

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7336202号  
(P7336202)

(45)発行日 令和5年8月31日(2023.8.31)

(24)登録日 令和5年8月23日(2023.8.23)

(51)国際特許分類	F I
B 6 4 C 1/06 (2006.01)	B 6 4 C 1/06
B 6 4 C 1/00 (2006.01)	B 6 4 C 1/00
B 2 9 C 70/30 (2006.01)	B 2 9 C 70/30

請求項の数 15 外国語出願 (全24頁)

(21)出願番号	特願2019-29006(P2019-29006)	(73)特許権者	500520743 ザ・ボーイング・カンパニー The Boeing Company アメリカ合衆国、60606-1596
(22)出願日	平成31年2月21日(2019.2.21)		イリノイ州、シカゴ、ノース・リバーサ
(65)公開番号	特開2019-194066(P2019-194066 A)		イド・プラザ、100
(43)公開日	令和1年11月7日(2019.11.7)	(74)代理人	110002077 園田・小林弁理士法人
審査請求日	令和4年2月21日(2022.2.21)	(72)発明者	チェン、ジアンティエン アメリカ合衆国 イリノイ 60606- 2016, シカゴ, ノースリバーサ
(31)優先権主張番号	15/907,224		イド・プラザ 100
(32)優先日	平成30年2月27日(2018.2.27)	(72)発明者	シローダー、イアン・イー。 アメリカ合衆国 イリノイ 60606- 2016, シカゴ, ノースリバーサ
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		最終頁に続く

(54)【発明の名称】 中実積層ストリンガ

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

航空機で使用するための中実積層ストリンガ(100)であって、補強材料の第1の複数のプライ(102)を含むベースセグメント(101)であって、前記ベースセグメント(101)の第1の積み重ねられたプライ(105)に対して第1の傾斜角度(104)を有する側部(103)を有する第1の概ね台形の断面を形成するベースセグメント(101)と、

補強材料の第2の複数のプライ(202)を含む、前記ベースセグメント(101)に隣接する移行セグメント(201)であって、前記ベースセグメント(101)の前記側部(103)と連続する凹状側部(203)を有する断面を形成する移行セグメント(201)と、

補強材料の第3の複数のプライ(302)を含む、前記移行セグメント(201)に隣接する上部セグメント(301)であって、前記上部セグメント(301)が、前記移行セグメント(201)の前記凹状側部(203)と連続する側部(303)を有する第2の概ね台形の断面を形成し、前記側部(303)が、前記ベースセグメント(101)の前記第1の積み重ねられたプライ(105)に対して前記第1の傾斜角度(104)より大きい第2の傾斜角度(304)を有する、上部セグメント(301)と、

補強材料の少なくとも1つのプライ(402)を含む第1のオーバーラップ層(401)であって、前記上部セグメント(301)、前記移行セグメント(201)、および前記ベースセグメント(101)の少なくとも一部を覆う第1のオーバーラップ層(401)

) と、

補強材料の少なくとも 1 つ の プライ ( 5 0 2 ) を 含む 第 2 の オーバーラップ層 ( 5 0 1 ) で あつて、前記第 1 の オーバーラップ層 ( 4 0 1 ) の 少なくとも 一部と 重なつて、前記ベースセグメント ( 1 0 1 ) を 覆う 第 2 の オーバーラップ層 ( 5 0 1 ) と、  
を 備える ストリンガ ( 1 0 0 ) 。

【請求項 2】

前記第 1 の オーバーラップ層 ( 4 0 1 ) の 前記補強材料の 少なくとも 1 つ の プライ ( 4 0 2 ) が、前記ストリンガ ( 1 0 0 ) の 軸方向 ( 6 0 1 ) に 対して 15 度から 25 度 の 間  
および -15 度から -25 度 の 間の範囲内の 1 つ以上の 角度で 配置 さ れ て い る、 請求項 1  
に 記載 の 中 実積層ストリンガ ( 1 0 0 ) 。

10

【請求項 3】

前記上部セグメント ( 3 0 1 ) が、 少なくとも 0 . 3 8 c m ( 0 . 1 5 インチ ) の 半径  
を 有する 凸状の 弧 ( 3 0 6 ) で 前記上部セグメント ( 3 0 1 ) の 各 側部 ( 3 0 3 ) と 接合  
する 上部表面 ( 3 0 5 ) を 備える、 請求項 1 または 2 に 記載 の 中 実積層ストリンガ ( 1 0 0 ) 。

【請求項 4】

前記移行セグメント ( 2 0 1 ) の 前記凹状側部 ( 2 0 3 ) が、 少なくとも 0 . 6 4 c m  
( 0 . 2 5 インチ ) の 半径を 有する 1 つ以上の 弧を 含み、 前記補強材料の 第 2 の 複数の プ  
ライ ( 2 0 2 ) が、 前記ストリンガ ( 1 0 0 ) の 軸方向 ( 6 0 1 ) に 対して、 25 度から 35 度 の 間  
および -25 度から -35 度 の 間の範囲内の 角度で、 または 0 度、 45 度、 -45 度、 および 90 度  
を 含む 角度で あつて、 前記補強材料の 第 2 の 複数の プライ ( 2 0 2 ) の 4 2 % ~ 4 8 % が 0 度に  
配置 さ れ て い る 角度で 配置 さ れ た プライ を 含む、 請求項 1 か  
ら 3 の い ずれか一項に 記載 の 中 実積層ストリンガ ( 1 0 0 ) 。

20

【請求項 5】

前記上部セグメント ( 3 0 1 ) の 前記第 2 の 傾斜角度 ( 3 0 4 ) が、 6 0 度から 7 5 度 の 間の範囲内 で あり、 前記補強材料の 第 3 の 複数の プライ ( 3 0 2 ) が、 前記ストリンガ  
( 1 0 0 ) の 軸方向 ( 6 0 1 ) に 対して、 2 0 度から 2 5 度 の 間 および -2 0 度から -2 5 度 の 間の範囲内の 角度で、 または 10 度、 -10 度、 60 度、 および -60 度を 含む 角  
度で、 または 0 度、 45 度、 -45 度、 および 90 度を 含む 角度で あつて、 前記補強材料  
の 第 3 の 複数の プライ ( 3 0 2 ) の 4 5 % ~ 6 0 % が 0 度に 配置 さ れ て い る 角度で 配置  
さ れ た プライ を 含む、 請求項 1 から 4 の い ずれか一項に 記載 の 中 実積層ストリンガ ( 1 0 0 ) 。

30

【請求項 6】

前記ベースセグメント ( 1 0 1 ) の 前記第 1 の 傾斜角度 ( 1 0 4 ) が、 1 0 度から 1 5 度 の 間の範囲内 で あり、 前記補強材料の 第 1 の 複数の プライ ( 1 0 2 ) が、 前記ストリンガ  
( 1 0 0 ) の 軸方向 ( 6 0 1 ) に 対して、 0 度、 45 度、 -45 度、 および 90 度を 含  
む 角度で あつて、 前記補強材料の 第 1 の 複数の プライ ( 1 0 2 ) の 3 8 % ~ 4 4 % が 0 度  
に 配置 さ れ て い る 角度で 配置 さ れ た プライ を 含む、 請求項 1 から 5 の い ずれか一項に 記載  
の中 実積層ストリンガ ( 1 0 0 ) 。

【請求項 7】

前記上部セグメント ( 3 0 1 ) が、 前記補強材料の 第 3 の 複数の プライ ( 3 0 2 ) に隣  
接する キャップチャージ ( 3 0 7 ) を さ らに 含み、 前記キャップチャージ ( 3 0 7 ) が、  
補強材料の 第 4 の 複数の プライ ( 3 0 8 ) を 含み、 前記補強材料の 第 4 の 複数の プライ ( 3 0 8 ) が、  
前記ストリンガ ( 1 0 0 ) の 前記軸方向 ( 6 0 1 ) に 対して、 前記補強材料  
の 第 1 の 複数の プライ ( 1 0 2 ) の 前記角度と 実質的に 同じである 角度で 配置 さ れ て い る  
、 請求項 6 に 記載 の 中 実積層ストリンガ ( 1 0 0 ) 。

40

【請求項 8】

前記ストリンガ ( 1 0 0 ) の 前記軸方向 ( 6 0 1 ) に 対する 前記第 1 、 第 2 、 第 3 、 お  
よび 第 4 の 複数の プライ の 配置が、 前記ベースセグメント ( 1 0 1 ) と 前記キャップチャ  
ージ ( 3 0 7 ) との 間の 対称線 ( 6 0 2 ) に つ い て 近似的 に 対称 で あつて、 前記ストリンガ

50

(100)の高さ(604)が前記ストリンガ(100)の前記軸方向(601)に沿つて減少するように、複数の終端プライ(603)が、近似的に前記対称線(602)で、前記ストリンガ(100)の前記軸方向(601)に連続的に終端されている、請求項7に記載の中実積層ストリンガ(100)。

【請求項9】

構造システム(700)の中実積層ストリンガ(100)を製造する方法(800)であって、

前記ストリンガ(100)のベースセグメント(101)を表面(707)上にレイアップすることであって、前記ベースセグメント(101)をレイアップすることが、前記ベースセグメント(101)が、前記表面(707)に対して第1の傾斜角度(104)を有する側部(103)を有する第1の概ね台形の断面を形成するように、補強材料の第1の複数のプライ(102)を積み重ねることを含む、ベースセグメント(101)をレイアップすることと、

前記ベースセグメント(101)に隣接する前記ストリンガ(100)の移行セグメント(201)をレイアップすることであって、前記移行セグメント(201)をレイアップすることが、前記移行セグメント(201)が、前記ベースセグメント(101)の前記側部(103)と連続する凹状側部(203)を有する断面を形成するように、補強材料の第2の複数のプライ(202)を積み重ねることを含む、移行セグメント(201)をレイアップすることと、

