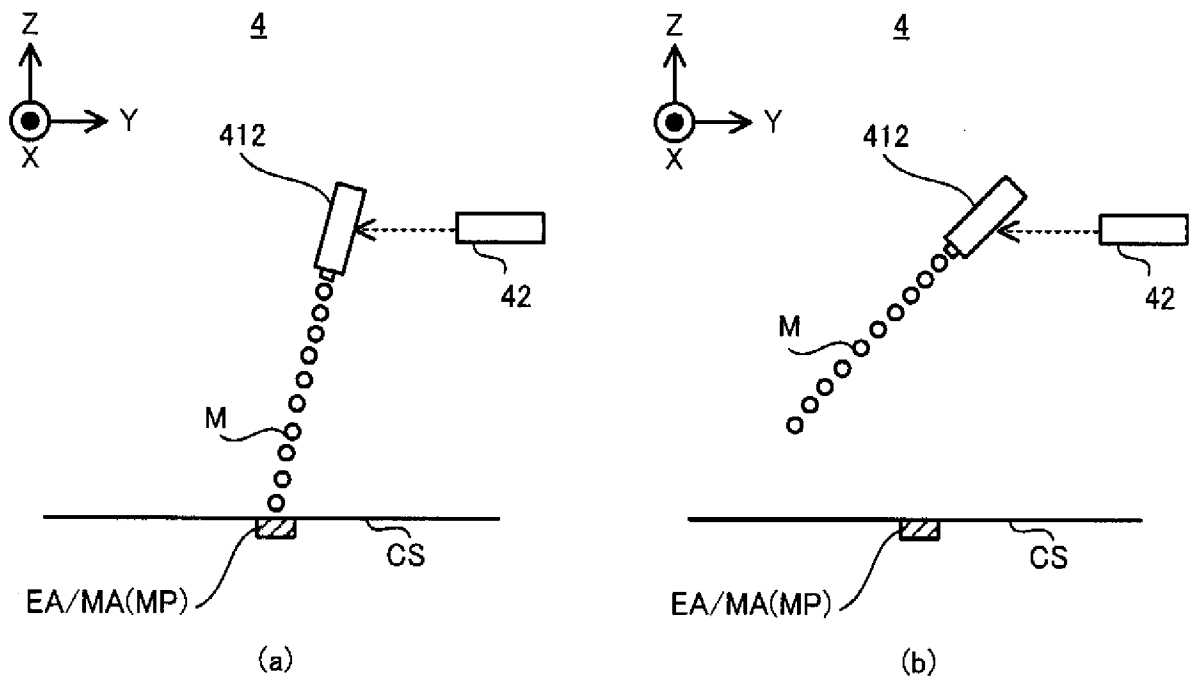
[図8]



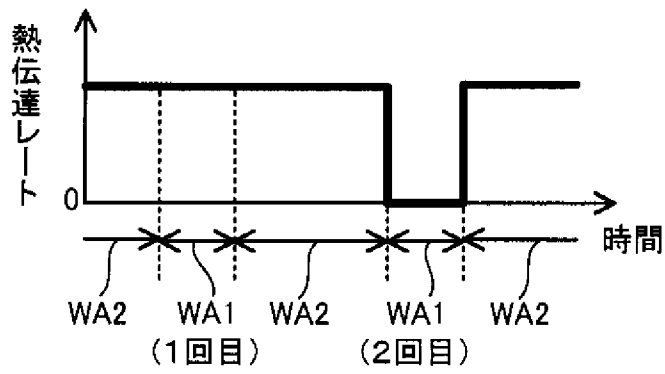
[図9]



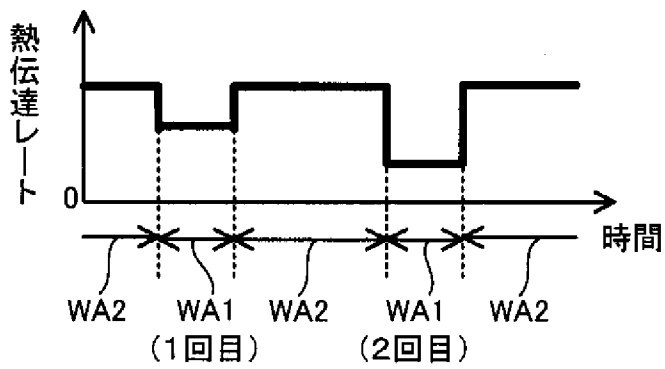
[図10]



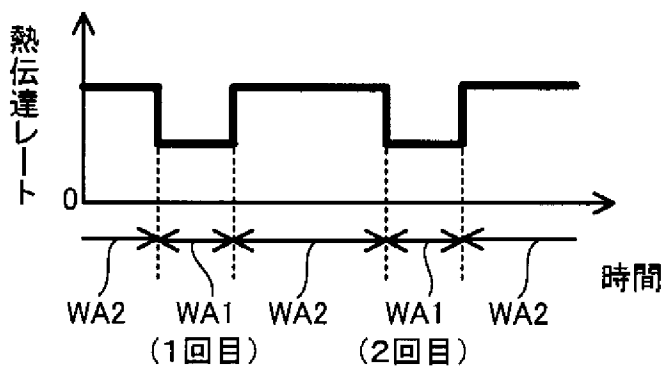
[図11]



(a)



(b)

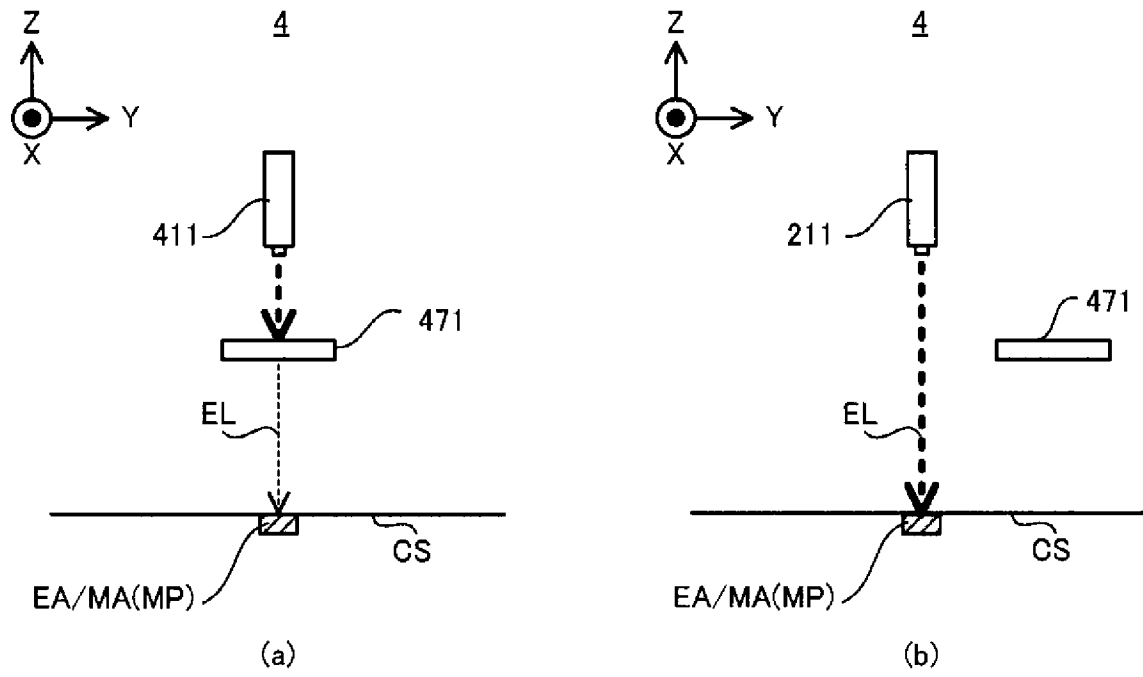


(c)

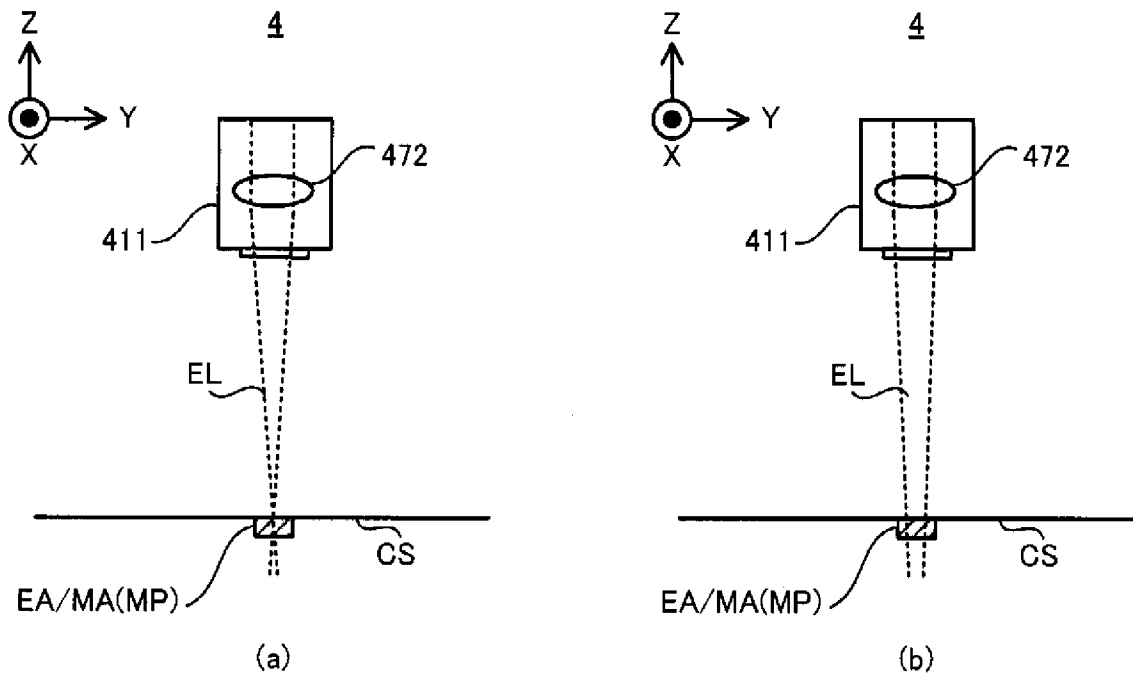
[図12]



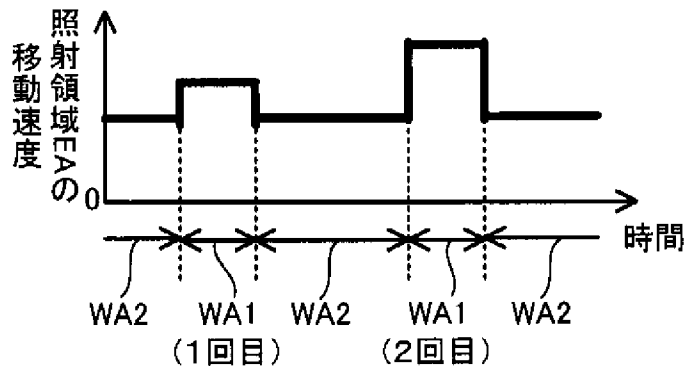
[図13]



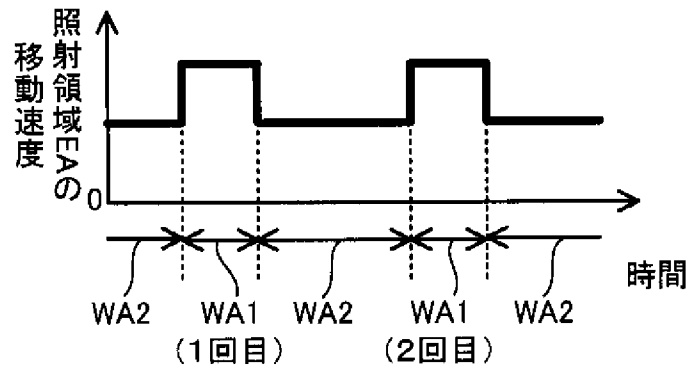
[図14]



[図15]

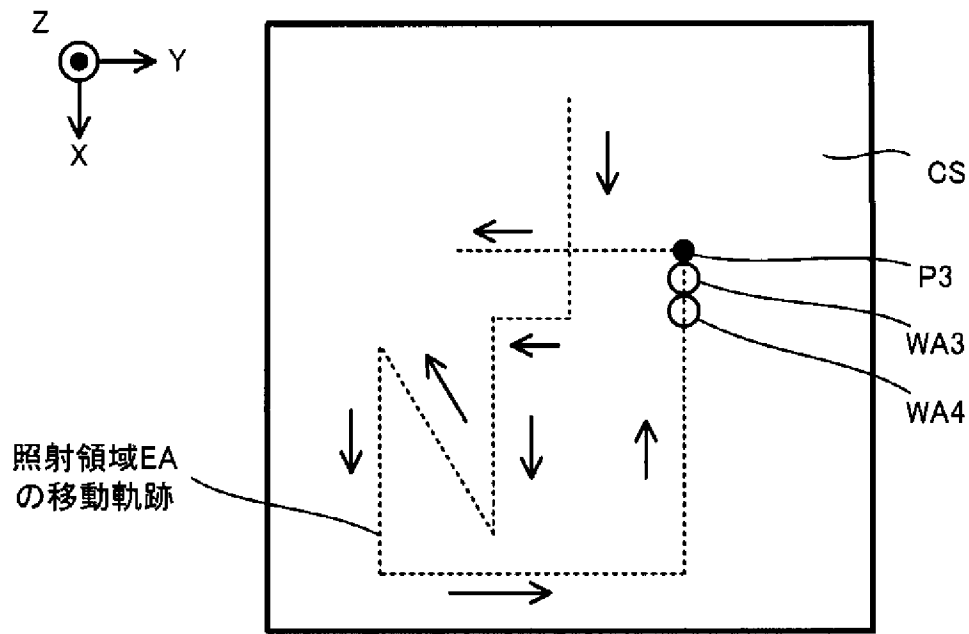


(a)

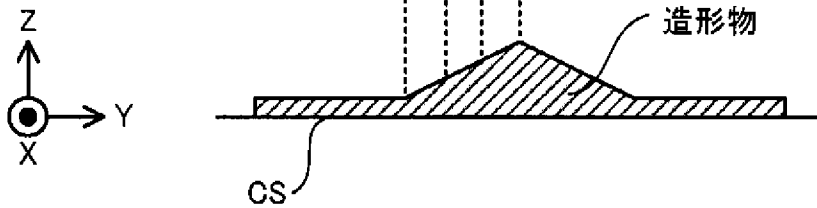
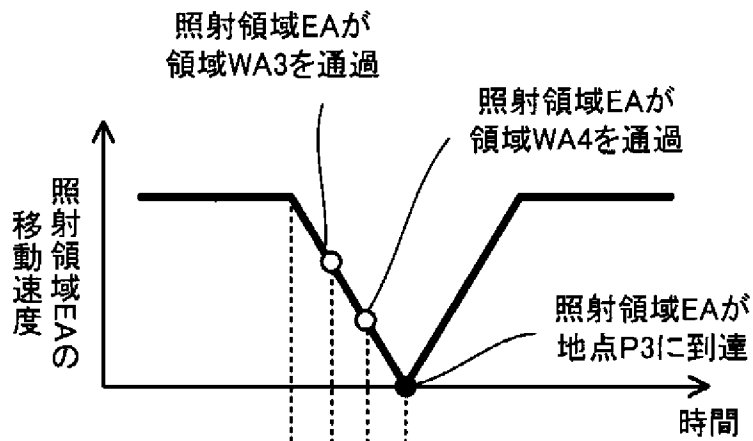


(b)

[図16]

