

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7005859号

(P7005859)

(45)発行日 令和4年1月24日(2022.1.24)

(24)登録日 令和4年1月11日(2022.1.11)

(51)国際特許分類

F I

B 2 3 K	26/00	(2014.01)	B 2 3 K	26/00	N
H 0 1 S	3/23	(2006.01)	H 0 1 S	3/23	
H 0 1 S	3/00	(2006.01)	H 0 1 S	3/00	B
B 2 3 K	26/082	(2014.01)	B 2 3 K	26/08	F
B 2 3 K	26/08	(2014.01)	B 2 3 K	26/073	

請求項の数 15 外国語出願 (全28頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2017-250363(P2017-250363)

(22)出願日 平成29年12月27日(2017.12.27)

(65)公開番号 特開2018-130763(P2018-130763  
A)

(43)公開日 平成30年8月23日(2018.8.23)

審査請求日 令和2年8月28日(2020.8.28)

(31)優先権主張番号 15/401,643

(32)優先日 平成29年1月9日(2017.1.9)

(33)優先権主張国・地域又は機関  
米国(US)

(73)特許権者 390041542

ゼネラル・エレクトリック・カンパニ  
アメリカ合衆国、ニューヨーク州 12  
345、スケネクタディ、リバーロード  
、1番

(74)代理人 100079049

弁理士 中島 淳

(74)代理人 100084995

弁理士 加藤 和詳

(74)代理人 100137545

弁理士 荒川 聡志

(74)代理人 100105588

弁理士 小倉 博

(74)代理人 100129779

弁理士 黒川 俊久

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 レーザアレイによって部品を製作するためのシステムおよび方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数のレーザ装置を備えており、該複数のレーザ装置の各々のレーザ装置は、粉末状の材料の層において溶融物プールを生成するように構成されているレーザアレイ(12)と、前記レーザアレイ(12)を前記粉末状の材料の層を横切って移動させるように構成されたアクチュエータシステム(24)と、

コントローラ(16)であって、

前記各々のレーザ装置の出力を独立して制御するための制御信号(38)を生成し、

前記溶融物プールを生成すべく前記複数のレーザ装置のうちの複数の選択されたレーザ装置から複数のエネルギービームを放射するように前記各々のレーザ装置へと前記制御信号(38)を送信し、

所定の特性を有する前記溶融物プールの生成を容易にする非一様なエネルギー強度プロファイルを前記複数の選択されたレーザ装置から生成する

ように構成されている、

コントローラ(16)

を備え、

前記非一様なエネルギー強度プロファイルは、前記溶融物プールの前記所定の特性を生成し、前記溶融物プールにおける熱損失の相違を補償するために前記レーザアレイの端部における強めの出力と前記レーザアレイの中央領域における弱めの出力とを含む、ように調整される、付加製造システム(10)。

**【請求項 2】**

前記レーザアレイ(12)に結合されたマウントシステム(18)をさらに備えており、前記アクチュエータシステム(24)は、前記マウントシステム(18)へと接続され、前記レーザアレイ(12)の1回の掃引での部品(14)の層の製作を容易にするように、前記部品(14)の形状によって定まる中心点を中心にして前記レーザアレイ(12)を回転させるように構成されている、請求項1に記載のシステム(10)。

**【請求項 3】**

粉末床(20)および該粉末床(20)に接続された支持構造体(26)をさらに備えており、前記アクチュエータシステム(24)は、前記支持構造体(26)へと接続され、前記粉末床(20)を前記レーザアレイ(12)に対して移動させるように構成されている、請求項1に記載のシステム(10)。

10

**【請求項 4】**

前記コントローラ(16)は、前記各々のレーザ装置の持続時間、平均出力、パルス幅、およびパルス持続時間のうちの1つ以上を含む前記制御信号(38)を送信するようにさらに構成されている、請求項1に記載のシステム(10)。

**【請求項 5】**

前記複数のレーザ装置は、1対の外側レーザ装置(1002、1016)と、該1対の外側レーザ装置(1002、1016)の間に位置する少なくとも1つの内側レーザ装置(1004、1006、1008、1010、1012、1014)とを備え、前記コントローラ(16)は、

20

前記1対の外側レーザ装置(1002、1016)へと第1の出力を生じるための前記制御信号(38)を送信すると同時に、

前記内側レーザ装置(1004、1006、1008、1010、1012、1014)へと前記第1の出力よりも小さい第2の出力を生じるための前記制御信号(38)を送信する

ようにさらに構成され、

前記非一様なエネルギー強度プロファイル(1000)は、第1の外側領域と、第2の外側領域と、前記第1および第2の外側領域の間の中央領域とを含み、前記中央領域の出力は、前記第1および第2の外側領域と比べて小さい、請求項1に記載のシステム(10)。

**【請求項 6】**

30

前記複数のレーザ装置は、少なくとも3つのレーザ装置を含み、前記コントローラ(16)は、

前記少なくとも3つのレーザ装置のうちの第1のレーザ装置(1102)へと第1の出力を生じるための前記制御信号(38)を送信すると同時に、

前記少なくとも3つのレーザ装置のうちの第2のレーザ装置(1104)へと前記第1の出力よりも小さい第2の出力を生じるための前記制御信号(38)を送信し、さらに同時に、

前記少なくとも3つのレーザ装置のうちの第3のレーザ装置(1106)へと前記第2の出力よりも小さい第3の出力を生じるための前記制御信号(38)を送信する

ようにさらに構成されている、請求項1に記載のシステム(10)。

40

**【請求項 7】**

前記コントローラ(16)は、

前記複数の選択されたレーザ装置の第1の組(1202、1204、1206、1208、1210、1212、1214、1216)へと、前記レーザアレイ(12)の第1の位置における部品(14)の第1のビルドパラメータに対応する第1のエネルギー強度プロファイル(1218)を有する複数のエネルギービームを放射するための前記制御信号(38)を送信し、

前記複数の選択されたレーザ装置の第2の組(1206、1208、1210、1212)へと、前記レーザアレイ(12)の第2の位置における前記部品(14)の第2のビルドパラメータに対応する第2のエネルギー強度プロファイル(1220)を有する複数のエ

50

エネルギービームを放射するための前記制御信号(38)を送信する  
ようにさらに構成されている、請求項1に記載のシステム(10)。

【請求項8】

前記複数のレーザ装置は、第1のレーザ装置(1302、1316)および第2のレーザ装置(1304、1306、1308、1310、1312、1314)を備え、前記第1のレーザ装置(1302、1316)は、前記第2のレーザ装置(1304、1306、1308、1310、1312、1314)とは異なるレーザ装置を備える、請求項1に記載のシステム(10)。

【請求項9】

粉末床(20)において部品(14)を製作する方法であって、  
複数のレーザ装置(102)を含んでいるレーザアレイ(100)を前記粉末床(20)を横切って移動させるステップと、  
前記複数のレーザ装置(102)の各々のレーザ装置の出力を独立して制御するステップと、

前記複数のレーザ装置(102)のうちの複数の選択されたレーザ装置(1002、1004、1006、1008、1010、1012、1014、1016; 1102、1104、1106、1108、1110、1112、1114、1116; 1202、1204、1206、1208、1210、1212、1214、1216; 1302、1304、1306、1308、1310、1312、1314、1316)から複数のエネルギービーム(104; 204; 304)を放射し、溶融物プールを生成するステップと、  
前記複数の選択されたレーザ装置から(1002、1004、1006、1008、1010、1012、1014、1016; 1102、1104、1106、1108、1110、1112、1114、1116; 1202、1204、1206、1208、1210、1212、1214、1216; 1302、1304、1306、1308、1310、1312、1314、1316)非一様なエネルギー強度プロファイル(1000; 1100; 1200; 1300)を生成するステップと

を含んでおり、

前記非一様なエネルギー強度プロファイル(1000; 1100; 1200; 1300)は、所定の特性を有する溶融物プールの生成を容易にし、

前記非一様なエネルギー強度プロファイルは、前記溶融物プールの前記所定の特性を生成し、前記溶融物プールにおける熱損失の相違を補償するために前記レーザアレイの端部における強めの出力と前記レーザアレイの中央領域における弱めの出力とを含む、ように調整される、方法。

【請求項10】

前記レーザアレイ(100)を前記粉末床(20)を横切って移動させるステップは、前記レーザアレイ(100)の1回の掃引での前記部品(14)の層の製作を容易にするように前記部品(14)の形状によって定まる中心点を中心にして前記レーザアレイ(100)を旋回させることを含む、請求項9に記載の方法。

【請求項11】

前記複数の選択されたレーザ装置(1002、1004、1006、1008、1010、1012、1014、1016; 1102、1104、1106、1108、1110、1112、1114、1116; 1202、1204、1206、1208、1210、1212、1214、1216; 1302、1304、1306、1308、1310、1312、1314、1316)から複数のエネルギービーム(104; 204; 304)を放射するステップは、前記レーザアレイ(100)の隣接するレーザ装置のサブセットから複数のエネルギービームを放射することを含む、請求項9に記載の方法。

【請求項12】

非一様なエネルギー強度プロファイル(1000)を生成するステップは、前記隣接するレーザ装置のサブセットのうちの1対の外側レーザ装置(1002、1016)の出力を、第1の出力を生じるように制御すると同時に、

10

20

30

40

50

前記 1 対の外側レーザ装置 ( 1 0 0 2、1 0 1 6 ) の間に位置する少なくとも 1 つのレーザ装置 ( 1 0 0 4、1 0 0 6、1 0 0 8、1 0 1 0、1 0 1 2、1 0 1 4 ) の出力を、前記第 1 の出力よりも小さい第 2 の出力を生じるように制御すること

を含み、

前記非一様なエネルギー強度プロファイル ( 1 0 0 0 ) は、第 1 の外側領域と、第 2 の外側領域と、前記第 1 および第 2 の外側領域の間の中央領域とを含み、前記中央領域の出力は、前記第 1 および第 2 の外側領域と比べて小さい、請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 1 3】

非一様なエネルギー強度プロファイル ( 1 1 0 0 ) を生成するステップは、

前記隣接するレーザ装置のサブセットのうちの第 1 のレーザ装置 ( 1 1 0 2 ) の出力を、  
第 1 の出力を生じるように制御すると同時に、

10

前記隣接するレーザ装置のサブセットのうちの第 2 のレーザ装置 ( 1 1 0 4 ) の出力を、  
前記第 1 の出力よりも小さい第 2 の出力を生じるように制御し、さらに同時に、

前記隣接するレーザ装置のサブセットのうちの第 3 のレーザ装置 ( 1 1 0 6 ) の出力を、  
前記第 2 の出力よりも小さい第 3 の出力を生じるように制御すること

を含む出力勾配の生成を含む、請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 1 4】

前記複数のレーザ装置 ( 1 0 2 ) のうちの前記複数の選択されたレーザ装置 ( 1 2 0 2、  
1 2 0 4、1 2 0 6、1 2 0 8、1 2 1 0、1 2 1 2、1 2 1 4、1 2 1 6 ) から複数の  
エネルギービーム ( 1 0 4 ; 2 0 4 ; 3 0 4 ) を放射するステップは、

20

前記複数の選択されたレーザ装置の第 1 の組 ( 1 2 0 2、1 2 0 4、1 2 0 6、1 2 0 8  
、1 2 1 0、1 2 1 2、1 2 1 4、1 2 1 6 ) から、前記レーザアレイ ( 1 0 0 ) の第 1  
の位置における前記部品 ( 1 4 ) の第 1 のビルドパラメータに対応する第 1 のエネルギー強  
度プロファイル ( 1 2 1 8 ) を有する複数のエネルギービームを放射することと、

前記複数の選択されたレーザ装置の第 2 の組 ( 1 2 0 6、1 2 0 8、1 2 1 0、1 2 1 2  
 ) から、前記レーザアレイ ( 1 0 0 ) の第 2 の位置における前記部品 ( 1 4 ) の第 2 のビ  
ルドパラメータに対応する第 2 のエネルギー強度プロファイル ( 1 2 2 0 ) を有する複数の  
エネルギービームを放射することと