前記移行セグメント(201)に隣接する前記ストリンガ(100)の上部セグメント(301)をレイアップすることであって、前記上部セグメント(301)をレイアップすることが、前記上部セグメント(301)が、前記表面(707)に対して前記第1の傾斜角度(104)より大きい第2の傾斜角度(304)を有する側部(303)を有する、前記移行セグメント(201)と連続する第2の概ね台形の断面を形成するように、補強材料の第3の複数のプライ(302)を積み重ねることを含む、上部セグメント(301)をレイアップすることと、

第1のオーバーラップ層(401)をレイアップすることであって、前記第1のオーバーラップ層(401)をレイアップすることが、前記上部セグメント(301)、前記移行セグメント(201)、および前記ベースセグメント(101)の少なくとも一部の上に補強材料の少なくとも1つのプライ(402)を積み重ねることを含む、第1のオーバーラップ層(401)をレイアップすることと、

第2のオーバーラップ層(501)をレイアップすることであって、前記第2のオーバーラップ層(501)をレイアップすることが、前記第2のオーバーラップ層(501)が、前記第1のオーバーラップ層(401)の少なくとも一部と重なって、前記ベースセグメント(101)を覆うように、かつ、前記第2のオーバーラップ層(501)が、前記ベースセグメント(101)に隣接する前記表面(707)の少なくとも一部を覆うように、補強材料の少なくとも1つのプライ(502)を積み重ねることを含む、第2のオーバーラップ層(501)をレイアップすることと、

前記ベースセグメント(101)、前記移行セグメント(201)、前記上部セグメント(301)、前記第1のオーバーラップ層(401)、および前記第2のオーバーラップ層(501)を同時に硬化させることと、  
を含む方法(800)。

【請求項10】

前記移行セグメント(201)をレイアップすることが、

前記移行セグメント(201)の前記凹状側部(203)が、少なくとも0.64cm(0.25インチ)の半径を有する1つ以上の弧を含むように、前記補強材料の第2の複数のプライ(202)を積み重ねることと、

前記補強材料の第2の複数のプライ(202)を、前記ストリンガ(100)の軸方向(601)に対して、25度から35度の間および-25度から-35度の間の範囲内の角度で、または0度、45度、-45度、および90度を含む角度であって、前記補強材

10

20

30

40

50

料の第2の複数のプライ(202)の42%~48%が0度に配置されている角度で、配置することと、  
をさらに含む、請求項9に記載の方法(800)。

【請求項11】

前記上部セグメント(301)をレイアップすることが、

前記上部セグメント(301)の前記第2の傾斜角度(304)が、60度から75度の間の範囲内になるように、前記補強材料の第3の複数のプライ(302)を積み重ねることと、

前記補強材料の第3の複数のプライ(302)を、前記ストリンガ(100)の軸方向(601)に対して、20度から25度の間および-20度から-25度の間の範囲内の角度で、または10度、-10度、60度、および-60度を含む角度で、または0度、45度、-45度、および90度を含む角度であって、前記補強材料の第3の複数のプライ(302)の45%~60%が0度に配置される角度で、配置することと、  
をさらに含む、請求項9または10に記載の方法(800)。

【請求項12】

前記ベースセグメント(101)をレイアップすることが、

前記ベースセグメント(101)の前記第1の傾斜角度(104)が、10度から15度の間の範囲内になるように、前記補強材料の第1の複数のプライ(102)を積み重ねることと、

前記補強材料の第1の複数のプライ(102)を、前記ストリンガ(100)の軸方向(601)に対して、0度、45度、-45度、および90度を含む角度であって、前記補強材料の第1の複数のプライ(102)の38%~44%が0度に配置される角度で、配置することと、

をさらに含む、請求項9から11のいずれか一項に記載の方法(800)。

【請求項13】

前記表面(707)が、航空機部品の積層スキン(701)の内側表面(702)であり、前記方法(800)が、

前記ストリンガ(100)の前記ベースセグメント(101)をレイアップする前に、前記航空機部品の前記積層スキン(701)をレイアップすること、  
をさらに含み、前記ベースセグメント(101)、前記移行セグメント(201)、前記上部セグメント(301)、前記第1のオーバーラップ層(401)、および前記第2のオーバーラップ層(501)を同時に硬化させることが、前記航空機部品の前記積層スキン(701)を同時に硬化させることを、さらに含む、請求項9から12のいずれか一項に記載の方法(800)。

【請求項14】

前記ストリンガ(100)の前記上部セグメント(301)をレイアップすることが、前記補強材料の第3の複数のプライ(302)に隣接するキャップチャージ(307)をレイアップすることを、さらに含み、前記キャップチャージ(307)をレイアップすることが、前記ストリンガ(100)の軸方向(601)に対する前記補強材料の第1の複数のプライ(102)の配置と実質的に同じである前記ストリンガ(100)の前記軸方向(601)に対する配置で、かつ、前記ストリンガ(100)の前記軸方向(601)に対する前記第1、第2、第3、および第4の複数のプライの配置が、前記ベースセグメント(101)と前記キャップチャージ(307)との間の対称線(602)について近似的に対称になるように、補強材料の第4の複数のプライ(308)を積み重ねることを含む、請求項13に記載の方法(800)。

【請求項15】

前記方法(800)が、

前記ストリンガ(100)の前記軸方向(601)に複数の終端プライ(603)を連続的に終端することであって、連続する各終端プライが、前記ストリンガ(100)のランアウト端部(605)から、より短い軸方向距離で、終端され、前記ストリンガ(10

10

20

30

40

50

0)の高さ(604)が前記軸方向(601)に沿って減少するように、前記複数の終端プライ(603)の各終端プライが、近似的に前記対称線(602)で終端されるように、複数の終端プライ(603)を連続的に終端することと、

前記ストリンガ(100)の前記高さ(604)が減少するにつれて、前記ストリンガ(100)の前記軸方向(601)に沿って前記積層スキン(701)の厚さ(704)を増加させることと、

をさらに含み、

前記積層スキン(701)が、外側モールドライン(703)を含み、前記構造システム(700)が、前記積層スキン(701)の前記外側モールドライン(703)から距離(706)に位置する弹性重心(705)を含み、前記方法(800)が、

前記外側モールドライン(703)から前記弹性重心(705)までの前記距離(706)が、前記ストリンガ(100)の前記軸方向(601)に沿って近似的に一定となるように、前記積層スキン(701)の前記内側表面(702)上および前記ストリンガ(100)の前記高さ(604)が減少しているところで前記ストリンガ(100)に隣接して、構造的充填材料(708)をレイアップすることを、さらに含む、請求項14に記載の方法(800)。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、概して、航空機構造に使用するための中実積層ストリンガ、および中実積層ストリンガを製造する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

炭素繊維強化ポリマーから形成されたものなどの中実積層ストリンガが、航空機部品のための構造システムの一部として一般的に使用されている。例えば、一連のストリンガが、航空機の翼または胴体の内側スキンに積層され得る。航空機部品は、経時的な空気力学的荷重と温度変化との組み合わせに晒されるので、構造システムは、航空機部品の内側スキンからのストリンガの層間剥離およびストリンガの熱亀裂に耐えるように設計され得る。

【0003】

必要とされているのは、層間剥離強度が増加し、熱亀裂に対する抵抗力が改善された、改善された中実積層ストリンガである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】米国特許第9242393号明細書

米国特許出願公開第2016/0207607号明細書

米国特許出願公開第2012/0052247号明細書

【発明の概要】

【0005】

一例では、補強材料の第1の複数のプライを有するベースセグメントを含む、航空機で使用するための中実積層ストリンガが、記載され、ベースセグメントは、ベースセグメントの第1の積み重ねられたプライに対して第1の傾斜角度を有する側部を有する第1の概ね台形の断面を形成する。中実積層ストリンガは、ベースセグメントに隣接する移行セグメントをさらに含み、移行セグメントは、補強材料の第2の複数のプライを有し、移行セグメントは、ベースセグメントの側部と連続する凹状側部を有する断面を形成する。中実積層ストリンガは、移行セグメントに隣接する上部セグメントをさらに含み、上部セグメントは、補強材料の第3の複数のプライを有し、上部セグメントは、移行セグメントの凹状側部と連続する側部を有する第2の概ね台形の断面を形成し、側部は、ベースセグメントの第1の積み重ねられたプライに対して第1の傾斜角度より大きい第2の傾斜角度を有する。中実積層ストリンガは、補強材料の少なくとも1つのプライを有する第1のオーバ

10

20

30

40

50

ーラップ層をさらに含み、第1のオーバーラップ層は、上部セグメント、移行セグメント、およびベースセグメントの少なくとも一部を覆う。中実積層ストリンガは、補強材料の少なくとも1つのプライを有する第2のオーバーラップ層をさらに含み、第2のオーバーラップ層は、第1のオーバーラップ層の少なくとも一部と重なって、ベースセグメントを覆う。

#### 【0006】

別の例では、構造システムの中実積層ストリンガを製造する方法が、記載される。この方法は、ストリンガのベースセグメントを表面上にレイアップすることを含み、ベースセグメントをレイアップすることは、ベースセグメントが、表面に対して第1の傾斜角度を有する側部を有する第1の概ね台形の断面を形成するように、補強材料の第1の複数のプライを積み重ねることを、含む。この方法は、ベースセグメントに隣接するストリンガの移行セグメントをレイアップすることを、さらに含み、移行セグメントをレイアップすることは、移行セグメントが、ベースセグメントの側部と連続する凹状側部を有する断面を形成するように、補強材料の第2の複数のプライを積み重ねることを、含む。この方法は、移行セグメントに隣接するストリンガの上部セグメントをレイアップすることを、さらに含み、上部セグメントをレイアップすることは、上部セグメントが、表面に対して第1の傾斜角度より大きい第2の傾斜角度を有する側部を有する、移行セグメントと連続する第2の概ね台形の断面を形成するように、補強材料の第3の複数のプライを積み重ねることを、含む。この方法は、第1のオーバーラップ層をレイアップすることを、さらに含み、第1のオーバーラップ層をレイアップすることは、上部セグメント、移行セグメント、およびベースセグメントの少なくとも一部の上に補強材料の少なくとも1つのプライを積み重ねることを、含む。この方法は、第2のオーバーラップ層をレイアップすることを、さらに含み、第2のオーバーラップ層をレイアップすることは、第2のオーバーラップ層が、第1のオーバーラップ層の少なくとも一部と重なって、ベースセグメントを覆うように、かつ、第2のオーバーラップ層が、ベースセグメントに隣接する表面の少なくとも一部を覆うように、補強材料の少なくとも1つのプライを積み重ねることを、含む。この方法は、ベースセグメント、移行セグメント、上部セグメント、第1のオーバーラップ層、および第2のオーバーラップ層を同時に硬化させることを、さらに含む。

