

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5706443号  
(P5706443)

(45) 発行日 平成27年4月22日(2015.4.22)

(24) 登録日 平成27年3月6日(2015.3.6)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 M 8/02 (2006.01)

H O 1 M 8/02 S

H O 1 M 8/10 (2006.01)

H O 1 M 8/02 E

H O 1 M 8/10

請求項の数 1 (全 35 頁)

(21) 出願番号 特願2012-546111 (P2012-546111)  
 (86) (22) 出願日 平成22年12月20日(2010.12.20)  
 (65) 公表番号 特表2013-515348 (P2013-515348A)  
 (43) 公表日 平成25年5月2日(2013.5.2)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2010/061244  
 (87) 国際公開番号 W02011/146094  
 (87) 国際公開日 平成23年11月24日(2011.11.24)  
 審査請求日 平成25年11月26日(2013.11.26)  
 (31) 優先権主張番号 61/289,036  
 (32) 優先日 平成21年12月22日(2009.12.22)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 505005049  
 スリーエム イノベイティブ プロパティ  
 ズ カンパニー  
 アメリカ合衆国, ミネソタ州 55133  
 -3427, セント ポール, ポスト オ  
 フィス ボックス 33427, スリーエ  
 ム センター  
 (74) 代理人 100099759  
 弁理士 青木 篤  
 (74) 代理人 100102819  
 弁理士 島田 哲郎  
 (74) 代理人 100123582  
 弁理士 三橋 真二  
 (74) 代理人 100112357  
 弁理士 廣瀬 繁樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 サブガasket付スリフトされた膜を組み込んだ燃料電池のサブアセンブリ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

燃料電池のロール品サブアセンブリであって、

各々が中心領域を備える、複数の個別の電解質膜と、

前記個別の電解質膜に取り付けられる1つ以上の第1のサブガasketであって、前記第1のサブガasketの各々が少なくとも1つの開口部を有し、前記第1のサブガasketは、前記個別の電解質膜の前記中心領域が前記第1のサブガasketの開口部を通して露出されるように構成される、第1のサブガasketと、

複数の開口部を有するウェブを備える第2のサブガasketであって、前記第2のサブガasketのウェブが、前記個別の電解質膜の中心領域が前記第2のサブガasketのウェブの開口部を通して露出されるように構成される、第2のサブガasketと、  
 を備え、

前記電解質膜のうちの少なくとも幾つかが、触媒コーティングされた電解質膜であり、該触媒コーティングされた電解質膜は、第1の触媒と、第2の触媒と、前記第1の触媒及び第2の触媒がそれぞれ配置される互いに略反対側の第1の主面及び第2の主面を備えた電解質膜と、を有し、前記電解質膜の少なくとも1つの、互いに略反対側の第1の端部及び第2の端部と、第1の触媒と、第2の触媒とが互いに整合配置され、

前記1つ以上の第1のサブガasketの各々が、前記電解質膜に向かって方向付けられる第1のサブガasket表面を有する第1のサブガasket層を備え、前記第1のサブガasketが、前記第1のサブガasket表面上に配置されるとともに前記電解質膜に取り

10

20

付けられる第1の接着層を有し、

前記第2のサブガasketが、前記電解質膜に向かって方向付けられる第2のサブガasket表面を有する第2のサブガasket層を備え、第2の接着層が、前記第2のサブガasket表面の相当部分上には配置されず、

前記第1のサブガasketの各々の前記第1の接着層が、前記第2のサブガasket表面に取り付けられる、燃料電池のロール品サブアセンブリ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、エネルギー省により授与された協力協定DE - FG36 - 07GO17006の下で米国政府の支援によりなされたものである。政府は本発明に対し特定の権利を有する。

【0002】

(関連出願の相互参照)

本出願は、2009年12月22日に出願された米国特許仮出願第61/289036号の利益を主張し、その開示内容の全体を参照として本明細書に援用する。

【0003】

(発明の分野)

本発明は、広くは、燃料電池のサブアセンブリ及び燃料電池のサブアセンブリの製造のためのシステムに関する。

【背景技術】

【0004】

燃料電池は、水素燃料と空気からの酸素を化合して、電気と熱と水を生成する電気化学デバイスである。燃料電池が燃焼を利用しないため、燃料電池は、有害な流出物をほとんど生成しない。燃料電池は、水素燃料と酸素を直接電気に変換し、そして例えば、内燃機関の発電機よりも非常に高効率で稼動することができる。

【0005】

典型的な燃料電池電力システムは、電力セクションを含み、燃料電池の1つ以上のスタックが、その電力セクション内に設けられる。燃料電池電力システムの効率は、個別の燃料電池内、及びスタックの隣接した燃料電池間の種々の接触及び密閉界面の一体性にある程度依存する。

【0006】

サブガasketは、燃料電池の活動領域を密封し、かつ電解質膜に寸法安定性を提供するために、燃料電池の電解質膜の上に配置され得る。加圧下で、スタック中の燃料電池成分の端は、燃料電池の破損を引き起こし得る膜への局所応力集中を引き起こし得る。サブガasketは、この破損機構の発生を減少させるために、膜に支持体を提供する。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0007】

実施形態は、複数の個別の電解質膜を有する燃料電池のロール品サブアセンブリを含む。1つ以上の第1のサブガasketは、個別の電解質膜に取り付けられる。第1のサブガasketのそれぞれは、少なくとも1つの開口部を有し、第1のサブガasketは、個別の電解質膜の中心領域の第1の表面が第1のサブガasketの開口部を通して露出されるように構成される。第2のサブガasketは、複数の開口部を有するウェブを備える。第2のサブガasketウェブは、個別の電解質膜の中心領域の第2の表面が第2のサブガasketウェブの開口部を通して露出されるように構成される。

【0008】

他の実施形態は、複数の個別の電解質膜に取り付けられる複数の開口部を有するサブガasketウェブを含む燃料電池のロール品サブアセンブリを含む。サブガasketウェブは、個別の電解質膜の中心領域の表面がサブガasketウェブの開口部を通して露出され

10

20

30

40

50

るように構成される。

【0009】

幾つかの実施形態は、電解質膜に接着して取り付けられる第1のサブガスを有する電解質膜を含む燃料電池アセンブリを含む。第1のサブガスケットは、電解質膜に向かって方向付けられる第1のサブガスケット表面と、第1のサブガスケット表面上に配置される第1の接着層とを有する。燃料電池アセンブリは、電解質膜に向かって方向付けられる第2のサブガスケット表面を有する第2のサブガスケットを含む。第2のサブガスケットは、第2のサブガスケット表面の相当部分上に第2の接着層を含まない。

【0010】

燃料電池のロール品サブアセンブリは、各々が中心領域を有する複数の個別の電解質膜を含む。1つ以上の第1のサブガスケットは、個別の電解質膜に接着して取り付けられ、第1のサブガスケットのそれぞれは、少なくとも1つの開口部を有する。第1のサブガスケットは、個別の電解質膜の中心領域が第1のサブガスケットの開口部を通して露出されるように構成される。燃料電池のロール品アセンブリは、複数の開口部を有するウェブを備える第2のサブガスケットも含む。第2のサブガスケットウェブは、個別の電解質膜の中心領域の第2の表面が第2のサブガスケットウェブの開口部を通して露出されるように構成される。接着層は、第2のサブガスケット表面の相当部分上に配置されない。

10

【0011】

燃料電池のロール品サブアセンブリを作製する自動ロールツーロール法は、複数の開口部を有する細長い第1のサブガスケットウェブと、複数の個別の電解質膜との間で相対運動を行う工程を含む。それぞれの電解質膜の中心領域が第1のサブガスケットウェブの開口部と整合配置されるように、個別の電解質膜を第1のサブガスケットウェブと整合配置する。個別の電解質膜は、第1のサブガスケットウェブに取り付けられる。

20

【0012】

一実施例に従って、第1のサブガスケットウェブが、複数の個別のサブガスケット付膜に切断され得る。それぞれの電解質膜の中心領域が第2のサブガスケットウェブの開口部と整合配置されるように、複数の開口部を有する第2のサブガスケットウェブが複数の個別のサブガスケット付膜と整合配置する。個別のサブガスケット付膜が、第2のサブガスケットウェブに取り付けられる。

【0013】

30

別の実施例に従って、複数の開口部を有する第2のサブガスケットウェブは、第1のサブガスケットウェブに取り付けられる個別の電解質膜を有する前記第1のサブガスケットウェブに、整合配置され、かつ、取り付けられ得る。

【0014】

上記の課題を解決するための手段は、本発明の各実施形態又はあらゆる実施を説明しようとは意図していない。本発明の利点及び効果、並びに本発明に対する更なる理解は、以下に記載する発明を実施するための形態及び特許請求の範囲を添付図面と併せて参照することによって明らかになり、理解するに至るであろう。

【図面の簡単な説明】

【0015】

40

【図1】典型的な燃料電池及びその基本動作の描写。

【図2A】スリフトされた電解質膜並びに片面接着性サブガスを組み込む燃料電池のサブアセンブリの平面図及び断面図。

【図2B】スリフトされた電解質膜並びに片面接着性サブガスを組み込む燃料電池のサブアセンブリの平面図及び断面図。

【図2C】スリフトされた電解質膜並びに片面接着性サブガスを組み込む燃料電池のサブアセンブリの平面図及び断面図。

【図2D】図2Aのサブガスケット付膜及び触媒コーティングされたガス拡散層を組み込む5層膜電極アセンブリの断面図。

【図2E】少なくとも1つのサブガスケット層の相当部分に接着剤がない、種々のサブガ

50

スケット付電解質膜の図示。

【図 2 F】少なくとも 1 つのサブガasket 層の相当部分に接着剤がない、種々のサブガasket 付電解質膜の図示。

【図 2 G】少なくとも 1 つのサブガasket 層の相当部分に接着剤がない、種々のサブガasket 付電解質膜の図示。

【図 2 H】サブガasket 層のうちの少なくとも 1 つの一部が膜移動を減少させる表面処理を含む、サブガasket 付電解質膜の図示。

【図 3 A】片面接着性サブガasket を有するスリフトされ触媒コーティングされた膜の断面図。

【図 3 B】図 3 A のサブガasket 付の触媒コーティングされた膜を組み込む 5 層 M E A の断面図。 10

【図 3 C】半分サブガasket 付の C C M を組み込む M E A の図示。

【図 4】燃料電池のサブアセンブリウェブを備えた燃料電池のロール品の図示。

【図 5 A】多数の連結された燃料電池のサブアセンブリを備えた燃料電池のサブアセンブリウェブの平面図。

【図 5 B】多数の連結された燃料電池のサブアセンブリを備えた燃料電池のサブアセンブリウェブの y 方向断面図。

【図 5 C】多数の連結された燃料電池のサブアセンブリを備えた燃料電池のサブアセンブリウェブの x 方向断面図。

【図 5 D】図 5 A 燃料電池のサブアセンブリウェブを組み込む 5 層 M E A ウェブの平面図 20

。【図 5 E】図 5 A 燃料電池のサブアセンブリウェブを組み込む 5 層 M E A ウェブの y 方向断面図。

【図 5 F】図 5 A 燃料電池のサブアセンブリウェブを組み込む 5 層 M E A ウェブの x 方向断面図。

【図 5 G】個別の電解質膜を有する多数の連結された燃料電池のサブアセンブリ、並びに個別の第 1 のサブガasket を備えた燃料電池のサブアセンブリウェブの平面図。

【図 5 H】個別の電解質膜を有する多数の連結された燃料電池のサブアセンブリ、並びに個別の第 1 のサブガasket を備えた燃料電池のサブアセンブリウェブの断面図。

【図 5 I】図 5 G の燃料電池のサブアセンブリウェブを組み込む 5 層 M E A ウェブの平面図。 30

【図 5 J】図 5 G の燃料電池のサブアセンブリウェブを組み込む 5 層 M E A ウェブの断面図。

【図 6 A】C C M が x 方向及び y 方向にスリフトする、燃料電池のサブアセンブリウェブの図示。

【図 6 B】C C M が x 方向及び y 方向にスリフトする、燃料電池のサブアセンブリウェブの図示。

【図 6 C】C C M が x 方向及び y 方向にスリフトする、燃料電池のサブアセンブリウェブの図示。

【図 6 D】図 6 A の燃料電池のサブアセンブリウェブを用いて形成される 5 層 M E A ウェブの図示。 40

【図 6 E】図 6 A の燃料電池のサブアセンブリウェブを用いて形成される 5 層 M E A ウェブの図示。

【図 6 F】図 6 A の燃料電池のサブアセンブリウェブを用いて形成される 5 層 M E A ウェブの図示。

【図 6 G】個別の C C M を有する多数の連結された燃料電池のサブアセンブリ、並びに個別の第 1 のサブガasket を備えた燃料電池のサブアセンブリウェブの平面図。

【図 6 H】個別の C C M を有する多数の連結された燃料電池のサブアセンブリ、並びに個別の第 1 のサブガasket を備えた燃料電池のサブアセンブリウェブの断面図。

【図 6 I】図 6 G の燃料電池のサブアセンブリウェブを組み込む 5 層 M E A ウェブの平面 50

図。

【図 6 J】図 6 G の燃料電池のサブアセンブリウェブを組み込む 5 層 M E A ウェブの断面図。

【図 7 A】第 1 及び第 2 のサブガasket 層の両方の上に接着剤を有するサブガasket でスリフトする x 方向及び y 方向の電解質膜を含む、燃料電池のサブアセンブリウェブの図示。

【図 7 B】第 1 及び第 2 のサブガasket 層の両方の上に接着剤を有するサブガasket でスリフトする x 方向及び y 方向の電解質膜を含む、燃料電池のサブアセンブリウェブの図示。

【図 7 C】第 1 及び第 2 のサブガasket 層の両方の上に接着剤を有するサブガasket でスリフトする x 方向及び y 方向の電解質膜を含む、燃料電池のサブアセンブリウェブの図示。

10

【図 7 D】第 1 及び第 2 のサブガasket 層の両方の上に接着剤を有するサブガasket でスリフトする x 方向及び y 方向の電解質膜を含む、燃料電池のサブアセンブリウェブの図示。

【図 7 E】第 1 及び第 2 のサブガasket 層の両方の上に接着剤を有するサブガasket でスリフトする x 方向及び y 方向の電解質膜を含む、燃料電池のサブアセンブリウェブの図示。

【図 7 F】第 1 及び第 2 のサブガasket 層の両方の上に接着剤を有するサブガasket でスリフトする x 方向及び y 方向の電解質膜を含む、燃料電池のサブアセンブリウェブの図示。

20

【図 7 G】個別の電解質膜を有する多数の連結された燃料電池のサブアセンブリ、並びに個別の第 1 のサブガasket を備えた燃料電池のサブアセンブリウェブの平面図。

【図 7 H】個別の電解質膜を有する多数の連結された燃料電池のサブアセンブリ、並びに個別の第 1 のサブガasket を備えた燃料電池のサブアセンブリウェブの断面図。

【図 7 I】図 7 G の燃料電池のサブアセンブリウェブを組み込む 5 層 M E A ウェブの平面図。

【図 7 J】図 7 G の燃料電池のサブアセンブリウェブを組み込む 5 層 M E A ウェブの断面図。

【図 8 A】第 1 及び第 2 のサブガasket 層の両方の上に接着剤を有するサブガasket とスリフトする x 方向及び y 方向の C C M を含む、燃料電池のサブアセンブリウェブの図示。

30

【図 8 B】第 1 及び第 2 のサブガasket 層の両方の上に接着剤を有するサブガasket とスリフトする x 方向及び y 方向の C C M を含む、燃料電池のサブアセンブリウェブの図示。

【図 8 C】第 1 及び第 2 のサブガasket 層の両方の上に接着剤を有するサブガasket とスリフトする x 方向及び y 方向の C C M を含む、燃料電池のサブアセンブリウェブの図示。

【図 8 D】第 1 及び第 2 のサブガasket 層の両方の上に接着剤を有するサブガasket とスリフトする x 方向及び y 方向の C C M を含む、燃料電池のサブアセンブリウェブの図示。

40

【図 8 E】第 1 及び第 2 のサブガasket 層の両方の上に接着剤を有するサブガasket とスリフトする x 方向及び y 方向の C C M を含む、燃料電池のサブアセンブリウェブの図示。

【図 8 F】第 1 及び第 2 のサブガasket 層の両方の上に接着剤を有するサブガasket とスリフトする x 方向及び y 方向の C C M を含む、燃料電池のサブアセンブリウェブの図示。

