

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

**特表2018-523751**  
(P2018-523751A)

(43) 公表日 **平成30年8月23日(2018.8.23)**

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>C 2 3 C 14/28 (2006.01)</b>	C 2 3 C 14/28	4 K 0 2 9
<b>C 2 3 C 14/04 (2006.01)</b>	C 2 3 C 14/04	C

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2018-500694 (P2018-500694)  
 (86) (22) 出願日 平成28年6月7日 (2016.6.7)  
 (85) 翻訳文提出日 平成30年2月15日 (2018.2.15)  
 (86) 国際出願番号 PCT/IL2016/050585  
 (87) 国際公開番号 WO2017/006306  
 (87) 国際公開日 平成29年1月12日 (2017.1.12)  
 (31) 優先権主張番号 62/190,276  
 (32) 優先日 平成27年7月9日 (2015.7.9)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

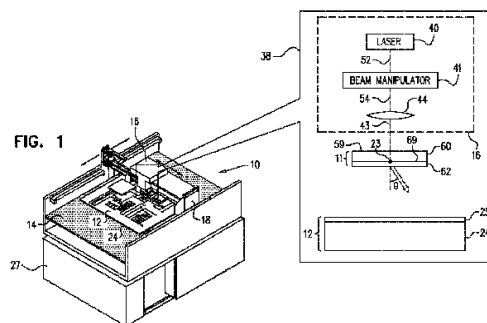
(71) 出願人 501005438  
 オルボテック リミテッド  
 イスラエル国 ヤフネ 81102 ピー  
 . オー. ボックス 215  
 (74) 代理人 110001830  
 東京U I T国際特許業務法人  
 (72) 発明者 ゼノウ・ミカエル  
 イスラエル国 ハシュモナイム 7312  
 700 ハレヴォナ ストリート 17  
 (72) 発明者 コトレル・ズヴィ  
 イスラエル国 テル アヴィヴ 6299  
 516 フェイベル ストリート 14  
 Fターム(参考) 4K029 BD02 CA01 DB11 DB20

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 L I F T放出角度の制御

(57) 【要約】

アクセプタ表面への材料堆積装置は、対向する第1および第2の表面を有し、上記第2の表面上にドナーフィルムを備える透明ドナー基板を含む。また、この装置は、ドナー基板の第1の表面を通過し第2の表面上の所定位置でドナーフィルムに衝突するように放射ビームを方向づけ、上記位置で第2の表面に垂直でない角度で、上記アクセプタ表面上に向けてドナーフィルムからの溶融材料の液滴の放出を誘起するように構成された光学アセンブリを備えている。



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

アクセプタ表面への材料堆積装置であって、  
対向する第 1 および第 2 の表面を有し、上記第 2 の表面上にドナーフィルムを備える透明ドナー基板、ならびに

上記ドナー基板の上記第 1 の表面を通過しかつ上記第 2 の表面上の所定位置において上記ドナーフィルムに衝突するように放射ビームを方向づけ、上記位置において上記第 2 の表面に垂直でない角度で、上記アクセプタ表面上に向けて上記ドナーフィルムからの熔融材料の液滴の放出を誘起するように構成された光学アセンブリ、  
を備えている、装置。

10

**【請求項 2】**

上記光学アセンブリが、上記第 2 の表面に垂直でない選択角度において上記液滴が放出されるように選択される非対称性を上記ビーム中に生成するように構成されている、請求項 1 に記載の装置。

**【請求項 3】**

上記光学アセンブリが音響光学偏向器 (AOD) を備え、上記 AOD が、それぞれが異なる角度で上記 AOD から出射される複数のサブビームとして上記放射ビームを形成し、一体となった上記サブビームが上記非対称性を有する合成ビームを形成するように構成されている、請求項 2 に記載の装置。

20

**【請求項 4】**

複数の周波数を有する駆動信号を上記 AOD に入力するように構成されたドライバ回路をさらに備え、上記 AOD における回折によって上記サブビームが形成される、請求項 3 に記載の装置。

**【請求項 5】**

プロセッサをさらに備え、上記プロセッサが上記放射ビームと上記駆動信号の上記複数の周波数を同期することによって上記非対称性を有する上記合成ビームを形成するように構成されている、請求項 4 に記載の装置。

**【請求項 6】**

上記光学アセンブリが複数のミラーを備え、上記複数のミラーが複数のサブビームとして上記放射ビームを形成し、一体となった上記サブビームが上記非対称性を有する合成ビームを形成するように構成されている、請求項 2 に記載の装置。

30

**【請求項 7】**

上記光学アセンブリが、上記ミラーを用いて一または複数の選択されるサブビームをスイッチ・オフすることによって上記非対称性を上記合成ビームに導入するように構成されている、請求項 6 に記載の装置。

**【請求項 8】**

上記光学アセンブリが、上記ミラーを用いて一または複数の選択されるサブビームの各位相を制御することによって上記非対称性を上記合成ビームに導入するように構成されている、請求項 6 に記載の装置。

**【請求項 9】**

上記光学アセンブリが液晶セルアレイを備え、上記液晶セルアレイが複数のサブビームとして上記放射ビームを形成し、一体となった上記サブビームが上記非対称性を有する合成ビームを形成するように構成されている、請求項 2 に記載の装置。

40

**【請求項 10】**

上記光学アセンブリが、上記液晶セルアレイのセルを用いて一または複数の選択されるサブビームの各位相を制御することによって上記非対称性を上記合成ビームに導入するように構成されている、請求項 9 に記載の装置。

**【請求項 11】**

上記ドナーフィルムが上記第 2 の表面上の所定の位置に不均一部を有しており、上記光学アセンブリが、上記ビームを方向づけて上記位置に近接する上記ドナーフィルム上に衝

50

突させて上記第 2 の表面に垂直でない選択角度で上記液滴を放出させるように構成されている，請求項 1 に記載の装置。

【請求項 1 2】

上記ドナーフィルムに衝突する上記ビームが球対称である，請求項 1 1 に記載の装置。

【請求項 1 3】

上記不均一部が上記ドナーフィルム中の孔およびトレンチの少なくとも一つを含む，請求項 1 1 に記載の装置。

【請求項 1 4】

上記不均一部が上記選択角度で上記液滴が放出されるように選定される所定形状を有している，請求項 1 1 に記載の装置。

10

【請求項 1 5】

上記位置から上記ビームの衝突点までの距離が上記選択角度で上記液滴が放出されるように選定されている，請求項 1 1 に記載の装置。

【請求項 1 6】

上記光学アセンブリが，上記放射ビームを用いて上記ドナーフィルムに上記不均一部を形成するように構成されている，請求項 1 1 に記載の装置。

【請求項 1 7】

上記不均一部が第 1 および第 2 の不均一部を含み，上記光学アセンブリが，上記第 1 の不均一部の形成後かつ上記液滴の放出前または放出後に上記第 2 の不均一部を形成するように構成されている，請求項 1 6 に記載の装置。

20

【請求項 1 8】

アクセプタ表面に材料を堆積する方法であって，

対向する第 1 および第 2 の表面を有し，上記第 2 の表面上にドナーフィルムを備える透明ドナー基板を用意し，

上記ドナー基板の上記第 1 の表面を通過しかつ上記第 2 の表面上の所定位置において上記ドナーフィルムに衝突するように放射ビームを方向づけ，上記位置において上記第 2 の表面に垂直でない角度で，上記アクセプタ表面上に向けて上記ドナーフィルムからの熔融材料の液滴の放出を誘起する，

方法。

【請求項 1 9】

上記第 2 の表面に垂直でない選択角度において上記液滴が放出されるように選択される非対称性を上記ビーム中に生成する，請求項 1 8 に記載の方法。

30

【請求項 2 0】

それぞれが異なる角度で出射されて一体となって上記非対称性を有する合成ビームを形成する複数のサブビームとして上記放射ビームを形成するように音響光学偏向器 (AOD) を構成する，請求項 1 9 に記載の方法。

【請求項 2 1】

複数の周波数を上記 AOD に入力して上記 AOD における回折によって上記サブビームを形成する，請求項 2 0 に記載の方法。

【請求項 2 2】

上記放射ビームが一連のレーザパルスを用いて生成され，上記レーザパルスと駆動信号の上記複数の周波数とを同期して上記非対称性を有する上記合成ビームを形成する，請求項 2 1 に記載の方法。