#### 【0007】

別の例では、航空機部品の積層スキンを含む構造システムが、記載されており、積層スキンは、内側表面を含む。構造システムは、積層スキンの内側表面に配置された中実積層ストリンガを、さらに含む。中実積層ストリンガは、補強材料の第1の複数のプライを含むベースセグメントを含み、ベースセグメントは、積層スキンの内側表面に対して第1の傾斜角度を有する側部を有する第1の概ね台形の断面を形成する。中実積層ストリンガは、ベースセグメントに隣接する移行セグメントを、さらに含み、移行セグメントは、補強材料の第2の複数のプライを含み、移行セグメントは、ベースセグメントの側部と連続する凹状側部を有する断面を形成する。中実積層ストリンガは、移行セグメントに隣接する上部セグメントを、さらに含み、上部セグメントは、補強材料の第3の複数のプライを含み、上部セグメントは、移行セグメントの凹状側部と連続する側部を有する第2の概ね台形の断面を形成し、側部は、積層スキンの内側表面に対して第1の傾斜角度より大きい第2の傾斜角度を有する。中実積層ストリンガは、補強材料の少なくとも1つのプライを含む第1のオーバーラップ層を、さらに含み、第1のオーバーラップ層は、上部セグメント、移行セグメント、およびベースセグメントの少なくとも一部を覆う。中実積層ストリンガは、補強材料の少なくとも1つのプライを含む第2のオーバーラップ層を、さらに含み、第2のオーバーラップ層は、第1のオーバーラップ層の少なくとも一部と重なって、ベースセグメントを覆い、第2のオーバーラップ層は、ベースセグメントに隣接する積層スキンの内側表面の少なくとも一部を、さらに覆う。

#### 【0008】

説明した特徴、機能、および利点は、様々な例で独立に達成することができ、またはさらに他の例で組み合わせてもよく、そのさらなる詳細は、以下の説明および図面を参照し

10

20

30

40

50

て理解することができる。

【0009】

例示的な実施例の特徴であると考えられる新規の特徴が、添付の特許請求の範囲に記載されている。しかしながら、例示的な実施例、ならびに好ましい使用モード、そのさらなる目的および説明は、添付の図面と併せて、本開示の例示的な実施例の以下の詳細な説明を参照することによって、最もよく理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】例示的な実施態様による、中実積層ストリンガの斜視図を示す。

【図2】例示的な実施態様による、中実積層ストリンガの拡大図を示す。

【図3】例示的な実施態様による、中実積層ストリンガのベースセグメントの断面平面図を示す。

【図4】例示的な実施態様による、中実積層ストリンガの移行セグメントの断面平面図を示す。

【図5】例示的な実施態様による、中実積層ストリンガの上部セグメントの断面平面図を示す。

【図6】例示的な実施態様による、中実積層ストリンガの第2のオーバーラップ層の断面平面図を示す。

【図7】例示的な実施態様による、中実積層ストリンガを通る対称線を示す。

【図8】例示的な実施態様による、中実積層ストリンガのキャップチャージの断面平面図を示す。

【図9】例示的な実施態様による、中実積層ストリンガのランアウト部における複数の終端プライの概略図を示す。

【図10】例示的な実施態様による、中実積層ストリンガのランアウト部の斜視図を示す。

【図11】例示的な実施態様による、中実積層ストリンガのランアウト部の断面図を示す。

【図12】例示的な実施態様による、中実積層ストリンガの弾性重心を示す。

【図13】例示的な実施態様による、中実積層ストリンガのランアウト部の弾性重心を示す。

【図14】例示的な実施態様による、構造システムの中実積層ストリンガを製造するための例示的な方法のフローチャートを示す。

【発明を実施するための形態】

【0011】

開示された例が、添付の図面を参照して、より十分に説明され、図面には、開示された例の全部ではないが、いくつかが示されている。実際、いくつかの異なる例が、記載されているかもしれないが、本明細書に記載の例に限定されると解釈されるべきではない。むしろ、これらの例は、この開示が徹底的かつ完全であり、開示の範囲を当業者に十分に伝えるように、記載されている。

【0012】

本明細書で論じる例は、中実積層ストリンガおよび中実積層ストリンガを製造するための方法を含む。ストリンガは、層間剥離強度および熱亀裂に対する抵抗力を増大させる構成で補強材料の積み重ねられたプライを含む一連のセグメントを含み得る。ストリンガはまた、ストリンガのランアウトを容易にし、ストリンガを含む構造システムにおける局所的な歪みまたは応力を低減し得る構成を含んでもよい。

【0013】

量または測定値に関して「約」または「実質的」および「実質的に」または「近似的に」という用語は、列挙された特徴、パラメータ、または値が正確に達成される必要がないことを、意味する。むしろ、例えば公差、測定誤差、測定精度の限界、および当業者に知られている他の要因を含む偏差または変動は、特徴が提供することを意図した効果を排除しない量で起こり得る。

【0014】

10

20

30

40

50

ここで図1および図2を参照すると、図1は、例示的な実施態様による、中実積層ストリンガ100の斜視図を示す。同様に、図2は、例示的な実施態様による、中実積層ストリンガ100の拡大図を示す。例えば、ストリンガ100は、胴体または翼などの航空機部品の内部積層スキン上の補強部材として使用することができる。層間剥離強度を向上させるために、ストリンガ100は、ストリンガ100の軸方向における可変の纖維濃度を通して剛性が徐々に変化する一連のセグメントにレイアップされてもよい。例えば、図1に示されるように、ストリンガ100は、ベースセグメント101を含み得る。

#### 【0015】

ベースセグメント101は、第1の概ね台形の断面を形成する。例えば、図1および図2に示すように、ベースセグメント101の最上部および最下部のプライは、実質的に平行であり得る。ベースセグメント101は、ベースセグメント101の補強材料の第1の積み重ねられたプライ105、すなわち最下部のプライに対して第1の傾斜角度104を有する側部103を、さらに含む。図1に示すように、例えば、第1の積み重ねられたプライ105は、航空機部品の積層スキン701の内側表面702と接触して、ストリンガ100の底部を形成してもよい。ベースセグメント101の連続的に積み重ねられたプライは、第1の積み重ねられたプライ105よりも幅がわずかに狭く、その結果、ベースセグメント101の台形断面が生じる。

#### 【0016】

いくつかの実施態様では、ベースセグメント101の第1の傾斜角度104は、約10度から約20度の間の範囲内であり得る。例えば、ストリンガ100の両方の側部103の第1の傾斜角度104は、15度であり得る。これにより、ベースセグメント101をストリンガ100の残りの部分よりも広げることができ、これにより、積層スキン701とベースセグメント101との間に作用し得る層間剥離応力を支えるためのより大きな単位面積が得られ、それによって層間剥離応力が減少する。

#### 【0017】

ストリンガ100は、ベースセグメント101に隣接する移行セグメント201を、さらに含み得る。図1に示すように、移行セグメント201は、ベースセグメント101の上に配置されている。移行セグメント201は、ベースセグメント101の側部103と連続する凹状側部203を有する断面を形成する。いくつかの実施態様では、移行セグメント201の凹状側部203は、少なくとも約0.25インチの半径を有する1つ以上の弧を含むことができ、それによって、ベースセグメント101の側部103から上部セグメント301の側部303への連続的な移行がもたらされ得る。

#### 【0018】

したがって、ストリンガ100は、移行セグメント201に隣接する上部セグメント301を含み得る。図1に示されるように、上部セグメント301は、移行セグメント201の上に位置し、移行セグメント201の凹状側部203と連続する側部303を有する第2の概ね台形の断面を形成する。側部303は、ベースセグメント101の第1の積み重ねられたプライ105に対して第2の傾斜角度304を有する。図1に見られるように、第2の傾斜角度304は、第1の傾斜角度104より大きい。いくつかの実施態様では、第2の傾斜角度304は、約60度から約75度の間の範囲内であり得る。例えば、ストリンガ100の両方の側部303の第2の傾斜角度304は、70度であり得る。

#### 【0019】

いくつかの実施形態では、上部セグメント301は、凸状の弧306で上部セグメント301の各側部303と接合する上部表面305を含むことができ、以下で議論されるように、これによって、いくつかの状況では、ストリンガ100の上方角部の近くまたは上方角部での熱亀裂の可能性を低減し得る。

#### 【0020】

ストリンガは、第1のオーバーラップ層401を、さらに含み得る。第1のオーバーラップ層401は、上部セグメント301、移行セグメント201、およびベースセグメント101の少なくとも一部を覆い得る。例えば、図1および図2に示す例では、第1のオ

10

20

30

40

50

ーバーラップ層 401 は、第 1 の端部 403 から第 2 の端部 404 まで延びており、ストリンガ 100 の両側でベースセグメント 101 の全幅を覆っている。

#### 【 0021 】

上述のように、凸状の弧 306 は、上部セグメント 301 の側部 303 と上部表面 305 との間に滑らかな移行部を提供することができ、この移行部は、その後、第 1 のオーバーラップ層 401 において複製される。例えば、上部セグメント 301 の凸状の弧 306 は、少なくとも約 0.15 インチの半径を有することができる。これにより、第 1 のオーバーラップ層 401 の近くの上部セグメント 301 内の引張応力を、凸状の弧 306 にわたってより効果的に分散させることができる。逆に、側部と上部との間のより鋭い移行部を有する積層ストリンガは、この位置で高い引張応力を受ける可能性があり、これはストリンガ 100 の亀裂を招く可能性がある。

