

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6549150号
(P6549150)

(45) 発行日 令和1年7月24日 (2019.7.24)

(24) 登録日 令和1年7月5日 (2019.7.5)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 23/28 (2006.01)	HO 1 L 23/28 Z
HO 1 L 21/56 (2006.01)	HO 1 L 21/56 R

請求項の数 13 (全 34 頁)

(21) 出願番号	特願2016-562729 (P2016-562729)	(73) 特許権者	511088449
(86) (22) 出願日	平成27年1月6日 (2015.1.6)		エムシー１０ インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2017-503358 (P2017-503358A)		MC 10, INC.
(43) 公表日	平成29年1月26日 (2017.1.26)		アメリカ合衆国 02421 マサチュー
(86) 国際出願番号	PCT/US2015/010236		セッツ州 レキシントン マグワイア ロ
(87) 国際公開番号	W02015/103580		ード 10 ビルディング 3
(87) 国際公開日	平成27年7月9日 (2015.7.9)	(74) 代理人	100105957
審査請求日	平成29年12月25日 (2017.12.25)		弁理士 恩田 誠
(31) 優先権主張番号	61/924, 111	(74) 代理人	100068755
(32) 優先日	平成26年1月6日 (2014.1.6)		弁理士 恩田 博宣
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100142907
(31) 優先権主張番号	61/947, 709		弁理士 本田 淳
(32) 優先日	平成26年3月4日 (2014.3.4)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コンフォーマル電子デバイスの封入方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

コンフォーマル電子デバイスの封入方法であって、
 第1シリコンシートを受け入れるステップと、
 第2シリコンシートを受け入れるステップと、
 前記第1シリコンシートを組み立て治具の中に載置するステップと、
 前記第1シリコンシートの上に第1回分の接着剤を配分するステップと、
 前記組み立て治具内において前記第1回分の接着剤の頂部に可撓なプリント回路ボード
 アセンブリ (FPCBA) を載置するステップと、
 前記可撓なプリント回路ボードアセンブリの上に第2回分の接着剤を配分するステップ
 と、

10

前記組み立て治具内において前記第2回分の接着剤の頂部に前記第2シリコンシート
 を載置して積層体を作成するステップと、

前記第1および第2シリコンシートと前記可撓なプリント回路ボードアセンブリとを
 含む前記組み立て治具を、ラミネータロールに通して搬送するステップと、
 を含む方法。

【請求項 2】

前記第2シリコンシートを前記第2回分の接着剤の頂部に載置する前に、前記第1お
 よび第2シリコンシートの接合表面を清浄化するステップをさらに含む、請求項1に記
 載の方法。

20

【請求項 3】

前記接合表面を清浄化する前に、前記第 1 および第 2 シリコンシートを検査するステップをさらに含む、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記第 1 および第 2 シリコンシートを受け入れるステップが、液体のシリコン樹脂から前記シートを液体射出成形するステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記第 1 回分の接着剤の頂部に F P C B A を載置する前に、前記可撓なプリント回路ボードアセンブリの両面を清浄化するステップをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記 F P C B A の両面を清浄化する前に、前記 F P C B A を検査するステップをさらに含む、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記第 1 および第 2 シリコンシートが、それらのシリコンシートが前記組み立て治具内において確実に適正に配列されるように構成される補完的な噛み合い形体を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

前記組み立て治具をラミネータロールに通して搬送する前に、前記組み立て治具の上部に保護用の薄片シートを載置するステップをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

前記組み立て治具を前記ラミネータロールに通して搬送するステップが、前記組み立て治具を、前記ラミネータロールを多数回通過させて送り込むステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

前記組み立て治具が、前記ラミネータロールの各通過ごとに異なる方位に配置される、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

前記ラミネータロールのローラ高さが、前記ラミネータロールの各通過ごとに変更される、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 12】

前記組み立て治具を前記ラミネータロールから取り外して、前記第 1 回分および第 2 回分の接着剤を硬化させるステップをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 13】

硬化した積層体から、複数の封入型コンフォーマル電子デバイスを型抜きするステップをさらに含む、請求項 12 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

本願は、2014 年 1 月 6 日付で出願された米国仮特許出願第 61/924, 111 号明細書および 2014 年 3 月 4 日付で出願された米国仮特許出願第 61/947, 709 号明細書に対する優先権の利益を主張するものであり、この両仮特許出願の内容は、そのそれぞれの全体およびすべての目的に関して、参照によって本願に組み込まれる。

【0002】

本開示の態様は、一般的には、可撓なかつ伸縮可能な集積回路 (integrated circuit: IC) 電子機器に関し、さらに具体的には、封入型 IC デバイスアイランドを含むコンフォーマル電子システムに関する。

【背景技術】

【0003】

集積回路 (IC) は情報化時代の礎石であり、今日の情報化技術産業の基礎である。集

10

20

30

40

50

積回路、別名「マイクロチップ」は、シリコンまたはゲルマニウムのような半導体材料の小型のウェハの上にエッチング加工または刷り込みされた、トランジスタ、キャパシタ、抵抗器のような1組の相互接続された電子部品である。集積回路は種々の形態を呈するが、その形態の非制限的な例として、マイクロプロセッサ、増幅器、フラッシュメモリ、ASIC (application specific integrated circuit)、SRAM (static random access memory)、DSP (digital signal processor)、DRAM (dynamic random access memory)、EPROM (erasable programmable read only memory) およびプログラマブルロジックがある。集積回路は、パソコン、ラップトップおよびタブレット型コンピュータ、スマートフォン、フラットスクリーンテレビ、医療機器、遠隔通信およびネットワーク機器、航空機、船舶および自動車などの多数の製品に使用される。

10

【0004】

集積回路技術およびマイクロチップの製造における進歩は、チップサイズの恒常的な縮小と、回路密度および回路性能の向上とをもたらした。半導体集積のスケールは、単一の半導体チップが、米国の1セント硬貨より小さいスペースに数千万個から10億個を超えるデバイスを保持し得るレベルに進歩している。さらに、現代のマイクロチップにおける各導線の幅は、ナノメートルの分数の程度に小さくすることが可能である。半導体チップの操作速度および全体としての性能（例えばクロック速度および信号ネット切り換え速度）は、集積のレベルに付随して増大してきた。オンチップ回路の切り換え周波数および回路密度の増大と歩調を合わせるため、半導体パッケージは、現在、ほんの数年前のパッケージより高いピン数と、高いワット損と、大きい保護と、速い速度とを提供している。

20

【0005】

従来型のマイクロチップは、一般的に、通常の運転条件の間、曲げたりまたは伸縮させたりするには設計されていない剛構造である。同様に、大抵のマイクロチップおよび他のICモジュールは、通常、同じく剛体であるプリント回路ボード (printed circuit board: PCB) の上に装着される。剛体のICおよびPCBを使用するプロセスは、一般的に、伸縮可能または曲げ可能な電子機器を必要とする用途には適合しない。その結果、マイクロチップを可撓なポリマー基板の上またはその中に埋め込む多くの構想が提案されてきた。これによって、他の方式では不可能な多くの有用なデバイス形態が、剛体のシリコンベースの電子デバイスによって可能になる。しかし、これらの構想の多くは、可撓なプリント回路ボードアセンブリ (flexible printed circuit board assembly: FPCBA) を構成する可撓なポリマーの個々の層より厚い埋め込みチップを使用するので、「薄いチップ (thin chip)」の形態には適合しない。さらに、可撓な回路の作製に利用し得るプロセスは、多くの場合、高価な材料の多重層を必要とし、それは、材料コストおよび製造コストを増大させるだけでなく、好ましくない厚さの複合構造を生じることになる。

30

【発明の概要】

【0006】

本明細書においては、封入型コンフォーマル電子集積回路 (IC) デバイスと、封入型ICデバイスのアイランドを含むコンフォーマル電子システムとが、その作製方法および使用方法を含めて開示される。例として、コンフォーマル電子センサアセンブリのようなコンフォーマル電子デバイスを封入するためのシステムおよび方法が記述される。前記センサアセンブリは、例えば、哺乳動物の対象の少なくとも一身体部分の運動および／または筋肉活動を含む運動を、感知、測定、または他の方法で定量化するために用いることができる。いくつかの例においては、このようなコンフォーマル電子センサアセンブリを、人間の身体部分に直接装着するように、それに取り付けるように、そしてその動きを監視するように構成できる。開示される封入方法は、例えば、本明細書に記述するコンフォーマル電子デバイスの耐久性、快適性および／または外観の良さを増大すると共に、例えば、多用途性、コスト節減およびスケールアップの可能性を提供する。

40

50

【0007】

また、コンフォーマル電子機器の少なくとも一部分を、軟質のエラストマ材料のような可撓なおよび／または伸縮可能な材料の中に封入するためのプロセスも開示される。可撓なプリント回路ボードアセンブリ（FPCBA）のような相対的に脆弱なコンフォーマル電子機器を、機械的および／または環境的損傷から保護される頑丈なデバイスを生成するために封入する方法が開示される。本開示の発明の態様は、さらに、全コンフォーマル電子デバイスを被包する封入ハウジングを含むコンフォーマル電子デバイスにも関する。封入ハウジングは、コンフォーマル電子デバイスの残りの部分とは別個に、打抜き加工、成形加工または他の方法で製作できる。封入ハウジングは、単一片の単位構造として成形加工または他の方法で生成でき、その単位構造は、コンフォーマル電子デバイスの部分の上部に配置されると共に薄片化され、あるいは他の方法でそれに取り付けられる。代替りの方式として、封入ハウジングを2つ以上の別個のハウジング構成要素に成形加工または他の方法で生成でき、そのハウジング構成要素を、一例としてのコンフォーマル電子デバイスと、連結、組み立て、あるいは他の方法で結合して、封入型コンフォーマル電子デバイスを提供することが可能である。

10

【0008】

本開示のいくつかの態様はコンフォーマル集積回路（IC）デバイスに関する。一実施形態において、コンフォーマルICデバイスは可撓な基板を含み、電子回路がその可撓な基板に装着される。可撓な封入層がその可撓な基板に装着され、その可撓な封入層が、電子回路を、可撓な基板と封入層との間に包み込む。いくつかの形態の場合、封入層および可撓な基板は、伸縮可能および曲げ可能な非導電性ポリマーから製作される。このポリマーとしては、ポリイミド（PI）、ポリエチレンテレフタレート（PET）、シリコーンまたはポリウレタン、あるいはこれらの任意の組合せが含まれ得る。電子回路は、少なくとも1つの感知デバイスと、少なくとも1つの制御デバイスとを有する集積回路センサシステムを含むことができる。電子回路は、伸縮可能な複数の電氣的相互接続体によって電氣的および物理的に接続された多数個の間隔配置されるデバイスアイランドを含むことができる。

20

【0009】

本開示の他のいくつかの態様によれば、コンフォーマル電子デバイスが開示される。一実施形態において、コンフォーマル電子デバイスは、細長い可撓なポリマー基板と、可撓なポリマー基板に装着されるデバイスアイランドとして形成される複数の表面実装技術（surface-mount technology：SMT）構成要素とを含む。複数の伸縮可能な相互接続体がSMT構成要素を電氣的に接続する。このコンフォーマル電子デバイスは、可撓なポリマー基板に装着される可撓なポリマー封入層をも含む。可撓なポリマー封入層は、SMT構成要素および伸縮可能な相互接続体を、可撓な基板と封入層との間に包み込む。

30

【0010】

本開示の他のいくつかの態様は、可撓な集積回路の作製方法および使用方法に関する。一態様において、コンフォーマル電子デバイスの封入方法が開示される。この方法は次のステップを含む。すなわち、第1シリコーンシートを受け入れまたは用意するステップと、第2シリコーンシートを受け入れまたは用意するステップと、第1シリコーンシートを組み立て治具の中に載置するステップと、第1シリコーンシートの上に第1回分の接着剤を配分するステップと、組み立て治具内において第1回分の接着剤の頂部に可撓なプリント回路ボードアセンブリ（FPCBA）を載置するステップと、その可撓なプリント回路ボードアセンブリの上に第2回分の接着剤を配分するステップと、組み立て治具内において第2回分の接着剤の頂部に第2シリコーンシートを載置して積層体を作成するステップと、第1および第2シリコーンシートと可撓なプリント回路ボードアセンブリとを含む組み立て治具を、ラミネータロールに通して搬送するステップと、を含む。

40

【0011】

この方法は、さらに、次のようなステップを単独または任意の組合せにおいて含むこと

50

ができる。すなわち、第2シリコンシートを第2回分の接着剤の頂部に載置する前にそのシリコンシートの接合表面を清浄化するステップ、その接合表面を清浄化する前にそのシリコンシートを検査するステップ、第1回分の接着剤の頂部に可撓なプリント回路ボードアセンブリを載置する前にFPCBAの両面を清浄化するステップ、FPCBAの両面を清浄化する前にFPCBAを検査するステップ、前記組み立て治具をラミネータロールに通して搬送する前に治具の上部に保護用の薄片シートを載置するステップ、ラミネータロールから組み立て治具を取り外して、前記数回分の接着剤を硬化させるステップ、および／または、硬化した積層体から複数の封入型コンフォーマル電子デバイスを型抜きするステップ、である。

【0012】

10

上記の概要は、本開示のあらゆる実施形態または態様を表現するように意図されていない。そうではなく、上記の概要は、本明細書において開陳する新規の態様および特徴を単に例示するだけである。本開示の上記の特徴および利点並びに他の特徴および利点は、本発明を実施するための代表的な実施形態およびモードに関する以下の詳細な記述を添付の図面および特許請求の範囲に関連付けて解釈すると、容易に明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本開示の態様による封入層を備えたコンフォーマル電子デバイスの例の側面図である。