40

【請求項 2 3】

一体となって上記非対称性を有する合成ビームを形成する複数のサブビームとして上記放射ビームを形成するように複数のミラーを構成する，請求項 1 9 に記載の方法。

【請求項 2 4】

上記ミラーの構成が，上記ミラーを用いて一または複数の選択されるサブビームをスイッチ・オフすることによって上記非対称性を上記合成ビームに導入することを含む，請求項 2 3 に記載の方法。

50

## 【請求項 25】

上記ミラーの構成が、上記ミラーを用いて一または複数の選択されるサブビームの各位相を制御することによって上記非対称性を上記合成ビームに導入することを含む、請求項 23 に記載の方法。

## 【請求項 26】

一体となって上記非対称性を有する合成ビームを形成する複数のサブビームとして上記放射ビームを形成するように液晶セルアレイを構成する、請求項 19 に記載の方法。

## 【請求項 27】

上記液晶セルアレイの構成が、上記液晶セルアレイのセルを用いて一または複数の選択されるサブビームの各位相を制御することによって上記非対称性を上記合成ビームに導入することを含む、請求項 26 に記載の方法。

10

## 【請求項 28】

上記ドナーフィルムが上記第 2 の表面上の所定の位置に不均一部を有しており、上記ビームを方向づけて上記位置に近接する上記ドナーフィルム上に衝突させることによって上記第 2 の表面に垂直でない選択角度で上記液滴を放出させる、請求項 18 に記載の方法。

## 【請求項 29】

上記ドナーフィルムに衝突する上記ビームが球対称である、請求項 28 に記載の方法。

## 【請求項 30】

上記不均一部が上記ドナーフィルム中の孔およびトレンチの少なくとも一つを含む、請求項 28 に記載の方法。

20

## 【請求項 31】

所定形状を有する上記不均一部を選定することによって上記選択角度で上記液滴を放出させる、請求項 28 に記載の方法。

## 【請求項 32】

上記位置から上記ビームの衝突点までの距離を選定することによって上記選択角度で上記液滴を放出させる、請求項 28 に記載の方法。

## 【請求項 33】

上記放射ビームを用いて上記ドナーフィルムに上記不均一部を形成する、請求項 28 に記載の方法。

## 【請求項 34】

上記不均一部の形成が、上記液滴の放出開始後の上記不均一部の形成を含む、請求項 33 に記載の方法。

30

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

この発明は概略的にはレーザー誘起材料印刷に関するもので、より詳細には被制御放出角度 (controlled ejection angle) の下で印刷をする方法およびシステムに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

レーザー直接書き込み (LDW) (Laser Direct-Write) 技術では、レーザービームによる材料の溶発 (アブレーション) または堆積制御によって空間分解 3 次元構造を備えるパターン化表面が作成される。レーザー誘起前方転写 (LIFT) (Laser-induced forward transfer) は何らかの表面上にマイクロパターンを堆積するときに適用可能な LDW 技術である。LIFT は金属およびポリマー等のさまざまな材料の高品質印刷のための技術である。以下に示す従来技術例が挙げられる。

40

## 【0003】

メインダース (Meinders) その他による PCT 国際公開 WO 2013 / 165241 はドナーシートからの材料転写のための光誘起前方転写製造方法を記載するもので、その開示内容はこの明細書に援用される。表面にトレンチを備え、トレンチに転写材料を有するドナーシートが用いられる。トレンチの底部に沿って光スポットを走査することにより材

50

料は転写される。

【0004】

LIFTを用いた金属噴射の別の例は、ウィリス (Willis) その外による「Microdroplet deposition by laser-induced forward transfer」, Appl. Phys. Lett. 86, 244103 (2005), ウィリス (Willis) その外による「The effect of melting-induced volumetric expansion on initiation of laser-induced forward transfer」, Appl. Surf. Sci., 253 4759-4763 (2007), およびバンクス (Banks) その外による「Nanodroplets deposited in microarrays by femtosecond Ti: sapphire laser-induced forward transfer」, Appl. Phys. Lett., 89, 193107 (2006) に示されており、これらすべてをこの明細書に援用する。

10

【0005】

この特許出願に援用する文書は、これらの援用文書においてこの明細書の明示的または暗示的な定義と矛盾するように任意の用語が定義されている限りにおいてこの明細書の定義のみが考慮される場合を除き、この出願の不可欠な部分と考えられる。

【発明の概要】

【0006】

この明細書に記載のこの発明の一実施形態は、アクセプタ表面 (acceptor surface) 上への材料堆積のための装置であって、対向する第1および第2の表面を有する透明ドナー基板と上記第2の表面上のドナーフィルムとを含む装置を提供する。また、この装置はさらに、上記ドナー基板の上記第1の表面を通過して上記第2の表面上の所定位置 (a location) において上記ドナーフィルムに衝突することによって上記位置において上記第2の表面に垂直でない (not normal) 角度で上記ドナーフィルムから上記アクセプタ表面に向けて溶融材料の液滴の放出を誘起するように放射ビームを方向づける (案内する) (direct) ように構成された光学アセンブリを備えている。

20

【0007】

いくつかの実施形態において、上記光学アセンブリは、第2の表面に垂直でない選択角度 (a selected angle) で上記液滴が放出されるように選択される非対称性を上記ビーム中に生成する (非対称ビームを生成する) (to generate an asymmetry in the beam) ように構成されている。他の実施形態において、上記光学アセンブリは音響光学偏向器 (AOD) (acousto-optic deflector) を備え、上記AODが、それぞれ異なる角度で上記AODから出射される複数のサブビームとして放射ビームを形成し、一体となった上記サブビームが上記非対称性を有する合成ビーム (a composite beam) を形成するように構成されている。さらに他の実施形態において、上記装置はドライバ回路を備え、上記ドライバ回路が、複数の周波数を有する駆動信号を上記AODに入力することによって上記AODにおける回折によって上記サブビームを形成するように構成されている。

30

【0008】

一実施形態において、上記装置はさらにプロセッサを含み、上記プロセッサが、上記放射ビームと上記駆動信号の複数の周波数とを同期することによって上記非対称性を有する上記合成ビームを形成するように構成されている。別の実施形態において、上記光学アセンブリが複数のミラーを備え、上記ミラーが上記非対称性を有する合成ビームを一体的に形成する複数のサブビームとしての上記放射ビームを形成するように構成されている。さらに別の実施形態において、上記光学アセンブリは、上記ミラーを用いて一または複数の選択されるサブビームをスイッチ・オフすることによって上記非対称性を上記合成ビームに導入するように構成されている。

40

【0009】

いくつかの実施形態において、光学アセンブリは、上記ミラーを用いて一または複数の選択されるサブビームの各位相を制御することによって上記非対称性を上記合成ビームに導入するように構成されている。他の実施形態において、光学アセンブリは液晶セルアレイ (liquid crystal cell array) を備え、上記アレイが上記非対称性を有する上記合成ビームを一体となって形成する複数のサブビームとしての上記放射ビームを形成するよう

50

に構成されている。さらに他の実施形態において、光学アセンブリは、上記液晶セルアレイのセルを用いて一または複数の選択されるサブビームの各位相を制御することによって上記非対称性を上記合成ビームに導入するように構成されている。代替的な実施形態において、上記ドナーフィルムが上記第2の表面上の所定位置に(at a position)不均一部(non-uniformity)を有するものであり、上記光学アセンブリが、上記位置付近のドナーフィルムに上記ビームが衝突するように上記ビームを方向づける(案内する)ことによって、上記第2の表面に対して垂直でない選択される角度において液滴が放出されるように構成されている。

【0010】

一実施形態において、上記ドナーフィルムに衝突するビームが球対称(spherically symmetric)である。別の実施形態において、上記不均一部はドナーフィルム中の孔およびトレンチの少なくとも一つを含む。さらに別の実施形態において、上記不均一部は上記選択される角度において上記液滴が放出されるように選定される所定形状を有する。代替的な一実施形態では、上記位置から上記ビームの衝突点の距離が、上記選択される角度において放出される上記液滴が生じるように選定される。

【0011】

いくつかの実施形態において、上記光学アセンブリは、上記放射ビームを用いて上記ドナーフィルムに上記不均一部を形成するように構成されている。他の実施形態において、上記不均一部が第1および第2の不均一部を含み、上記光学アセンブリは、上記第1の不均一部の形成後かつ上記液滴の放出前または放出後に、上記第2の不均一部を形成するように構成されている。