を含む、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 1 5】

30

非一様なエネルギー強度プロファイル ( 1 3 0 0 ) を生成するステップは、前記レーザア  
レイ ( 1 0 0 ) の第 1 のレーザ装置 ( 1 3 0 2、1 3 1 6 ) の出力と前記レーザアレイ ( 1  
0 0 ) の第 2 のレーザ装置 ( 1 3 0 4、1 3 0 6、1 3 0 8、1 3 1 0、1 3 1 2、1 3  
1 4 ) の出力とを独立して制御することを含み、前記第 1 のレーザ装置 ( 1 3 0 2、1 3  
1 6 ) と前記第 2 のレーザ装置 ( 1 3 0 4、1 3 0 6、1 3 0 8、1 3 1 0、1 3 1 2、  
1 3 1 4 ) とは、異なる装置を含む、請求項 9 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本明細書において開示される主題は、広くには、付加製造 ( a d d i t i v e m a n u  
f a c t u r i n g ) システムに関し、より詳細には、非一様なエネルギー強度プロファイ  
ルを有するレーザアレイを使用して部品を製作するための方法およびシステムに関する。

40

【背景技術】

【0002】

少なくともいくつかの付加製造システムは、最終的またはほぼ最終的な形状の部品を製作  
するために金属部材を重ねることを含む。この方法は、複雑な部品を、高価な材料から、  
低いコストおよび高い製造効率にて生み出すことができる。直接金属レーザ溶融 ( D i r  
e c t M e t a l L a s e r M e l t i n g ) システムなどの少なくともいくつかの  
既知の付加製造システムは、高価な高出力のレーザ装置および粉末状の金属などの粉末材  
料を使用して部品を製作する。いくつかの既知の付加製造システムにおいては、溶融物ブ

50

ール (melt pool) においてレーザー装置によって金属粉末へと伝えられる熱が過剰となり、さらにはノあるいはばらつくことで、例えば深さおよびサイズのばらつきを含む溶融物プールが生じ、部品の品質が低下する可能性がある。

【0003】

いくつかの既知の付加製造システムにおいては、粉末状の金属と部品の周囲の固体材料との間の伝導性の熱伝達のばらつきゆえに、部品の品質が低下する。結果として、レーザー装置によって生成される溶融物プールが、例えば深くかつ大きくなりすぎて、溶融物プールが粉末床へとより深く浸透し、追加の粉末を溶融物プールへと引き込む結果となる。溶融物プールの深さおよびサイズが大きくなると、一般に、部品の表面の仕上げが悪化し得る。さらに、いくつかの既知の付加製造システムにおいては、表面下の構造物および金属粉末の熱伝導度の変動性に起因する溶融物プールのばらつきゆえに、部品の寸法精度および小さな造作の分解能が低下する可能性がある。溶融物プールのサイズが変化すると、印刷による構造物の精度が、特に造作の縁において変動する可能性がある。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】米国特許出願公開第2016/0158889号明細書

【発明の概要】

【0005】

一態様においては、粉末床において部品を製作する方法が提供される。本方法は、粉末床を横切ってレーザーアレイを移動させることを含む。レーザーアレイは、複数のレーザー装置を含む。さらに、本方法は、複数のレーザー装置の各々のレーザー装置の出力を独立して制御することを含む。さらに、本方法は、複数のレーザー装置のうちの複数の選択されたレーザー装置から複数のエネルギービームを放射して溶融物プールを生成することを含む。さらに、本方法は、複数の選択されたレーザー装置から非一様なエネルギー強度プロファイルを生成することを含む。非一様なエネルギー強度プロファイルは、所定の特性を有する溶融物プールの生成を容易にする。

20

【0006】

別の態様においては、付加製造システムが提供される。付加製造システムは、複数のレーザー装置を有するレーザーアレイを含み、各々のレーザー装置は、粉末状の材料の層内に溶融物プールを生成するように構成される。さらに、付加製造システムは、粉末状の材料の層を横切ってレーザーアレイを移動させるように構成されたアクチュエータシステムを含む。さらに、付加製造システムは、各々のレーザー装置の出力を独立して制御する制御信号を生成するように構成されたコントローラを含む。さらに、コントローラは、複数の選択されたレーザー装置から複数のエネルギービームを放射して溶融物プールを生成するために、制御信号を各々のレーザー装置へと送信する。さらに、コントローラは、複数の選択されたレーザー装置から非一様なエネルギー強度プロファイルを生成するように構成される。非一様なエネルギー強度プロファイルは、所定の特性を有する溶融物プールの生成を容易にする。

30

【0007】

本開示のこれらの、ならびに他の特徴、態様および利点は、添付の図面を参照しつつ以下の詳細な説明を読めば、よりよく理解されよう。添付の図面では、図面の全体にわたって、類似する符号は類似する部分を表す。

40

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】付加製造システムの概略図である。

【図2】図1の付加製造システムのレーザーアレイによる使用のために用いられる結合光学系の概略図である。

【図3】粉末床を見下ろす図1の付加製造システムの概略図である。

【図4】図1に示した付加製造システムを動作させるために使用されるコントローラのブロック図である。

50

【図5】図1に示した付加製造システムにおいて使用するための典型的なレーザアレイの概略図である。

【図6】図1に示した付加製造システムにおいて使用するための代案のレーザアレイの概略図である。

【図7】図1に示した付加製造システムにおいて使用するための別の代案のレーザアレイの概略図である。

【図8】図5～図7に示したレーザアレイにおいて使用するための光ファイバの構造の概略図である。

【図9】図5～図7に示したレーザアレイにおいて使用するための光ファイバのアレイ配置の概略図である。

10

【図10】図5～図7に示したレーザアレイにおいて使用するための光ファイバの行オフセットアレイ配置の概略図である。

【図11】図1に示した付加製造システムのレーザアレイによって放射される非一様なエネルギー強度プロファイルの概略図である。

【図12】図1に示した付加製造システムのレーザアレイによって放射される代案の非一様なエネルギー強度プロファイルの概略図である。

【図13】図1に示した付加製造システムのレーザアレイによって放射される出力の切り替え方法の概略図である。

【図14】図1に示した付加製造システムのレーザアレイによって放射される非一様なエネルギー強度プロファイルの概略図である。

20

【発明を実施するための形態】

【0009】

特に明記しない限り、本明細書において提供される図面は、本開示の実施形態の特徴を示すものである。これらの特徴は、本開示の1つまたは複数の実施形態を含む多種多様なシステムで適用できると考えられる。したがって、図面は、本明細書に開示される実施形態の実施のために必要とされる当業者に知られているすべての従来の特徴を含むわけではない。

【0010】

以下の明細書および特許請求の範囲において、いくつかの用語に言及するが、それらは以下の意味を有すると規定する。

30

【0011】

単数形「1つの(a、an)」、および「この(the)」は、文脈上明らかに指示する場合を除き、複数形を含む。

【0012】

「任意の」または「任意に」は、後で述べられる事象または状況が、起こる場合も起こらない場合もあることを意味し、この記述は、その事象が起こる事例と、起こらない事例とを含む。

【0013】

本明細書および特許請求の範囲を通してここで使用される、概略を表す言葉(Approximating language)は、関連する基本的機能に変化をもたらすことなく、差し支えない程度に変動できる任意の量的表現を修飾するために適用することができる。したがって、「およそ(about)」、「約(approximately)」、および「実質的に(substantially)」などの用語で修飾された値は、明記された厳密な値に限定されるものではない。少なくともいくつかの例では、近似する文言は、値を測定するための機器の精度に対応することができる。ここでならびに本明細書および特許請求の範囲の全体を通して、範囲の制限は、組み合わせるかかつ/または置き換えることができ、このような範囲は、文脈または文言で特に示されない限り、識別され、その中に含まれるすべての副範囲を含む。

40

【0014】

さらにまた、本明細書で用いられる「リアルタイム」という用語は、関連する事象が発生

50

するとき、所定のデータを測定および収集するとき、データを処理するとき、ならびに事象および環境に対するシステム応答のときのうちの少なくとも1つを意味する。本明細書に記載する実施形態では、これらの動作および事象は、実質的に同時に起こる。

#### 【0015】

本明細書で用いられる「プロセッサ」および「コンピュータ」という用語および関連する用語、例えば「処理装置」、「コンピューティング装置」、および「コントローラ」は、従来技術においてコンピュータと呼ばれているそれらの集積回路に限定されず、広く、マイクロコントローラ、マイクロコンピュータ、プログラマブル論理コントローラ（PLC）、特定用途向け集積回路、およびその他のプログラム可能な回路を意味し、これらの用語は、本明細書において互換的に用いられる。本明細書で説明する実施形態では、メモリは、以下に限らないが、ランダムアクセスメモリ（RAM）などのコンピュータ可読媒体、およびフラッシュメモリなどのコンピュータ可読不揮発性媒体を含むことができる。あるいは、フロッピーディスク、コンパクトディスク読み出し専用メモリ（CD-ROM）、光磁気ディスク（MOD）、および/またはデジタル多用途ディスク（DVD）もまた、使用することができる。また、本明細書で説明する実施形態では、追加の入力チャンネルは、以下に限定されないが、マウスおよびキーボードなどのオペレータインターフェースに関するコンピュータ周辺機器であってもよい。あるいは、例えば、これに限定されないが、スキャナを含むことができる他のコンピュータ周辺装置も使用することができる。さらに、典型的な実施形態では、追加の出力チャンネルは、これに限定されないが、オペレータインターフェースモニタを含むことができる。

#### 【0016】

本明細書に記載のシステムおよび方法は、アレイに配置された個々のレーザの独立した制御を容易にすることで、おおむね平坦な溶融物プールのプロファイルの生成を容易にすべくレーザアレイの一部分において所望または所定の非一様なエネルギー強度プロファイルを生成する。具体的には、個別に制御することができるレーザのアレイを含む付加製造システムが説明され、部品の付加的な製造のために広い領域を処理するために使用可能である。制御システムが、アレイ内の各々のレーザの出力を個別に調節することで、部品の製造時に形成され、部品の品質に直接関係する溶融物プールの特有の特性およびプロファイルの生成を容易にする。非一様なエネルギー強度プロファイルは、異なる熱損失率への対処を容易にし、おおむね一貫した溶融物プールのプロファイルを生成するために使用される。例えば、制御システムは、アレイ内の各々のレーザの出力を個別に調整して、部品の形状に応じて溶融物プールの特性を動的に変更する。例えば、アレイにおいてエネルギービームを放射する個々のレーザの数を制御することによって、溶融物プールの幅を変えることができ、レーザの出力プロファイルを変えることによって、溶融物プールの深さを調整することができる。

#### 【0017】

動作中、付加製造システムの制御は、三次元（3D）コンピュータモデルからのビルドパラメータを使用して部品を製作することを含む。付加製造装置のレーザアレイのレーザは、粉末状の金属を加熱して溶融物プールを形成する。付加製造装置に接続されたコントローラが、レーザアレイの出力、したがって得られる溶融物プールを、粉末状の金属において所定の経路に沿って案内するように、レーザアレイおよび/または粉末床の動作を制御する。レーザアレイが所定の経路を移動するにつれて、溶融物プールが冷え、硬化した金属の構造体を形成する。一実施形態において、レーザアレイの各々のレーザ装置は、出力の量を調整するように構成された独立した制御信号を受信する。独立した制御信号は、レーザアレイがビルドプラットフォームを横切って移動するにつれて、すなわち各々のレーザ装置の絶対位置に基づいて、個々のレーザの出力を制御するように変化する。非一様なエネルギー強度プロファイルを、例えば、一貫した溶融深さおよび/またはサイズなどの所望の溶融物プールの特性を生成するように調整することができる。例えば、これに限られるわけではないが、非一様なエネルギー強度プロファイルを、溶融物プールにおける熱損失の相違を補償するために、レーザアレイの端部における強めの出力と、レーザアレイの中

10

20

30

40

50

央領域における弱めの出力とを含むように調整することができる。非一様なエネルギー強度プロファイルを、レーザーレイにおける中央のレーザーをオンまたはオフにすることによって調整することができる。別の実施形態において、旋回時または他の複雑な形状を製作するときのレーザーの速度の差を補償するために、レーザーレイに出力勾配を適用することができる。加えて、いくつかの実施形態において、レーザーレイは、所望の非一様なエネルギー強度プロファイルの生成を容易にするために、出力、スポットサイズ、および/または波長が異なる種々のレーザー装置を含む。