【図 8 G】個別の電解質膜を有する多数の連結された燃料電池のサブアセンブリ、並びに個別の C C M を備えた燃料電池のサブアセンブリウェブの平面図。

【図 8 H】個別の電解質膜を有する多数の連結された燃料電池のサブアセンブリ、並びに

50

個別の C C M を備えた燃料電池のサブアセンブリウェブの断面図。

【図 8 I】図 8 G の燃料電池のサブアセンブリウェブを組み込む 5 層 M E A ウェブの平面図。

【図 8 J】図 8 G の燃料電池のサブアセンブリウェブを組み込む 5 層 M E A ウェブの断面図。

【図 9】サブガasket付燃料電池のサブアセンブリウェブの製造のためのプロセスを図示する、プロセスフローチャート。

【図 10 A】サブガasket付膜ウェブ、個別のサブガasket付膜、5 層 M E A ウェブ、個別の 5 層 M E A、並びに種々の中間燃料電池のサブアセンブリを含む、x 及び y 方向にスリフトされた燃料電池のサブアセンブリを製造するように構成されるロールツーロール系システムの種々のサブシステムの図示。

10

【図 10 B】サブガasket付膜ウェブ、個別のサブガasket付膜、5 層 M E A ウェブ、個別の 5 層 M E A、並びに種々の中間燃料電池のサブアセンブリを含む、x 及び y 方向にスリフトされた燃料電池のサブアセンブリを製造するように構成されるロールツーロール系システムの種々のサブシステムの図示。

【図 10 C】サブガasket付膜ウェブ、個別のサブガasket付膜、5 層 M E A ウェブ、個別の 5 層 M E A、並びに種々の中間燃料電池のサブアセンブリを含む、x 及び y 方向にスリフトされた燃料電池のサブアセンブリを製造するように構成されるロールツーロール系システムの種々のサブシステムの図示。

【図 10 D】サブガasket付膜ウェブ、個別のサブガasket付膜、5 層 M E A ウェブ、個別の 5 層 M E A、並びに種々の中間燃料電池のサブアセンブリを含む、x 及び y 方向にスリフトされた燃料電池のサブアセンブリを製造するように構成されるロールツーロール系システムの種々のサブシステムの図示。

20

【図 11 A】図 10 A ~ 10 D のサブシステムによって製造される入力、中間、及び / 若しくは出力サブアセンブリウェブ又はサブアセンブリの x 方向（ダウンウェブ）の断面図。

【図 11 B】図 10 A ~ 10 D のサブシステムによって製造される入力、中間、及び / 若しくは出力サブアセンブリウェブ又はサブアセンブリの x 方向（ダウンウェブ）の断面図。

【図 11 C】図 10 A ~ 10 D のサブシステムによって製造される入力、中間、及び / 若しくは出力サブアセンブリウェブ又はサブアセンブリの x 方向（ダウンウェブ）の断面図。

30

【図 11 D】図 10 A ~ 10 D のサブシステムによって製造される入力、中間、及び / 若しくは出力サブアセンブリウェブ又はサブアセンブリの x 方向（ダウンウェブ）の断面図。

【図 11 E】図 10 A ~ 10 D のサブシステムによって製造される入力、中間、及び / 若しくは出力サブアセンブリウェブ又はサブアセンブリの x 方向（ダウンウェブ）の断面図。

【図 11 F】図 10 A ~ 10 D のサブシステムによって製造される入力、中間、及び / 若しくは出力サブアセンブリウェブ又はサブアセンブリの x 方向（ダウンウェブ）の断面図。

40

【図 11 G】図 10 A ~ 10 D のサブシステムによって製造される入力、中間、及び / 若しくは出力サブアセンブリウェブ又はサブアセンブリの x 方向（ダウンウェブ）の断面図。

【図 11 H】図 10 A ~ 10 D のサブシステムによって製造される入力、中間、及び / 若しくは出力サブアセンブリウェブ又はサブアセンブリの x 方向（ダウンウェブ）の断面図。

【図 11 I】図 10 A ~ 10 D のサブシステムによって製造される入力、中間、及び / 若しくは出力サブアセンブリウェブ又はサブアセンブリの x 方向（ダウンウェブ）の断面図。

50

【図 1 1 J】図 1 0 A ~ 1 0 D のサブシステムによって製造される入力、中間、及び / 若しくは出力サブアセンブリウェブ又はサブアセンブリの x 方向（ダウンウェブ）の断面図。

【図 1 1 K】図 1 0 A ~ 1 0 D のサブシステムによって製造される入力、中間、及び / 若しくは出力サブアセンブリウェブ又はサブアセンブリの x 方向（ダウンウェブ）の断面図。

【図 1 1 L】図 1 0 A ~ 1 0 D のサブシステムによって製造される入力、中間、及び / 若しくは出力サブアセンブリウェブ又はサブアセンブリの x 方向（ダウンウェブ）の断面図。

【図 1 1 M】図 1 0 A ~ 1 0 D のサブシステムによって製造される入力、中間、及び / 若しくは出力サブアセンブリウェブ又はサブアセンブリの x 方向（ダウンウェブ）の断面図。

10

【図 1 1 N】図 1 0 A ~ 1 0 D のサブシステムによって製造される入力、中間、及び / 若しくは出力サブアセンブリウェブ又はサブアセンブリの x 方向（ダウンウェブ）の断面図。

【図 1 2 A】前処理した電解質膜の任意のサブシステムの図示。

【図 1 2 B】前処理した電解質膜の任意のサブシステムの図示。

【図 1 3 A】発泡真空ダイローラーの断面図。

【図 1 3 B】発泡真空ダイローラーの実施形態及び発泡真空ダイローラーを作製するプロセス。

20

【図 1 4】温度試験前の両面接着性サブガasketを有する試料 M E A 構造の図示。

【図 1 5】温度試験後の図 1 5 の M E A 構造の図示。

【図 1 6】温度試験前の膜上に片面接着性サブガasketを組み込む M E A 構造の図示。

【図 1 7】温度試験後の図 1 8 の M E A 構造の図示。

【0 0 1 6】

本発明は種々の修正及び代替の形態に容易に応じるが、その細部は一例として図面に示しており、また詳しく説明することにする。ただし、本発明は記載される特定の実施形態に限定されるものではないことを理解されたい。むしろ、付随する請求項によって定義される本発明の範囲内に入る修正、等価物、及び代替物すべてを網羅することを意図するものである。

30

【発明を実施するための形態】

【0 0 1 7】

例示した実施形態の以下の説明において、その一部を生成させ、実例として示される添付図面、発明を実施できる種々の実施形態を参照する。本発明の範囲から逸脱することなく実施形態を利用することができ、また、構造的変更を行なってもよいことを理解されたい。

【0 0 1 8】

燃料電池 1 1 0（サブガasket、ガasket、又はシール無し）の基本成分が、図 1 に示される。動作中、水素燃料  $H_2$  は、燃料電池 1 1 0 の陽極部分の中に導入され、第 1 の流量プレート 1 1 2 を通り過ぎ、ガス拡散層（GDL）1 1 4 を通過する。触媒層 1 1 5 の表面上で、水素燃料は、水素イオン（ $H^+$ ）及び電子（ $e^-$ ）に分けられる。

40

【0 0 1 9】

電解質膜 1 1 6 は、水素イオン又は陽子及び水のみを電解質膜 1 1 6 を通して燃料電池 1 1 0 の陰極触媒層 1 1 3 へと通過させる。電子は、電解質膜 1 1 6 を通過することができず、その代わりに、電流の形状で外部電子回路を貫流する。この電流は、電動モータ等の電気負荷 1 1 7 を給電することができるか、あるいは充電式電池等のエネルギー蓄積デバイスに移動させられ得る。

【0 0 2 0】

酸素  $O_2$  は、第 2 の流れ場プレート 1 1 9 を通って、かつ燃料電池 1 1 0 の陰極側において、第 2 の GDL 1 1 8 を通って流動する。陰極触媒層 1 1 3 の表面上で、酸素、陽

50

子、及び電子が結合して、水（ $H_2O$ ）及び熱を生成する。

【0021】

図1に示される燃料電池110等の個別の燃料電池は、幾つかの他の燃料電池と結合され、燃料電池スタックを形成し得る。スタック内の燃料電池の数によってスタックの総電圧が決まり、電池のそれぞれの表面積によって総電流が決まる。所定の燃料電池スタックで発生する総電力は、総スタック電圧と総電流を乗じることによって求めることができる。

【0022】

燃料電池スタックは、密封構造である。サブガasket、ガasket、及び/又はシールは、典型的には、電解質膜の活動領域周囲の周りに配置される。触媒は、膜の表面上、GDL上に設けられてもよく、又は部分的にGDL上に、部分的に膜上に設けられてもよい。サブガasket及び/又はガasketは、電解質膜の一方若しくは両方の表面の上に、電解質膜の一方若しくは両方の表面にわたって、又は電解質膜の一方若しくは両方の表面の周囲に、及び/又はGDLの一方若しくは両方の表面の上に、及び/又はGDLに面した流量プレートの一方向若しくは両方の表面の上に設置され得る。

【0023】

MEA及び/又は燃料電池の他のサブアセンブリの大量生産は、この科学技術をより広範囲の用途に組み込むことを可能にする程度まで燃料電池発電の費用を削減するために必要とされている。大量生産に加えて、成分の費用削減は、最終製品の全体の費用も減少させる。電解質膜は、MEAの比較的高価な成分のうちの1つであり、概して、ロール品燃料電池のサブアセンブリを形成するために使用される電解質膜の量を減少させ、それによって、燃料電池スタックの費用を減少させることが望ましい。MEAにおいて使用される電解質膜の量を減少させるための技術は、本明細書で「膜スリフティング(membrane thrift ing)」と称される。

【0024】

本明細書で議論される幾つかの実施形態は、膜スリフトされた燃料電池のサブアセンブリウェブ、並びにスリフトされた燃料電池のサブアセンブリウェブを作製するためのプロセス及びシステムを図示する。膜スリフティングは、例えば、燃料電池のサブアセンブリロール品製品の全体の費用を減少させるために、膜材料を保存する製造プロセスを含む。

【0025】

幾つかの実施形態は、第1と第2の半分のサブガasketとの間に配置される電解質膜又は触媒コーティングされた膜(CCM)を含むサブガasket付燃料電池のサブアセンブリを図示する。第1の半分のサブガasketは、電解質膜に向かって方向付けられる第1の表面を有し、第2の半分のサブガasketは、電解質膜に向かって方向付けられる第2の表面を有する。第1及び第2の半分のガasket表面のうちの少なくとも1つは、接着層を有する。第1及び第2の半分のガasket表面のうちの少なくとも1つの相当部分に、接着層が無い。接着層が無いサブガasket表面の「相当部分」とは、サブガasket表面の少なくとも25%、又はサブガasket表面の少なくとも50%を意味するか、あるいはサブガasket表面のほぼすべてに接着層が無い。接着層を有する第1の半分のガasket及び接着剤を有さない第2の半分のガasketを有するMEAにおいて、第2の半分のガasketは、第1の半分のサブガasketの接着層を介して、第1の半分のサブガasketに接着して取り付けられ、接着剤によって膜に取り付けられない。

【0026】

幾つかの適用において、電解質膜に面した表面上に接着剤を有する第1の半分のサブガasket、及び接着層を有さない電解質膜に面した表面の相当部分又はすべてを有する第2の半分のサブガasketを備えたサブガasketは、サブガasket付燃料電池のサブアセンブリの安定性を改善する。例えば、80を超えて温度及び加圧下で、電解質膜は、接着層が両方のサブガasket層の表面上に存在するにもかかわらず、電解質膜の押し出し又は転位によりサブガasketに対して移動させられ得る。この現象に関する任意の特定の理論によって拘束されることを望むことなく、より高い温度において、サブガasket



ト層及び膜の界面に存在する接着剤はわずかにより潤滑になり、圧力が適用されるときに、膜が転位し、及び／又は押出されることを可能にすることが1つの説明である。しかしながら、少なくとも1つのサブガasket表面の相当部分に接着剤が無いとき、他のサブガasket表面の相当部分が接着剤を含むにもかかわらず、膜の転位及び／又は押出しは減少される。減少した電解質膜の転位及び／又は押出しは、接着剤を有さない電解質膜とサブガasket層との間の増加した摩擦によるものであり得る。

#### 【0027】

図2Aは、燃料電池のサブアセンブリ201の平面図であり、図2B及び図2Cは、それぞれ、線A-A'及びB-B'を通して取り込まれた燃料電池のサブアセンブリ201の断面図である。サブアセンブリ201は、電解質膜210、並びに第1及び第2の半分のサブガasket230、240を備えたサブガasket220を備える。半分のサブガasket230、240は、電解質膜210の周囲に配置され、電解質膜210の中心部分が開口部233、243を通して露出される「枠」の形態を有する。矩形枠形状の半分のサブガasketが図2Aに示されるが、半分のサブガasketは、任意の形状、例えば、円形、五角形、六角形等を取り得る。加えて、それぞれの半分のサブガasket230、240は、1つの連続層であり得るか、あるいは電解質膜の周囲の周りに構成される幾つかの断片を含み得る。半分のサブガasket230、240のそれぞれは、1つ以上の層を含み得る。

#### 【0028】

第1の半分のサブガasket230は、第2の半分のサブガasket240と同一の寸法又は異なる寸法であり得る。図2A～2Cに示されるように、第1の半分のサブガasket及び第2の半分のサブガasketが同一の寸法である場合、第1の半分のサブガasket230の端230a、230b、230c、230dは、第2の半分のサブガasket240の対応する端240a、240b、240c、240dと整合配置する。しかしながら、第1の半分のサブガasket及び第2の半分のサブガasketが同一の寸法ではない場合、第1の半分のサブガasketの1つ以上の端は、第2の半分のサブガasketの対応する端と整合配置しない。

#### 【0029】

第1の半分のサブガasket開口部233は、第2の半分のサブガasket開口部243と同一の寸法又は異なる寸法であり得る。図2A～2Cは、第1の半分のサブガasket230の開口部233が第2の半分のサブガasket240の開口部243よりも小さい実施例を図示する。第1の半分のサブガasket開口部233が第2の半分のサブガasket開口部243よりも小さい場合、第1の半分のサブガasket開口部端233a、233b、233c、233dの1つ以上は、第2の半分のサブガasket開口部端243a、243b、243c、243dの対応する端と整合配置しない。幾つかの構造では、第1の半分のサブガasket開口部は、第2の半分のサブガasket開口部と同一の寸法であり、その場合、第1及び第2の半分のサブガasketの開口部端が整合配置する。

#### 【0030】

第1の半分のサブガasket230は、電解質膜210に向かって方向付けられる第1の表面231を有する。例えば、感圧接着剤(PSA)又は他の種類を備えた接着層250は、第1の表面231上に配置される。第2の半分のサブガasketは、電解質膜210に向かって方向付けられる第2の表面241を有する。第2の半分のサブガasket240の第2の表面241の相当部分に、接着剤がないか、あるいは第2の表面241全体に接着剤がない。接着剤は、膜に向かって方向付けられる第1及び第2のガasket表面のうちの少なくとも1つの相当部分が接着剤を含まない限り、第2のガasket表面上に存在し得る。接着剤を有さない相当部分は、温度及び圧力が燃料電池動作と関連する間、膜の位置安定性のために、サブガasket表面と膜との間の摩擦を促進する。第2の半分のサブガasketの第2の表面241に接着層がないが、第1の半分のサブガasketの第1の表面231上に配置される接着層250を介して、第1の半分のサブガasketに接着して取り付けられる。第2の半分のサブガasketは、膜に接着して取り付けられな

10

20

30

40

50

い。

【 0 0 3 1 】

電解質膜 2 1 0 は、x 方向及び y 方向に「スリフトされ」、これは、電解質膜が半分のサブガasket 2 3 0、2 4 0 の下を部分的にのみ延在することを意味する。本明細書で使用される膜スリフティングは、電解質膜の x 及び / 又は y 方向の寸法を減少させながら、燃料電池のサブアセンブリを形成するために使用される電解質膜の量を減少させることを指す。

【 0 0 3 2 】

図 2 D は、図 2 A ~ 2 C と関連してより詳細に説明されるサブガasket 付電解質膜 2 0 1、及び GDL 2 6 2、2 6 3 上に配置される触媒層 2 1 2、2 1 3 を備える触媒コーティングされた GDL を含む、サブガasket 付 5 層膜電極アセンブリ (MEA) 2 0 2 の断面図である。