10

#### 【 0022 】

いくつかの実施態様では、ストリンガ 100 は、第 2 のオーバーラップ層 501 を、さらに含み得る。第 2 のオーバーラップ層 501 は、第 1 のオーバーラップ層 401 の少なくとも一部と重なって、ベースセグメント 101 を覆ってもよい。図 1 に示すように、第 2 のオーバーラップ層 501 の第 1 の端部 503 が、移行セグメント 201 の最上部まで延びているとき、図 2 に見られるように、第 2 のオーバーラップ層 501 は、第 1 のオーバーラップ層 401 の一部を覆っている。あるいは、図 2 に示されるように、第 2 のオーバーラップ層 501 の第 1 の端部 503 は、移行セグメント 201 の近似的に中央にある端部まで先細になっていてもよい。

20

#### 【 0023 】

第 2 のオーバーラップ層 501 はまた、積層スキン 701 の一部を覆ってもよい。さらに、第 2 のオーバーラップ層 501 は、ストリンガ 100 の上で連続していないので、ベースセグメント 101 の 2 つの側部 103 は、第 2 のオーバーラップ層 501 の 2 つの異なる部分によって覆われ得る。図 1 に見られるように、第 2 のオーバーラップ層 501 の第 2 の端部は、移行セグメント 201 の近似的に最上部まで延びている。

30

#### 【 0024 】

上述のように、ストリンガ 100 は、ベースセグメント 101 から上部セグメント 301 へ、剛性が徐々に増加する一連のセグメントでレイアップされ得る。積層スキン 701 は、一般に、ストリンガ 100 よりも低い剛性を有するので、この配置は、ベースセグメント 101 が積層スキン 701 の剛性により近い剛性を有することを可能にし、それは有益であり得る。例えば、積層スキン 701 およびベースセグメント 101 などの 2 つの隣接する積層部品の材料特性の違いは、層間引張応力を高め、ある場合には、積層スキン 701 からのストリンガ 100 の剥離に寄与し得る。同じことが、隣接する積層部品間の熱膨張係数 (CTE) の違いから起こり得る。さらに、説明した構成では、高い剛性が、上部セグメント 301 において依然として提供され、曲げに対する最大の抵抗力が得られる。

30

#### 【 0025 】

ストリンガ 100 内のセグメントの剛性は、各セグメントまたはオーバーラップ層のそれぞれのプライにおいて、ストリンガ 100 の軸方向 601 における纖維濃度を変えることによって、徐々に増加させることができる。ストリンガ 100 の従来のレイアップは、ストリンガ 100 の軸方向 601 に対して 0 度、45 度、-45 度および 90 度を含む角度で配置された補強材料のプライを含むことができる。従来のレイアップにおけるこれらの角度のそれぞれの間でプライの数は、例えば、均等に配分されてもよい。しかしながら、現在の例は、軸方向 601 における纖維濃度に影響を与えるいくつかの異なる角度で配置されたプライを有する従来と異なるレイアップ、ならびに軸方向 601 に配置されたプライ（すなわち、0 度のプライ）が多い、プライの不均等な配分を含む従来の 0/45/-45/90 のレイアップを企図する。

40

#### 【 0026 】

例えば、図 1 に示すように、第 1 のオーバーラップ層 401 は、ストリンガ 100 の軸方向 601 に対して約 15 度から約 25 度の間および約 -15 度から約 -25 度の間の範

50

囲内の 1 つ以上の角度で配置された補強材料の少なくとも 1 つのプライ 4 0 2 を含むことができる。例えば、補強材料の少なくとも 1 つのプライ 4 0 2 は、それぞれ 20 度および -20 度に配置された、その向きが図 1 に見られることができるとテーププライの 2 つのプライを、含むことができる。これにより、プライがストリンガ 1 0 0 の軸方向 6 0 1、すなわち 0 度に比較的近く配置されているので、第 1 のオーバーラップ層 4 0 1 の C T E と上部セグメント 3 0 1 の C T E との間のミスマッチを減少させることができる。これらの特性は、上部セグメント 3 0 1 の向きに近づくことができ（後述）、それはまた、上部セグメント 3 0 1 と第 1 のオーバーラップ層 4 0 1 の中および間の層間引張応力を低減し得る。

#### 【 0 0 2 7 】

同様に、ベースセグメント 1 0 1 は、図 3 に示されるベースセグメント 1 0 1 の断面平面図に見られるように、補強材料の第 1 の複数のプライ 1 0 2 を含む。補強材料の第 1 の複数のプライ 1 0 2 は、0 度、45 度、-45 度および 90 度を含む角度で、従来のレイアップにおいてストリンガ 1 0 0 の軸方向 6 0 1 に対して配置されたプライを含むことができる。しかしながら、補強材料の第 1 の複数のプライ 1 0 2 の約 38 % ~ 約 44 % が、0 度に、すなわちストリンガ 1 0 0 の軸方向 6 0 1 と平行に配置されている。例えば、補強材料の第 1 の複数のプライ 1 0 2 におけるプライの 40 % が、0 度のプライであってもよい。これは、積層スキン 7 0 1 の剛性よりも大きいが、望ましくない層間引張応力が導入されるほど大きくはない、ベースセグメント 1 0 1 の全体的な剛性を、提供することができる。

#### 【 0 0 2 8 】

さらに、移行セグメント 2 0 1 は、補強材料の第 2 の複数のプライ 2 0 2 を含み、その一例が、図 4 に示される移行セグメント 2 0 1 の断面平面図に見られる。例えば、補強材料の第 2 の複数のプライ 2 0 2 は、従来と異なるレイアップで配置された、約 25 度から約 35 度の間および約 -25 度から約 -35 度の間の範囲内の角度でストリンガ 1 0 0 の軸方向 6 0 1 に対して配置されたプライを含むことができる。いくつかの実施態様では、例えば、補強材料の第 2 の複数のプライ 2 0 2 は、図 4 のように、30 度および -30 度に配置されてもよい。この配置は、結果として生じる軸方向 6 0 1 における繊維濃度がより大きくなるために、上述したベースセグメント 1 0 1 の配置よりも大きい移行セグメント 2 0 1 の剛性を提供することができる。

#### 【 0 0 2 9 】

あるいは、補強材料の第 2 の複数のプライ 2 0 2 は、従来の 0 / 45 / -45 / 90 度のレイアップで配置されているが、補強材料の第 2 の複数のプライ 2 0 2 の約 42 % ~ 約 48 % が 0 度に配置されているプライを含むことができる。例えば、補強材料の第 2 の複数のプライ 2 0 2 におけるプライの 45 % が、0 度のプライであってもよい。この場合も同様に、上述したベースセグメント 1 0 1 の配置よりも大きいが、後述する上部セグメント 3 0 1 の剛性よりも小さい移行セグメント 2 0 1 の剛性を提供することができる。

#### 【 0 0 3 0 】

上部セグメント 3 0 1 は、補強材料の第 3 の複数のプライ 3 0 2 を含み、その一例が、図 5 に示される上部セグメント 3 0 1 の断面平面図に見られる。例えば、補強材料の第 3 の複数のプライ 3 0 2 は、従来と異なるレイアップにおいて、約 20 度から約 35 度の間および約 -20 度から約 -35 度の間の範囲内の角度でストリンガ 1 0 0 の軸方向 6 0 1 に対して配置されたプライを含むことができる。いくつかの実施態様では、例えば、補強材料の第 3 の複数のプライ 3 0 2 は、図 5 のように、22 度および -22 度に配置されてもよい。これは、結果として生じる軸方向 6 0 1 における繊維濃度がより大きくなるために、上述した移行セグメント 2 0 1 のいずれの配置よりも大きな上部セグメント 3 0 1 の剛性を提供することができる。

#### 【 0 0 3 1 】

あるいは、補強材料の第 3 の複数のプライ 3 0 2 は、従来と異なるレイアップにおいて、10 度、-10 度、60 度および -60 度を含む角度の組み合わせで、ストリンガ 1 0

10

20

30

40

50

0 の軸方向 6 0 1 に対して配置されたプライを含むことができる。この場合も同様に、上記の移行セグメント 2 0 1 について論じられた選択肢よりも大きな軸方向 6 0 1 における繊維濃度をもたらし得る。

#### 【 0 0 3 2 】

さらに別の例として、補強材料の第 3 の複数のプライ 3 0 2 は、従来の 0 / 4 5 / - 4 5 / 9 0 度のレイアップで配置されているが、補強材料の第 3 の複数のプライ 3 0 2 の約 4 5 % ~ 約 6 0 % が 0 度に配置されているプライを含むことができる。例えば、補強材料の第 3 の複数のプライ 3 0 2 におけるプライの 5 5 % が、0 度のプライであってもよく、これは、上記で移行セグメント 2 0 1 について論じたものよりも大きな割合であり、その結果、上部セグメント 3 0 1 の剛性がより大きくなる。

10

#### 【 0 0 3 3 】

第 2 のオーバーラップ層 5 0 1 は、補強材料の少なくとも 1 つのプライ 5 0 2 を含み、その一例は、図 6 に示す第 2 のオーバーラップ層の断面平面図に見ることができる。例えば、補強材料の少なくとも 1 つのプライ 5 0 2 は、図 6 のように、それぞれ - 4 5 度および 4 5 度に配置されたファブリックの 2 つのプライを含むことができる。