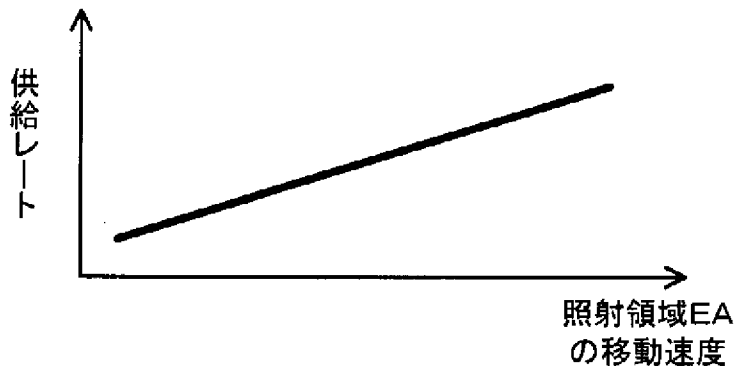


(a)

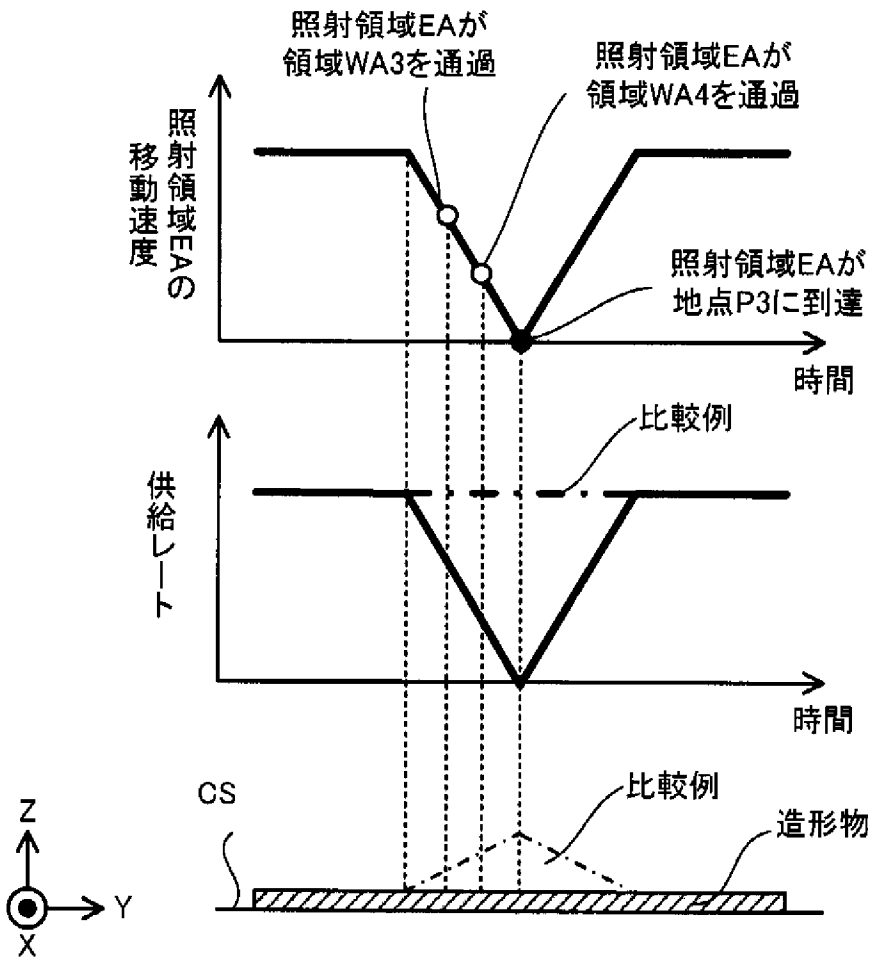


(b)

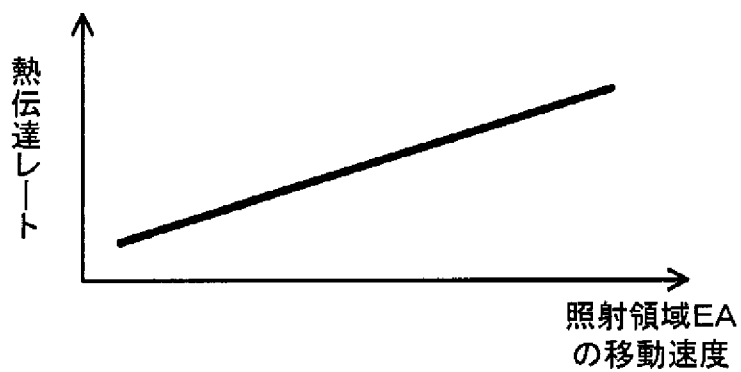
[図17]



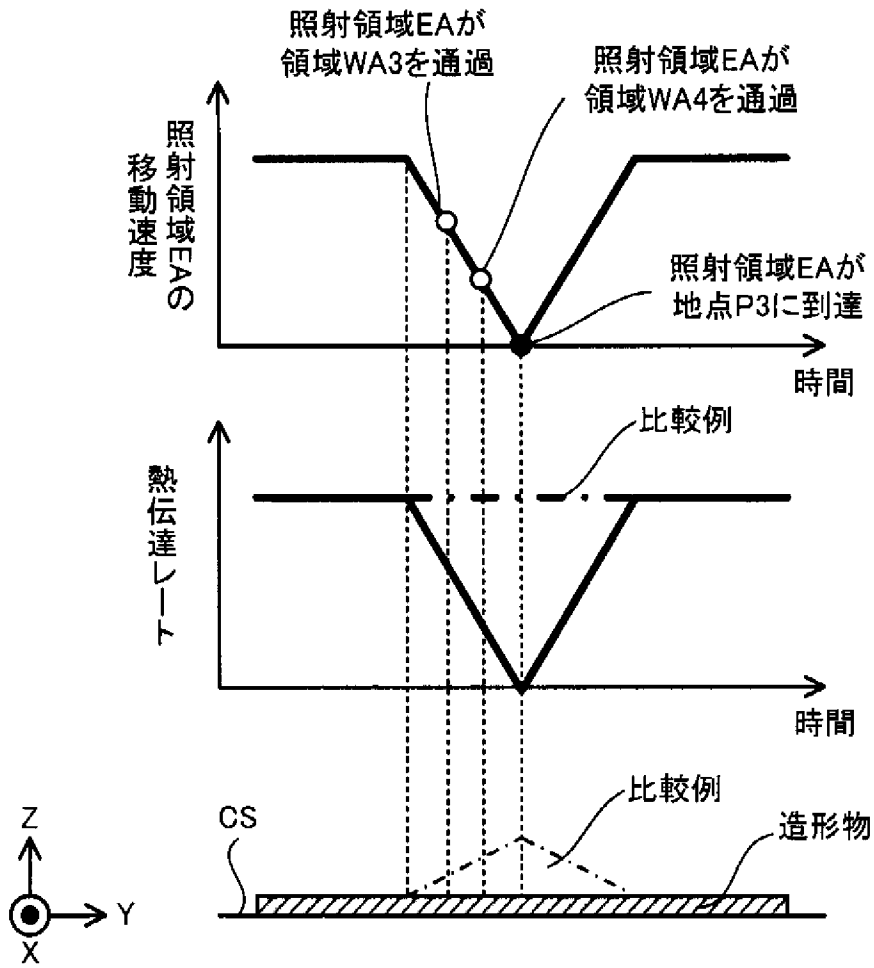
[図18]



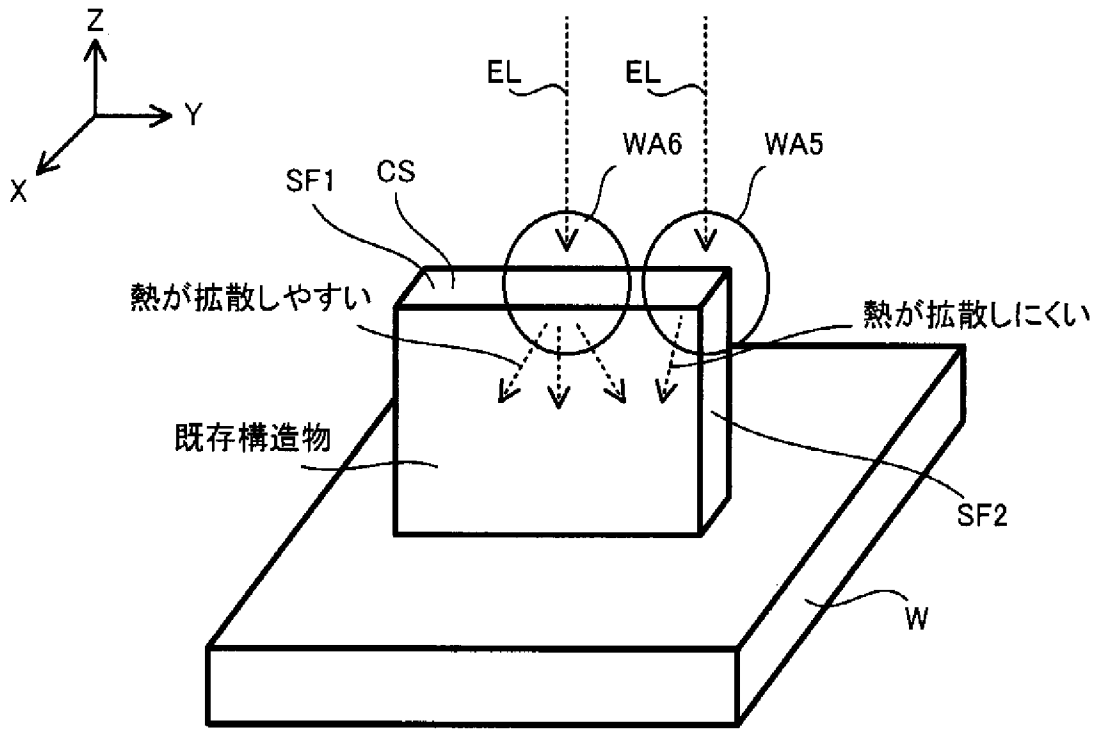
[図19]



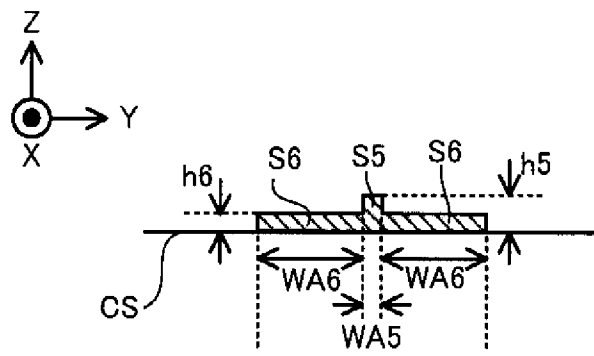
[図20]



[図21]

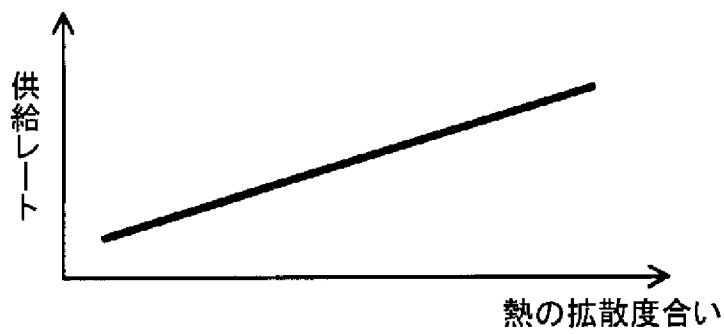


(a)

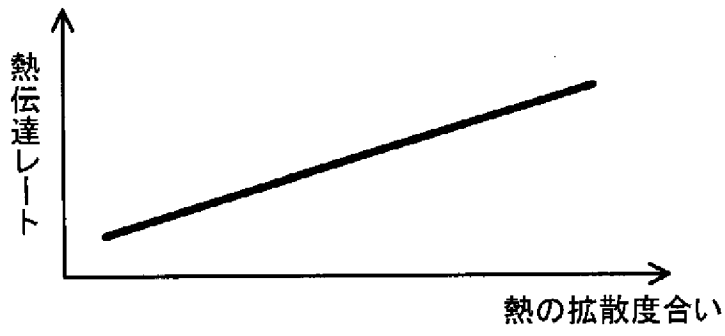


(b)

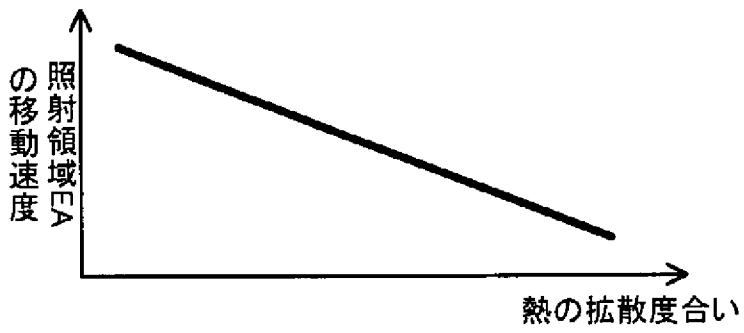
[図22]



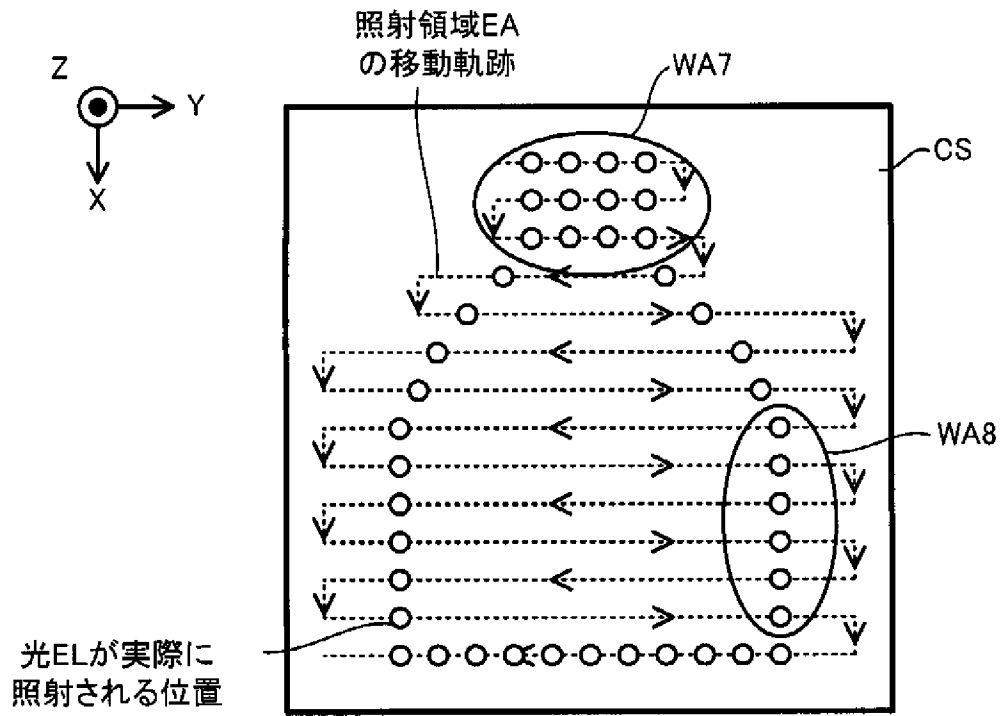
[図23]