10

【 0 0 3 3 】

図 2 E は、サブガasket 2 6 0 及び膜 2 1 0 の一部を図示する。サブガasket は、第 1 及び第 2 の半分のサブガasket 2 6 4、2 6 5 を含む。第 1 及び第 2 の半分のサブガasket 2 6 4、2 6 5 は、膜 2 1 0 に向かって方向付けられる第 1 及び第 2 のサブガasket 表面 2 6 6、2 6 7 を有する。この例において、第 1 の表面 2 6 6 は、第 1 の接着層 2 6 8 で実質的に被覆される。第 2 の表面 2 6 7 は、第 2 の接着層 2 6 9 を有する。しかしながら、第 2 の半分のサブガasket 表面 2 6 7 の相当部分 2 6 1 は、接着層を有さない。

20

【 0 0 3 4 】

幾つかの実施形態では、第 1 の半分のサブガasket 表面は、第 1 の半分のサブガasket 表面の大部分又はすべてにわたって接着剤を有し、第 2 の半分のサブガasket 表面に、接着剤を有さない。図 2 F は、膜 2 1 0 にわたって配置される第 1 及び第 2 の半分のサブガasket 2 7 1、2 7 2 を有するサブガasket 2 7 0 を図示する。第 1 及び第 2 の半分のサブガasket 2 7 1、2 7 2 は、それぞれ、膜 2 1 0 に向かって方向付けられる第 1 及び第 2 のサブガasket 表面 2 7 3、2 7 4 を有する。接着層 2 7 5 は、第 1 の半分のサブガasket 表面 2 7 3 の大部分にわたって配置される。第 2 のサブガasket 表面 2 7 4 に、接着剤が無い。

【 0 0 3 5 】

30

幾つかの実施形態では、両方のサブガasket 表面が、接着剤があるいくつかの部分有し、両方のサブガasket 表面が接着剤を有さない相当部分を有する。図 2 G は、膜 2 1 0 にわたって配置される第 1 及び第 2 の半分のサブガasket 2 8 1、2 8 2 を有するサブガasket 2 8 0 を図示する。第 1 及び第 2 の半分のサブガasket 2 8 1、2 8 2 は、それぞれ、膜 2 1 0 に向かって方向付けられる第 1 及び第 2 のサブガasket 表面 2 8 3、2 8 4 を有する。第 1 のサブガasket 表面 2 8 3 の 1 つ以上の部分は、接着層 2 8 5 を有する。第 2 のサブガasket 表面 2 8 4 の 1 つ以上の部分は、接着層 2 8 6 を有する。第 1 のサブガasket 表面 2 8 3 の相当部分 2 8 7 は、接着剤を有さない。第 2 のサブガasket 表面 2 8 4 の相当部分 2 8 8 は、接着剤を有さない。図 2 F 及び図 2 G に図示される構造等の幾つかのサブガasket 付膜構造について、半分のサブガasket 間の界面及び / 又はそれぞれのサブガasket 層と膜との間の界面の少なくともいくつかの部分において、接着剤は、いずれのサブガasket 表面にも存在しない。

40

【 0 0 3 6 】

幾つかの実施形態では、半分のサブガasket のうちの少なくとも 1 つは、第 1 と第 2 の半分のサブガasket との間の膜移動の量を減少させる表面処理を含む。例えば、表面処理は、膜に面する第 1 と第 2 のサブガasket 表面との間の摩擦を増加させ得、及び / 又はサブガasket 表面と膜との間の摩擦を増加させ得る。例示の表面処理には、例えば、コロナ、プラズマ処理、プライマ、膜に面するサブガasket の一方若しくは両方の表面上のミクロ構造の存在、及び / 又は膜に面するサブガasket の一方若しくは両方の表面の粗面化、並びに / 又は他の処理が含まれ得る。表面処理は、膜又はプラスチックサブ

50

ガスケットへの接着剤の接着を増加させるために、サブガスケットの反対側上にも付加され得る。

【0037】

図2Hは、膜に面する第2の半分のサブガスケットの表面の少なくとも一部が、摩擦を増加させ、及び/又は膜移動の量を減少させる表面処理を有するサブガスケット付膜を図示する。サブガスケット290は、膜210にわたって配置される第1及び第2の半分のサブガスケット291、292を含む。第1及び第2の半分のサブガスケット291、292は、それぞれ、膜210に向かって方向付けられる第1及び第2のサブガスケット表面293、294を有する。第1のサブガスケット表面293の1つ以上の部分は、接着層295を有する。第2のサブガスケット表面294の相当部分296に、接着剤が無い。サブガスケット表面293、294の一方又は両方は、膜移動を減少させる表面処理297を含む。例えば、表面処理は、膜と第2の半分のサブガスケットの表面294との間の摩擦を増加させ得る。表面処理297は、サブガスケット表面293、294のほぼすべてにわたって、又はサブガスケット表面の一部のみに存在し得る。

【0038】

図3A及び図3Bは、それぞれ、燃料電池のサブアセンブリ301及び302の断面図である。サブアセンブリ301は、サブガスケット付CCMであり、サブアセンブリ302は、サブガスケット付5層MEAである。サブアセンブリ301及び302は、サブガスケット320間に配置される触媒コーティングされた膜(CCM)311を含む。CCM 311は、電解質膜310及び触媒層312、313を含む。サブガスケット320は、接着剤350を有する第1の半分のサブガスケット330、及び接着剤が無い第2の半分のサブガスケット340を含む。半分のサブガスケット330、340は、部分、すなわち、CCM 311の中心領域が開口部333、343を通して露出される枠の形態を有する周囲サブガスケットである。サブアセンブリ302は、追加のGDL 362、363がサブガスケット付CCM 301のいずれかの側面上に配置されるサブアセンブリ301を含む。図3A及び図3Bの断面図に図示されるように、CCMの幅は、GDLの幅よりも小さくあり得る。他の実施例では、CCMの幅は、GDLの幅よりも大きくあり得るか、あるいはCCM及びGDLは、実質的に同等の幅を有し得る。GDLは、好適な接着剤を用いて接着され得るか、あるいはサブガスケット付CCMに熱的に接合される。

【0039】

幾つかの実施例では、図3Cに示されるMEA 303によって図示されるように、電解質膜又はCCMは、半分のサブガスケットのみのサブガスケットを付けられてもよい。この例示の実施例では、MEA 303は、電解質膜310並びに第1及び第2の触媒層313、313を備えるCCM 311を含む。第1の半分のサブガスケット330は、接着層350を有する。いずれの第2の半分のサブガスケットもこれらの実施例において使用されない。MEAは、半分ガスケット付のCCM上に取り付けられるGDL 362、363も含む。

【0040】

図4に図示されるように、燃料電池のサブアセンブリ401(例えば、図2~3に図示されるサブアセンブリ)は、複数の連結されたサブアセンブリのロール品ウェブ400として製造され得る。本明細書で議論され、かつ図4に図示される「ウェブ」は、そのy軸線寸法をはるかに超えるx軸線寸法を有し、かつロールとして処理及び保存されるのに十分な可撓性を有する物品である。ロール品ウェブ400は、例えば、半分又は完全にサブガスケット付の膜又はCCM、5層MEA、及び/又は他の燃料電池のサブアセンブリ401等の多数の半分サブガスケット付か、あるいは完全にサブガスケット付の燃料電池のサブアセンブリ401を含み得る。複数の燃料電池のサブアセンブリ401は、ウェブ400のx軸線に沿って配置され得、複数の燃料電池のサブアセンブリ401は、ウェブ400のy軸線を横切って配置され得る。ロール品ウェブ400は、必要に応じて、適切なライナー材料でローラー402に巻きつけられ得、巻かれた形態で販売され得る。燃料電

池のサブアセンブリロール品ウェブ400の形成後、ウェブ400は、個別の燃料電池のサブアセンブリ401、例えば、MEAに切断される。次に、個別のMEAは、燃料電池スタックに組み立てられ得る。

#### 【0041】

ロール品燃料電池のサブアセンブリウェブは、本発明の実施形態に従ってx方向及びy方向の両方にスリフトされる電解質膜及び/又はCCMを含み得る。y方向の膜スリフティングは、膜ウェブ又はCCMウェブであり得る膜のy方向(クロスウェブ方向)の幅の減少を引き起こす。以下の実施例に図示されるように、ロール品燃料電池のサブアセンブリウェブのx方向(ダウンウェブ方向)の膜スリフティングは、燃料電池のサブアセンブリウェブの複数の燃料電池のサブアセンブリを形成するために、複数の個別の電解質膜又はCCMの使用を引き起こす。

10

#### 【0042】

図5A~5Cは、多数の連結された燃料電池のサブアセンブリを備える燃料電池のサブアセンブリウェブ500を図示し、そのサブアセンブリ503A、503B、503Cが示される。燃料電池のサブアセンブリウェブ500は、巻かれていない状態で、平面図(図5A)、線G-G'に沿った断面図(図5B)、及び線H-H'に沿った断面図(図5C)に図示される。この実施例では、複数の個別の電解質膜510A、510B、510Cが使用される。サブガasket520は、第1及び第2の半分のサブガasketウェブ530、540を備える。第1及び第2の半分のサブガasketウェブ530、540は、電解質膜510A、510B、510Cの中心部分が開口部533、543を通して露出される連続ラダーの形態を有する。接着層550は、個別の電解質膜510A、510B、510Cに面する第1の半分のサブガasketウェブ530の表面531上に配置される。接着剤は、個別の電解質膜510A、510B、510Cに面する第2の半分のサブガasketウェブ540の表面541の相当部分上に配置されない。

20

#### 【0043】

図5Bの断面図で見ることができるよう、膜材料が隣接した燃料電池のサブアセンブリ503A、503B、503Cの間の領域504内に保存されるため、個別の電解質膜510A、510B、510Cの使用は、x方向の膜スリフティングを提供する。個別の膜510A、510B、510Cの使用は、図5Cの断面図によって図示されるように、y方向の膜スリフティングも提供する。個別の電解質膜510A、510B、510Cがサブガasket520の下をy方向に部分的にのみ延在するため、個別の電解質膜510A、510B、510Cのそれぞれは、燃料電池のサブアセンブリウェブ500の側面に沿った領域505で膜材料を保存する。

30

#### 【0044】

x方向及び/又はy方向の膜スリフティングは、燃料電池アセンブリウェブ中の隣接した燃料電池アセンブリ間の領域内に膜材料を保存し、及び/又は燃料電池アセンブリウェブの側面に沿った領域内に膜材料を保存する。これらの領域において、電解質膜は、製造プロセス中の燃料電池のサブアセンブリウェブ500の優れた構造安定性、並びに燃料電池スタック中での動作時の燃料電池のサブアセンブリ503A、503B、503Bの優れた安定性及び密封性能を達成するのに必要な程度にサブガasketの下を延在する。

40

#### 【0045】

図5D、図5E、及び図5Fは、それぞれ、燃料電池のサブアセンブリウェブ500上に、GDL 562A、563A、562B、563B、562C、563C及び触媒コーティング564A、565A、564B、565B、564C、565Cを備える触媒コーティングされたGDLを取り付けることによって形成される、5層MEAウェブ502の平面図、y方向断面図、及びx方向断面図を図示する。

#### 【0046】

幾つかの実施形態では、上述の第1の半分のサブガasketウェブは、図5G及び図5Hに図示されるように、複数の個別の第1の半分のサブガasket593A、593B、593Cによって置き換えられ得る。図5G及び5Hは、多数の連結された燃料電池のサ

50

ブアセンブリを備える燃料電池のサブアセンブリウェブ590を図示し、そのサブアセンブリ591A、591B、591Cが示される。燃料電池のサブアセンブリウェブ590は、巻かれていない状態で、平面図(図5G)及び線C-C'に沿った断面図(図5H)に図示される。この実施例では、複数の個別の電解質膜592A、592B、592Cが使用される。燃料電池のサブアセンブリウェブ590は、幾つかの個別の第1の半分のサブガスカート593A、593B、593Cを含み、それぞれ、電解質膜592A、592B、592Cの中心部分がそこを通過して露出される開口部598A、598B、598Cを有する。個別の第1の半分のサブガスカート593A、593B、593Cのそれぞれは、個別の電解質膜592A、592B、592Cに面する第1の半分のサブガスカート表面594A、594B、594C上に配置される接着層595A、595B、595Cを含む。燃料電池のサブアセンブリウェブは、電解質膜592A、592B、592Cの中心部分がそこを通過して露出される幾つかの開口部599を含む、第2の半分のサブガスカートウェブ596を含む。接着剤は、個別の電解質膜592A、592B、592Cに面する第2の半分のサブガスカートウェブ596の表面597の相当部分上に配置されない。

10

#### 【0047】

図5I及び図5Jは、それぞれ、燃料電池のサブアセンブリウェブ590上に、GDL562A、563A、562B、563B、562C、563C及び触媒コーティング564A、565A、564B、565B、564C、565Cを備える触媒コーティングされたGDLを取り付けることによって形成される、5層MEAウェブ575の平面図及びy方向断面図を図示する。

20

#### 【0048】

図6A~6Cは、CCMがx方向及びy方向にスリフトする、燃料電池のサブアセンブリウェブ600を図示する。燃料電池のサブアセンブリウェブ600は、多数の連結された燃料電池のサブアセンブリを備え、そのサブアセンブリ603A、603B、603Cが示される。燃料電池のサブアセンブリウェブ600は、巻かれていない状態で、平面図(図6A)、線I-I'に沿った断面図(図6B)、及び線J-J'断面図断面図(図6C)に図示される。この実施例では、複数の個別のCCM611A、611B、611Cが使用される。個別のCCM611A、611B、611Cは、触媒層612A、613A、612B、613B、612C、613Cを有する個別の電解質膜610A、610B、610Cを含む。

30

#### 【0049】

サブガスカート620は、第1及び第2の半分のサブガスカートウェブ630、640を備える。第1及び第2の半分のサブガスカートウェブ630、640は、CCM611A、611B、611Cの中心部分が開口部633、643を通過して露出される連続ラダーの形態を有する。接着層650は、個別のCCM611A、611B、611Cに面する第1の半分のサブガスカートウェブ630の表面631上に配置される。第2の半分のサブガスカートウェブ640の相当部分は、個別のCCM611A、611B、611Cに面する表面641上に接着剤を有さず、例えば、表面641は、接着剤を有さない。図6D、6E、及び6Fは、GDL662A、663A、662B、663B、662C、663Cの取り付け後に、燃料電池のサブアセンブリウェブ600を用いて形成される5層MEAウェブ602を図示する。

40

#### 【0050】

図6G及び6Hは、図6A~6Fに図示される第1のサブガスカートウェブの代わりに、個別の第1の半分のサブガスカート693A、693B、693Cを有する燃料電池のサブアセンブリウェブ690を図示する。燃料電池のサブアセンブリウェブ690は、多数の連結された燃料電池のサブアセンブリを備え、そのサブアセンブリ691A、691B、691Cが示される。燃料電池のサブアセンブリウェブ690は、巻かれていない状態で、平面図(図6G)、及び線D-D'に沿った断面図(図6H)に図示される。この実施例では、複数の個別のCCM611A、611B、611Cが使用される。個別の

50

CCM 611A、611B、611Cは、触媒層612A、613A、612B、613B、612C、613Cを有する個別の電解質膜610A、610B、610Cを含む。

#### 【0051】

燃料電池のサブアセンブリウェブ690は、幾つかの個別の第1の半分のサブガasketト693A、693B、693Cを含み、それぞれ、CCM 611A、611B、611Cの中心部分がそこを通過して露出される開口部698A、698B、698Cを有する。個別の第1の半分のサブガasketト693A、693B、693Cのそれぞれは、個別のCCM 611A、611B、611Cに面する第1の半分のサブガasketト693A、693B、693Cの表面694A、694B、694C上に配置される接着層695A、695B、695Cを含む。燃料電池のサブアセンブリウェブ690は、個別のCCM 611A、611B、611Cの中心部分がそこを通過して露出される幾つかの開口部699を有するウェブである、第2の半分のサブガasketトウェブ696を含む。個別のCCM 611A、611B、611Cに面する第2の半分のサブガasketトウェブ696の表面697の相当部分は、接着剤を有さない。

10

#### 【0052】

図6I及び図6Jは、それぞれ、燃料電池のサブアセンブリウェブ690上にGDL 662A、663A、662B、663B、662C、663Cを取り付けることによって形成される、5層MEAウェブ675の平面図及びy方向断面図を図示する。

#### 【0053】

片面接着剤を有するサブガasketトの使用は、先に議論されたように、幾つかの適用において望ましくあり得る。他の適用において、x方向及びy方向の両方にスリフトされた膜と共に使用される両方のサブガasketト層上に接着剤を有するサブガasketトを含めるのは有用であり得る。図7A～7J及び図8A～8Jは、x方向及びy方向の膜スリフティングを含む燃料電池のサブアセンブリウェブを図示し、サブガasketトは、第1及び第2の半分のサブガasketトの両方上に接着剤を有する。