【図2】本開示の態様による多重封入層を備えたコンフォーマル電子デバイスの例の側面図である。

20

【図3A】本開示の態様による封入型コンフォーマル電子デバイスの平面図である。

【図3B】本開示の態様による封入型コンフォーマル電子デバイスの斜視図である。

【図4】図3Aおよび3Bに表現されるコンフォーマル電子デバイスの一部分の、図3Aの線4-4に沿う断面図である。

【図5】本開示の態様によるオーバモールド法を用いてコンフォーマル電子デバイスを封入するための典型例としての方法を表すプロセスフローチャートである。

【図6】本開示の態様によるラミネーション法を用いてコンフォーマル電子デバイスを封入するための代表的な方法を表すプロセスフローチャートである。

【図7】7A～7Fは、本開示の態様によるオーバモールド法を用いて電子センサデバイスを封入するための代表的な平板成形工具を表す。

30

【図8】8A～8Dは、本開示の態様による種々の封入型コンフォーマル電子デバイスの斜視図である。

【図9A】本開示の態様による封入型コンフォーマル電子デバイスの平面図である。

【図9B】本開示の態様による封入型コンフォーマル電子デバイスの底面の斜視図である。

【図10A】本開示の態様による別の封入型コンフォーマル電子デバイスの上面の斜視図である。

【図10B】本開示の態様による別の封入型コンフォーマル電子デバイスの底面の斜視図である。

40

【図11】11A～11Hは、本開示の態様による他の種々の封入型コンフォーマル電子デバイスの上面および底面の斜視図である。

【図12A】本開示の態様による、任意選択肢としての構造的特徴を備えた封入型コンフォーマル電子デバイスを表す。

【図12B】本開示の態様による、任意選択肢としての構造的特徴を備えた封入型コンフォーマル電子デバイスを表す。

【図12C】本開示の態様による、任意選択肢としての構造的特徴を備えた封入型コンフォーマル電子デバイスを表す。

【図12D】本開示の態様による、任意選択肢としての構造的特徴を備えた封入型コンフォーマル電子デバイスを表す。

50

【図13A】本開示の態様による「ワッフル (w a f f l e)」型封入構造を備えたコンフォーマル電子デバイスの例の斜視図である。

【図13B】本開示の態様による「ワッフル (w a f f l e)」型封入構造を備えたコンフォーマル電子デバイスの例の平面図である。

【図13C】本開示の態様による「ワッフル (w a f f l e)」型封入構造を備えたコンフォーマル電子デバイスの例の側面図である。

【図14-1】図14-2と共に、本開示の態様によるコンフォーマル電子デバイスの封入方法のさらに別の代表的な方法の図解フローチャートである。

【図14-2】図14-1と共に、本開示の態様によるコンフォーマル電子デバイスの封入方法のさらに別の代表的な方法の図解フローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0014】

本開示は、種々の変更および代替形態を受け入れ易いが、本明細書においては、いくつかの代表的な実施形態を、例として図面に示しかつそれを詳細に説明する。しかし、本発明の態様は、図面に例示される特定の形態に限定されないことが理解されるべきである。そうではなく、本開示は、添付の請求項によって規定される本発明の本質および範囲内に包括されるすべての変更、等価物および代替物を包含するものとする。

【0015】

本開示は多くの異なる実施形態を可能にする。代表的な実施形態を、図面に示しかつ本明細書において詳細に説明するが、その際、本開示は、本開示の原理を例示するものとして解釈されるべきであり、本開示の幅広い態様を提示された実施形態に制限するようには意図されていないということが理解されるべきである。その限りにおいて、例えば、要約書、発明の概要、発明を実施するための形態の各項に開示されるが、請求項においては明示的に言及されない要素および制限事項は、含意、推論または他の方法によって、単独でまたは集合的に、請求項の中に組み込まれるべきではない。以下の詳細な説明目的のため、具体的に否定されない限り、あるいは論理的に禁止されない限り、単数は複数を含み、またその逆も成り立ち、「含む (i n c l u d i n g)」または「含む／備える (c o m p r i s i n g)」または「有する (h a v i n g)」の語は、「制限なしに含む (i n c l u d i n g w i t h o u t l i m i t a t i o n)」を意味する。さらに、「約 (a b o u t)」、「ほとんど (a l m o s t)」、「ほぼ／実質的に (s u b s t a n t i a l l y)」、「近似的に (a p p r o x i m a t e l y)」などのような近似の語は、本明細書においては、例えば、「・・・において、・・・の近傍で、ほぼ・・・において (a t, n e a r, n e a r l y a t)」、あるいは、「・・・の3～5%の範囲内で (w i t h i n 3 ~ 5 % o f)」、あるいは、「許容可能な製造誤差の範囲内で (w i t h i n a c c e p t a b l e m a n u f a c t u r i n g t o l e r a n c e s)」、あるいは、これらの語の何らかの論理的な組み合わせの意味に用いることができる。

【0016】

本明細書において詳細に言及される特徴、機能および概念の任意のおよびすべての組み合わせは、(これらの概念が相互に矛盾していなければ) 本発明の主題事項の一部と見做されることが理解されるべきである。例えば、本明細書において描出しかつ言及する個々のシステム、デバイスおよび機能構成部分は、外見は異なっているが、明確に否定されるかまたは他の形で論理的に禁止されない限り、それぞれ、他の開示された実施形態に関する上記または下記の任意の種々の形態、任意選択肢としての形態、および、機能的な代替方式を取ることが可能である。上記で導入されかつ以下において詳述される種々の概念は、開示される概念が何らかの特定の実施方法に限定されることはないので、任意の多くの方法において実施し得ることが認められるべきである。特定の実施および適用の例は主として図解目的用として提供される。

【0017】

本明細書における原理の種々の例に関連付けて「発明を実施するための形態」の項に記

10

20

30

40

50

述する構成要素、基板、層または他の表面に関して、「頂部 (top)」および「底面 (bottom)」に関する任意の空間的言及は、主として、その構成要素または基板とその相互とに対する種々の要素／構成要素の相対的な位置、配列および／または方位を指示するために用いられる。これらの用語は、明示的に記述されない限り、必ずしも特定の基準枠 (例えば重力の基準枠) に制限されるわけではない。従って、構成要素、基板または層の「底面」への言及は、必ずしも、指示された構成要素、基板または層が地面に向いていることを要求するものではない。同様に、「・・・の上部 (over)」、「・・・の下部 (under)」、「・・・の上／上部 (above)」、「・・・の下／下部 (beneath)」などの空間的言及の他の用語は、必ずしも重力の基準枠のような特定の基準枠に制限されるわけではなく、主として、基板 (または他の表面) とその相互とに関する種々の要素／構成要素の相対的な位置、配列および／または方位を指示するために用いられる。さらに、[発明を実施するための形態] の項における「・・・の上に配置される (disposed on)」および「・・・の上部に配置される (disposed over)」の用語は、「・・・の中に埋め込まれる (embedded in)」および「・・・の中に部分的に埋め込まれる (partially embedded in)」意味を包含しており、その逆も成り立つ。さらに加えて、[発明を実施するための形態] の項における特徴 B 「の上に配置される」、「の間に (between) 配置される」、「の上部に配置される」特徴 A に関する言及は、特徴 A が特徴 B に接触している例、並びに、特徴 A と特徴 B との間に他の層および／または他の構成要素が配置される例を包含する。

【0018】

「可撓な (flexible)」、「伸縮可能な (stretchable)」および「曲げ可能な (bendable)」の用語は、その原形および派生語を含めて、電気回路、電気システムおよび電気デバイスまたは装置を修飾する形容詞として用いる場合、曲げやすいまたは弾性的な特性を有する少なくともいくつかの構成要素を備えた電子機器を包含する意味を有する。この場合、この曲げやすいまたは弾性的な特性は、回路を、それぞれ、裂開または破壊することなく、またはその電气的特性を犠牲にすることなく、屈曲させ、伸縮させおよび／または曲げることができるような特性である。これらの用語は、また、次のような回路を包含する意味をも有する。すなわち、伸縮可能な、曲げ可能な、膨張可能な、または他の形で曲げやすい表面に装着された場合、収容されかつ機能性が残存するように構成される構成要素 (構成要素自体が個別に伸縮可能または可撓または曲げ可能であるか否かには関係なく) を有する回路である。「極端に伸縮可能 (extremely stretchable)」であると見做される形態においては、回路は、高い並行ひずみに耐えながら、破裂または破壊することなく、かつ、ひずみなしの状態に見られる電气的性能を実質的に維持したままで、伸張および／または圧縮および／または曲げることができる。この高いひずみは、 $-100\% \sim 100\%$ の範囲、 $-1000\% \sim 1000\%$ の範囲、いくつかの実施形態においては $-100,000\% \sim +100,000\%$ までの範囲に及ぶようなひずみ、および／または、 180° 以上に及ぶ高い回転ひずみである。

【0019】

本明細書において言及する封入型の離散「アイランド (island)」または「パッケージ (package)」は、例えば、「デバイスアイランド (device island)」配置に配置される離散的な作動デバイスであって、それ自体で本明細書に記述する機能を遂行できる作動デバイス、あるいは、その部分である。作動デバイスのこのような機能性は、例えば、集積回路、物理センサ (例えば、温度、pH、光、放射など)、生物センサ、化学センサ、増幅器、A/D および D/A 変換器、集光器、電気-機械変換器、圧電アクチュエータ、発光電子機器 (例えば LED)、およびこれらの任意の組合せを含むことができる。1つ以上の標準的 IC (例えば単結晶シリコン上の CMOS) を使用する目的および利点は、高品質、高性能かつ高機能性の回路構成要素であって、容易に入手可能であり、周知のプロセスで大量生産されると共に、受動的手段によって製造され

るものより遥かに優れた機能性の範囲およびデータ生成を提供する回路構成要素を使用することにある。この離散アイランドは、1辺の長さまたは直径が約10～100マイクロメートル(μm)の範囲のサイズにすることができるが、これに限定されない。

【0020】

本明細書に記述されるいくつかの例は、一般的に、例えば、少なくとも1つの身体部分の運動および／または筋肉活動を含む運動を感知し、測定しまたは他の形で定量化するコンフォーマルセンサのようなコンフォーマル電子機器技術を封入するためのシステムおよび方法に関する。いくつかの例においては、このようなコンフォーマルセンサを、身体部分または他の物体の運動を検出および／または定量化するように構成できる。このような方法は、本明細書に記述するコンフォーマル電子デバイスの耐久性、快適性および／または外観の良さの増大に資することができると共に、例えば、多能性、コスト面およびスケールアップの可能性を提供できる。

10

【0021】

本明細書に記述する少なくともいくつかの代表的なシステム、方法および装置によれば、例としてのコンフォーマルセンサは、コンフォーマルな感知可能性を提供し、これは、表面（身体の皮膚または他の部分、あるいは物体の表面）との機械的に透明な緊密な接触を提供して、身体の生理学的情報、あるいは少なくとも1つの物体に関わる他の情報の測定および／または分析を改善する。本明細書に記述する例のシステム、方法および装置のコンフォーマルセンサはパッチとして形成できる。このパッチは、可撓で伸縮可能であり、可撓なおよび／または伸縮可能な基板内またはその上に配置されるコンフォーマルな電子機器およびコンフォーマルな電極から形成できる。種々の例において、コンフォーマル電極は、コンフォーマルセンサと一体的に形成できるか、あるいは、コンフォーマルセンサとは別個に作製できる。

20

【0022】

本明細書に記述する例のシステム、方法および装置は、人間である対象または人間ではない動物の対象に対して用いることができる。コンフォーマルセンサは、例えば、人間または人間でない動物の身体の皮膚または他の部分の一部分、あるいは物体の表面の一部分に装着してそれに適合させることができる。

【0023】

開示されるコンフォーマルセンサのシステムおよび装置は、身体または他の物体の部分に関わる少なくとも1つのパラメータを感知し、測定しおよび／または他の形で定量化するために用いることができる。別の例においては、医学的診断、医学的処置、身体活動、スポーツ、理学療法および／または臨床目的のような用途のために、本明細書に記述するシステム、方法および装置を、身体または他の物体の部分に関わる少なくとも1つのパラメータの指標となるデータの分析結果を使用するように構成できる。開示されるコンフォーマルセンサの少なくともいくつかを用いて、身体または他の物体の部分に関わる少なくとも1つのパラメータの感知に基づいて収集されるデータは、身体の他の生理学的測定の感知に基づいて収集されたデータと共に、それを分析して、医学的診断、医学的処置、身体状態、スポーツ、理学療法および／または臨床目的に関わる有用な情報を提供できる。感知を、本明細書に記述する薄い、コンフォーマルなウェアラブルセンサ、あるいはそのようなセンサを含む測定装置を使用して行くと、この測定および計量が、測定装置のサイズ、重量または配置によって妨げられる可能性はない。

30

40

【0024】

本明細書に記述する例のシステム、方法および装置は、身体の内部および外部における幅広い多様な用途に有用な、薄くかつコンフォーマルな電子機器の作出、構築および配備を提供する。この例のコンフォーマルセンサは、非常に薄くかつコンフォーマルなデバイスの作出を可能にする新しい形態因子におけるシリコンベースの他の電子機器を含む。

【0025】

コンフォーマルセンサを含む本明細書に記述する例のシステム、方法および装置は、身体の運動および／または筋肉の活動を監視するように、かつ、監視の指標となる測定デー

50

タ値を収集するように構成できる。監視は、リアルタイムで、連続的に、系統的に、異なる時間間隔で、および／または必要に応じて実施できる。さらに、本明細書に記述するシステム、方法および装置の少なくともいくつかは、測定データ値をシステムのメモリに保存するように、および／または、測定データ値を、外部メモリまたは他の保存装置、ネットワークおよび／またはオフボードコンピュータ装置に送信（伝送）するように構成できる。本明細書におけるどの例においても、外部保存装置は、データセンタにおけるサーバを含むサーバとすることができる。本明細書の原理による任意の実施形態に適用可能なコンピュータ装置の非制限的な例として、スマートホン、タブレット、ラップトップ、スレート型コンピュータ、eリーダまたは他の電子リーダ、あるいは、ハンドヘルドまたは装着コンピュータ装置、Xbox（登録商標）、Wii（登録商標）または他のゲームシステムなどが含まれる。

10

【0026】

この例のシステム、方法および装置は、身体および他の物体の部分に関わる少なくとも1つのパラメータの測定値と組み合わせる場合を含めて、対象の監視および診断を容易にする超薄型かつコンフォーマルな電極を提供するのに用いることができる。この情報は、調剤と組み合わせた場合、治療法との整合性および／またはその効果を含む主題の問題点を監視および／または決定するのに用いることができる。

