

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5460333号
(P5460333)

(45) 発行日 平成26年4月2日 (2014.4.2)

(24) 登録日 平成26年1月24日 (2014.1.24)

(51) Int. Cl.	F I
B 3 2 B 5/28 (2006.01)	B 3 2 B 5/28 A
B 6 4 C 1/00 (2006.01)	B 6 4 C 1/00 Z N M B
F 1 6 F 15/04 (2006.01)	F 1 6 F 15/04 P
F 1 6 F 15/02 (2006.01)	F 1 6 F 15/02 Q
B 6 4 C 1/40 (2006.01)	B 6 4 C 1/40

請求項の数 15 (全 19 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2009-547244 (P2009-547244)	(73) 特許権者	500520743
(86) (22) 出願日	平成19年12月12日 (2007.12.12)		ザ・ボーイング・カンパニー
(65) 公表番号	特表2010-516512 (P2010-516512A)		The Boeing Company
(43) 公表日	平成22年5月20日 (2010.5.20)		アメリカ合衆国、60606-1596
(86) 国際出願番号	PCT/US2007/087267		イリノイ州、シカゴ、ノース・リバーサイド・プラザ、100
(87) 国際公開番号	W02008/115301	(74) 代理人	100109726
(87) 国際公開日	平成20年9月25日 (2008.9.25)		弁理士 園田 吉隆
審査請求日	平成22年12月6日 (2010.12.6)	(74) 代理人	100101199
(31) 優先権主張番号	11/656,626		弁理士 小林 義敦
(32) 優先日	平成19年1月23日 (2007.1.23)	(72) 発明者	リグオール, サルバートル エル
(33) 優先権主張国	米国 (US)		アメリカ合衆国 ミズーリ 63146, セント. ルイス, ファール パーク レーン 12172

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 減衰中間層を有する複合積層板及びその作製方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

カーボン繊維強化プラスチック材料の第 1 層と第 2 層、
第 1 層と第 2 層の間に配置される、減衰材料の第 3 層、
第 3 層の減衰材料内に配置される繊維強化媒体、
第 1 層と第 3 層との間に配置されてこれらの層に接触する第 1 バリア層、
第 2 層と第 3 層との間に配置されてこれらの層に接触する第 2 バリア層、
を含み、
第 1 バリア層と第 2 バリア層は、0 . 0 0 0 5 インチから 0 . 0 0 2 インチの厚さを有すること、
第 1 バリア層と第 2 バリア層は繊維を含有すること、
前記繊維は、第 1 層、第 2 層の材料と第 3 層の材料との混じり合いを防止する繊維であること、
を備える、
減衰複合積層板。

【請求項 2】

減衰材料が粘弾性材料を含み、前記繊維は、エポキシ樹脂と化学的及び熱的に共存可能な熱可塑性材料、又はナイロン布である、請求項 1 に記載の減衰複合積層板。

【請求項 3】

第 3 層の全ての側面が第 1 層と第 2 層で囲まれている、請求項 1 または 2 に記載の減衰

複合積層板。

【請求項 4】

強化媒体が粘弾性材料に組み込まれた繊維を含む、請求項 2 または 3 に記載の減衰複合積層板。

【請求項 5】

繊維の長さが第 1 層と第 2 層の面に対して直角の方向に延びている、請求項 4 に記載の減衰複合積層板。

【請求項 6】

減衰材料が、第 1 ガラス転移温度を有する第 1 粘弾性材料を含み、
繊維強化媒体が、第 1 ガラス転移温度よりも高い第 2 ガラス転移温度を有する第 2 粘弾性材料で含浸された繊維を含む
請求項 1 に記載の減衰複合積層板。 10

【請求項 7】

減衰材料が、第 1 ガラス転移温度を有する第 1 粘弾性材料を含み、
繊維強化媒体が、第 1 粘弾性材料の中に組み込まれた第 2 粘弾性材料の粗目織物を含み、
第 2 粘弾性材料のガラス転移温度が、第 1 粘弾性材料のガラス転移温度よりも高い、
請求項 1 に記載の減衰複合積層板。

【請求項 8】

繊維強化媒体が減衰材料の中に含まれる含有物を含み、
含有物が、 20
細断したカーボン繊維、
繊維房、
Z 繊維、
繊維強化樹脂の分割テープ、
セラミックマイクロバルーン、
ナノ繊維、
ナノチューブ
のうち少なくとも 1 つである、
請求項 1 に記載の減衰複合積層板。

【請求項 9】

第 3 層の減衰材料はガラス転移温度を有し、減衰材料内の繊維強化媒体は、減衰材料のガラス転移温度より高いガラス転移温度を有する、請求項 1 に記載の減衰複合積層板。 30

【請求項 10】

繊維強化媒体が各バリア層と第 3 層の間の硬い接統部を含み、
第 3 層が穿孔を含み、
硬い接統部が、穿孔内に配置され各バリア層と第 2 層の間に延びている樹脂を含む、
請求項 1 に記載の減衰複合積層板。

【請求項 11】

繊維強化プラスチック材料の第 1 層と第 2 層、
第 1 層と第 2 層の間に配置される、粘弾性材料の第 3 層、 40
第 3 層の粘弾性材料内に配置される繊維強化媒体、
第 1 層と第 3 層との間に配置されてこれらの層に接触する第 1 バリア層、
第 2 層と第 3 層との間に配置されてこれらの層に接触する第 2 バリア層、
を含み、
第 1 バリア層と第 2 バリア層は、0.0005 インチから 0.002 インチの厚さを有すること、
第 1 バリア層と第 2 バリア層は繊維を含有すること、
前記繊維は、第 1 層、第 2 層の材料と第 3 層の材料との混じり合いを防止する繊維であること、
を備える、 50

減衰複合積層板。

【請求項 1 2】

第 3 層の粘弾性材料はガラス転移温度を有し、粘弾性材料内の繊維強化媒体は、粘弾性材料のガラス転移温度より高いガラス転移温度を有する、請求項 1 1 に記載の減衰複合積層板。

【請求項 1 3】

粘弾性材料が熱可塑性ポリウレタンである、請求項 1 1 または 1 2 に記載の減衰複合積層板。

【請求項 1 4】

繊維強化材が、粘弾性材料の中に分散された単繊維を含む、請求項 1 1 から 1 3 のいずれか一項に記載の減衰複合積層板。

10

【請求項 1 5】

繊維強化材が、第 1 層と第 2 層に同時硬化される、請求項 1 1 に記載の減衰複合積層板。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は概して、構造応用、特に航空機に使用される複合積層板に関し、更に具体的には構造減衰性を付与する強化中間層を有する複合積層板に関するものである。

【背景技術】

20

【0002】

カーボン繊維強化エポキシ樹脂等の複合材料は、アルミニウム等の金属に比べ、その軽量性及び高強度から航空機への応用に使用されている。更に最近では、これらの複合材料は航空機内の内部キャビンを囲む胴体構造に使用されている。胴体構造への複合材料の使用により、エンジン及び空気力学的騒音だけでなく、航空機の内部への振動の伝達を低減できる可能性がある。