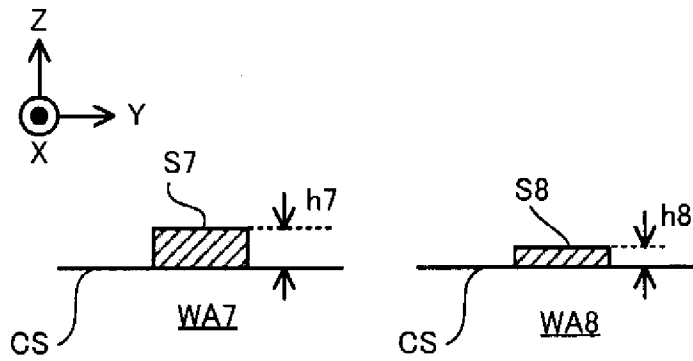
[図24]



[図25]

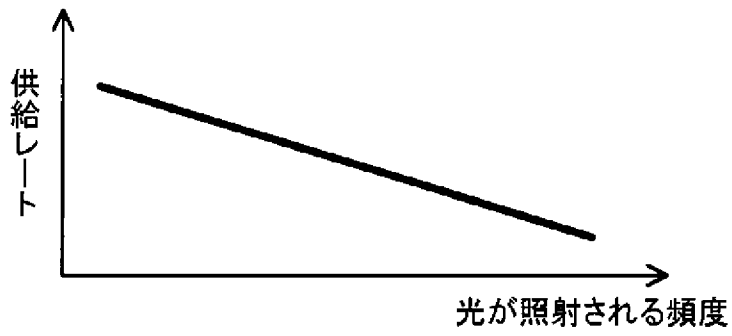


(a)

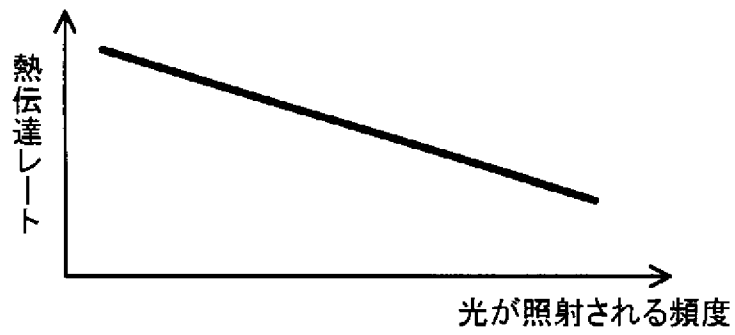


(b)

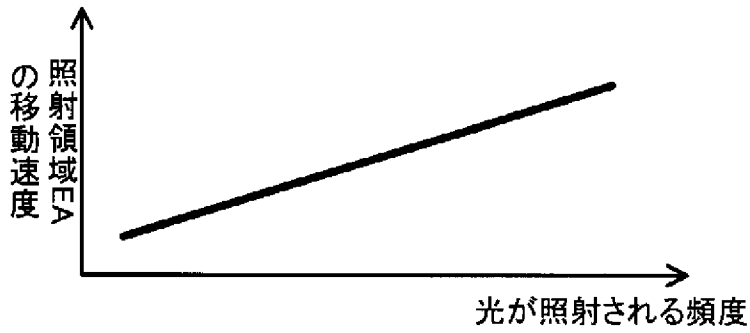
[図26]



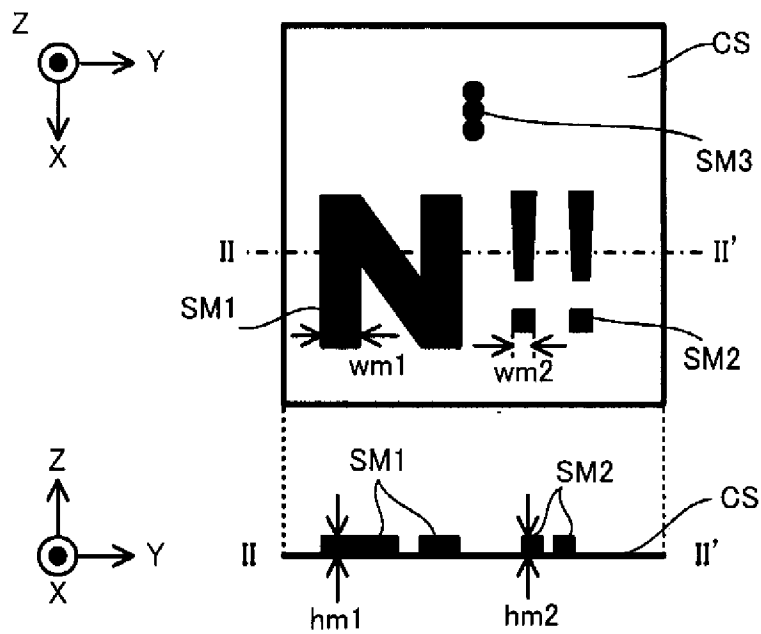
[図27]



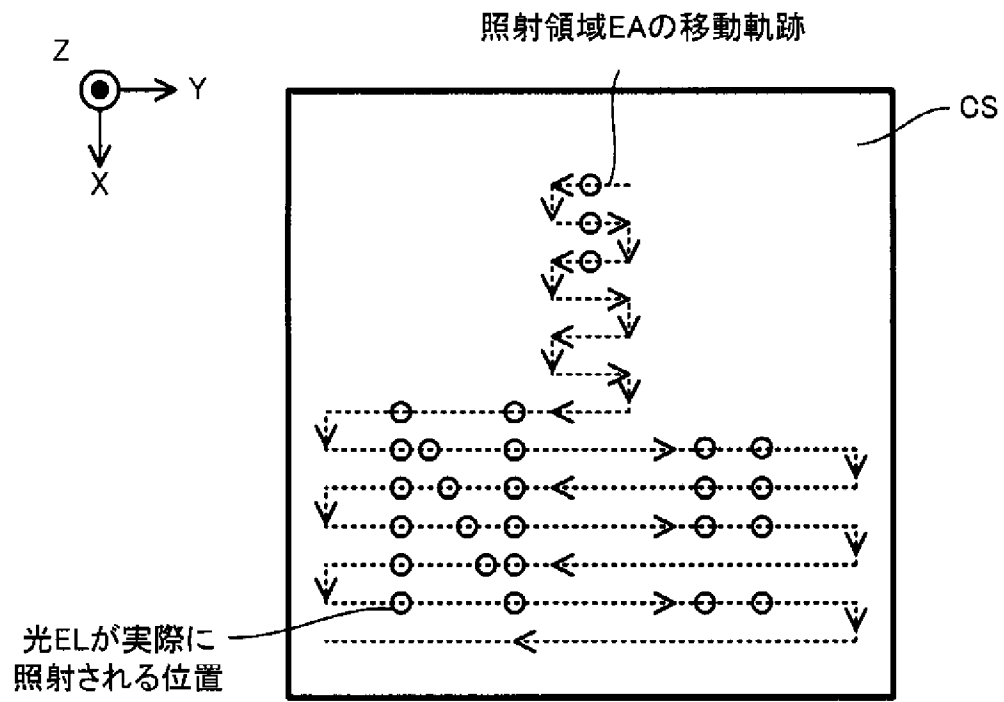
[図28]



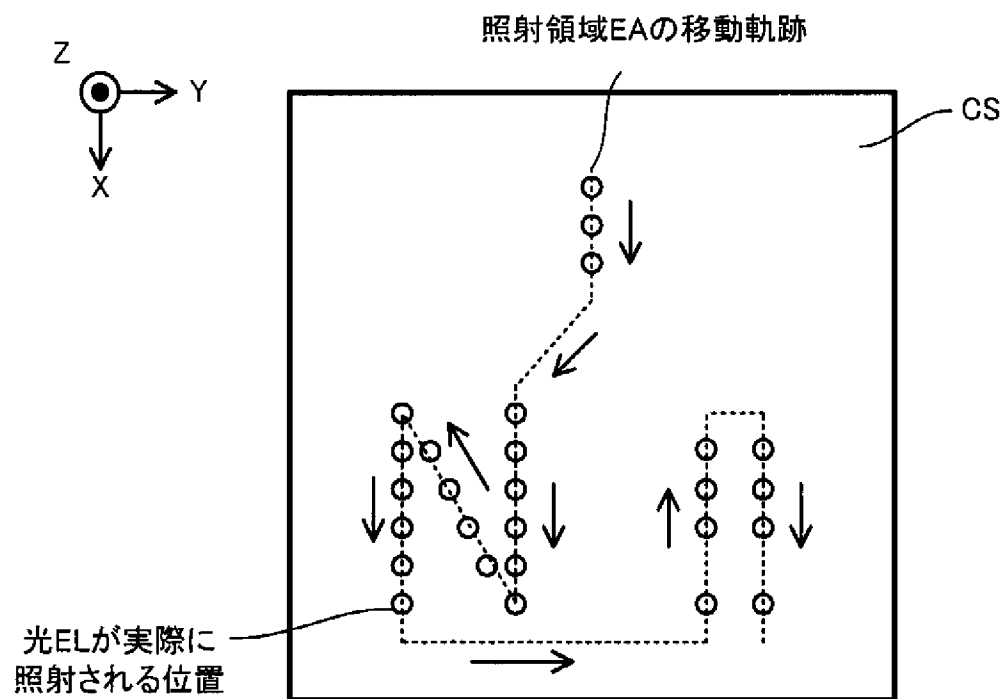
[図29]



[図30]

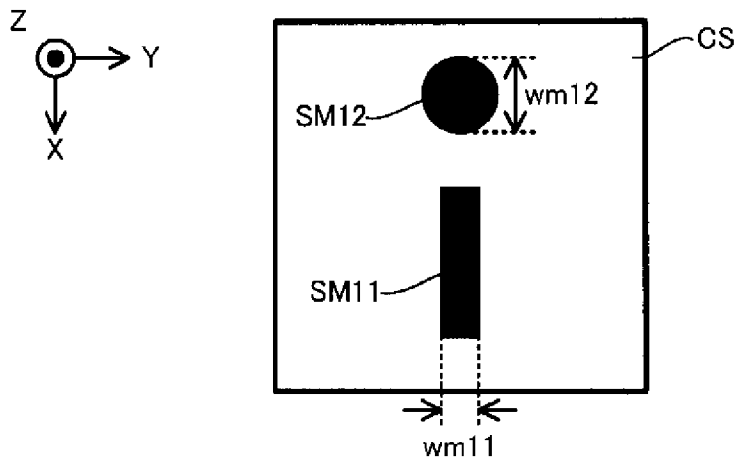


(a)

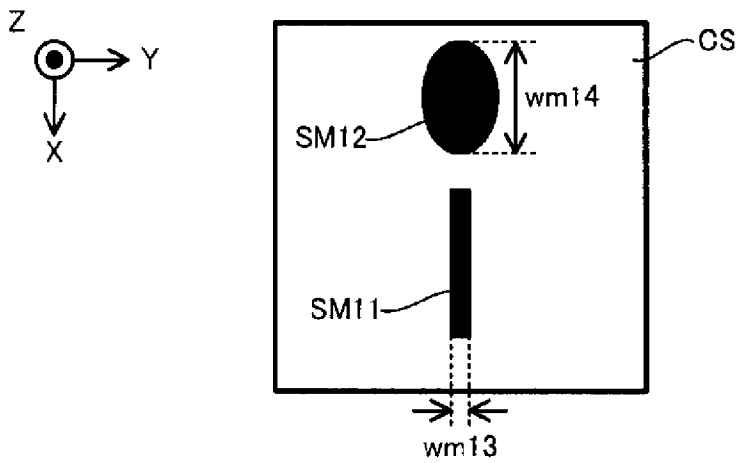


(b)

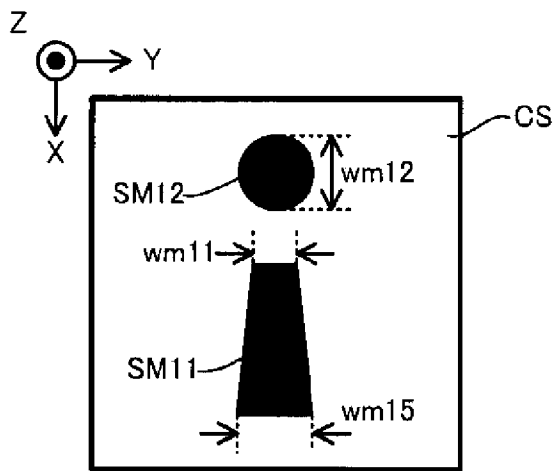
[図31]



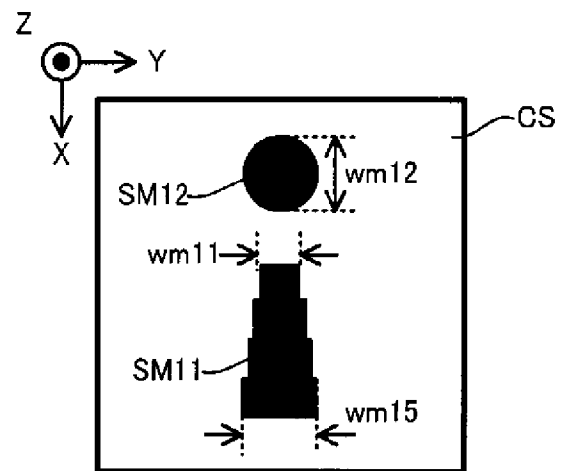
(a)



(b)

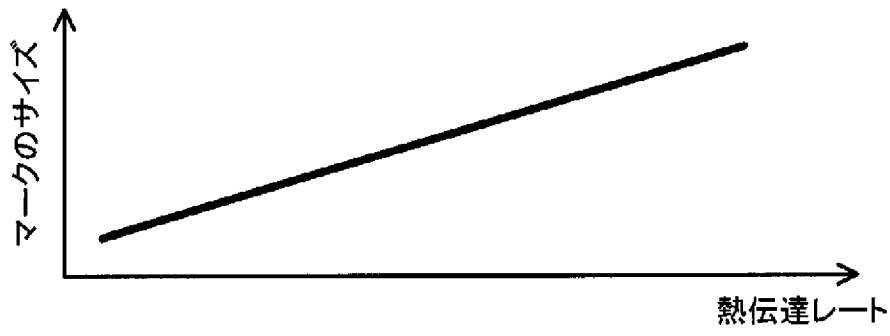


(c)

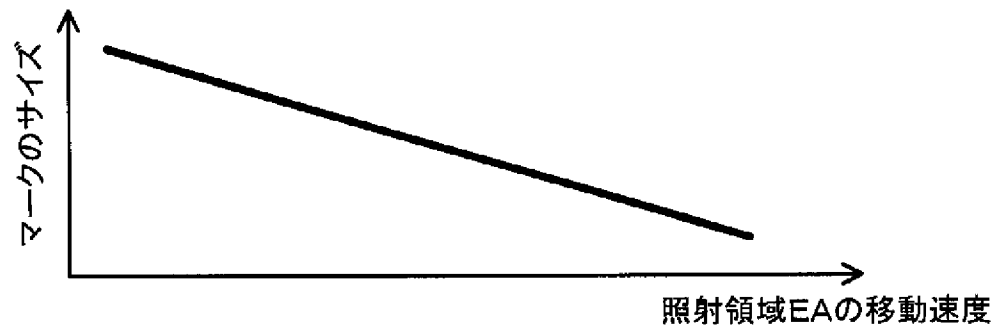


(d)

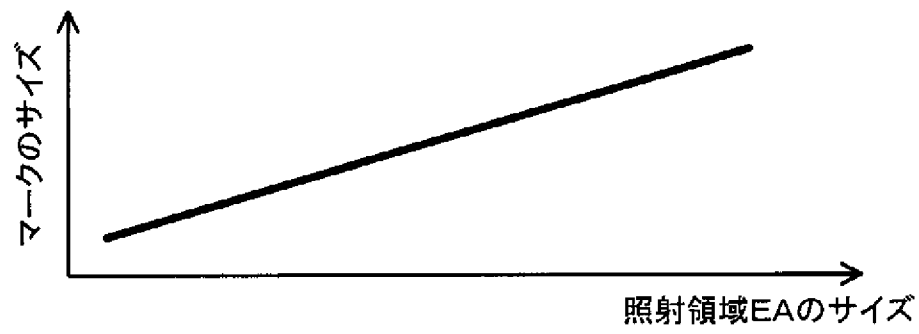
[図32]