20

#### 【0054】

図7A～7Fに図示される燃料電池のサブアセンブリウェブ700及び5層MEAウェブ702は、多数の連結された燃料電池のサブアセンブリを備え、そのサブアセンブリ703A、703B、703Cが示される。燃料電池のサブアセンブリウェブ700及びMEAウェブ702は、巻かれていない状態で、平面図（それぞれ、図7A及び図7D）、線K-K'に沿った断面図（それぞれ、図7B及び図7E）、並びに線L-L'に沿った断面図（それぞれ、図7C及び図7F）に示される。燃料電池のサブアセンブリウェブ700は、複数の個別の電解質膜710A、710B、710Cを使用する。サブガasketト720は、第1及び第2の半分のサブガasketトウェブ730、740を備える。第1及び第2の半分のサブガasketトウェブ730、740のそれぞれは、個別の電解質膜710A、710B、710Cの中心部分が開口部733、743を通過して露出される連続ラダーの形態を有する。

30

#### 【0055】

接着層753は、電解質膜710A、710B、710Cに向かって方向付けられる第1の半分のサブガasketトウェブ730の表面731上に配置される。接着層754は、電解質膜710A、710B、710Cに向かって方向付けられる第2の半分のサブガasketトウェブ740の表面741上に配置される。図7D、7E、及び7Fは、それぞれ、触媒コーティングされたGDLの取り付け後に燃料電池のサブアセンブリウェブ700を用いて形成される、5層MEAウェブ702の平面図、y方向断面図、及びx方向断面図を図示する。触媒コーティングされたGDLは、触媒コーティング764A、765A、764B、765B、764C、765Cを有するGDL 762A、763A、762B、763B、762C、763Cを含む。

40

#### 【0056】

幾つかの実施形態では、図7A～7Fと関連して議論される第1の半分のサブガasket

50

トウェブは、図 7 G 及び 7 H に図示されるように、複数の個別の第 1 のサブガasket 7 9 3 A、7 9 3 B、7 9 3 C によって置き換えられ得る。図 7 G 及び図 7 H は、多数の連結された燃料電池のサブアセンブリを備える燃料電池のサブアセンブリウェブ 7 9 0 を図示し、そのサブアセンブリ 7 9 1 A、7 9 1 B、7 9 1 C が示される。燃料電池のサブアセンブリウェブ 7 9 0 は、巻かれていない状態で、平面図（図 7 G）及び線 D - D' に沿った断面図（図 7 H）に示される。この実施例では、複数の個別の電解質膜 7 9 2 A、7 9 2 B、7 9 2 C が使用される。燃料電池のサブアセンブリウェブ 7 9 0 は、幾つかの個別の第 1 の半分のサブガasket 7 9 3 A、7 9 3 B、7 9 3 C を含み、それぞれ、電解質膜 7 9 2 A、7 9 2 B、7 9 2 C の中心部分がそこを通して露出される開口部 7 9 8 A、7 9 8 B、7 9 8 C を有する。個別の第 1 の半分のサブガasket 7 9 3 A、7 9 3 B、7 9 3 C のそれぞれは、個別の電解質膜 7 9 2 A、7 9 2 B、7 9 2 C に面する第 1 の半分のサブガasket の表面 7 9 4 A、7 9 4 B、7 9 4 C 上に配置される接着層 7 9 5 A、7 9 5 B、7 9 5 C を含む。燃料電池のサブアセンブリウェブは、電解質膜 7 9 2 A、7 9 2 B、7 9 2 C の中心部分がそこを通して露出される幾つかの開口部 7 9 9 を含む、第 2 の半分のサブガasket ウェブ 7 9 6 を含む。個別の電解質膜 7 9 2 A、7 9 2 B、7 9 2 C に面する第 2 の半分のサブガasket ウェブ 7 9 6 の表面 7 9 7 上に配置される接着層 7 8 5 が存在する。

10

**【0057】**

図 7 I 及び図 7 J は、それぞれ、燃料電池のサブアセンブリウェブ 7 9 0 上に、GDL 7 6 2 A、7 6 3 A、7 6 2 B、7 6 3 B、7 6 2 C、7 6 3 C 及び触媒コーティング 7 6 4 A、7 6 5 A、7 6 4 B、7 6 5 B、7 6 4 C、7 6 5 C を備える触媒コーティングされた GDL を取り付けることによって形成される、5 層 MEA ウェブの平面図及び y 方向断面図を図示する。

20

**【0058】**

図 8 A ~ 8 F に図示される燃料電池のサブアセンブリウェブ 8 0 0 は、サブアセンブリウェブ 8 0 0 が、図 7 A ~ 7 F のような触媒コーティングが無い個別の電解質膜というよりはむしろ、個別の CCM を含むことを除いて、燃料電池のサブアセンブリウェブ 7 0 0 に類似している。図 8 A ~ 8 C は、連結された燃料電池のサブアセンブリ 8 0 3 A、8 0 3 B、8 0 3 C を図示する。燃料電池のサブアセンブリウェブ 8 0 0、8 0 2 は、巻かれていない状態で、平面図（それぞれ、図 8 A 及び図 8 D）、線 M - M' に沿った断面図（それぞれ、図 8 B 及び図 8 E）、並びに線 N - N' に沿った断面図（それぞれ、図 8 C 及び図 8 F）に図示される。この実施例では、複数の個別の CCM 8 1 1 A、8 1 1 B、8 1 1 C が使用される。個別の CCM 8 1 1 A、8 1 1 B、8 1 1 C は、触媒層 8 1 2 A、8 1 3 A、8 1 2 B、8 1 3 B、8 1 2 C、8 1 3 C を有する個別の電解質膜 8 1 0 A、8 1 0 B、8 1 0 C を備える。サブガasket 8 2 0 は、第 1 及び第 2 の半分のサブガasket ウェブ 8 3 0、8 4 0 を備える。第 1 及び第 2 の半分のサブガasket ウェブ 8 3 0、8 4 0 のそれぞれは、個別の電解質膜 8 1 1 A、8 1 1 B、8 1 1 C の中心部分が開口部 8 3 3、8 4 3 を通って露出される連続ラダーの形態を有する。

30

**【0059】**

接着層 8 5 3 は、CCM 8 1 1 A、8 1 1 B、8 1 1 C に向かって方向付けられる第 1 のサブガasket ウェブ 8 3 0 の表面 8 3 1 上に配置される。接着層 8 5 4 は、CCM 8 1 1 A、8 1 1 B、8 1 1 C に向かって方向付けられる第 2 の半分のサブガasket ウェブ 8 4 0 の表面 8 4 1 上に配置される。図 8 D、図 8 E、及び図 8 F は、燃料電池のサブアセンブリウェブ 8 0 0 及び GDL 8 6 2 A、8 6 3 A、8 6 2 B、8 6 3 B、8 6 2 C、8 6 3 C を含む 5 層 MEA ウェブ 8 0 2 を図示する。

40

**【0060】**

図 8 G 及び図 8 H は、図 8 A ~ 8 F に図示される第 1 の半分のサブガasket ウェブの代わりに、個別の第 1 の半分のサブガasket 8 9 3 A、8 9 3 B、8 9 3 C を有する燃料電池のサブアセンブリウェブ 8 9 0 を図示する。燃料電池のサブアセンブリウェブ 8 9 0 は、多数の連結された燃料電池のサブアセンブリを備え、そのうちのサブアセンブリ 8

50

9 1 A、8 9 1 B、8 9 1 C が示される。燃料電池のサブアセンブリウェブ 8 9 0 は、巻かれていない状態で、平面図（図 8 G）、及び線 E - E' に沿った断面図（図 8 H）に図示される。この実施例では、複数の個別の C C M 8 1 1 A、8 1 1 B、8 1 1 C が使用される。個別の C C M 8 1 1 A、8 1 1 B、8 1 1 C は、触媒層 8 1 2 A、8 1 3 A、8 1 2 B、8 1 3 B、8 1 2 C、8 1 3 C を有する個別の電解質膜 8 1 0 A、8 1 0 B、8 1 0 C を含む。

【 0 0 6 1 】

燃料電池のサブアセンブリウェブ 8 9 0 は、幾つかの個別の第 1 の半分のサブガasket ト 8 9 3 A、8 9 3 B、8 9 3 C を含み、それぞれ、個別の C C M 8 1 1 A、8 1 1 B、8 1 1 C の中心部分がそこを通過して露出される開口部 8 9 8 A、8 9 8 B、8 9 8 C を有する。個別の第 1 の半分のサブガasket ト 8 9 3 A、8 9 3 B、8 9 3 C のそれぞれは、個別の電解質膜 8 1 1 A、8 1 1 B、8 1 1 C に面する第 1 の半分のサブガasket ト 8 9 3 A、8 9 3 B、8 9 3 C の表面 8 9 4 A、8 9 4 B、8 9 4 C 上に配置される接着層 8 9 5 A、8 9 5 B、8 9 5 C を含む。燃料電池のサブアセンブリウェブ 8 9 0 は、個別の C C M 8 1 1 A、8 1 1 B、8 1 1 C の中心部分がそこを通過して露出される幾つかの開口部 8 9 9 を有する、第 2 の半分のサブガasket トウェブ 8 9 6 を含む。個別の C C M 8 1 1 A、8 1 1 B、8 1 1 C に面する第 2 の半分のサブガasket トウェブ 8 9 6 の表面 8 9 7 は、接着層 8 8 5 を含む。

【 0 0 6 2 】

図 8 I 及び図 8 J は、それぞれ、燃料電池のサブアセンブリウェブ 8 9 0 上に、G D L 8 6 2 A、8 6 3 A、8 6 2 B、8 6 3 B、8 6 2 C、8 6 3 C を取り付けることによって形成される 5 層 M E A ウェブ 8 7 5 の平面図及び y 方向断面図を図示する。

【 0 0 6 3 】

本明細書に記載のサブガasket トは、水、水素、及び / 又は酸素の存在下で、十分に薄く、十分に強力で、かつ燃料電池環境、すなわち、6 0 ~ 1 2 0 の温度に十分に適合する剛性ポリマー材料を含む、種々の種類のポリエチレンナフタレート（P E N）若しくはポリエチレンテレフタレート（P E T）等のポリエステル、ポリイミド、及び / 又は他の同様の材料等のポリマー材料を備え得る。一実施例では、サブガasket ト材料は、約 0 . 0 1 2 5 mm を超える厚さを有する。一実施形態では、サブガasket ト材料は、約 0 . 1 mm の厚さを有する P E N である。サブガasket トは、任意で、一方又は両方の外面に接着されるガasket ト又はシールを有し得る。ガasket ト材料には、熱硬化したエチレンプロピレンジエンモノマー（E P D M）エラストマーリブ等のミクロ構造エラストマーリブが含まれ得る。第 1 及び第 2 の半分のサブガasket トは、同一の特性を有する必要はない。半分のサブガasket トの特性は、成分の取り扱い又は燃料電池動作を促進するように選択され得る。例えば、ある特定の実施形態では、第 1 の半分のサブガasket トは、第 2 の半分のサブガasket トとは異なる厚さを有し得、及び / 又は第 1 の半分のサブガasket トは、第 2 の半分のサブガasket トの材料とは異なる 1 つ以上の材料を備え得る。

【 0 0 6 4 】

サブガasket トの材料及び接着層は、接着層がサブガasket ト表面に接着するように選択される。接着層（使用される場合）の厚さは、約 0 . 0 0 5 ~ 約 0 . 0 5 mm であり得る。接着層は、感圧接着剤（P S A）、加熱活性化接着剤、紫外線活性化接着剤、又は他の種類の接着剤を備え得る。例えば、接着剤層は、アクリル系 P S A、ゴム系接着剤、エチレン無水マレイン酸共重合体、1 - オクテンとエチレン又はプロピレンとの共重合体などのオレフィン系接着剤、ニトリル系接着剤、エポキシ系接着剤、及びウレタン系接着剤のいずれかを含んでよい。他の実施形態において、接着剤層は、Thermobond 8 4 5（マレイン酸ポリエチレン系）又は Thermobond 5 8 3（ニトリルゴム系）などの加熱活性化接着剤を含んでもよい。

【 0 0 6 5 】

接着剤は、高い粘着を有する架橋接着剤を備え得る。例えば接着剤は、加水分解に安定であり、かつ燃料電池スタック内で圧縮されるときに、クリープ抵抗性であるよう製剤化

10

20

30

40

50



されたアクリレート感圧接着剤であり得る。接着剤及びサブガasket層、例えば、PEN層は、剥離ライナーで巻かれ、その後、本明細書に記載のサブガasket付燃料電池のサブアセンブリを形成するために使用され得る。

#### 【0066】

本発明の実施において、いずれかの適した電解質膜が使用されてもよい。有用なPEMの厚さは約200 μmから約1 μmの間の範囲である。式： $\text{FSO}_2 - \text{CF}_2 - \text{CF}_2 - \text{O} - \text{CF}(\text{CF}_3) - \text{CF}_2 - \text{O} - \text{CF} = \text{CF}_2$ に従ったテトラフルオロエチレン(TFE)のコポリマー及びコモノマーが既知であり、DuPont Chemical Company, Wilmington, Delawareの商標名NAFION(登録商標)で、スルホン酸形態、すなわち、 $\text{HSO}_3 -$ に加水分解される $\text{FSO}_2 -$ 末端基を有する形態で販売されている。NAFION(登録商標)は、燃料電池での使用のためのポリマー電解質膜の作製において一般的に使用される。また、テトラフルオロエチレン(TFE)コモノマーとの、式： $\text{FSO}_2 - \text{CF}_2 - \text{CF}_2 - \text{O} - \text{CF} = \text{CF}_2$ に従うコポリマーと、が知られており、スルホン酸の形態で、すなわち、 $\text{HSO}_3 -$ に加水分解された $\text{FSO}_2 -$ 末端基を有して、燃料電池に使用するためのポリマー電解質膜の作製に使用されている。最も好ましいものは、テトラフルオロエチレン(TFE)のコポリマー類及び $\text{HSO}_3 -$ に加水分解された $\text{FSO}_2 -$ 末端基を有する、 $\text{FSO}_2 - \text{CF}_2 \text{CF}_2 \text{CF}_2 \text{CF}_2 - \text{O} - \text{CF} = \text{CF}_2$ である。

#### 【0067】

幾つかの実施形態においては、触媒層は、塩化白金酸の還元等の湿式化学的方法によって、より大きな炭素粒子の上にコーティングされたPt又はPt合金を含んでもよい。この形態の触媒は、アイオノマー結合剤及び/又は溶媒と共に分散されて、膜、剥離ライナー、又はGDLのいずれかに塗布されるインク、ペースト、又は分散系を形成する。

#### 【0068】

幾つかの実施形態においては、触媒層は、粒子を担持するナノ構造化担持成分、又は触媒材料のナノ構造化薄膜(NSTF)を含んでもよい。ナノ構造化触媒層は、担持体としての炭素粒子を含まず、したがって、触媒粒子の高密度分散を形成する、電解質膜の非常に薄い表面層に組み込まれてもよい。ナノ構造薄膜(NSTF)触媒層を使用することで、触媒利用率を、分散法によって形成された触媒層と比べて非常に高くすることができ、炭素支持体が存在しないことにより、高電圧及び高温での浸食に対する更なる耐性がもたらされる。いくつかの実施において、CCMの触媒表面積は、ミクロ構造機構を有する電解質膜を使用することによって、更に拡張されてもよい。NSTF触媒層は、触媒材料の針状ナノ構造化担持体上への真空蒸着によって形成されてもよい、細長いナノスケールの粒子を含む。本発明での使用に適したナノ構造化担持体は、C.I.顔料レッド(C.I. PIGMENT RED)149(ベリレンレッド)等の有機顔料のウィスカーを含んでもよい。結晶性ウィスカーは、実質的に均一であるが、同一ではない断面、及び高い長さ対幅比率を有する。ナノ構造化担持体ウィスカーは、触媒作用に適しており、ウィスカーに、複数の触媒部位として働くことができる、微細なナノスケールの表面構造を付与する、コーティング材料でコーティングされる。ある特定の実施例では、ナノ構造支持体ウィスカーは、継続的な螺旋転位の成長を介して拡張され得る。ナノ構造支持体要素の長さを拡張することにより、触媒作用のための表面積を増加させることが可能となる。

#### 【0069】

ナノ構造支持体ウィスカーは、ナノ構造薄膜触媒層を形成するために、触媒材料でコーティングされる。1つの実施によると、触媒材料は、白金族金属等の金属を含む。一実施形態においては、触媒コーティングされたナノ構造化担持成分は、触媒コーティングされた膜を形成するために、電解質膜の表面に転写されてもよい。別の実施形態において、触媒被覆ナノ構造支持体要素は、GDL表面上に形成されてもよい。

