

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2021-66955  
(P2021-66955A)

(43) 公開日 令和3年4月30日(2021.4.30)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>B 2 2 F 3/16 (2006.01)</b>	B 2 2 F 3/16	4 K O 1 8
<b>B 3 3 Y 10/00 (2015.01)</b>	B 3 3 Y 10/00	
<b>B 2 2 F 3/105 (2006.01)</b>	B 2 2 F 3/105	

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2020-173231 (P2020-173231)  
 (22) 出願日 令和2年10月14日 (2020.10.14)  
 (31) 優先権主張番号 16/666, 212  
 (32) 優先日 令和1年10月28日 (2019.10.28)  
 (33) 優先権主張国・地域又は機関  
 米国 (US)

(71) 出願人 596170170  
 ゼロックス コーポレイション  
 XEROX CORPORATION  
 アメリカ合衆国 コネチカット州 068  
 51-1056 ノーウォーク メリット  
 7 201

(71) 出願人 504407000  
 パロ アルト リサーチ センター イン  
 コーポレイテッド  
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94  
 304 パロ アルト カイオーテ ヒル  
 ロード 3333

(74) 代理人 100094569  
 弁理士 田中 伸一郎

最終頁に続く

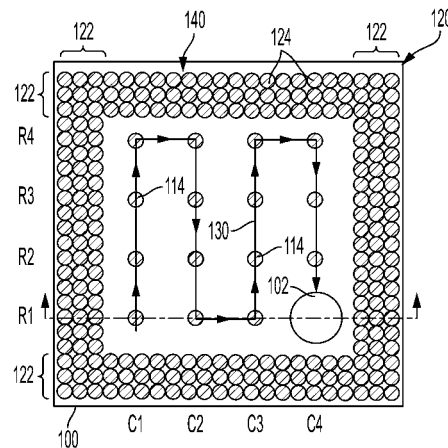
(54) 【発明の名称】 合金支持体

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 処理効率を改善し、生産スループットを向上させる、3次元印刷構造体を形成する方法の提供。

【解決手段】 3次元印刷構造体を形成するための方法であって、印刷構造体が、複数の柱位置における複数の柱114を含み、複数の柱位置の各々において印刷ヘッド102から印刷材料の第1の液滴のみを順次排出することと、次いで、複数の柱位置の各々において第1の液滴上に印刷ヘッドから印刷材料の第2の液滴のみを順次排出することと、次いで、柱位置のうち2つ以上において印刷材料の追加の液滴を順次排出して、複数の柱114を形成することと、を含む、方法。

【選択図】 図1A



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

3次元印刷構造体を形成するための方法であって、前記印刷構造体が、複数の柱位置における複数の柱を含み、前記方法が、

前記複数の柱位置の各々において印刷ヘッドから印刷材料の第1の液滴のみを順次排出することと、次いで、

前記複数の柱位置の各々において前記第1の液滴上に前記印刷ヘッドから前記印刷材料の第2の液滴のみを順次排出することと、次いで、

前記柱位置のうち2つ以上において前記印刷材料の追加の液滴を順次排出して、前記複数の柱を形成することと、を含む、方法。

10

**【請求項 2】**

前記複数の柱の各柱が、完成したときに、高さを有し、前記複数の柱の各柱の前記高さが、前記複数の柱の他の全ての柱の高さから1つ以下の液滴直径だけ変化するように、前記複数の柱を印刷することを更に含む、請求項1に記載の方法。

**【請求項 3】**

前記複数の柱の前記複数の柱位置において基材の表面上に液滴を順次堆積し、前記複数の柱の形成を完成することと、次いで、

前記複数の柱の隣接する柱間に複数の液滴を順次堆積させて、前記基材の前記表面に略平行な支持表面を形成することと、を更に含む、請求項2に記載の方法。

20

**【請求項 4】**

前記複数の柱の隣接する柱間に堆積された前記複数の液滴が、前記隣接する柱間に懸垂され、前記基材の前記表面に物理的に接触しない、請求項3に記載の方法。

**【請求項 5】**

他の柱位置において前記印刷ヘッドから液滴を排出する間に、各液滴を硬化させることを更に含む、請求項1に記載の方法。

**【請求項 6】**

前記複数の柱位置において前記印刷ヘッドから基材上に前記追加の液滴を順次排出して支持表面を形成し、前記支持表面が完成したときに、前記基材の表面の平面に対して $0^{\circ} \sim 10^{\circ}$ の角度を形成するようにすることを更に含む、請求項1に記載の方法。

**【請求項 7】**

前記複数の柱の各柱が、完成したときに、高さを有し、前記複数の柱のうち最も高い柱の高さが、前記複数の柱のうち最も短い柱の高さの少なくとも4倍であるように、前記複数の柱を印刷することを更に含む、請求項1に記載の方法。

30

**【請求項 8】**

基材の表面上の全ての柱位置において液滴を順次堆積させ、前記複数の柱の形成を完成することと、次いで、

前記複数の柱の隣接する柱間に複数の液滴を順次堆積させて、前記基材の前記表面の平面に対して斜めの勾配表面を有する支持表面を形成することと、を更に含む、請求項7に記載の方法。

**【請求項 9】**

前記複数の柱の隣接する柱間に堆積された前記複数の液滴が、前記隣接する柱間に懸垂され、前記基材の前記表面に物理的に接触しない、請求項8に記載の方法。

40

**【請求項 10】**

前記複数の柱の隣接する柱間に堆積された前記複数の液滴が、前記基材の前記表面の前記平面と $20^{\circ} \sim 70^{\circ}$ の角度で交差する傾斜面を形成する、請求項9に記載の方法。

**【請求項 11】**

前記複数の柱位置の各々における前記第1の液滴のみの前記排出、及び前記複数の柱位置における前記第2の液滴のみの前記排出が、前記印刷ヘッドから、銅、アルミニウム、鉛、スズ、及びチタンのうち少なくとも1つを含む金属液滴を排出することを更に含む、請求項1に記載の方法。

50

## 【請求項 1 2】

前記印刷材料の前記排出が、液体金属を排出することを含む、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 1 3】

前記印刷ヘッドが、前記複数の柱位置の各々において前記第 1 の液滴のみの前記排出中に印刷経路に追従し、

前記印刷ヘッドが、前記複数の柱位置の各々において前記第 2 の液滴のみの前記排出中に前記印刷経路を反復し、

前記印刷ヘッドが、前記柱位置のうちの前記 2 つ以上において前記追加の液滴の前記順次排出中に前記印刷経路を反復して、前記複数の柱を形成する、請求項 1 に記載の方法。

10

## 【請求項 1 4】

前記複数の柱を覆い、かつ前記複数の柱と物理的に接触する印刷キャップを印刷することであって、前記複数の柱が、前記印刷キャップの前記印刷中に前記印刷キャップを物理的に支持する、印刷することと、

前記印刷キャップの前記印刷の後に前記印刷構造体から前記複数の柱を除去することと、を更に含む、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 1 5】

前記印刷キャップの前記印刷の前に前記印刷ヘッドを使用して複数の壁を印刷することを更に含み、前記印刷キャップが、前記複数の壁を覆い、かつ前記複数の壁と物理的に

20

## 【請求項 1 6】

前記複数の柱を、

第 1 の複数のレベルを含む基部であって、前記第 1 の複数のレベルの各レベルが、前記印刷材料の少なくとも 2 つの液滴を含み、前記少なくとも 2 つの液滴が、互いに物理的に接触する、基部と、

第 2 の複数のレベルを含む剥離部であって、前記第 2 の複数のレベルの各レベルが、前記印刷材料の 1 つの液滴のみを含む、剥離部と、を含むように印刷することを更に含む、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 1 7】

前記第 1 の複数のレベルの各レベルが、前記印刷材料の少なくとも 4 つの液滴を含み、

30

前記第 1 の複数のレベルの各々における各液滴が、同じレベルにおける少なくとも 1 つの他の液滴と、そして異なるレベルにおける少なくとも 1 つの他の液滴と物理的に接触する、請求項 1 6 に記載の方法。

## 【請求項 1 8】

前記複数の柱の各々の前記基部及び前記剥離部を覆い、かつ前記複数の柱の各々の前記剥離部に物理的に接触する印刷キャップを印刷することであって、前記複数の柱が、前記印刷キャップの前記印刷中に前記印刷キャップを物理的に支持する、印刷することと、

前記複数の柱の各柱の各剥離部から前記印刷キャップを分離することと、を更に含む、請求項 1 7 に記載の方法。

40

## 【請求項 1 9】

3 次元印刷製品を形成するための方法であって、

方法を使用して犠牲支持構造体を形成することであって、前記方法が、

複数の柱位置の各々において印刷ヘッドから印刷材料の第 1 の液滴のみを順次排出することと、

各第 1 の液滴を硬化させることと、次いで、

各第 1 の液滴を硬化させた後に、前記複数の柱位置の各々において前記第 1 の液滴上に前記印刷ヘッドから前記印刷材料の第 2 の液滴のみを順次排出することと、

各第 2 の液滴を硬化させることと、次いで、

50

各第2の液滴を硬化させた後に、前記柱位置のうちの2つ以上において前記印刷材料の追加の液滴を順次排出して、複数の柱を形成することと、を含む、犠牲支持構造体を形成することと、