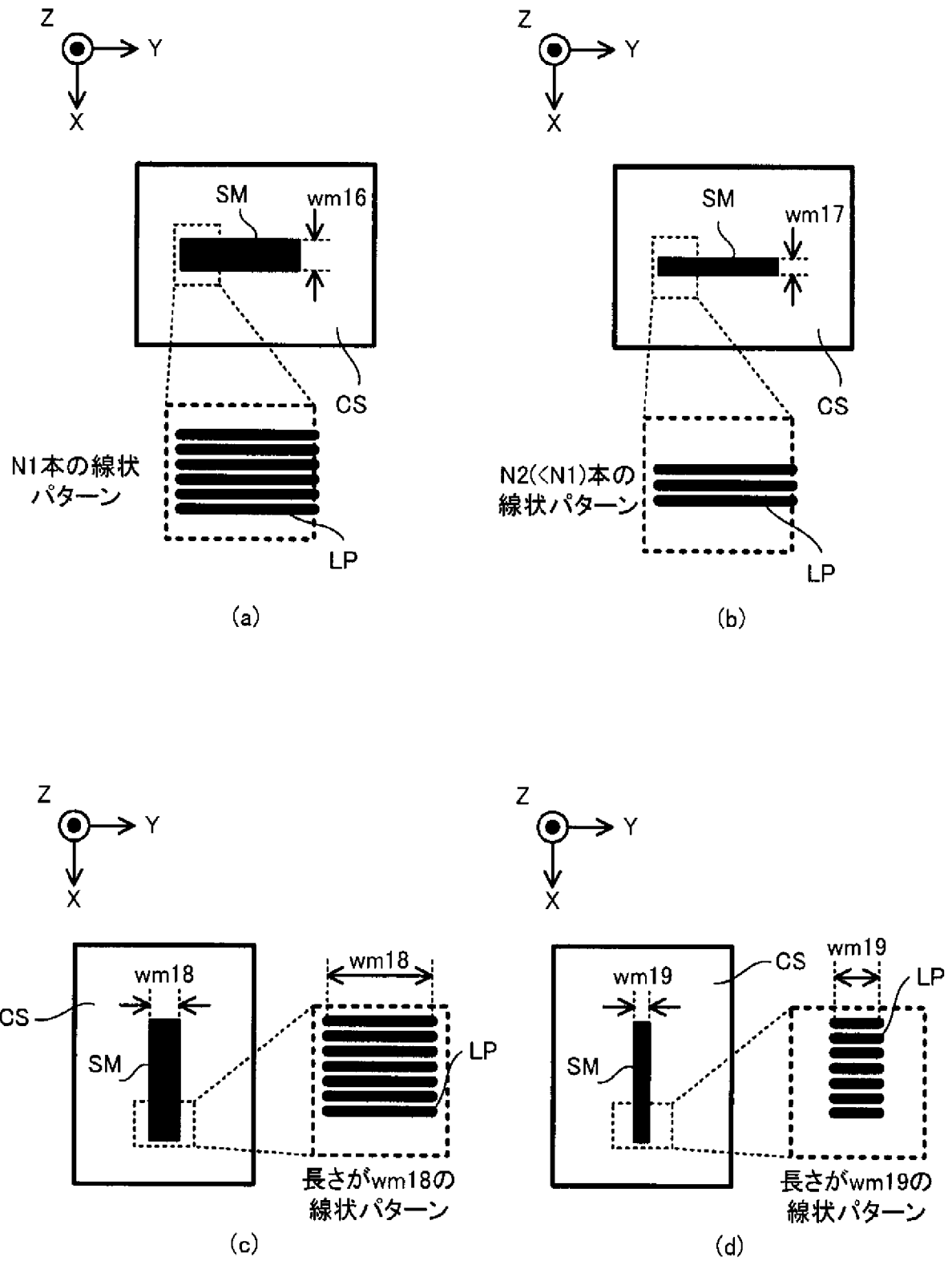
[図33]



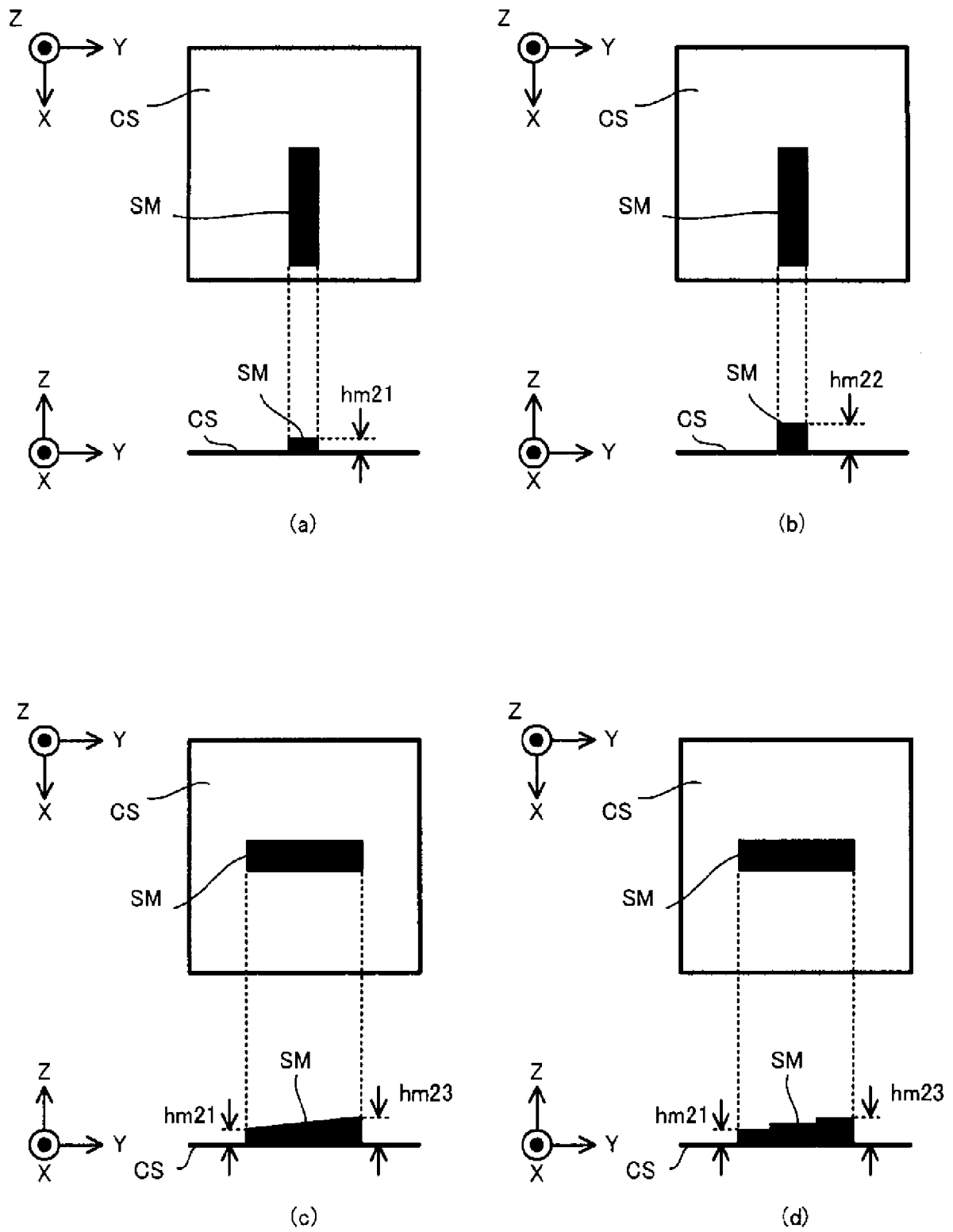
[図34]



[図35]



[図36]



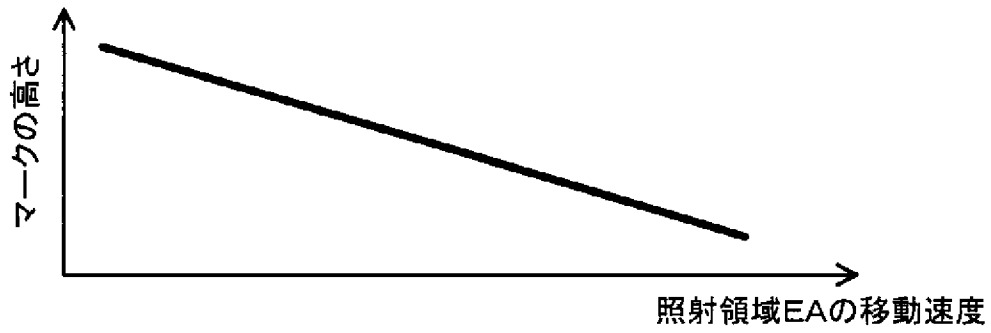
[図37]



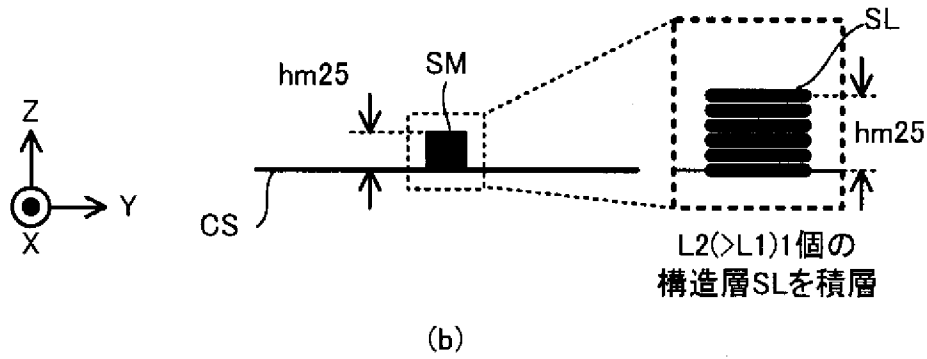
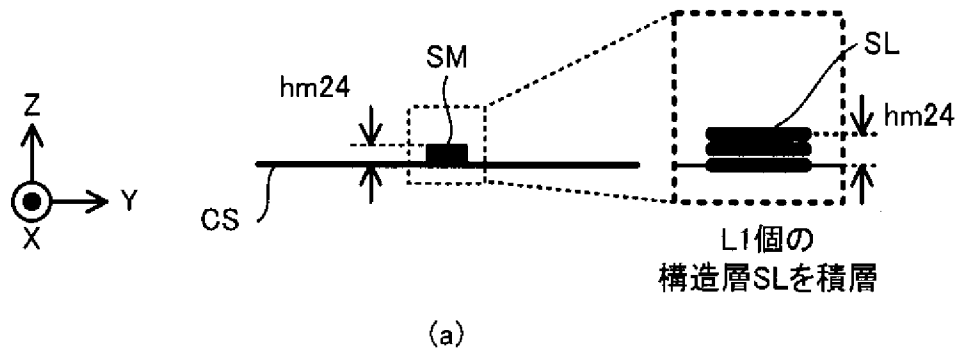
[図38]



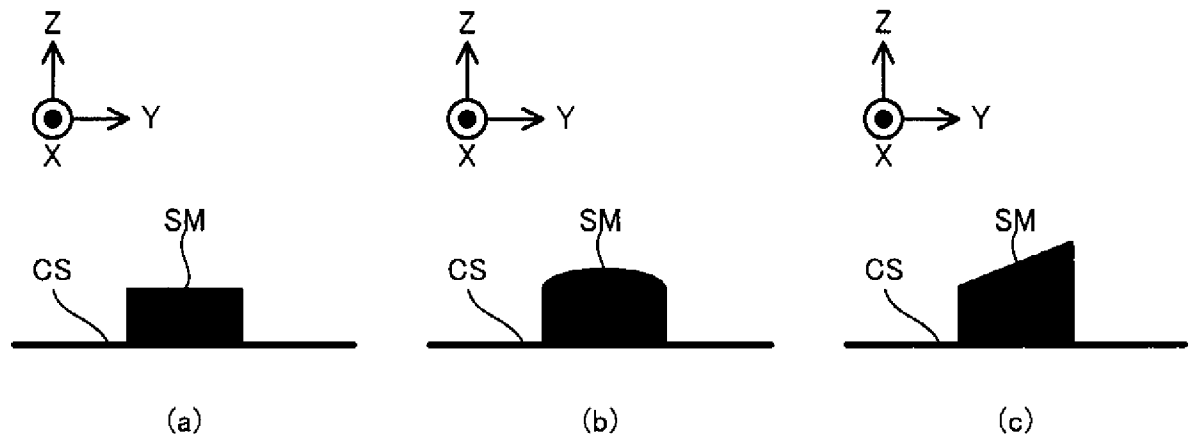
[図39]



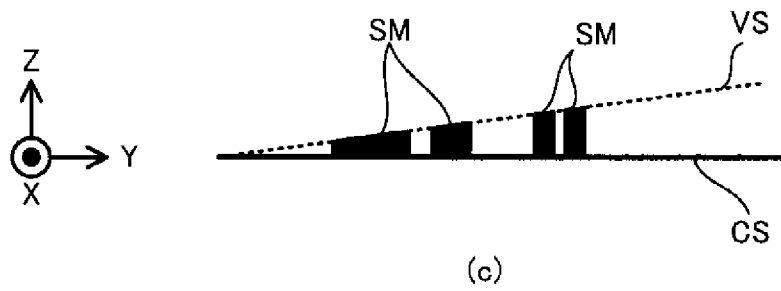
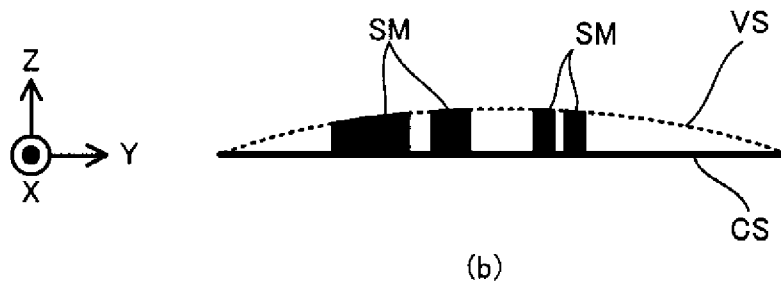
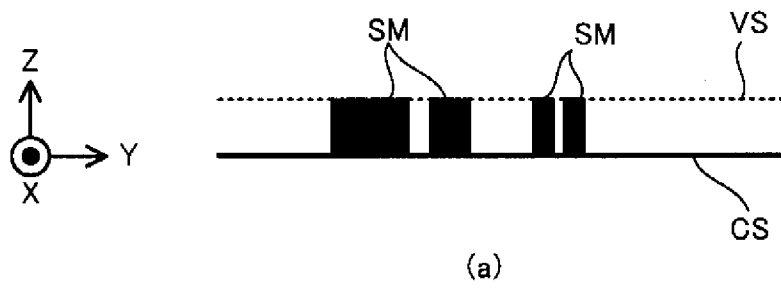
[図40]