#### 【0070】

GDLは、反応ガスを通過させる一方、電極から電流を回収することができる、いずれかの材料であってよく、典型的に、織られた、又は不織の炭素繊維紙又は布である。GDL

10

20

30

40

50

Lは、ガス状反応物質及び水蒸気の触媒及び膜への多孔質アクセスを提供し、また、外部負荷に電力を供給するために、触媒層で生成される電流を回収する。

【0071】

GDLは、微多孔性層(MPL)及び電極裏材層(EBL)を含んでもよく、MPLは触媒層とEBLとの間に設けられる。EBLは、炭素繊維構造体(例えば、織布及び不織布炭素繊維構造体)など、任意の好適な導電性多孔性基材であってよい。市販の炭素繊維構造の実施例には、Ballard Material Products, Lowell, MAの商品名「AvCarb P50」炭素繊維紙、ElectroChem, Inc., Woburn, MAから入手され得る「Toray」炭素紙が含まれる。EBLは、疎水性を増すように又は付与するように処理されてもよい。例えば、EBLは、ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)及びフッ素化エチレンプロピレン(FEP)など、高度にフッ素化されたポリマーで処理されてもよい。

10

【0072】

EBL類の炭素繊維構造体は、一般に粗く多孔質の表面を有しており、触媒層と低結合性接着を示す。接合接着力を増加させるために、微多孔性層がEBLの表面にコーティングされてもよい。これはEBLの粗くかつ多孔性の表面を滑らかにし、いくつかの種類の触媒層との接合接着力が高められる。

【0073】

燃料電池のサブアセンブリウェブ、例えば、図5A~5C、図5G、図5H、図6A~6C、図6G、図6H、図7A~7C、図7G、図7H、図8A~8C、図8G、図8Hに図示される燃料電池のサブアセンブリウェブ500、590、600、690、700、790、800、890は、ロールツーロール製造プロセスを用いて作製され得る。図5D~5F、図5I、図5J、図6D~6F、図6I、図6J、図7D~7F、図7I、図7J、図8D~8F、図8I、図8Jに図示される5層MEAサブアセンブリウェブ502、575、602、675、702、775、802、875を形成するためのGDLの取り付けも、ロールツーロールプロセスにおいて実行され得る。

20

【0074】

サブガasket付燃料電池のサブアセンブリウェブ、例えば、サブガasket付電解質膜ウェブ、サブガasket付CCMウェブ、及び/又はサブガasket付5層MEAウェブの製造のためのロールツーロールプロセスのフローチャートが、図9に図示される。図9は、CCMを組み込む5層MEAウェブの製造を図示する。CCMというよりはむしろ、触媒コーティングされたGDLを用いて5層MEAサブアセンブリウェブを形成するために、同様のプロセスが使用され得ることを理解されたい。

30

【0075】

任意で、連続CCMウェブは、電解質膜への陽極及び陰極触媒の積層によって形成される(910)。触媒コーティングが無い電解質膜ウェブが、MEAを形成するために触媒コーティングされたGDLと共に使用される場合、プロセスのこの部分は排除され得る。膜ウェブは、第1の半分のサブガasketラダーウェブ上に配置される第1の接着層に接着される個別の膜に切断される(920)。第1の半分のサブガasketラダーウェブへの個別の膜の積層は、個別の電解質膜を有する半分ガasket付のウェブを形成する。電解質膜に向かって方向付けられる表面上に配置される接着剤がほとんど又は全く無い第2の半分のサブガasketラダーウェブは、半分サブガasket付の個別の膜ウェブに取り付けられる(930)。第2の半分のサブガasketラダーウェブは、第1の半分のサブガasketウェブ上に配置される接着層によって半分サブガasket付のウェブに接着される。任意で、GDLは、5層MEAウェブを形成するために、サブガasket付膜ウェブに取り付けられる(940)。サブガasket付膜ウェブがCCMウェブではない場合に、GDLは、触媒層を含む。5層MEAウェブは、個別の5層MEAを形成するために切断され得る。

40

【0076】

図10A~10Dは、半分サブガasket付の個別の膜ウェブ、完全にサブガasket

50

付の個別の膜ウェブ、個別のサブガasket付膜、5層MEAウェブ、個別の5層MEA、及び種々の中間燃料電池のサブアセンブリを含む、x及びy方向にスリフトされた燃料電池のサブアセンブリを製造するように構成されるロールツーロール系システム種々のサブシステムを図示する。燃料電池のサブアセンブリ、例えば、複数の個別の電解質膜又はCCMを有する完全に若しくは半分サブガasket付のウェブ及び/又は5層MEAウェブは、図4によって図示されるロール品として製造され得る。ロールツーロール系システムは、ロール系アプローチを用いて少なくとも幾つかのプロセスを実施するように構成されるが、すべてのサブシステムがロール系である必要はなく、並びに/又はすべての入力成分、出力成分、及び/若しくは中間成分が、ロールに巻きつけられる、及び/若しくはロールから解かれる必要はない。図10A~10Dに図示される製造プロセスと関連して、入力、中間、及び/若しくは出力サブアセンブリウェブ又はサブアセンブリの幾つかのx方向(ダウンウェブ)の断面図は、中間サブアセンブリウェブ又はサブアセンブリの構造についての理解を援助するために、図11A~11Nに示される。

10

#### 【0077】

図10Aは、CCMウェブ1005を製造するように構成されるサブシステム1000を図示する。仮のキャリアウェブ上に配置されるか、あるいはコーティングされる陰極及び陽極触媒層1002、1003は、積層体ロール1008及び1009によって電解質膜ウェブ1001上に積層される。キャリアウェブ1095、1096は、CCMウェブ1005を形成するために、ダックビルピーラ1007によって剥離される。CCMウェブ1005の断面図は、図11Aに示される。CCMウェブ1005は、電解質膜1102の1つの表面上に配置される陽極触媒1101、及び電解質膜1102の反対側の表面上に配置される陰極触媒1103を有する電解質膜1102を含む。サブシステム1000によって製造されるCCMウェブ1005は、第1の半分のサブガasketの取り付けのために、図10Bに図示されるサブシステム1010に入力される。あるいは、触媒層が無い電解質ウェブは、サブシステム1010に入力される。

20

#### 【0078】

サブシステム1010は、膜ウェブ1005(又は触媒が無い電極膜)を個別の膜1021a、1021bに切断するために、アンビルロール1011及び発泡真空ダイ1012を使用する。膜ウェブ1005は、アンビルロール1011と発泡真空ダイ1012との間を通過するときに、個別の膜1021a、1021bに切断される。発泡真空ダイ1012のより詳細な図が、図13A及び13Bに図示される。

30

#### 【0079】

切断前に、膜ウェブは、より均一の切断を達成する条件下で膜ウェブ1005をダイ1012に提供するために、任意で前処理され得る。膜前処理選択は、図12A及び12Bに図示される。例えば、1つの前処理動作(図12A)は、テープで包むか、あるいは同様の方法によって形成され得る、前処理ローラー1201のいずれかの側面上にバンパー1203を有する前処理ローラー1201の使用を伴う。バンパー1203を有する前処理ローラー1201の動作は、より繰り返し可能な切断を達成するために、切断動作の前に膜ウェブ1005をわずかに広げることである。あるいは、又は更に、図12Bに図示されるように、膜ウェブ1005は、水分を減少させ、及び/又は切断動作前に膜ウェブ1005をわずかに縮ませるために、例えば、強制空気加熱装置又は他の種類の加熱装置1202によってわずかに加熱され得る。

40

#### 【0080】

膜切断プロセスからのスクラップ膜ラダー1004は処分される。スクラップ膜ラダー1004の平面図が、図11Bに示される。膜材料の利用率を減少させることによって費用削減を達成するために、真空ダイ1012が構成され得、切断プロセスは、スクラップ膜ラダー1004の格の厚さ $d_1$ 、及び/又は格の側面 $d_2$ が、1/8インチ(0.31cm)未満であり得るか、あるいは幾つかの実施例では、切断プロセスを慎重に制御して、0インチ(0cm)にまでも減少させられ得るように制御される。個別の膜1021a、1021bは、それが積層ローラー1013に向かって回転するときに、真空によって

50

ダイ 1012 上で保持される。

【0081】

図 11C の断面図によって図示されるように、第 1 の半分のサブガasketウェブ 1016 は、第 1 のサブガasket層 1106 及び剥離ライナー 1108 を有する接着層 1107 を含む。第 1 の半分のサブガasketウェブ 1016 は、キャリアウェブ 1105、例えば、再配置付け可能な接着剤を有するキャリアウェブ上のサブシステム 1010 に入力される。幾つかの実施例では、真空ベルトは、(キャリアウェブを含む)第 1 の半分のサブガasketウェブをサブシステム 1010 移送するために使用され得る。再配置可能な接着剤を有するキャリアウェブは、第 1 の半分のサブガasketウェブ 1016 を支持及び安定化する助けとなる。再配置可能なキャリアウェブは、キャリアウェブが第 1 の半分のサブガasketウェブ(又は他の作業製品)から容易に除去され得、かつ接着剤がキャリアウェブ上に留まるように、十分に低い接着性粘着特性を有する接着剤を含むウェブである。幾つかの実施例では、キャリアウェブは、1 ミル(25.4 μm)のプラスチック又は紙フィルムであり、フィルムの表面上に 0.5 ミル(12.7 μm)の低粘着接着剤を有する。

10

【0082】

図 10B に戻って、第 1 の半分のサブガasketウェブ 1016 がアンビルロール 1015 とサブガasketダイロール 1014 との間を移動するとき、ダイロール 1014 は、キャリアウェブを無傷にしたままで、第 1 のサブガasketウェブ開口部を画定する第 1 のサブガasketウェブ 1016 中に開口部切断を作製する。第 1 の半分のサブガasket材料、接着剤、及び接着性剥離ライナーは、最初に、開口部スラグとして開口部内に保持される。開口部スラグ 1109 を製造する切断動作後の第 1 のサブガasketウェブ 1017 の断面図が、図 11D に示される。開口部スラグ 1109 (サブガasket開口部内に残っている切り取りサブガasket材料、接着剤、及び接着性ライナー)は、最初に定位置に残されるが、第 1 の半分のサブガasketウェブの開口部を露呈するために最終的に除去される。

20

【0083】

接着性剥離ライナーラダー 1018 は、ローラー 1019 で除去され、キャリアウェブ上に、(無傷のままの開口部スラグを有し、接着性剥離ライナーラダーを差し引いた)第 1 の半分のサブガasketウェブ 1020 を残す。接着性剥離ライナーラダー 1018 が、図 11E の平面図に示される。無傷のままの開口部スラグ 1109 を有し、接着性剥離ライナーラダー 1018 を差し引いた、第 1 の半分のサブガasketウェブ 1020 の断面図が図 11F に示される。第 1 の半分のサブガasketウェブ 1020 は、キャリアウェブ 1105 上に存在し、第 1 の半分のサブガasket層 1106 及び接着層 1107 を含む。接着性ライナー 1108 の一部は、接着層 1107 上に留まる。接着層 1107 の表面 1107a、1107b の部分が露出される。図 11F に図示されるように、接着性剥離ライナー 1108 の一部は、開口部スラグ 1109 の領域内の接着層 1107 上に保持される。個別の膜 1021a、1021b、及び(無傷のままの開口部スラグを有し、接着性剥離ライナーラダーを差し引いた)第 1 の半分のサブガasketウェブ 1020 は、積層体ロール 1013 でまとめられる。

30

40

【0084】

発泡真空ダイ 1012 (図 13A 及び図 13B でより詳細に図示される)は、膜を保持し、かつ製造プロセス中の損傷から保護するために、ダイ 1012 の複数のダイキャビティ内に多孔質の柔軟な材料、例えば、発泡体を含む。サブガasketウェブ 1021 への個別の膜 1021a、1021b の取り付け中、発泡体が複数のダイキャビティ間の間隙(図 13 の 1315 を参照のこと)内の発泡真空ダイ 1012 上に存在しないことが望ましい。サブガasketウェブ 1020 内の開口部間の間隙が積層体ロール 1013 と整合配置されるときに、発泡真空ダイ 1012 及びアンビルロール 1011 が停止させられる一方で、間隙 1315 内のダイ上に材料が存在することにより、少しの 1013、1012 を通って第 1 の半分のサブガasketウェブ 1020 を前進させることが可能になる。

50

発泡真空ダイ１０１２は、個別の膜がサブガasketウェブ１０２０内の開口部に検知されるときに、回線速度を復旧させる。プロセス制御モジュール１０９９は、図１０Ａ～１０Ｅに図示されるサブシステムの動作を制御するように構成される１つ以上のセンサ及び回路を含む。例えば、プロセス制御モジュール１０９９は、別のプロセスの速度に対して１つのプロセスの速度を調整し、かつ／あるいは燃料電池のサブアセンブリの製造において使用される１つ以上のウェブのダウンウェブ位置を制御するように構成される、センサ及び回路を含み得る。更に、プロセス制御モジュール１０９９は、１つ以上のウェブのクロスウェブ位置を制御するために、センサ及び回路を含み得る。ダウンウェブ及び／又はクロスウェブ位置の制御は、燃料電池のサブアセンブリウェブ及び／又は成分の適切な整合配置を促進する。

10

#### 【００８５】

積層ローラー１０１３での第１のサブガasketウェブ１０２０内の開口部切断との関連で個別の膜１０２１ａ、１０２１ｂの整合配置を制御するために、サブガasketダイ１０１４上のセンサを使用して、個別の膜１０２１ａ、１０２１ｂを切断する発泡真空ダイ１０１２を始動又は停止させる。剥離ライナーラダー１０１８の除去によって露出される第１のサブガasketウェブ１０２０上の感圧接着剤は、半分サブガasket付の膜ウェブ１０２５を形成するために、第１のサブガasketウェブ１０２０を個別の膜１０２１ａ、１０２１ｂに接着させる。この段階で、半分サブガasket付の膜ウェブ１０２５は、開口部スラグを保持する。個別の膜１０２１ａ、１０２１ｂは、個別の膜１０２１ａ、１０２１ｂの中心表面領域が、開口部スラグの接着性剥離ライナーによって接着剤から保護されている状態で、個別の膜１０２１ａ、１０２１ｂの周囲表面領域で第１のサブガasketウェブ１０２０に接着される。

20

#### 【００８６】

キャリアウェブ１１０５上の（開口部スラグを保持した）半分サブガasket付の膜ウェブ１０２５の断面図が、図１１Ｇに示される。半分サブガasket付の膜ウェブ１０２５は、第１のサブガasket層１１０６及び接着層１１０７を含む。接着性ライナー１１０８の一部は、接着剤１１０７上に留まる。接着層１１０７の表面１１１７の部分がこの時点で膜１０２１ａに取り付けられる。プロセスのこの段階で、開口部スラグ１１０９が保持される。

#### 【００８７】

図１０Ｃは、半分サブガasket付の膜ウェブ１０２５を個別の半分サブガasket付の膜に切断し、かつ第２のサブガasketウェブを個別の半分サブガasket付の膜に取り付けるように構成されるサブシステム１０３０を図示する。サブシステム１０３０のプロセスは、サブガasket付膜ウェブを個別のサブガasket付膜に切断した後に、第１のサブガasket枠よりも大きい寸法を有する第２のサブガasket枠を有するサブガasket付膜を製造するために使用され得る。

30

#### 【００８８】

（開口部スラグを保持した）半分サブガasket付の膜ウェブ１０２５は、サブシステム１０３０に入力される。開口部スラグ１１０９及び再配置可能なキャリアウェブ１１０５は、ローラー１０２６で除去され、半分サブガasket付の膜ウェブ１０２８を残す。開口部スラグ１１０９及び再配置可能なキャリアウェブ１１０５（併せて１０２７と称される）及び半分サブガasket付の膜ウェブ１０２８の断面図が、それぞれ、図１１Ｈ及び図１１Ｉに図示される。図１１Ｈに示される開口部スラグ１１０９及びキャリアウェブ１１０５（併せて１０２７と称される）の除去は、半分サブガasket付の膜ウェブ１０２８を残す。半分サブガasket付の膜ウェブ１０２８は、図１１Ｉの断面図及び図１１Ｊの平面図によって図示される。半分サブガasket付の膜ウェブ１０２８は、接着剤１１０７で個別の膜１０２１ａ～１０２１ｄの周囲表面領域に接着される第１のサブガasketラダーウェブ１１０６のラダー構造によって共に保持される複数の個別の膜（図１１Ｉに示される１０２１ａ及び図１１Ｊに示される１０２１ａ～１０２１ｄ）を備える。