#### 【0018】

図1は、典型的な付加製造システム10の概略図である。図2は、付加製造システム10のレーザーレイ12によって使用される結合光学系の概略図である。図3は、粉末床20を見下ろす付加製造システム10の概略図である。典型的な実施形態において、付加製造システム10は、粉末床20上での層毎の製造プロセスによって部品14を製作するためのレーザーレイ12を含む。レーザーレイ12は、複数のレーザー装置、すなわちエミッタ102を含み、その各々が、エネルギービーム22によって粉末状の材料中に溶融物プールを生成するように構成された高強度熱源をもたらす。レーザーレイ12は、マウントシステム18に結合させられている。さらに、付加製造システム10は、コンピュータ制御システムまたはコントローラ16を含む。マウントシステム18は、図1に示されるように、レーザーレイ12の1回の掃引(すなわち、レーザーレイ12の走査を必要としない)での部品14の層の製作を容易にするために、例えばXY平面内でマウントシステム18を移動させるように構成されたアクチュエータまたはアクチュエータシステム24によって移動させられる。例えば、これに限られるわけではないが、レーザーレイ12は、直線経路および/または曲線経路にて移動させられ、さらには/あるいは回転させられる。さらに、レーザーレイ12の向きは、部品14の向き、付加製造システム10の向き、および/または走査の方向に対して様々であってよい。図2に示されるように、1つの特定の典型的な実施形態において、レーザーレイ12は、例えば、これに限られるわけではないが、実質的に円形の薄い壁を有する部品14を生成すべく粉末床20上の粉末の円形部分をカバーするように、部品14の形状によって定められる中心点36を中心にして回転させられる。あるいは、レーザーレイ12は、付加製造システム10を本明細書に記載のとおり機能させることを可能にする任意の向きにて移動させられる。例えば、部品14の中心点を、粉末床20の外に定めることができ、マウントシステム18が、そのような粉末床から外れた中心点を中心にして回転するようにレーザーレイ12を回転させることができる。

#### 【0019】

アクチュエータシステム24は、コントローラ16によって制御され、例えば、これに限られるわけではないが、直線経路および/または回転経路など、粉末床20を巡る所定の経路に沿ってレーザーレイ12を移動させる。あるいは、レーザーレイ12は静止しており、エネルギービーム22が、例えば、これらに限られるわけではないが、2次元(2D)走査ガルバノメータ、3次元(3D)走査ガルバノメータ、ダイナミックフォーカスガルバノメータ、および/またはレーザーレイ12のエネルギービーム22を偏向させるために使用され得る任意の他のガルバノメータシステムなど、1つ以上のガルバノメータ(図示せず)によって、所定の経路に沿って移動させられる。

#### 【0020】

典型的な実施形態において、粉末床20は、アクチュエータシステム24によって移動させられる支持構造体26に取り付けられる。マウントシステム18に関して上述したように、アクチュエータシステム24は、支持構造体26をZ方向(すなわち、粉末床20の上面に垂直)に移動させるようにも構成される。いくつかの実施形態においては、アクチュエータシステム24を、支持構造体26をXY平面内で移動させるように構成することもできる。例えば、これに限られるわけではないが、レーザーレイ12が静止している代案の実施形態において、アクチュエータシステム24は、支持構造体26をXY平面内で移動させることで、レーザーレイ12のエネルギービーム22を粉末床20を巡る所定の経

10

20

30

40

50

路に沿って案内する。典型的な実施形態において、アクチュエータシステム 24 は、例えば、これらに限られるわけではないが、リニアモータ、油圧および/または空気圧ピストン、スクリュウ駆動機構、および/またはコンベアシステムを含む。

#### 【0021】

光ファイバ 28 のアレイ (すなわち、光ファイバ 28 の自由端 30)、または光ファイバ 28 のバンドル 34 と、粉末床 20 上の粉末の最上層との間に画定される高さ「H」は、レーザアレイ 12、すなわち光ファイバアレイ 28 において使用されるアレイ光学系 40 の焦点距離によって定められる。高さ「H」は、部品 14 の最上層 32 を製作するために、粉末床 20 上の粉末の最上層へのエネルギービーム 22 の集束を容易にするように予め定められる。粉末床 20 は、部品 14 の層が形成された後に、粉末の新たな層の適用を容易にするために、支持構造体 26 を Z 方向に移動させることによって制御される。高さ「H」は、例えば、これに限られるわけではないが、光ファイバ 28 によって放射されるレーザエネルギービーム 22 を集束させるために使用されるアレイ光学系 40 に依存する。

10

#### 【0022】

典型的な実施形態において、付加製造システム 10 は、部品 14 の 3D 形状の電子表現から部品 14 を製作するように動作させられる。電子表現は、コンピュータ支援設計 (CAD) または同様のファイルにて生成することができる。部品 14 の CAD ファイルは、例えば部品 14 の最上層 32 など、部品 14 の各層についての複数のビルドパラメータを含む層毎のフォーマットに変換される。典型的な実施形態において、部品 14 は、付加製造システム 10 で使用される座標系の原点に対して所望の向きに電子的に配置される。部品 14 の形状が、所望の厚さの層の積み重ねへとスライスされ、各層の形状は、その特定の層の場所における部品 14 の断面の輪郭である。1つ以上の「ツールパス」が、それぞれの層の形状を横切って生成される。ビルドパラメータが、部品 14 の製作に使用される材料から部品 14 の該当の層を製作するためにツールパスに沿って適用される。これらのステップが、部品 14 の形状のそれぞれの層について繰り返される。ひとたびプロセスが完了すると、すべての層を含む (1つ以上の) 電子コンピュータビルドファイルが生成される。ビルドファイルは、付加製造システム 10 のコントローラ 16 へとロードされ、各層の製作時にシステムを制御する。

20

#### 【0023】

ビルドファイルがコントローラ 16 へとロードされた後に、付加製造システム 10 は、直接金属レーザ溶融法などの層毎の製造プロセスを実施することによって部品 14 を生成するように動作させられる。典型的な層毎の付加製造プロセスは、最終的な部品の前駆体として既存の物品を使用することがなく、むしろ、このプロセスは、粉末などの立体化可能 (configurable) な形態の原材料から部品 14 を製作する。例えば、これに限られるわけではないが、鋼製の部品を、鋼の粉末を用いて付加的に製造することができる。付加製造システム 10 は、例えば、これに限られるわけではないが金属、セラミック、ガラス、およびポリマー、などの広範囲の材料を用いた部品 14 などの部品の製作を可能にする。

30

#### 【0024】

図 4 は、(図 1 に示した) 付加製造システム 10 を動作させるために使用されるコントローラ 16 のブロック図である。典型的な実施形態において、コントローラ 16 は、付加製造システム 10 の動作を制御するために付加製造システム 10 の製造者によって典型的に提供される任意の種類のコントローラの 1 つである。コントローラ 16 は、人間のオペレータからの指示に少なくとも部分的に基づいて、付加製造システム 10 の動作を制御する動作を実行する。コントローラ 16 は、例えば、付加製造システム 10 によって製作される部品 14 の 3D モデルを含む。コントローラ 16 によって実行される動作として、レーザアレイ 12 内の各々のレーザ装置の出力を制御すること、ならびに/あるいは付加製造システム 10 内のレーザアレイ 12 の走査速度を制御するためにアクチュエータシステム 24 を介してマウントシステム 18 および/または支持構造体 26 を調節することが挙げられる。

40

50

## 【 0 0 2 5 】

典型的な実施形態において、コントローラ 1 6 は、メモリデバイス 6 0 と、メモリデバイス 6 0 に接続されたプロセッサ 6 2 とを含む。プロセッサ 6 2 は、これに限られるわけではないが、マルチコア構成などの 1 つ以上の処理装置を含むことができる。プロセッサ 6 2 は、本明細書に記載のとおりコントローラ 1 6 の動作を可能にする任意の種類のプロセッサである。いくつかの実施形態においては、実行可能命令が、メモリデバイス 6 0 に格納される。コントローラ 1 6 は、プロセッサ 6 2 をプログラムすることによって、本明細書に記載の 1 つ以上の動作を実行するように構成可能である。例えば、プロセッサ 6 2 を、動作を 1 つ以上の実行可能命令として符号化し、実行可能命令をメモリデバイス 6 0 に用意することによって、プログラムすることができる。典型的な実施形態において、メモリデバイス 6 0 は、実行可能命令または他のデータなどの情報の格納および取り出しを可能にする 1 つ以上のデバイスである。メモリデバイス 6 0 は、これに限られるわけではないが、ランダムアクセスメモリ (RAM)、ダイナミック RAM、スタティック RAM、ソリッドステートディスク、ハードディスク、読み出し専用メモリ (ROM)、消去可能なプログラマブル ROM、電氣的に消去可能なプログラマブル ROM、または不揮発性 RAM メモリなど、1 つ以上のコンピュータにとって読み取り可能な媒体を含むことができる。上記のメモリの種類は、あくまでも例示にすぎず、したがってコンピュータプログラムの格納に使用することができるメモリの種類を限定するものではない。

10

## 【 0 0 2 6 】

メモリデバイス 6 0 を、これに限られるわけではないが部品 1 4 に関するビルドパラメータなど、任意の種類のデータを格納するように構成することができる。いくつかの実施形態において、プロセッサ 6 2 は、データの経過時間に基づいてメモリデバイス 6 0 からデータを除去または「ページ」する。例えば、プロセッサ 6 2 は、後の時点または事象に関連する以前に記録および格納されたデータを上書きすることができる。これに加え、あるいはこれに代えて、プロセッサ 6 2 は、所定の時間間隔を超えるデータを除去することができる。さらに、メモリデバイス 6 0 は、これに限られるわけではないが、付加製造システム 1 0 によって製作されている部品 1 4 のビルドパラメータおよび形状の状態の監視を容易にするための十分なデータ、アルゴリズム、およびコマンドを含む。

20

## 【 0 0 2 7 】

いくつかの実施形態において、コントローラ 1 6 は、プロセッサ 6 2 に接続された提示インターフェース 6 4 を含む。提示インターフェース 6 4 は、付加製造システム 1 0 の動作の状態などの情報をユーザ 6 6 に提示する。一実施形態において、提示インターフェース 6 4 は、陰極線管 (CRT)、液晶ディスプレイ (LCD)、有機 LED (OLED) ディ스플레이、または「電子インク」ディスプレイなどのディスプレイデバイス (図示せず) に接続されたディスプレイアダプタ (図示せず) を含む。いくつかの実施形態において、提示インターフェース 6 4 は、1 つ以上の表示デバイスを含む。これに加え、あるいはこれに代えて、提示インターフェース 6 4 は、これに限られるわけではないがオーディオアダプタまたはスピーカ (図示せず) など、オーディオ出力デバイス (図示せず) を含む。

30

## 【 0 0 2 8 】

いくつかの実施形態において、コントローラ 1 6 は、ユーザ入力インターフェース 6 8 を含む。典型的な実施形態において、ユーザ入力インターフェース 6 8 は、プロセッサ 6 2 に接続され、ユーザ 6 6 から入力を受け取る。ユーザ入力インターフェース 6 8 は、例えば、これらに限られるわけではないが、キーボード、ポインティングデバイス、マウス、スタイラス、これらに限られるわけではないがタッチパッドまたはタッチスクリーンなどの接触感知パネル、ならびに / あるいはこれに限られるわけではないがマイクロフォンなどのオーディオ入力インターフェースを含むことができる。タッチスクリーンなどの単一の構成要素が、提示インターフェース 6 4 の表示デバイスおよびユーザ入力インターフェース 6 8 の両方として機能してもよい。

40

## 【 0 0 2 9 】

典型的な実施形態においては、通信インターフェース 7 0 が、プロセッサ 6 2 に接続され

50

、レーザアレイ 1 2 などの 1 つ以上の他のデバイスに通信可能に接続され、入力チャネルとして機能してそのようなデバイスに関する入力および出力動作を実行するように構成される。例えば、通信インターフェース 7 0 は、これらに限られるわけではないが、有線ネットワークアダプタ、無線ネットワークアダプタ、移動体通信アダプタ、シリアル通信アダプタ、またはパラレル通信アダプタを含むことができる。通信インターフェース 7 0 は、1 つ以上の遠方の装置からデータ信号を受信することができ、あるいは 1 つ以上の遠方の装置へとデータ信号を送信することができる。例えば、いくつかの実施形態において、コントローラ 1 6 の通信インターフェース 7 0 は、アクチュエータシステム 2 4 との間でデータ信号を送信 / 受信することができる。

#### 【 0 0 3 0 】

提示インターフェース 6 4 および通信インターフェース 7 0 の両者は、ユーザ 6 6 またはプロセッサ 6 2 への情報の提供など、本明細書に記載の方法における使用に適した情報を提供することができる。したがって、提示インターフェース 6 4 および通信インターフェース 7 0 を、出力デバイスと呼ぶことができる。同様に、ユーザ入力インターフェース 6 8 および通信インターフェース 7 0 は、本明細書に記載の方法における使用に適した情報を受信することができ、したがって入力デバイスと呼ぶことができる。