【0027】

この例のコンフォーマルセンサは、モダリティの種々の感知を提供するように構成できる。この例のコンフォーマルセンサは、遠隔測定法、電源、電源管理、処理、並びに構成および材料のようなサブシステムを有するように構成できる。類似の設計および配備を共有する広範な種々のマルチモーダル感知システムを、例のコンフォーマル電子機器に基づいて製作できる。

20

【0028】

開示される概念の態様によれば、コンフォーマルセンサは、そのコンフォーマルセンサに近接する物体または身体部分の少なくとも1つのパラメータの測定を遂行する電子機器を含むように構成できる。この例のコンフォーマルセンサシステムは、加速度測定および筋肉活動測定の少なくともいずれかを実行する電子機器を含むことができる。他の例においては、コンフォーマルセンサシステムは、少なくとも1つの他の測定を実行する電子機器を含むことができる。他の測定としては、発熱率測定、電気的活性の測定、温度測定、水和レベル測定、神経活動の測定、コンダクタンス測定、環境測定および／または圧力測定などが挙げられるが、これに限定されない。例えば、コンフォーマルセンサは、これらの種々のタイプの測定の2つ以上の任意の組み合わせを遂行するように構成できる。

30

【0029】

ここで図面を参照する。図面においては、同じ参照符号は、いくつかの図面を通して同じ構成要素を指示する。図1は、全体として符号100で指示されるコンフォーマルな電子デバイスを示し、この電子デバイスは、基板110と電子回路120と封入層130とを含む。コンフォーマル電子デバイス100は、いくつかの実施態様の場合、コンフォーマルな感知および／または監視能力を有するように構成される。デバイス100は、身体の生理学的情報、あるいは少なくとも1つの物体に関わる他の情報の測定および／または分析を改善するために、表面（例えば、身体の皮膚または他の部分、あるいは物体の表面）との機械的に透明な緊密な接触を提供できる。

40

【0030】

基板110は、例えば、非導電性材料の、軟質の、可撓な、あるいは他の形で伸縮可能な基板であって、コンフォーマル電子デバイス100が配置される表面の輪郭に合致し得る基板とすることができる。このような表面の例として、人間または動物の身体部分、あるいは任意の他の物体が含まれるがこれに限定されない。コンフォーマル電子デバイス100に用いることができる適切な基板110として、例えばポリマーまたはポリマー材料が含まれる。適用可能なポリマーまたはポリマー材料の非制限的な例として、ポリイミド（PI）、ポリエチレンテレフタレート（PET）、シリコンまたはポリウレタンが含

50

まれるが、これに限定されない。適用可能なポリマーまたはポリマー材料の他の非制限的な例として、プラスチック（熱可塑性プラスチック、熱硬化性プラスチックまたは生物分解性プラスチックを含む）、エラストマ（熱可塑性エラストマ、熱硬化性エラストマまたは生物分解性エラストマを含む）および繊維製品（天然繊維または合成繊維を含む）が含まれる。これらの例として以下の諸材料が挙げられるが、これに限定されない。すなわち、アクリレート、アセタールポリマー、セルロースポリマー、フルオロポリマー、ナイロン、ポリアクリロニトリルポリマー、ポリアミドイミドポリマー、ポリアリレート、ポリベンツイミダゾール、ポリブチレン、ポリカーボネート、ポリエステル、ポリエーテルイミド、ポリエチレン、ポリエチレンコポリマーおよび修飾ポリエチレン、ポリケトン、ポリ（メチルメタクリレート）、ポリメチルペンテン、ポリフェニレンオキシドおよびポリフェニレンスルフィド、ポリフタルアミド、ポリプロピレン、ポリウレタン、スチレン樹脂、スルホンベース樹脂、ビニルベース樹脂、またこれらの材料の任意の組み合わせである。一例においては、本明細書におけるポリマーまたはポリマー材料を、UV硬化ポリマーとすることが可能であり、この例としてUV硬化シリコンがあるが、これに限定されない。

10

【0031】

基板110は、例えば、鋳造、成形、打抜きまたは任意の他の適切なプロセスを含む任意の適切なプロセスによって形成できる。さらに、基板110は、他の形体、例えば、孔、突起、溝、凹部、非導電性の相互接続体、または任意の他の形体を含むことができる。いくつかの例においては、デバイアイランドまたは相互接続体用の取り付け座として作用し得る溝を、基板110の上に形成できる。

20

【0032】

電子回路120は、例えば、コンフォーマル電子デバイス100が配置される対象または表面（例えば、動物または人体の部分、あるいは他の物体）に関わる少なくとも1つのパラメータを感知し、検出し、または他の形で定量化するように操作し得る任意の適切な電子回路とすることができる。例えば、電子回路120は、運動、筋肉活動、温度（例えば体温）、パルス、湿分、圧力などを測定し、検出し、感知し、または他の形で定量化するように構成される。電子回路120は、1つ以上のセンサシステムおよび1つ以上の他の構成要素（例えば相互接続体）を含むことができる。1つ以上のセンサシステムおよび1つ以上の他の構成要素は、1つ以上のデバイスアイランドの上に配置される。1つ以上のデバイスアイランドは、結果的に生じる全体としてのコンフォーマル電子デバイスの所要の寸法および適合性に基づいて、空間形態において配置される。

30

【0033】

電子回路120に含まれる1つ以上のセンサシステムは、少なくとも1つのセンサ測定を遂行する少なくとも1つの構成要素を含むことができる。この少なくとも1つのセンサ測定の非制限的な例として、加速度の測定、筋肉活性化の測定、心拍数の測定、電気的活性の測定、温度測定、水和レベル測定、神経活動の測定、コンダクタンス測定、環境測定および／または圧力測定が含まれる。センサシステムは、非制限的な例として、加速度計（例えば単軸加速度計または3軸加速度計が含まれるがこれに限定されない）、ジャイロスコープ（例えば3軸ジャイロスコープが含まれるがこれに限定されない）、神経伝導検査（nerve conduction study：NCS）構成要素、筋電図法（electromyography：EMG）構成要素、脳波図法（electroencephalogram：EEG）構成要素、および／または心電図法（electrocardiogram：ECG）構成要素の1つ以上を含むことができる。

40

【0034】

電子回路120に含まれ得る他の構成要素の非制限的な例として、次の各項、すなわち、少なくとも1つのバッテリー、レギュレータ、処理ユニット、メモリ（例えば、読み取り専用メモリ、フラッシュメモリおよび／またはランダムアクセスメモリであるがこれに限定されない）、入力インタフェース、出力インタフェース、通信モジュール、受動的回路構成要素、能動的回路構成要素などが含まれる。一例においては、コンフォーマル電子デ

50

バイス100が、少なくとも1つのマイクロコントローラおよび／または他の集積回路構成要素を含む。一例においては、電子回路120が、近接場通信(near-field communication:NFC)を可能にするコイルであるがこれに限定されない少なくとも1つのコイルを含む。別の例においては、電子回路120が、無線周波数識別(radio-frequency identification:RFID)構成要素を含む。同じ観点から、電子回路120は、デュアルインタフェースおよびEEPROM(electrically erasable programmable memory)を備えたダイナミックNFC/RFIDタグ集積回路を含むことができる。

【0035】

デバイスアイランドの形態は、例えば、(センサシステムを含む)全体としての電子回路120に組み込まれる構成要素のタイプと、全体としてのコンフォーマル電子デバイス100の意図する寸法と、全体としてのコンフォーマル電子デバイス100の意図する適合性の程度とに基づいて決定できる。非制限的な一例として、1つ以上のデバイスアイランドの形態を、構成されるべき全体としてのコンフォーマル電子デバイス100のタイプに基づいて決定できる。例えば、全体としてのコンフォーマル電子デバイス100を、ウェアラブルなコンフォーマル電子構造、あるいは、可撓なおよび／または伸縮可能な物体(介入カテーテルの膨張可能なまたは拡大可能な表面を含む)に配置されるべき受動的または能動的電子構造とすることができる。任意選択肢として、デバイスアイランドの形態を、全体としてのコンフォーマル電子デバイス100の意図する用途において使用されるべき構成要素に基づいて決定できる。用途の例として、運動センサ、温度センサ、神経センサ、水和センサ、心拍センサ、流れセンサ、圧力センサ、機器モニタ(例えばスマート機器)、呼吸リズムモニタ、皮膚コンダクタンスモニタ、電気接点、あるいはこれらの任意の組み合わせが含まれる。1つ以上のデバイスアイランドを、少なくとも1つの多重機能センサを含むように構成できる。この多重機能センサの例として、温度、ひずみおよび／または電気生理学的センサ、運動/心拍/神経の組み合わせセンサ、心拍/温度組み合わせセンサなどが含まれる。電子回路および電子回路を含むコンフォーマル電子デバイスの例が、2013年11月22日付で出願された「感知および分析用のコンフォーマルセンサシステムの形態(Configuration of Conformal Sensor Systems for Sensing and Analysis)」なる表題の米国仮特許出願第61/907,973号明細書に記述されており、この特許文献の内容は、その全体およびすべての目的に関して、参照によって本願に組み込まれる。

【0036】

封入層130は、封入層130が電子回路120の少なくとも一部分を被包するように、電子回路120の少なくとも一部分と基板110の少なくとも一部分との上に配置される。上記のようないくつかの形態においては、封入層130は、基板110が曝露する電子回路120の部分(例えば表面)を密封シールする材料から形成される。任意選択肢として、封入層130は、コンフォーマル電子デバイス100のほとんどまたはすべてを被包することによって、「封入ハウジング(encapsulation housing)」として機能し得る。いくつかの実施態様の場合、封入層130は、デバイスアイランドおよび電子回路120の相互接続体の上に配置され、デバイスアイランドおよび相互接続体を密封シールする。このような例においては、封入層130は、電子回路120に含まれる1つ以上のセンサが曝露されるように、孔、開口部または他の形の開口を含むことができる(これは、例えば、動物または人間の皮膚または身体部分、あるいは任意の他の物体に接触するためである)。電子回路120の少なくとも一部分を封入層130で密封シールすることによって、電子回路120の構成要素を、腐食性化学物質、ダスト、湿気、酸化などからの損傷を含む腐食要因から保護することに資することができる。

【0037】

図1の封入層130は、軟質の、可撓な非導電性材料から形成できる。いくつかの例においては、封入層130が基板110と同じ材料から形成される。他の例においては、封入層130の形成に異なる材料を用いることができる。封入層130に使用し得る適切な

材料として、例えば、ポリマーまたはポリマー材料が含まれる。適用可能なポリマーまたはポリマー材料の非制限的な例として、ポリイミド（P I）、ポリエチレンテレフタレート（P E T）、シリコンまたはポリウレタンが含まれるが、これに限定されない。適用可能なポリマーまたはポリマー材料の他の非制限的な例として、プラスチック（熱可塑性プラスチック、熱硬化性プラスチックまたは生物分解性プラスチックを含む）、エラストマ（熱可塑性エラストマ、熱硬化性エラストマまたは生物分解性エラストマを含む）および繊維製品（天然繊維または合成繊維を含む）が含まれる。これらの例として以下の諸材料が挙げられるが、これに限定されない。すなわち、アクリレート、アセタールポリマー、セルロースポリマー、フルオロポリマー、ナイロン、ポリアクリロニトリルポリマー、ポリアミドイミドポリマー、ポリアリレート、ポリベンツイミダゾール、ポリブチレン、ポリカーボネート、ポリエステル、ポリエーテルイミド、ポリエチレン、ポリエチレンコポリマーおよび修飾ポリエチレン、ポリケトン、ポリ（メチルメタクリレート）、ポリメチルペンテン、ポリフェニレンオキシドおよびポリフェニレンスルフィド、ポリフタルアミド、ポリプロピレン、ポリウレタン、スチレン樹脂、スルホンベース樹脂、ビニルベース樹脂、またこれらの材料の任意の組み合わせである。一例においては、ポリマーまたはポリマー材料を、UV硬化ポリマーとすることが可能であり、この例として紫外線（UV）硬化シリコンがある。

【0038】

さらに継続して図1を参照すると、封入層130は、任意の適切なプロセス、例えば、鋳造、成形、打抜きまたは任意の他の公知のプロセスまたは今後開発される製法を用いて形成できる。さらに、封入層130は、多様な任意選択肢としての形体、例えば、孔、突起、溝、凹部、非導電性の相互接続体、または任意の他の形体を含むことができる。非制限的な例として、封入層130をオーバモールド法によって形成できる。一般的に、オーバモールド法においては、先行製作された部分を射出成形機の型の空所の中に挿入することができる。この射出成形機によって、最初の部分の上にまたはその回りに、新しいプラスチックの部分、範囲または層を形成するのである。このようなオーバモールド法の1つとして、基板110上に配置された電子回路120の上に封入層130を形成し得る液体材料を直接鋳造する方式が含まれる。この場合、液体材料は硬化させることができる（例えば冷却および固形化）。硬化は、任意の適切な条件の下で、例えば、鋳造された液体材料への圧力印加、基板の加熱および／または減圧の印加によって行うことができる。

【0039】

別の例として、電子回路120を、ラミネーション法によって封入層130の中に埋め込むことができる。例えば、封入層130をシートに予備鋳造できる。続いて、液体接着剤（例えば、封入層の形成に使用する未硬化の液体材料または任意の他の適切な接着剤）を、電子回路120および基板110の上に配置できる。さらに続いて、封入層130をその接着剤の上に載せて圧力を印加し、過剰な接着剤を絞り出すことができる。次に、接着剤を硬化させて、封入層130を、電子回路120および基板130の少なくとも一部分に固く連結できる。これによって、図1のコンフォーマル電子デバイス100が形成される。