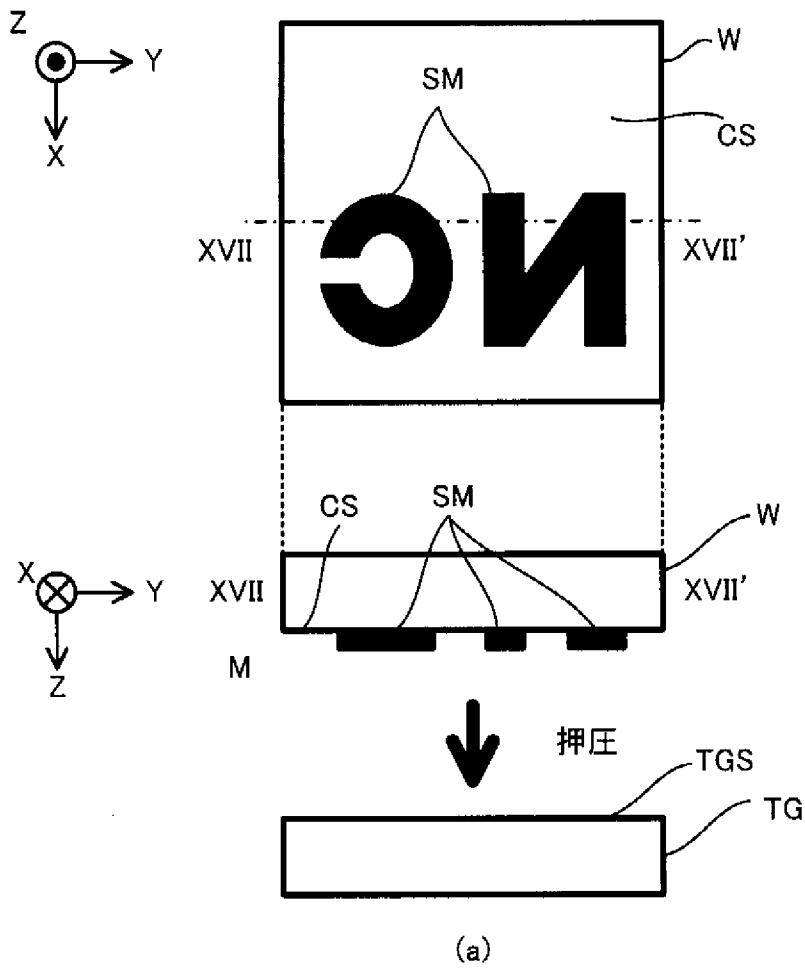
[図41]



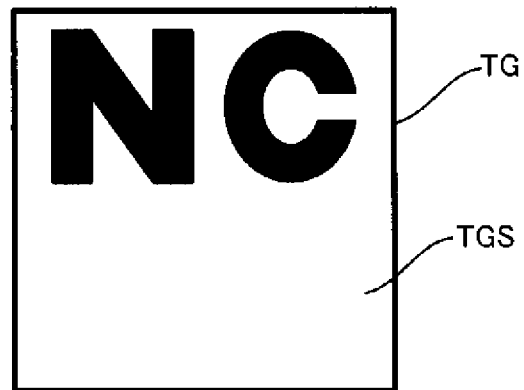
[図42]



[図43]

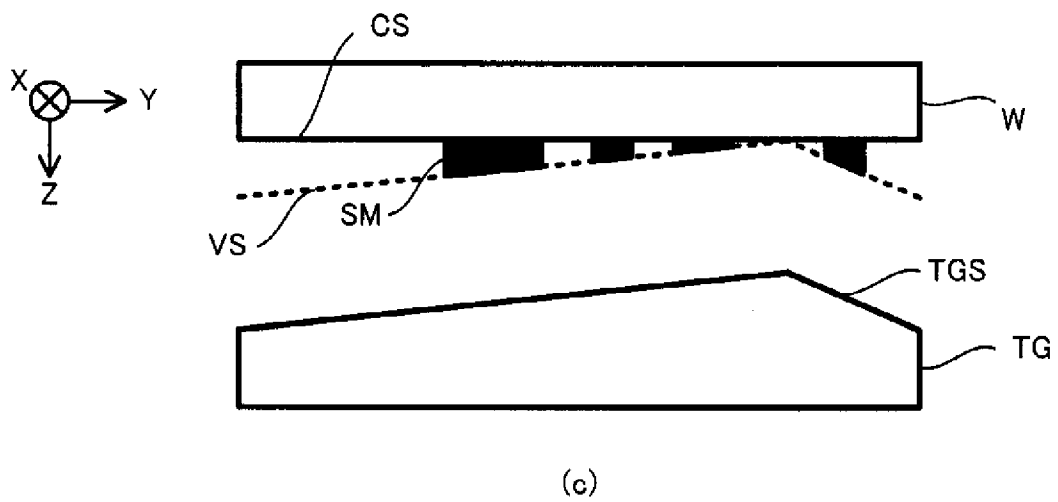
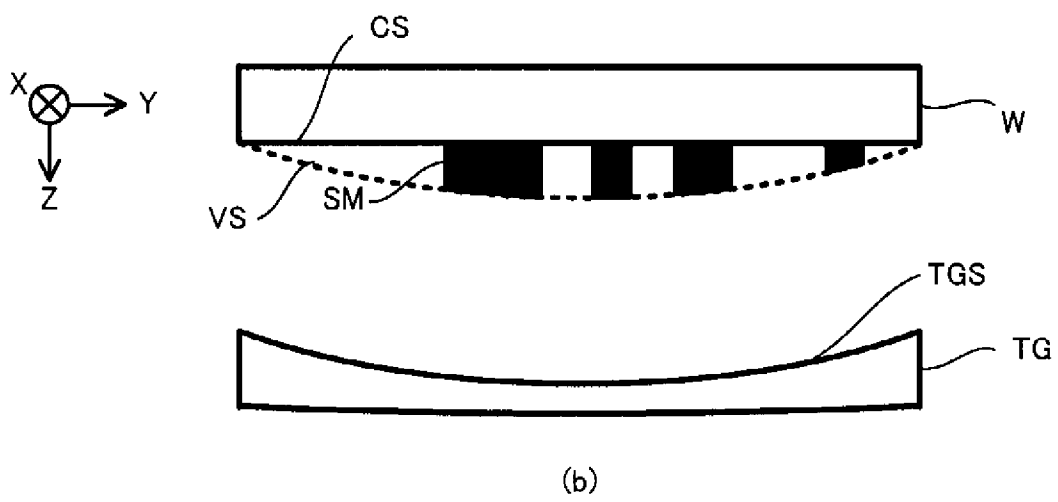
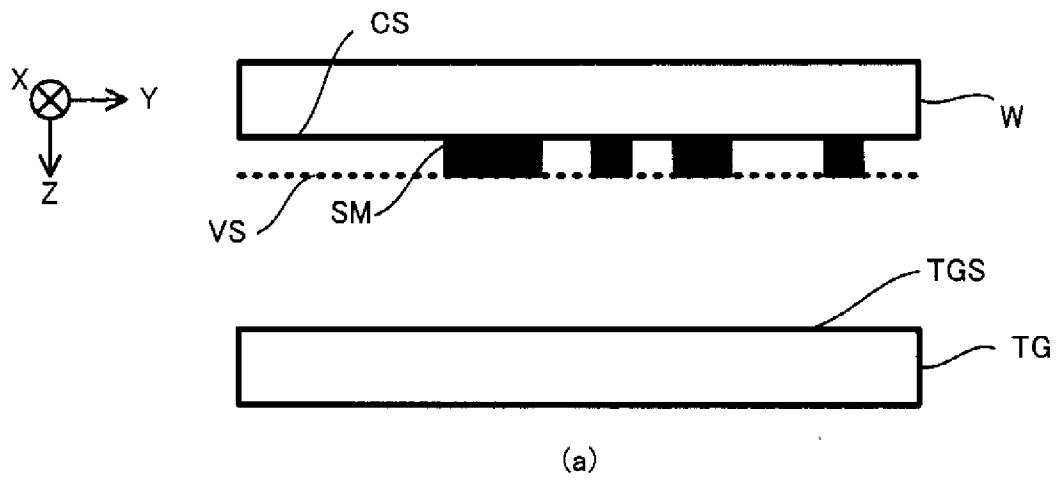


(a)

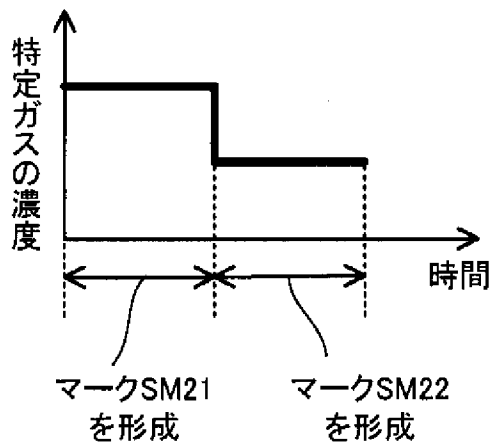


(b)

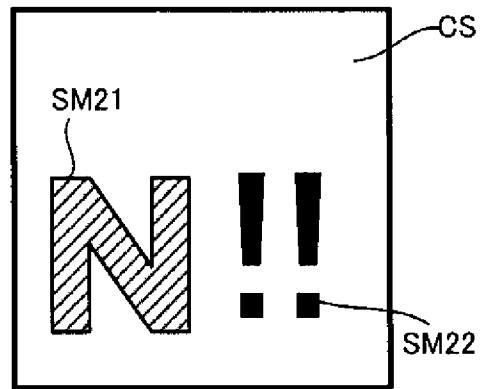
[図44]



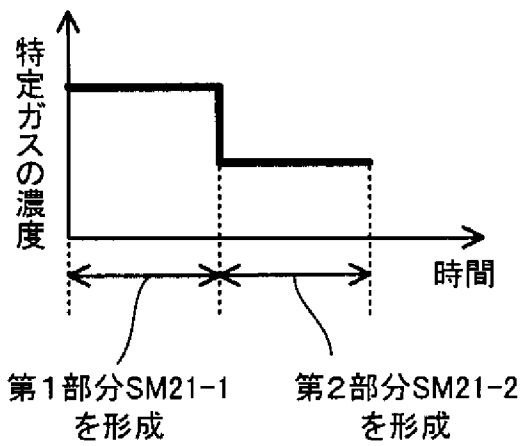
[図45]



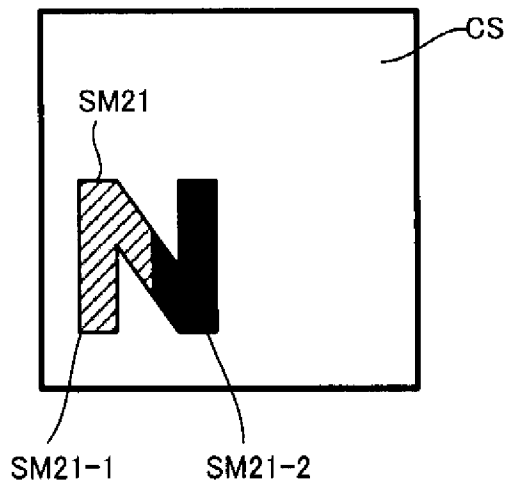
(a)



(b)

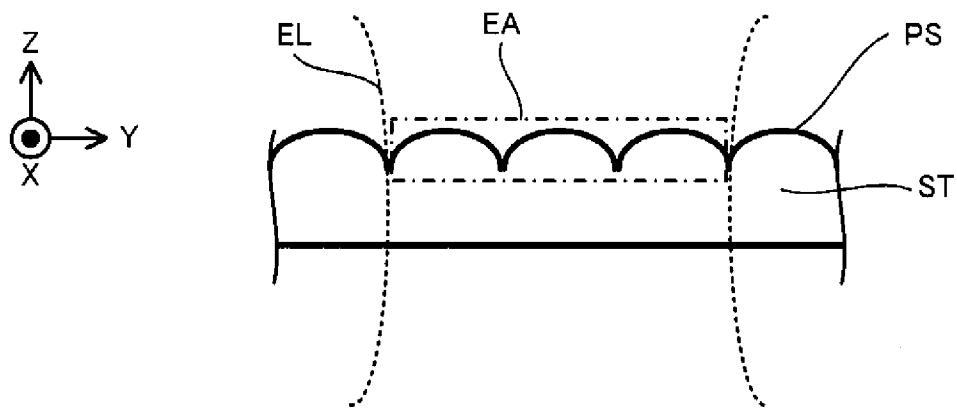


(c)

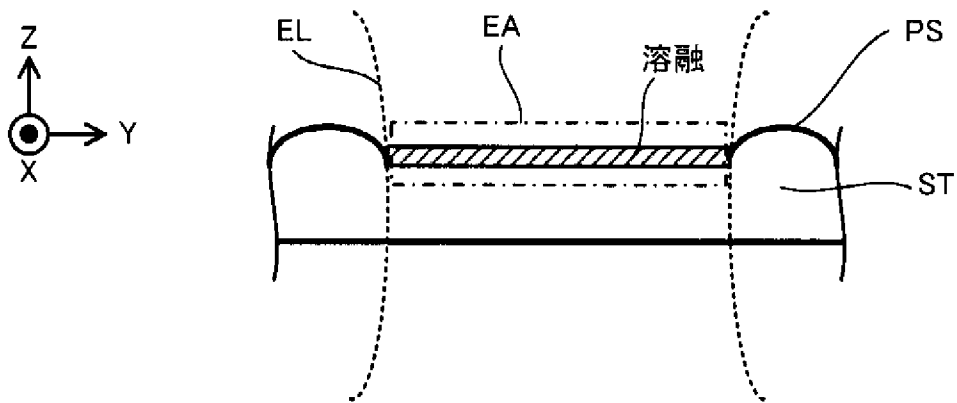


(d)

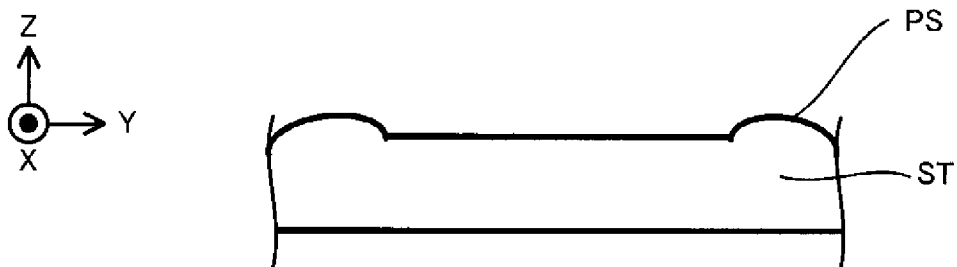
[図46]



(a)