#### 【 0 0 3 4 】

ここで図 7 を参照すると、いくつかの実施態様では、中実積層ストリンガ 1 0 0 の上部セグメント 3 0 1 は、補強材料の第 3 の複数のプライ 3 0 2 に隣接するキャップチャージ 3 0 7 を、さらに含むことができる。例えば、キャップチャージ 3 0 7 は、図 7 のように、上部セグメント 3 0 1 の上部表面 3 0 5 の上に配置することができる。さらに、キャップチャージ 3 0 7 は、補強材料の第 1 の複数のプライ 1 0 2 の角度と実質的に同じ角度でストリンガ 1 0 0 の軸方向 6 0 1 に対して配置され得る補強材料の第 4 の複数のプライ 3 0 8 を含む。例えば、図 8 に見られるように、補強材料の第 4 の複数のプライ 3 0 8 は、図 3 に示すベースセグメント 1 0 1 における補強材料の第 1 の複数のプライ 1 0 2 と同じ 0 / 4 5 / - 4 5 / 9 0 度の角度で配置されている。さらに、従来のレイアップの角度の間でのプライの配分が、同様にベースセグメント 1 0 1 と実質的に同じであってもよい。例えば、ベースセグメント 1 0 1 と同様に、補強材料の第 4 の複数のプライ 3 0 8 におけるプライの 4 0 % が、0 度のプライであってもよい。

20

#### 【 0 0 3 5 】

キャップチャージ 3 0 7 がベースセグメント 1 0 1 のミラーであるストリンガ 1 0 0 のこの配置において、ストリンガ 1 0 0 の軸方向 6 0 1 に対する第 1 、第 2 、第 3 、および第 4 の複数のプライの配置は、図 7 に示すように、ベースセグメント 1 0 1 とキャップチャージ 3 0 7 との間の対称線 6 0 2 について近似的に対称であってもよい。対称性は、ストリンガ 1 0 0 の最上部の近くに対応するセグメントを有さない移行セグメント 2 0 1 のために、近似的であり得る。しかしながら、移行セグメント 2 0 1 は、ストリンガ 1 0 0 の高さ 6 0 4 の比較的小さい部分に寄与し得るので、対称線 6 0 2 の周りの対称性からの偏差は、比較的小さくなり得る。

30

#### 【 0 0 3 6 】

上述のストリンガ 1 0 0 内のプライの近似的に対称な配置は、ストリンガ 1 0 0 のランアウト端部において有利であり得る。例えば、図 9 に示すように、ストリンガ 1 0 0 の中央に位置する複数の終端プライ 6 0 3 が、近似的に対称線 6 0 2 で、ストリンガ 1 0 0 の軸方向 6 0 1 に連続的に終端されることが、可能になり得る。例えば、プライが、ストリンガ 1 0 0 の中央から終端されると、ストリンガ 1 0 0 は、対称線 6 0 2 について近似的に対称のままであり得る。さらに、複数の終端プライ 6 0 3 の各プライは、ストリンガ 1 0 0 のランアウト端部 6 0 5 から、より短い軸方向距離で終端されることができ、それによって、ストリンガ 1 0 0 の軸方向 6 0 1 に沿ってストリンガ 1 0 0 の高さ 6 0 4 を減少させることができる。プライは、対称線 6 0 2 の真上から対称線 6 0 2 の真下へ交互に終端されることができ、これは、残りのプライの近似的な対称性を維持するのに役立ち得る。

40

#### 【 0 0 3 7 】

複数の連続する終端プライ 6 0 3 の段階的構成を示すために、図 9 に示す概略図は、対

50

称線 602 に収束し、それによってストリング 100 の高さ 604 を減少させる残りのプライを、示していない。しかしながら、この効果は、図 10 および図 11 に見ることができる。

#### 【0038】

図 10 および図 11 は、ランアウト端部 605 に近づく、ストリング 100 のランアウト部の斜視図および断面図を、それぞれ示す。上述したように、複数の終端プライ 603 が、対称線 602 から終端されると、ストリング 100 の高さ 604 は、ランアウト端部 605 の方向に減少する。図 10 に示すように、高さ 604 がランアウト端部 605 に向かって減少するにつれて、ストリング 100 の幅もまた増加し得る。さらに、キャップチャージ 307 およびベースセグメント 101 は、それらがストリング 100 内に残る唯一のプライになるまで、ストリング 100 の最上部および最下部のプライのままである。他の配置もまた可能である。

#### 【0039】

次に図 12 を参照すると、例示的な実施態様による、構造システムの中実積層ストリングを製造するための方法 800 のフローチャートが示されている。図 12 に示される方法 800 は、例えば、図 1 ~ 図 11 に示され上で論じられたような、ストリング 100 と共に使用され得る方法の例を提示する。本明細書に開示されたこのおよび他のプロセスおよび方法について、フローチャートは本実施例の 1 つの可能な実施態様の機能および動作を示すことを、理解されたい。これに関して、フローチャート内の各ブロックは、プロセス内の特定の論理機能またはステップを実施または引き起こすためにプロセッサによって実行可能な 1 つ以上の命令を含むプログラムコードのモジュール、セグメント、または一部を表すことができる。たとえば、方法 800 は、ロボットアセンブリシステムの 1 つ以上のコンピューティングデバイスによって実施することができる。当業者によって理解されるように、関係する機能に応じて、実質的に同時であることを含めて、示されたまたは説明されたものとは異なる順序で機能が実行され得る代替の実施態様が、本開示の例の範囲内に含まれる。

#### 【0040】

ブロック 802 において、方法 800 は、図 13 および図 14 を参照して分かるように、構造システム 700 のストリング 100 のベースセグメント 101 を表面 707 上にレイアップすることを含む。表面 707 は、例えば、上記の例で論じたように、航空機部品の積層スキン 701 の内側表面 702 であってもよい。しかしながら、表面 707 は、ストリング 100 などの中実積層ストリングによる補強に適した他の任意の表面であり得、これらは組み合わさって構造システム 700 を形成し得る。

#### 【0041】

上記の例で論じたように、ベースセグメント 101 をレイアップすることは、ベースセグメント 101 が表面 707 に対して第 1 の傾斜角度 104 を有する側部 103 を有する第 1 の概ね台形の断面を形成するように、補強材料の第 1 の複数のプライ 102 を積み重ねることを、含み得る。

#### 【0042】

いくつかの実施態様では、ベースセグメント 101 をレイアップすることは、ベースセグメント 101 の第 1 の傾斜角度 104 が約 10 度から約 15 度の間の範囲内になるように、補強材料の第 1 の複数のプライ 102 を積み重ねることを、含み得る。さらに、ベースセグメント 101 をレイアップすることは、ストリング 100 の軸方向 601 に対して 0 / 45 / - 45 / 90 度を含む角度で補強材料の第 1 の複数のプライ 102 を配置することも、含み得る。ベースセグメント 101 内の補強材料の第 1 の複数のプライ 102 のうちの約 38 % ~ 約 44 % が、前に論じられ、図 3 に示されるように、0 度に配置され得る。

#### 【0043】

ブロック 804 において、方法 800 は、ベースセグメント 101 に隣接するストリング 100 の移行セグメント 201 をレイアップすることを含み、これは、前述のように、

10

20

30

40

50

図1および図2に示すように、移行セグメント201が、ベースセグメント101の側部103と連続する凹状側部203を有する断面を形成するように、補強材料の第2の複数のプライ202を積み重ねることを、含み得る。

【0044】

さらに、移行セグメント201をレイアップすることは、移行セグメント201の凹状側部203が少なくとも約0.25インチの半径を有する1つ以上の弧を含むように、補強材料の第2の複数のプライ202を積み重ねることを、含み得る。移行セグメント201をレイアップすることはまた、上記のように、ストリンガ100の軸方向601に対して約25度から約35度の間および約-25度から約-35度の間の範囲内の角度で補強材料の第2の複数のプライ202を配置することを、含み得る。あるいは、補強材料の第2の複数のプライ202は、0/45/-45/90度を含む角度で配置され、補強材料の第2の複数のプライ202の約42%～約48%が0度に配置されていてもよい。

10

【0045】

ブロック806において、方法800は、移行セグメント201に隣接するストリンガ100の上部セグメント301をレイアップすることを含み、これは、上部セグメント301が、移行セグメント201と連続する第2の概ね台形の断面を形成するように、補強材料の第3の複数のプライ302を積み重ねることを、含み得る。さらに、上部セグメントは、前に論じたように、また図1および図2に一般的に示すように、表面707に対して第1の傾斜角度104より大きい第2の傾斜角度304を有する側部303を、含むことができる。

20

【0046】

さらに、上部セグメント301をレイアップすることは、前述のように、上部セグメント301の第2の傾斜角度304が約60度から約75度の間の範囲内になるように、補強材料の第3の複数のプライ302を積み重ねることを、含み得る。上部セグメント301をレイアップすることはまた、以前の例で考えられていたように、ストリンガ100の軸方向601に対して約20度から約35度の間および約-20度から約-35度の間の範囲内の角度で、または、10度、-10度、60度、および-60度を含む角度で、補強材料の第3の複数のプライ302を配置することを、含み得る。あるいは、補強材料の第3の複数のプライ302は、0/45/-45/90度を含む角度で配置され、補強材料の第3の複数のプライ302の約45%～約60%が、0度に配置されていてもよい。

30

【0047】

ブロック808において、方法800は、第1のオーバーラップ層401をレイアップすることを含み、これは、上部セグメント301、移行セグメント201、およびベースセグメント101の少なくとも一部の上に補強材料の少なくとも1つのプライ402を積み重ねることを、含み得る。

【0048】

ブロック810において、方法800は、第2のオーバーラップ層501をレイアップすることを含み、これは、上述の例と同様に、第2のオーバーラップ層501が、第1のオーバーラップ層401の少なくとも一部と重なって、ベースセグメント101を覆うように、かつ、第2のオーバーラップ層501が、ベースセグメント101に隣接する表面707の少なくとも一部を覆うように、補強材料の少なくとも1つのプライ502を積み重ねることを、含み得る。