【0012】

また、この発明の一実施形態によると、アクセプタ表面上に材料を堆積させる方法であって、対向する第1および第2の表面を有する透明ドナー基板と上記第2の表面上にドナーフィルムを用意する方法が提供される。放射ビームは、上記ドナー基板の上記第1の表面を通過し、かつ上記第2の表面上の所定位置において上記ドナーフィルムに衝突し、上記位置において上記第2の表面に垂直でない角度において上記ドナーフィルムから上記アクセプタ表面への溶融材料の液滴の放出が誘起されるように方向づけられる(案内される)。

【0013】

この発明は、図面とともに以下に示すこの発明の実施形態の詳細な説明によってさらに理解されよう。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】この発明の一実施形態による基板に直接書き込みをするシステムの模式図である。

【図2A】この発明の別の実施形態による光学アセンブリの詳細を示す模式図である。

【図2B】この発明の代替的な一実施形態による別の光学アセンブリの模式図である。

【図3】この発明の一実施形態による音響光学偏向器の模式断面図である。

【図4】図4Aおよび図4Bは、この発明の実施形態による非対称ビームプロファイルのグラフである。

【図5】この発明の代替的な一実施形態による代替的な光学アセンブリの模式図である。

【図6】この発明の別の実施形態による基板に直接書き込みをするシステムの模式側面図である。

【図7】図7A~図7Cは、この発明の実施形態によるドナーから放出される液滴の模式図である。

【図8】図8A~図8Cは、この発明の他の実施形態によるドナーおよび熱障壁の模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

10

20

30

40

50

## 概説

最新の多くの電子機器は、表面に3D構造が構築された非平坦面の3D構造を備えている。このような構造体は、被覆、再パターン化（たとえば欠損構造の完成）、または構築（たとえば金属柱の追加）が難しい。レーザ誘起前方転写（LIFT）技術は高品質かつ高コスト効率の印刷を提供するが、通常はドナーの表面に対して直角に微小液滴を放出するものに限定される。このため従来のLIFTシステムは、アクセプタの水平面上に微小液滴を印刷できるが、許容し得る品質において3D構造の側壁に印刷をする（printing on the side-walls of 3D structures）ことができない場合がある。

## 【0016】

以下に記載のこの発明の実施形態は上記に例示するような従来技術の限界を克服するもので、複数の新規な光学アセンブリおよびドナー構造体と、LIFTシステムを動作させる対応する方法とを提供するものである。この発明の実施形態は金属材料および非金属材料の両方の印刷を含む。

10

## 【0017】

いくつかの実施形態において、アクセプタ表面上への材料堆積のためのシステムは、対向する第1および第2の表面を有する透明ドナー基板を備え、上記ドナーの第2の表面にドナーフィルム（donor film）を備えるものである。このシステムはさらに、上記ドナー基板の第1の表面を通過し、かつ上記ドナーの上記第2の表面上の選択位置において上記ドナーフィルムに衝突するように放射ビームを案内する（方向づける、向ける）ように構成された光学アセンブリを備えている。上記放射ビームは、上記選択位置において、上記ドナーの上記第2の表面に垂直でない（すなわち直角でない）角度で、上記ドナーフィルムからの溶融材料の液滴の放出を誘起することができる。

20

## 【0018】

一般的なLIFT技術では、上記ドナーと上記アクセプタとをごく近接させる必要があり（たとえば実質的に1mm未満）、上記ドナーおよび上記アクセプタは通常互いに平行に位置決めされる。液滴はドナーフィルムからアクセプタ表面上に放出され、典型的にドナーとアクセプタとが平行な場合に、上記アクセプタの表面に直角ではない角度で到達させることができ、したがってこのシステムは3D構造体の側壁に液滴を印刷することができる。

## 【0019】

一実施形態においては、ドナーフィルム中の非対称な加熱プロファイルによって所要角度（the required angle）において液滴を放出（または噴射）させることができる。開示する技術を使用して、上記ドナーフィルム上に非対称ビームを衝突させるまたは上記ドナーフィルムの材料中に（非対称性を生じさせる）ある不均一部を導入しかつ上記ドナーフィルム上に球対称ビームを衝突させることによって、非対称な加熱プロファイルを形成することができる。加熱非対称性を反映する熱「ノズル」が上記ドナーフィルム中に形成され、溶融材料中に圧力勾配（pressure gradient）が形成される。上記圧力勾配および上記ノズルの非対称性によって液滴の噴射角度が決まる。このように、上記ドナーフィルム中の非対称性を制御することによって、ユーザは、ドナーを上記アクセプタと平行に位置決めしつつも、噴射角度を制御することができる。

30

40

## 【0020】

いくつかの実施態様において、光学アセンブリは、レーザからの入射ビームを複数のサブビームに分割するように構成されている。サブビームは、通常変調されて上記ドナーの下面に案内され、これによって上記ドナーフィルム上に非対称ビームが形成される。上記ドナーの上記第2の表面に垂直でない選択角度において上記液滴が（上記ドナーの第2の表面上の）ドナーフィルムから放出されるように、スポット非対称性（spot asymmetry）を選択してもよい。一実施形態では、上記光学アセンブリが、複数の出力サブビームを生成し、これを結合して所望の合成（複合）非対称ビーム（composite asymmetric beam）を生じさせる音響光学機器を備える。

## 【0021】

50

代替的な実施形態において、上記光学アセンブリは、マイクロミラーのアレイを有する微小光電気機械システム(MOEEMS)(Micro-Opto-Electro-Mechanical-system)装置を備えてもよい。MOEEMS装置は、通常、各マイクロミラーの回転または上昇位置を制御し、上記装置によって生成されるサブビームの位相または偏向角度を制御する。出力サブビームの局所的位相または方向(the local phase or direction)を制御することによって、ユーザは合成出力ビームのさまざまなプロファイルを形成することができる。出力サブビームを組み合わせることによって上記ドナーフィルム上に所望の非対称スポットを形成するように、この発明の光学アセンブリの光学素子(光学系)を構成することができる。

#### 【0022】

代替的な一実施形態において、ドナーフィルムは、上記フィルム中にトレンチ(trench)または孔(hole)といった不均一部を備えている。この代替的な実施形態において、放射ビーム、この場合は通常球対称ビーム、を案内し、上記不均一部の位置に近接する上記ドナーフィルム上に衝突するように光学アセンブリを構成してもよい。上記ビームと上記ドナーフィルムとの相互作用が上記衝突位置において上記ドナーフィルムの材料を溶かし、上記不均一部が熱障壁として作用する。上記熱障壁が溶かされた材料の周りに非対称な熱伝プロファイル(asymmetric thermal conductivity)を形成し、これによって溶かされた材料が非対称プロファイルを有するものとなり、上記ドナーフィルムに対して垂直でない角度において上記液滴が放出される。

#### 【0023】

いくつかの実施態様において、上記システムは、パターンとビームとの間の固有の近接(specific proximity)を選択することによって、放出角度の方位(アジマス)およびサイズを制御する。代替的な実施形態では、上記放出角度は、パターン形状(たとえば、円形孔または矩形トレンチ)と、上記パターンと上記ビームの近接との組み合わせを用いて制御される。

#### 【0024】

上記技術によって、LIFTシステムは、簡単かつ高コスト効率の光学アセンブリおよび平坦ドナー構造体を用いて、側壁のような複雑な3D構造上に印刷をすることができる。非対称ビームを用いる実施形態を、従来の任意のドナーを用いて所定かつ被制御の直角でない角度(controlled non-orthogonal angle)において印刷するために用いることができる。また、ドナーフィルム中の不均一部を用いる実施形態によって、被制御の直角でない角度において印刷をすることができる。開示される能力は大量製造ラインにおいて容易に実装可能である。

#### 【0025】

システムの説明

図1は、この発明の一実施形態によるもので、基板24上に描画する印刷および直接書き込みシステム10の模式図である。ここでこのシステムおよびその構成要素は、この明細書に記載の技術を実装可能な環境を説明することを目的として示しているに過ぎないものである。このような技術は、他種の適当な装置を用いてかつ他の構成において同様に実行可能である。