複数の第3の液滴を複数の第4の液滴上に、前記複数の第4の液滴が硬化していない間に排出することを含む方法を使用して、前記3次元印刷製品を形成することと、

前記犠牲支持構造体を前記3次元印刷製品から分離することと、を含む、方法。

【請求項20】

3次元印刷構造体を形成するための方法であって、前記印刷構造体が、複数の柱位置における複数の柱を含み、前記方法が、

前記複数の柱位置の各々において基材の表面上に印刷ヘッドから印刷材料の第1の液滴のみを順次排出して、第1の印刷層を形成することと、次いで、

前記複数の柱位置の各々における前記第1の液滴上に前記印刷ヘッドから前記印刷材料の第2の液滴のみを順次排出して、前記第1の印刷層上に第2の印刷層を形成することであって、各第2の液滴が、前記第1の液滴のうちの1つと垂直に整列される、形成することと、次いで、

前記柱位置のうちの2つ以上において前記印刷材料の追加の液滴を順次排出することであって、各追加の液滴が、前記第2の液滴のうちの1つと垂直に整列される、排出することと、

前記追加の液滴から横方向にオフセットされた複数の液滴を印刷して、複数の横方向支持体を形成することであって、各横方向支持体が、2つの隣接する柱を架橋する、形成することと、を含む、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本教示は、金属又は別の材料の3次元印刷の分野に関し、より具体的には、印刷構造体を完成する前に除去することができる支持構造体の印刷に関する。

【背景技術】

【0002】

3次元(three dimensional、3D)構造体を印刷する技術としては、現在、典型的に押し出しポリマーを印刷する熱溶解積層方式(Fused Filament Fabrication、FFF)、液体樹脂を硬化(cure)又は硬化(harden)させるためにレーザを使用する光造形(Stereolithography、SLA)、及び粉末ポリマー材料を焼結するためにレーザを使用する粉末焼結積層造形が挙げられる。3次元印刷は、全ての配向において構造体及び表面を印刷する必要がある。いくつかの配向は、かなりの距離にわたって延在し得る支持されていない張り出し部を形成する表面を含む。いくつかのプリンタでは、最終構造体の張り出し部を形成する材料とは異なる組成物である除去可能な第2の材料が印刷され、第2の材料は、後続の製造中に張り出し部を支持する。第2の材料は、印刷部品の張り出し構造体又は他の特徴部を損傷することなく除去可能である。場合によっては、除去可能な材料は、印刷中に特徴部を支持する粉末であり、印刷が完成すると、粉末は、印刷された特徴部が張り出す隙間を残すように除去される。他の技術としては、完成した構造体と同じ材料から弱い支持構造体を印刷することを含み、弱い支持構造体は、印刷が完成した後に、印刷された部分から分離及び除去され得る。金属液滴印刷の場合、弱い支持構造体の印刷は、例えば、印刷速度及び液滴サイズの微妙な熱バランスのために制御することが困難な時間のかかるプロセスであり得る。

【0003】

従来3D印刷方法の問題を克服する構造体を印刷する方法は、この技術に歓迎すべき追加であろう。

【発明の概要】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 4 】

以下に、本教示の1つ以上の実施形態のいくつかの態様の基本的な理解を提供するために、簡略化した概要を提示する。この概要は、広範な概略ではなく、本教示の主要な又は重要な要素を識別することも、本開示の範囲を明示することも意図していない。むしろ、その主要な目的は、単に、後に提示される詳細な説明の序文として、簡略化された形態で1つ以上の概念を提示するだけである。

## 【 0 0 0 5 】

本教示の一実装形態では、3次元印刷構造体を形成するための方法であって、印刷構造体は、複数の柱位置における複数の柱を含み、方法は、複数の柱位置の各々において印刷ヘッドから印刷材料の第1の液滴のみを順次排出することと、次いで、複数の柱位置の各々において第1の液滴上に印刷ヘッドから印刷材料の第2の液滴のみを順次排出することと、次いで、柱位置のうちの2つ以上において印刷材料の追加の液滴を順次排出して、複数の柱を形成することと、を含む。

10

## 【 0 0 0 6 】

任意選択的に、方法は、複数の柱の各柱が、完成したときに、高さを有し、複数の柱の各柱の高さが、複数の柱の他の全ての柱の高さから1つ以下の液滴直径だけ変化するように、複数の柱を印刷することを更に含むことができる。更に任意選択的に、方法は、複数の柱の複数の柱位置において基材の表面上に液滴を順次堆積し、複数の柱の形成を完成することと、次いで、複数の柱の隣接する柱間に複数の液滴を順次堆積させて、基材の表面に略平行な支持表面を形成することと、を含むことができる。複数の柱の隣接する柱間に堆積された複数の液滴は、隣接する柱間に懸垂され得、基材の表面に物理的に接触しない。

20

## 【 0 0 0 7 】

方法は、他の柱位置において印刷ヘッドから液滴を排出する間に、各液滴を硬化させることを更に含むことができ、複数の柱位置においてヘッドから基材上に追加の液滴を順次排出して支持表面を形成し、これにより支持表面が完成したときに、基材の表面の平面に対して $0^{\circ} \sim 10^{\circ}$ の角度を形成するようにすることを含むことができる。実装形態は、複数の柱の各柱が、完成したときに、高さを有し、複数の柱のうちの最も高い柱の高さが、複数の柱のうちの最も短い柱の高さの少なくとも4倍であるように、複数の柱を印刷することを含むことができる。液滴は、基材の表面上の全ての柱位置において順次堆積され、複数の柱の形成を完成すると、複数の液滴は、複数の柱の隣接する柱間に順次堆積されて、基材の表面の平面に対して斜めの勾配表面を有する支持表面を形成することができる。複数の柱の隣接する柱間に堆積された複数の液滴は、隣接する柱間に懸垂され得、基材の表面に物理的に接触しない。複数の柱の隣接する柱間に堆積された複数の液滴は、基材の表面の平面と $20^{\circ} \sim 70^{\circ}$ の角度で交差する傾斜面を形成することができる。実装形態では、複数の柱位置の各々における第1の液滴のみの排出、及び複数の柱位置における第2の液滴のみの排出は、印刷ヘッドから、銅、アルミニウム、鉛、スズ、及びチタンのうちの少なくとも1つを含む金属液滴を排出することを含み、印刷材料の排出は、液体金属を排出することを含むことができる。

30

## 【 0 0 0 8 】

任意選択の実装形態では、印刷ヘッドは、複数の柱位置の各々において第1の液滴のみの排出中に印刷経路に追従し、印刷ヘッドは、複数の柱位置の各々において第2の液滴のみの排出中に印刷経路を反復し、印刷ヘッドは、柱位置のうちの2つ以上において追加の液滴の順次排出中に印刷経路を反復して、複数の柱を形成する。

40

## 【 0 0 0 9 】

方法は、複数の柱を覆い、かつ複数の柱と物理的に接触する印刷キャップを印刷することを更に含むことができ、複数の柱が、印刷キャップの印刷中に印刷キャップを物理的に支持し、印刷キャップの印刷の前に印刷ヘッドを使用して複数の壁を印刷することを更に含むことができ、印刷キャップは、複数の壁を覆い、かつ複数の壁と物理的に接触し、印刷キャップの印刷の後に印刷構造体から複数の柱を物理的に除去することを含むことが

50

できる。

【0010】

複数の柱は、第1の複数のレベルを含む基部であって、第1の複数のレベルの各レベルが、印刷材料の少なくとも2つの液滴を含み、少なくとも2つの液滴が、互いに物理的に接触する、基部と、第2の複数のレベルを含む剥離部であって、第2の複数のレベルの各レベルが、印刷材料の1つの液滴のみを含む、剥離部と、を含むように印刷することができる。第1の複数のレベルの各レベルは、印刷材料の少なくとも4つの液滴を含むことができ、第1の複数のレベルの各々における各液滴が、同じレベルにおける少なくとも1つの他の液滴と、そして異なるレベルにおける少なくとも1つの他の液滴と物理的に接触する。

10

【0011】

方法は、複数の柱の各々の基部及び剥離部を覆い、かつ複数の柱の各々の剥離部に物理的に接触する印刷キャップを印刷することを更に含むことができ、複数の柱は、印刷キャップの印刷中に印刷キャップを物理的に支持する。方法はまた、複数の柱の各柱の各剥離部から印刷キャップを分離することを含むこともできる。

【0012】

別の実装形態では、3次元印刷製品を形成するための方法は、方法を使用して犠牲支持構造体を形成することを含み、その方法は、複数の柱位置の各々において印刷ヘッドから印刷材料の第1の液滴のみを順次排出することと、各第1の液滴を硬化させることと、次いで、各第1の液滴を硬化させた後に、複数の柱位置の各々において第1の液滴上に印刷ヘッドから印刷材料の第2の液滴のみを順次排出することと、各第2の液滴を硬化させることと、次いで、各第2の液滴を硬化させた後に、柱位置のうちの2つ以上において印刷材料の追加の液滴を順次排出して、複数の柱を形成することと、を含む。

20

方法はまた、複数の第3の液滴を複数の第4の液滴上に、複数の第4の液滴が硬化していない間に排出することと、犠牲支持構造体を3次元印刷製品から分離することと、を含む方法を使用して、3次元印刷製品を形成することも含む。