【0040】

開示される概念のいくつかの態様によれば、接着剤材料を、封入型コンフォーマル電子デバイス100を構成する間に使用できる。上記の選択肢にさらに付言すると、前記の例のラミネーション法に用いられる未硬化の液体シリコンは、一種の接着剤として作用可能であり、例えば硬化（橋かけ反応）によって硬質化し、表面を覆うことができる。他の例においては、デバイスアイランドおよび電氣的相互接続体を含む電子デバイスの構成要素を、オーバモールド法の前に、感圧接着剤を用いて、予備硬化シートに貼着できる。感圧接着剤の非制限的な一例はゴムベースの接着剤である。例えば、センサ構成要素（例えば、温度センサまたは（UVセンサのような）電磁放射センサ）を含むパッチを構成する場合に、感圧シリコン転写接着剤または液体シリコン接着剤を、予備硬化シートに塗布できる。本明細書に記述する接着剤は、どれも、表面塗布用として噴霧塗布またはブラ

シ塗布可能な接着剤とすることができる。接着剤は、引き続くオーバモールド法の間に、電子部品を、システムの他の構成要素に対する特定の位置および配置であって多島配置を含む位置および配置に保持するのに寄与する。

【0041】

接着剤材料は、本明細書における例のデバイスを構成する間のラミネーション法の一部として使用できる。例えば、デバイスアイランドおよび／または相互接続体を含む電子デバイスの構成要素を、シリコンシートの頂部層を装着する前に、ラミネーション用として用いられる未硬化の液体シリコンを含む感圧シリコン接着剤を用いて、予備硬化されたベース層のシリコンシートの上に貼着できる。他の例においては、超薄型の電子デバイスをシリコンシートの間に埋め込むために、感圧シリコン接着剤を用いてラミネーションを完了させることも可能である。このラミネーションは、硬化プロセスを必要としないフィルム接着剤の使用に基づくことができる。

10

【0042】

図1の封入層130および／またはベース基板110は、コンフォーマル電子デバイス100の一部分内に、例えば、伸張、曲げ、圧縮、捩り、または他の変形によって惹起されることがある応力またはひずみの調節を促進するように構成できる。一例として、コンフォーマル電子デバイス100が変形を受けた場合、システム（例えばデバイスアイランド）のより剛体の部分からより柔軟な構造（例えば可撓なおよび／または伸縮可能な構成要素）への移行部において、応力および／またはひずみの集中が生じる可能性がある。応力集中の他の領域としては、例えば、相互接続体の端部、または、相互接続体がデバイスアイランドに連結される境界などが含まれ得る。封入層130は、ある厚さを有するように構成される材料であり、および／または、電子回路120の一部分の上に局所的に配置される材料から形成できるが、この封入層130の形成は、電子回路の機能的構成要素に対して機械的な中立面の位置を調整することによって、電子回路120の構成要素上における応力を最小化するように行われる。例えば、封入層130の形成に使用される材料を、例えば電子回路120の構成要素の部分に近接するように、電子回路120のその構成要素の領域に局所的に導入できる。局所的に配置される封入層は、変形の力が全体としてのコンフォーマル電子デバイス100に印加された場合に、機械的な中立面の位置を構成要素の領域内において局所的に調整することによって、構成要素を、印加される応力／ひずみから保護する。機能的構成要素に対する機械的な中立面の配置を制御することによって、コンフォーマル電子デバイス100が変形の力を受けた場合に、構成要素の領域内に応力またはひずみがほとんどかまたは全く印加されない結果をもたらすことができる。

20

30

【0043】

図1に示す実施形態においては、封入層130および／または基板110は、超薄厚さを有することができ、かつ、好ましい機械的および光学的特性を有することができる。封入層130は、任意選択肢として、約0.05mm～0.5mmの範囲の厚さを有することができる。さらに、封入層130および／または基板110は、封入層130／基板110の未変形長さに対して、約200%～約800%の範囲の伸び、いくつかの形態については、約300%、約400%、約500%、約600%または約700%の伸びを有することができる。いくつかの例においては、封入層130および／または基板110は、1インチ当たり約40ポンド（pounds per inch：ppi）～約200ppiの引き裂き強度、あるいは、いくつかの形態については、約60ppi、約80ppi、約100ppi、約120ppi、約140ppi、約160ppiまたは約180ppiの引き裂き強度を有する。別の選択肢として、封入層130および／または基板110が、約10A～約60A以上のデュロメータによる測定硬度（例えばショアA硬度スケールによる）、例えば、約20A、約30A、約40A、約50Aまたは約60Aのデュロメータ測定硬度を有することができる。いくつかの形態については、封入層130および／または基板110が、約350nm～約1,000nmの波長の間において約90%を超える光透過性を有することができる。封入型コンフォーマル電子デバイス100の全厚さは、（例えばその最大厚さの点において）約0.20mm～約1.0mmの範囲

40

50

とすることができる。いくつかの形態については、封入層 1 3 0 および／または基板 1 1 0 を透明にすることができるが、他の例においては、封入層 1 3 0 および／または基板 1 1 0 を半透明にまたは着色することができる。いくつかの例においては、コンフォーマル電子デバイスを、複数の薄い封入層で封入できる。

【0044】

次に図 2 を参照すると、代表的な封入型コンフォーマル電子デバイスが、本開示の態様に従って示されている。図 1 に表現されるデバイスアーキテクチャと同様に、図 2 のコンフォーマル電子デバイス 2 0 0 は、いくつかの非制限的例として、基板 2 1 0 に連結される電子回路 2 2 0 を含む。基板 2 1 0 および電子回路 2 2 0 は、コンフォーマル電子デバイス 1 0 0 に関して記述した基板 1 1 0 および電子回路 1 2 0 に、それぞれほぼ類似したものとすることができる。例えば、基板 2 1 0 および電子回路 2 2 0 は、それぞれ、図 1 に示される対応する構造に関して上に述べた種々の形態、任意選択肢としての構成、および機能的な代替的選択肢の任意のものとするることができる。

【0045】

一連の封入層—図 2 におけるそれぞれ第 1、第 2、第 3 および第 4 封入層 2 3 0 a、2 3 0 b、2 3 0 c および 2 4 0 d（集合的に「封入層（encapsulation layer）」と呼称する）—が、基板 2 1 0 および回路 2 2 0 の上に順次配置されているが、この場合、上部の 3 層 2 3 0 b～d は第 1 封入層 2 3 0 a を強化する機能を有する。各封入層 2 3 0 a～d は、例えば、約 0.05 mm～約 0.5 mm の範囲の厚さの超薄層とすることができる。図 2 の封入層 2 3 0 a～d は、図 1 のコンフォーマル電子デバイス 1 0 0 に関する前記の任意の材料から形成できる。4 個の封入層 2 3 0 a～d を有するように図示されているが、デバイス 2 0 0 を封入するのに任意の個数の封入層を用いることができる。さらに、図 2 は、各封入層がデバイス 2 0 0 の全幅をカバーする場合を示しているが、いくつかの例においては、異なる封入層 2 3 0 a～d の内の 1 つ以上を、電子回路 2 2 0 および／または基板 2 1 0 の一部分の上のみ配置することも可能である。例えば、複数の封入層 2 3 0 a～d の内の 1 つ以上を、応力／ひずみの集中領域（例えば、デバイスアイランド、あるいは相互接続体の端部）に近接して配置でき、それによって、電子回路の機能的構成要素に対する機械的な中立面の位置を調整する。

【0046】

図 3 A および 3 B は、再充電可能なパッチとして構成される符号 3 0 0 の一例としてのコンフォーマル電子デバイスの機械的レイアウトとシステムレベルのアーキテクチャとを示す。この例のコンフォーマルセンサシステムの電子機器技術は、単一機能および多重機能のプラットフォーム用の種々の機械的および電気的レイアウトを有するように設計および実施できる。このコンフォーマル電子機器技術を含むデバイスは、ポリマー層内に埋め込まれる設計を用いる伸縮可能な形態因子を一体的に組み込んでいる。このデバイスは、回路をひずみから保護し、かつ超薄断面において機械的な可撓性を達成するように形態化できる。例えば、このデバイスを、平均約 1 mm 程度の厚さを有するように構成できる。他の例においては、パッチを、さらに薄いまたはさらに厚い断面寸法を有するように構成できる。このデバイスアーキテクチャは、表面実装技術（surface-mount technology：SMT）の構成要素を包含する再利用可能なモジュールを含むことができる。この SMT 構成要素には、いくつかの非制限的な例として、センサモジュール 3 0 2（例えば 3 軸加速度計）と、無線通信（例えば Bluetooth（登録商標））およびマイクロコントローラ（MCU）モジュール 3 0 4 と、例えば、EMG、EEG および EKG 信号を感知するための、電極接続体 3 1 3 を備えたコンフォーマル電極アレイモジュール 3 1 2 および 3 1 4 とが含まれる。このコンフォーマル電極アレイは、消耗品 3 1 0 および 3 1 2 とすることができる。この例のデバイスは、さらに、電源 3 1 6（例えば、電力 2 mA－Hr または 10 mA－Hr の LiPo バッテリ）と、レギュレータ 3 1 8 と、電力伝送コイル 3 2 0（例えば 1.5／2 ミルトレース／スペース比を有する 0.125 オンス銅コイルであるがこれに限定されない）と、メモリ 3 2 2 とを含むことができる。

【0047】

図3Aおよび3Bの例に示されるように、この例のコンフォーマルセンサシステム300の構成要素は、伸縮可能な相互接続体328によって相互接続されるデバイスアイランドとして構成される。伸縮可能な相互接続体328は、構成要素間の電気的な連絡を可能にするように導電性とすることができるか、あるいは、コンフォーマルセンサデバイスの全体としての配置の所要の全体的形態因子または相対的なアスペクト比を、変形の力を受ける間、またはその力を受けた後に維持するのに役立つように非導電性とすることができる。この変形の力は、例えば、伸張、圧縮および／または振りの力であるがこれに限定されない。図3の例は、また、アイランドベース326の異なる形状およびアスペクト比をも示す。このアイランドベース326の上に、この例のコンフォーマルセンサシステムの構成要素を、配置できるかまたは他の形で連結でき、全体としてのシステムの必要な機能が提供される。

10

【0048】

図3Aおよび3Bのコンフォーマル電子デバイス300は、それぞれ図1および2の可撓な基板110および210のような可撓な基板310を含み、その可撓な基板310に電子回路が連結される。基板310および電子回路は、少なくとも部分的に、可撓な封入層330によって封入される。コンフォーマル電子デバイス300に含まれる電子回路は、蛇行する相互接続体328によって電子的に一緒に連結される複数のデバイスアイランド（その内の10個が図示され、その内の2つに符号326が付されている）を含む。図3A、3Bに示すようないくつかの例の実施態様において、複数の接点を、コンフォーマル電子デバイス300のいずれかの端部または各端部に配置することができる。他の例の実施態様においては、コンフォーマル電子デバイスはこのような接点を含まない。デバイスアイランドは、任意個数の相互接続体と、コンフォーマル電子デバイス100、または本明細書に記述する任意の他のコンフォーマル電子デバイスに関して記述した任意個数の構成要素とを含むことができる。

20

【0049】

図4は、図3の線4-4に沿うコンフォーマル電子デバイス300の一部分の断面を示す。図4に見られるように、デバイス300は基板310を含み、基板310は、基板310の上に配置されるベースプレート340用の下部支持体になる。基板310は、例えば、RTVシリコンまたは本明細書に記述する任意の他の適切な基板材料から形成できる。いくつかの例において、基板310は約200 μmの厚さを有することができ、いくつかの例においては、ベースプレートをポリイミドから形成でき、それは約50 μmの厚さを有することができる。ベースプレート310の上には1つ以上の電気接点342が配置され、電子部品344に連結される。電子部品344は、コンフォーマル電子デバイス100に関して記述した任意の構成要素、あるいは本明細書に記述する任意の他の電子部品とすることができる。いくつかの形態の場合、電子部品344は約500 μmの厚さを有する。電気接点342は、銅のような任意の適切な導電性の材料から形成できる。電気接点342は約0.5 μmの厚さを有することができる。電子部品344と連結されない電気接点342の選択された（上面および側面）部分は絶縁層346でカバーされる。

30

【0050】

封入層330は、封入層が全コンフォーマル電子デバイス300（あるいはデバイスのほぼすべて）を完全に封入するように、基板310の上に配置される。いくつかの例においては、封入層330を、RTVシリコンまたは本明細書に記述する任意の他の封入材料から形成できる。コンフォーマル電子デバイス300を特定の構成要素を有するように図示しかつ記述しているが、コンフォーマル電子デバイス300は、本明細書に記述する任意の他の構成要素であって本明細書に記述する任意の適切な機能を遂行するように構成できる他の構成要素を含むことができる。いくつかの例のアーキテクチャの場合には、封入層330が、電子部品の遠位末端から測定した封入層330の厚さが約200 μmであるような超薄の厚さを規定するように構成される。このような例においては、コンフォーマル電子デバイスは、超薄の断面形状、例えば、その最も厚い点において約2 mm未満の

40

50

最大厚さ、またはいくつかの実施形態においては約 1 mm 未満の最大厚さを有する。

【0051】

図 4 に示すように、封入層 330 は、ベースプレート 340 の一部分、電子部品 344 および／または相互接続体 328 の上部に、あるいはそれに近接して、局所的に配置できる。例えば、封入層を、1 つ以上の電子部品、ベースプレートおよび／または相互接続体を含む全体としてのコンフォーマル電子デバイス 300 の一部分の上部に、あるいはそれに近接して配置できる。封入材料は、コンフォーマル電子デバイス 300 の構成要素の一部分の領域内に、その構成要素の一部分に近接するように局所的に導入でき、それによって、変形の力が全体としてのコンフォーマルデバイスに印加された場合に、その構成要素を、印加される応力またはひずみから保護できる。例えば、封入材料は、構成要素の領域内における機械的な中立面の位置の局所的調整を補助できる。機能的構成要素に対する機械的な中立面の配置を制御することによって、全体としてのコンフォーマル電子デバイス 300 が変形の力を受けた場合に、構成要素の領域において応力またはひずみがほとんどかまたは全く印加されない結果をもたらすことができる。