#### 【0026】

印刷および直接書き込みシステム10は、搭載面14上に保持されたフラットパネルディスプレイ(FPD)またはプリント回路基板(プリント配線板)(PCB)等の電子回路12の基板24上で動作する。一般的に、LIFTプロセスにおいて基板24はレシーバまたはアクセプタとも呼ばれる。この明細書において、用語「フラットパネルディスプレイ」、「FPD」、「プリント回路基板」、および「PCB」は、基板材料の種類および堆積に用いられるプロセスに関係なく、金属等の導電材料または誘電体およびポリマー等の非導電材料が堆積される任意の誘電体、金属または半導体基板を概略的に表すために使用している。システム10は、さまざまな基板上またはその他任意の電子機器中に金属回路の印刷のような新たな層を堆積するために用いることができる。

10

20

30

40

50



## 【 0 0 2 7 】

ブリッジ18の形態の位置決めアセンブリが、システム10の軸に沿って光学アセンブリ16を直線状に移動させることによって、対象の基板24上の適当な部位の上方に光学アセンブリ16を位置決めする。他の実施形態において、位置決めアセンブリを、1つの軸(X)、2つの軸(X, Y)、または3つの軸(X, Y, Z)に沿う移動ステージ等、他の形態のものとする事ができる。制御ユニット27が光学アセンブリおよび位置決めアセンブリの動作を制御し、かつ温度制御といった付加機能を実行し、所要の印刷、パターンニング、および/または他の製造動作を実行する。通常、制御ユニット27は、ユーザインターフェースおよびソフトウェアとともにプロセッサおよびディスプレイ(図示略)を含む汎用コンピュータを備えるオペレータ端末(図示略)と通信する。

10

## 【 0 0 2 8 】

光学アセンブリ16はレーザ40および光学素子44を備え、ドナー11からレーザ誘起前方転写(LIFT)技術を適用する。挿入図38は、光学アセンブリ16の構成要素およびモジュールと、ドナー11の下面69に垂直でない放出角度でドナーフィルム62から液滴を放出するプロセスとを示す模式的な側面図である。

## 【 0 0 2 9 】

レーザ40がパルスビーム52をビーム操作アセンブリ41に放出し、アセンブリ41はビーム52を複数の出力サブビーム54に分割するように構成されている。サブビーム54は、互いに分岐した2つ以上のサブビームとしてアセンブリ41から出射される。光学素子44はサブビーム54を合成非対称ビーム43に集束し、この合成ビームが光学素子によって集光され、下面69に合成非対称スポット23を形成する。アセンブリ41の動作は図2A~図4Bを参照して以下により詳細に説明する。レーザ40はたとえば周波数倍化出力(frequency-doubled output)を有するパルスNd:YAGレーザを含むことができ、レーザのパルス振幅は制御ユニット27によって制御することができる。

20

## 【 0 0 3 0 】

光学素子44は、一または複数のドナーフィルム62が下面に堆積されたドナー基板60を備えるドナー11上に非対称ビーム43を集光する。典型的には、基板60はガラスまたはプラスチック・シートといった透明な光学材料を備えている。光学素子44は基板60の上面59を通るビーム43をフィルム62上に集光する。スポット23の非対称性によって、フィルム62に関して測定される垂直でない放出角度において、フィルム62から回路12のフィルム25上に溶解材料の液滴が放出される。選択角度における放出のメカニズムについては、図4A、図4B、および図7A~図7Cを参照してより詳細に説明する。

30

## 【 0 0 3 1 】

図2Aは、この発明の一実施形態による光学アセンブリ16の詳細を示す模式図である。レーザ40は光学的放射ビーム52を放出するものであり、これには可視光線、紫外線または赤外線放射が含まれる。ドライバ48は周波数が近い複数の信号をアセンブリ41の音響光学偏向器(AOD)(acousto-optic deflector)42に送り込む。AODはビーム52を複数の出力サブビーム54に分割するものであり、複数の出力サブビームはAOD中の多周波回折格子から回折して分岐する。一実施形態では、走査ミラー46がサブビーム54を光学素子44に偏向し、光学素子がサブビーム54を集光し、基板60を通して回折角度によって決定される隣接位置においてドナーフィルム62上に衝突させる。ドナーフィルム62への衝突のとき、上記回折したサブビーム54は各位置において部分的にオーバーラップするスポット(spots)を形成し、これによって非対称ビーム43が形成される。

40

## 【 0 0 3 2 】

複数のサブビーム54を生成するために、多周波ドライバ回路48が駆動信号を圧電性結晶50に印加し、圧電性結晶が偏向器42を駆動することによって、ビーム52を分割する音波が偏向器中に生成される。図2Aには単一のミラー46のみが示されているが、代替的な実施形態(図示略)においては、一体的または独立して走査可能な2軸ミラー、および/または当技術分野において知られている任意の他の適切な種類のビーム・スキャナを採用してもよい。

50

## 【 0 0 3 3 】

ドライバ回路48はさまざまな異なるモードにおいて音響光学偏向器42を駆動して複数の出力ビーム54を生成することができる。付属的な集光光学素子および走査光学素子とともに光学アセンブリ24における使用に適応可能な多くの適切な駆動技術は、たとえばネイバー(Naver)その他の米国特許第8,395,083号に記載されており、その開示内容をこの明細書に援用する。これらの技術のうちの一つによると、ドライバ回路48が多周波駆動信号を生成し、これによって音響光学偏向器がビーム52をそれぞれ異なる角度の複数の出力ビーム54に回折する。この種の多周波駆動のさらなる詳細については、この明細書に援用されるヘクト(Hecht)の「Multifrequency Acoustooptic Diffraction」、IEEE Transactions on Sonics and Ultrasonics SU-24, pages 7-18 (1977)、および同じくこの明細書に援用されるアントノフ(Antonov)外の「Efficient Multi-Beam Bragg Acoustooptic Diffraction with Phase Optimization of a Multifrequency Acoustic Wave」、Technical Physics 52:8, pages 1053-1060 (2007)に記載されている。

10

## 【 0 0 3 4 】

図2Bは、この発明の他の実施形態による別の光学アセンブリ17の模式図である。アセンブリ17は、システム10のアセンブリ16に代えて用いることができる。アセンブリ17において、第1の音響光学偏向器42Aは、レーザ40からのビーム52を受け、ビーム52を複数のサブビーム54Aに分割する。上記偏向器42AはサブビームをX軸に沿って分離する。X軸に沿うサブビーム54Aの強度分布は対称であってもよいし非対称であってもよい。第2の音響光学偏向器42Bは、一または複数のサブビーム54AをY軸に沿う各サブビーム54Bにさらに分割するように構成されている。ここでも、Y軸に沿うサブビーム54Bの強度分布は対称であってもよいし非対称であってもよい。

20

## 【 0 0 3 5 】

ドライバ回路48は周波数が近い複数の駆動信号を偏向器42Aおよび42Bのそれぞれに与える。用語「周波数が近い」とは、音速をV、開口のサイズをDとしたときに、比  $f = V/D$  で与えられる、システム10の周波数分解能  $f$  よりも小さい周波数差を表す。

## 【 0 0 3 6 】

開示する技術においては、偏向器の回折格子によって形成される光学的開口(optical aperture)を音波が横切るのに要する時間(「立ち上がり時間」とも呼ばれる)よりも実質的に短い短時間レーザパルス(short-duration laser pulses)が使用される。たとえば、開口幅が  $D = 6 \text{ mm}$  の場合、音速Vを  $59000 \text{ m/s}$  とすると、立ち上がり時間は約  $1.02 \text{ } \mu\text{s}$  に等しい。

30

## 【 0 0 3 7 】

偏向器(複数)を通過したビーム52は、互いに部分的に重なり合った2つ以上のスポットをドナーの表面に形成し、これによって非対称ビームを形成することができる。周波数が近い信号とともに偏向器を使用することによって、非対称サブビーム(54Aまたは54B)の2次元(2D)アレイを生成することができる。各サブビームがドナーに衝突すると、非対称ビームの形状に関連する所望角度で液滴が噴射する。非対称サブビームの2Dアレイは複数の液滴を同時に噴射するものでもよく、異なるサブビームによって生成された液滴は各非対称サブビームの形状に対応した角度で噴射される。