40

【0049】

ブロック812において、方法800は、ベースセグメント101、移行セグメント201、上部セグメント301、第1のオーバーラップ層401、および第2のオーバーラップ層501を同時に硬化させることを含む。いくつかの実施態様では、表面707は、上述のように、航空機の積層スキン701の内側表面702であってもよい。加えて、ストリンガ100のベースセグメント101をレイアップする前に、方法800は、航空機部品の積層スキン701をレイアップすることを、含み得る。さらに、ベースセグメント101、移行セグメント201、上部セグメント301、第1のオーバーラップ層401

50

、および第 2 のオーバーラップ層 501 を同時に硬化させることは、航空機部品の積層スキン 701 を同時に硬化させることを、含んでもよい。

#### 【0050】

いくつかの実施態様では、構造システム 700 のストリンガ 100 の上部セグメント 301 をレイアップすることは、補強材料の第 3 の複数のプライ 302 に隣接するキャップチャージ 307 をレイアップすることを、含んでもよい。上述したように、また図 7～図 8 に示すように、キャップチャージ 307 をレイアップすることは、ストリンガ 100 の軸方向 601 に対する補強材料の第 1 の複数のプライ 102 の配置と実質的に同じであるストリンガ 100 の軸方向 601 に対する配置で、補強材料の第 4 の複数のプライ 308 を積み重ねることを、含むことができる。結果として、構造システム 700 は、前述のように、ベースセグメント 101 とキャップチャージ 307 との間の対称線 602 について近似的に対称である、ストリンガ 100 の軸方向 601 に対する第 1 、第 2 、第 3 、および第 4 の複数のプライの配置を、含むことができる。

#### 【0051】

方法 800 は、ストリンガ 100 の軸方向 601 において複数の終端プライ 603 を終端することを、含むこともできる。図 9 に関して上述したように、連続する各終端プライは、ストリンガ 100 のランアウト端部 605 から、より短い軸方向距離で終端されることができる。さらに、複数の終端プライ 603 の各終端プライは、ストリンガ 100 の高さ 604 が軸方向 601 に沿って減少するように、近似的に対称線 602 で終端されることができる。

#### 【0052】

いくつかの実施形態では、方法 800 はまた、ストリンガ 100 の高さ 604 が減少するにつれて、ストリンガ 100 の軸方向 601 に沿って積層スキン 701 の厚さ 704 を増加させることを、含むことができる。例えば、積層スキン 701 およびストリンガ 100 を含む構造システム 700 は、図 12～図 13 に示される外側モールドライン 703 を含み得る。構造システム 700 は、積層スキン 701 の外側モールドライン 703 から距離 706 に位置する弾性重心 705 をさらに含み得る。

#### 【0053】

図 13 は、弾性重心 705 の表示を含む構造システム 700 の一例を示す。上述のように、プライがストリンガ 100 から終端されると、質量の減少により、距離 706 が減少するにつれて、弾性重心 705 が下方にドリフトし得る。したがって、これにより、ストリンガ 100 の軸方向 601 に沿って抵抗される曲げモーメントが、構造システム 700 内の異なる位置で作用し得る。これは、構造システム 700 に対する内部荷重を発生させる可能性があり、これは望ましくない可能性がある。その結果、積層スキン 701 の厚さ 704 は、ストリンガ 100 の減少した高さ 604 を相殺するように増加させることができる。

#### 【0054】

しかしながら、上述したように、ストリンガ 100 は、一般に積層スキン 701 よりも大きな剛性を有するので、ストリンガ 100 のランアウトを補償するのに十分な割合で積層スキン 701 の厚さ 704 を増加させることは、可能でないかもしれない。したがって、いくつかの実施形態では、方法 800 は、積層スキン 701 の内側表面 702 上およびストリンガ 100 の高さ 604 が減少しているところでストリンガ 100 に隣接して、構造的充填材料 708 をレイアップすることを、含むことができる。構造的充填材料 708 は、外側モールドライン 703 から弾性重心 705 までの距離 706 が、ストリンガ 100 の軸方向 601 に沿って近似的に一定となるように、ストリンガ 100 のランアウトをバランスさせることができる。このようにして、構造システム 700 は、曲げモーメントが構造システム 700 内の異なる点に沿った弾性重心において異なる位置で作用する場合に発生する可能性がある内部荷重を、最小限に抑えることができる。

#### 【0055】

さらに、本開示は、以下の条項による実施形態を含む。

10

20

30

40

50

## 【0056】

## 条項 1

航空機で使用するための中実積層ストリンガ(100)であって、補強材料の第1の複数のプライ(102)を含むベースセグメント(101)であって、ベースセグメント(101)の第1の積み重ねられたプライ(105)に対して第1の傾斜角度(104)を有する側部(103)を有する第1の概ね台形の断面を形成するベースセグメント(101)と、

ベースセグメント(101)に隣接する移行セグメント(201)であって、補強材料の第2の複数のプライ(202)を含み、ベースセグメント(101)の側部(103)と連続する凹状側部(203)を有する断面を形成する移行セグメント(201)と、

移行セグメント(201)に隣接する上部セグメント(301)であって、補強材料の第3の複数のプライ(302)を含み、移行セグメント(201)の凹状側部(203)と連続する側部(303)を有する第2の概ね台形の断面を形成し、側部(303)が、ベースセグメント(101)の第1の積み重ねられたプライ(105)に対して第1の傾斜角度(104)より大きい第2の傾斜角度(304)を有する、上部セグメント(301)と、

補強材料の少なくとも1つのプライ(402)を含む第1のオーバーラップ層(401)であって、上部セグメント(301)、移行セグメント(201)、およびベースセグメント(101)の少なくとも一部を覆う第1のオーバーラップ層(401)と、

補強材料の少なくとも1つのプライ(502)を含む第2のオーバーラップ層(501)であって、第1のオーバーラップ層(401)の少なくとも一部と重なって、ベースセグメント(101)を覆う第2のオーバーラップ層(501)と、を備えるストリンガ(100)。

## 【0057】

## 条項 2

第1のオーバーラップ層(401)の補強材料の少なくとも1つのプライ(402)が、ストリンガ(100)の軸方向(601)に対して約15度から約25度の間および約-15度から約-25度の間の範囲内の1つ以上の角度で配置されている、条項1に記載の中実積層ストリンガ(100)。

## 【0058】

## 条項 3

上部セグメント(301)が、少なくとも約0.15インチの半径を有する凸状の弧(306)で上部セグメント(301)の各側部(303)と接合する上部表面(305)を備える、条項1または2に記載の中実積層ストリンガ(100)。

## 【0059】

## 条項 4

移行セグメント(201)の凹状側部(203)が、少なくとも約0.25インチの半径を有する1つ以上の弧を含み、補強材料の第2の複数のプライ(202)が、ストリンガ(100)の軸方向(601)に対して、約25度から約35度の間および約-25度から約-35度の間の範囲内の角度で、または0度、45度、-45度および90度を含む角度であって、補強材料の第2の複数のプライ(202)の約42%～約48%が0度に配置されている、角度で配置されたプライを含む、条項1から3のいずれかに記載の中実積層ストリンガ(100)。

## 【0060】

## 条項 5

上部セグメント(301)の第2の傾斜角度(304)が、約60度から約75度の間の範囲内であり、補強材料の第3の複数のプライ(302)が、ストリンガ(100)の軸方向(601)に対して、約20度から約25度の間および約-20度から約-25度の間の範囲内の角度で、または10度、-10度、60度、および-60度を含む角度で、または0度、45度、-45度、および90度を含む角度であって、補強材料の第3の

10

20

30

40

50

複数のプライ (302) の約 45% ~ 約 60% が 0 度に配置されている、角度で配置されたプライを含む、条項 1 から 4 のいずれかに記載の中実積層ストリンガ (100)。

【0061】

条項 6

ベースセグメント (101) の第 1 の傾斜角度 (104) が、約 10 度から約 15 度の間の範囲内であり、補強材料の第 1 の複数のプライ (102) が、ストリンガ (100) の軸方向 (601) に対して、0 度、45 度、-45 度、および 90 度を含む角度であって、補強材料の第 1 の複数のプライ (102) の約 38% ~ 約 44% が 0 度に配置されている、角度で配置されたプライを含む、条項 1 から 5 のいずれかに記載の中実積層ストリンガ (100)。

10

【0062】

条項 7

上部セグメント (301) が、補強材料の第 3 の複数のプライ (302) に隣接するキャップチャージ (307) をさらに含み、キャップチャージ (307) が、補強材料の第 4 の複数のプライ (308) を含み、補強材料の第 4 の複数のプライ (308) が、ストリンガ (100) の軸方向 (601) に対して補強材料の第 1 の複数のプライ (102) の角度と実質的に同じである角度で配置されている、条項 6 に記載の中実積層ストリンガ (100)。

【0063】

条項 8

ストリンガ (100) の軸方向 (601) に対する第 1、第 2、第 3、および第 4 の複数のプライの配置が、ベースセグメント (101) とキャップチャージ (307) との間の対称線 (602) について近似的に対称であり、ストリンガ (100) の高さ (604) がストリンガ (100) の軸方向 (601) に沿って減少するように、複数の終端プライ (603) が、近似的に対称線 (602) で、ストリンガ (100) の軸方向 (601) に連続的に終端されている、条項 7 に記載の中実積層ストリンガ (100)。

20

【0064】

条項 9

構造システム (700) の中実積層ストリンガ (100) を製造する方法 (800) であって、

30

ストリンガ (100) のベースセグメント (101) を表面 (707) 上にレイアップすることであって、ベースセグメント (101) が、表面 (707) に対して第 1 の傾斜角度 (104) を有する側部 (103) を有する第 1 の概ね台形の断面を形成するよう、補強材料の第 1 の複数のプライ (102) を積み重ねることを含む、ベースセグメント (101) をレイアップすることと、

ベースセグメント (101) に隣接するストリンガ (100) の移行セグメント (201) をレイアップすることであって、移行セグメント (201) が、ベースセグメント (101) の側部 (103) と連続する凹状側部 (203) を有する断面を形成するよう、補強材料の第 2 の複数のプライ (202) を積み重ねることを含む、移行セグメント (201) をレイアップすることと、