10

【0052】

図 4 をさらに続けて参照すると、ベースプレートの剛性によって、ベースプレートに連結された相互接続体が、変形、例えば伸張において大きな塑性ひずみを受ける結果が生じる可能性がある。非制限的な一例として、ポリイミド (PI) またはポリエチレンテレフタレート (PET) から形成されるベースプレートは、約 6.894 MPa の弾性率の値および約 0.925 MPa の C10 (超弾性材料定数) を有することができる。全体としてのコンフォーマルデバイスの形態を決定する場合、ベースプレートの寸法および／または材料の剛性を、封入材料の剛性特性および／または配置に関連付けて考慮することが可能であり、その封入材料の剛性特性および／または配置を、機械的な中立面を移動させて全体としてのコンフォーマルデバイスの領域内に落着するように計画的に制御でき、それによって、受動的構成要素および／または相互接続体近傍における前記のようなひずみの集中を防止できる。

20

【0053】

また、本明細書においては、封入型コンフォーマル電子デバイスの作製方法および使用方法も開示される。これらの方法のいくつかを、図 1 ～ 4 に示す種々の形態および特徴を参照して記述する。この参照は純粹に説明および明確化のためのものである。図 5、6 および 14 に示すようないくつかの実施形態においては、各方法は、少なくとも、それぞれの図において列挙されるステップを含む。各方法からステップを省略すること、各方法に付加的なステップを含めること、および／または、提示された順序を変更することも、本開示の範囲および本質内含まれる。さらに、前記の方法のそれぞれの、関係するステップの単一の順序を表現していることを注記しておかねばならないが、これらの方法のそれぞれの、系統的方式および繰り返し方式においても実践されることが予期される。

30

【0054】

図 5 は、図 1 および 2 のコンフォーマル電子デバイス 100 および 200 のようなコンフォーマル電子デバイス、あるいは、本明細書に記述する任意の他のコンフォーマル電子デバイスを、オーバモールド法によって封入するための例示的な方法 400 を示すフローチャートである。方法 400 は、基板材料を第 1 の型の中に配置するブロック 402 から開始される。基板材料は、例えば、基板 110、基板 210、あるいは、本明細書に記述する任意の他の基板の形成に用いられる任意の材料を含むことができる。基板材料を第 1 の型の中に配置する前に、第 1 の型を任意の適切なプロセスを用いて清浄化できる。いくつかの例においては、ワックス、オイル、石鹼水のような剥離層、あるいは、任意の他の適切な剥離層を、基板材料を加える前の第 1 の型の上に配置する。剥離層は、硬化後の基板の第 1 の型からの取り外しを容易にする。

40

【0055】

ブロック 404 において、基板材料を、軟質および可撓な基板を形成するように硬化させる。任意の適切な硬化プロセスを用いることができる。例えば、第 1 の型に正圧を印加

50

すること、第1の型を所定温度に加熱すること、および／または、第1の型に減圧を印加することが可能である。次に、ブロック406において、硬化した基板の上に電子回路を配置する。電子回路は、例えば、電子回路120、電子回路220、あるいは、図3Aに示すものを含む本明細書に記述する任意の他の電子回路を含むことができる。続いて、図5の方法400のブロック408において、封入材料を第2の型内に配置する。封入材料は、例えば、封入層130、封入層230の形成に使用する材料、あるいは、本明細書に記述する任意の他の封入材料を含むことができる。いくつかの例においては、ワックス、オイル、石鹼水のような剥離層、あるいは、任意の他の適切な剥離層を、封入材料を加える前の第2の型の上に配置する。剥離層は、硬化後の封入材料の第2の型からの取り外しを容易にする。

10

【0056】

図5の例示的な方法をさらに続けて参照すると、ブロック410が、基板とその基板の上に配置された電子回路とを含む第1の型を、逆転位置において（例えば上面側を下にして）第2の型の上に位置決めするステップを含む。続いて、ブロック412において、第1の型および第2の型を、封入型コンフォーマル電子デバイスを形成するように硬化させる。任意の適切な硬化プロセスを用いることができる。例えば、第1の型および第2の型に正圧を印加すること、第1の型および第2の型を所定温度に加熱すること、および／または、第1の型および第2の型に減圧を印加することが可能である。硬化後、ブロック414において、封入型コンフォーマル電子デバイスを第1の型および第2の型から取り外すことができる。

20

【0057】

図6は、コンフォーマル電子デバイス100および200のようなコンフォーマル電子デバイス、あるいは、本明細書に記述する任意の他のコンフォーマル電子デバイスを、ラミネーション法によって封入する例示的な方法500を示すフローチャートである。図6の方法500は、伸縮可能な材料の完全硬化されたシートを所定サイズにカットして基板を形成するブロック502から開始される。伸縮可能な材料は、基板110、基板210に関して記述した任意の材料、あるいは、本明細書に記述する任意の他の伸縮可能な材料を含むことができる。続いて、ブロック504において、伸縮可能な材料の上に、未硬化のラミネーション材料を配置する。ラミネーション材料は、任意の適切な材料、例えば、本明細書に記述する基板形成用の伸縮可能な材料を含むことができる。いくつかの例においては、ラミネーション材料は、封入層の形成に使用する材料を含むことができる。

30

【0058】

次に、ブロック506において、未硬化のラミネーション材料の上に、電子回路を配置する。電子回路は、電子回路120、電子回路220、あるいは、本明細書に記述する任意の他の電子回路を含むことができる。続いて、例えばブロック508において、電子回路がラミネーション材料によって完全にカバーされるように、過剰量の未硬化ラミネーション材料を電子回路の上に配置する。ブロック510において、完全硬化した封入材料のシート（すなわち封入層）を未硬化ラミネーション材料の上に配置する。封入層は、封入層130を参照して記述した任意の封入材料、あるいは、本明細書に記述する任意の他の封入材料から形成できる。過剰なラミネーション材料を除去するために、封入層に圧力を印加できる。続いて、ブロック512において、封入材料を硬化させ、封入型コンフォーマル電子デバイスを形成する。任意の適切な硬化プロセスを用いることができる。例えば、正圧、熱または減圧を、ラミネーション材料の硬化に用いることができる。ラミネーション層の硬化によって、基板のシートと電子回路と封入シートとを一緒に連結して、封入型コンフォーマル電子デバイスが形成される。

40

【実施例】

【0059】

以下は、本明細書に記述する原理によるプロセスおよび方法を用いて形成される種々の封入型コンフォーマル電子デバイスの実施例を示すいくつかの代表的に実施態様である。これらの実施例は、例示目的のためのみのものであり、本開示の範囲を制限する意図を有

50

しない。

【0060】

実施例1

この実施例においては、湿度センサを含むコンフォーマル電子デバイスー以下「Ex 1 デバイス」と呼称ーをオーバモールド法によって封入する。Ex 1 デバイスは、高い厚さ測定用として約6 mmの最終厚さを有するように、あるいは、防水能力測定用として約2 mmの最終厚さを有するように封入される。3つのプレート成形用具ー第1プレート701、第2プレート702および第3プレート703ーをオーバモールド法用として使用するが、それが図7A～7Fに示されている。図7A、7Cおよび7Eに示すプレート表面は、高い厚さ測定用のEx 1 デバイスの一部分の上のコネクタのための開口用のキャップを形成するのに用いられ、一方、図7B、7Dおよび7Fに示すプレートは、防水能力測定用の封入層を形成するのに用いられる。Dake Corporation社から入手できるModel 44-226 25 Ton 5" ストロークセルフベリング型実験室用液圧プレス、前記のオーバモールド法用として使用できる。高い厚さ測定用および防水能力測定用として2つの異なる封入材料を用いることができる。一例において、高い厚さ測定用として、SMOOTH-ON（商標）社のECOFLEX（登録商標）を封入層の形成に用いることができ、防水能力測定用として、Bluestar社のSILBIONE（登録商標）RTV4545シリコンを封入層の形成に用いることができる。任意選択肢として、他の適切な材料（例えばBluestar社のSILBIONE（登録商標）LSR4325）を、封入層の形成および／または封入層の防水能力の改善に用いることができる。使用可能なプライマの例は、Nusil Silicone Technology社のMED-142およびMED-166である。これらのプライマは、プライマが塗布される表面への封入材料の接着性を実質的に増大させることができる。

【0061】

封入材料の前駆体（例えばECOFLEX（登録商標）またはSILBIONE（登録商標）RTV4545）は、メーカーの指示書に従って混合し、減圧下で脱ガスし、使用前に約4℃で保管する。成形プレート701～703には、成形層の脱離を容易にするために、希釈石鹼水またはアルコールのような清浄化流体を噴霧できる。続いて、混合された封入材料を、プレート702の成形空所710の中に注入する。プレート701をプレート702の上に載置して第1閉止成形アセンブリを形成し、このアセンブリを、プレス内において、約30分間、約20,000 psi（約138 MPa）の圧力および約110°F（約43℃）の温度で加圧処理する。30分後、アセンブリをプレスから取り出す。プレート701を取り外すと、プレート702の上に載せられた封入材料の第1シートが残される。この第1シートをEx 1 デバイス用の基板として使用する。封入材料の余剰の溢出分は清浄化する。

【0062】

次に、湿度センサを含むEx 1 デバイスをアルコールで清浄化する。プライマを電子回路の上に塗布し、約30分間乾燥させる。次に、清浄化されたEx 1 デバイスを前記基板の上に配置する。混合された封入材料を、プレート703の成形空所712の中に注入する。続いて、プレート702を、プレート703の頂部に、捕捉空気を排出できるようにかつ第2閉止成形アセンブリを形成するように、注意深くかつゆっくりと載せる。第2アセンブリをプレス内に入れ、約30分間、約20,000 psi（約138 MPa）の圧力および約110°F（約43℃）の温度に維持して、封入Ex 1 デバイスを形成する。任意選択肢として、例えば、高い圧力を使用すると構造の何らかの電子デバイス構成要素が損傷を受ける可能性が存在する場合は、大気圧の近傍を含む遥かに低い圧力を使用することも可能である。オーバモールド法およびラミネーション法において低圧の封入プロセスを用いると、高い生産性を達成できる。いくつかの例においては、約110°F（約43℃）以外の温度を用いて、実施例のデバイスの封入層を形成できる。封入デバイスを型から取り外し、余剰の材料を除去する。

【0063】

図8A～8Dは、本開示の態様による種々の封入型コンフォーマル電子デバイスの斜視図である。例えば、図8Aおよび8Bは、高い厚さ測定用として封入された、全体として符号800Aで指示されるEx1デバイスの第1実施例のそれぞれ上面図および底面図である。図示のEx1デバイス800Aの全体的な厚さは約5.85mmである。封入層は平滑で、軟質であり、欠陥を含まない。対照的に、図8Cおよび8Dは、それぞれ、防水能力測定用として封入された、全体として800Bで指示されるEx1デバイスの第2実施例のそれぞれ上面図および底面図を示す。デバイス800Bの全体的な厚さは約2.2mm、最も薄い層は約0.21mmである。裂開および層間剥離部分のような欠陥は、封入層が薄くなる封入デバイスの端部および／または底面側に出現する可能性がある。

【0064】

実施例2

デバイスアイランドおよび相互接続体を含むコンフォーマル電子デバイスー以下「Ex2デバイス」と呼称ーを封入するためにオーバモールド法を使用する。Ex2デバイスは、少なくともいくつかの実施形態については、図2および図3A～3Bに関して記述したコンフォーマル電子デバイス200および／または300に類似または実質的に同一であり、従って、これらの図を参照して記述した任意の対応する選択肢および特徴を含むことができる。この場合、Ex2デバイスは、Ex1デバイスの封入に用いたのと実質的に同じオーバモールド法によって封入される。この実施例においては、使用した封入材料はBlueStar社のSILBIONE（登録商標）RTV4545である。他の例においては、Ex2デバイスの形成に代替的な封入材料を用いることができる。図示のように、封入されたEx2デバイスは約1mmの全厚さを有する。図9Aおよび9Bは、封入型Ex2デバイスの代表的な実施形態900の上面および底面を示す。封入層にいくつかの空気気泡を見ることができ、デバイスアイランドにおいて、またはそれに近接して、いくつかの層間剥離が、Ex2デバイスの機能を損なうことなく生起する場合がある。

【0065】

実施例3

この実施例においては、湿度感知するコンフォーマル電子デバイスー以下「Ex3デバイス」と呼称ーを封入するためにラミネーション法を用いる。Ex3デバイスは、少なくともいくつかの実施形態においては、Ex1デバイスに類似または実質的に同一であり、従って、これを参照して記述した任意の対応する選択肢および特徴を含むことができる。Ex3デバイスは、防水性および信頼性の測定用として約1.0mm～1.5mmの厚さを有するように封入される。

【0066】

この実施例においては、未封入のEx3デバイスの表面を、DOW CORNING（登録商標）OS-20（商標）清浄化流体または他の適切な清浄化材料によって清浄化して、続いて乾燥させる。非制限的な例として、Ex3デバイスの表面を、糸くずの出ないタオルを用いてDOW CORNING 1200（登録商標）OS（商標）プライマの薄層で被膜処理し、大気中において少なくとも約1時間養生する。使用する接着材料は、SORTA-CLLEAR 18（登録商標）（SMOOTH ON（商標））のような2部（A部およびB部）の液体シリコーンとすることができるか、あるいは、中程度の粘度を有する任意の他の同等のポリマーも使用できる。液体シリコーンのA部前駆体およびB部前駆体は、例えば約10：1の比率で一緒に混合し、減圧下で脱ガスし、使用前に約4℃の温度で保管する。シリコーンゴムシート（例えば、Rogers Corp.社の厚さ約0.25mmのHT-6240、または厚さ約0.15mmのGELPAK（登録商標）PF-60-x4）を、約5cm×6cmのサイズの小片にカットし、このシリコーンゴムシートの片面のライナを取り除く。液体シリコーンの薄層を、ブラシを用いて最初のシリコーンゴムシートの上に載せる。この最初のシリコーンシートをベース層として用いる。