40

## 【 0 0 3 8 】

これに代えて、偏向器42Aはその入射ビームをX方向に走査するようにしてもよく、他方、偏向器42Bは入射ビームをY方向に分離した複数の非対称ビームに分割するように駆動される。偏向器42Aおよび42Bはアセンブリ41中に設けられ、それぞれ圧電性結晶50Aおよび50Bによって駆動される。アセンブリ16と比較してアセンブリ17は多用途性およびステアリング速度が高く、しかしながらビーム強度損失がより大きくなる代償を払う。

## 【 0 0 3 9 】

図3は、この発明の一実施形態による音響光学偏向器42の模式断面図である。この図はドライバ回路48および圧電性結晶(piezoelectric crystal)50を含む多周波駆動の効果および動作を示している。回路48からの多周波駆動信号によって、圧電性結晶50は複数の

50

駆動周波数の音波を生成し、これが偏向器42の音響光学結晶を伝搬する。様々な駆動周波数のそれぞれが偏向器中に対応する空間周波数の音響光学回折格子を規定する。すなわち、上記偏向器は間隔の異なる複数の重畳格子を含む。

【0040】

ビーム52が偏向器42に入ると、上記結晶中の格子のそれぞれが格子間隔に応じた様々な角度でビーム52を様々な角度で回折する。これによって偏向器42は、結晶50によって提供される様々な周波数  $f_1$  ,  $f_2$  , ... に対応する様々な角度  $\theta_1$  ,  $\theta_2$  , ... でビーム52を複数のサブビーム54に分割する。たとえば、偏向器42中において駆動される近い周波数を有する2つの駆動信号によって、ドナーフィルム62に衝突するとき一部が重なり合う2つの隣接回折サブビーム (adjacent diffracted sub-beams) 54が形成され、これによって非対称ビーム43が形成される。

10

【0041】

複数の周波数  $f_1$  ,  $f_2$  の提供に加え、ドライバ回路48はこれら周波数のそれぞれに振幅を与えるように構成されており、これによってビーム52の各パルスによって生成される対応するサブビーム54の強度が制御される。以下により詳細に説明するように、回路48は、ビーム52のパルスと適切に同期した対応する周波数において信号の振幅を変調することによってサブビームの強度を制御する。より詳細には、ドライバ回路48は、上記対応する周波数成分をオンおよびオフすることによって、各パルスにおいて生成される出力ビーム54の組み合わせを選択することができる。

【0042】

20

図4Aは、この発明の一実施形態による、スポット23の非対称ビームプロファイル56の模式的なグラフである。プロファイル56は偏向器42の向きによって規定される直線に沿うスポット23の断面であり、スポットを横切る距離  $x$  に対する強度  $y$  をプロットしている。ビームプロファイル56は、図3に示す2つのそれぞれの出力サブビーム54を表す2つのピークを含む。ピーク57は角度  $\theta_1$  で偏向された第1の出力サブビーム54に対応する。ピーク58は角度  $\theta_2$  で偏向された第2の出力サブビーム54に対応する。第1および第2の出力ビーム54は、ドライバ回路48によって偏向器42に与えられる対応周波数 ( $f_1$  ,  $f_2$ ) , 振幅 ( $A_1$  ,  $A_2$ ) および位相 ( $p_1$  ,  $p_2$ ) の所定セットによって形成される。

【0043】

第1および第2のサブビーム54がスポット23に集光すると、 $f_1$  および  $f_2$  の値の差によってスポットにおいて2つのビームのピークの位置的シフトがわずかに生じ、これによって上記グラフに示す非対称プロファイルが形成されることを理解されたい。

30

【0044】

典型的には、周波数が近い2つの信号を偏向器42に加えると、2つの信号間の周波数差によって与えられる周期によって上記偏向器42中で音響信号が変調され、建設的および相殺的干渉 (constructive and destructive interference) が生じる。回折効率を最大に得るために、制御ユニット27は偏向器42において生じる建設的干渉とレーザ40のパルスとを同期するように構成されている。これに加えて、レーザパルスの時間幅は上記変調周期よりも実質的に短くなければならず、これによってレーザパルスが建設的干渉と同期する。

40

【0045】

図4Bは、この発明の一実施形態による、スポット23の非対称プロファイル60の別グラフ例である。ビームプロファイル60は第1、第2および第3のサブビーム54によって形成され、かつ単一のピーク61を含む。図示するプロファイルを生成するために、ドライバ回路48は結晶50によって偏向器42に入力される3つの周波数  $f_1$  ,  $f_2$  , および  $f_3$  を生成し、これによって対応する第1、第2および第3のサブビームを生成する。ドライバ回路48はまた、周波数  $f_1$  ,  $f_2$  , および  $f_3$  に対応する振幅  $A_1$  ,  $A_2$  , および  $A_3$  を設定する。このプロファイルは、振幅  $A_2$  および  $A_3$  が等しく ( $A_2 = A_3$ ) , 振幅  $A_1$  が  $A_2 + A_3$  に等しいときに生成される。さらに、上記周波数間の差は  $f_1 - f_2 = 2 * (f_2 - f_3)$  である。図4Aおよび図4Bを考慮すると、システム10のユーザは、対応周波

50

数および振幅の特定セットを持つ所定のパルスのセットを選択することによって、所望形状の非対称ビーム、および上記ビームによって生成される非対称スポットを設計できることを理解されたい。

【0046】

以下に示すように、光学アセンブリ16は、典型的には1MHz以下の速度（レート）でリフレッシュするレーザ40のような、高速繰り返しレーザに対応する早い速度でスポット23の形状を修正するまたはリフレッシュするように構成することができる。

【0047】

レーザ40の空間パルス幅をDとすると、AOD42中の音波がパルス幅を伝播するために要する時間 $t_T$ は、式(1)によって与えられる。

10

【0048】

【数1】

$$t_T = \frac{D}{v_s} \quad (1)$$

【0049】

ここで、 $v_s$ はAOD中の音波速度である。

【0050】

AOD中の波長 $\lambda$ は式(2)によって与えられる。

20

【0051】

【数2】

$$\lambda = \frac{v_s}{F} \quad (2)$$

【0052】

ここでFは音波の周波数である。

【0053】

AODによる効果的な回折のためには、上記光パルスの幅Dは上記AOD中に生成される回折格子中において多くの波をカバーしなければならない。すなわち、以下の通りである。

30

【0054】

【数3】

$$D \gg \lambda, \text{ or } D \gg \frac{v_s}{F} \quad (3)$$

【0055】

式(1)および式(3)を組み合わせると、以下が与えられる。

【0056】

40

【数4】

$$t_T \gg \frac{1}{F} \quad (4)$$

【0057】

AODについてFは200MHz以上とすることができるので、200MHzで駆動するAOD中における、たとえば20波(20 waves)の伝播時間 $t_T$ は $10^{-7}$ 秒である。この伝播時間は10MHzのレーザリフレッシュ速度に対応し、これは上述の1MHzの典型的な速度よりも1桁大きい。このように、この発明の実施形態によると、典型的なも

50

のよりもレーザ40についてリフレッシュ速度を実質的に速くすることができる。上述の説明および数値は純粹に一例としてのものである。他の実施形態においては、その他の任意の適切な動作スキーム、レーザパラメータ、または他の数値を用いることができる。

【0058】

図5は、この発明の他の一実施形態による、他の光学アセンブリ19の模式図である。アセンブリ19はシステム10のアセンブリ16に代えて用いることができる。レーザ40がビーム52をビーム拡大器65に放出し、ビーム拡大器65は微小電気機械システム(MEMS)(Micro-Electro-Mechanical-system)デバイス63に含まれるマイクロミラー64のアレイ上にビーム52を拡大しかつコリメートする。

【0059】

MEMSデバイス63のようなMEMSデバイスは複数の製造業者から市販されており、たとえば、ドイツ、ミュンヘンのフラウンホファー・インスティテュート(Fraunhofer Institute)によって製造されるマイクロミラー製品であり、MOEMS(微小光電気機械システム)(Micro-Opto-Electro-Mechanical-System)と呼ばれることもある。この種のデバイスは、たとえばゲナー(Gehner)の「MEMS Adaptive Optics Developments at IPMS」、2007年に記載されており、これをこの明細書に援用する。