【0013】

別の実装形態では、複数の柱位置における複数の柱を含む3次元印刷構造体を形成するための方法は、複数の柱位置の各々において基材の表面上に印刷ヘッドから印刷材料の第1の液滴のみを順次排出して、第1の印刷層を形成することと、次いで、複数の柱位置の各々における第1の液滴上に印刷ヘッドから印刷材料の第2の液滴のみを順次排出して、第1の印刷層上に第2の印刷層を形成することと、各第2の液滴が、第1の液滴のうちの1つと垂直に整列される、排出することと、次いで、柱位置のうちの2つ以上において印刷材料の追加の液滴を順次排出することと、各追加の液滴が、第2の液滴のうちの1つと垂直に整列される、排出することと、を含む。方法は、追加の液滴から横方向にオフセットされ複数の液滴を印刷して、複数の横方向支持体を形成することを更に含み、各横方向支持体は、2つの隣接する柱を架橋する。

30

【図面の簡単な説明】

【0014】

本明細書に組み込まれ、本明細書の一部を構成する添付図面は、本教示の実施を示しており、説明と共に、本開示の原理を説明する役割を果たす。

40

【0015】

【図1A】本教示の実施中の複数の柱位置における第1の材料層の印刷を描く平面図である。

【0016】

【図1B】図1Aの構造体の断面図である。

【0017】

【図2A】柱、横方向支持体、及びインプロセス製品の更なる印刷後の図1Aの構造体を描く。

【0018】

50

- 【図 2 B】図 2 A の構造体の断面図である。  
 【 0 0 1 9 】
- 【図 3 A】柱及びインプロセス製品の更なる印刷後の図 2 A の構造体を描く。  
 【 0 0 2 0 】
- 【図 3 B】図 3 A の構造体の断面図である。  
 【 0 0 2 1 】
- 【図 4 A】支持表面及び印刷キャップの印刷後の図 3 A の構造体を描く。  
 【 0 0 2 2 】
- 【図 4 B】図 4 A の構造体の断面図である。  
 【 0 0 2 3 】 10
- 【図 5】印刷基材からインプロセス製品を除去し、インプロセス製品から支持構造体を除去して完成品を形成した後の図 4 B の構造体を描く。  
 【 0 0 2 4 】
- 【図 6 A】本教示の別の実施中の複数の柱位置における第 1 の材料層の印刷を描く平面図である。  
 【 0 0 2 5 】
- 【図 6 B】図 6 A の構造体の断面図である。  
 【 0 0 2 6 】
- 【図 7 A】インプロセス構造体、柱、及び横方向支持体の更なる印刷後の図 6 A の構造体を描く。  
 【 0 0 2 7 】 20
- 【図 7 B】図 7 A の構造体の断面図である。  
 【 0 0 2 8 】
- 【図 8】インプロセス構造体のための支持表面を形成する部分的に完成した傾斜面の詳細を示すために、インプロセス構造体が除去された平面図である。  
 【 0 0 2 9 】
- 【図 9 A】柱、横方向支持体、及び傾斜面を含む支持構造体の完成後、及びインプロセス構造体の更なる印刷後の図 7 A の構造体を描く。  
 【 0 0 3 0 】
- 【図 9 B】図 9 A の構造体の断面図である。  
 【 0 0 3 1 】 30
- 【図 1 0 A】傾斜面によって支持されているインプロセス構造体の更なる印刷後の図 9 A の構造体を描く。  
 【 0 0 3 2 】
- 【図 1 0 B】図 1 0 A の構造体の断面図である。  
 【 0 0 3 3 】
- 【図 1 1】印刷基材からインプロセス製品を除去し、インプロセス製品から支持構造体を除去して完成品を形成した後の図 1 0 B の構造体を描く。  
 【 0 0 3 4 】
- 【図 1 2 A】本教示の他の実装形態における柱基部層の印刷を描く平面図である。  
 【 0 0 3 5 】 40
- 【図 1 2 B】図 1 2 A の構造体の断面図である。  
 【 0 0 3 6 】
- 【図 1 3 A】各柱の基部層上に剥離層の更なる印刷後の図 1 2 A の構造体を描く。  
 【 0 0 3 7 】
- 【図 1 3 B】剥離部が 3 つのレベルの高さであることを描く。  
 【 0 0 3 8 】
- 【図 1 4】印刷後の印刷製品からの支持構造体の除去を軽減することができる、本教示の他の実装形態の断面図である。  
 【 0 0 3 9 】 50

図のいくつかの詳細は簡略化されており、厳密な構造精度、詳細、及び縮尺を維持するのではなく、本教示の理解を容易にするように描かれていることに留意されたい。

【発明を実施するための形態】

【0040】

次に、本教示の例示的な実装形態を詳細に参照するが、その例は添付の図面に図示されている。便宜上、同一又は同様の部品を指すために、図面全体を通して同じ参照番号が使用される。

【0041】

本明細書で使用するとき、特に指定がない限り、単語「プリンタ」は、任意の目的のために印刷出力機能を実施する任意の装置を包含する。

【0042】

上述のように、印刷製品を損傷することなく印刷製品から除去できる支持構造体の3D印刷（本明細書では「付加製造」とも呼ばれる）は、他の印刷された特徴部のための支持体などの様々な3D特徴部を形成するために、かつ/又は張り出した若しくは支持されていない構造体を形成するために有用であり得る。これは、印刷後に、印刷製品から除去できる物理的に弱い構造体を印刷することを含むことができる。場合によっては、支持構造体は、アクセスが困難又は不可能であり得る位置に印刷され、したがって、構造体は除去されず、3Dオブジェクトの一部として残る場合がある。

【0043】

図1A~図5は、本教示の実装形態による印刷製品を形成するための方法を描く。この実装形態では、印刷製品の形成は、印刷基材100の表面140に対して水平に配向された支持構造体の形成を含む。図1A~図4Bでは、「A」図は、平面図のインプロセス構造体を描き、「B」図は断面内のインプロセス構造体を描き、断面位置は、対応する「A」図に破線で示されている。

【0044】

図1Aは平面図であり、図1Bは、図1Aの断面図であり、印刷ベッド及び印刷ヘッド102などの印刷基材（すなわち、基材）100を示している。印刷基材100は、静止していてもよく、印刷ヘッド102は、基材100に対して3つの軸（X方向、Y方向、及びZ方向）に移動してもよく、又は印刷ヘッド102は、静止していてもよく、印刷基材100は、印刷ヘッド102に対して3つの軸に移動してもよく、又は印刷基材100と印刷ヘッド102との両方が、1つ以上の軸内で互いに対して移動してもよいことが理解されるであろう。印刷ヘッド102は、電磁コイルなどのエジェクタ110を使用して、印刷ヘッド102の開口部108から印刷材料106の液滴104を排出するように構成されている。図は単一の印刷ヘッド102を描いているが、2つ以上の印刷ヘッド102及び/又は2つ以上の開口部108を有する印刷ヘッド102を有するプリンタが企図されていることが理解されるであろう。

【0045】

液滴104は、印刷されるとき（すなわち、排出、分配、又は堆積されたとき）、液体金属液滴（例えば、銅、アルミニウム、鉛、スズ、チタンなど）などの液体材料、金属合金（例えば、青銅、インコネル、又はニッケル、クロム、ステンレス鋼などの鋼、及び鉄のうちの少なくとも1つを含む金属合金）、ポリマー（例えば、ナイロン、プラスチックなど）、又は別の好適な印刷材料を含むことができる。印刷基材100及び印刷ヘッド102は、例えば、Magnet o Jet 技術を含む金属/金属合金プリンタ112の一部であってもよい。このようなプリンタは、Vader Systems, Getzville, NYから入手可能である。

【0046】

図1A及び図1Bは、形成中の複数の柱114を更に描いている。説明のために、図は、4つの行（R1~R4）及び4つの列（C1~C4）に沿って4x4グリッドに配置された16本の柱114の形成を描いているが、16本よりも多い又は少ない柱を含む他の構造体も企図される。更に、柱は直線的に整列される必要はないが、形成される構造体

10

20

30

40

50

の設計に応じて、曲線、円、又は別のパターンに沿って形成することができる。

【0047】

図1A及び図1Bは、完成した印刷製品500の少なくとも一部分を形成する複数の印刷された液滴124から形成された、インプロセス印刷製品120を更に描いている(図5、更に後述する)。印刷製品120は、典型的には、印刷ヘッド102を使用して印刷することによって形成され、したがって、複数の液滴として描かれているが、他の形成方法も企図される。図1Aでは、印刷製品120は、他の形状及び特徴部を有する印刷製品が企図されているが、印刷基材100に対して直角に形成され、印刷基材100から離れて延在する複数の壁(例えば、4つの壁)122を有するエンドレススクエア構造体として描かれている。

10

【0048】

従来の金属印刷では、第1の液滴を印刷した直後に、第1の液滴上に第2の液滴を印刷することが望ましい。これにより、第2の液滴が第1の液滴上に印刷されるとき、第1の液滴がその融解温度に比較的近い温度であることを確実にする。第2の液滴が印刷されると、第2の液滴の熱質量は、その融解温度に既に比較的近い第1の液滴を加熱し、結果として、第1及び第2の液滴は、硬化後(例えば、乾燥、冷却、固化、凍結、又は他の方法で硬化した後)に、第1及び第2の液滴が融着し、それによって第1及び第2の液滴が共に良好に接着されることを確実にする。後続の液滴は、同様に、その融解温度に比較的近い温度にある前の液滴上に印刷され、これにより最終構造体を形成する液滴の全体が融着し、物理的な応力及び歪みからの損傷に対抗するようになる。印刷製品120は、構造的な一体性及び堅牢性を確保するために、このように形成することができる。