#### 【 0 0 3 1 】

図 5 は、( 図 1 に示した ) 付加製造システム 1 0 において使用するための典型的なレーザアレイ 1 0 0 の概略図である。典型的な実施形態において、レーザアレイ 1 0 0 は、複数のレーザ装置 1 0 2 を含み、その各々が、粉末状の材料中に熔融物プールを生成するように構成された高強度熱源をもたらす。各々のレーザ装置 1 0 2 は、レーザエネルギーのエネルギービーム 1 0 4 を放射するように構成される。さらに、レーザアレイ 1 0 0 は、レーザ装置 1 0 2 と複数の光ファイバ 1 0 8 との間に配置された複数のレンズ 1 0 6 を含む。レンズ 1 0 6 は、それぞれのレーザ装置 1 0 2 によって放射されたエネルギービーム 1 0 4 をそれぞれの光ファイバ 1 0 8 に結合させるように構成される。典型的な実施形態において、光ファイバ 1 0 8 は、レーザ装置 1 0 2 と光ファイバ 1 0 8 の自由端 1 1 2 との間のバンドル 1 1 0 に設けられる。別の実施形態において、レーザアレイ 1 0 0 は、本明細書において論じられるように、レンズ 1 0 6 などの結合光学系を使用しないレーザ装置を含む。

#### 【 0 0 3 2 】

さらに、レーザアレイ 1 0 0 は、本明細書において論じられるように、アレイ光学系 4 0 を含む。典型的な実施形態において、アレイ光学系 4 0 は、レーザアレイ 1 0 0 の各々のレーザ装置 1 0 2 によって共有されるように構成された 1 対のダブレット ( d o u b l e t ) 4 2 , 4 4 を含み、特にアクロマート ( a c h r o m a t i c ) ダブレットを含む。アレイ光学系 4 0 は、例えば粉末床 2 0 上での部品 1 4 の製作を容易にするようにエネルギービーム 1 0 4 の集束および操作を行うように構成される。

#### 【 0 0 3 3 】

図 6 は、( 図 1 に示した ) 付加製造システム 1 0 において使用するための代案のレーザアレイ 2 0 0 の概略図である。典型的な実施形態において、レーザアレイ 2 0 0 は、光ファイバ 1 0 8 に自由端 1 1 2 において光学的に結合した複数のレンズ 2 0 2 を含む。レンズ 2 0 2 は、光ファイバ 1 0 8 から放射される平行なエネルギービーム 2 0 4 を生成するように構成される。あるいは、光ファイバ 1 0 8 の自由端 1 1 2 が、平行なエネルギービーム 2 0 4 をもたらすように成形される。さらに、レーザアレイ 2 0 0 は、光ファイバ 1 0 8 に光学的に結合したアレイ光学系 4 0 ( 図 5 に示されている ) を含む。本明細書において論じられるように、アレイ光学系 4 0 は、例えば粉末床 2 0 上での部品 1 4 の製作を容易にするように平行なエネルギービーム 2 0 4 の集束および操作を行うように構成される。

#### 【 0 0 3 4 】

図 7 は、( 図 1 に示した ) 付加製造システム 1 0 において使用するための別の代案のレーザアレイ 3 0 0 の概略図である。典型的な実施形態において、各々のレーザ装置 1 0 2 は、エネルギービーム 1 0 4 を放射するように構成される。それぞれのレーザ装置 1 0 2 によって放射されたエネルギービーム 1 0 4 は、それぞれのレーザ装置に近接して配置されたそ

10

20

30

40

50

それぞれの光ファイバ108によって直接受け取られる。光ファイバ108は、それぞれの自由端112に光学的に結合したレンズ302を含む。レンズ302は、光ファイバ108から放射される発散エネルギービーム304を生成するように構成される。レンズ302は、エネルギービーム304の所定量の発散を生じるように成形される。あるいは、光ファイバ108の自由端112が、発散エネルギービーム304をもたらすように成形される。レーザアレイ100および200に関して上述したように、レーザアレイ300は、光ファイバ108に光学的に結合したアレイ光学系40(図5に示されている)をさらに含む。アレイ光学系40は、例えば粉末床20上での部品14の製作を容易にするように発散エネルギービーム304の集束および操作を行うように構成される。

#### 【0035】

図8は、(図5~図7に示した)レーザアレイ100、200、および300において使用するための光ファイバ108の構造の概略図である。典型的な実施形態において、光ファイバ108のピッチまたは相対的な中心位置は、光ファイバ108の直径「D」に部分的に基づいて決定される。光ファイバ108は、例えば、これに限られるわけではないが、ガラスまたはプラスチックなどの実質的に透明な材料から製作されたコア114を有するマルチモードファイバである。コア114は、約50マイクロメートル( $\mu\text{m}$ )(0.002インチ(in))~約150 $\mu\text{m}$ (0.006in)の範囲の直径を有する。さらに、光ファイバ108は、コア114を取り囲むクラッド層116を含み、クラッド層116は、例えば、これに限られるわけではないが、ガラスまたはプラスチックなどの実質的に透明な材料から製作される。クラッド層116は、約5 $\mu\text{m}$ (0.0002in)~約30 $\mu\text{m}$ (0.001in)の範囲の層厚さを有する。コア114の屈折率は、当業者にとって周知のとおり、或る開口数を生み、光ファイバ108における全反射をもたらすために、クラッド層116の屈折率よりも大きい。例えば、これに限られるわけではないが、一実施形態において、コア114は約1.45の屈折率を有し、クラッド層116は約1.43の屈折率を有する。あるいは、コア114およびクラッド層116は、光ファイバ108が本明細書に記載のとおり機能することを可能にする任意の屈折率値を有することができる。典型的な実施形態において、光ファイバ108は、クラッド層116を取り囲むバッファ層またはコーティング層118をさらに含む。コーティング層118は、例えばアクリレートまたはポリイミドなどのポリマーから製作される。あるいは、コーティング層118は、光ファイバ108が本明細書に記載のとおり機能することを可能にする任意の材料から製作される。典型的な実施形態において、コーティング層118の直径「D」は、約200 $\mu\text{m}$ (0.008in)~約260 $\mu\text{m}$ (0.010in)の範囲にある。

#### 【0036】

典型的な実施形態において、光ファイバ108は、実質的に円形の断面形状を有する。あるいは、光ファイバ108は、付加製造システム10が本明細書に記載のとおり機能することを可能にする任意の断面形状を有することができる。例えば、これに限られるわけではないが、光ファイバ108は、ファイバ充填密度の向上を容易にするために、おおむね正方形または六角形の断面形状を有することができる。

#### 【0037】

図9は、(図5~図7に示した)レーザアレイ100、200、および300において使用するための光ファイバ108のアレイ配置900の概略図である。典型的な実施形態においては、複数の光ファイバ108が、 $M \times N$ のアレイ配置900に配置され、ここでMは、光ファイバ108の列の数を表し、Nは、光ファイバ108の行の数を表す。アレイ配置900は、2つの行Nおよび8つの列Mを含む。あるいは、アレイ配置900は、付加製造システム10が本明細書に記載のとおり機能することを可能にする光ファイバ108の任意の数の列および行を有することができる。さらに、アレイ配置900は、おおむね直線状のアレイとして示されているが、いくつかの実施形態において、アレイ配置900は、例えば、これに限られるわけではないが、曲線状のアレイおよび/またはレーザアレイ12が本明細書に記載のとおり機能することを可能にする任意の形状を有するア

10

20

30

40

50

レイなど、直線状のアレイ以外であってよいと考えられる。典型的な実施形態において、行Nは、中心線902および904によって示されるように、後続の各々の行が先行の行に整列するように配置される。中心線902および904の間に定められる距離906が、アレイ配置900における光ファイバ108のピッチである。

#### 【0038】

図10は、(図5～図7に示した)レーザアレイ100、200、および300において使用するための光ファイバ108の行オフセットアレイ配置950の概略図である。典型的な実施形態においては、複数の光ファイバ108が、 $M \times N$ の行オフセットアレイ配置950に配置され、ここでMは、光ファイバ108の列の数を表し、Nは、光ファイバ108の行の数を表す。行オフセットアレイ配置950は、2つの行Nおよび16個の列Mを含む。あるいは、行オフセットアレイ配置950は、付加製造システム10が本明細書に記載のとおり機能することを可能にする光ファイバ108の任意の数の列および行を有することができる。さらに、アレイ配置950は、おおむね直線状のアレイとして示されているが、いくつかの実施形態において、アレイ配置950は、例えば、これに限られるわけではないが、曲線状のアレイおよび/またはレーザアレイ12が本明細書に記載のとおり機能することを可能にする任意の形状を有するアレイなど、直線状のアレイ以外であってよいと考えられる。典型的な実施形態において、中心線952および954の間に定められる距離956が、行オフセットアレイ配置950のそれぞれの行Nにおける光ファイバ108のピッチである。行Nは、中心線952、954、および958によって示されるように、後続の各々の行が先行の行からピッチ956の半分だけオフセットされるように配置される。中心線952および958の間に定められる距離960は、行オフセットアレイ配置950における光ファイバ108の全体的なピッチである。

#### 【0039】

図1～図10を参照すると、典型的な実施形態において、コントローラ16は、複数の選択されたレーザ装置102、すなわちレーザアレイ12の複数のレーザ装置102のうちの1つ以上を作動させる。部品14を生成するために、複数の選択されたレーザ装置102が、粉末床20内に熔融物プールを生成すべく動作させられる。特に、コントローラ16は、例えば、これに限られるわけではないが、粉末床20を横切って移動するときには各々のレーザ装置102の絶対位置を使用して各々のレーザ装置102の出力を変化させることにより、各々のレーザ装置102の動作を個別に制御する。典型的な実施形態において、各々のレーザ装置102は、例えば、これらに限られるわけではないが、ダイオード励起イッテルビウムドープファイバレーザ、ファイバ結合レーザダイオード、ネオジウムドープイットリウムアルミニウムガーネット(Nd:YAG)励起レーザ、またはファイバアレイ12が本明細書に記載のとおり機能することを可能にする任意の他のレーザなど、連続、変調、またはパルス波レーザのうちの1つである。レーザ装置102の出力は、例えば、パルス波レーザなどにおいてレーザ装置102のパルス幅および/またはパルス持続時間を調整することによって調整することができる。加えて、制御信号38(または、広義には駆動電流)を、連続波レーザの出力および/または平均出力を制御するために増加させ、減少させ、さらには/あるいは変調することができる。

#### 【0040】

図11は、レーザアレイ12によって放射される非一様なエネルギー強度プロファイル1000の概略図である。典型的な実施形態において、レーザアレイ12は、8つの隣接するレーザ装置102を含み、特に直線状に配置されたレーザ装置1002, 1004, 1006, 1008, 1010, 1012, 1014, 1016を含む。いくつかの実施形態において、レーザアレイ12は、レーザアレイ12が本明細書に記載のとおり機能することを可能にする任意の数のレーザ装置102を含む。さらに、いくつかの実施形態において、図11に示されるレーザ装置1002, 1004, 1006, 1008, 1010, 1012, 1014, 1016は、レーザアレイ12の隣接するレーザ装置102のうちの選択されたサブセットである。すなわち、1つ以上の追加のレーザ装置102が、レーザ装置1002, 1004, 1006, 1008, 1010, 1012, 1014, 1