40

#### 【００８９】

50

個別の半分サブガasket付の膜1035は、半分サブガasket付の膜ウェブ1028がパターン化アンビルロール1031と真空ダイ1032との間を通過するとき、半分サブガasket付の膜ウェブ1028から切断される。切断の際に残されたスクラップサブガasketラダー1036は処分される。個別の半分サブガasket付の膜1035a、1035bは、真空ダイ1032によって発泡体積層体ロール1033に運ばれる。

【0090】

(接着層が無い)第2の半分のサブガasketウェブ1041は、第2のキャリアウェブ、例えば、再配置可能な接着剤を有するキャリアウェブ上のサブシステム1030に入力される。第2の半分のサブガasketウェブ1041及びキャリアウェブ1110の断面図は、図11Kの断面図に図示される。開口部切断は、それがダイとアンビルローラー1043、1044との間を通過するとき、第2のガasketウェブ1041内に作製され、開口部スラグを形成する。開口部スラグを形成する第2の半ガasket材料の切断部分は、第2のキャリアウェブ1110上の定位置に残される。キャリアウェブ1110上の(開口部スラグ1111が定位置にある状態の)第2のサブガasketウェブ1042断面図は、図11Lの断面図に図示される。

【0091】

第2の半分のサブガasketウェブ1042は、第2のキャリアウェブ上に配置される完全にサブガasket付の膜ウェブ1045を形成するために、積層ローラー1033において個別の半分サブガasket付の膜1035に積層される。キャリアウェブ1110上の完全にサブガasket付の膜ウェブ1045の断面図は、図11Mに図示される。完全にサブガasket付の膜ウェブ1045は、無傷のままの開口部スラグ1111を有する第2の半分のサブガasketウェブ1041を含む。個別の膜1021aを含む個別の半分サブガasket付の膜ウェブ1035は、個別の第1の半分のサブガasket1106a上に配置される接着層1107aによって第2の半分のサブガasketウェブ1041に接着される。第2のキャリアウェブ1110及び開口部スラグ1111は、サブガasket付の個別の膜ウェブを露呈するために除去される。サブガasket付の個別の膜ウェブは、個別の第1の半分のサブガasket及び第2の半分のサブガasketウェブのサブガasketを付けたスリフトされた個別の電解質膜を含む。個別の第1の半分のサブガasketは、個別の第1の半分のサブガasket上に配置される接着層によって、第2の半分のサブガasketウェブ及び個別の膜に接着される。第2の半分のサブガasketウェブは、電解質膜に面する表面上に接着剤をほとんど又は全く有し得ない。サブシステム1030のプロセスは、サブガasket付膜ウェブを個別のサブガasket付膜に切断した後に、第1のサブガasket枠よりも大きい第2のサブガasket枠を有するサブガasket付膜を製造するために使用され得る。1つの個別のサブガasket付膜1049aは、図11Nの断面図によって図示される。個別のサブガasket付膜1049aは、膜1021a、接着層1107aを有する第1の半分のサブガasket1106a、及び接着層が無い第2の半分のサブガasket1041aを含む。第1及び第2の半分のサブガasket1106a、1041aが、必ずしも同一の寸法ではなく、例えば、第1の半分のサブガasket1106aは、図11Nに示されるように、第2の半分のサブガasket1041aよりも小さくあり得ることに留意する。

【0092】

図10Dは、図11Gによって図示されるサブガasket付膜ウェブ1025を検知し、かつそれを図11Kに図示される半分サブガasket付のウェブ1042に取り付けるように構成される代替サブシステム1050を図示する。図10Dのサブシステム1050は、例えば、図10Cのサブシステム1030の代わりに使用され得る。サブシステム1050のプロセスは、サブガasket付膜ウェブを個別のサブガasket付膜に切断した後に、第1のサブガasket外周囲と同一の寸法の第2のサブガasketの外周囲を有するサブガasket付膜を製造するために使用され得る。

【0093】

(図11Gの断面図に図示される)(無傷のままの開口部スラグを有する)半分サブガ

10

20

30

40

50

スケルト付の膜ウェブ1025は、サブシステム1050に入力される。開口部スラグ及び再配置可能なキャリアウェブ1027は、ローラー1051で除去される。開口部スラグ及び再配置可能なキャリアウェブ1027の断面図が、図11Hに図示される。

【0094】

(接着層があるか、あるいは接着層が無い)第2のサブガasketウェブ1041は、キャリアウェブ、例えば、再配置可能な接着剤を有するキャリアウェブ上のサブシステム1050に入力される。第2のサブガasketウェブ1041及びキャリアウェブ1110の断面図が、図11Kに図示される。開口部切断は、第2のサブガasketウェブ1041がダイとアンビルローラー1053、1054との間を通過するとき、第2のサブガasketウェブ1041内で作製される。接着層が使用される場合、接着層の剥離ライナーラダーは、ローラー1057で剥ぎ取られる。開口部スラグを形成する第2のガasketウェブ材料は、キャリアウェブ上の定位置に残される。開口部スラグが定位置1042にある状態のキャリアウェブ上の第2のサブガasketウェブ1041の断面図が、図11Lに図示される。

10

【0095】

半分サブガasket付の膜ウェブ1025は、これらの成分がロール1051と発泡体又はゴム積層体ロール1058との間を通過するとき、開口部スラグ1111が依然として定位置にある状態で、キャリアウェブ1110上に存在する第2のサブガasketウェブ1042に積層される。サブシステム1050によって製造されるサブガasket付膜ウェブ1045の断面図が、図11Mに図示される。

20

【0096】

図10Eに図示されるサブシステム1060は、GDLをサブガasket付膜ウェブに取り付けるために使用され得る。触媒が無い電解質膜が使用される場合、この工程で使用するGDLは、触媒コーティングされ得る。CCM膜が使用される場合、この工程で取り付けられるGDLは、触媒層を必要としなくてもよい。第1のGDLウェブ1061は、サブシステム1060に入力され、接着剤1062は、ローラー1063でGDLウェブ1061に任意で接着される。接着剤は、例えば、両面粘着性移動接着剤、分注液、又は熱活性型接着剤であり得る。接着層は、例えば、接着剤がGDLの幅全域に塗布されるとき、GDLウェブ1061上に多孔質の導電性層を形成し得る。第1の接着性GDLウェブ1067(接着剤1062を第1のGDLウェブ1061に加える)は、第1の接着剤GDLウェブ1067がダイとアンビルローラー1064、1065との間を通過するとき、個別の接着剤GDL 1066a、1066bに切断される。個別の接着剤GDL 1066a、1066bは、例えば、真空ベルト又はキャリアウェブ上の積層体ロール1081、1082に移送される。

30

【0097】

第2のGDLウェブ1071は、サブシステム1060に入力され、接着剤層1072は、ローラー1073でGDLウェブ1071に接着される。接着剤は、例えば、両面粘着性テープ、分注液、又は熱活性型接着剤であり得る。接着層は、GDLウェブ1071上に多孔質の導電性層を形成する。第2の接着剤GDLウェブ1068(接着剤1072を有するGDLウェブ1071)は、第2の接着剤GDLウェブ1068がダイとアンビルローラー1074、1075との間を通過するとき、個別の接着剤GDL 1076a、1076bに切断される。個別の接着剤GDL 1076a、1076bは、真空ベルト又はキャリアウェブ上の積層体ロール1081、1082に移送され得る。

40

【0098】

サブガasket付CCM又は電解質膜ウェブ1085、例えば、図10と関連して説明されるサブガasket付CCM又は電解質膜ウェブは、サブシステム1060に入力される。開口部スラグを有する第2のキャリアウェブは、ロール1088で剥離される。幾つかの実施例では、ロール1088は、角度を成す剥離バーによって置き換えられ得る。個別の接着剤GDL 1066a、1066b、1076a、1076bは、個別のGDL 1066a、1066b、1076a、1076b及び電解質膜1085が、サブガス

50

ケット付5層MEAウェブ1086を形成するために積層ローラー1081、1082の間を通過するとき、サブガasket付CCM又は電解質膜1085に積層される。サブガasket付5層MEAウェブ1086は、ロールに巻き付けられ得るか、あるいは例えば、シーターナイフ1087によって、個別の5層MEA 1089に切断される。

#### 【0099】

図10A~10Eに図示されるプロセス制御モジュール1099は、種々の燃料電池のサブアセンブリ層間に適切な整合配置を確保するために、燃料電池のサブアセンブリ成分の相対速度及び位置を制御するためのセンサ並びに制御電子装置を含む。例えば、プロセス制御モジュール1099は、膜ウェブ1085のクロスウェブ位置を制御するために、膜ウェブ1085の端を感知する1つ以上のセンサを含み得る。幾つかの実施例では、膜ウェブ1085上に配置され、及び/又は膜ウェブの層のうちの1つ以上における切り取りを通して整合配置される基準は、他の燃料電池のサブアセンブリ成分に対して膜ウェブのダウンウェブ位置を制御するために、プロセス制御モジュールのセンサによって感知され得る。例えば、感知される基準は、膜ウェブ1085上の第1及び第2の個別の接着剤GDL 1066、1076の配置を制御するために使用され得る。

#### 【0100】

発泡真空ダイ1012(図10Bを参照のこと)は、CCM又は電解質膜ウェブを個別のCCM又は個別の電解質膜に切断するために使用され、図13Aの断面図及び図13Bの分解組立図により詳細に図示される。発泡真空ダイ1012は、幾つかのダイキャビティ1316及びダイキャビティ1316間の間隙1315を有する円筒状コアを備える。真空は、コア1310内の穴1311を通して複数のダイキャビティ1316内に適用される。インサート1320は、複数のダイキャビティ内に配置される。インサート1320は、材料の厚さを通して、かつ材料内の横方向の両方において真空の適用を促進する発泡材で作製され得る。コア1310内の穴1311を介して、かつ複数のダイキャビティインサート1320を通して適用される真空は、発泡真空ダイの表面上に個別の電解質膜1313a、1313b、1313cを保持する。発泡体インサート1320は、1つ又は幾つかの多孔質層を含み得る。発泡体インサート1320の材料は、製造プロセス中の損傷から個別の電解質膜1313a、1313b、1313cを保護するのに十分に柔軟である。

#### 【0101】

発泡真空ダイ1012は、コア1310の表面から外側にかつ発泡体インサート1320の表面1321の直下に延在する1つ以上のブレード1312を含む。ブレード1312は、発泡真空ダイ1012がその軸線周囲を回転するとき、膜ウェブ1323(又は他の種類のウェブ)を個別の膜1313a、1313b、1313cに切断するように構成される。発泡体インサート1320は、膜1313a、1313b、1313cを取り付けるときに、ダイブレード1312がサブガasketウェブ1020に刻み目を入れることを回避するのに十分な圧縮性を提供しながら、サブガasketウェブへの膜1313a、1313b、1313cの接着取り付けを可能にするために、個別の膜1313a、1313b、1313cに十分な圧力を適用する。

#### 【0102】

図13Bは、発泡真空ダイ1012及び発泡真空ダイを準備するためのプロセスを図示する。真空ダイ1012は、回転可能なコア1310の表面から外側に延在する、約0.057インチ(0.144cm)の高さを有する1つ以上のダイブレード1312を有する回転可能なコア1310を含む。ダイブレード1312の構成は、複数のダイキャビティ1316及びダイキャビティ1316間の間隙1315を画定する。少なくとも複数のダイキャビティ1316内で、回転可能なコア1310は、コア1310の外面1319への真空の適用を促進するために、回転可能なコア1310の外面1319を通して延在する穴1311で穿孔される。

#### 【0103】

多層インサート1320は、複数のダイキャビティ1316内に配置される。複数のダ

10

20

30

40

50



イキャビティ 1 3 1 6 間の間隙 1 3 1 5 は、インサートを有さない。インサート 1 3 2 0 を形成するために、最初に、3 . 5 ミル ( 8 9  $\mu\text{m}$  ) の P E T テープ層 1 3 5 1 がダイキャビティ 1 3 1 6 内のコア 1 3 1 0 の外面 1 3 1 9 に適用され、続いて、接着層 1 3 5 2 を有する 0 . 0 5 0 インチ ( 0 . 1 2 7 c m ) の発泡体及び 6 ミル ( 1 5 2 . 4  $\mu\text{m}$  ) の接着層 1 3 5 3 が適用される。6 ミル ( 1 5 2 . 4  $\mu\text{m}$  ) の両面粘着性接着層 1 3 5 3 は、最初に、剥離ライナ - ( 図示されず ) を含む。P E T テープ 1 3 5 1、発泡体 1 3 5 2、及び接着層 1 3 5 3 を備えるインサート内層の取り付け後、穴 1 3 6 1、1 3 6 2、1 3 6 3 は、インサート 1 3 2 0 の外面への真空の移動を促進するために、インサート内層 1 3 5 1、1 3 5 2、1 3 5 3 のそれぞれの中に融解する。剥離ライナ - の除去後、平面を通るか、あるいは平面中の多孔質の通気性材料 1 3 5 4 の外層は、接着剤 1 3 5 3 を介して発泡体 1 3 5 2 に接着される。

10

#### 【 0 1 0 4 】

片面接着性サブガasket及び両面接着性サブガasketを有する電解質膜を備える M E A が製造かつ温度試験された。図 1 4 は、試験前に両面接着性サブガasketを有する試料 M E A 構造を図示する。サブガasketの端は、約 1 / 8 インチ ( 0 . 3 1 c m ) だけ膜の端と重なる。

#### 【 0 1 0 5 】

図 1 5 は、9 0 ° で 2 0 時間の温度試験後の図 1 5 の M E A 構造を図示する。加熱試験中、膜は移動させられて、2 つのサブガasket間の接着剤 - 接着剤界面を通して突出するように見られ得る。M E A のガasket領域は、密封目的のためにハードストップに圧縮された。温度及び水を吸収する電解質膜の能力と合わせたガasket領域内の圧力は、膜が、この意図した境界を越えて滑り、かつ押出されるのに十分な程度の潤滑を引き起こすように見られた。この境界を越える膜押出しは、ガasket構造、圧縮システム、及びガasket領域に適用される圧力に応じて起こる場合もあり、あるいは起こらない場合もある。

20

#### 【 0 1 0 6 】

図 1 6 は、膜上に片面接着性サブガasketを組み込む M E A 構造を図示する。サブガasketは、約 1 / 8 インチ ( 0 . 3 1 c m ) だけ膜の端と重なる。この構造では、第 1 のサブガasket層は、第 1 のサブガasket層を、接着剤を含まない第 2 のサブガasket層に接合させる接着剤を含む。

30

#### 【 0 1 0 7 】

図 1 7 は、9 0 ° で 2 0 時間の温度試験後の図 1 6 の M E A 構造を図示する。試験後、片面接着性サブガasketを用いた M E A は、膜の押出しをほとんど又は全く示さず、図 1 5 で証言される問題への解決策を提供する。

#### 【 0 1 0 8 】

本発明の様々な実施形態の上述の説明を、例証及び説明の目的で提示してきた。それは、包括的であることも、開示されたまさにその形態に本発明を限定することも意図していない。以上の教示を考慮すれば、多くの修正形態及び変形形態が可能である。例えば、添付の図面を参照して記載される様々な回転式固着プロセスは、例えば、当該技術分野において既知であるようなステップアンドリピート圧縮プロセスの使用によって等、代わりに非回転式方法及び装置を使用して達成することができる。本発明の範囲は、この詳細な説明によってではなく、むしろ添付の「特許請求の範囲」によって限定されるものとする。