【0067】

Ex3デバイスをこの第1シートの上に配置して、過剰量の液体シリコーンをEx3デ

10

20

30

40

50

バイスの上に載せる。このEx 3デバイスおよびシリコンの第1シートの上に、シリコンの第2シートを、Ex 3デバイスが2枚のシリコンシートの上に挟み込まれまたは積層されるように配置する。過剰の液体シリコンを除去するために、ローラによって圧力を印加できる。積層されたEx 3デバイスは、約20～30ポンドの圧力に維持したまま、少なくとも約5時間硬化させる。この実施例においては、硬化を約24時間継続して、液体シリコンを完全に硬化させる。別の例においては、硬化プロセスを、ECOFLEX（登録商標）5のような、但しこれに限定されない急速硬化シリコンを用いて、大気温度における5分間の硬化に加速できる。封入されたEx 3デバイスは、小刀を用いて個々のサンプルパッチにカットできる。図10Aおよび10Bは、それぞれ、封入型Ex 3デバイスの代表的な実施形態1000の上面および底面を示す。図示のEx 3デバイスの厚さは、種々の位置において、0.15mm厚さのシリコンシートを使用した場合、約0.33mm～約2.13mmの範囲、あるいは、0.25mm厚さのシリコンシートを使用した場合、約0.6mm～約2.33mmの範囲とすることができる。

10

【0068】

実施例4

別の代表的なコンフォーマル電子デバイスー以下「Ex 4デバイス」と呼称ーを、ラミネーション法を用いて封入する。この形態においては、Ex 4デバイスは、埋め込み型近接場通信（Near Field Communication：NFC）マイクロチップを含む。ラミネーション法に用いる液体シリコンは、低粘度のBluestar社のSILBIONE（登録商標）RTV4545である。Ex 4デバイスは、Ex 3デバイスの場合とほぼ同じラミネーション手順によって封入される。従って、図9Aおよび9Bは、それぞれ、封入されたEx 4デバイスの上面および底面を表すことができる。種々の位置におけるEx 4デバイスの厚さは、0.15mm厚さのシリコンシートを使用した場合、約0.7mm未満であり、0.25mm厚さのシリコンシートを使用した場合、約1mm未満である。

20

【0069】

実施例5

次に図11A～11Fを参照すると、さらに別のコンフォーマル電子デバイスー以下「Ex 5デバイス」と呼称ーがラミネーション法を用いて封入される。Ex 5デバイスは、本明細書に記述するEx 2デバイスに類似または実質的に同一であり、従って、それを参照して記述した任意の対応する選択肢および特徴を含むことができる。図示の実施形態においては、ラミネーション法に用いる液体シリコンは、低粘度のBluestar社のSILBIONE（登録商標）RTV4545である。Ex 5デバイスは、前記のEx 3デバイスの場合とほぼ同じラミネーション手順によって封入される。封入用として用いるシリコンシートは、透明、着色または半透明である。図11および11Bは、それぞれ、透明（または実質的に透明）なシリコンシートによって封入されたEx 5デバイスの第1の代表的な実施形態1100Aの上面図および底面図を示す。図11Eおよび11Fは、それぞれ、着色シリコンシートによって封入されたEx 5デバイスの第3の代表的な実施形態1100Cの上面図および底面図を示す。図11C～11Hに示すEx 5デバイスの構成は、透明、半透明または着色シリコンシートによって封入された多島構造（例えば一連のICデバイスアイランド）を有する。図11A～11Hの封入されたEx 5デバイス1100A、1100B、1100Cおよび1100Dの厚さは、例えば、0.076mm厚さのシリコンシートで封入した場合、約0.20mm未満、例えば、0.25mm厚さのシリコンシートで封入した場合、約0.70mm未満である。

30

40

【0070】

湿度感知デバイス、すなわちEx 1デバイスおよびEx 3デバイスは、機能RFIDチップを含むと共に、それぞれ、オーバモールド法およびラミネーション法によって形成されるが、これらのデバイスは防水性の測定にかけられる。3個のEx 1デバイスおよび6個のEx 3デバイス（それぞれ0.15mm積層デバイス3個および0.25mm積層デバイス3個）を、水道水および0.7X PBSの溶液に浸漬して、約37℃および約5

50

0℃の温度の間に、測定条件を約7日ごとに周期的に変化させながら、28日間順次に循環させた。浸漬深さは約15～20cmの範囲であり、デバイスは、浴溶液を7日ごとに置換して28日間連続して浸漬した。デバイスを、RFID読み取り器によって周期的に、例えば1時間ごとに1回測定して、デバイスの機能遂行性を監視できる。デバイスは、測定期間の終端において機能性を保持したまま残している。各デバイスの外観検査によって、いかなる確認し得る損傷の兆候、または封入されたデバイスの中への液体の浸透の兆候も見出されない。防水性の測定に続いて、すべてのデバイスを、保護（Ingress Protection：IP）等級手続きによって再検査する。IP等級手続きは、デバイスまたは製品の環境能力評価の標準的な方法を提供する。簡単に言えば、すべてのデバイスを約1メートルの深さの水中に30分間浸漬する（1メートルへの30分間の完全浸漬を必要とするIP7手続きにおいて）。外観検査によって、オーバモールド処理されかつ0.25mmシリコンシート積層されたデバイスについて、いかなる確認し得る変化も見出されない。若干の層間剥離が、0.15mmシリコンシート積層されたデバイスに生じる場合がある。このデバイスはIP7等級検査を通過する。

【0071】

実施例6

図12A～12Dは、封入型コンフォーマル電子デバイスにおけるひずみの制限、強度の補強および外観の見栄えの効果のための繊維の使用の実施例を示す。この実施例においては、電子構造は、伸縮可能な電氣的相互接続体によって相互接続されたデバイスアランドおよび電子部品を含む。この電子構造は、異なる外観効果のための異なる色彩を有することができる材料の上に配置される。例えば、図12Aのコンフォーマル電子デバイス1200Aのベースの一部分を形成する材料は黄色であり、この例のシステムに黄色の外観を与える。図12Bにおいては、コンフォーマル電子デバイス1200Bのベースの一部分を形成する材料は緑色であり、この例のシステムに緑色の外観を与える。これに比較して、図12Cの場合は、コンフォーマル電子デバイス1200Cのベースの一部分を形成する材料は薄い灰色であり、この例のシステムに薄い灰色の外観を与える。図12Dに関しては、図12Bの実施例のシステムの反対側が示されており、これは、この実施例のシステムのベースを形成するために含まれる緑色の材料を示す。ベースの中に組み込まれるこれらの付加的な繊維の部分は、付加的な強度および補強を提供でき、電子構造が任意の形の変形によって受けるひずみを制限するのに役立つ。

【0072】

開示される任意の封入型コンフォーマル電子デバイスのアーキテクチャには、1つ以上のFPCBAひずみ制限器を設けることが可能である。このひずみ制限器は、（1）単一方向におけるひずみを制限し（例えば、単軸または単一方向ひずみ制限器）、（2）多重方向におけるひずみを制限し（例えば、多軸または多重方向ひずみ制限器）、（3）伸張のみを制限し、（4）曲げのみを制限し、（5）捩りのみを制限し、あるいは、（6）伸張および曲げのみ、伸張および捩りのみまたは曲げおよび捩りのみを制限する制限器である。いくつかの形態の場合は、ひずみ制限器は、製品の所定の「設計ウィンドウ（design window）」の範囲内（例えば、不具合が生じる伸張可能性の範囲の0～85%の範囲内）で容易に伸張するように構成される。逆に、その場合、ひずみ制限器を、製品の所定の「設計限界（design limit）」（例えば、不具合が生じる伸張可能性の最後の15%の範囲内）において、またはその近傍においてひずみの制限を直ちに増大するように構成することができる。少なくともいくつかの形態については、伸張の制限を、制限器／製品に対する究極の力の等級まで維持することが望ましい。伸張制限に対しては、封入型コンフォーマル電子パッチは、一度に約20%の全体的な伸びにおいて塑性変形を呈し始める可能性がある。すなわち、この例においては、ひずみ制限器は、15%の全体的な伸びにおいて伸張を完全に制限するように設計される。曲げの制限の場合は、対照的に、制限器によって、パッチをそれ自体の上に折り返すことが防止または阻止される。少なくともいくつかの理想的なひずみ制限器の場合には、引張強度は約5lbfより大きく、完全引張前の最大伸びは約15%より小さく、封入された場合に15%伸び

に伸張する力を最小化する。

【0073】

ここで図13A～13Cを参照すると、コンフォーマル電子機器をその中に封入するための「ワッフル」型の可撓なプリント回路ボードアセンブリ（FPCBA）のハウジング1300が示されている。FPCBAハウジング1300によって結果的に得られる封入型コンフォーマル電子デバイスは、図14を参照して以下に述べるようなハイブリッドモールド法およびラミネーション法によって、液体シリコン材料を使用して製作できる。図示のワッフル型設計のFPCBAハウジング1300は、比較し得る非ワッフル型設計（例えば平板形設計）に対して、約23%の伸張力の低減をもたらす。伸張力の比率は、選択されたデュロメータ等級を有する可撓材料を設定することによって調整できることが確認された。例えば、シリコンのデュロメータを50%低減すると、FPCBAハウジング1300における伸張力が約50%低減する結果が得られる。図13～13Cに示すワッフル型設計は、他の利点として、そのアセンブリが受ける可能性がある変形のタイプおよび量を制限することによって、より小さい断面を有する伸縮可能な相互接続体の支持を補助する。

10

【0074】

この例示的なワッフル型ハウジング1300の別の利点は、その中に1つのICデバイスアイランドをも収納しないハウジング部分の材料を最少化しまたは取り除くことによって、材料コストの節減を実現することにある。例えば、FPCBAハウジング1300は、複数の区画室、すなわち、ハウジングの長さに沿って縦方向に間隔配置される第1、第2、第3および第4の部分的に中空のアーチ形の区画室1302～1305を含む。前記各区画室1302～1305は、その中に、1つ以上のICデバイスアイランドまたは他の電子モジュールを収容する。凹部形態の周囲1306が、最初の3つの区画室1302～1304を取り囲み、凹部形態の間隙1307～1309（図13C）が4個の区画室を分離する。平板形の封入設計に比べると（例えば図13Cを図11Dと比べると）、区画室1302～1305の上部およびそれらの間の余剰材料の多くが除去されていることが分かる。図示の実施形態においては、隅を丸め、かつ端部を面取りすることによって、材料消費がさらに節減されている。

20

【0075】

別の注目すべき利点は、ワッフル型の形状によって、設計者が変形を好ましい位置に局所化することが可能になり、それによって、ワッフル型設計のFPCBAハウジング1300が受ける可能性がある変形を制限できるという点である。横方向に向けられた細長い区画室であって、ハウジングのほぼ全幅に延びておりかつ縦方向に間隔配置される区画室を設けることによって、例えば、図13A～13Cの設計は、一般的に、変形を、縦方向の伸張（すなわち主要中心軸 A_L に沿うハウジング1300の延伸）と、縦方向の捩り（すなわち主要中心軸回りの捩り）と、横方向の曲げ（すなわち中心横軸 A_T の回りの屈曲）とに制限する。他のタイプの変形がすべて取り除かれるという訳ではなく、他のタイプの変形は、先に列挙したものに比べて減じられるのである。代わりの構成においては、アーチ形の区画室を、変形が、横軸（副次軸）に沿う伸張、および縦軸（主軸）に沿う曲げに制限されるように再構成（例えば、再形状化、再方位設定および／または再配置）できる。この設計は、アセンブリを平板特性に回復させる弾性力を低減することによって、使用者におけるコンフォーマルデバイスの知覚性を低減することにも寄与する。

30

40

【0076】

図示のように、ワッフル型設計のFPCBAハウジング1300は、約66mmの長さLと、その最も幅広の点において約34mmの主要幅Wと、その最も狭い点（例えば図3Bの中心）において約31mmの副次幅とを有する。ワッフル型設計のFPCBAハウジング1300は、第4区画室1305によって規定される約3.14mmの第1（最大）厚さ T_1 と、第1、第2および第3区画室1302～1304によって規定される約2.64mmの第2（中間）厚さ T_2 と、凹部形態の周囲1306によって規定される約1.22mmの第3（最小）厚さ T_3 とを有する。少なくともいくつかの実施形態の場合、ハ

50

ウジング1300を、次のような材料、すなわち、人間の身体に十分適合するように軟質であり、長期間快適に連続装着でき、生物適合性かつ低刺激性であり、および／または、裂開することがなくまたは内部の電子機器を損傷しない程十分に頑丈である材料から製作することが望ましい。

【0077】

図14は、ハイブリッド射出成形ーラミネーション法によってコンフォーマル電子デバイスを封入するための代表的な方法1400を図解するフローチャートである。上記のように、少なくともいくつかの実施形態の場合、方法1400は少なくとも図14に列挙するステップを含む。しかし、方法1400は、表現されたステップのいくつかを省略し、付加的なステップを追加し、および／または、提示された順序を変更することができる。方法1400は、ブロック1401において、例えばBluestar社のSILBIONE（登録商標）LSR4325の液体シリコン樹脂（liquid silicone resin：LSR）の頂部シートを液体射出成形（liquid injection molding：LIM）するステップから開始される。ブロック1402は、LSRの頂部シート（＃1LSR）を検査するステップを含む。LSRの頂部シートは、手動検査として、または自動化サンプリング法によって、あるいは、IC部品のロボットによる高速外観検査の他の公知の方法または今後開発される方法によって検査することができる。このような部品の検査は、製造者によって工学的審理用として開発された品質受け入れ基準書に従って実施することができる。

【0078】

いくつかの実施形態の場合には望ましくないので、図14においては破線で示されるブロック1403は、LSR頂部シートの接合表面のイソプロピルアルコール（isopropyl alcohol：IPA）による清浄化を含む。少なくともブロック1403が含まれる方法の場合には、LSR頂部シートを、接合面を上にして、例えば清浄なTEXWIPE（登録商標）の上に載せ、次にIPAを表面全域に大量に噴霧し、余剰分は、例えばクリーンルーム用全目的4×4綿TEXWIPE（登録商標）を用いて除去する。続いて、清浄化されたLSR部品を、トレイの上に載せて、例えば少なくとも5分間乾燥させる。次にブロック1404において、LSR底面シートの接合表面をO2プラズマで清浄化する。プラズマ清浄化は、O2プラズマペンを各部品から少なくとも10mm、但し20mmよりは大きくなく離して配置するステップと、全表面が確実にプラズマ照射を受けるようにしながらプラズマを掃引動作においてその表面に作用させるステップとを含むことができる。LSR部品の接合表面のバッチ式のプラズマ清浄化は、自動化または手動方式とすることができる。