10

20

30

40

50

016の周囲に、例えば直線状の配置の続きにて配置される。

#### 【0041】

典型的な実施形態において、コントローラ16（図1に示されている）は、粉末床20を横切って移動するときの各々のレーザ装置102の絶対位置に基づき、非一様な出力強度プロファイル1000を制御するために、各々の個別のレーザ装置1002, 1004, 1006, 1008, 1010, 1012, 1014, 1016への制御信号38を同時に調整または制御する。典型的な実施形態においては、外縁のレーザ装置1002および1016が、それらの間に位置するレーザ装置1004, 1006, 1008, 1010, 1012, 1014よりも多くのエネルギーを出力するようにコントローラ16によって駆動される。同様に、レーザ装置1004および1014は、それらの間に位置するレーザ装置1006, 1008, 1010, および1012よりも多くのエネルギーを出力するようにコントローラ16によって駆動される。レーザ装置1006および1012は、レーザアレイ12において最も少量のエネルギーを出力するように駆動されるレーザ装置1008および1010よりも多くのエネルギーを出力するようにコントローラ16によって駆動される。非一様なエネルギー強度プロファイル1000によって示されるように、レーザアレイ12における出力の量は、レーザアレイ12の側方における出力ゼロからレーザ装置1002に対応するピーク量まで増加するように変化する。次いで、出力の量は、非一様なエネルギー強度プロファイル1000がレーザ装置1004, 1006, および1008を横切って移動するにつれて減少する。レーザ装置1008および1010の間の地点において、非一様なエネルギー強度プロファイル1000の出力は、レーザ装置1010, 1012, 1014, および1016を横切って移動するにつれて増加し始める。非一様なエネルギー強度プロファイル1000は、レーザアレイ12の縁において出力ゼロに低下する。このように、非一様なエネルギー強度プロファイル1000は、粉末床20上の粉末の過剰な加熱の軽減ならびにおおむね平坦な深さプロファイルなどの溶融物プールの特性の生成を容易にするために、出力が小さい中央領域1024と比べて出力が大きい1対の外側領域1020, 1022をもたらし、非一様なエネルギー強度プロファイル1000の幅（すなわち、非一様なエネルギー強度プロファイル1000を生成するために使用されるレーザ装置102の数）は、部品14の形状に基づいて変化し、部分的には粉末床20を横切って移動するときの各々のレーザ装置102の絶対位置に基づいて制御される。

#### 【0042】

図12は、レーザアレイ12によって放射される代案の非一様なエネルギー強度プロファイル1100の概略図である。典型的な実施形態において、レーザアレイ12は、8つの隣接するレーザ装置102を含み、特に直線状に配置されたレーザ装置1102, 1104, 1106, 1108, 1110, 1112, 1114, 1116を含む。いくつかの実施形態において、レーザアレイ12は、レーザアレイ12が本明細書に記載のとおり機能することを可能にする任意の数のレーザ装置102を含む。さらに、いくつかの実施形態において、図12に示されるレーザ装置1102, 1104, 1106, 1108, 1110, 1112, 1114, 1116は、レーザアレイ12の隣接するレーザ装置102のうちの選択されたサブセットである。すなわち、1つ以上の追加のレーザ装置102が、レーザ装置1102, 1104, 1106, 1108, 1110, 1112, 1114, 1116の周囲に、例えば直線状の配置の続きにて配置される。

#### 【0043】

典型的な実施形態において、コントローラ16（図1に示されている）は、非一様な出力強度プロファイル1100を制御するために、各々の個別のレーザ装置1102, 1104, 1106, 1108, 1110, 1112, 1114, 1116への制御信号38を同時に調整または制御する。典型的な実施形態において、個々のレーザ装置1102, 1104, 1106, 1108, 1110, 1112, 1114, 1116は、レーザアレイ12を横切る出力勾配を出力するようにコントローラ16によって駆動される。特に、図12に示されるように、レーザ装置1102が、アレイの最大量のエネルギーを出力する

ようにコントローラ 16 によって駆動される。レーザ装置 1104 からレーザ装置 1116 へ進む各々の後続のレーザ装置 1104, 1106, 1108, 1110, 1112, 1114, 1116 は、先行のレーザ装置と比べて少ない量のエネルギーを出力するように駆動される。このようにして、非一様なエネルギー強度プロファイル 1100 は、レーザ装置 1102 に対応する最大の出力量からレーザ装置 1116 に対応する最小の出力量へと減少する。非一様なエネルギー強度プロファイル 1100 が減少する直線的なグラフとして示されているが、非一様なエネルギー強度プロファイル 1100 は、レーザアレイ 12 を横切って減少または増加する出力を示す凹状または凸状の勾配を有することができると考えられる。非一様なエネルギー強度プロファイル 1100 は、レーザアレイ 12 の一部分がレーザアレイ 12 の他の部分と比べて低い速度で粉末床 20 を横断する粉末内の場所において粉末床 20 上の粉末の過剰な加熱の軽減を容易にするための出力勾配を提供する。例えば、これに限られるわけではないが、レーザアレイ 12 が中心点 1118 の周りで図示のとおり走査方向に回転させられるとき、レーザ装置 1116 は、レーザ装置 1102 よりも大幅に遅い速度で粉末床を横切って移動する。非一様なエネルギー強度プロファイル 1100 は、レーザアレイ 12 の経路が曲線状であるときにおおむね平坦な深さプロファイルを有するなどの溶融物プールの特性の生成を容易にする。本明細書に記載のとおり、非一様なエネルギー強度プロファイル 1100 の幅（すなわち、非一様なエネルギー強度プロファイル 1100 を生成するために使用されるレーザ装置 102 の数）は、部品 14 の形状に基づいて変化し、部分的には粉末床 20 を横切って移動するときの各々のレーザ装置 102 の絶対位置に基づいて制御される。

10

20

#### 【0044】

図 13 は、レーザアレイ 12 によって放射される出力の切り替え方法 1200 の概略図である。典型的な実施形態において、レーザアレイ 12 は、8 つの隣接するレーザ装置 102 を含み、特に直線状に配置されたレーザ装置 1202, 1204, 1206, 1208, 1210, 1212, 1214, 1216 を含む。いくつかの実施形態において、レーザアレイ 12 は、レーザアレイ 12 が本明細書に記載のとおり機能することを可能にする任意の数のレーザ装置 102 を含む。さらに、いくつかの実施形態において、図 13 に示されるレーザ装置 1202, 1204, 1206, 1208, 1210, 1212, 1214, 1216 は、レーザアレイ 12 の隣接するレーザ装置 102 のうちの選択されたサブセットである。すなわち、1 つ以上の追加のレーザ装置 102 が、レーザ装置 1202, 1204, 1206, 1208, 1210, 1212, 1214, 1216 の周囲に、例えば直線状の配置の続きにて配置される。

30

#### 【0045】

典型的な実施形態において、コントローラ 16（図 1 に示されている）は、レーザアレイ 12 の出力を制御するために、各々の個別のレーザ装置 1202, 1204, 1206, 1208, 1210, 1212, 1214, 1216 への制御信号 38 を同時に調整または制御する。レーザアレイ 12 は、全体として位置 1 および位置 2 として示されている 2 つの位置に図示されている。位置 2 は、部品 14 の製作中など、位置 1 と比べて後の時点におけるレーザアレイ 12 の位置を示す。位置 1 において、レーザ装置 1202, 1204, 1206, 1208, 1210, 1212, 1214, 1216 の組は、エネルギー強度プロファイル 1218 によって示されるように、おおむね等しい量のエネルギーを出力するようにコントローラ 16 によって駆動される。あるいは、レーザ装置 1202, 1204, 1206, 1208, 1210, 1212, 1214, 1216 は、（図 1 および図 2 に示した）部品 14 の形状などのビルドパラメータに対応する任意の量のエネルギーをもたらすように駆動され、例えば、これらに限られるわけではないが、レーザ装置 1202, 1204, 1206, 1208, 1210, 1212, 1214, 1216 は、非一様なエネルギー強度プロファイル 1000、非一様なエネルギー強度プロファイル 1100、またはレーザアレイ 12 が本明細書に記載のとおり機能することを可能にする任意の他の強度プロファイルのうちの 1 つを有する。位置 2 において、コントローラ 16 は、例えばレーザ装置 1202、1204、1214、および 1216 をオフにすることで、レーザ

40

50

装置 1206, 1208, 1210, 1212 からなる第 2 の組を定める。コントローラ 16 は、レーザアレイ 12 の出力を制御することによってエネルギー強度プロファイル 1218 を部品 14 の第 2 のビルドパラメータに対応するエネルギー強度プロファイル 1220 へと切り替えるように、各々の個別のレーザ装置 1206, 1208, 1210, 1212 への制御信号 38 を同時に調整または制御する。エネルギー強度プロファイル 1220 は、おおむね等しいエネルギー量の出力を示すが、エネルギー強度プロファイル 1220 は、レーザアレイ 12 が本明細書に記載のとおり機能することを可能にする任意のエネルギー強度プロファイルであってよい。切り替え方法 1200 は、レーザアレイ 12 のエネルギー強度プロファイルの急激な変更を容易にし、例えば、これらに限られるわけではないが、薄肉の構造が部品 14 のより大きな構造体から延びている場合など、部品 14 の複雑な部品形状を容易にする。さらに、特定のレーザ装置 102 をオンまたはオフに切り替えることで、粉末床 20 を実質的に横切って延びる単一の大型レーザアレイ 12 を用いて例えば部品 14 などの部品の複数の薄い壁を生成することが容易になる。

10

#### 【0046】

図 14 は、レーザアレイ 12 によって放射される出力の非一様なエネルギー強度プロファイル 1300 の概略図である。典型的な実施形態において、レーザアレイ 12 は、8 つの隣接するレーザ装置 102 を含み、特に直線状に配置されたレーザ装置 1302, 1304, 1306, 1308, 1310, 1312, 1314, 1316 を含む。いくつかの実施形態において、レーザアレイ 12 は、レーザアレイ 12 が本明細書に記載のとおり機能することを可能にする任意の数のレーザ装置 102 を含む。典型的な実施形態において、レーザ装置 1302 および 1316 は、レーザ装置 1304, 1306, 1308, 1310, 1312, 1314 とは異なるように構成されている。例えば、レーザ装置 1302 および 1316 は、より出力が大きいレーザ、異なる種類のレーザ、異なる波長のレーザ、スポットサイズおよび/または分布の大きいレーザ、あるいはレーザアレイ 12 が本明細書に記載のとおり機能することを可能にする任意の他の特徴を有するレーザを含むことができる。

20

#### 【0047】

典型的な実施形態において、レーザ装置 1302, 1304, 1306, 1308, 1310, 1312, 1314, 1316 は、非一様なエネルギー強度プロファイル 1300 によって示されるような出力の量を出力するようにコントローラ 16 によって同時に駆動される。非一様なエネルギー強度プロファイル 1300 は、レーザ装置 1302 および 1316 がより大きな量の出力を出力していることを示すレーザ装置 1302 および 1316 に対応するピークを含む。このようなレーザアレイ 12 の配置は、コントローラ 16 による外側レーザ装置の出力の調節を必要とすることなく、非一様なエネルギー強度プロファイルをもたらすことを容易にする。加えて、レーザ装置 1302 および 1316 を、部品 14 の品質および/または仕上げを輪郭付け、あるいは改善するように粉末床 20 へとレーザエネルギーをもたらすように選択および/または構成することができる。

30

#### 【0048】

本明細書に記載の実施形態は、製作される部品の特性に従って、レーザのアレイの各々の個別のレーザ装置を独立して制御することを可能にする。個別のレーザ装置の個別の制御は、一貫した溶融深さなどの優先的な溶融物プールの特性を形成するように、非一様な出力強度プロファイルを仕立てることを容易にする。個別のレーザ装置の個別の制御は、熱損失が大きく異なり得るレーザアレイの中央領域に位置するレーザ装置と比べたレーザアレイの縁の材料を処理するために使用されるレーザ装置の間の加熱のばらつきを補償する。このようにして、レーザアレイは、特定の形状での印刷ならびに大面積の同時ハッチング (hatching) のための最適化された溶融物プールプロファイルを生成することができる。レーザアレイの各々のレーザ装置のエネルギー出力を調整することにより、優先的な浅くて広い溶融物プールを形成することができる。追加のレーザ装置をレーザアレイに追加することにより、プロセス領域全体をカバーするようにレーザアレイのサイズを大きくすることができる。これにより、部品の製造時間の短縮が容易になり、製造コストの

40

50

削減が容易になる。加えて、レーザアレイは、限られた数のレーザ装置を有する縮小サイズのレーザアレイであってよく、薄肉の部品の製作を容易にするために移動および/または回転させられ、これが部品の製作コストの削減を容易にする。さらに、レーザアレイは、小型で安価なレーザから組み立てられてよく、部品の製作コストの削減をさらに容易にする。

【 0 0 4 9 】

本明細書に記載の方法、システム、および装置の典型的な技術的効果は、( a )レーザアレイの各々のレーザ装置を個別に制御すること、( b )レーザアレイの各々のレーザ装置の出力を変えることによってレーザアレイの非一様なエネルギー強度プロファイルを生成すること、および( c )レーザアレイに異なる動作パラメータを有するレーザ装置の組み合わせを含むことによってレーザアレイの非一様なエネルギー強度プロファイルを生成すること、のうちの少なくとも1つを含む。