40

【図 1】

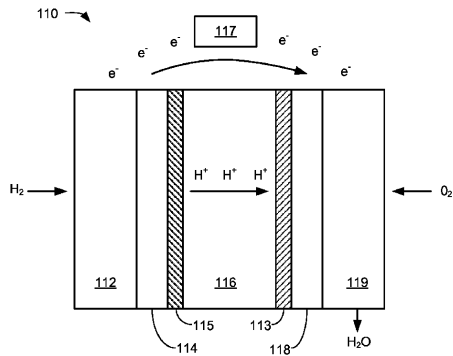


Figure 1

【図 2 A】

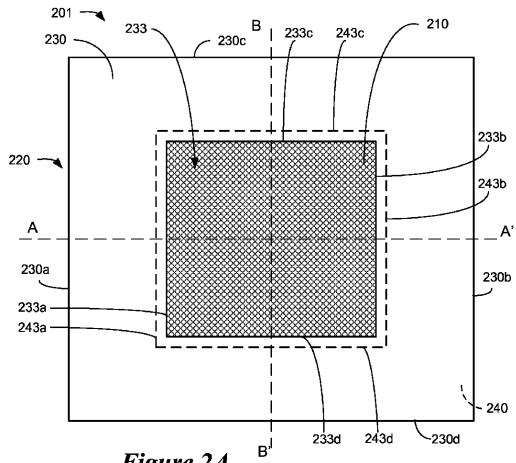


Figure 2A

【図 2 B】

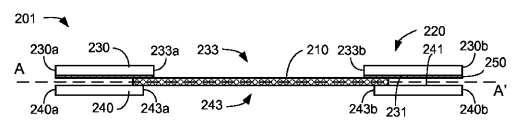


Figure 2B

【図 2 C】

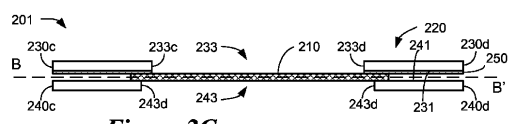


Figure 2C

【図 2 D】

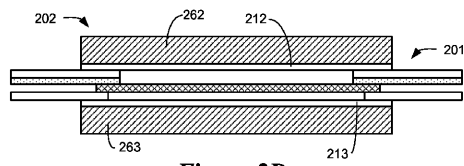


Figure 2D

【図 2 G】

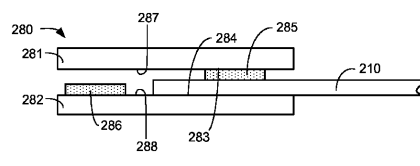


Figure 2G

【図 2 E】

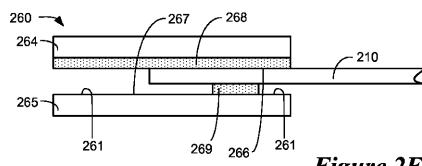


Figure 2E

【図 2 H】

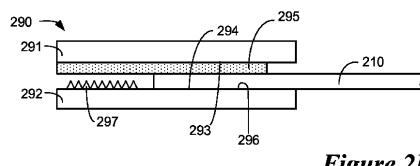


Figure 2H

【図 2 F】

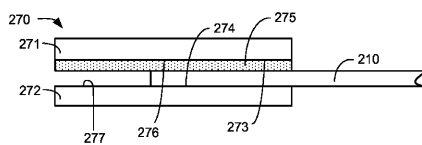


Figure 2F

【図 3 A】

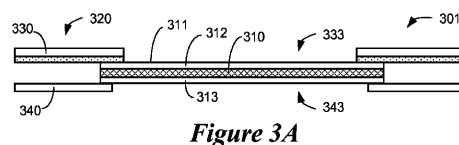
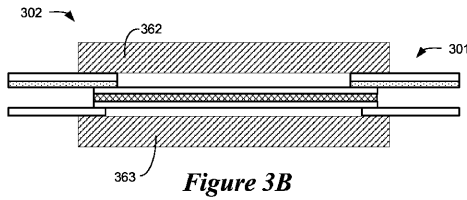
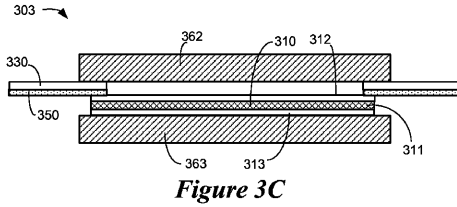


Figure 3A

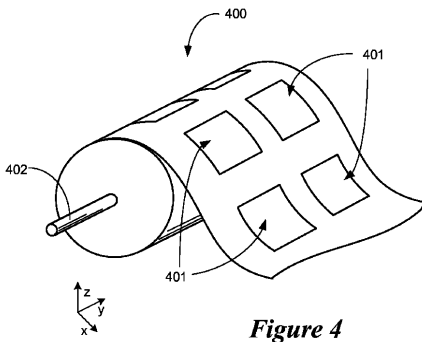
【図 3 B】



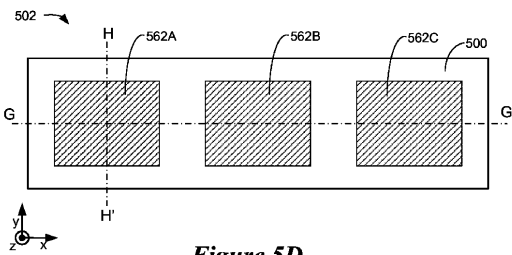
【図 3 C】



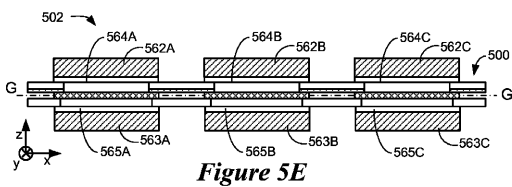
【図 4】



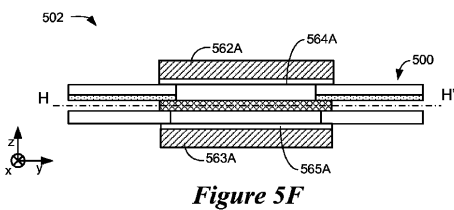
【図 5 D】



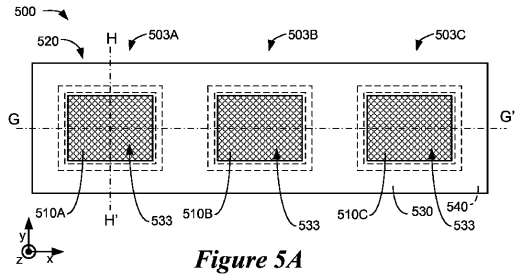
【図 5 E】



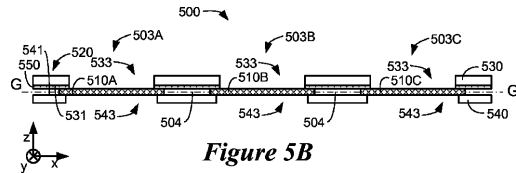
【図 5 F】



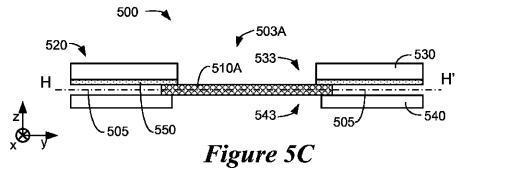
【図 5 A】



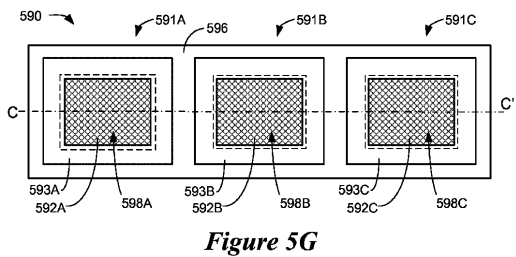
【図 5 B】



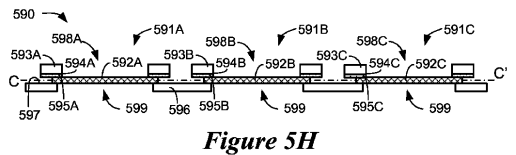
【図 5 C】



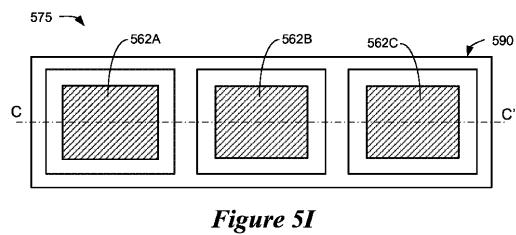
【図 5 G】



【図 5 H】



【図 5 I】



【図 5 J】

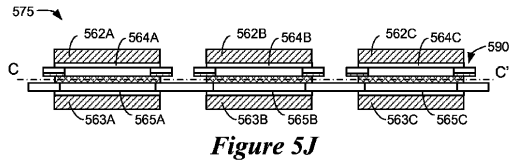


Figure 5J

【図 6 A】

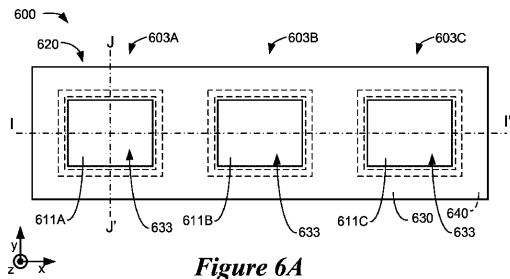


Figure 6A

【図 6 B】

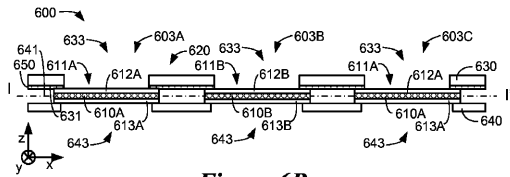


Figure 6B

【図 6 F】

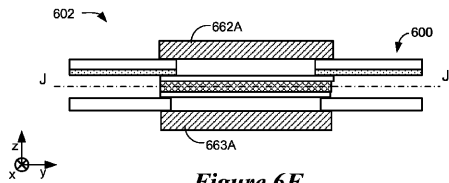


Figure 6F

【図 6 G】

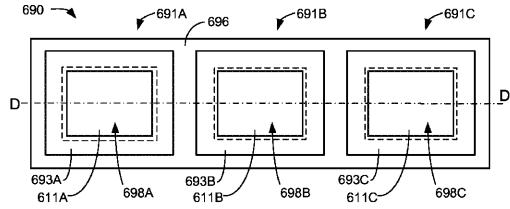


Figure 6G

【図 6 H】

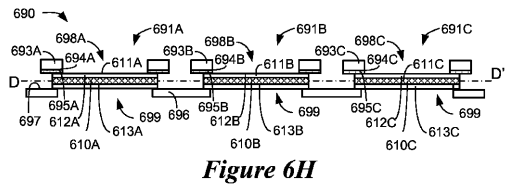


Figure 6H

【図 6 C】

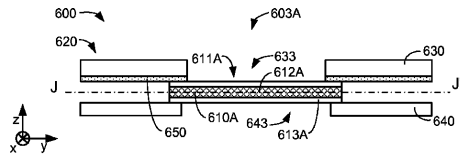


Figure 6C

【図 6 D】

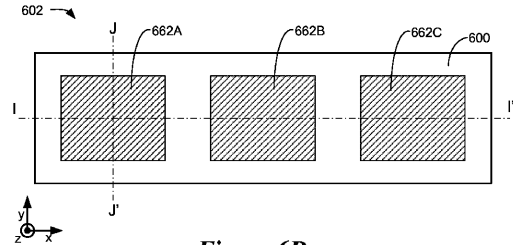


Figure 6D

【図 6 E】

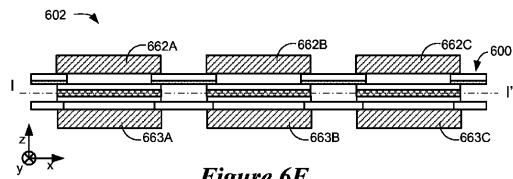


Figure 6E

【図 6 I】

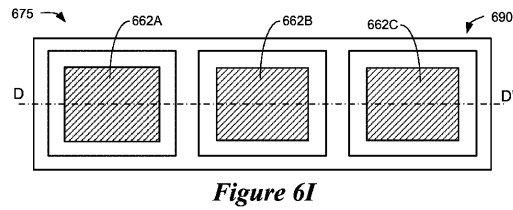


Figure 6I

【図 6 J】

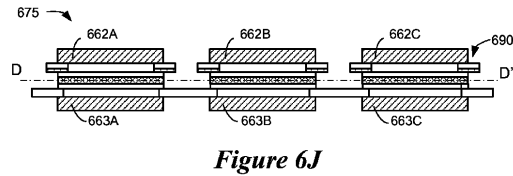


Figure 6J

【図 7 A】

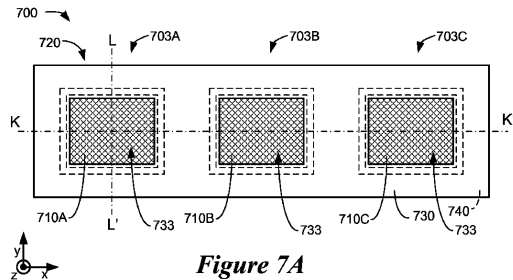
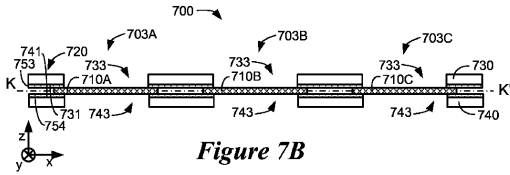