【0079】

清浄化ステップの後、ブロック1405において、LSR頂部シートを組み立て治具の中に載置する。非制限的な例として、LSR頂部シート（LSR＃1）を底部組み立て治具の中に載置するが、その際、LSR構成要素が適正に中心に置かれ、かつアルミニウムの組み立て治具と面一になることを確保する。この操作は、LSR頂部シートの多重空所組み立て治具の中へのロボットによる載置または操作者による載置を含むことができる。続いて、ブロック1406において、第1回分の接着剤を、頂部シートの空所の中に配分する。これは、接着剤（例えば、DOW CORNING（登録商標）の3140室温加硫（room temperature vulcanization：RTV）シリコン接着被膜）をLSR部品に（例えば頂部シートの空所の中に）塗布するための空気式接着剤分配器を用いて、接着剤（回分量＃1）を自動または手動で配分するステップを含むことができる。

【0080】

入着する可撓なプリント回路ボードアセンブリ（FPCBA）を受け入れるためにロットペーパーラベラが開始され、入着するFPCBAは、LSRに送られて、蓋および発泡体のインサートを含むトレイ内に受け入れられる。入着するFPCBAは、例えば、すべての部品が搬送され、かつ曲げられまたは大きな損傷を受けることなく受け入れられたこ

とを確認するために、ブロック1407において、手動で、または自動化サンプリング装置によって検査できる。この検査は、すべてのFPCBAアイランドが、不適切に伸張され、圧縮されまたは曲げられることなしに系統的に分離されることを確認するステップを含むことができる。ブロック1408は、いくつかの実施形態の場合には望ましくないで図14において破線で示されているが、これは、FPCBAの頂面および底面のイソプロピルアルコール（IPA）による清浄化を含む。ブロック1408が含まれる少なくともいくつかの方法の場合、FPCBAを、ダイ側の面を上にして清浄なTEXTWIPPE（登録商標）の上に載せる。IPAを表面全域に噴霧し、余剰分は例えば発泡体のブラシを用いて除去する。続いて、FPCBAを裏返し、裏面側にIPAを噴霧して、あらゆる余剰分を、例えば4×4 TEXTWIPPE（登録商標）を用いて除去する。清浄化されたFPCBAを、トレイの上に載せて、例えば少なくとも5分間乾燥させる。次にブロック1409において、FPCBAの両面をO2プラズマで清浄化する。FPCBAの両面のプラズマ清浄化は、O2プラズマペンを少なくとも10mm、但し20mmよりは大きくなく離して配置し、全表面が確実にプラズマに曝露されるようにしながらプラズマを掃引動作においてその表面に作用させることによって行われる。引き続き、FPCBAを裏返し、その逆の面にプラズマ清浄化を繰り返す。FPCBA表面のバッチ式のプラズマ清浄化は、自動化または手動方式とすることができる。

10

【0081】

ブロック1410において、清浄化されたFPCBAを組み立て治具の中に載置する。一例において、FPCBAを、その確実な適正中心載置を確保しながら、ボード面を下にして頂部組み立て治具の中に載置する。多重空所組み立て治具内における接着剤の頂部へのFPCBAの自動化された載置または操作者による載置が利用可能な選択肢である。端部においてFPCBAおよびLSR頂部シートの間から接着剤が絞り出され始めるまで、緩やかな圧力を、例えば綿球を用いて印加する。その後、ブロック1411において、第2回分の接着剤を組み立て治具の中に配分する。このステップは、接着剤（DOW CORNING（登録商標）の3140）をFPCBAの裏面に塗布するために、空気式接着剤分配器を用いて、接着剤（回分量#2）を自動または手動で配分するステップを含むことができる。

20

【0082】

ブロック1412において、図14の方法1400は、例えばBlue star社のSILBIONE（登録商標）LSR4325の液体シリコン樹脂（LSR）の底部シートを液体射出成形（LIM）するステップを継続する。このステップは、LSR頂部シートのLIM（ブロック1401）とほぼ同じ方法で実施することができる。ブロック1413は、LSRの底部シート（#2LSR）の検査を含む。このステップは、ブロック1402に関する前記の方法と同じまたは類似の方法で実施することができる。同様に、ブロック1414に示すように、LSRの底部シートの接合表面のイソプロピルアルコール（IPA）による清浄化を、任意選択肢として実施することができる。続いて、ブロック1415において、LSRの底部シートの接合表面をO2プラズマで清浄化する。ブロック1414および1415に提示されるステップの遂行に関しては、それぞれ、ブロック1403および1404を参照することができる。適正な清浄化が完了すると、LSRの底部シートを、ブロック1416において、組み立て治具の中に載置すると共に、所定位置にロックする。この操作は、LSRの底部シートの組み立て治具の中へのロボットによる載置または操作者による載置を含むことができる。今や反対向きのLSR部品における突起体およびスロットのような補完的な外部のLSR噛み合い形体を使用すると、#2LSR部品がFPCBAアセンブリの上に載せられる。すべての突起体および孔が適正に嵌合していることを確認しながら、突起体を所定の場所に押し込む。

30

40

【0083】

ブロック1417において、多重空所組み立て治具を、ラミネータロールに通して、送り込み、引き出または他の形で搬送する。方法1400のこの部分において、任意選択肢としての保護薄片シートを組み立て治具の上部に載置できる。ブロック1417は、ロ

50

ーラが所望の／所定の高さに確実にセットされるように、反対側の横の側面上のローラ高さを調整するステップを含むことができる。ローラ速度は、ラミネーション法を開始する前に、遅い速度または利用可能な最も遅い速度に設定できる。組み立て治具は、ラミネータロールを、1回だけまたは多数回通過させることができる。完全にまたは部分的に自動化し得る代表的な多数回通過方式の場合には、最初の走行は、例えば、治具を第1方向においてローラに通して送り込むことによって開始され、第2の走行については、治具は、再配置され、続いて再度ローラに通して送り込まれる。第2走行に先立って、ローラ高さを再調整することができる。第2の通過走行と同様に、第3の走行は、最初にローラ高さを再配置して緊締し、治具を再配置し、続いてローラに通して治具を送り込むことによって実施することができる。必要または所望に応じて、1つ以上の追加の通過を実施することができる。

10

【0084】

図14の方法1400は、組み立てられた積層体が治具から取り外され、硬化用として保管されるブロック1418に続く。このステップは、組み立てられた積層体から薄片シートをはぎ取るかまたは他の形で取り外し、組み立てられた積層体を硬化トレイの上に載置するステップを含むことができる。余剰の接着剤が存在する場合（例えば積層体の裏面の上に絞り出された場合）は、いかなる溢出接着剤も切り離して、組み立てられた積層体から取り除くことができる。続いて、組み立てられた部品を、指定された乾燥トレイの上にやさしく載置し、棚の上に、例えば、少なくとも約24時間放置する。続いて、ブロック1419は型抜きを必要とし、ブロック1420において最終検査が付随する。

20

【0085】

1つ以上の型に溢出溝を設けることができる。これは、ラミネーションの間、余剰の接着剤が「潰れて押し出され（squish out）」得るように、あるいは、余剰の接着剤が、他の形で、機能部分の空所を超えて、組み立ておよび硬化後にカット／除去できる周囲の廃棄領域の中に流出し得るようになるためのものである。この溢出溝は、プレスの中に挿入する前に型に加えられる接着剤の量について、過度に正確である必要性を減ずることに役立つ。低モジュラスの接着剤が、液体シリコンゴム（LSR）と電子部品との間の緩衝材として作用し得ることが確認された。また、層状化されたモジュラス構造が、デバイスの信頼性、変形性および感触を変化させることも確認された。ボードを把持し、かつ、そのボードを組み立ての間およびその後に確実に緊張緩和した／応力中立の状態にするために、成形シリコンにおける形体を設けることができる。

30

【0086】

本明細書においては、本発明の種々の実施形態を記述しかつ図解したが、当業者は、本明細書に記述する機能を遂行するための、および／または、その結果および／または1つ以上の利点を得るための多様な他の手段および／または構造を容易に想定するであろう。そして、このような変形態および／または修正のそれぞれは、本明細書に記述する本発明の実施形態の範囲内に属すると考えられる。より一般的には、当業者は、本明細書に記述するすべてのパラメータ、寸法、材料および形態は例示的なものとして意図されており、実際のパラメータ、寸法、材料および／または形態は、本発明の教示が使用される特定の1つまたは複数の用途に応じて変化し得ることを容易に認めるであろう。当業者は、単に日常的な実験によって、本明細書に記述する本発明の特定の実施形態に対する多くの等価物を認めるであろうし、あるいは、確認できる。従って、以上述べた実施形態は例示用としてのみ提示されていること、および、本発明の実施形態は、具体的に記述したものとは異なる形で実践し得ることが理解されるべきである。本開示の本発明の実施形態は、本明細書に記述するそれぞれの個別の特徴、システム、製品、材料、キットおよび／または方法に関する。さらに、このような特徴、システム、製品、材料、キットおよび／または方法が相互に矛盾しなければ、これらのシステム、製品、材料、キットおよび／または方法の2つ以上の任意の組み合わせは本開示の発明の範囲内に含まれる。

40

【0087】

上記の本発明の実施形態は、多くの任意の方法で実施することができる。例えば、いく

50

つかの実施形態は、ハードウェア、ソフトウェアまたはそれらの組み合わせを用いて実施することができる。1つの実施形態の任意の態様が、少なくとも部分的にソフトウェアにおいて実施される場合は、そのソフトウェアのコードは、任意の適切なプロセッサ、またはプロセッサの集合体の上で実行することができる。このプロセッサまたはプロセッサの集合体は、単一のデバイスまたはコンピュータとして用意されたものであれ、あるいは、多重デバイス／コンピュータの中に分散されたものであれ、いずれでも構わない。また、本明細書に記述する技術は、少なくとも1つの実施例が提供された一方法として具現化することができる。方法の一部として遂行される作業は、任意の適切な方法で順序付けることができる。従って、作業が図解の順序とは異なる順序で実施される実施形態を構成することができる。この場合、図示の実施形態においては、いくつかの作業は順次の作業として示されているが、それを同時に遂行することを含むことができる。

10

【0088】

本開示の特定の実施形態および応用を図解しかつ記述したが、本開示は、本明細書に記述するそのものの構造および構成に限定されないこと、および、種々の修正、変更および変形態が、添付の請求項に規定される本発明の本質および範囲から逸脱することなく、以上の記述から明らかになり得ることが理解されるべきである。

【図1】

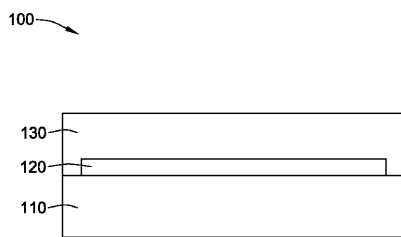


FIG. 1

【図2】

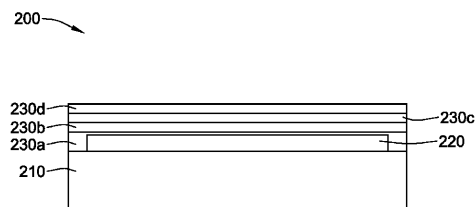
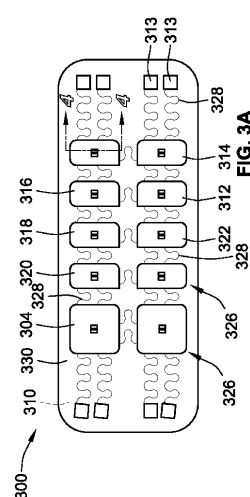
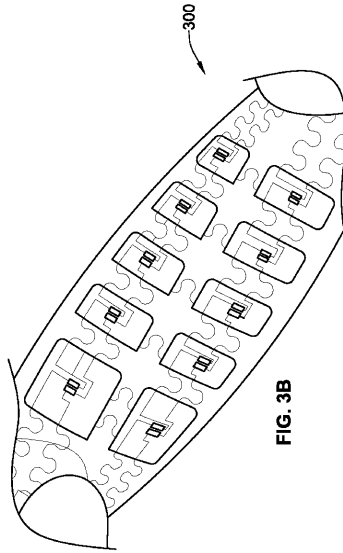


FIG. 2

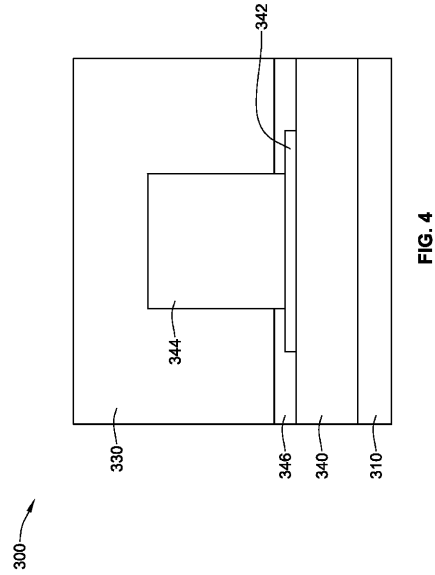
【図3A】



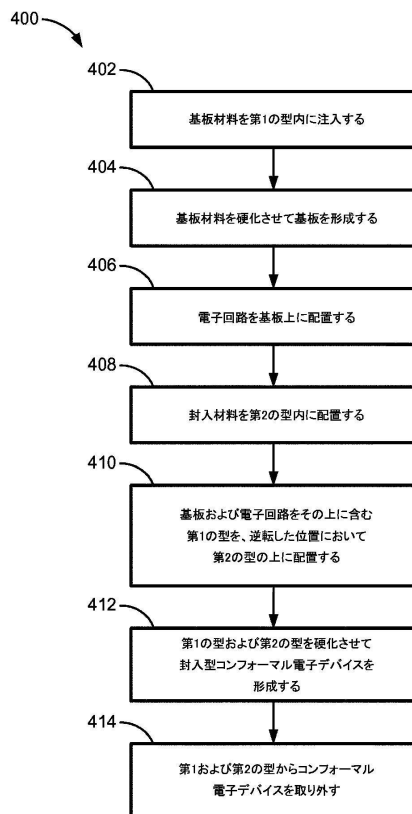
【図 3 B】



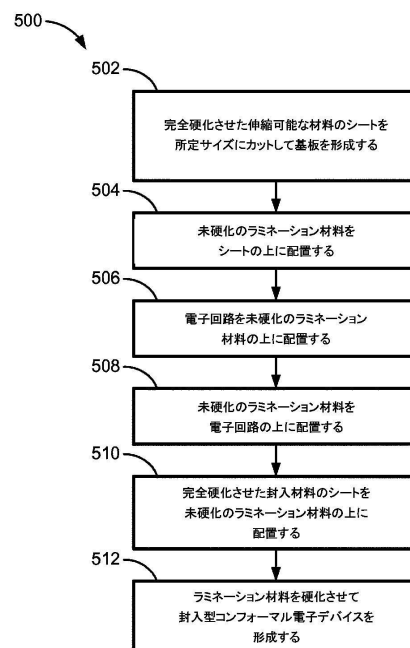
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 7 A】