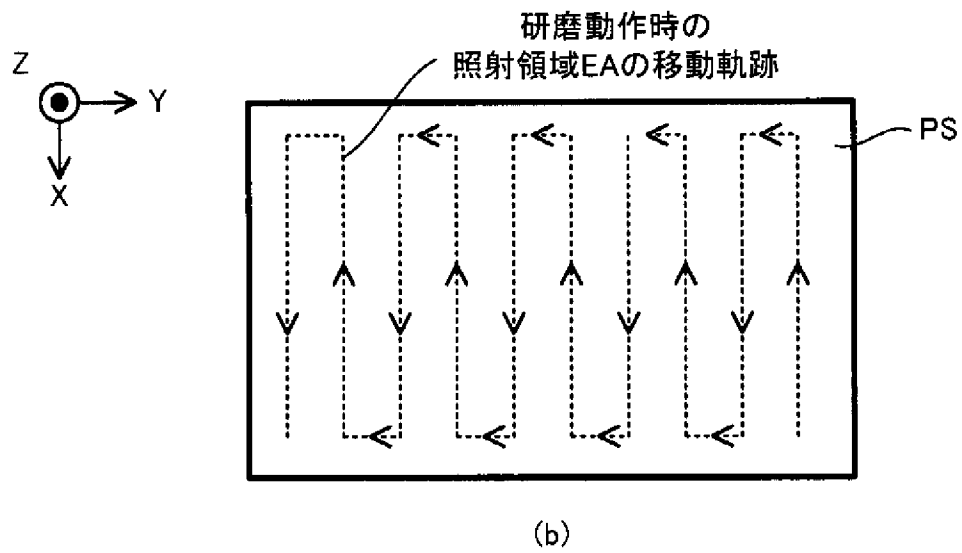
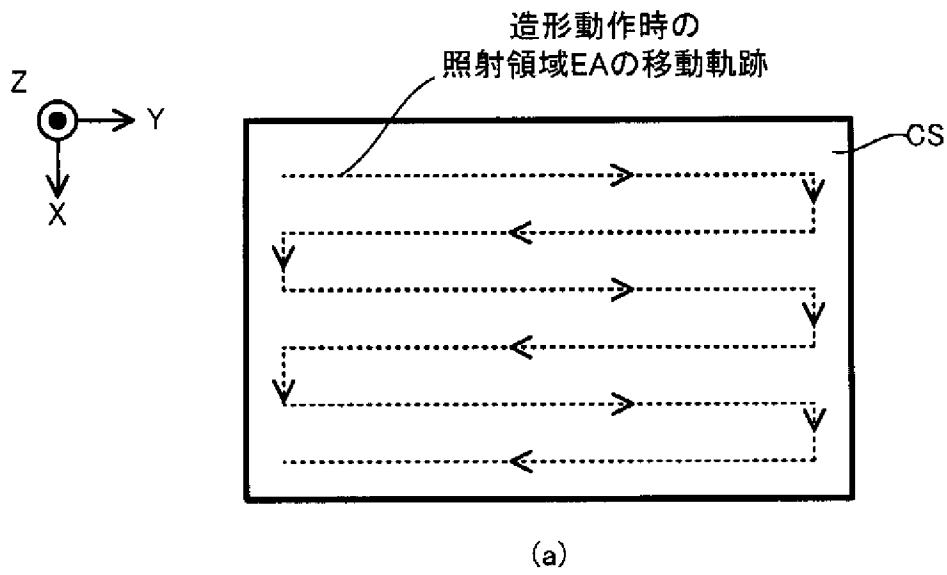


(b)

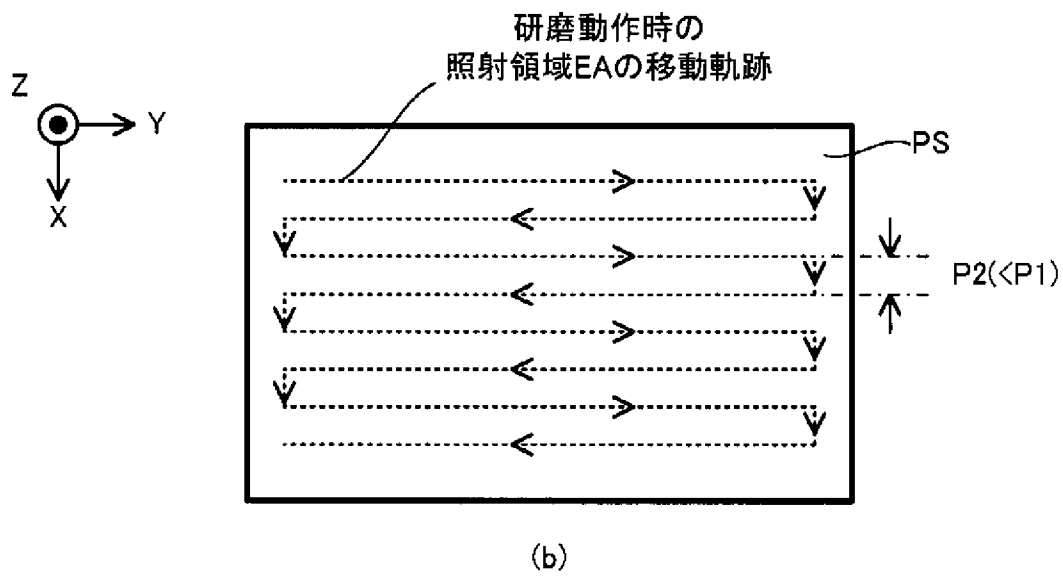
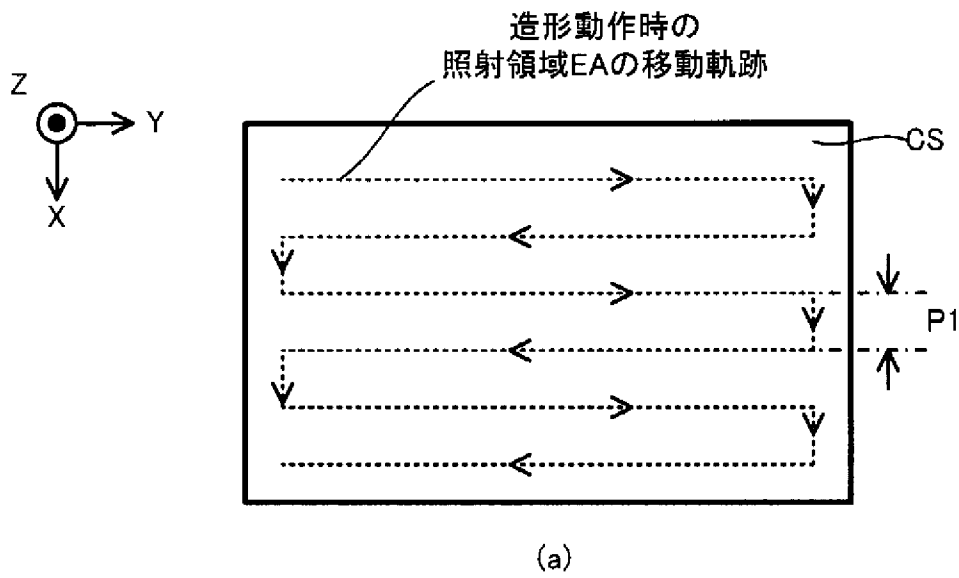


(c)

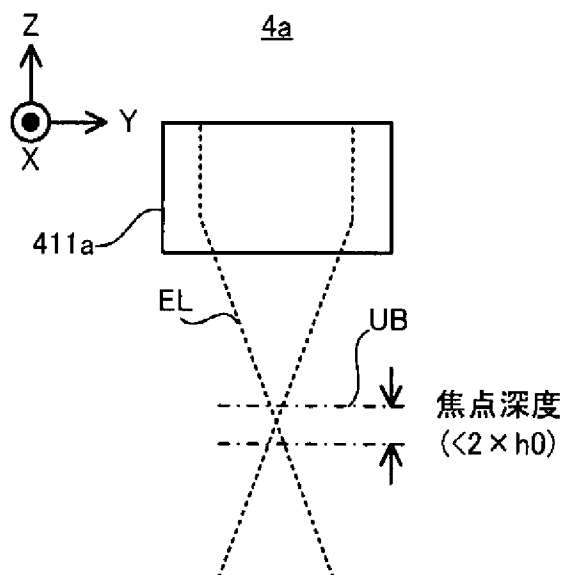
[図47]



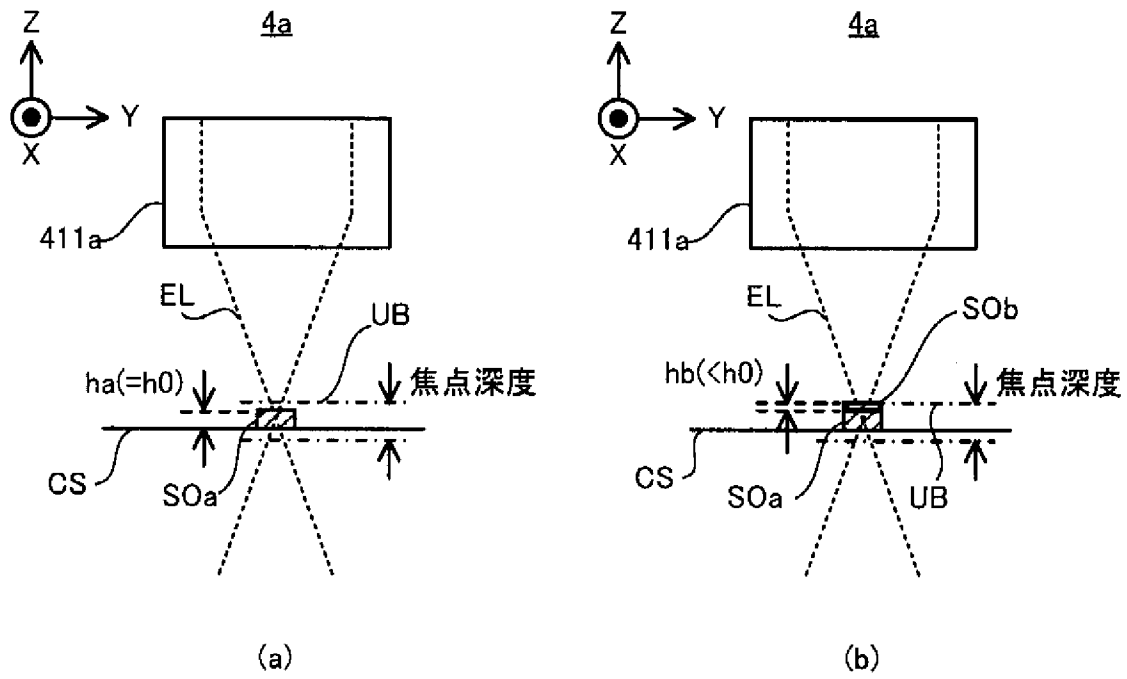
[図48]



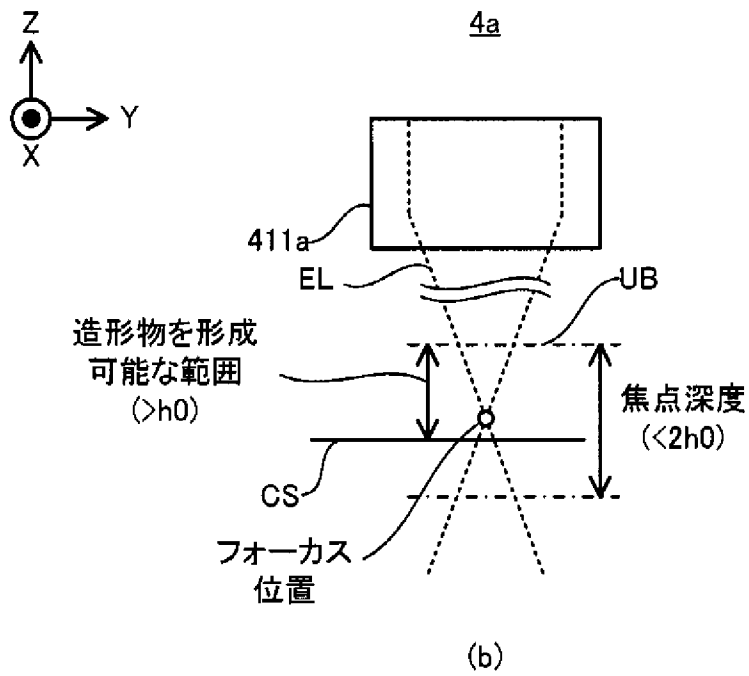
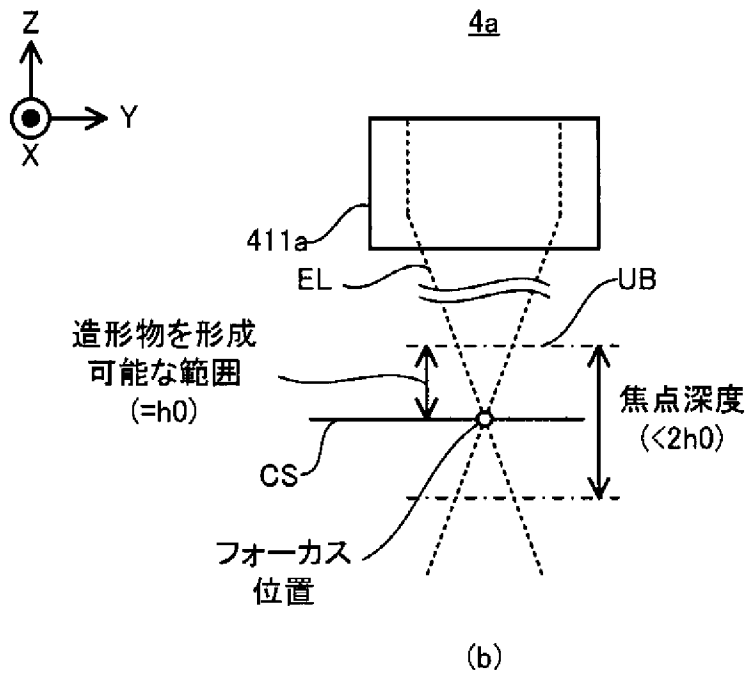
[図49]



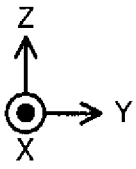
[図50]



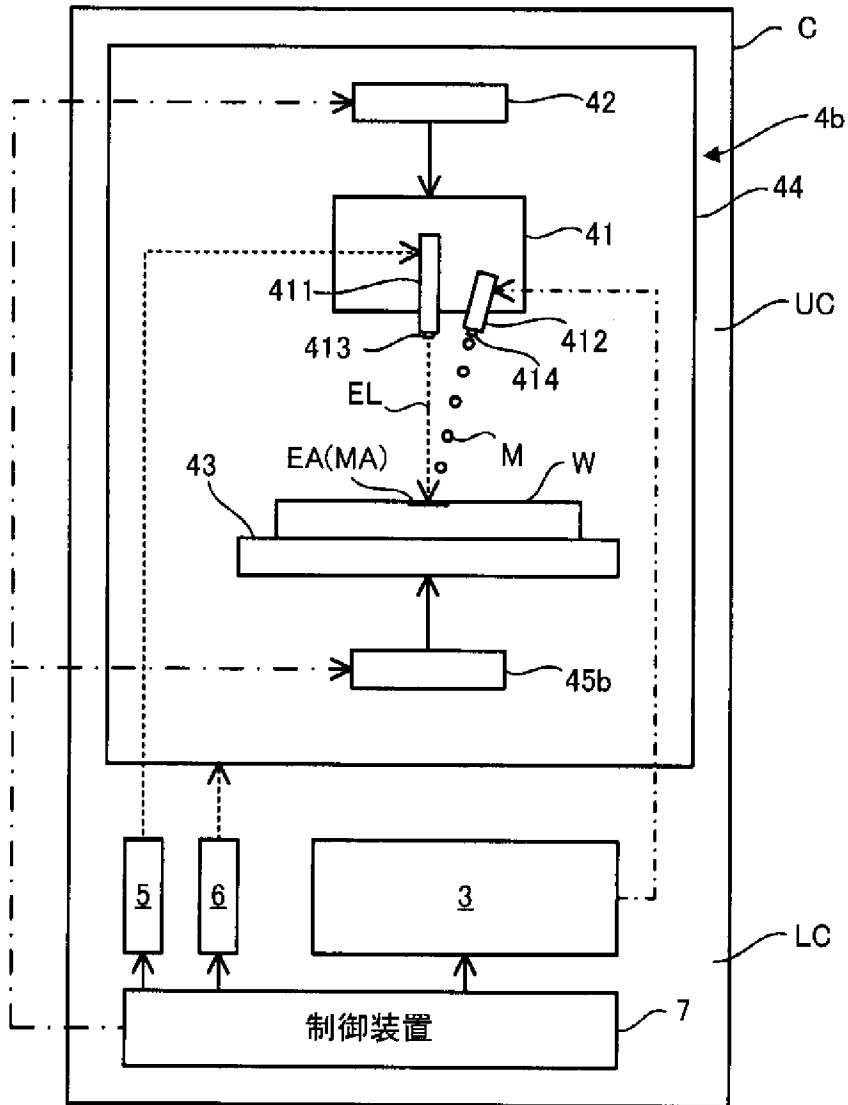
[図51]