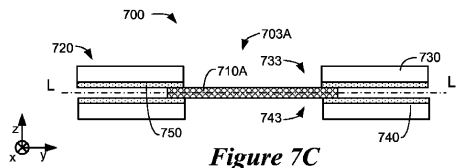
Figure 7A

【 図 7 B 】



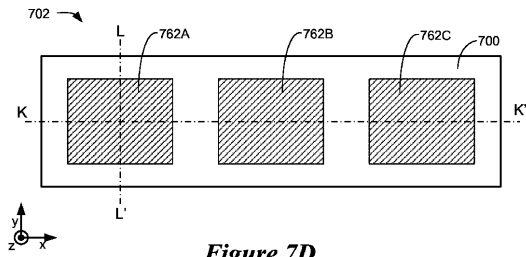
**Figure 7B**

【 図 7 C 】



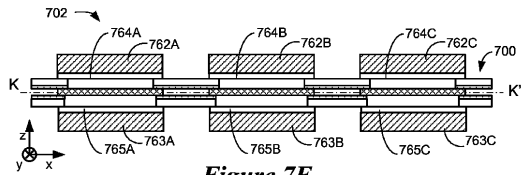
**Figure 7C**

【 図 7 D 】



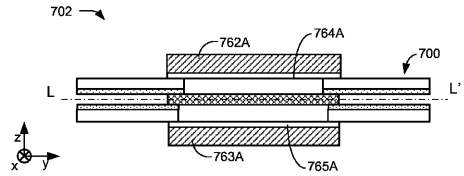
**Figure 7D**

【圖 7 E】



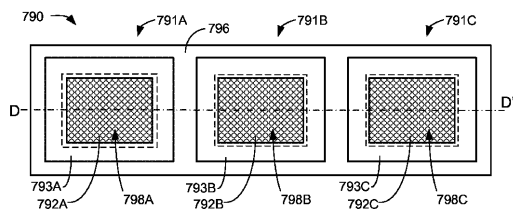
**Figure 7E**

【 図 7 F 】



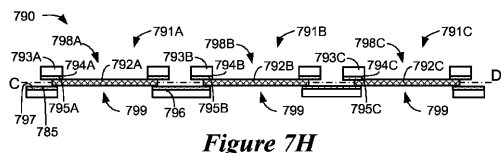
**Figure 7F**

【 図 7 G 】



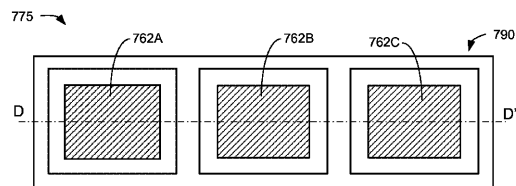
**Figure 7G**

【圖 7 H】



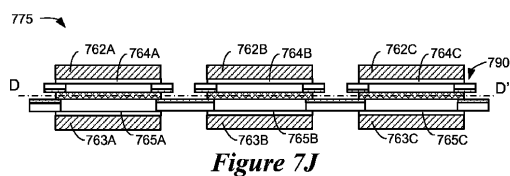
**Figure 7H**

【圖 7 I】



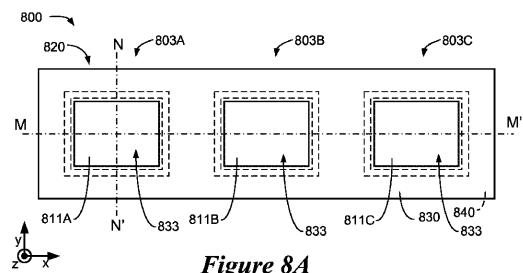
**Figure 7I**

【圖 7 J】



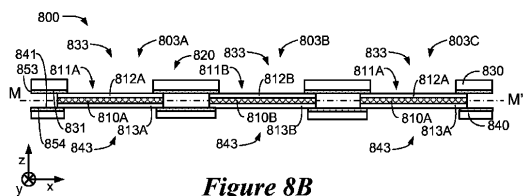
**Figure 7J**

【 図 8 A 】



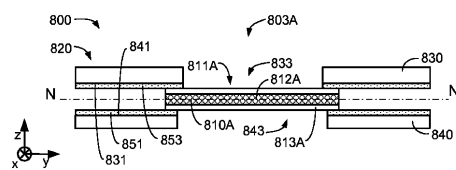
**Figure 8A**

【 図 8 B 】



**Figure 8B**

【 図 8 C 】



**Figure 8C**

【図 8 D】

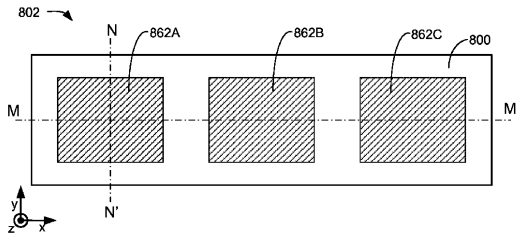


Figure 8D

【図 8 E】

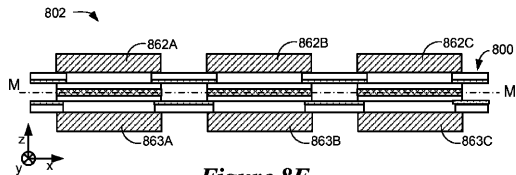


Figure 8E

【図 8 F】

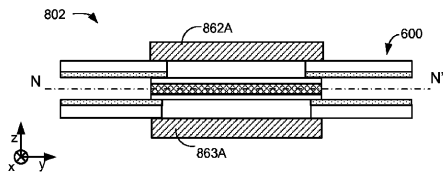


Figure 8F

【図 8 J】

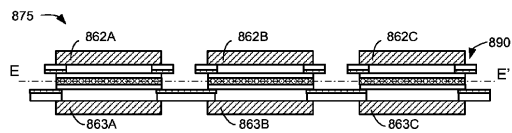


Figure 8J

【図 9】

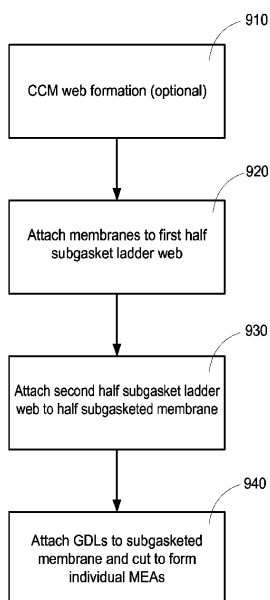


Figure 9

【図 8 G】

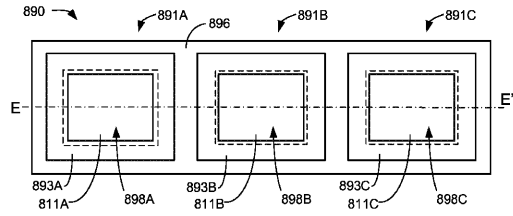


Figure 8G

【図 8 H】

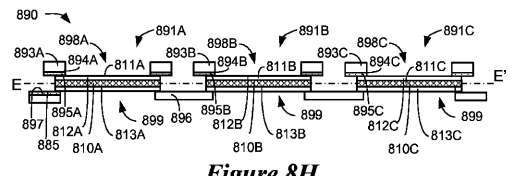


Figure 8H

【図 8 I】

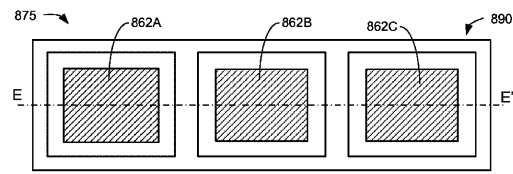


Figure 8I

【図 10 A】

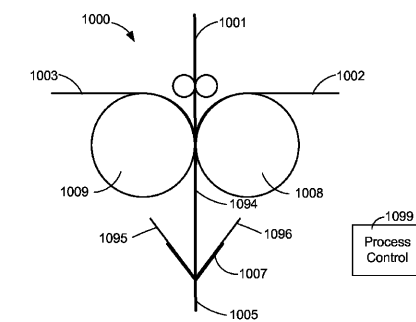


Figure 10A

【図 10 B】

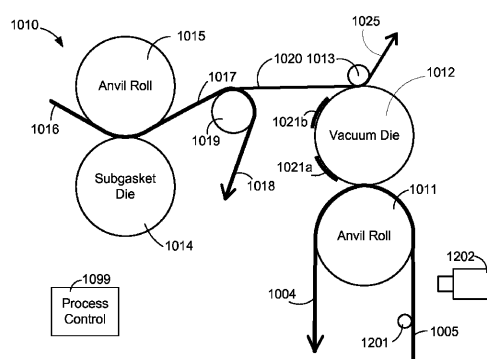


Figure 10B

【図10C】

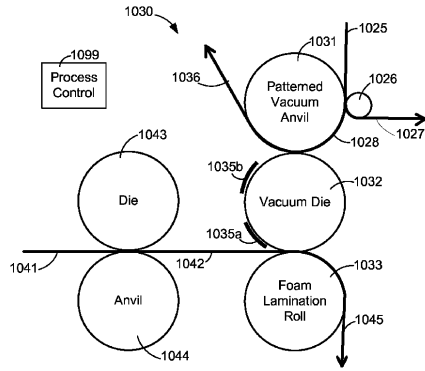


Figure 10C

【図10D】

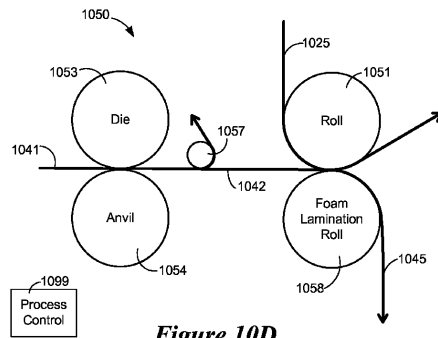


Figure 10D

【図10E】

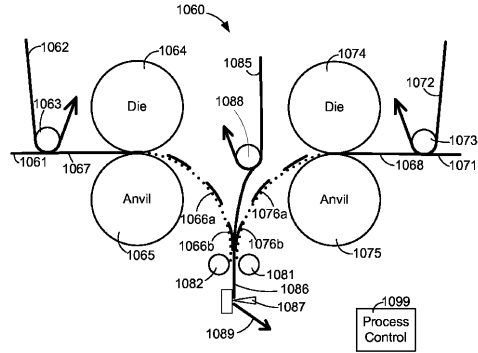


Figure 10E

【図11A】

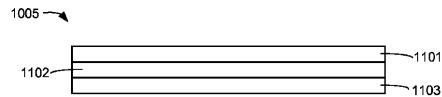


Figure 11A

【図11B】

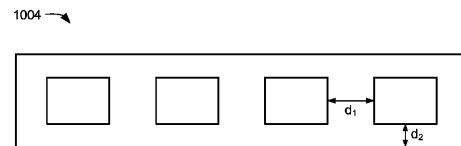


Figure 11B

【図11C】

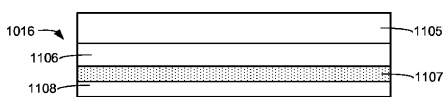


Figure 11C

【図11F】

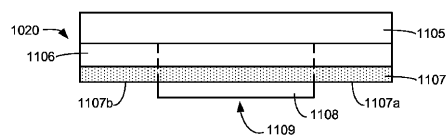


Figure 11F

【図11D】

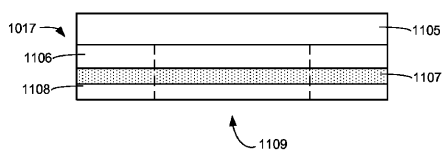


Figure 11D

【図11G】

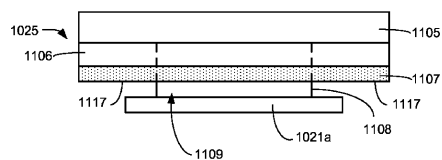


Figure 11G

【図11E】

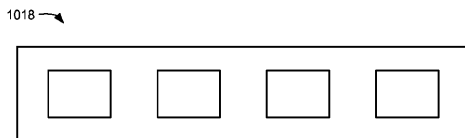


Figure 11E

【図11H】

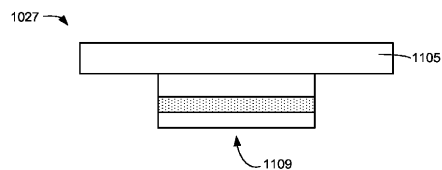
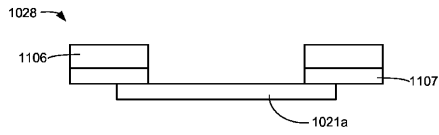
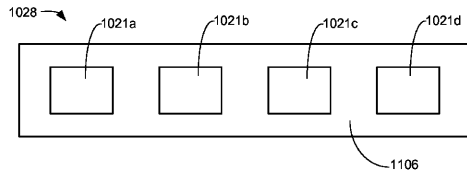


Figure 11H

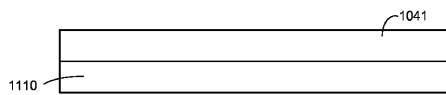
【図 11 I】

**Figure 11I**

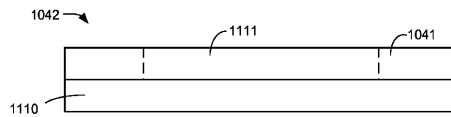
【図 11 J】

**Figure 11J**

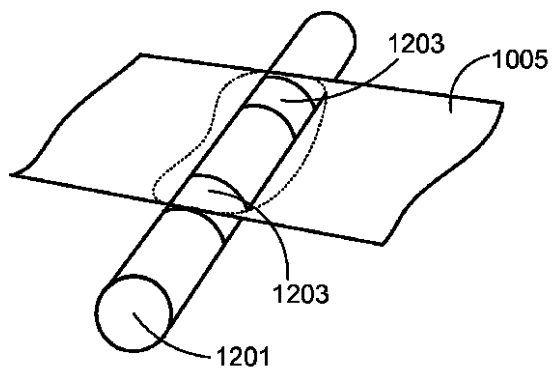
【図 11 K】

**Figure 11K**

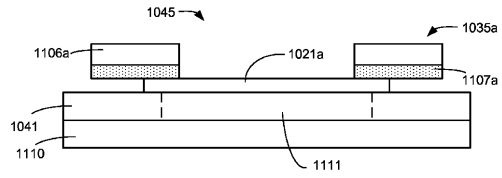
【図 11 L】

**Figure 11L**

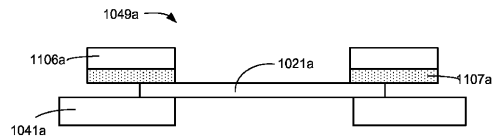
【図 12 A】

**Figure 12A**

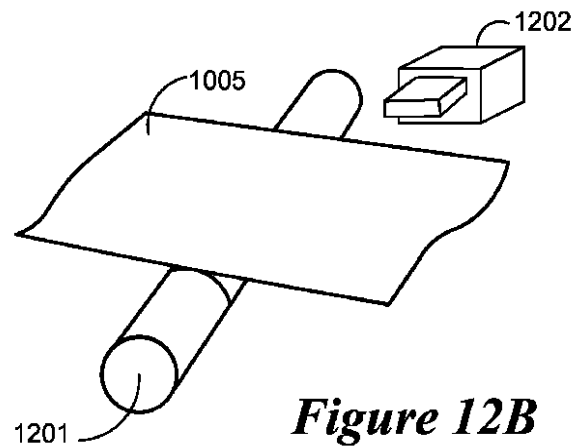
【図 11 M】

**Figure 11M**

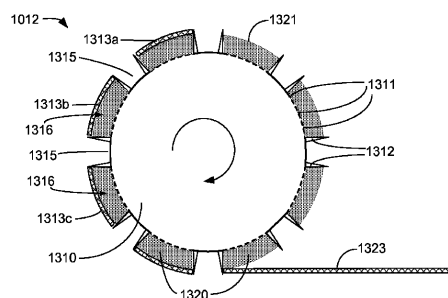
【図 11 N】

**Figure 11N**

【図 12 B】

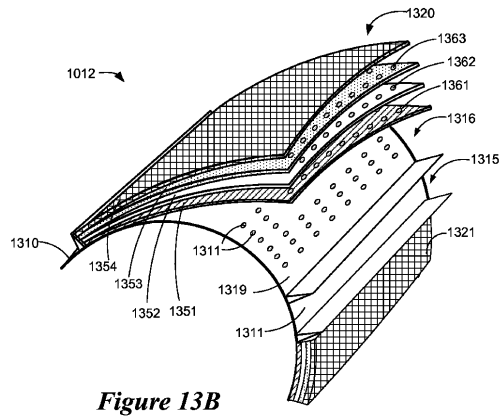
**Figure 12B**

【図 13 A】

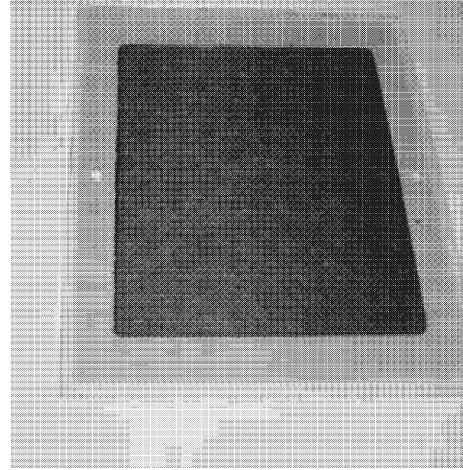
**Figure 13A**



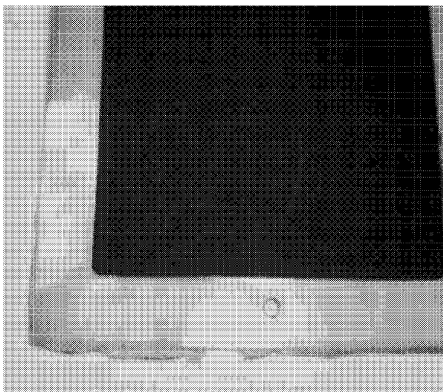
【図 13 B】



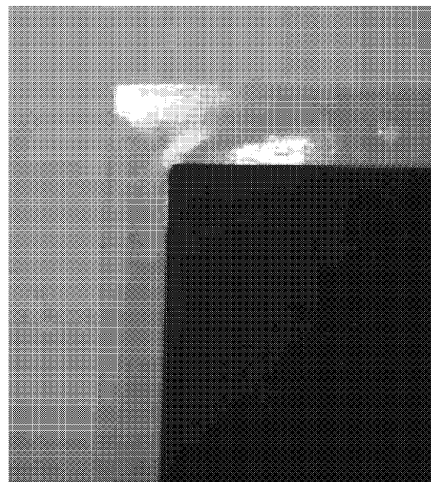
【図 14】



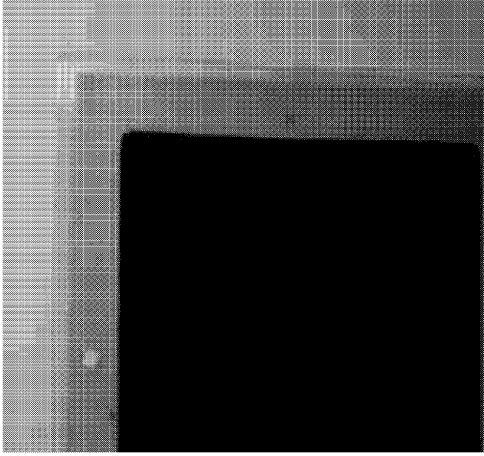
【図 15】



【図 16】



【図 17】



*Figure 17*

## フロントページの続き

(74)代理人 100157211

弁理士 前島 一夫

(74)代理人 100159684

弁理士 田原 正宏

(72)発明者 エリック ジェイ・イバーソン

アメリカ合衆国, ミネソタ 55133-3427, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 33427, スリーエム センター

(72)発明者 ダニエル エム・パイアーボント

アメリカ合衆国, ミネソタ 55133-3427, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 33427, スリーエム センター

(72)発明者 マイケル エー・ヤンドラジツ

アメリカ合衆国, ミネソタ 55133-3427, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 33427, スリーエム センター

(72)発明者 スティーブン ジェイ・ハムロック

アメリカ合衆国, ミネソタ 55133-3427, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 33427, スリーエム センター

(72)発明者 スティーブン ジェイ・オブラドビッチ

アメリカ合衆国, ミネソタ 55133-3427, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 33427, スリーエム センター

(72)発明者 ドナルド ジー・ピーターソン

アメリカ合衆国, ミネソタ 55133-3427, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 33427, スリーエム センター

審査官 前田 寛之

(56)参考文献 特表2010-514102(JP, A)

特開2003-017092(JP, A)

特表2007-504614(JP, A)

特開2007-066766(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01M 8/02

H01M 8/10