【0060】

典型的には、デバイス63はマイクロミラー64の一または複数のアレイ(たとえば、メガピクセルデバイスでは百万個のマイクロミラー64)を備え、通常、アレイ中の各マイクロミラー64の回転または上昇を制御する。いくつかの実施態様において、上記光学アセンブリは、マイクロミラーのそれぞれを適切な回転角に回転させることによって一または複数のサブビーム54をオフにスイッチするように構成されている。この技術は広く用いられており(たとえば、テキサス・インスツルメンツ(Texas Instruments)が用いている)、所定のマイクロミラーをオフにスイッチすることによって所望強度形状の非対称ビームを形成することができる。典型的には、各マイクロミラー64の回転制御によって、高い分解能の下、各サブビーム54の偏向角を制御することができる。図3に関して既述したように、光学素子44がサブビーム54を集光して合成非対称ビーム43を形成し、ビーム43がフィルム62上にスポット23を形成する。

【0061】

他の実施形態において、光学アセンブリは一または複数のマイクロミラー64の上昇を制御することによって、各サブビームが通過する経路の光路長を調整するように構成されている。この調整によってサブビーム間の相対位相が変動し、所望のビームプロファイルが形成される。この技術はフラウンホファー・インスティテュート(Fraunhofer Institute)によって開発されたものである(IPMSと呼ばれている)。マイクロミラーベース技術によってデバイス63を高空間分解能の空間光変調器(Spatial Light Modulator)として機能させることができる。

【0062】

さらに他の実施形態においては、MEMSデバイス63に代えて、アセンブリ19に、シリコン上液晶空間光変調器(LCOS-SLM)(Liquid Crystal on Silicon Spatial Light Modulator)のような液晶セルアレイを、非対称ビームを成形するために設けてもよい。上記液晶セルアレイ中の各セルは電氣的に制御され、反射サブビームに明確な位相遅延を生成する。このようなSLMデバイスはたとえば浜松ホトニクス株式会社(日本、浜松市)によって提供されている。

【0063】

ドナーフィルムに非対称スポットを生成する上述の方法は一例であって、非対称スポットを生成する他の方法は当業者にとって明らかであろう。このような方法のすべてがこの発明の範囲に含まれる。

【0064】

アセンブリ16, 17, 19(および図6に示すアセンブリ21)の構成、およびそれらのそれぞれの光路はシンプル化された構成であって、分かりやすくするために純粹に一例として

10

20

30

40

50

選択されものである。別の実施形態においては、その他の任意の適切な構成および光路を光学アセンブリに使用することができる。たとえば、アセンブリ19において、ビーム54の強度を向上するために、ビーム52をデバイス63上において45°以外の角度で投射しておよ

【0065】

図6は、この発明の別の実施形態によるシステム13の模式側面図である。以下に記載の相違点を除き、システム13の動作はシステム10の動作におおよそ類似しており、両システム13および10において同一の符号によって示す要素は構成および動作がおおよそ類似している。システム13において、光学アセンブリ21はレーザ40を備え、ビーム52を光学素子44に向ける。光学素子44は基板60の上面59を通過するビーム52をフィルム62上に集光する。システム10と異なり、システム13のビーム52は、典型的にはフィルム62に衝突するときを含めて、その光路全体に沿って球対称 (spherically symmetric) である。また、システム10と異なり、システム13では、以下に詳述するようにフィルム62が不均一である。

10

【0066】

フィルム62は一または複数の不均一部 (non-uniformities) 68を備えるもので、不均一部は上記フィルム62においてパターン化されたトレンチ (溝) (trenches) または孔 (holes) を含む。いくつかの実施形態において、不均一部68はドナー11の作成プロセス中にフィルム62にパターン化される。フィルム62に設計された不均一部68が備えられると、ドナーがシステムに搭載されて、上述の通りLIFT印刷プロセスが開始される。

20

【0067】

変形実施形態においては、LIFTプロセス中にフィルム62をパターン化してもよい。フィルム62がパターン化される前に、または部分的に不均一部68がパターン化されて、ドナー11がシステムに搭載される。レーザ40は、典型的には、様々な照射方式を用いることによってフィルム62から材料を噴射するように構成されており、これによって一または複数の不均一部68が形成される。一実施形態では、レーザはLIFT印刷プロセスの開始前に不均一部を形成する。別の実施形態において、レーザはLIFTプロセスの一部 (たとえばドナーの第1の領域の被覆) を完了した後、追加の不均一部68を (たとえばドナーの別の領域に) パターン化することもできる。この機能によって、ユーザは、印刷処理要件に対して上記パターン (たとえば不均一部のレイアウト) を適応させることができ、また、LIFT印刷要件を満たすように不均一部68のパターンを最適化することによって、フィルム62中の材料を有効に利用することができる。

30

【0068】

動作中、フィルム62中の所与の不均一部に近接するフィルム62上に、この明細書において球対称ビームとされるビーム52が衝突するように、上記ビーム52を方向づけるよう光学アセンブリ21を構成することができる。ビーム52とフィルム62との相互作用が衝突位置においてフィルム62の材料を溶かし、不均一部が熱障壁として作用する。熱障壁が溶けた材料の周りに非対称な伝熱プロファイルを形成し、これによって溶けた材料が非対称プロファイルを有することになる。その結果、液滴70が、垂直ではない放出角度で、フィルム62から回路12のフィルム25上に放出され、典型的にドナーとアクセプタとが平行とされているときに、フィルム25の上面に直角でない角度で液滴を着弾させることができる。垂直でない放出プロセスおよびメカニズムについては、図7A~図7Cを参照して詳細に説明する。

40

【0069】

図7A~図7Cは、この発明の一実施形態によるもので、フィルム62から放出される液滴70の模式図である。これらの図において、ドナー11は、ビーム52に対して透明な基板60と一または複数の孔68を含む不均一フィルム62とを備えている。3つのすべての図面において、光学アセンブリ21は、位置73においてフィルム62に衝突するように球対称ビームプロファイル66を有するビーム52を方向づけるものとする。

【0070】

ビーム52とフィルム62との相互作用が位置73においてフィルム62の材料を溶かし、熱「

50

ノズル」(thermal “nozzle”)を形成する。フィルム62中の熱ノズル(通常は金属)はフィルム62を通じてフィルムの周りの環境(たとえば、空気)に熱を分散させる。

【0071】

図7Aは、所与の孔68が位置73から十分に離れており、上記孔が位置73における熱ノズルからの放熱に影響しない場合を示している。この例において、熱が分散されるフィルム領域72および74は位置73を囲む。領域72および74はサイズが等しく、位置73に関して対称に位置するので、熱ノズルの周りに対称熱プロファイル(symmetric thermal profile)(図示略)が存在する。上記対称熱プロファイルのために、位置73において熱ノズルからの排出によって形成される液滴70は、基板66の下面69に直交する方向76に放出される。

【0072】

図7Bは、所与の孔68が位置73に十分に近く、上記孔が位置73における熱ノズルからの放熱に影響する場合を示している。図7Aを参照して既述したように、フィルム62は熱を伝達し、伝達した熱はフィルムから放熱する。位置73の左側にフィルム領域80が位置しており、位置73に形成された熱ノズルと孔68との間にフィルム62の材料が含まれている。位置73の右側には領域78が位置しており、位置73に形成された熱ノズルとフィルム62の右側縁部79との間にフィルム62の材料が含まれている。領域80および78は熱を分散させる。しかしながら、領域80は領域78よりも小さいので、領域78からとは異なる速度で領域80から熱が放出され、これによって位置73の熱ノズルの周りに非対称熱プロファイル(図示略)が形成される。この非対称熱プロファイルによって、表面69の法線77に対して規定されるゼロでない角度82で液滴70が放出される。

【0073】

図7Cは、図7Bの状況よりも所与の孔68が位置73に近い場合を示している。図7Bの状況に比べて、図7Cに示す孔の位置は、位置73における熔融材料からの放熱に影響を及ぼす。位置73の左側に領域86が位置しており、位置73と孔68との間にフィルム62の材料が含まれる。位置73の右側には領域84が位置しており、位置73とフィルム62の右側縁部79との間にフィルム62の材料が含まれる。領域86と84の面積の差が領域80とおよび78(図7B)の差よりも大きいため、図7Cの位置73の周りの熱プロファイル(図示略)は、図7Bの場合に比べてさらに非対称である。図7Cにおける熱プロファイルのより高い非対称性によって、液滴70は、図7Bの角度82よりも大きな非ゼロの角度88で放出される。