【0003】

騒音及び振動を低減するために、振動及び騒音を少なくとも部分的に減衰させて内部キャビンへの伝播を防ぐ機能を持つ「増設」パーツを航空機に設置することができる。騒音及び振動を十分低減するために、材料及び設置作業にかかる費用両方の視点から高価である比較的多数のこの増設パーツが必要となる可能性がある。さらに、この追加パーツにより航空機の重量が増す。

30

【0004】

複合材料を使用する場合、特有の高い減衰度を有する胴体等の航空機の構造を設計するのは特に難しい。複合材料は通常、胴体外板が一般的な飛行高度において華氏マイナス 60 度以下に達する温度に通常曝される航空機の稼働状態とは対照的に、比較的高温及び高圧で硬化される。したがって、低温でうまく機能する（普通非常に柔軟な材料が要求される）が、基板と同時に硬化される際の熱と圧力に耐えることができる減衰材料システムを設計するのは特に難しい可能性がある。上記のような低い稼働温度でうまく機能する理想的な材料は、非常に低いガラス転移温度（ T_g ）を有するため、稼働温度においては柔軟な移行段階にある。さらに、低重量への応用のために、このような低温において薄い減衰材料の膜を使用するには、材料の弾性率が通常カーボン／エポキシ複合材料と比べて非常に低くなる。このため、複合材料構造内に固有の減衰性を付与するために比較的柔らかい材料を使用することによって剛性が下がる可能性があり、これは、比較的柔軟な減衰材料が、しばしば有機複合材料とも呼ばれる通常のカーボン繊維強化プラスチック（CFRP）の層よりも実質的に柔らかいためである。

40

【発明の概要】

【0005】

したがって、実質的に剛性及び構造の他の機械性能特性を低減することなく比較的高い固有の減衰性を持つ複合材料構造が必要とされている。本開示の実施形態はこの必要を満

50

たすためのものである。

【 0 0 0 6 】

本開示の一実施形態は、減衰複合積層板を提供し、この減衰複合積層板は、強化樹脂材料の少なくとも第1層及び第2層、及び第1層及び第2層に同時硬化された減衰材料の第3層を含むことができる。減衰材料の第3層は、粘弾性材料を堅くするための強化媒体を有する粘弾性材料を含むことができる。強化媒体は粘弾性材料に組み込まれた繊維を含むことができる。この繊維の長さは第1層及び第2層の面に対して概して直角の方向に延びていてよい。この繊維は粘弾性材料を含浸させた又は粘弾性材料でコーティングしたガラス又はカーボン束又は軽量合成布からできていてよい。この繊維は、繊維が組み込まれた粘弾性材料のガラス転移温度よりも高いガラス転移温度を有する第2粘弾性材料でできていてよい。第3層は、グラファイトナノ繊維又はナノチューブ（多重壁（M W N T）又は単一壁（S W N T））又は粘弾性材料内に分散されたナノ又はマイクロサイズの粒子を含むことができる。ナノ繊維又はナノチューブ又は粒子は、熱可塑性ポリウレタン等の粘弾性材料の膜に含まれていてよい。

10

【 0 0 0 7 】

別の実施形態によると、複合積層板構造が提供されており、この複合積層板構造はカーボン繊維強化プラスチック（C F R P）の少なくとも第1及び第2層と、第1及び第2層の間の強化粘弾性材料の第3層を含むことができる。粘弾性材料は熱可塑性ポリウレタン、又はアクリル又はラテックスゴム等の別の高減衰ポリマーであってよい。第3層は連続的でなく、第1及び第2層の間を橋渡しする非連続的な層であってよい。この橋渡しは、高弾性率のカーボン有機樹脂プリプレグ、又はスリットテープの幅の狭い一片によって達成することができる。スリットテープは航空機の胴体部分の縦型補強材に対し直角の方向に延びる長さ部分を有することができる。この橋渡しはまた、硬化中に第1及び第2層から移動する樹脂で充填された粘弾性材料に目打ちを行うことによって達成できる。この橋渡しは、第1及び第2層に直交し第3層の厚さ方向に延びる繊維系状体（Z繊維）を採用することにより達成できる。これらの繊維系状体の長さが第3層の厚みを超えて、端部が第1及び第2層まで延びる可能性もある。これらの繊維系状体はカーボン又はガラス繊維でできていてよく、エポキシ又は好適な有機樹脂を予め含浸させておいてよい。第3層は第1及び第2層と同時に硬化させて、複合積層板に構造の固有減衰性を付与する強化中間層を形成する。

20

30

【 0 0 0 8 】

本開示の別の実施形態では、減衰複合積層板構造の作製方法が提供されている。本方法は、カーボン繊維強化プラスチック（C F R P）材料の第1及び第2層の間に減衰材料の層を置き、減衰材料の層を第1及び第2層とともに同時硬化させるステップを含むことができる。同時硬化は、第1及び第2層を減衰材料の層と共に圧縮し、第1及び第2層を減衰材料の層とともに同時硬化させることで達成される。減衰材料の層を第1層に付着させ、その後に減衰材料の層の上に第2層が形成することができる。本方法は、同時硬化が行われる前に減衰材料の層に強化材を導入するステップを更に含む。減衰材料の層に強化材を導入するには、強化媒体を供給し、強化媒体に粘弾性材料を注入するステップを含むことができる。

40

【 0 0 0 9 】

本開示の更なる実施形態では、第1及び第2プリプレグを形成するステップと、構造に減衰特性を付与する減衰材料の層を形成するステップと、第1及び第2プリプレグの間に減衰材料の層を配置することによって積層体を形成するステップと、積層体を同時硬化させるステップを含むことができる複合積層板構造を作製する方法が提供される。第1及び第2プリプレグは、減衰層とともに同時硬化中に圧縮される。第1及び第2プリプレグは、カーボンエポキシ複合材料等のカーボン繊維強化プラスチック材料の複数の層を積み重ねることにより、形成することができる。減衰材料の層は、単繊維又は強化繊維ウェブのいずれかを含む熱可塑性物質でコーティングされた強化繊維のプリプレグを形成することにより形成することができる。

50

実施形態のこれらの及び更なる特徴、態様及び利点は、下記の図面、説明及び請求項を参照することにより、より良く理解される。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】図1は本開示の一実施形態による減衰中間層を有する複合積層板構造の断面図である。