40

移行セグメント (201) に隣接するストリンガ (100) の上部セグメント (301) をレイアップすることであって、上部セグメント (301) が、表面 (707) に対して第 1 の傾斜角度 (104) より大きい第 2 の傾斜角度 (304) を有する側部 (303) を有する、移行セグメント (201) と連続する第 2 の概ね台形の断面を形成するよう、補強材料の第 3 の複数のプライ (302) を積み重ねることを含む、上部セグメント (301) をレイアップすることと、

第 1 のオーバーラップ層 (401) をレイアップすることであって、上部セグメント (301)、移行セグメント (201)、およびベースセグメント (101) の少なくとも一部の上に補強材料の少なくとも 1 つのプライ (402) を積み重ねることを含む、第 1 のオーバーラップ層 (401) をレイアップすることと、

50

第2のオーバーラップ層(501)をレイアップすることであって、第2のオーバーラップ層(501)が、第1のオーバーラップ層(401)の少なくとも一部と重なって、ベースセグメント(101)を覆うように、かつ、第2のオーバーラップ層(501)が、ベースセグメント(101)に隣接する表面(707)の少なくとも一部を覆うように、補強材料の少なくとも1つのプライ(502)を積み重ねることを含む、第2のオーバーラップ層(501)をレイアップすることと、

ベースセグメント(101)、移行セグメント(201)、上部セグメント(301)、第1のオーバーラップ層(401)、および第2のオーバーラップ層(501)を同時に硬化させることと、を含む方法(800)。

#### 【0065】

##### 条項10

移行セグメント(201)をレイアップすることが、

移行セグメント(201)の凹状側部(203)が、少なくとも約0.25インチの半径を有する1つ以上の弧を含むように、補強材料の第2の複数のプライ(202)を積み重ねることと、

補強材料の第2の複数のプライ(202)を、ストリンガ(100)の軸方向(601)に対して、約25度から約35度の間および約-25度から約-35度の間の範囲内の角度で、補強材料の第2の複数のプライ(202)の約42%～約48%が0度に配置される、45度、-45度、および90度で、配置することと、をさらに含む、条項9に記載の方法(800)。

#### 【0066】

##### 条項11

上部セグメント(301)をレイアップすることが、

上部セグメント(301)の第2の傾斜角度(304)が約60度から約75度の間の範囲内になるように、補強材料の第3の複数のプライ(302)を積み重ねることと、

補強材料の第3の複数のプライ(302)を、ストリンガ(100)の軸方向(601)に対して、約20度から約25度の間および約-20度から約-25度の間の範囲内の角度で、または10度、-10度、60度、および-60度を含む角度で、または0度、45度、-45度、および90度を含む角度であって、補強材料の第3の複数のプライ(302)の約45%～約60%が0度に配置されている、角度で、配置することと、をさらに含む、条項9または10に記載の方法(800)。

#### 【0067】

##### 条項12

ベースセグメント(101)をレイアップすることが、

ベースセグメント(101)の第1の傾斜角度(104)が約10度から約15度の間の範囲内になるように、補強材料の第1の複数のプライ(102)を積み重ねることと、

補強材料の第1の複数のプライ(102)を、ストリンガ(100)の軸方向(601)に対して、0度、45度、-45度、および90度を含む角度であって、補強材料の第1の複数のプライ(102)の約38%～約44%が0度に配置されている、角度で配置することと、をさらに含む、条項9から11のいずれかに記載の方法(800)。

#### 【0068】

##### 条項13

表面(707)が、航空機部品の積層スキン(701)の内側表面(702)であり、方法(800)が、

ストリンガ(100)のベースセグメント(101)をレイアップする前に、航空機部品の積層スキン(701)をレイアップすることを、さらに含み、ベースセグメント(101)、移行セグメント(201)、上部セグメント(301)、第1のオーバーラップ層(401)、および第2のオーバーラップ層(501)を同時に硬化させることが、航空機部品の積層スキン(701)を同時に硬化させることをさらに含む、条項9から12のいずれかに記載の方法(800)。

10

20

30

40

50

## 【0069】

## 条項14

ストリンガ(100)の上部セグメント(301)をレイアップすることが、補強材料の第3の複数のプライ(302)に隣接するキャップチャージ(307)をレイアップすることをさらに含み、キャップチャージ(307)をレイアップすることが、ストリンガ(100)の軸方向(601)に対する補強材料の第1の複数のプライ(102)の配置と実質的に同じであるストリンガ(100)の軸方向(601)に対する配置で、かつ、ストリンガ(100)の軸方向(601)に対する第1、第2、第3、および第4の複数のプライの配置が、ベースセグメント(101)とキャップチャージ(307)との間の対称線(602)について近似的に対称になるように、補強材料の第4の複数のプライ(308)を積み重ねることを含む、条項13に記載の方法(800)。

10

## 【0070】

## 条項15

ストリンガ(100)の軸方向(601)に複数の終端プライ(603)を連続的に終端することであって、連続する各終端プライは、ストリンガ(100)のランアウト端部(605)から、より短い軸方向距離で終端され、複数の終端プライ(603)の各終端プライは、ストリンガ(100)の高さ(604)が軸方向(601)に沿って減少するように、近似的に対称線(602)で終端される、複数の終端プライ(603)を連続的に終端することと、

ストリンガ(100)の高さ(604)が減少するにつれて、ストリンガ(100)の軸方向(601)に沿って積層スキン(701)の厚さ(704)を増加させることと、をさらに含む、条項14に記載の方法(800)。

20

## 【0071】

## 条項16

積層スキン(701)が、外側モールドライン(703)を含み、構造システム(700)が、積層スキン(701)の外側モールドライン(703)から距離(706)に位置する弾性重心(705)を含み、方法(800)が、

外側モールドライン(703)から弾性重心(705)までの距離(706)が、ストリンガ(100)の軸方向(601)に沿って近似的に一定となるように、積層スキン(701)の内側表面(702)上およびストリンガ(100)の高さ(604)が減少しているところでストリンガ(100)に隣接して、構造的充填材料(708)をレイアップすることを、さらに含む、条項15に記載の方法(800)。

30

## 【0072】

## 条項17

内側表面(702)を含む、航空機部品の積層スキン(701)と、積層スキン(701)の内側表面(702)に配置された中実積層ストリンガ(100)であって、

補強材料の第1の複数のプライ(102)を含むベースセグメント(101)であって、積層スキン(701)の内側表面(702)に対して第1の傾斜角度(104)を有する側部(103)を有する第1の概ね台形の断面を形成するベースセグメント(101)と、

40

ベースセグメント(101)に隣接する移行セグメント(201)であって、補強材料の第2の複数のプライ(202)を含み、ベースセグメント(101)の側部(103)と連続する凹状側部(203)を有する断面を形成する移行セグメント(201)と、

移行セグメント(201)に隣接する上部セグメント(301)であって、補強材料の第3の複数のプライ(302)を含み、移行セグメント(201)の凹状側部(203)と連続する側部(303)を有する第2の概ね台形の断面を形成し、側部(303)が、積層スキン(701)の内側表面(702)に対して第1の傾斜角度(104)より大きい第2の傾斜角度(304)を有する、上部セグメント(301)と、

補強材料の少なくとも1つのプライ(402)を含む第1のオーバーラップ層(40)

50

1) であって、上部セグメント(301)、移行セグメント(201)、およびベースセグメント(101)の少なくとも一部を覆う第1のオーバーラップ層(401)と、

補強材料の少なくとも1つのプライ(502)を含む第2のオーバーラップ層(501)であって、第1のオーバーラップ層(401)の少なくとも一部と重なって、ベースセグメント(101)を覆い、かつ、ベースセグメント(101)に隣接する積層スキン(701)の内側表面(702)の少なくとも一部を、さらに覆う、第2のオーバーラップ層(501)と、

を備える中実積層ストリンガ(100)と、を備える構造システム(700)。

【0073】

条項18

10

上部セグメント(301)が、補強材料の第3の複数のプライ(302)に隣接するキャップチャージ(307)をさらに含み、キャップチャージ(307)が、補強材料の第4の複数のプライ(308)を含み、補強材料の第4の複数のプライ(308)が、ストリンガ(100)の軸方向(601)に対する補強材料の第1の複数のプライ(102)の配置と実質的に同じであるストリンガ(100)の軸方向(601)に対する配置を含む、条項17に記載の構造システム(700)。

【0074】

条項19

20

ストリンガ(100)の軸方向(601)に対する第1、第2、第3、および第4の複数のプライの配置が、ベースセグメント(101)とキャップチャージ(307)との間の対称線(602)について近似的に対称であり、ストリンガ(100)の高さ(604)がストリンガ(100)の軸方向(601)に沿って減少するように、複数の終端プライ(603)が、近似的に対称線(602)で、ストリンガ(100)の軸方向(601)に連続的に終端されており、積層スキン(701)の厚さ(704)が、ストリンガ(100)の軸方向(601)に沿って同時に増加している、条項18に記載の構造システム(700)。

【0075】

条項20

30

積層スキン(701)が、外側モールドライン(703)を含み、構造システム(700)が、積層スキン(701)の外側モールドライン(703)から距離(706)に位置する弾性重心(705)を含み、構造システム(700)が、

外側モールドライン(703)から弾性重心(705)までの距離(706)が、ストリンガ(100)の軸方向(601)に沿って近似的に一定となるように、積層スキン(701)の内側表面(702)上およびストリンガ(100)の高さ(604)が減少しているところでストリンガ(100)に隣接して配置された構造的充填材料(708)を、さらに含む、条項19に記載の構造システム(700)。