20

【0049】

しかしながら、支持構造体を形成する柱114は、一部の用途では、完成した製品500を形成する前に印刷製品120から除去されることになり、したがって、犠牲支持構造体である。柱114は、隣接する液滴間の機械的結合がより弱い場合には最も容易に除去されるが、印刷製品を完成するために除去されるまで、構造体が無傷のままであることを確実にするために十分に堅牢であるべきである。この実装形態では、所与の柱又は他の関連する支持構造体特徴部を形成するために使用される第1の液滴104は、第1の液滴上に第2の液滴104を印刷する前に硬化させることができる(例えば、乾燥、冷却、固化、凍結、又は他の方法による硬化)。しかしながら、印刷速度及び製品スループットを最大化するために、以前に印刷された液滴が硬化する間、他の柱114の他の液滴104の印刷が継続する。図1Aは、複数の柱114の印刷中に印刷ヘッド102によってとられた印刷経路130を描いている。図1A及び図1Bは、印刷ヘッド102が印刷経路130に沿って液滴104の印刷を完成し、位置R1:C4において最終的な液滴104を印刷することを描いている。位置R1:C4において液滴104を完成した後、印刷ヘッド102は、位置R1:C1において第2の液滴104を印刷し、次いで、次に他の位置R2:C1からR1:C4において印刷する。後続の層内の柱114の位置において印刷するとき、同じ印刷経路130又は同じ印刷経路130の少なくとも一部分を反復することは、液滴配置における不整合を低減することができ、後続の液滴が主に以前に印刷された液滴上に着地することを確実にするのに役立つ。

30

40

【0050】

図1A及び図1Bは、柱114の印刷中のインプロセス印刷製品120の印刷を更に描いている。インプロセス印刷製品120の印刷は、インプロセス印刷製品120の印刷を実施することを含むことができ、インプロセス印刷製品120を形成する各液滴124は、以前に印刷された液滴124上に別の液滴124を印刷する前に硬化する必要はないが、柱114及び印刷製品120の各印刷層L1~L6は、垂直に(すなわち、基材100の表面140から離れて)順次印刷されるので、任意の所望の印刷経路を使用することを実施され得る。換言すれば、L2などの液滴104、124を印刷する前に、L1の液滴104、124が印刷される。当業者に理解されるように、これにより、より低い層を印刷しながら、より高い、以前に印刷された構造体と印刷ヘッド102との間の物理的接

50

触及び干渉を最小限に抑える。図 1 A 及び図 1 B では、柱 1 1 4 の液滴 1 0 4 の 1 つの層 L 1 が印刷され、印刷製品 1 2 0 の 2 つの層 ( L 1 及び L 2 ) が印刷される。

【 0 0 5 1 】

従来のプロセスでは、第 1 の液滴は、第 2 の液滴が直ちに第 1 の液滴上に印刷されたときに、依然として高温及び / 又は溶融している。本教示の実装形態では、第 2 の液滴を印刷する前に各柱 1 1 4 の第 1 の液滴 1 0 4 を硬化させることにより、各液滴 1 0 4 が高温でありかつ / 又は溶融している継続時間が短縮される。低い液滴印刷周波数を使用して印刷された柱 1 1 4 は、硬化前に ( すなわち、固化する前に ) 減少した液滴流に起因して、より小さい最大直径を有する。本教示に従って形成された柱は、硬化していないか又は部分的に硬化した柱上に第 2 の液滴を印刷するときよりも再現可能な高さを有する柱を生成する。この改善された柱の高さの再現性は、制御が困難な後続の液滴を上部に印刷したときの溶融した液滴の平坦化が、本教示の実施により低減又は排除されるので、少なくとも部分的には結果として得られる。

10

【 0 0 5 2 】

図 1 A 及び図 1 B に描かれる構造体と同様の構造体を印刷した後、図 2 A 及び図 2 B に描かれるように印刷を継続することができ、柱 1 1 4 の 3 つの層 ( L 1 ~ L 3 ) が図 1 の印刷経路 1 3 0 を使用して印刷されており、インプロセス印刷製品 1 2 0 の 4 つの層 ( L 1 ~ L 4 ) は、任意の所望の印刷経路を使用して印刷されている。更に、いくつかの構造体では、柱 1 1 4 が印刷基材 1 0 0 の表面 1 4 0 の平面に直角になるように印刷を目標とすることが望ましい。場合によっては、特により高い柱 1 1 4 では、柱 1 1 4 は、直角ではなく、もたれること、転倒、傾斜などを起こしやすい場合がある。更に、比較的高い柱は、印刷中に弾性的に及び / 又は塑性的に振動又は変形し、それによってその後印刷される液滴の配置精度が低下することがある。これらの問題を軽減又は排除するために、2 つの隣接する柱 1 1 4 の間に、2 つの隣接する柱 1 1 4 に物理的に接続及び架橋する任意選択の第 1 の横方向支持体 2 0 0 と、柱 1 1 4 のうちの 1 つと印刷製品 1 2 0 の壁 1 2 2 のうちの 1 つ又は 2 つ ( R 1 : C 1、R 4 : C 1、R 4 : C 4、R 1 : C 4 に位置する角柱 1 1 4 の例では ) とを物理的に接続する第 2 の横方向支持体 2 0 2 とを堆積させることが好ましい場合がある。図 2 A 及び図 2 B は、レベル L 3 において印刷された横方向支持体 2 0 0、2 0 2 を描いているが、横方向支持体 2 0 0、2 0 2 は、任意のレベルにおいて印刷されてもよく、また 2 つ以上の異なるレベルにおいて印刷されてもよい。横方向支持体 2 0 0、2 0 2 を印刷するために、印刷ヘッド 1 0 2 は、印刷ヘッド 1 0 2 の開口部 1 0 8 から液滴 1 0 4 を排出する前に、部分的に形成された柱 1 1 4 のうちの 1 つの軸「 A 」から横方向にオフセットされる。これらの横方向又は対角支持体 2 0 0、2 0 2 は、柱 1 1 4 を補強しかつ剛性を高め、印刷及び / 又は輸送中の柱 1 1 4 の横方向の移動を低減又は排除することができる。

20

30

【 0 0 5 3 】

したがって、印刷は、柱 1 1 4 及びインプロセス印刷製品 1 2 0 が、図 3 A 及び図 3 B に描かれるように所望の高さまで印刷されるまで継続することができる。図 3 A 及び図 3 B では、柱 1 1 4 の形成が完成している。図 3 B は、説明の目的のために 6 層の高さ ( L 1 ~ L 6 ) を印刷した柱 1 1 4 を描いているが、柱 1 1 4 は、任意の所望の高さに印刷することができる。柱 1 1 4 が壁 1 2 2 とは異なる高さで伸びる場合、柱 1 1 4 を印刷するために、より少ない又はより多い液滴の数のいずれを使用してもよく、これにより柱 1 1 4 の高さが壁と、そして単一の液滴によって生成される柱 1 1 4 の高さの変化の範囲内に互いに一致させることができる。次に、各隣接する柱 1 1 4 間の空間又は間隙 3 0 0、及び各柱 1 1 4 と壁 1 2 2 との間の空間又は間隙 3 0 0 が充填されて、図 4 B に描かれる支持表面 4 0 0 をレベル L 6 において形成する。支持表面 4 0 0 を形成する液滴を印刷するために、印刷ヘッド 1 0 2 は、印刷ヘッド 1 0 2 の開口部 1 0 8 から液滴 1 0 4 を排出する前に、完成した柱 1 1 4 のうちの 1 つの軸「 A 」から、及び壁 1 2 2 から横方向にオフセットされる。支持表面 4 0 0 を形成した後、支持表面 4 0 0 上に追加の印刷を継続して印刷キャップ 4 0 2 を形成することができ、印刷キャップ 4 0 2 は、複数の液滴層を含

40

50

み、印刷キャップ 402 は壁 122 に接続されて、完成した印刷構造体 404 を形成する。したがって、印刷構造体 404 の形成中、柱 114 は支持表面 400 及び印刷キャップ 402 の印刷を可能にする支持を提供する。

#### 【0054】

次に、図 5 に描かれるように、印刷基材 100 から完成した印刷構造体 404 が除去される。更に、いくつかの実装形態では、柱 114 及び（存在する場合）横方向支持体 200、202 を含む支持構造体は、完成した印刷製品 500 を形成するために印刷構造体 404 から除去され、したがって犠牲支持構造である。柱 114 及び横方向支持体 200、202 のいくつかの部分は、図示するように、完成製品 500 上に残ってもよく、又は完全に除去されてもよいことが理解されるであろう。

10

#### 【0055】

この実装形態では、複数の柱の各柱 114 は、完成したときに、図 3 B に描かれるように、複数の柱の他の柱 114 と同じ高さに形成される。本開示の目的のために、同じ高さを有する柱 114 は、複数の柱の全ての他の柱 114 の高さの ±5% 以内である高さを有する。これにより、印刷基材 100 の表面 140 に略平行な支持表面 400 の形成が可能になり、したがって、印刷基材 100 の表面 140 に対して水平に配向される。支持表面 400 は、完成したときに、基材 100 の表面 140 の平面に対して約 0°（すなわち平行）～約 10°、又は約 0°～約 5°の角度を形成する。