【図2】図2は本開示の別の実施形態による減衰中間層を有する複合積層板構造の断面図である。

【図3】図3は本開示の別の実施形態による減衰中間層を有する複合積層板構造の断面図である。

【図4】図4は本開示の別の実施形態による減衰中間層を有する複合積層板構造の断面図である。

【図5】図5は図4に示す複合積層板構造に使用できる湿潤強化繊維の断面図である。

【図6】図6は本開示の別の実施形態による減衰中間層を有する複合積層板構造の断面図である。

【図7】図7は図6に示す複合積層板構造の一部の部分拡大図である。

【図8】図8は図6及び7に示す中間層に使用される単一Z繊維の斜視図である。

【図9】図9はZ繊維が予め挿入されたVEM中間層の側面立面図である。

【図10】図10は図9と同様の図だが、VEM中間層の反対側にプレスされた積層を示す図である。

【図11】図11はVEM中間層の周囲に分布しているZ繊維を有する複合積層板構造の平面断面図である。

【図12】図12は図11に同様の図であるが、VEM中間層全体に均一に分布しているZ繊維を示す図である。

【図13】図13は中間層にスリットテープ強化材を採用している複合積層板構造の別の実施形態を示す平面図である。

【図14】図14は図13の線14-14に沿った断面図である。

【図15】図15は穿孔中間層を有する複合積層板減衰構造の別の実施形態の平面図である。

【図16】図16は図15の線16-16に沿った断面図である。

【図17】図17a~17cは図15及び16に示す穿孔中間層に利用可能な穿孔形状の例図である。

【図18】図18は網で強化した中間層を有する複合積層板構造の別の実施形態の平面図である。

【図19】図19は図18の線19-19に沿った断面図である。

【図20】図20は減衰中間層が粒子で強化されている複合積層板構造の別の実施形態の部分拡大図である。

【図21】図21は減衰中間層を有する複合積層板構造の加工に使用されるプリプレグに強化膜を転写する装置を示す図である。

【0011】

図1にそれぞれ第1層12及び第2層14と、第1層12と第2層14との間に配置され第1層12と第2層14に同時硬化される中間層16を備える減衰複合積層板構造10を示す。各層12、14は例えばカーボン繊維強化エポキシ樹脂及びカーボン繊維強化プラスチック材料等の強化合成材料の複数の層を含むことができる。中間層16は強化材17を含むことができる。強化材17は粘弾性材料を含浸させた、編み糸、繊維系状体、粗糸、テープ、又は樹脂の形状の連続的な繊維性系状体を含む織物又は編物であってよい。強化材17はまた、繊維状の第2粘弾性材料を含むこともできる。強化材17を形作っている強化繊維は、1つの層の中の全ての繊維が互いに平行に延びている配向方向を有し、隣接する層の配向方向が異なる角度を有することができ、これにより機械特性、特に積層板構造10の剛性を改善することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 2 】

中間層 1 6 は第 1 層 1 2 及び第 2 層 1 4 と比べて比較的柔らかい材料、例えば非限定的に粘弾性材料 (V E M) でできていてよい。V E M は、熱可塑性物質、熱可塑性エラストマー又は熱硬化性樹脂として分類される様々な材料を含んでいる。V E M は積層板構造 1 0 に減衰特性を付与するために高い損失正接又は損失弾性率の貯蔵弾性率に対する比を有する必要がある。V E M 材料のガラス転移温度 (T g) は、V E M が柔らかい転移期に稼働するように、稼働温度よりも低くあるべきである。T g はガラスの転移が起きる温度範囲のほぼ中間点であり、分子運動性を増加させて硬化樹脂システムの特性を大幅に変化させる温度である。通常、ポリマーはガラス転移温度以下では、効果的に延性である又は柔らかいとはいえないが、この温度以上では、大幅な弾性 / 可塑性の変形を起こすことができる。

10

【 0 0 1 3 】

V E M は、第 1 層 1 2 及び第 2 層 1 4 の層内に使用される樹脂の弾性率よりもほぼ 2 桁以上小さい弾性率を有し得る。中間層 1 6 を形成している V E M の相対的な柔軟さにより、中間層 1 6 は比較的薄くなるが、非常に低い温度においても効果的であるため重量効率のよい設計となる。更に具体的には、中間層 1 6 の相対的な柔軟さにより、第 1 層 1 2 及び第 2 層 1 4 がそれぞれの面内で互いに相対的に移動することが可能になり、これにより中間層 1 6 の V E M が歪んでずれが生じる。中間層 1 6 内部の V E M のせん断歪みは高い損失正接特性を伴って、衝撃、振動及び音響励起によって積層板構造 1 0 に生じるエネルギーを消散させることが可能になる。積層板構造 1 0 の例えば剛性等の機械特性が、中間層 1 6 の比較的柔らかい V E M の存在によって衰えることがないように、強化材 1 7 によって中間層 1 6 を強化する。

20

【 0 0 1 4 】

積層板構造 1 0 の減衰作用は、V E M の負荷応力及び歪み応答の間の位相差から生じる。減衰性又は損失正接は応力と歪みの間の位相角であり、材料固有の特性である。位相差は、長い鎖状の分子の弛緩から生じる。減衰又は弛緩は、事前荷重 (静的) が高いと減るが、(動的) 交互応力が高いと増加する。積層板構造 1 0 の設計には、中間層 1 6 内の V E M の歪みを増加させることが望ましい。V E M のせん断歪みはカーボンエポキシ積層板構造 1 0 の位置に基づいて最適化することができる。この歪みはまた、例えば非限定的に粒子又は細断したカーボン繊維等の局所的含有物を使用して増加させることもできる。これらの含有物はポリマー中間層 1 6 の歪みを増加させ、これにより積層板構造 1 0 におけるエネルギー消散作用を増加させる。

30

【 0 0 1 5 】

図 2 に、中間層 1 6 を有する積層板構造 1 0 a の別の実施形態を示す。中間層 1 6 は V E M 繊維あるいは V E M 帯の粗目織りの網又は布 1 9 から形成されていてよく、V E M 繊維あるいは V E M 帯の粗目織りの網又は布 1 9 は、航空機のあらゆる稼働温度においても十分な剛性を発揮するが、せん断される際に高い減衰性を呈するようなガラス転移温度 T g を有している。

【 0 0 1 6 】

V E M 網 1 9 は、比較的低い T g を有する V E M 樹脂を含浸させてあるため、V E M 網 1 9 を囲む V E M マトリックスは航空機のあらゆる稼働温度においても比較的柔らかいままである。V E M マトリックスは、例えば非限定的に低い T g と高い損失正接を有する熱可塑性物質又は熱可塑性エラストマーを含むことができ、V E M 網 1 9 は、V E M を含浸させた熱可塑性ポリウレタン又は他の合成繊維布を含むことが出来る。

40

【 0 0 1 7 】

図 2 に示す実施形態においては、任意のバリア層 2 0、2 2 を中間層 1 6、及び第 1 層 1 2 と第 2 層 1 4 の間にそれぞれ形成する。バリア層 2 0、2 2 は、例えば非限定的にエポキシ樹脂と化学的及び熱的に共存可能である別の熱可塑性材料、又はナイロン布 (C e r e x) 等の材料を含むことができる。このバリア層 2 0、2 2 は、中間層 1 6 における V E M の移動及び層 1 2、1 4 でのエポキシ樹脂の移動を制限するように機能することに

50

より、これら 2 つの材料が分離され混合が避けられる。V E M とエポキシ樹脂の混合により、中間層 1 6 の減衰特性が低下する可能性がある。満足な結果をもたらす一実施形態では、バリア層 2 0、2 2 の厚さは 0 . 0 0 0 5 ~ 0 . 0 0 2 インチの間であってよい。バリア層 2 0、2 2 はまた、V E M 膜が自動テープ敷設装置を使用して取り出されるのに好適になるように働く。各バリア層 2 0、2 2 は比較的剛性であるため、自動の繊維配置製造工程で使用される際に、マルチヘッドテーブルプレイヤー (M H T L) 装置を使用して 1 本のロールから V E M 膜をはがすことが可能になる。