10

【 0 0 5 0 】

以上、レーザアレイを含む付加製造システムの典型的な実施形態を、詳細に説明した。本明細書において説明したシステムおよび方法は、説明した特定の実施形態に限定されるものではなく、むしろ、システムの構成要素および/または方法のステップは、本明細書において説明した他の構成要素および/またはステップから独立かつ別個に利用されてよい。例えば、本方法は、他のレーザ製作システムおよび方法と組み合わせて使用することもでき、本明細書に記載したとおりのシステムおよび方法における実施だけに限定されない。むしろ、典型的な実施形態は、多数の付加製造システムの用途に関連して実施および利用することができる。

20

【 0 0 5 1 】

本開示の様々な実施形態の特定の特徴を、一部の図面上で示して他では示さない場合があるが、これは単に便宜上である。本開示の原理によれば、図面の任意の特徴は、任意の他の図面の任意の特徴と組み合わせて参照および/または特許請求することができる。

【 0 0 5 2 】

いくつかの実施形態は、1つまたは複数の電子装置またはコンピューティングデバイスの使用を含む。このような装置は、典型的には、汎用中央処理装置( CPU )、グラフィックス処理ユニット( GPU )、マイクロコントローラ、縮小命令セットコンピュータ( RISC )プロセッサ、特定用途向け集積回路( ASIC )、プログラマブル論理回路( PLD )、フィールドプログラマブルゲートアレイ( FPGA )、デジタル信号処理( DSP )装置などのプロセッサ、処理装置、もしくはコントローラ、および/または本明細書に記載した機能を実行することができる他の任意の回路もしくは処理装置を含む。本明細書に記載した方法は、これらに限らないが、記憶装置および/またはメモリ装置を含むコンピュータ可読媒体で具現化された実行可能命令として符号化することができる。このような命令は、処理装置によって実行された場合に、本明細書に記載する方法の少なくとも一部を処理装置に実行させる。上記の例はあくまでも例示にすぎず、したがって、プロセッサおよび処理装置という用語の定義および/または意味を決して限定するものではない。

30

【 0 0 5 3 】

本明細書は最良の形態を含む実施形態を開示するため、および、あらゆるデバイスまたはシステムを製作し、ならびに使用し、およびあらゆる組込方法を実行することを含む任意の当業者が実施形態を実施することを可能にするための例を用いる。開示の特許可能な範囲は、特許請求の範囲によって定義され、当業者が想到するその他の実施例を含むことができる。このような他の例が特許請求の範囲の文字通りの言葉と異なる構造要素を有する場合、または、それらが特許請求の範囲の文字通りの言葉と実質的な差異のない等価な構造要素を含む場合には、このような他の例は特許請求の範囲内であることを意図している。

40

[ 実施態様 1 ]

粉末床( 20 )において部品( 14 )を製作する方法であって、複数のレーザ装置( 102 )を含んでいるレーザアレイ( 100 )を前記粉末床( 20 )

50

を横切って移動させるステップと、

前記複数のレーザ装置（１０２）の各々のレーザ装置の出力を独立して制御するステップと、

前記複数のレーザ装置（１０２）のうちの複数の選択されたレーザ装置（１００２、１００４、１００６、１００８、１０１０、１０１２、１０１４、１０１６；１１０２、１１０４、１１０６、１１０８、１１１０、１１１２、１１１４、１１１６；１２０２、１２０４、１２０６、１２０８、１２１０、１２１２、１２１４、１２１６；１３０２、１３０４、１３０６、１３０８、１３１０、１３１２、１３１４、１３１６）から複数のエネルギービーム（１０４；２０４；３０４）を放射し、熔融物プールを生成するステップと、  
前記複数の選択されたレーザ装置から（１００２、１００４、１００６、１００８、１０１０、１０１２、１０１４、１０１６；１１０２、１１０４、１１０６、１１０８、１１１０、１１１２、１１１４、１１１６；１２０２、１２０４、１２０６、１２０８、１２１０、１２１２、１２１４、１２１６；１３０２、１３０４、１３０６、１３０８、１３１０、１３１２、１３１４、１３１６）非一様なエネルギー強度プロファイル（１０００；１１００；１２００；１３００）を生成するステップと

を含んでおり、

前記非一様なエネルギー強度プロファイル（１０００；１１００；１２００；１３００）は、所定の特性を有する熔融物プールの生成を容易にする、方法。

[実施態様２]

前記レーザアレイ（１００）を前記粉末床（２０）を横切って移動させるステップは、前記レーザアレイ（１００）の１回の掃引での前記部品（１４）の層の製作を容易にするように前記部品（１４）の形状によって定まる中心点を中心にして前記レーザアレイ（１００）を回転させることを含む、実施態様１に記載の方法。

[実施態様３]

前記レーザアレイ（１００）を前記粉末床（２０）を横切って移動させるステップは、前記レーザアレイ（１００）を直線状の経路にて移動させること、前記レーザアレイ（１００）を曲線状の経路にて移動させること、前記レーザアレイ（１００）を回転させること、または前記レーザアレイ（１００）の前記粉末床（２０）に対する向きを調整することのうちの１つ以上を含む、実施態様１に記載の方法。

[実施態様４]

前記レーザアレイ（１００）を前記粉末床（２０）を横切って移動させるステップは、前記レーザアレイ（１００）を前記粉末床（２０）に対して移動させることを含む、実施態様１に記載の方法。

[実施態様５]

前記レーザアレイ（１００）を前記粉末床（２０）を横切って移動させるステップは、前記粉末床（２０）を静止しているレーザアレイ（１００）に対して移動させることを含む、実施態様１に記載の方法。

[実施態様６]

前記複数の選択されたレーザ装置（１００２、１００４、１００６、１００８、１０１０、１０１２、１０１４、１０１６；１１０２、１１０４、１１０６、１１０８、１１１０、１１１２、１１１４、１１１６；１２０２、１２０４、１２０６、１２０８、１２１０、１２１２、１２１４、１２１６；１３０２、１３０４、１３０６、１３０８、１３１０、１３１２、１３１４、１３１６）から複数のエネルギービーム（１０４；２０４；３０４）を放射するステップは、前記レーザアレイ（１００）の隣接するレーザ装置のサブセットから複数のエネルギービームを放射することを含む、実施態様１に記載の方法。

[実施態様７]

非一様なエネルギー強度プロファイル（１０００）を生成するステップは、

前記隣接するレーザ装置のサブセットのうちの１対の外側レーザ装置（１００２、１０１６）の出力を、第１の出力を生じるように制御すると同時に、

前記１対の外側レーザ装置（１００２、１０１６）の間に位置する少なくとも１つのレー

10

20

30

40

50

ザ装置（１００４、１００６、１００８、１０１０、１０１２、１０１４）の出力を、前記第１の出力よりも小さい第２の出力を生じるように制御すること

を含み、

前記非一様なエネルギー強度プロファイル（１０００）は、第１の外側領域と、第２の外側領域と、前記第１および第２の外側領域の間の中央領域とを含み、前記中央領域の出力は、前記第１および第２の外側領域と比べて小さい、実施態様６に記載の方法。

[ 実施態様 ８ ]

非一様なエネルギー強度プロファイル（１１００）を生成するステップは、

前記隣接するレーザ装置のサブセットのうちの第１のレーザ装置（１１０２）の出力を、第１の出力を生じるように制御すると同時に、

前記隣接するレーザ装置のサブセットのうちの第２のレーザ装置（１１０４）の出力を、前記第１の出力よりも小さい第２の出力を生じるように制御し、さらに同時に、

前記隣接するレーザ装置のサブセットのうちの第３のレーザ装置（１１０６）の出力を、前記第２の出力よりも小さい第３の出力を生じるように制御すること

を含む出力勾配の生成を含む、実施態様６に記載の方法。

[ 実施態様 ９ ]

前記複数の選択されたレーザ装置（１００２、１００４、１００６、１００８、１０１０、１０１２、１０１４、１０１６；１１０２、１１０４、１１０６、１１０８、１１１０、１１１２、１１１４、１１１６；１２０２、１２０４、１２０６、１２０８、１２１０、１２１２、１２１４、１２１６；１３０２、１３０４、１３０６、１３０８、１３１０、１３１２、１３１４、１３１６）の各々のレーザ装置の出力を独立して制御するステップは、前記複数の選択されたレーザ装置の各々のレーザ装置の持続時間、平均出力、パルス幅、およびパルス持続時間のうちの１つ以上を独立して制御することを含む、実施態様１に記載の方法。

[ 実施態様 １０ ]

各々のレーザ装置の出力を独立して制御するステップは、各々のレーザ装置の出力を各々のレーザ装置の絶対位置に基づいて独立して制御することを含む、実施態様１に記載の方法。

[ 実施態様 １１ ]

前記複数のレーザ装置（１０２）のうちの前記複数の選択されたレーザ装置（１２０２、１２０４、１２０６、１２０８、１２１０、１２１２、１２１４、１２１６）から複数のエネルギービーム（１０４；２０４；３０４）を放射するステップは、

前記複数の選択されたレーザ装置の第１の組（１２０２、１２０４、１２０６、１２０８、１２１０、１２１２、１２１４、１２１６）から、前記レーザアレイ（１００）の第１の位置における前記部品（１４）の第１のビルドパラメータに対応する第１のエネルギー強度プロファイル（１２１８）を有する複数のエネルギービームを放射することと、

前記複数の選択されたレーザ装置の第２の組（１２０６、１２０８、１２１０、１２１２）から、前記レーザアレイ（１００）の第２の位置における前記部品（１４）の第２のビルドパラメータに対応する第２のエネルギー強度プロファイル（１２２０）を有する複数のエネルギービームを放射することと

を含む、実施態様１に記載の方法。

[ 実施態様 １２ ]

非一様なエネルギー強度プロファイル（１３００）を生成するステップは、前記レーザアレイ（１００）の第１のレーザ装置（１３０２、１３１６）の出力と前記レーザアレイ（１００）の第２のレーザ装置（１３０４、１３０６、１３０８、１３１０、１３１２、１３１４）の出力とを独立して制御することを含み、前記第１のレーザ装置（１３０２、１３１６）と前記第２のレーザ装置（１３０４、１３０６、１３０８、１３１０、１３１２、１３１４）とは、異なる装置を含む、実施態様１に記載の方法。

[ 実施態様 １３ ]

複数のレーザ装置を備えており、該複数のレーザ装置の各々のレーザ装置は、粉末状の材

10

20

30

40

50

料の層において溶融物プールを生成するように構成されているレーザアレイ（１２）と、前記レーザアレイ（１２）を前記粉末状の材料の層を横切って移動させるように構成されたアクチュエータシステム（２４）と、コントローラ（１６）であって、前記各々のレーザ装置の出力を独立して制御するための制御信号（３８）を生成し、前記溶融物プールを生成すべく前記複数のレーザ装置のうちの複数の選択されたレーザ装置から複数のエネルギービームを放射するように前記各々のレーザ装置へと前記制御信号（３８）を送信し、所定の特性を有する前記溶融物プールの生成を容易にする非一様なエネルギー強度プロファイルを前記複数の選択されたレーザ装置から生成するように構成されている、コントローラ（１６）を備える、付加製造システム（１０）。

10

[実施態様１４]

前記レーザアレイ（１２）に結合されたマウントシステム（１８）をさらに備えており、前記アクチュエータシステム（２４）は、前記マウントシステム（１８）へと接続され、前記レーザアレイ（１２）の１回の掃引での部品（１４）の層の製作を容易にするように、前記部品（１４）の形状によって定まる中心点を中心にして前記レーザアレイ（１２）を回転させるように構成されている、実施態様１３に記載のシステム（１０）。

20

[実施態様１５]

粉末床（２０）および該粉末床（２０）に接続された支持構造体（２６）をさらに備えており、前記アクチュエータシステム（２４）は、前記支持構造体（２６）へと接続され、前記粉末床（２０）を前記レーザアレイ（１２）に対して移動させるように構成されている、実施態様１３に記載のシステム（１０）。

[実施態様１６]

前記コントローラ（１６）は、前記各々のレーザ装置の持続時間、平均出力、パルス幅、およびパルス持続時間のうちの１つ以上を含む前記制御信号（３８）を送信するようにさらに構成されている、実施態様１３に記載のシステム（１０）。

[実施態様１７]

前記複数のレーザ装置は、１対の外側レーザ装置（１００２、１０１６）と、該１対の外側レーザ装置（１００２、１０１６）の間に位置する少なくとも１つの内側レーザ装置（１００４、１００６、１００８、１０１０、１０１２、１０１４）とを備え、前記コントローラ（１６）は、前記１対の外側レーザ装置（１００２、１０１６）へと第１の出力を生じるための前記制御信号（３８）を送信すると同時に、前記内側レーザ装置（１００４、１００６、１００８、１０１０、１０１２、１０１４）へと前記第１の出力よりも小さい第２の出力を生じるための前記制御信号（３８）を送信する