#### 【0056】

更に、印刷経路 130 に沿って柱 114 を形成する複数の液滴 104 を印刷することは、印刷ヘッド 102 から複数の印刷位置（すなわち、R1 : C1 から R1 : C4 までの各位置）の各々において、印刷材料の第 1 の液滴のみを順次排出することを含む。その後、印刷材料の第 2 の液滴 104 のみが、複数の柱位置の各々において、第 1 の液滴 104 上に順次排出される。最後に、複数の柱 114 を形成するために、追加の液滴が柱位置のうち 2 つ以上において順次排出される。各柱位置において順次印刷することにより、各液滴が、後続の印刷される液滴上に別の液滴を印刷する前に、完全に硬化する（例えば、冷却する）ことを確実にする。柱 114 を印刷するために使用される液滴とは対照的に、完成した印刷製品 500 を印刷するために使用される液滴は、上の液滴が完全に硬化する前に印刷されるように印刷され得る。これにより、完成した印刷製品 500 の構造的堅牢性が向上し、柱 114 の除去を軽減する。

20

30

#### 【0057】

図 6 A ~ 図 11 は、本教示の別の実装形態を描いている。この実装形態では、柱 600 は、印刷製品 602 の特徴部のための支持構造体を提供するように形成され、支持構造体は、印刷基材 100 に対して斜めの角度で表面を含む。支持構造体は、その後、印刷製品 1100 の完成前に、より詳細に後述するように、この機能を提供した後に、少なくとも部分的に除去することができる。角度付けされた支持構造体は、印刷製品 602 が基材 100 に対して張り出し部を含むことを可能にする。この実装形態では、図 1 A 及び図 5 に関連して上述した実装形態と同様に、各柱 600 の各液滴 104 が印刷され、次いで、柱 114 の以前に印刷された液滴上に別の液滴 104 を印刷する前に硬化させる。しかしながら、製品スループットを最大化するために、印刷ヘッド 102 は、各以前に印刷された液滴 104 が硬化している間に、他の柱 600 の液滴 104 を印刷し続ける。

40

#### 【0058】

図 6 A は、4 × 4 グリッドの各柱 600 の各液滴 104 を印刷するための例示的な印刷経路 606 を描いている。印刷経路 606 は、印刷経路 130 と同じであっても異なってもよい。印刷経路 606 及び柱 600 の形成を実行するために、印刷ヘッド 102 は、最初に、位置 R1 : C1 において柱 600 に対して単一の第 1 の液滴 104 を堆積させ、次に、位置 R2 : C1 において柱 600 に対して単一の第 1 の液滴 104 を堆積させる。図 6 B に描かれるように、液滴 104 が位置 R1 : C4 において印刷されると、液滴 104 の第 1 の層「L1」の印刷が完成する。したがって、R1 : C1 における液滴 104 は、印刷ヘッド 102 が 4 × 4 グリッドの他の 15 個の液滴を印刷する継続時間中に硬

50

化する。図 6 B はまた、印刷製品 6 0 2 を形成する液滴 6 0 4 の印刷による印刷製品 6 0 2 の第 1 の層「L 1」の形成も描いている。例示のために、印刷製品 6 0 2 を形成する印刷される液滴 6 0 4 は、柱 6 0 0 を形成する印刷される液滴 1 0 4 とは異なるハッチングで描かれている。しかしながら、液滴 6 0 4 は、印刷ヘッド 1 0 2 によって印刷されたときに、液滴 1 0 4 と同じサイズ及び組成であり得ることが理解されるであろう。柱 6 0 0 を形成する層 L 1 ~ L 1 0 の各々の液滴 1 0 4 は、支持構造体 9 0 0 の各層 L 1 ~ L 1 0 ( 詳細に後述する図 8 A 及び図 8 B ) が順次印刷されるように、印刷経路 6 0 6 によって示される順序で印刷される。各液滴 6 0 4 は以前に印刷された液滴 6 0 4 上に別の液滴 6 0 4 を印刷する前に硬化する必要がないため、印刷製品 6 0 2 は、任意の所望の印刷経路に印刷されてもよく、柱 6 0 0 の各層 L 1 ~ L 1 0 及び印刷構造体 6 0 2 は、垂直に ( すなわち、基材 1 0 0 の表面 1 4 0 から離れて ) 印刷される。換言すれば、L 2 の液滴を印刷する前に、L 1 の液滴 1 0 4 、 6 0 4 が印刷される。当業者に理解されるように、これにより、より低い層を印刷しながら、より高い、以前に印刷された構造体と印刷ヘッド 1 0 2 との間の物理的接触及び干渉を最小限に抑える。図 6 A 及び図 6 B では、印刷製品 6 0 2 の 1 つの層 L 1 が印刷される。

10

#### 【 0 0 5 9 】

一旦液滴 1 0 4 、 6 0 4 の第 1 の層 L 1 が印刷されると、印刷ヘッド 1 0 2 は、再び印刷経路 6 0 6 を実行して、後続の液滴 1 0 4 を印刷することができる。すなわち、印刷ヘッド 1 0 2 は、位置 R 1 : C 1 において、柱 6 0 0 に対して層 L 1 の第 1 の液滴 1 0 4 上に層 L 2 の第 2 の液滴 1 0 4 を堆積させ、位置 R 2 : C 1 において、柱 6 0 0 に対して層 L 1 の第 1 の液滴 1 0 4 上に層 L 2 の第 2 の液滴 1 0 4 を堆積させ、以下同様に続く。したがって、印刷製品 6 0 2 及び柱 6 0 0 の印刷は継続することができ、印刷ヘッド 1 0 2 は反復的に追従し、印刷経路 6 0 6 に沿って連続印刷を実行して 4 × 4 グリッドの柱 6 0 0 を印刷する。印刷ヘッド 1 0 2 が追従する印刷経路は、層間で変化し得るが、2 つの液滴 1 0 4 が任意の単一の柱 6 0 0 に対して順次印刷されず、その結果、各柱 6 0 0 に対して印刷される液滴 1 0 4 は、硬化するのに十分な時間を有することが理解されるであろう。この実装形態では、一般的に、印刷製品 6 0 2 が支持構造体 9 0 0 を覆うので、印刷製品 6 0 2 の所与の層を形成する液滴 6 0 4 は、一般的に、支持構造体 9 0 0 の所与の層を形成する液滴 1 0 4 を排出した後に、印刷ヘッド 1 0 2 の開口部 1 0 8 から排出される。しかしながら、いくつかの用途では、印刷製品 6 0 2 の対応する層を印刷する前に、支持構造体 9 0 0 の 1 つ以上の層を印刷することが望ましい場合がある。

20

30

#### 【 0 0 6 0 】

したがって、印刷は、柱 6 0 0 及び印刷構造体 6 0 2 が完成するまで継続することができる。

#### 【 0 0 6 1 】

柱 6 0 0 の印刷中に、柱 6 0 0 の軸 A から横方向にオフセットされた液滴 7 0 0 を任意選択的に印刷することができる。横方向にオフセットされた液滴 7 0 0 の位置は、支持構造体 9 0 0 の設計によって異なる。図 7 B では、3 つの横方向にオフセットされた液滴 7 0 0 が、位置 R 1 : C 4 において液滴 1 0 4 に付着して描かれており、そのうちの 2 つは、図 7 A で見出すことができる。横方向にオフセットされた液滴 7 0 0 はまた、図 7 A にも描かれているように、列 C 4 の各柱 6 0 0 において ( すなわち、R 1 : C 4 、 R 2 : C 4 、 R 3 : C 4 、 及び R 4 : C 4 の各々の位置において ) も形成される。これらの横方向にオフセットされた液滴 7 0 0 は、印刷基材 1 0 0 の表面 1 4 0 の平面に直角に印刷することができる。場合によっては、特により高い柱 6 0 0 では、柱 6 0 0 は、例えば、図 2 A 及び図 2 B を参照して上述したように、例えば、直角から離れて、もたれること、転倒、傾斜、振動、塑性変形、及び / 又は弾性変形などを起こしやすい場合がある。横方向にオフセットされた液滴 7 0 0 は、2 つの隣接する柱 6 0 0 を物理的に接続する任意選択的な横方向支持体 7 0 2 を形成することができる。図 7 A 及び図 7 B は、レベル L 3 において印刷された横方向支持体 7 0 2 を描いているが、横方向支持体 7 0 2 は、任意のレベルにおいて印刷されてもよく、また 2 つ以上の異なるレベルにおいて印刷されてもよい。

40

50

横方向支持体 702 を印刷するために、印刷ヘッド 102 は、印刷ヘッド 102 の開口部 108 から液滴 104 を排出する前に、部分的に形成された柱 600 の 1 つの軸「A」から横方向にオフセットされる。

#### 【0062】

これらの横方向にオフセットされた液滴 700 は、支持構造体 900 の一部である支持表面としての傾斜面 902 (図 9) の形成を支援する。傾斜面 902 は、印刷ヘッド 102 を使用して印刷される液滴 104 で柱 600 間の空間に充填することによって形成される。したがって、印刷構造体 602 を形成する液滴 604 を印刷する前に、各層において空間を充填する液滴 104 が印刷される。図 8 は、図 7 B の平面図であり、印刷製品 602 が除去されている。図 8 は、部分的に完成した支持構造体 900 及び部分的に完成した傾斜面 902 を描いている。図 9 B を参照すると、傾斜面 902 は、斜角シート「」で形成され、ここで、は、柱 600 のうちの 1 つを通る垂直軸 A と、柱 600 の各々の最上部の液滴 104 の中心を通る最適適合線 (すなわち、近似曲線) である斜線 904 によって画定される。一実装形態では、は、約 20° ~ 約 70°、又は約 30° ~ 約 60° であり得る。