【 0 0 1 8 】

図 3 に、中間層 1 6 がカーボン繊維の織布又は編布 2 1 から形成されている積層板構造 1 0 b の別の実施形態を示す。このカーボン繊維の織布又は編布 2 1 では、繊維房が交互に配置されクロスプライ (すなわち、0 / 9 0 °) 又はアングルプライ (+ / -) 形状となっている。カーボン繊維布 2 1 には低 T g V E M を含浸させている。この V E M はカーボン繊維布 2 1 に加熱プレスされた熱可塑性ポリウレタン又は他の樹脂マトリックス等の材料膜を含むことができる。

【 0 0 1 9 】

図 4 及び 5 に、積層板構造 1 0 c の更なる実施形態を示す。この積層板構造 1 0 c では、中間層 1 6 が V E M 3 2 でコーティングされた単向性のカーボン繊維系状体 3 0 でできている。図 6 に示すように、繊維系状体 3 0 の中のカーボン繊維は V E M 3 2 で完全に湿潤してよい。応用形態によっては、ガラス繊維をカーボン繊維系状体 3 0 と置き換えることができる。図 4 及び 5 に示す実施形態では、カーボン又はガラス繊維 3 0 によって、中間層 1 6 に必要な機械的剛性及び強度が付与され、V E M 3 2 を繊維 3 0 にコーティングすることにより、所望の減衰性が得られる。V E M 材料 3 2 によって付与される減衰メカニズムは図 4 及び 5 の実施形態におけるせん断よりも主として伸張から起こるため、中間層 1 6 を積層板構造 1 0 c の様々な位置に配置させることができる。例えば、各層 1 2、1 4 が複数の複合材料層を含むところでは、中間層 1 6 を層 1 2 又は層 1 4 のいずれか、あるいは両方の層のいずれかの間に配置させることができる。応用形態によっては一以上の中間層 1 6 が使用され、これら複数の中間層 1 6 は互いに隣接して、又は層 1 2、1 4 内のいずれかの層の間に位置づけされる。

【 0 0 2 0 】

更なる実施形態 1 0 d を図 6 ~ 1 2 に示す。この実施形態 1 0 d では、中間層 1 6 は V E M マトリックス 4 3 内に保持される複数の Z 繊維 3 4 (繊維の厚みを通る) でできている。繊維 3 4 は、これらが挿入される向きが従来のいわゆる幾何学的 Z 方向であり、層 1 2、1 4 の面に対して垂直であるために、「Z」繊維と呼ばれている。各 Z 繊維 3 4 は、例えばガラス又はカーボン繊維等の強化繊維系状体 3 7 を含み、繊維系状体 3 7 の端部 3 9、4 1 は繊維系状体 3 7 の本体に対して垂直に配向した単繊維として扇形に広がっている。図 7 から分かるように、繊維系状体 3 7 の本体はおおむね層 1 2、1 4 に対して垂直に延びており、端部 3 9、4 1 の単繊維房はそれぞれ積層 1 2、1 4 とともに同時硬化される。

【 0 0 2 1 】

Z 繊維 3 4 は、周知の挿入方法で膜であってよい V E M マトリックス 4 3 に、端部 3 9、4 1 が V E M 4 3 の両側から突き出すように組み込まれる。図 7 から良くわかるように、繊維系状体 3 7 の端部 3 9、4 1 によって V E M 4 3 の両側の層 1 2、1 4 のより剛性の材料に、及び / 又はその中に繊維 3 4 が固定され、これにより荷重が「Z」方向 4 0 a に移動する。したがって、Z 繊維 3 4 の間の空間は、中間層 1 6 に必要な減衰性を付与する V E M 材料 4 3 で充填されている。Z 繊維 3 4 により積層 1 2、1 4 が効率的に機械的に接続され、これにより中間層 1 6 に必要な剛性を付与し、中間層 1 6 の曲げ剛性が増加する。

【 0 0 2 2 】

図 9 に示すように、Z 繊維 3 4 を従来の挿入器具を用いて V E M 膜 4 3 に挿入することにより中間層 1 6 を形成することができる。Z 繊維 3 4 が膜 4 3 に予め挿入されたあとに

10

20

30

40

50

、膜 4 3 が図 1 0 に示すように積層体 4 5 の層 1 2、1 4 の間に配置される。積層体 4 5 は次に従来技術を用いて高温で圧縮及び硬化される。

【 0 0 2 3 】

Z 繊維 3 4 は中間層 1 6 内に様々なレイアウトで配置させることができる。例えば、図 1 1 は V E M 4 3 の中間層 1 6 を含む航空機の外板部分 4 4 を示している。Z 繊維 3 4 は V E M 層 4 4 の V E M 膜 4 3 周囲の周りに挿入される。Z 繊維 3 4 はまた、図 1 2 に示す Z 繊維 3 4 のマトリックスレイアウトで図示されるように、中間層 1 6 全体に一定のパターンで挿入することもできる。

【 0 0 2 4 】

図 1 3 及び 1 4 に、複合積層板構造 1 0 e の更なる実施形態を示す。航空機の外板部分 4 6 は、カーボン繊維強化エポキシ等の強化材料のスリットテープ 5 0 の一片を含む中間層 1 6 パッチを含んでいる。テープ 5 0 は V E M マトリックス 4 8 に配置される。中間層 1 6 は、中間層 1 6 の幅が外板部分 4 6 の幅よりも狭く、中間層 1 6 の長さが外板部分 4 6 の長さよりも短いため、「パッチ」と呼ばれる。中間層 1 6 は複数の層 5 4 の間に完全に配置されている。層 5 4 の外側表面はカーボン繊維強化エポキシ含浸布の層 5 2 で覆われている。

【 0 0 2 5 】

ここで、胴体の外板部分 6 4 等の複合積層板構造 1 0 f の別の実施形態を図示する図 1 5 及び 1 6 を参照する。胴体の外板部分 6 4 では、中間層 1 6 は、積層 1 2、1 4 の間に延在する複数の穿孔 5 8 が形成される好適な V E M 膜 6 0 によって形成されている。膜 6 0 は例えばフランス、ツーロンの S M A C から入手可能な商品名 S M A C T A N E (登録商標)で特定されるような粘弾性ゴム等を含むことができる。穿孔 5 8 の数と大きさは特定の応用形態によって変わる。中間層 1 6 を完全に貫通する穿孔 5 8 によって、樹脂が層 1 2、1 4 の間を移動可能になり、硬化すると V E M 膜マトリックス 6 0 で囲まれる層 1 2、1 4 の間に堅い接続部を形成する。穿孔 5 8 を充填する樹脂による層 1 2、1 4 の間の直接的な接続により、中間層 1 6 が柔らかすぎるときに積層板構造 1 0 f が分割積層板として機能する可能性が低減される。