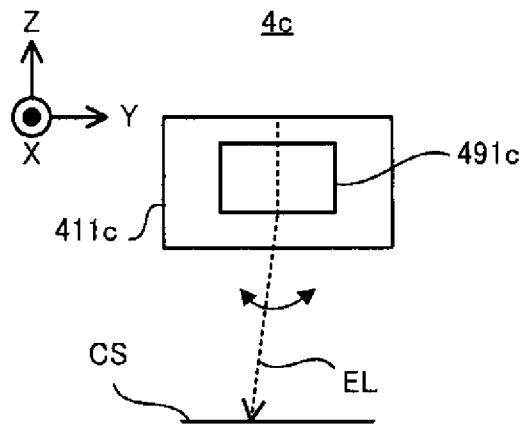
[図52]



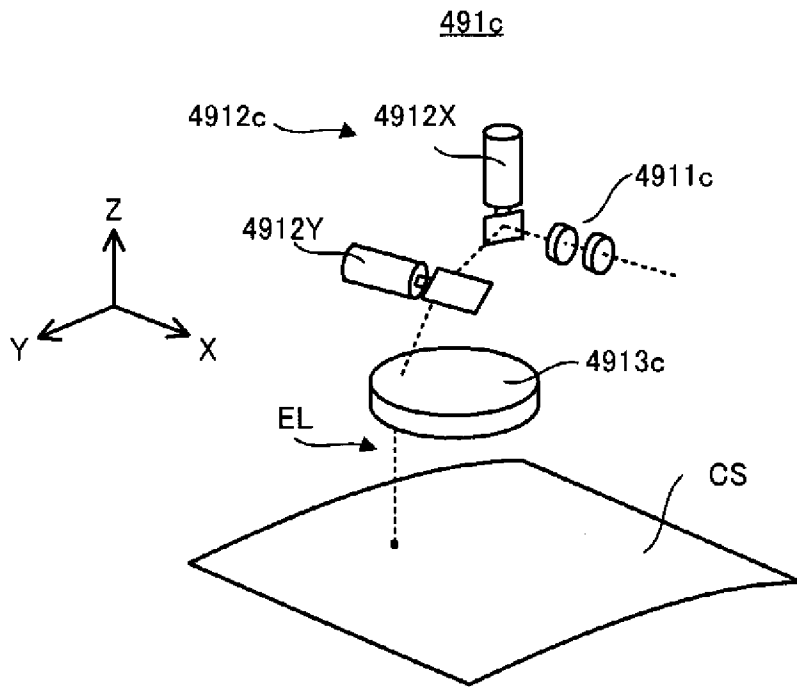
1b



[図53]

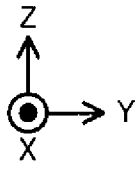


(a)

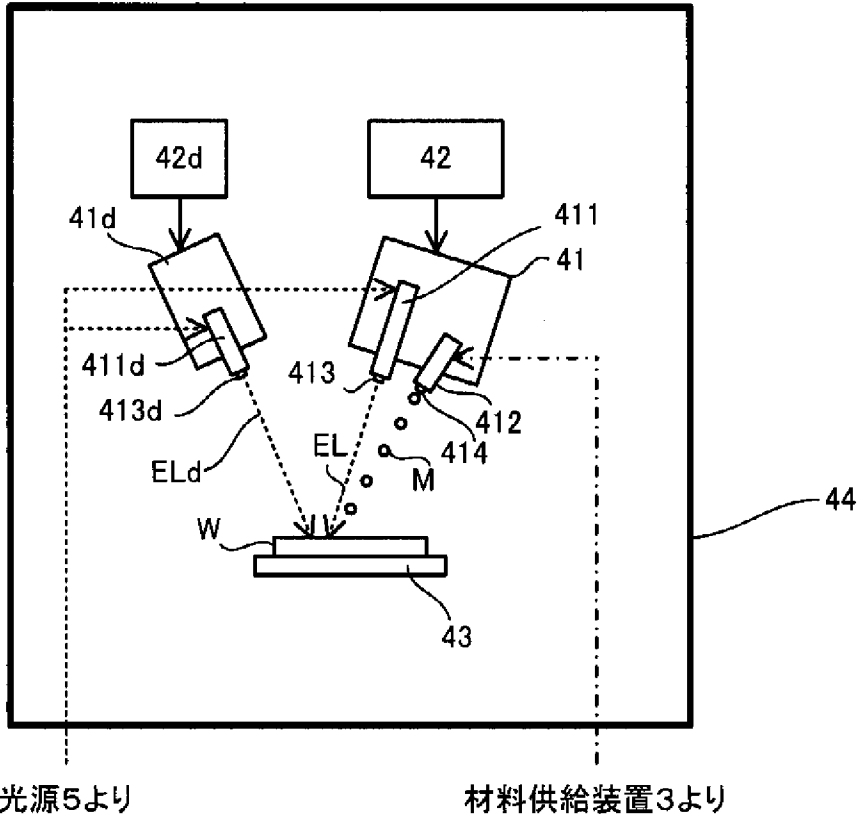


(b)

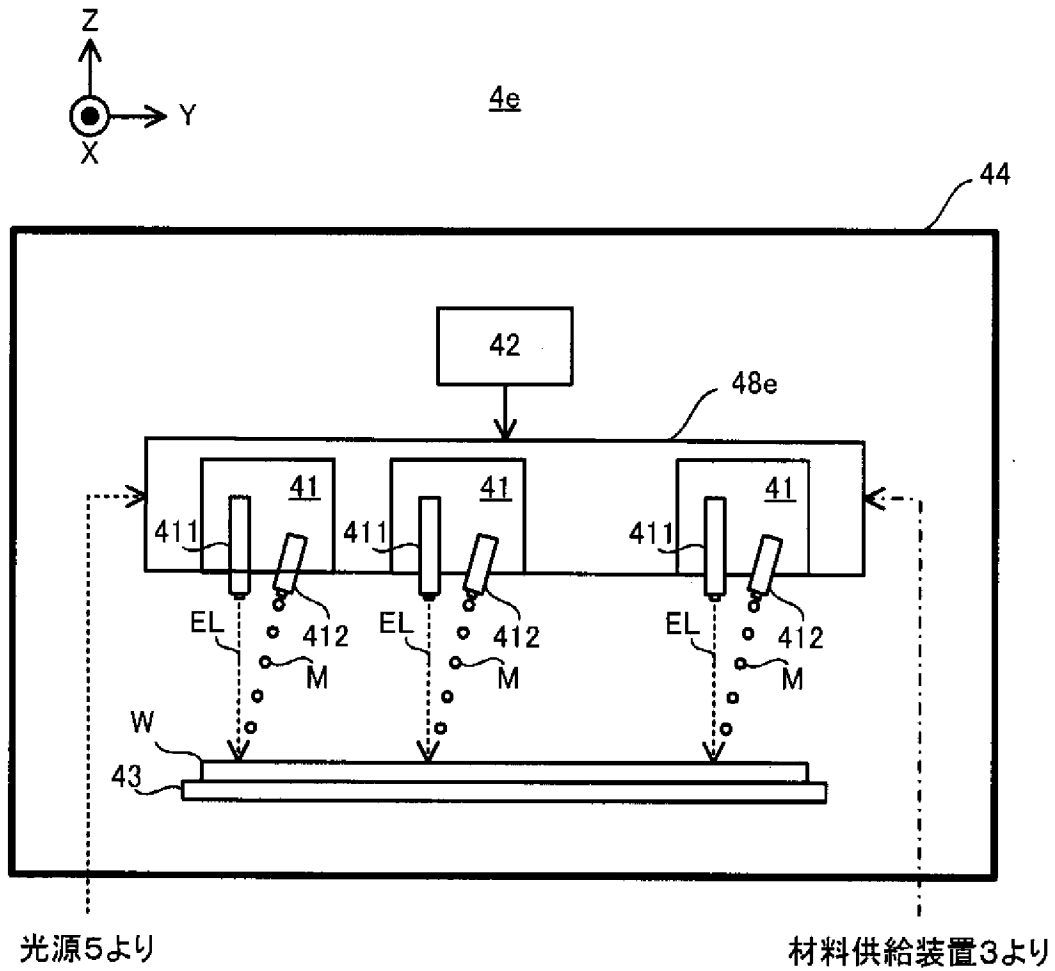
[図54]



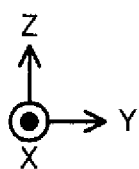
4d



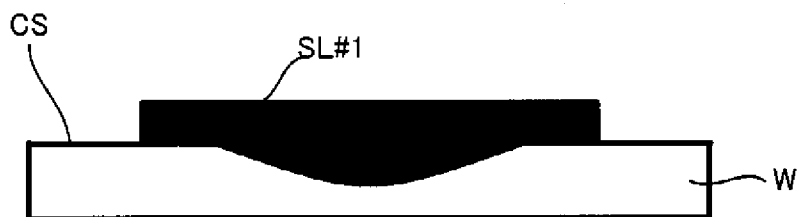
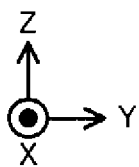
[図55]



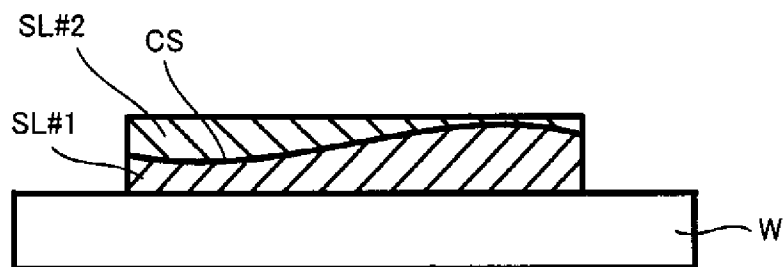
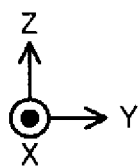
[図56]



(a)

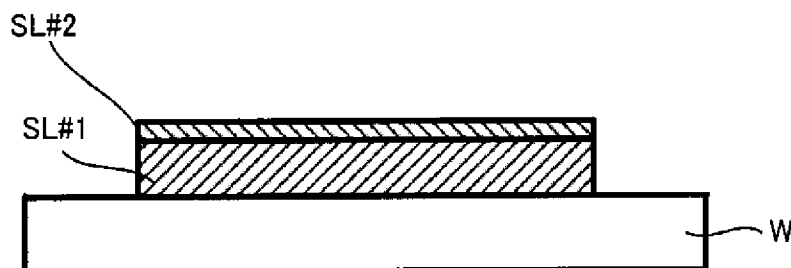
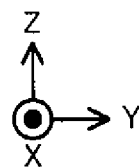


(b)

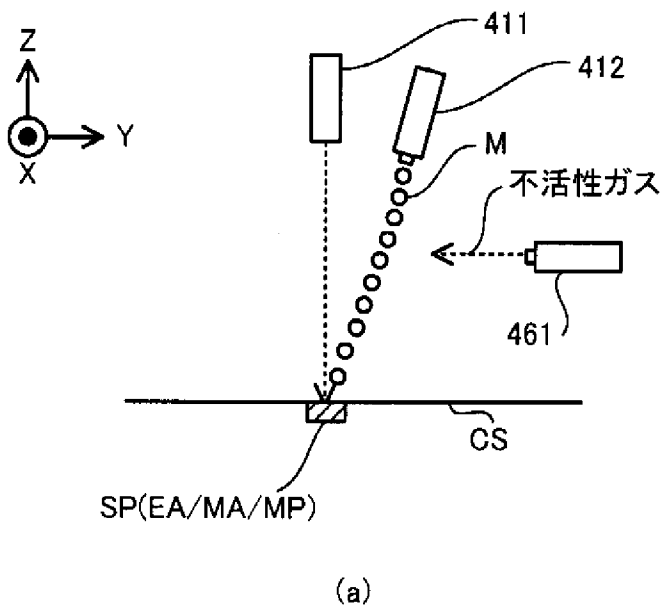
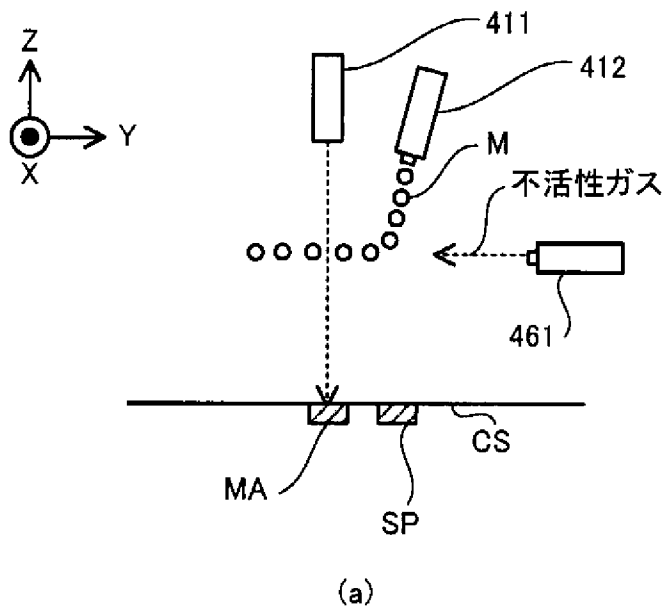


(c)

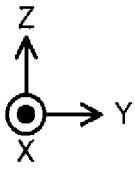
[図57]



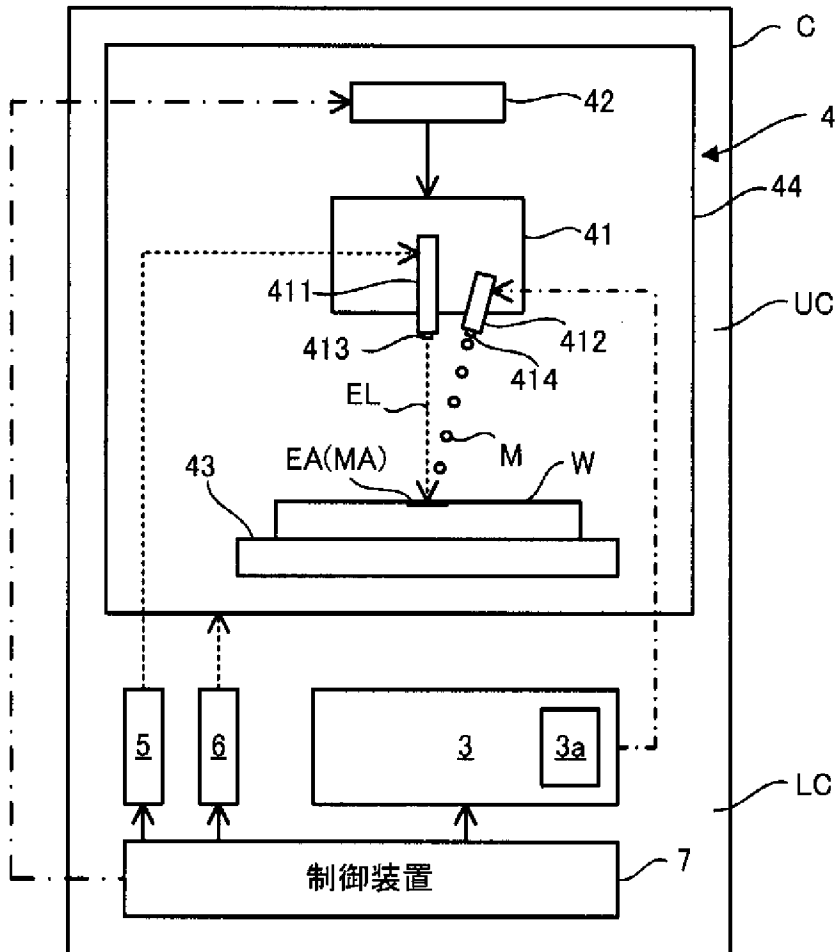
[図58]