10

#### 【0063】

その後、柱 600 の横方向にオフセットされた液滴 700 及び傾斜面 902 の印刷は、図 9 A 及び図 9 B に描かれる構造体を形成し続ける。図 9 A 及び図 9 B では、傾斜面 902 を含む支持構造体 900 が完成している。印刷製品 602 に追加するための液滴 604 の更なる印刷は、その後、印刷製品 602 の印刷を完成する図 10 A 及び図 10 B の構造体を形成するために継続することができる。図 10 B では、柱 600 は、10 のレベルの高さ (L10) であり、印刷製品 602 は、13 のレベルの高さ (L13) であるように描かれているが、柱 600 及び印刷製品 602 は、印刷基材 100 の表面 140 に対して任意の所望の高さに形成することができる。

20

#### 【0064】

その後、印刷製品 602 を印刷基材 100 から除去することができ、いくつかの実装形態では、柱 600 及び支持構造体 900 は、図 11 に描かれているような最終印刷製品 1100 をもたらすように除去することができ、したがって、柱 600 及び支持構造体 900 は、犠牲的であってもよい。支持構造体 900 (柱 600、横方向支持体 702、及び傾斜面 902) からのいくつかの印刷される液滴 104 は、図示のように最終印刷製品 1100 上に留まってもよく、又は完全に除去されてもよいことが理解されるであろう。

30

#### 【0065】

柱 600 のパターンは、印刷ヘッド 102 の直線移動を伴う蛇行パターンを使用して印刷された正方形の配列として描かれているが、直線ではない他のパターンの柱が湾曲した経路、又は湾曲した経路への近似に沿って印刷されてもよいことが企図される。これは、一連の柱が曲線に沿って印刷される場合に有益であり得、ここで、全ての柱は、3D 部品が同じ層において構築される固体表面に当たる場合に有益であり得る。したがって、その一連の柱を印刷する経路の部分は、固体表面を形成するためにそれらを接続する必要があるまで反復することができる。その時点で、印刷ヘッドが同じ印刷経路又は印刷経路の一部分を横切る間に、その一連の柱を接続するドットを印刷することができる。第 2 の印刷経路で印刷された隣接する一組の柱にその一連の柱を接続する線は、第 2 の印刷経路が第 1 の印刷経路に対して平行な曲線である場合には、第 1 の印刷経路に平行な曲線であってもよく、又は第 1 の印刷経路と第 2 の印刷経路との間に補間されてもよい。

40

#### 【0066】

本教示の実装形態において、隣接する柱は、特に上述のような横方向支持体が使用される場合に、間隔が近い非常に小さな液滴に対して約 0.1 ミリメートル (mm) ~ 約 10.0 mm の距離で互いに離間するように印刷することができる。他の実装形態では、隣接する柱は、約 1.0 mm ~ 約 5.0 mm、又は約 2.0 mm ~ 約 3.0 mm の距離で互いに離間させることができる。印刷される液滴は、約 50 マイクロメートル (µm) ~ 約 700 µm、又は約 200 µm ~ 約 600 µm、又は約 400 µm ~ 約 500 µm の平均

50

直径を有することができる。更に、完成した柱は、横方向支持体によって支持されていない場合、約 0.2 mm (滴径に応じて) ~ 約 1.0メートルの高さを有することができる。場合によっては、柱の高さは、動的負荷、熱変形などに応じて、1.0メートルを超え、例えば約 1.0メートル ~ 1.8メートルであり得る。柱は、約 1.8メートルを超える高さで自己座屈になると推定される。横方向支持体によって支持される場合、柱の高さは、約 0.2 mm ~ 数メートル、例えば、3.0メートル以上の範囲であり得る。典型的には、形成される構造体に応じて、柱の高さは、約 1.00 mm ~ 約 500 mm、又は約 1 mm ~ 約 300 mm の範囲であり得る。

#### 【0067】

この実装形態では、複数の柱の各柱 114 は、完成したときに、図 10B に描かれるように、複数の柱のうちの他の柱 114 の各々とは異なる高さを有する。一実装形態では、各柱 114 は、複数の柱の全ての他の柱 114 よりも ±10% 高い又はより短い高さを有する。別の実装形態では、複数の柱の各柱は、完成したときに、高さを有し、複数の柱のうちの最も高い柱の高さは、複数の柱のうちの最も短い柱の高さの少なくとも 4 倍である。これにより、傾斜面 902 を形成して、印刷基材 100 の表面 140 に対する斜角を形成することができる。

#### 【0068】

上述のように、横方向支持体 200、202、702 は、柱 114、600 が形成されている間、及び除去される前に、柱 114、600 の支持を提供し、これにより、柱 114、600 のもたれ又は転倒が低減される。横方向支持体 200、202、702 は、柱 114、600 を支持し、柱 114、600 は、印刷製品 500、1100 の完成前に印刷製品 500、1100 の少なくとも一部分を支持する。別の実装形態では、柱を支持するための代替的な技術が、図 12A ~ 図 13B に描かれるように提供され、ここで、「A」図が平面図であり、「B」図が「A」図で特定された位置に沿った断面である。図 12A ~ 図 13B では、異なるタイプの基部 1210 を有する柱 1200 ~ 1204 の 3 つの列 A ~ C が描かれている。列 A の柱 1200 は、1 レベル当たり 2 つの液滴 1220 を含み、列 B の柱 1202 は、1 レベル当たり 3 つの液滴 1220 を含み、列 C の柱 1204 は、1 レベル当たり 4 つの液滴 1220 を含む。例示の目的で 3 つの異なるタイプの基部 1210 が描かれており、各列 A ~ C は異なるタイプの基部 1210 を含むが、構造体は、基部 1210 のタイプのうちの 1 つのみを有する複数の列を含み得ることが理解されるであろう。しかしながら、構造体は、列 A ~ C に描かれる 2 つのタイプの基部 1210、又は 3 つのタイプの全ての基部を含み得ることが更に理解されるであろう。

#### 【0069】

図 12A 及び図 12B の基部 1210 を形成するために、第 1 の液滴 1220 のみが、各列 A ~ C の各基部 1210 に対してレベル L1 において印刷される。その後、第 2 の液滴 1220 は、第 1 の液滴に隣接する各列 A ~ C 内の各基部 1210 に対してレベル L1 において印刷される。柱 1202 及び 1204 では、第 3 の液滴 1220 は、第 1 の 2 つの液滴 1220 に隣接する各基部に対して L1 において印刷され、柱 1204 では、第 4 の液滴 1220 は、第 1 の 3 つの液滴に隣接する各基部 1210 に対して L1 において印刷される。各柱 1200 ~ 1204 に対して一度に 1 つの液滴 1220 を印刷することにより、各柱位置における各基部 1210 に対して先行する液滴に隣接する後続の液滴を印刷する前に、各液滴 1220 が硬化することを確実にする。滴 1220 は、例えば、前述の印刷経路 130、606 のうちの 1 つ、又は別の印刷経路に印刷することができる。後続の液滴 1220 は、各柱 1200 ~ 1204 の基部 1210 が完成するまで、追加のレベルにおいて同様に印刷される。図 12B は、各基部 1210 を形成するための 5 つのレベル L1 ~ L5 を描いているが、基部は、5 つのレベルよりも多くてもよい、又は少なくともよいことが理解されるであろう。各レベル L1 ~ L5 に対しての液滴 1220 は、同じレベルにおける少なくとも 1 つの他の液滴 1220 と、異なるレベルにおける少なくとも 1 つの他の液滴 1220 とに物理的に接触することができる。

#### 【0070】

10

20

30

40

50

次に、図13A及び図13Bに描かれるように、各基部1210上に剥離部1300を印刷する。剥離部1300は、各レベルL6～L8において印刷された単一の液滴1220を含む。図13Bは、剥離部が3つのレベルの高さであるように描かれているが、剥離部1300は、1つ以上のレベルの高さであり得る。その後、上で描写及び説明されている印刷キャップ402などの上の構造体（簡略化のために図13A及び図13Bには描かれていない）、又は別の上の構造体が、剥離部1300に物理的に接触するように形成されてもよい。

#### 【0071】

柱1200～1204の形成及び使用中、各レベルにおいて2つ以上の液滴1220を含む基部1210は、例えば、各レベルにおいて単一の液滴のみを含む柱と比較して、柱1200～1204に対して比較的強い安定した支持を提供する。補強基部1210で形成されたこれらの柱1200～1204は、横方向支持体200、202、702などの別個の支持構造体を必要としない場合があるが、柱1200～1204を更に支持するために横方向支持体が形成されてもよいことが企図される。更に、各剥離部1300は、単一の液滴1220のみで印刷キャップ402などの上の構造体に物理的に接触し、したがって、製品との物理的な接続は弱く、柱1200～1204を含む支持構造体は、柱1200～1204が表面140から製品までの基部1210のみを含むように形成されている場合よりも容易に除去される。したがって、比較的より強い補強基部1210は、各列A～Cの各柱1200～1204を強化し、形成中の柱1200～1204の転倒を低減又は防止する一方で、比較的弱い剥離部1300は、製品との接触点として各柱1200～1204に対する単一の液滴1220を含むことによって、製品からの分離を軽減又は防止する。