【0074】

図7A~図7Cから、上記光学アセンブリの設計を簡素化することができるとともに、フィルム62に孔68を持たせることによって、表面69に垂直でない角度で液滴70を放出する能力をシステム13に与える球対称ビーム52を、システム13が使用することが理解されよう。典型的には、システム13のユーザは、孔68から選択距離のところのフィルム62に衝突するようにビーム52を方向づけ、これによってドナー11から基板24に向かう液滴70の所望の放出角度を設定することができる。図7A~図7Cに記載の例では、孔68と位置73との距離が短くなればなるほど、表面69に対するフィルム62からの放出角度が大きくなる。

【0075】

図8A~図8Cは、この発明の一実施形態によるもので、ドナー11の下側に位置する回路12から見た、ドナーおよびさまざまな熱障壁の模式図である。以下で示す場合を除いて、ドナー11は表面69の領域を覆うフィルム62を備える。

【0076】

図8Aはフィルム62中の円形孔を示しており、これが熱障壁92を提供する。光学アセンブリ21(図8Aにおいて図示略)は、障壁92の左側に位置しかつ障壁にごく近い円形スポット90においてフィルム62に衝突するように対称ビーム52を方向づける(典型的には、図8Aの障壁92およびスポット90はおおよそ図7Bの孔68および位置73に対応する)。図8Aにおいて、矢印94は放出液滴70の方向を示しており、図7Bの角度82での液滴70の放出方向を示している。ビーム52がフィルム62に衝突すると、スポット90の周りに熱が分散する。しかしながら、空間91における温度勾配は、スポット90周りの他の点における温度勾配と比較してより急峻である。点93および95はスポット90の縁部から同様の距離に位置す

10

20

30

40

50

るものの、障壁92によって、点93および95における温度は互いに異なるとともに、空間91の温度とも異なる。このように様々な温度がスポット90の周りに非対称熱プロファイルを描き、その結果液滴70が右方に放出される。

【0077】

図8Bはフィルム62中の矩形孔を示しており、これが熱障壁98を表す。光学アセンブリ21(図8Bにおいて図示略)は、障壁98の下側に位置する円形スポット100においてフィルム62に衝突するように対称ビーム52を方向づける。

【0078】

ビーム52がフィルム62に衝突すると、その結果、熱がスポット100の周りに分散し、障壁98との近接によってスポット100周りに不均一な温度勾配が形成される。スポット100と障壁98との間の上記勾配は急峻である。障壁98が矩形状であるので、点95が熱障壁に非常に近く、両点93および95がスポット90の縁部から同様の距離に位置していても、それらの温度は異なる。図8Aの状況のように、様々な温度がスポット90の周りに非対称熱プロファイルを描く。矢印96は放出液滴70の方向を示しており、図8Bの例では、障壁98がスポット100の上方に位置しているので矢印96は下を向く。

【0079】

図8Cはフィルム62中の矩形孔を示しており、これが熱障壁104を表す。光学アセンブリ21(図8Cにおいて図示略)は、障壁104の左側に位置する円形スポット102においてフィルム62に衝突するように対称ビーム52を方向づける。

【0080】

ビーム52がフィルム62に衝突すると、その結果、熱がスポット102の周りに分散し、障壁104との近接によってスポット102周りに不均一な温度勾配が形成される。図8Bの状況のように、両点93および95がスポット90の縁部から同様の距離に位置するが、障壁104の存在によってそれらの温度は異なる。様々な温度がスポット102の周りに非対称熱プロファイルを描く。矢印106は放出液滴70の方向を示しており、図8Cの例では、障壁104がスポット100の右側に位置しているので矢印106は左を向く。

【0081】

図7A～図8Cに関する上記説明から、フィルム62における熱障壁の形状および寸法が、フィルム上のレーザビームの衝突点からの障壁の距離とともに、すべて、フィルム中に生じる非対称熱プロファイルに寄与することが理解される。当然であるが、これらの障壁パラメータ、すなわち障壁の形状、寸法および距離の選択によって、システム13における任意の所与の液滴70の方向および放出角度の値を、システムのユーザが、実質的に任意の所望の値に設定することができる。

【0082】

上述のシステムでは単一のビーム52が使用されている。しかしながら、当業者であれば、複数の入力ビームが同時に用いられる並列印刷について上記説明を適応できよう。コトラー(Kotler)その外による米国特許出願第62/078,450は、並列印刷に使用可能な複数のビームを生成する方法を記載しており、その開示内容をこの明細書に援用する。

【0083】

当然のことながら、上述の実施形態は一例として言及したものであり、以下の特許請求の範囲は、以上のように詳細に図示および説明したものには限定されない。むしろ、その範囲には、上述のさまざまな特徴のコンビネーションおよびサブ・コンビネーションの両方のほか、上記説明を読むことによって当業者が想到し得るとともに従来技術に開示されていないそれらの変形および改良を含む。