【 0 0 2 6 】

穿孔 5 8 は中間層 1 6 全体に不規則に又は一定のパターンで形成することができる。穿孔 5 8 はいずれかの様々な断面形状を有することができる。例えば、穿孔 5 8 の断面形状は図 1 7 a に示すように丸くてもよく、図 1 7 b に示すように細長くてもよく、又は図 1 7 c に示すように四角くてもよく、又は一以上のこれらのあるいは他の形状との組み合わせであってよい。

【 0 0 2 7 】

図 1 8 及び 1 9 に、外板部分 6 6 を備える複合積層板構造 1 0 g の別の実施形態を示す。外板部分 6 6 は、図 2 の積層板構造 1 0 a とおおむね同様の、V E M 樹脂 7 0 を含浸させた単一層の V E M 網 6 8 を含む中間層 1 6 を備えている。V E M 網 6 8 のガラス転移温度 T g は V E M 樹脂 7 0 の T g よりも高いため、航空機の全ての稼働範囲にわたって、V E M 網 6 8 により適切な剛性が付与され、V E M 樹脂 7 0 は比較的柔軟に保たれる。この実施形態においては、中間層 1 6 が積み重ねられた層 1 2、1 4 によって完全に包囲されて覆われることにより、外板部分 6 6 に減衰パッチを形成する。

【 0 0 2 8 】

上述した各積層板構造 1 0 - 1 0 g の場合、中間層 1 6 は第 1 層 1 2 及び第 2 層 1 4 とともに積層体として形成され、真空バッグ処理又はオートクレーブ法等の従来技術を用いて同時硬化されることにより、中間層 1 6 は第 1 層 1 6 及び第 2 層 1 8 に同時硬化されて連結積層板構造 1 0 - 1 0 g が作製される。

【 0 0 2 9 】

上述した減衰積層板構造の他の変形例も可能である。例えば、図 2 0 に示すように、V E M マトリックス材料 4 3 を含む中間層 1 6 は、比較的剛性の材料を V E M 材料 4 3 に混合させることにより強化することができる。この強化材料は、細断したカーボン又はセラ

10

20

30

40

50

ミックマイクロバルーンのマイクロ（メートル）サイズの粒子７７であってよい。また、粒子７７は多重壁及び単一壁のナノチューブ又はナノ繊維を用いてナノ（メートル）の大きさにすることもできる。これらの粒子７７又は含有物はまだ水相状態にある時（薄膜に形成される前）に減衰ポリマーに混合させることができる。マイクロメートルサイズの粒子７７はＶＥＭ４３よりもかなり硬く、ＶＥＭ４３に分散された時に２つの材料の組み合わせは（混合の法則によれば）滑らかなＶＥＭ４３よりもより硬くより強くなる、つまりＶＥＭ４３はいずれの強化材料も含んでいない。ナノサイズの粒子７７は主に分子の原子レベルで機能して分子間のイオン結合の強度を上げるのに役立ち、これによりＶＥＭ４３とカーボンエポキシ層１２、１４の間の結合の強度が上がる。

【００３０】

10

図２１に、繊維強化エポキシ樹脂マトリックス７８とＶＥＭ膜７４のプリプレグを形成するための装置を示す。ＶＥＭ膜７４は連続ロール７６から繊維強化エポキシ樹脂材料のプリプレグ７８と共に、加熱素子８０に供給される。加熱素子８０によりプリプレグ７８と膜７４が予熱されたあとに、膜７４をプリプレグ７８に結合させる連結ローラー８２に通して処理される。連続ロール８６から剥離紙８４がプリプレグ７８の表面に供給され、その結果、最終的なプリプレグ８８がロール９０上に堆積する。

【００３１】

本開示の実施形態を特定の例示の実施形態に関連させて説明してきたが、当然ながら特定の実施形態は説明を目的とした非限定的なものであり、当業者であれば他の変形例を発想することが可能である。

20

また、本発明は以下に記載する態様を含む。

（態様１）

カーボン繊維強化プラスチック材料の少なくとも第１及び第２層、及び

第１及び第２層の間に配置され第１及び第２層に同時硬化される、減衰材料及び強化媒体を含む第３層

を含む減衰複合積層板。

（態様２）

減衰材料が粘弾性材料を含む、態様１に記載の減衰複合積層板。

（態様３）

第３層の全ての側面が第１及び第２層で囲まれている、態様１に記載の減衰複合積層板

30

（態様４）

強化媒体が粘弾性材料に組み込まれた繊維を含む、態様２に記載の減衰複合積層板。

（態様５）

繊維の長さが第１及び第２層の面に対しておおむね直角の方向に延びている、態様４に記載の減衰複合積層板。

（態様６）

繊維がＺ繊維である、態様５に記載の減衰複合積層板。

（態様７）

繊維が第１及び第２層に同時硬化される、態様４に記載の減衰複合積層板。

40

（態様８）

減衰材料が、第１ガラス転移温度を有する第１粘弾性材料を含み、

強化媒体が、第１ガラス転移温度よりも高い第２ガラス転移温度を有する第２粘弾性材料で含浸された繊維を含む

態様１に記載の減衰複合積層板。

（態様９）

減衰材料が、第１ガラス転移温度を有する第１粘弾性材料を含み、

強化媒体が、第１粘弾性材料の中に組み込まれた第２粘弾性材料の粗目織物を含み、第２粘弾性材料のガラス転移温度が、第１粘弾性材料のガラス転移温度よりも高い、

態様１に記載の減衰複合積層板。

50

(態 様 1 0)

強化媒体が減衰材料の中に含まれる含有物を含む、態様 1 に記載の減衰複合積層板。

(態 様 1 1)

含有物が、

細断したカーボン繊維、

繊維房、

Z 繊維、

繊維強化樹脂の分割テープ、

セラミックマイクロバルーン、

ナノ繊維、

ナノチューブ

のいずれか 1 つを含む、態様 1 0 に記載の減衰複合積層板。

(態 様 1 2)

第 1 層及び第 3 層の間に配置される第 1 バリアと、第 2 層及び第 3 層の間に配置される第 2 バリアとを更に含む、態様 1 に記載の減衰複合積層板。

(態 様 1 3)

強化媒体が第 1 粘弾性材料からできた網を含む、態様 1 に記載の減衰複合積層板。

(態 様 1 4)

減衰材料が第 2 粘弾性材料からできており、網に第 2 粘弾性材料を含浸させている、態様 1 3 に記載の減衰複合積層板。

(態 様 1 5)

強化媒体が第 2 及び第 3 層の間の硬い結合部を含んでいる、態様 1 に記載の減衰複合積層板。

(態 様 1 6)

第 3 層が穿孔を含み、

硬い接続部が、穿孔内に配置され第 1 及び第 2 層の間に延びている樹脂を含む、態様 1 5 に記載の減衰複合積層板。

(態 様 1 7)

繊維強化樹脂の少なくとも第 1 及び第 2 層、

第 1 及び第 2 層の間の粘弾性材料の第 3 層、ならびに

第 3 層の中の繊維強化材を含む、複合積層板構造。

(態 様 1 8)

粘弾性材料が熱可塑性ポリウレタンである、態様 1 7 に記載の複合積層板構造。

(態 様 1 9)