#### 【0072】

図14は、製品から容易に分離される支持構造体を形成するために使用され得る2つの追加のタイプの柱を示す断面図である。柱1400の第1のタイプXは、互いに横方向にオフセットされた複数の液滴1220を含む。図14は、第1の液滴1410が印刷基材100の表面140に物理的に接触する柱1400の第1の液滴1410の中心を通過して延在する第1の垂直軸A<sub>1</sub>を描いている。図14は、柱1400の第2の液滴1412の中心を通過して延在する第2の垂直軸A<sub>2</sub>を更に描いており、第2の液滴1412は、印刷キャップ402（図4、簡略化のために図示されていない）などの製品に物理的に接触する。柱1400は、第1の液滴1410と第2の液滴1412との間に位置付けられた追加の液滴1220を含むことができる。第1の軸A<sub>1</sub>は、第2の軸A<sub>2</sub>から距離D<sub>1</sub>だけ横方向にオフセットされている。一態様では、距離D<sub>1</sub>は、液滴の平均直径に応じて、約200µm～約2,800µmであり得る。別の態様では、距離D<sub>1</sub>は、液滴1220の平均又は目標直径の約1.0倍～約10.0倍であり得（目標直径は、液滴1220の中心を通過して任意の方向、例えば、X方向、Y方向、若しくはZ方向のいずれか、又は液滴1220の中心を通る任意の回転方向で測定することができる）。図14では、柱1400を形成する複数の隣接する液滴1220は、柱1400が徐々に屈曲し、円弧1414を形成するように、互いに横方向にオフセットされる。

#### 【0073】

図14は、更に、柱1402の第2のタイプYが、互いに横方向にオフセットされた複数の液滴1220を含むことを描いている。図14は、第1の液滴1420が印刷基材100の表面140に物理的に接触する、柱1402の第1の液滴1420の中心を通過して延在する第3の垂直軸A<sub>3</sub>を描いている。図14は、柱1402の第2の液滴1422の中心を通過して延在する第4の垂直軸A<sub>4</sub>を更に描いており、ここで、第2の液滴1422は、印刷キャップ402（図4、簡略化のために図示されていない）などの製品に物理的に接触する。柱1402は、第1の液滴1420と第2の液滴1422との間に位置付けられた追加の液滴1220を含むことができる。いくつかの液滴1220の中心を通過して延在する第3の軸A<sub>3</sub>は、第4の軸A<sub>4</sub>から横方向にオフセットされ、これはまた、いくつかの滴1220の中心を通過して距離D<sub>2</sub>だけ延在してもよい。一態様では、距離D<sub>2</sub>

は、約  $10\ \mu\text{m}$  ~ 約  $560\ \mu\text{m}$  であり得る。別の態様では、距離  $D_2$  は、液滴 1220 の平均又は目標直径の約 0.2 倍 ~ 約 0.8 倍であり得る。図 14 では、柱 1400 を形成する 2 つの隣接する液滴 1220 のみが、互いに横方向にオフセットされている。柱 1402 を形成する液滴 1220 の各々は、2 つの軸  $A_3$  及び  $A_4$  のうちの 1 つのみに垂直に整列される。

#### 【0074】

柱 1400、1402 のいずれかは、互いに横方向にオフセットされた液滴 1220 を含む。横方向のオフセットは、列が単一の軸のみに沿って垂直に整列されている場合よりも、分離中に横方向のオフセットの位置（複数可）により大きな応力をかけることによって、製品からの分離を軽減する。図示及び記載されたもの以外の横方向オフセットが企図され、本教示の範囲内であることが理解されるであろう。

10

#### 【0075】

本教示の実装形態による方法は、例えば、加熱プロセス（例えば、再溶融プロセス、焼戻しプロセスなど）、エッチングプロセス（例えば、化学エッチング、機械的エッチングなど）、コーティングプロセス（例えば、金属めっきプロセス、ポリマーコーティングプロセスなど）、又は別の処理を含む、簡略化のために本明細書に記載されていない他の処理行為を任意に含み得ることが理解されるであろう。

#### 【0076】

本教示の広い範囲を記載する数値範囲及びパラメータは近似値であるが、特定の実施例に記載される数値は、可能な限り正確に報告される。しかしながら、いずれの数値も、それぞれの試験測定値に見出される標準偏差から必然的に生じる特定の誤差を本質的に含む。更に、本明細書に開示される全ての範囲は、その中に包含される任意の及び全ての小範囲を包含すると理解されるべきである。例えば、「10未満」の範囲は、ゼロの最小値と10の最大値との間（境界値を含む）の任意の及び全てのサブ範囲、すなわち、ゼロ以上の最小値と10以下の最大値とを有する任意の及び全てのサブ範囲、例えば、1~5を含むことができる。特定の場では、パラメータについて記載した数値は、負の値をとることができる。この場合、「10未満」と記載された範囲の例示的な値は、負の値、例えば、-1、-2、-3、-10、-20、-30などを想定することができる。

20

#### 【0077】

1 つ以上の実装形態に関して本教示は例示されているが、添付の特許請求の範囲の趣旨及び範囲から逸脱することなく、改変及び/又は修正を例示の実施例に対して行うことができる。例えば、プロセスが一連の行為又は事象として記載されているが、本教示は、かかる行為又は事象の順序によって限定されないことが理解されるであろう。いくつかの行為は、本明細書に記載されるものとは異なる順序で、及び/又は別の他の行為若しくは事象と同時に生じ得る。また、本教示の1つ以上の態様又は実装形態による方法論を実装するために、全てのプロセス段階が必要とされるとは限らない場合がある。構造的構成要素及び/又は処理段階を追加することができ、又は既存の構造的構成要素及び/又は処理段階を除去又は修正することができることが理解されるであろう。更に、本明細書に描写される行為のうちの一つ以上は、1つ以上の別個の行為及び/又は局面において実行されてもよい。更に、用語「含む (including)」、「含む (includes)」、「有する (having)」、「有する (has)」、「有する (with)」、又はこれらの変形が発明を実施するための形態及び特許請求の範囲のいずれかで使用される限りにおいて、そのような用語は、用語「含む (comprising)」と同様の手法での包含であることが意図される。用語「~のうちの一つ以上」は、列挙された項目のうちの一つ以上を選択することができることを意味するために使用される。本明細書で使用するとき、例えば、A及びBなどの項目のリストに関して用語「の一つ以上」は、A単独、B単独、又はA及びBを意味する。更に、本明細書の記述及び特許請求の範囲において、2つの材料に関して使用される用語「上 (on)」、すなわち、他方「上 (on)」の一方は、それらの材料間の少なくとも一部の接触を意味し、一方、「の上 (over)」は、それらの材料が近接していることを意味するが、場合によっては、接触が可能であるが必要とされないように、1つ以上の追加

30

40

50

の介在材料を伴うことを意味する。「上 (on)」又は「の上 (over)」のいずれも、本明細書で使用される際に任意の指向性を暗示しない。「共形」という用語は、下にある材料の角度が共形材料によって維持される被覆材料を説明する。「約」という用語は、変更が例示された実装形態へのプロセス又は構造の非適合性をもたらさない限り、列挙された値が幾分変化してもよいことを示す。最後に、「例示的な」は、その記載が理想的であることを暗示するのではなく、一実施例として使用されることを示す。本教示の他の実装形態は、明細書及び本明細書の開示の実施を考慮することで当業者には明らかとなるであろう。本明細書及び実施例は、単に例示として見なされることが意図され、本教示の真の範囲及び趣旨は、以下の特許請求の範囲によって示される。

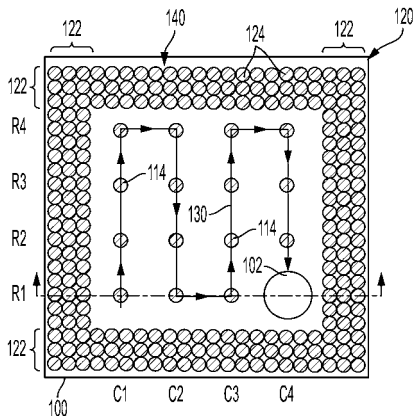
10

【 0 0 7 8 】

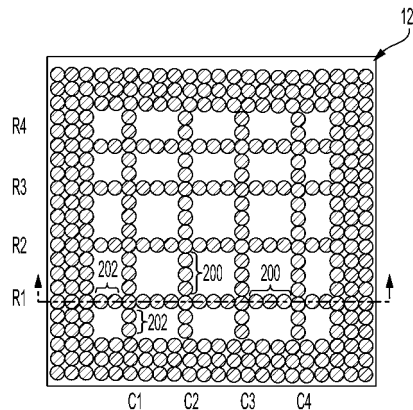
本明細書で使用されるとき、相対位置の用語は、ワークピースの向きにかかわらず、ワークピースの慣習的な平面又は加工面に平行な平面に基づいて定義される。本明細書で使用されるとき、「水平」又は「横方向」という用語は、ワークピースの向きにかかわらず、ワークピースの慣習的な平面又は加工面に平行な平面として定義される。用語「垂直」は、水平に対して直角な方向を指す。「上」、「側」(「側壁」におけるような)、「より高い」、「より低い」、「の上」、「上部」、及び「下」などの用語は、ワークピースの向きにかかわらず、ワークピースの上面上にある慣習的な平面又は加工面に対して定義される。