10

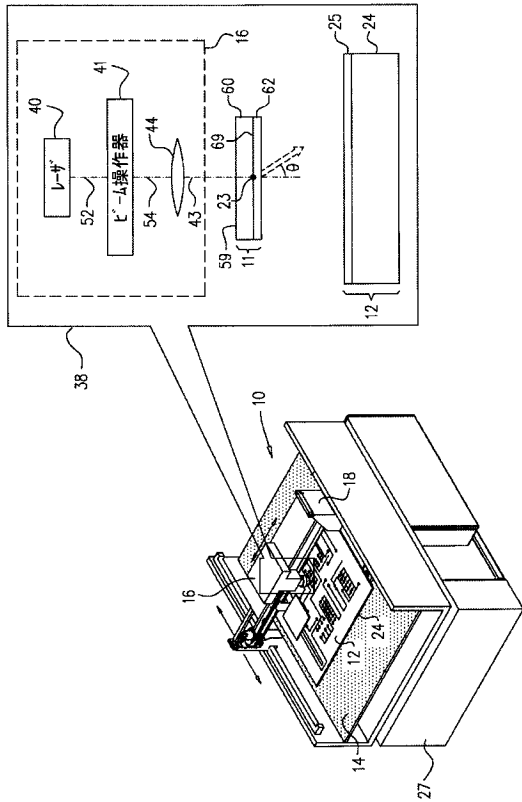
20

30

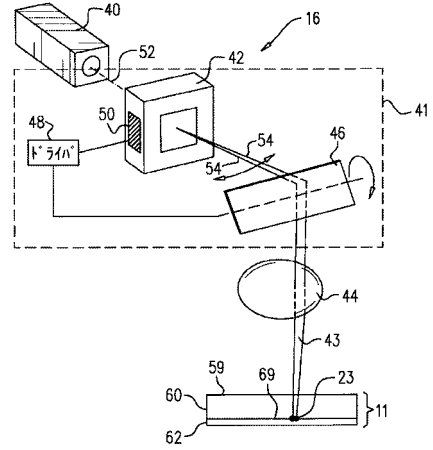
40



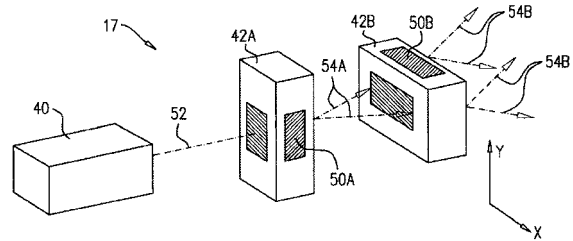
【図1】



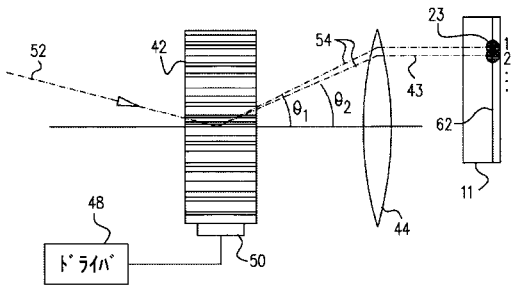
【図2A】



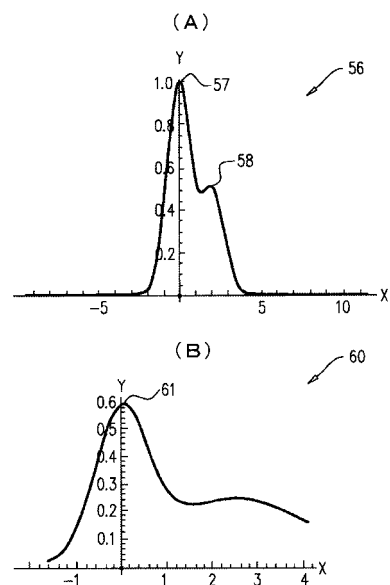
【図2B】



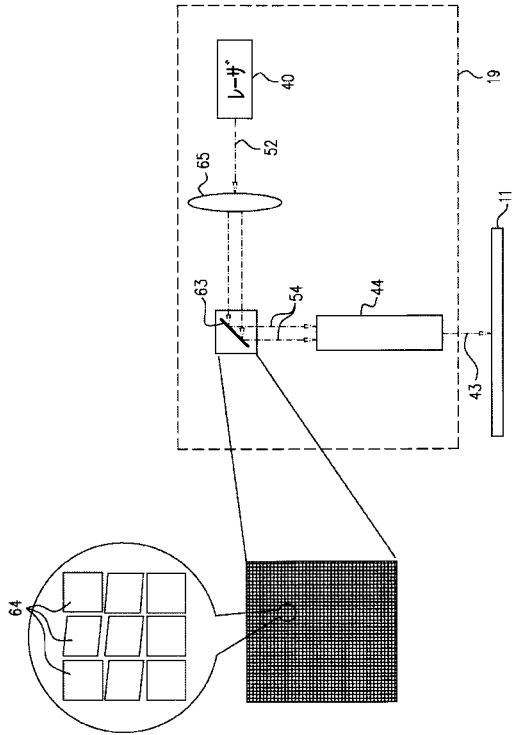
【図3】



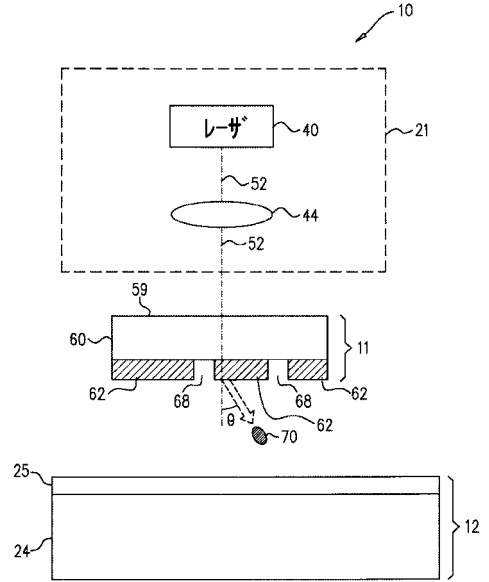
【図4】



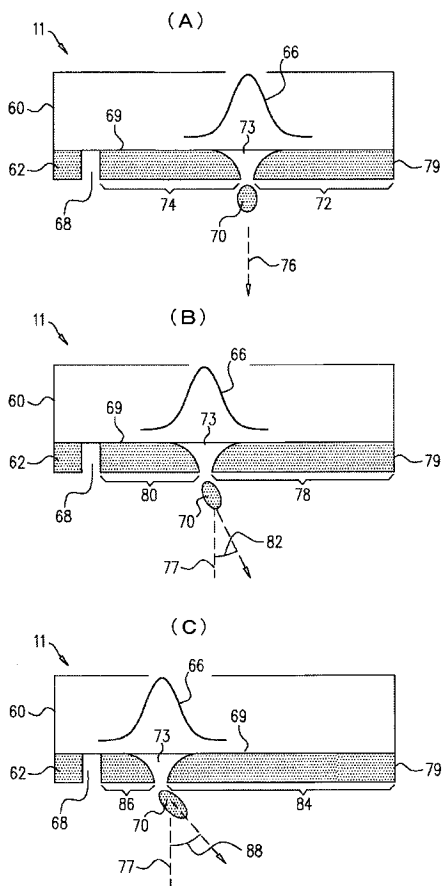
【 図 5 】



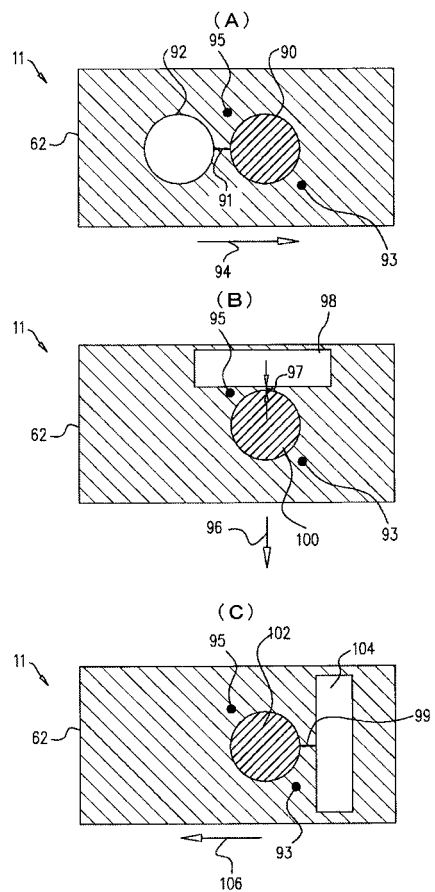
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



## 【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/IL2016/050585
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC (2016.01) C23C 14/28, C23C 14/54, B23K 26/57, B23K 26/064, B23K 26/067 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) IPC (2016.01) C23C 14/28, C23C 14/54, B23K 26/57, B23K 26/064, B23K 26/067, G03F 7/24, G02F 1/33 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) See extra sheet.		
<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	US 2014160452 A1 (DE JAGER PIETER WILLEM HERMAN, ; BANINE VADIM YEVGENYEVICH, ; BLEEKER ARNO JAN, ; VAN DER SCHOOT HARMEN KLAAS, ; STEVENS LUCAS HENRICUS JOHANNES, ; VERMEULEN JOHANNES PETRUS MARTINUS BERNARDUS, ; WUISTER SANDER FREDERIK, ; ASML NETHERLANDS B.V) 12 Jun 2014 (2014/06/12) Figures 20, 23; Paragraphs: 0002, 0115, 0145-0147, 0152, 0219-0221.	1-34
A	WO 2013165241 A1 (NEDERLANDSE ORGANISATIE VOOR TOEGEPAST-NATUURWETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK TNO, ; IMEC) 07 Nov 2013 (2013/11/07) Figure 2; Page 9 lines 1-14, page 10 line 24 - page 11 line 11, page 12 line 6- page 13 line 24 [Disclosed by the applicant].	1-34
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" 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 15 Sep 2016		Date of mailing of the international search report 19 Sep 2016
Name and mailing address of the ISA: Israel Patent Office Technology Park, Bldg.5, Malcha, Jerusalem, 9695101, Israel Facsimile No. 972-2-5651616		Authorized officer Aamidor Josh Telephone No. 972-2-5651722

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.  
PCT/IL2016/050585

Patent document cited search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication Date
US 2014160452 A1	12 Jun 2014	US 2014160452 A1	12 Jun 2014
		JP 2014522128 A	28 Aug 2014
		JP 5753320 B2	22 Jul 2015
		KR 20140036028 A	24 Mar 2014
		KR 101616761 B1	29 Apr 2016
		NL 2009210 A	19 Feb 2013
		TW 201312290 A	16 Mar 2013
		TW 1486724 B	01 Jun 2015
		WO 2013023874 A1	21 Feb 2013
WO 2013165241 A1	07 Nov 2013	WO 2013165241 A1	07 Nov 2013
		EP 2660352 A1	06 Nov 2013
		EP 2844782 A1	11 Mar 2015
		JP 2015521234 A	27 Jul 2015
		TW 201410898 A	16 Mar 2014
		US 2015086705 A1	26 Mar 2015

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/IL2016/050585

**B. FIELDS SEARCHED:**

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

Databases consulted: Esp@cenet, Google Patents, PatBase

Search terms used: laser induced forward transfer, direct write, sputter, print, asymmetric, symmetric, harmonic, laser, beam, light, dot, spot, profile, heat, thermal, acousto-optic deflector, grat, split, manipulate, scatter, diffract, traject, azimuth, curve, planer, angle, oblique, contour, vertical, orthogonal, perpendicular, upright, right, normal, slope, eject, jet, impign, target, acceptor, receiver, substrate, deposit, donor, sacrifice, print, steer, transparent, clear, translucent; CPC classification: G03F7/70383

---

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(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), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US