30

ようにさらに構成され、

前記非一様なエネルギー強度プロファイル（１０００）は、第１の外側領域と、第２の外側領域と、前記第１および第２の外側領域の間の中央領域とを含み、前記中央領域の出力は、前記第１および第２の外側領域と比べて小さい、実施態様１３に記載のシステム（１０）。

40

[実施態様１８]

前記複数のレーザ装置は、少なくとも３つのレーザ装置を含み、前記コントローラ（１６）は、前記少なくとも３つのレーザ装置のうちの第１のレーザ装置（１１０２）へと第１の出力を生じるための前記制御信号（３８）を送信すると同時に、前記少なくとも３つのレーザ装置のうちの第２のレーザ装置（１１０４）へと前記第１の出力よりも小さい第２の出力を生じるための前記制御信号（３８）を送信し、さらに同時

50

に、

前記少なくとも3つのレーザ装置のうちの第3のレーザ装置(1106)へと前記第2の出力よりも小さい第3の出力を生じるための前記制御信号(38)を送信するようにさらに構成されている、実施態様13に記載のシステム(10)。

[実施態様19]

前記コントローラ(16)は、

前記複数の選択されたレーザ装置の第1の組(1202、1204、1206、1208、1210、1212、1214、1216)へと、前記レーザアレイ(12)の第1の位置における部品(14)の第1のビルドパラメータに対応する第1のエネルギー強度プロファイル(1218)を有する複数のエネルギービームを放射するための前記制御信号(38)を送信し、

10

前記複数の選択されたレーザ装置の第2の組(1206、1208、1210、1212)へと、前記レーザアレイ(12)の第2の位置における前記部品(14)の第2のビルドパラメータに対応する第2のエネルギー強度プロファイル(1220)を有する複数のエネルギービームを放射するための前記制御信号(38)を送信する

ようにさらに構成されている、実施態様13に記載のシステム(10)。

[実施態様20]

前記複数のレーザ装置は、第1のレーザ装置(1302、1316)および第2のレーザ装置(1304、1306、1308、1310、1312、1314)を備え、前記第1のレーザ装置(1302、1316)は、前記第2のレーザ装置(1304、1306、1308、1310、1312、1314)とは異なるレーザ装置を備える、実施態様13に記載のシステム(10)。

20

【符号の説明】

【0054】

10 付加製造システム

12 レーザアレイ、ファイバアレイ

14 部品

16 コントローラ

18 マウントシステム

20 粉末床

30

22 エネルギービーム

24 アクチュエータシステム

26 支持構造体

28 光ファイバ、光ファイバアレイ

30 自由端

32 部品最上層

34 バンドル

36 中心点

38 制御信号

40 アレイ光学系

40

42 ダブレット

44 ダブレット

60 メモリデバイス

62 プロセッサ

64 提示インターフェース

66 ユーザ

68 ユーザ入力インターフェース

70 通信インターフェース

100 レーザアレイ

102 レーザ装置、エミッタ

50

1 0 4	エネルギービーム	
1 0 6	レンズ	
1 0 8	光ファイバ	
1 1 0	バンドル	
1 1 2	自由端	
1 1 4	コア	
1 1 6	クラッド層	
1 1 8	コーティング層	
2 0 0	レーザアレイ	
2 0 2	レンズ	10
2 0 4	平行なエネルギービーム	
3 0 0	レーザアレイ	
3 0 2	レンズ	
3 0 4	発散エネルギービーム	
4 0 0	レーザアレイ	
4 0 2	ピグテール	
4 0 4	スプライス	
4 0 6	Fシータレンズ	
4 0 8	エネルギービーム	
9 0 0	アレイ配置	20
9 0 2	中心線	
9 0 4	中心線	
9 0 6	ピッチ距離	
9 5 0	行オフセットアレイ配置	
9 5 2	中心線	
9 5 4	中心線	
9 5 6	ピッチ距離	
9 5 8	中心線	
9 6 0	ピッチ距離	
1 0 0 0	一様なエネルギー強度プロファイル、非一様なエネルギー強度プロファイル、出力強度プロファイル	30
1 0 0 2	レーザ装置	
1 0 0 4	レーザ装置	
1 0 0 6	レーザ装置	
1 0 0 8	レーザ装置	
1 0 1 0	レーザ装置	
1 0 1 2	レーザ装置	
1 0 1 4	レーザ装置	
1 0 1 6	レーザ装置	
1 0 2 0	第1の外側領域	40
1 0 2 2	第2の外側領域	
1 0 2 4	中央部、中央領域	
1 1 0 0	出力強度プロファイル、エネルギー強度プロファイル	
1 1 0 2	レーザ装置	
1 1 0 4	レーザ装置	
1 1 0 6	レーザ装置	
1 1 0 8	レーザ装置	
1 1 1 0	レーザ装置	
1 1 1 2	レーザ装置	
1 1 1 4	レーザ装置	50

- 1 1 1 6 レーザ装置
- 1 1 1 8 中心点
- 1 2 0 0 切り替え方法
- 1 2 0 2 レーザ装置
- 1 2 0 4 レーザ装置
- 1 2 0 6 レーザ装置
- 1 2 0 8 レーザ装置
- 1 2 1 0 レーザ装置
- 1 2 1 2 レーザ装置
- 1 2 1 4 レーザ装置
- 1 2 1 6 レーザ装置
- 1 2 1 8 エネルギー強度プロファイル
- 1 2 2 0 エネルギー強度プロファイル
- 1 3 0 0 エネルギー強度プロファイル
- 1 3 0 2 レーザ装置
- 1 3 0 4 レーザ装置
- 1 3 0 6 レーザ装置
- 1 3 0 8 レーザ装置
- 1 3 1 0 レーザ装置
- 1 3 1 2 レーザ装置
- 1 3 1 4 レーザ装置
- 1 3 1 6 レーザ装置