【0076】

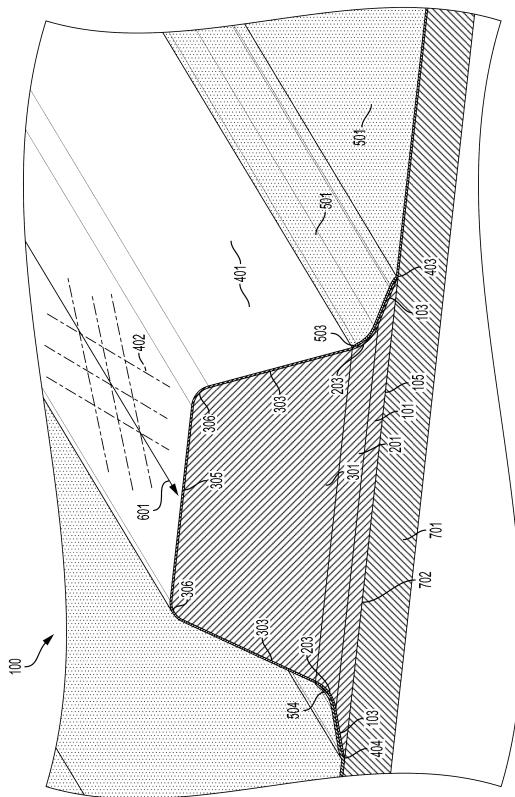
様々な有利な構成の説明は、例示および説明を目的として提示されており、網羅的であること、または開示された形態の例に限定されることを意図していない。多くの修正形態および変形形態が、当業者には明らかであろう。さらに、異なる有利な例は、他の有利な例と比較して異なる利点を説明し得る。選択された1つの例または複数の例は、その例の原理、実際の用途を説明し、予期された特定の用途に適した様々な修正を加えた様々な例についての開示を当業者が理解できるように、選択され説明される。

40

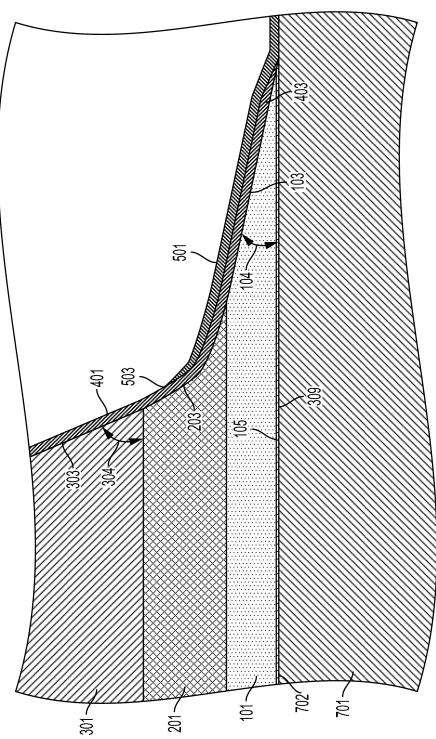
50

## 【 図面 】

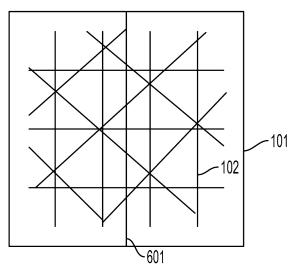
【 図 1 】



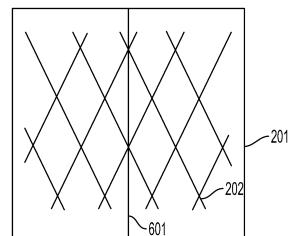
## 【 図 2 】



【図3】



【図4】



10

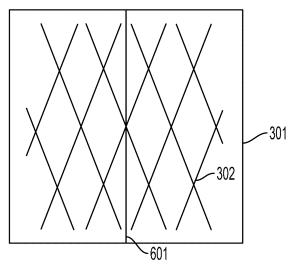
20

30

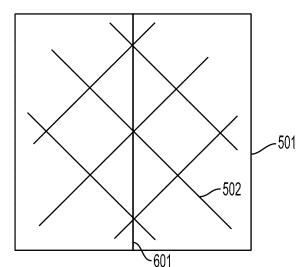
40

50

【図5】

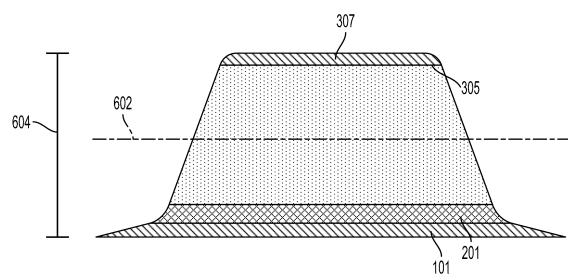


【図6】

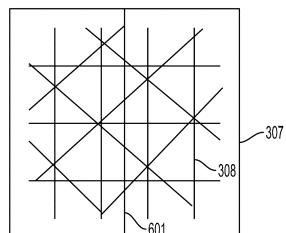


10

【図7】



【図8】



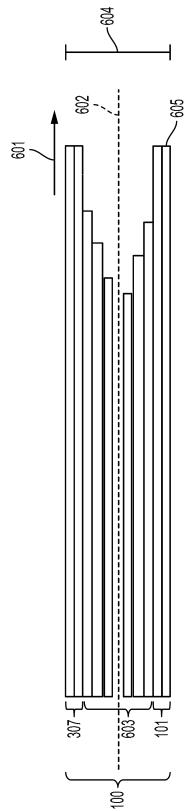
20

30

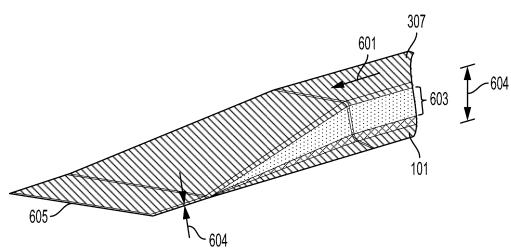
40

50

【図 9】



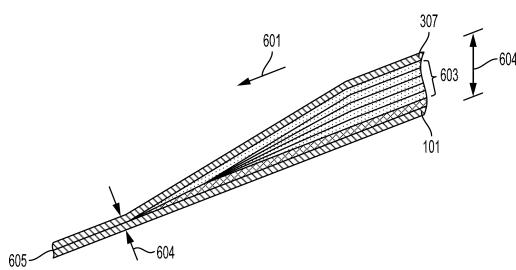
【図 10】



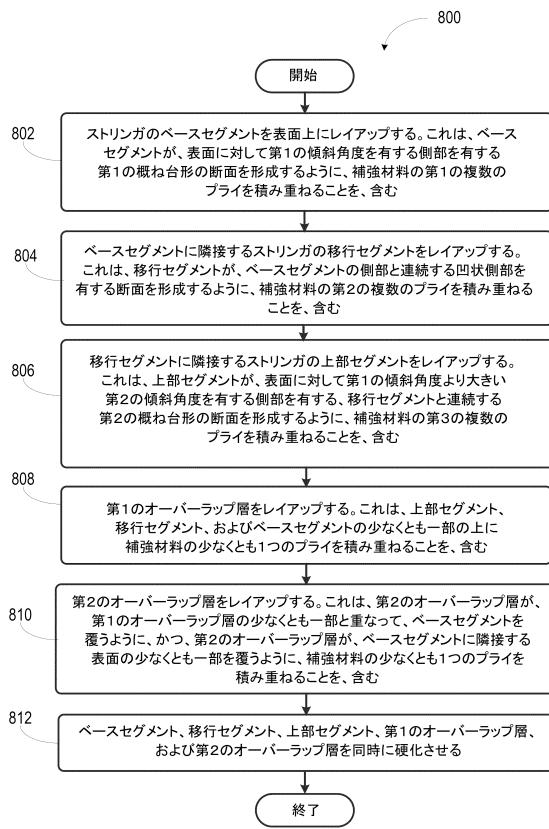
10

20

【図 11】



【図 12】

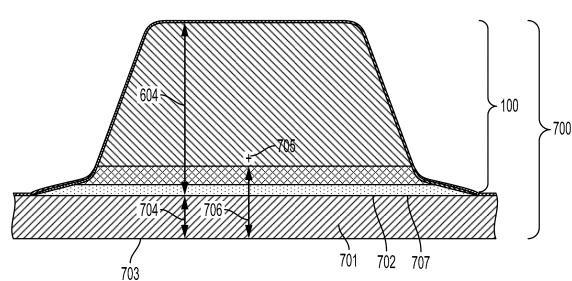


30

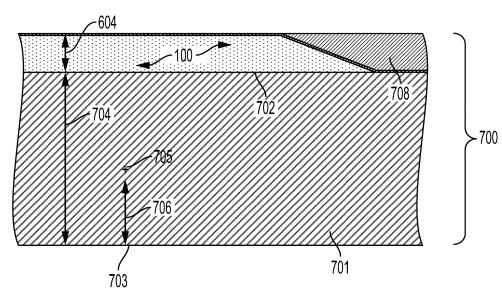
40

50

【図13】



【図14】



10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

イド プラザ 100

(72)発明者 スワンソン, ゲイリー ディー.

アメリカ合衆国 イリノイ 60606-2016, シカゴ, ノース リバーサイド プラザ 100

(72)発明者 ファム, カンナ エム.

アメリカ合衆国 イリノイ 60606-2016, シカゴ, ノース リバーサイド プラザ 100

(72)発明者 クレッガー, サミュエル イー.

アメリカ合衆国 イリノイ 60606-2016, シカゴ, ノース リバーサイド プラザ 100

(72)発明者 スペンサー, スコット エム.

アメリカ合衆国 イリノイ 60606-2016, シカゴ, ノース リバーサイド プラザ 100

審査官 結城 健太郎

(56)参考文献 米国特許出願公開第2015/0099096 (US, A1)

米国特許第4331723 (US, A)

特表2016-534295 (JP, A)

米国特許出願公開第2013/0316147 (US, A1)

米国特許第9242393 (US, B2)

特開2016-135670 (JP, A)

特表2014-510879 (JP, A)

特開2019-1152 (JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

B64C 1/00, 3/18, 3/26,

B29C 70/30