繊維強化材が、第 1 及び第 2 層に対しておおむね平行である粘弾性材料を通して延びる繊維網を含む、態様 1 7 に記載の複合積層板構造。

(態 様 2 0)

繊維網に粘弾性材料及びエポキシ樹脂の内の 1 つを含浸させている、態様 1 9 に記載の複合積層板構造。

(態 様 2 1)

繊維強化材が、粘弾性材料の中に分散された単繊維を含む、態様 1 7 に記載の複合積層板構造。

(態 様 2 2)

繊維強化材が、粘弾性材料を強化するための、第 1 及び第 2 層の間に延びている複数の Z 繊維を含む、態様 1 7 に記載の複合積層板構造。

(態 様 2 3)

繊維強化材が、第 1 及び第 2 層に同時硬化される、態様 1 7 に記載の複合積層板構造。

(態 様 2 4)

粘弾性材料が第 1 ガラス転移温度を有し、

10

20

30

40

50

繊維強化材が、第 1 ガラス転移温度よりも高い第 2 ガラス転移温度を有する粘弾性材料を含む、

態様 1 7 に記載の複合積層板構造。

(態様 2 5)

第 3 層が第 1 及び第 2 層に同時硬化される、態様 1 7 に記載の複合積層板構造。

(態様 2 6)

第 1 及び第 3 層の間に配置される第 1 バリア層と、第 2 及び第 3 層の間に配置される第 2 バリア層を更に備える、態様 1 7 に記載の複合積層板構造。

(態様 2 7)

下記のステップ：

(A) 強化媒体を減衰材料の層に組み込むステップ

(B) 繊維強化樹脂材料の第 1 及び第 2 層の間に減衰材料の層を配置するステップ

(C) 減衰材料の層を第 1 及び第 2 層と共に同時硬化させるステップ

を含む、減衰複合積層板構造を作製する方法。

(態様 2 8)

ステップ (C) が、第 1 及び第 2 層と、減衰材料の層を圧縮するステップを含む、態様 2 7 に記載の方法。

(態様 2 9)

ステップ (B) が、

減衰材料の層を第 1 層に付着させるステップ、及び

その後に、第 2 層を減衰材料の層の上に形成するステップ

を含む、態様 2 7 に記載の方法。

(態様 3 0)

ステップ (A) が、強化含有物を液状の粘弾性材料の中に混合させるステップを含む、態様 2 7 に記載の方法。

(態様 3 1)

ステップ (A) が、強化媒体に粘弾性材料を注入するステップを含む、態様 2 7 に記載の方法。

(態様 3 2)

ステップ (A) が、

強化合成繊維ウェブを提供するステップ、及び

粘弾性材料膜をウェブにプレスするステップ

を含む、態様 2 7 に記載の方法。

(態様 3 3)

ステップ (A) が、

強化合成繊維を提供するステップ、及び

繊維に粘弾性材料をコーティングするステップ

を含む、態様 2 7 に記載の方法。

(態様 3 4)

ステップ (A) が、

第 1 ガラス転移温度を有する粘弾性材料ウェブを提供するステップ、及び

ウェブに第 1 ガラス転移温度よりも低い第 2 ガラス転移温度を有する粘弾性材料を含浸させるステップ

を含む、態様 2 7 に記載の方法。

(態様 3 5)

ステップ (A) が、ナノ粒子を液状の粘弾性材料に取り入れるステップを含む、態様 2 7 に記載の方法。

(態様 3 6)

ステップ (A) が、Z 繊維を第 1 及び第 2 層の間に配置して曲げ剛性を増加させるステップを含む、態様 2 7 に記載の方法。

10

20

30

40

50

(態 様 3 7)

ステップ (A) が、ステップ (A) を行う前に、Z 繊維を粘弾性膜に挿入するステップを含む、態様 2 7 に記載の方法。

(態 様 3 8)

(A) 第 1 及び第 2 プリプレグを形成するステップ、
(B) 構造に減衰特性を付与する減衰材料層を形成するステップ、
(C) 強化媒体を減衰材料層に取り入れるステップ、
(D) 第 1 及び第 2 プリプレグの間に強化減衰材料の層を配置することによって積層体を形成するステップ
(E) 積層体を同時硬化させるステップ
を含む、複合積層板構造を作製する方法。

10

(態 様 3 9)

(F) ステップ (E) が行われている間に、第 1 及び第 2 プリプレグと減衰層を圧縮させる
ステップを更に含む、態様 3 8 に記載の方法。

(態 様 4 0)

ステップ (A) が、カーボン繊維強化樹脂材料の複数の層を積み重ねるステップを含む、態様 3 8 に記載の方法。

(態 様 4 1)

ステップ (B) と (C) が、熱可塑性物質をコーティングした強化繊維のプリプレグを形成することによって行われる、態様 3 8 に記載の方法。

20

(態 様 4 2)

強化繊維のプリプレグが、強化繊維ウェブを形成し、このウェブを液状の熱可塑性材料の槽に通すことにより形成される、態様 4 1 に記載の方法。

(態 様 4 3)

ステップ (C) が、分散した強化粒子を含む膜を提供するステップを含み、
ステップ (B) が、膜を第 1 プリプレグと直接接触させて、膜を第 1 プリプレグと結合させるステップを含む、
態様 3 8 に記載の方法。

(態 様 4 4)

ステップ (C) が、粘弾性材料膜を強化合成繊維ウェブ上にプレスするステップを含む、態様 3 8 に記載の方法。

30

(態 様 4 5)

ステップ (C) が、
強化合成繊維を提供し、
繊維を粘弾性材料でコーティングする
ステップを含む、態様 3 8 に記載の方法。

(態 様 4 6)

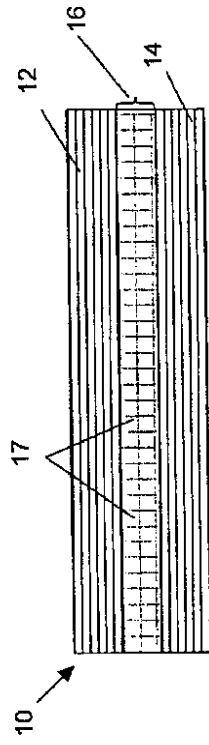
ステップ (C) が、
第 1 ガラス転移温度を有する粘弾性材料ウェブを提供し、
ウェブに、第 1 ガラス転移温度よりも低い第 2 ガラス転移温度を有する粘弾性材料を含浸させる
ステップを含む、態様 3 8 に記載の方法。

40

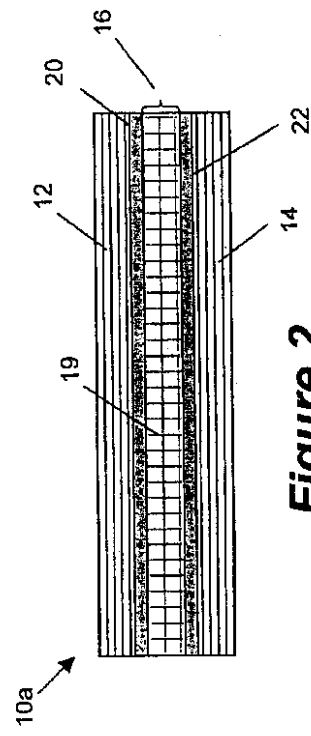
(態 様 4 7)