10

20

【図面】

【図 1】

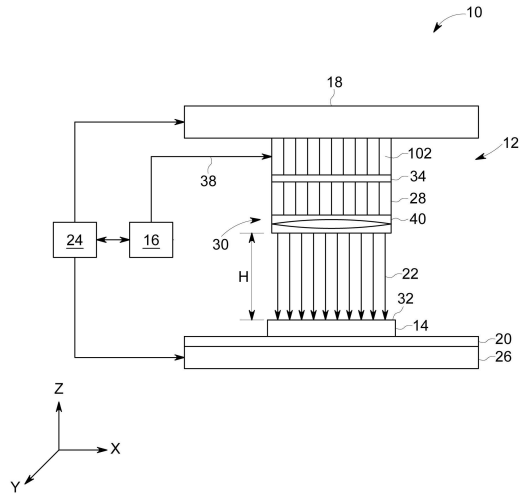


FIG. 1

【図 2】

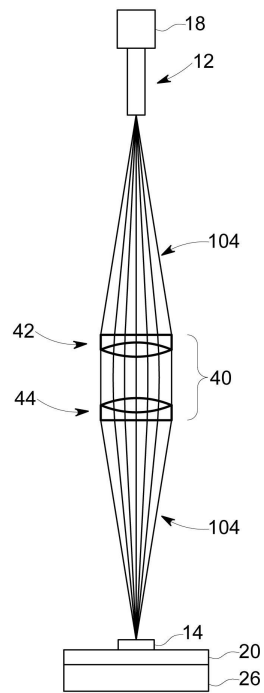


FIG. 2

30

40

【 図 3 】

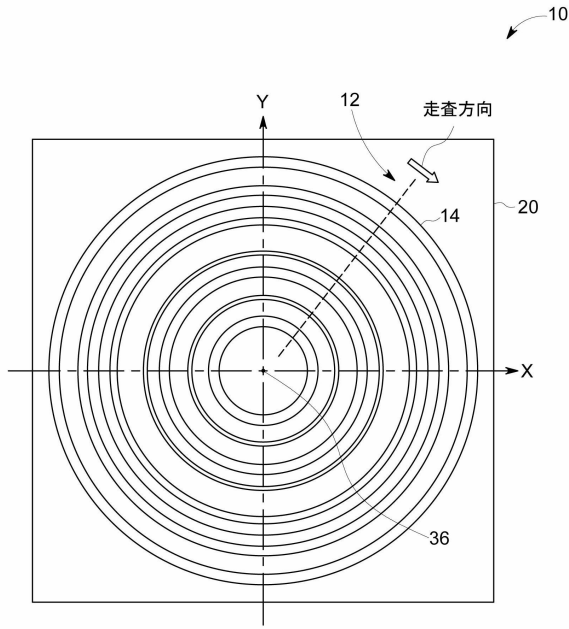


FIG. 3

【 図 4 】

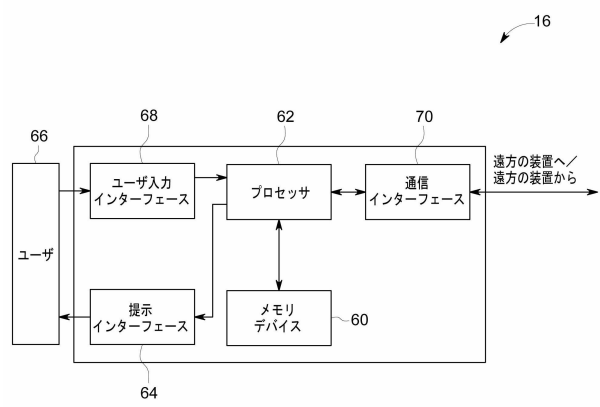


FIG. 4

【 図 5 】

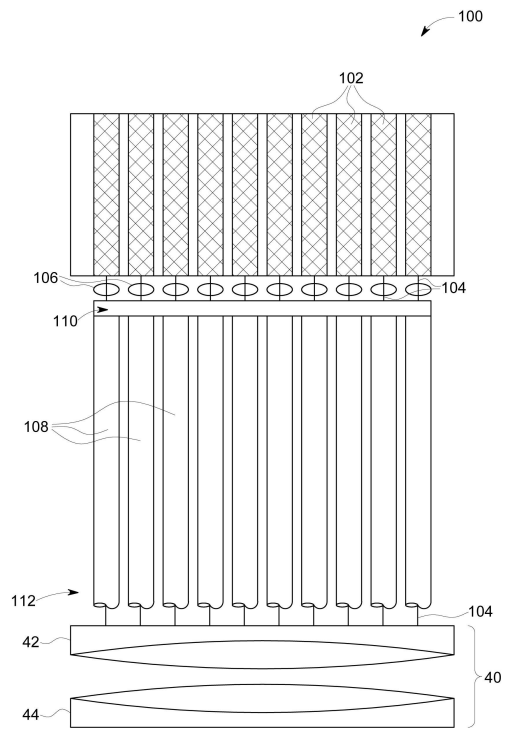


FIG. 5

【 図 6 】

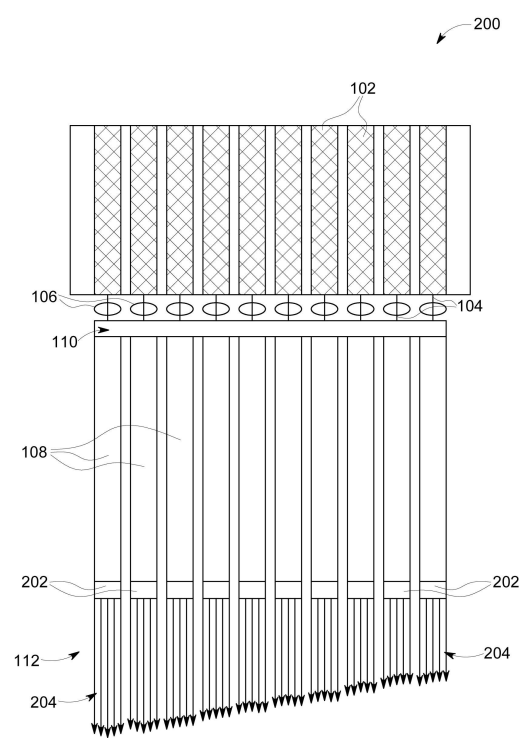


FIG. 6

10

20

30

40

50

【 図 7 】

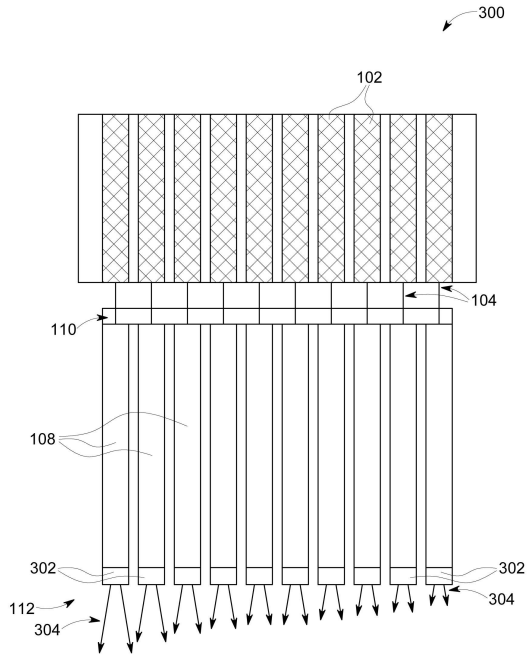


FIG. 7

【 図 8 】

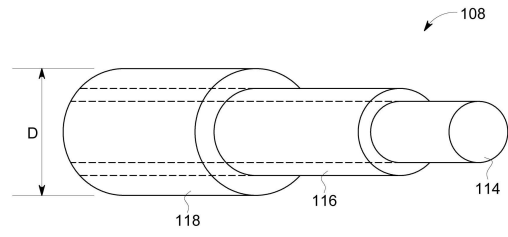


FIG. 8

10

【 図 9 】

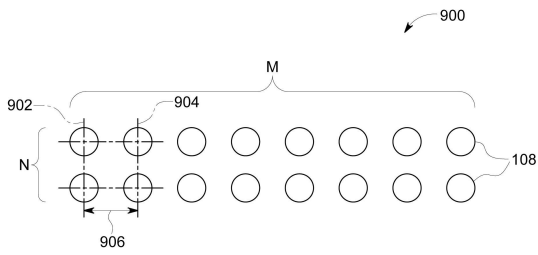


FIG. 9

【 図 10 】

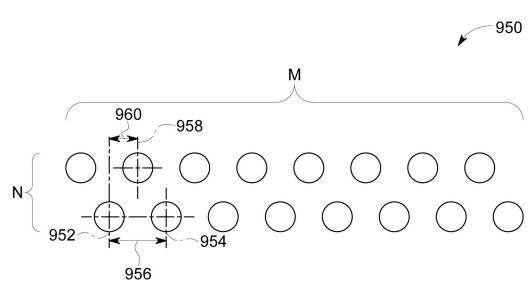


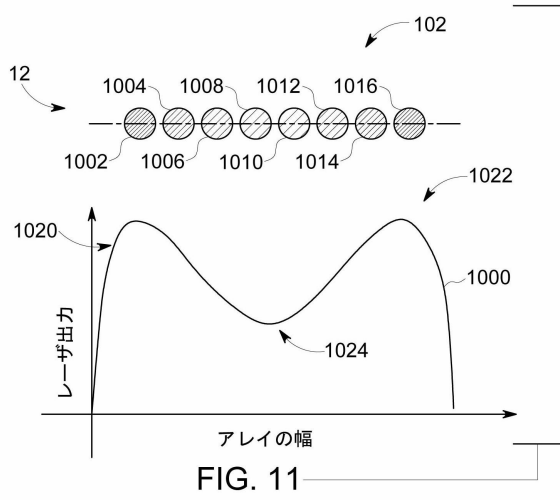
FIG. 10

30

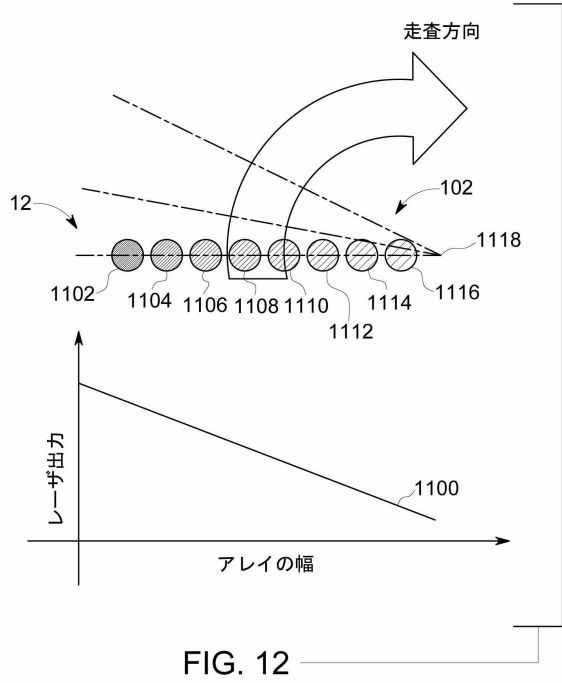
40

50

【図 1 1】



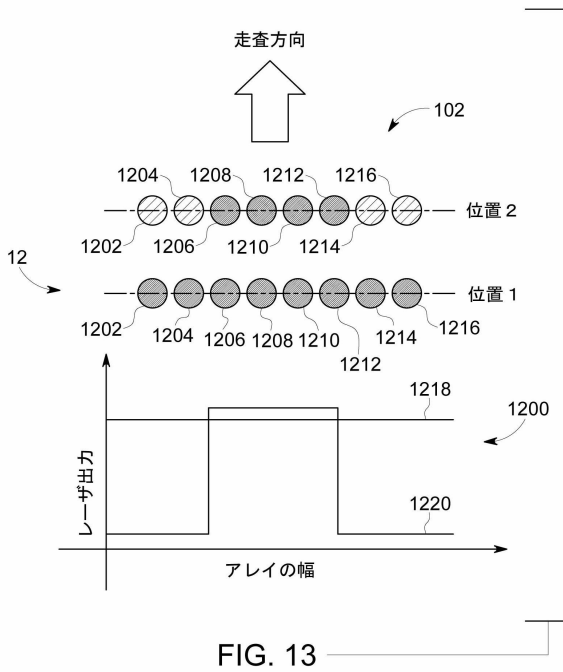
【図 1 2】



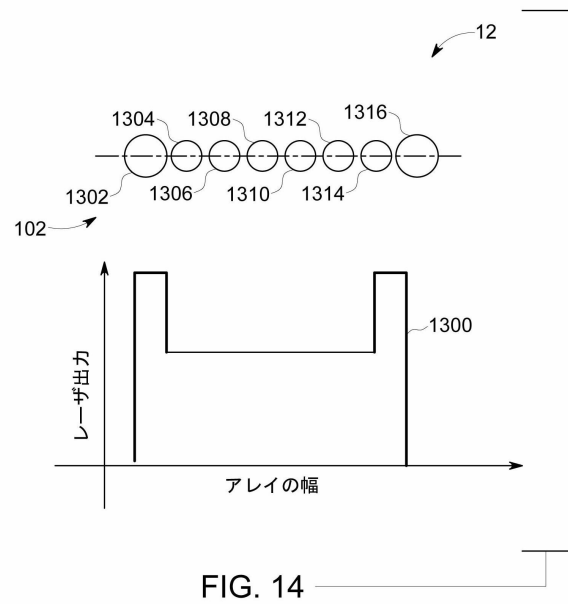
10

20

【図 1 3】



【図 1 4】



30

40

## フロントページの続き

## (51)国際特許分類

**B 2 3 K 26/073 (2006.01)**  
**B 2 3 K 26/21 (2014.01)**  
**B 2 3 K 26/34 (2014.01)**  
**B 3 3 Y 30/00 (2015.01)**  
**B 3 3 Y 10/00 (2015.01)**  
**B 2 9 C 64/153 (2017.01)**  
**B 2 9 C 64/277 (2017.01)**  
**B 3 3 Y 50/02 (2015.01)**  
**B 2 9 C 64/393 (2017.01)**  
**B 2 2 F 3/16 (2006.01)**  
**B 2 2 F 3/105 (2006.01)**

## F I

B 2 3 K 26/21 Z  
 B 2 3 K 26/34  
 B 3 3 Y 30/00  
 B 3 3 Y 10/00  
 B 2 9 C 64/153  
 B 2 9 C 64/277  
 B 3 3 Y 50/02  
 B 2 9 C 64/393  
 B 2 2 F 3/16  
 B 2 2 F 3/105

(74)代理人 100113974

弁理士 田中 拓人

(72)発明者 ジェイソン・ハリス・カーブ

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・1 2 3 0 9、ニスカユナ、ビルディング・ケイ 1 - 3 エイ 5 9  
 、ワン・リサーチ・サークル、ゼネラル・エレクトリック・カンパニー・グローバル・リサーチ

(72)発明者 ジャスティン・ジョン・ガンボーン・ジュニア

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・1 2 3 0 9、ニスカユナ、ビルディング・ケイ 1 - 3 エイ 5 9  
 、ワン・リサーチ・サークル、ゼネラル・エレクトリック・カンパニー・グローバル・リサーチ

(72)発明者 マイケル・エバンス・グラハム

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・1 2 3 0 9、ニスカユナ、ビルディング・ケイ 1 - 3 エイ 5 9  
 、ワン・リサーチ・サークル、ゼネラル・エレクトリック・カンパニー・グローバル・リサーチ

(72)発明者 デビッド・チャールズ・ボグダン・ジュニア

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・1 2 3 0 9、ニスカユナ、ビルディング・ケイ 1 - 3 エイ 5 9  
 、ワン・リサーチ・サークル、ゼネラル・エレクトリック・カンパニー・グローバル・リサーチ

(72)発明者 ビクター・ペトロピッチ・オストロベルコフ

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・1 2 3 0 9、ニスカユナ、ビルディング・ケイ 1 - 3 エイ 5 9  
 、ワン・リサーチ・サークル、ゼネラル・エレクトリック・カンパニー・グローバル・リサーチ

(72)発明者 ウィリアム・トーマス・カーター

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・1 2 3 0 9、ニスカユナ、ビルディング・ケイ 1 - 3 エイ 5 9  
 、ワン・リサーチ・サークル、ゼネラル・エレクトリック・カンパニー・グローバル・リサーチ

(72)発明者 ハリー・カーク・マシューズ, ジュニア

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・1 2 3 0 9、ニスカユナ、ビルディング・ケイ 1 - 3 エイ 5 9  
 、ワン・リサーチ・サークル、ゼネラル・エレクトリック・カンパニー・グローバル・リサーチ

(72)発明者 ケビン・ジョージ・ハーディング

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・1 2 3 0 9、ニスカユナ、ビルディング・ケイ 1 - 3 エイ 5 9  
 、ワン・リサーチ・サークル、ゼネラル・エレクトリック・カンパニー・グローバル・リサーチ

(72)発明者 ジンジェ・シ

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・1 2 3 0 9、ニスカユナ、ビルディング・ケイ 1 - 3 エイ 5 9  
 、ワン・リサーチ・サークル、ゼネラル・エレクトリック・カンパニー・グローバル・リサーチ

(72)発明者 マーシャル・ゴードン・ジョーンズ

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・1 2 3 0 9、ニスカユナ、ビルディング・ケイ 1 - 3 エイ 5 9  
 、ワン・リサーチ・サークル、ゼネラル・エレクトリック・カンパニー・グローバル・リサーチ

(72)発明者 ジェームズ・ウィリアム・シアーズ

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・1 2 3 0 9、ニスカユナ、ビルディング・ケイ 1 - 3 エイ 5 9  
 、ワン・リサーチ・サークル、ゼネラル・エレクトリック・カンパニー・グローバル・リサーチ

審査官 正木 裕也

(56)参考文献 米国特許出願公開第 2 0 1 6 / 0 1 5 8 8 8 9 ( U S , A 1 )

欧州特許出願公開第 0 1 3 1 0 3 2 1 ( E P , A 1 )

---

独出特許出願公開第102015211494 (DE, A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

B 2 3 K	2 6 / 0 0
H 0 1 S	3 / 2 3
H 0 1 S	3 / 0 0
B 2 3 K	2 6 / 0 8 2
B 2 3 K	2 6 / 0 7 3
B 2 3 K	2 6 / 2 1
B 2 3 K	2 6 / 3 4
B 3 3 Y	3 0 / 0 0
B 3 3 Y	1 0 / 0 0
B 2 9 C	6 4 / 1 5 3
B 2 9 C	6 4 / 2 7 7
B 3 3 Y	5 0 / 0 2
B 2 9 C	6 4 / 3 9 3
B 2 2 F	3 / 1 6
B 2 2 F	3 / 1 0 5