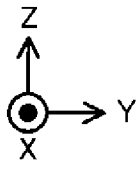
[図59]



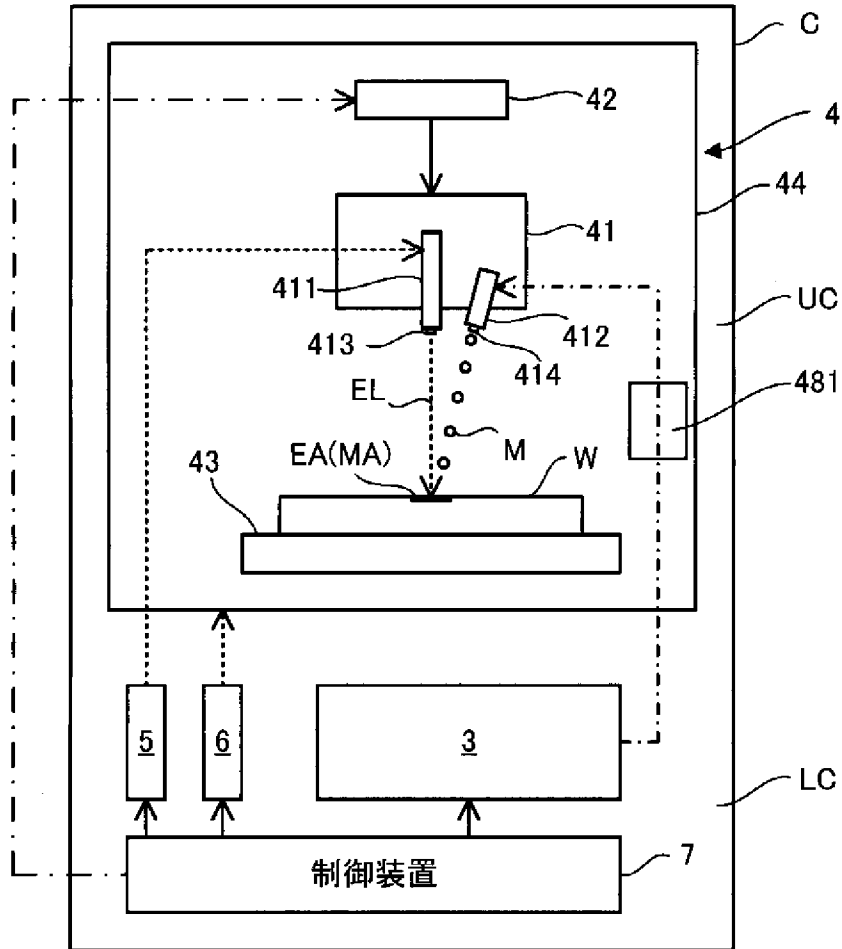
1



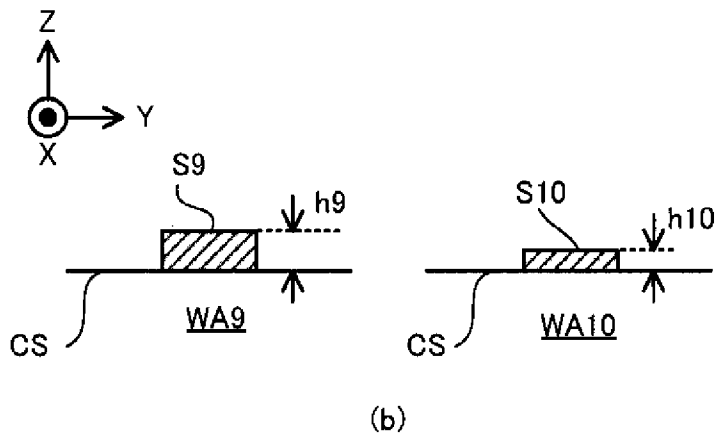
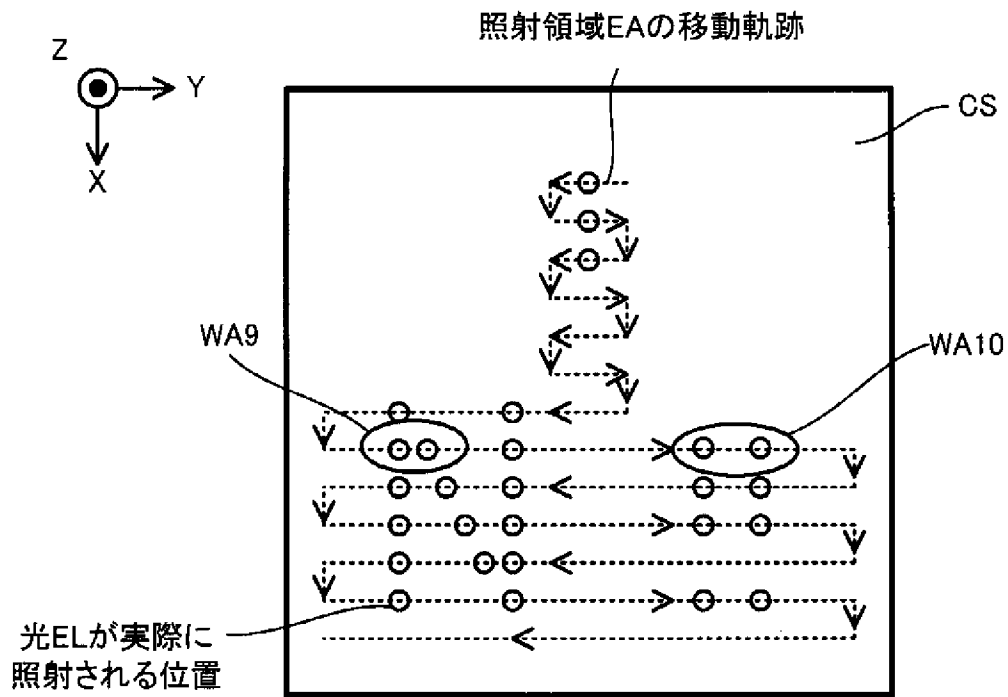
[図60]



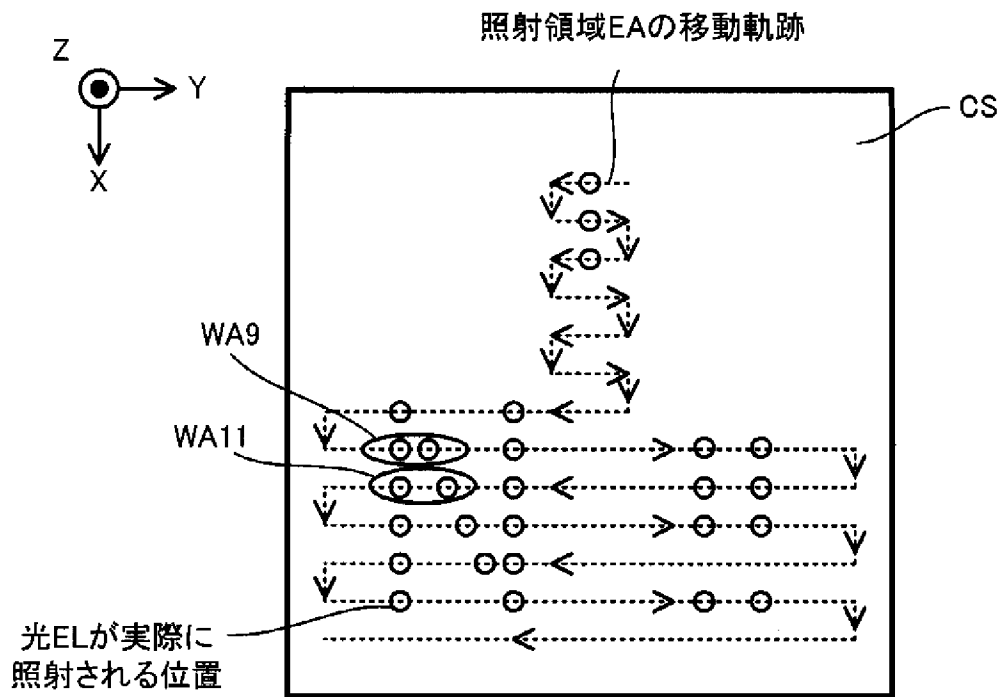
1



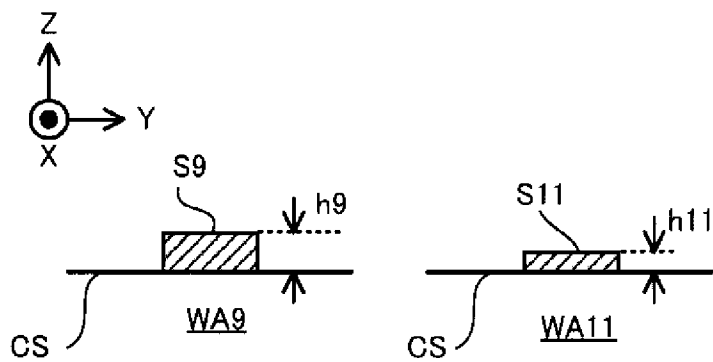
[図61]



[図62]



(a)



(b)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/044623

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> Int. Cl. B23K26/342 (2014.01) i, B22F3/105 (2006.01) i, B22F3/16 (2006.01) i, B29C64/268 (2017.01) i  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int. Cl. B23K26/342, B22F3/105, B22F3/16, B29C64/268  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 1971-2018 Registered utility model specifications of Japan 1996-2018 Published registered utility model applications of Japan 1994-2018  Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2015-196249 A (TOSHIBA CORP.) 09 November 2015, paragraphs [0007]-[0181], fig. 1-16 & US 2017/0014909 A1, paragraphs [0022]-[0196], fig. 1-16 & WO 2015/151313 A1	1-107
Y	JP 2017-19018 A (TECHNOLOGY RESEARCH ASSOCIATION FOR FUTURE ADDITIVE MANUFACTURING) 26 January 2017, paragraphs [0012]-[0056], fig. 1-16 (Family: none)	1-10, 78-98, 100-105, 107
Y	JP 2006-272916 A (JSR CORP.) 12 October 2006, paragraphs [0008]-[0026], fig. 1-4 & US 2009/0133800 A1, paragraphs [0010]-[0073], fig. 1-4 & WO 2006/109425 A1 & EP 1864785 A1 & KR 10-2008-0003379 A & CN 101151141 A & TW 200642830 A	1-10, 78-98, 101-105, 107
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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 06.03.2018		Date of mailing of the international search report 20.03.2018
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/JP2017/044623

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2017-19014 A (GENERAL ELECTRIC CO.) 26 January 2017, paragraphs [0010]-[0027], fig. 1-12 & US 2016/0376674 A1, paragraphs [0021]-[0037], fig. 1-12 & EP 3109055 A1 & CN 106270508 A	11, 99, 106 12-87, 107
Y	WO 2016/075801 A1 (NIKON CORP.) 19 May 2016, paragraphs [0017]-[0157], fig. 1-15 & US 2017/0304946 A1, paragraphs [0032]-[0174], fig. 1-15 & EP 3219412 A1 & TW 201633027 A & CN 107000059 A & KR 10-2017-0084195 A	12-77
Y	JP 5-269585 A (OSAKA FUJI CORPORATION) 19 October 1993, paragraphs [0013]-[0024], fig. 1-6 (Family: none)	12-87, 100, 107
A	JP 1-136964 A (MITSUI ENGINEERING & SHIPBUILDING CO., LTD.) 30 May 1989, entire text, all drawings (Family: none)	1-107
A	JP 2005-246450 A (SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 15 September 2005, entire text, all drawings (Family: none)	1-107
A	JP 2016-128799 A (OMEGA SA) 14 July 2016, entire text, all drawings & US 2016/0176126 A1 & EP 3035130 A1 & CN 105708062 A & RU 2015154608 A	1-107
A	JP 2015-231688 A (MIMAKI ENGINEERING CO., LTD.) 24 December 2015, entire text, all drawings (Family: none)	1-107

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**International application No.  
PCT/JP2017/044623**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1.  Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2.  Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
3.  Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The claims are classified into the following seven inventions.

- (Invention 1) claims 1-10, 98, 103-104
- (Invention 2) claims 11-77, 99, 106
- (Invention 3) claims 78-82
- (Invention 4) claims 83-87, 100, 107
- (Invention 5) claims 88, 101
- (Invention 6) claims 89-93, 102
- (Invention 7) claims 94-97, 105

1.  As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2.  As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3.  As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4.  No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest**

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int.Cl. B23K26/342(2014.01)i, B22F3/105(2006.01)i, B22F3/16(2006.01)i, B29C64/268(2017.01)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. B23K26/342, B22F3/105, B22F3/16, B29C64/268		
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 1971-2018年 日本国実用新案登録公報 1996-2018年 日本国登録実用新案公報 1994-2018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
A	JP 2015-196249 A (株式会社東芝) 2015.11.09, 段落 [0007] - [0181], 図 1-16 & US 2017/0014909 A1, [0022]-[0196], FIG. 1-16 & WO 2015/151313 A1	1-107
Y	JP 2017-19018 A (技術研究組合次世代3D積層造形技術総合開発機構) 2017.01.26, 段落[0012]-[0056], 図 1-16 (ファミリーなし)	1-10, 78-98, 100-105, 107
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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	06.03.2018	国際調査報告の発送日
		20.03.2018
国際調査機関の名称及びあて先	特許庁審査官 (権限のある職員)	3P 2926
日本国特許庁 (ISA/JP)	竹下 和志	
郵便番号100-8915	電話番号 03-3581-1101	内線 3363
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		

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 2006-272916 A (J S R株式会社) 2006.10.12, 段落[0008]-[0026], 図 1-4 & US 2009/0133800 A1, [0010]-[0073], Fig. 1-4 & WO 2006/109425 A1 & EP 1864785 A1 & KR 10-2008-0003379 A & CN 101151141 A & TW 200642830 A	1-10, 78-98, 101-105, 107
X Y	JP 2017-19014 A (ゼネラル・エレクトリック・カンパニー) 2017.01.26, 段落[0010]-[0027], 図 1-12 & US 2016/0376674 A1, [0021]-[0037], FIG. 1-12 & EP 3109055 A1 & CN 106270508 A	11, 99, 106 12-87, 107
Y	WO 2016/075801 A1 (株式会社ニコン) 2016.05.19, 段落[0017]-[0157], 図 1-15 & US 2017/0304946 A1, [0032]-[0174], Fig. 1-15 & EP 3219412 A1 & TW 201633027 A & CN 107000059 A & KR 10-2017-0084195 A	12-77
Y	JP 5-269585 A (大阪富士工業株式会社) 1993.10.19, 段落[0013]-[0024], 図 1-6 (ファミリーなし)	12-87, 100, 107
A	JP 1-136964 A (三井造船株式会社) 1989.05.30, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-107
A	JP 2005-246450 A (住友重機械工業株式会社) 2005.09.15, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-107
A	JP 2016-128799 A (オメガ・エス アー) 2016.07.14, 全文, 全図 & US 2016/0176126 A1 & EP 3035130 A1 & CN 105708062 A & RU 2015154608 A	1-107
A	JP 2015-231688 A (株式会社ミマキエンジニアリング) 2015.12.24, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-107

## 第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT17条(2)(a))の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1.  請求項 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
  
2.  請求項 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
  
3.  請求項 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるときの国際調査機関は認めた。

請求の範囲は、以下の7つの発明に区分される。

- (発明1) 請求項 1-10, 98, 103-104
- (発明2) 請求項 11-77, 99, 106
- (発明3) 請求項 78-82
- (発明4) 請求項 83-87, 100, 107
- (発明5) 請求項 88, 101
- (発明6) 請求項 89-93, 102
- (発明7) 請求項 94-97, 105

1.  出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2.  追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3.  出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4.  出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

## 追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。