ステップ (C) が、Z 繊維で第 1 及び第 2 プリプレグの間を橋渡しするステップを含む、態様 3 8 に記載の方法。

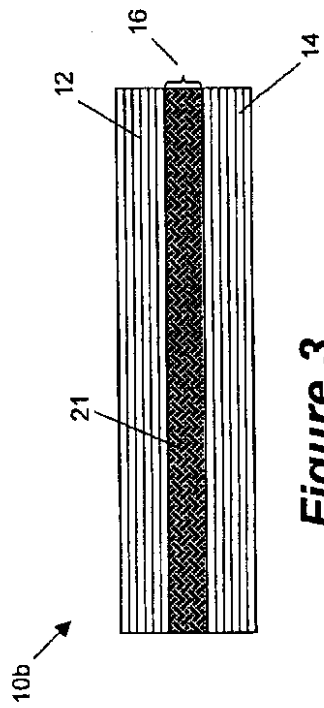
【図 1】

**Figure 1**

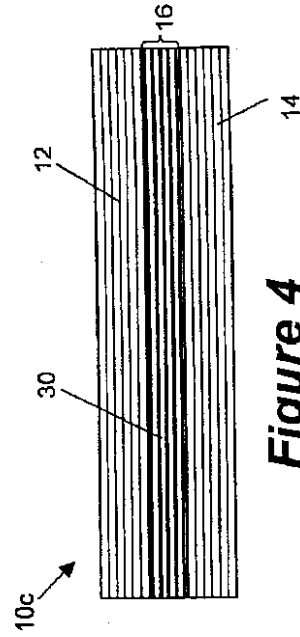
【図 2】

**Figure 2**

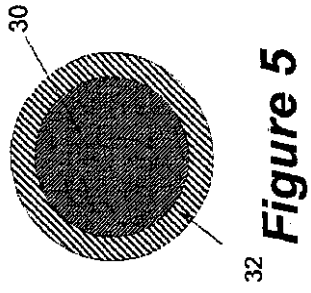
【図 3】

**Figure 3**

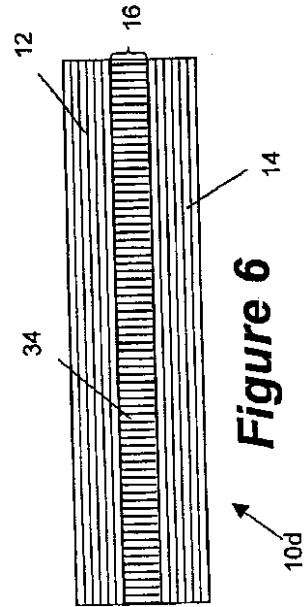
【図 4】

**Figure 4**

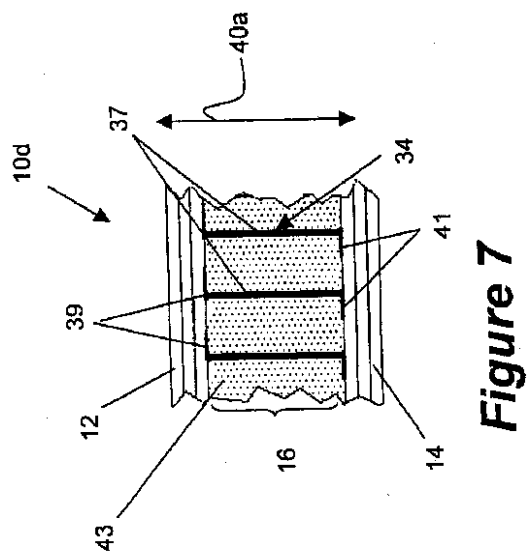
【図 5】



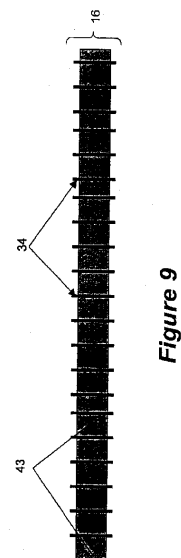
【図 6】



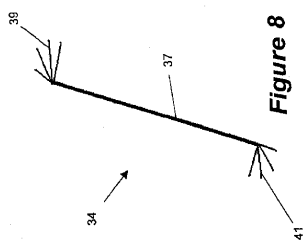
【図 7】



【図 9】



【図 8】



【図 10】

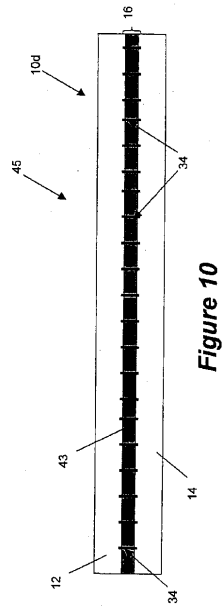


Figure 10

【図 11】

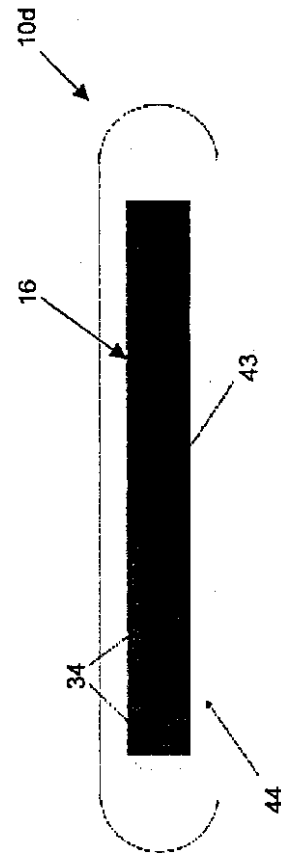


Figure 11

【図 12】

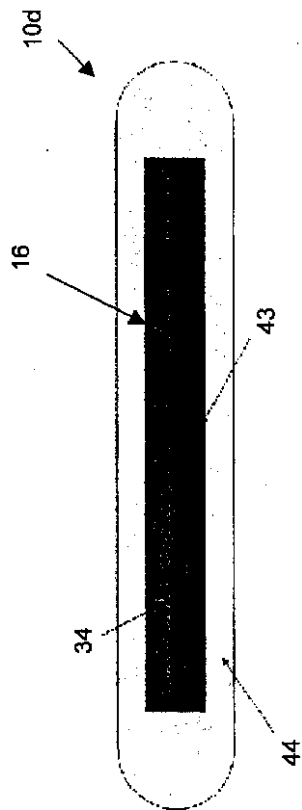


Figure 12

【図 13】

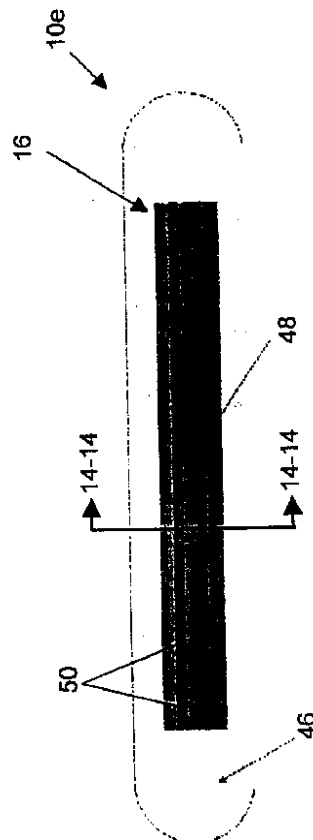


Figure 13

【図 14】

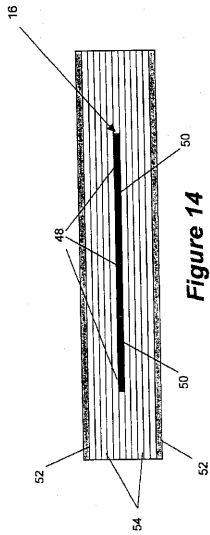


Figure 14

【図 15】

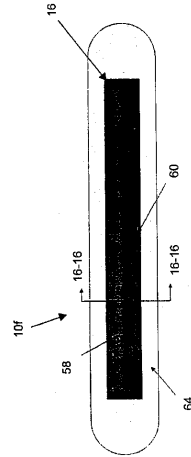


Figure 15

【図 16】

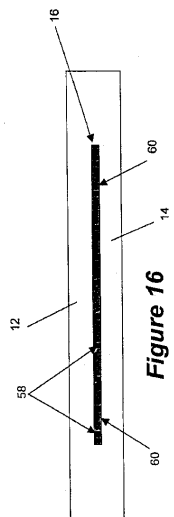


Figure 16

【図 17 a】

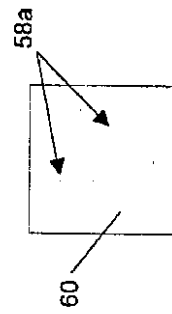


Figure 17a

【図 17 b】

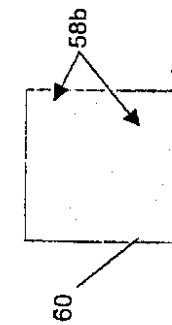
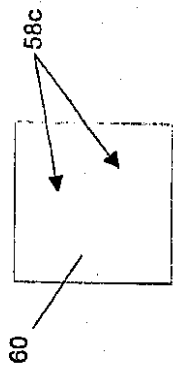
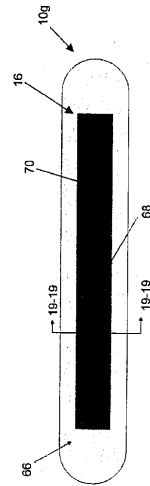