20

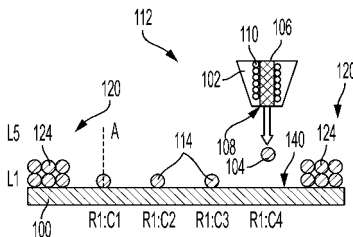
【 図 1 A 】



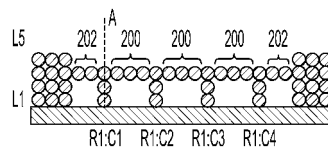
【 図 2 A 】



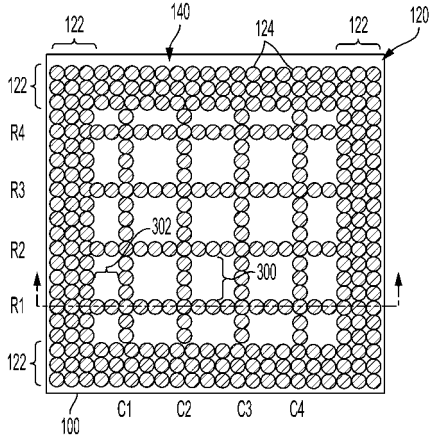
【 図 1 B 】



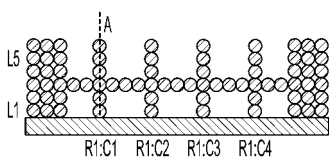
【 図 2 B 】



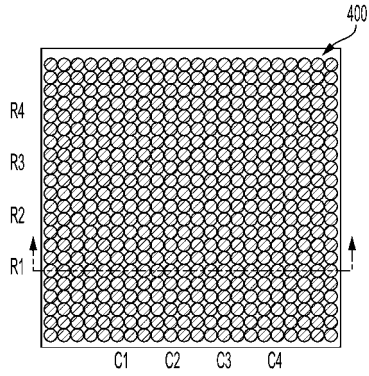
【 図 3 A 】



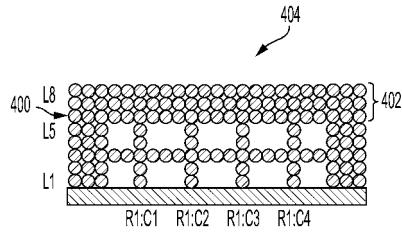
【 図 3 B 】



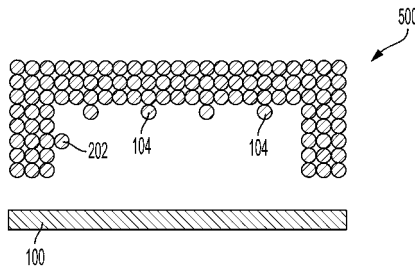
【 図 4 A 】



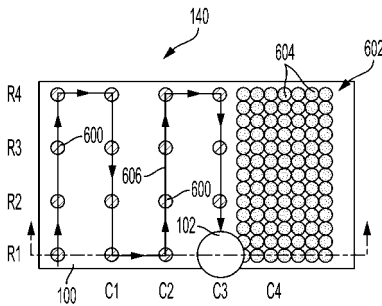
【 図 4 B 】



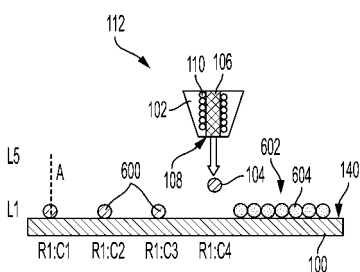
【 図 5 】



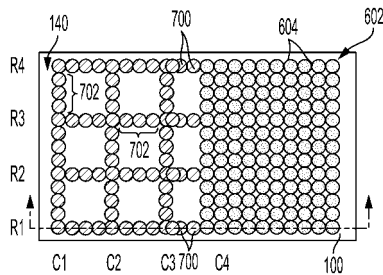
【 図 6 A 】



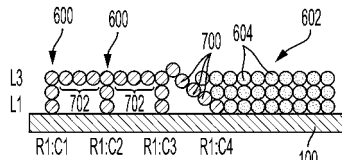
【 図 6 B 】



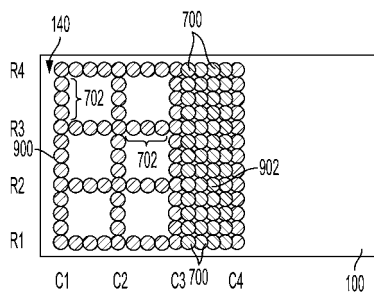
【 図 7 A 】



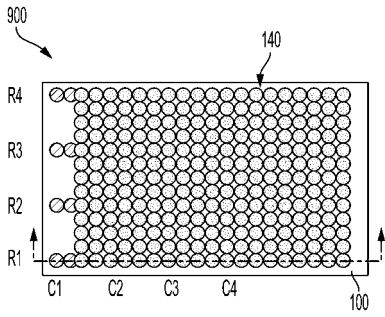
【 図 7 B 】



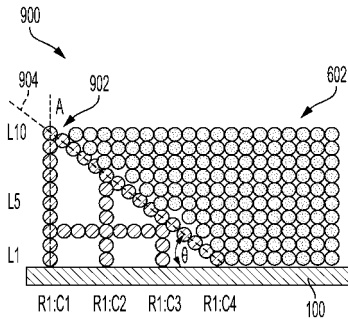
【 図 8 】



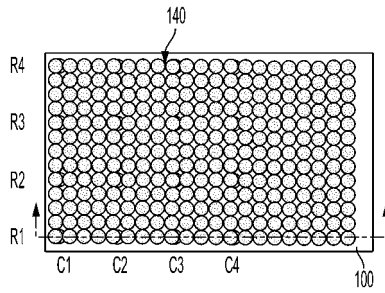
【図9A】



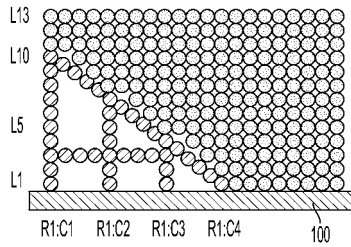
【図9B】



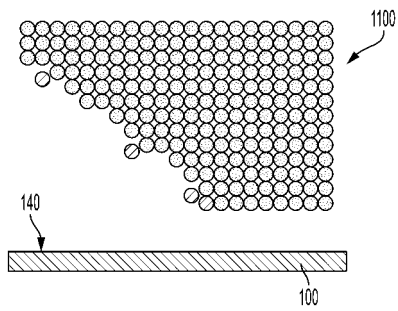
【図10A】



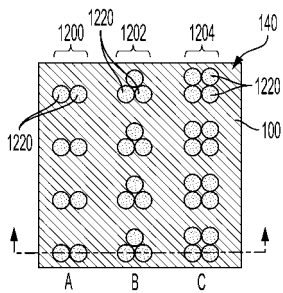
【図10B】



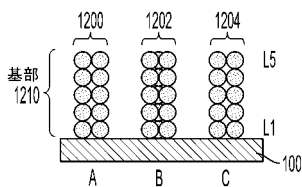
【図11】



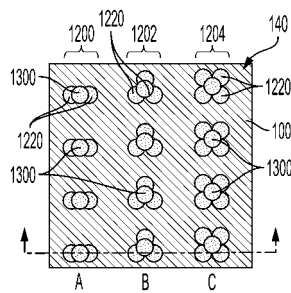
【図12A】



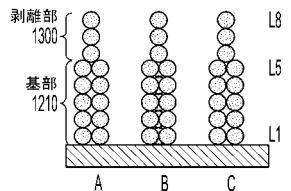
【図12B】



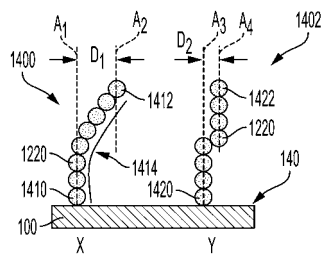
【図13A】



【図13B】



【図14】



## フロントページの続き

- (74)代理人 100109070  
弁理士 須田 洋之
- (74)代理人 100067013  
弁理士 大塚 文昭
- (74)代理人 100086771  
弁理士 西島 孝喜
- (74)代理人 100109335  
弁理士 上杉 浩
- (74)代理人 100120525  
弁理士 近藤 直樹
- (74)代理人 100139712  
弁理士 那須 威夫
- (74)代理人 100167911  
弁理士 豊島 匠二
- (72)発明者 デビッド・エー・マンテル  
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 6 1 0 ロチェスター , ヤーマスロード 2 7 5
- (72)発明者 ダニエル・アール・コーミエ  
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 5 3 4 ピッツフォード , トロッターズフィールドラン  
3 6
- (72)発明者 クリストファー・ティーン・チョンビン  
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 5 8 0 ウェブスター , ステイトロード 1 2 0 9
- (72)発明者 ザカリー・エス・ベイダー  
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 0 5 1 イーストアマーフト , ロックスバリーパーク  
1 7 9
- (72)発明者 ビクター・スーホーツキー  
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 2 2 8 パッフアロー , ペッパーツリードライブ 1 0  
5 , アパートメント 6
- (72)発明者 スコット・ジェイ・ベイダー  
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 5 3 4 ピッツフォード , クローバーストリート 3 0  
8 0
- (72)発明者 デビッド・ティリー  
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 5 8 9 ウィリアムソン , レイクロード 2 7 0 9
- Fターム(参考) 4K018 AA03 AA06 AA07 AA14 AA24 AA33 AA40 BA02 BA03 BA04  
BA08 BA13 BA17 BA20 CA44 EA51 EA60