Figure 17b

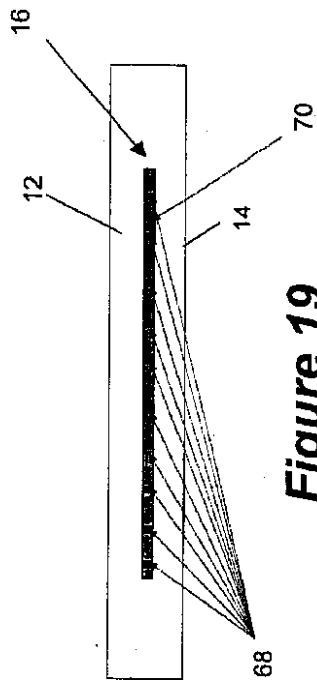
【図 17 c】

**Figure 17c**

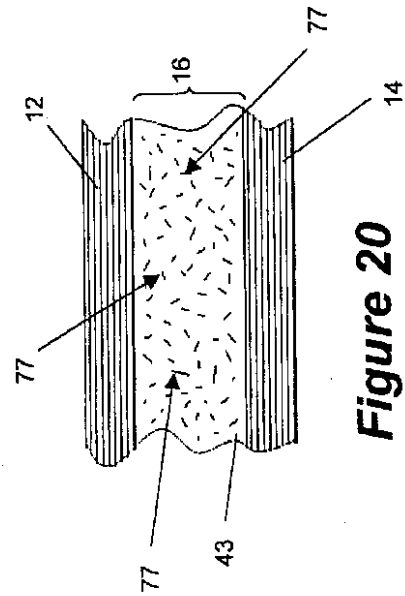
【図 18】

**Figure 18**

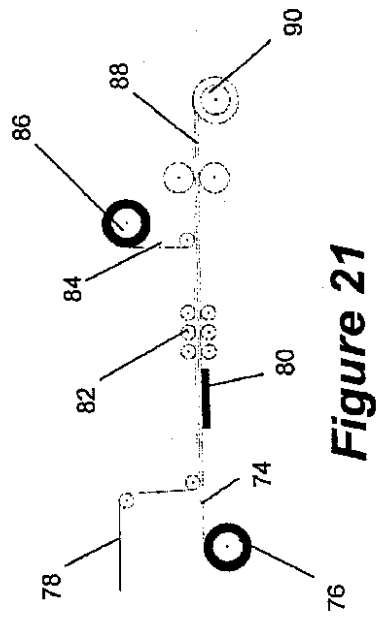
【図 19】

**Figure 19**

【図 20】

**Figure 20**

【図 21】

**Figure 21**

フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I
G 1 0 K	11/162 (2006.01)	G 1 0 K 11/16 A
G 1 0 K	11/16 (2006.01)	G 1 0 K 11/16 D
C 0 8 J	5/24 (2006.01)	C 0 8 J 5/24 C F C

(72)発明者 カオ, トゥアン クアン
 アメリカ合衆国 ワシントン 9 8 0 3 4 , カークランド, #ジー-2 0 3 , エヌイー 1 3
 0 番 シーティ 1 2 4 2 9

(72)発明者 モンゴメリー, ジョシュア エム
 アメリカ合衆国 ワシントン 9 8 1 1 7 , シアトル, エヌ・ダブリュ. 9 4 番 ストリー
 ト 2 8 1 8

審査官 家城 雅美

(56)参考文献 特開平 0 4 - 3 4 1 8 3 7 (J P , A)
 特開 2 0 0 5 - 0 3 5 2 8 7 (J P , A)
 特開 2 0 0 4 - 2 9 1 4 0 8 (J P , A)
 特開平 0 4 - 1 2 5 1 3 6 (J P , A)
 特開 2 0 0 5 - 2 6 2 6 1 3 (J P , A)
 特開 2 0 0 6 - 1 9 2 9 0 4 (J P , A)
 特表 2 0 0 2 - 5 1 9 6 0 7 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl., D B 名)
 B 3 2 B 1 / 0 0 - 4 3 / 0 0
 B 6 4 C 1 / 0 0 - 9 9 / 0 0
 B 2 9 B 1 5 / 0 8 - 1 5 / 1 4
 C 0 8 J 5 / 0 4 - 5 / 1 0 , 5 / 2 4
 F 1 6 F 7 / 0 0 - 7 / 1 4