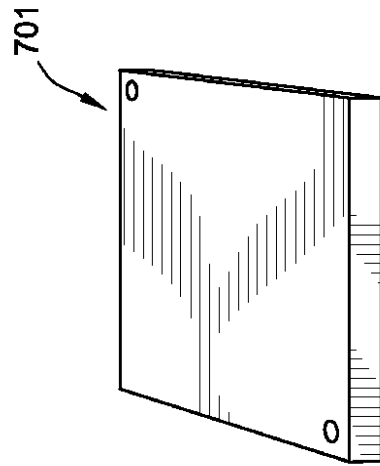


FIG. 7A

【図 7 B】

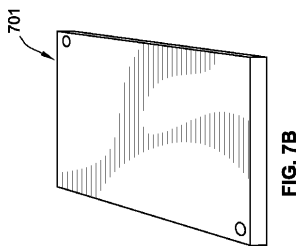


FIG. 7B

【図 7 E】

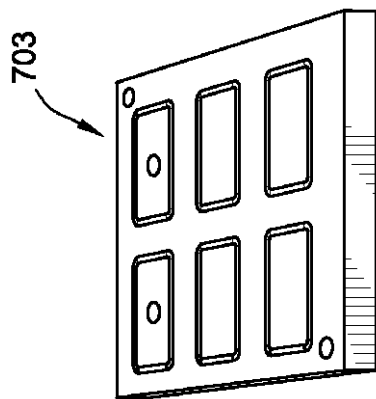


FIG. 7E

【図 7 F】

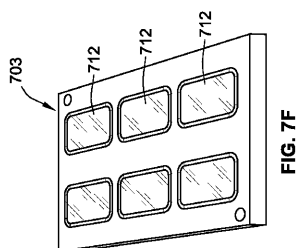


FIG. 7F

【図 7 C】

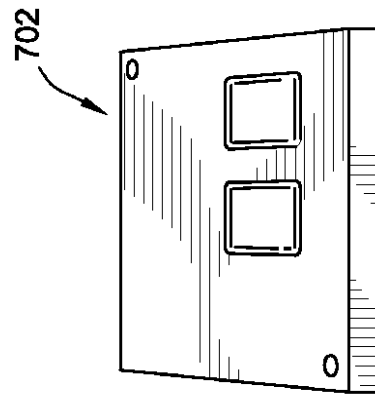


FIG. 7C

【図 7 D】

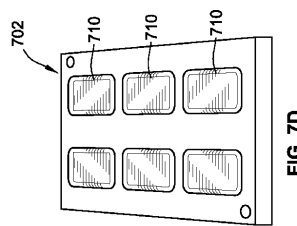


FIG. 7D

【図 8 A】

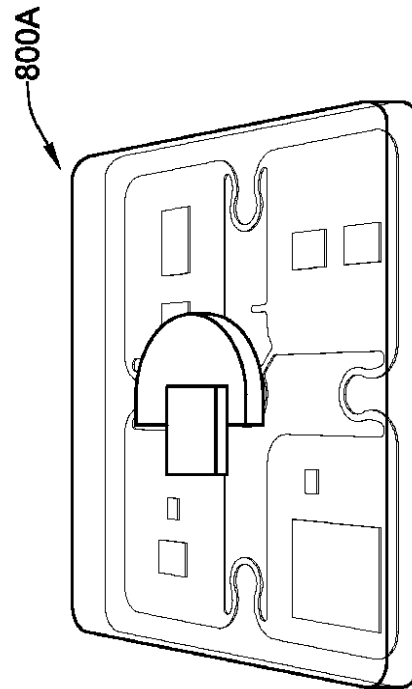


FIG. 8A

【図 8 B】

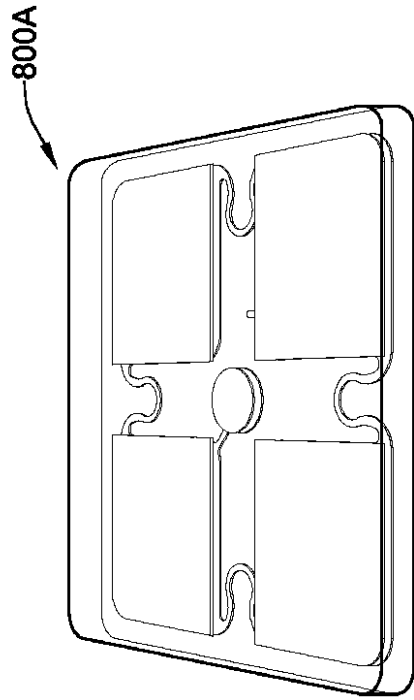


FIG. 8B

【図 8 C】

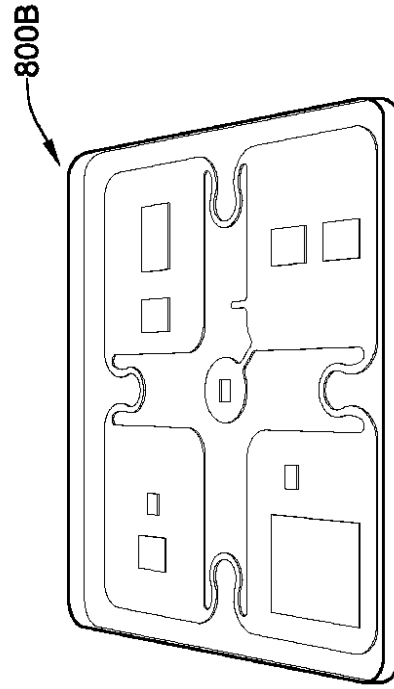


FIG. 8C

【図 8 D】

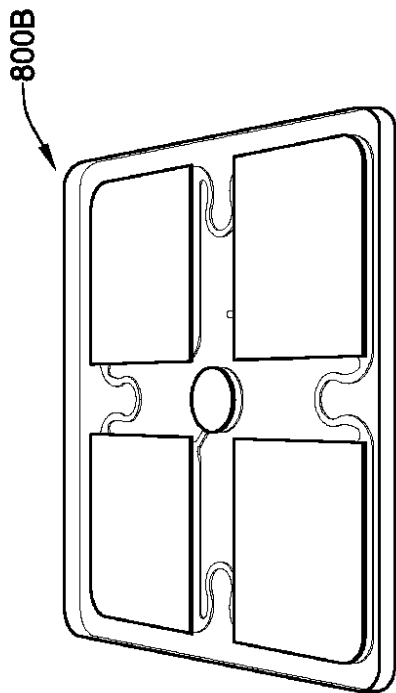


FIG. 8D

【図 9 A】

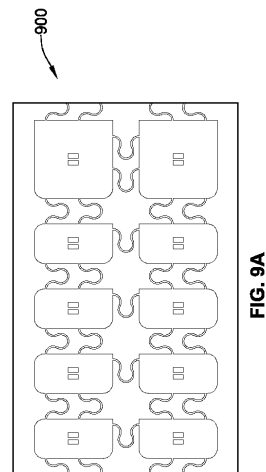


FIG. 9A

【図 9 B】

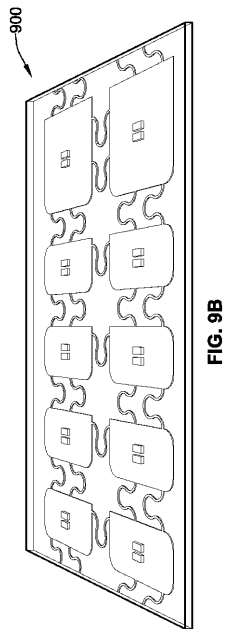


FIG. 9B

【図 10 A】

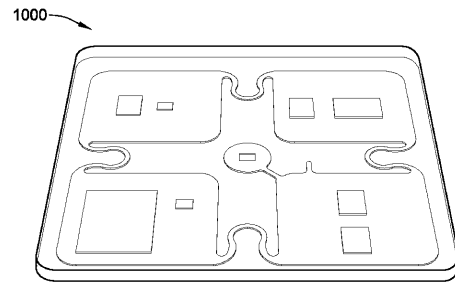


FIG. 10A

【図 10 B】

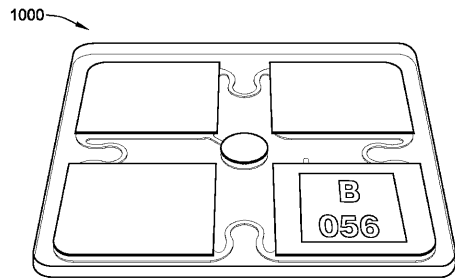


FIG. 10B

【図 11 A】

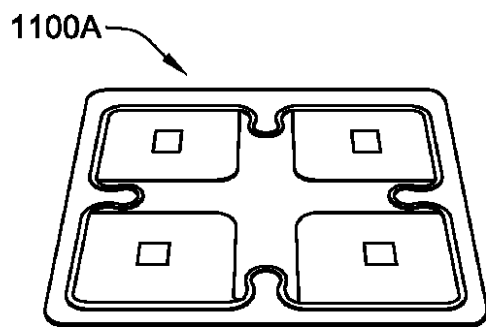


FIG. 11A

【図 11 B】

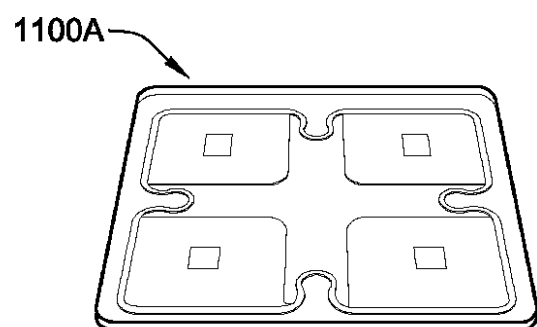


FIG. 11B

【図 11 C】

1100B

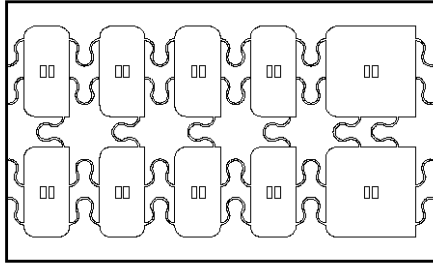


FIG. 11C

【図 11 D】

1100B

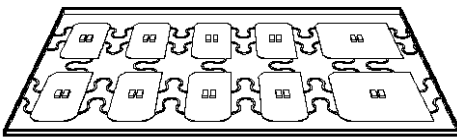


FIG. 11D

【図 11 G】

1100D

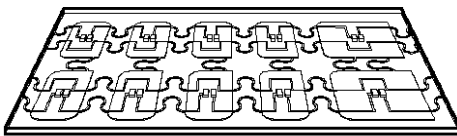


FIG. 11G

【図 11 H】

1100D

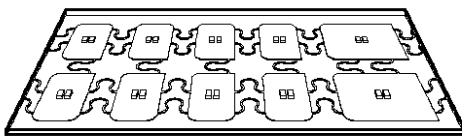


FIG. 11H

【図 11 E】

1100C

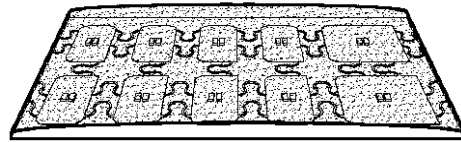


FIG. 11E

【図 11 F】

1100C

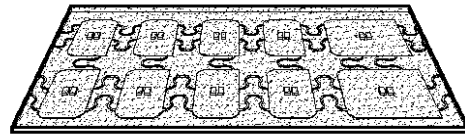


FIG. 11F

【図 12 A】

1200A

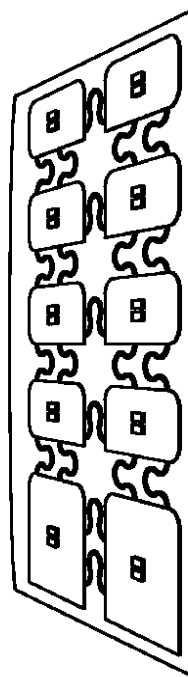
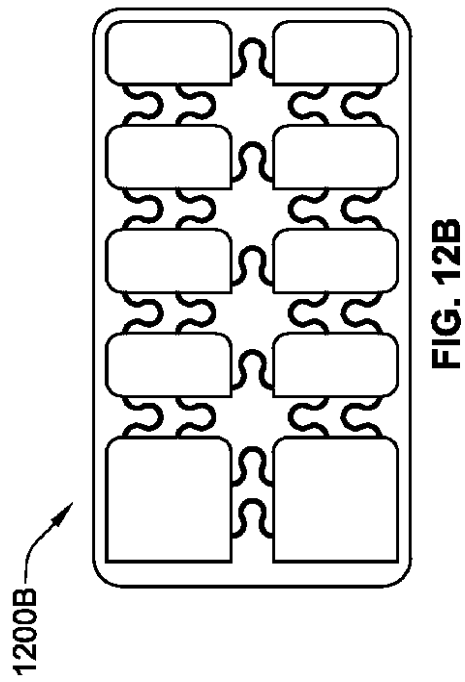
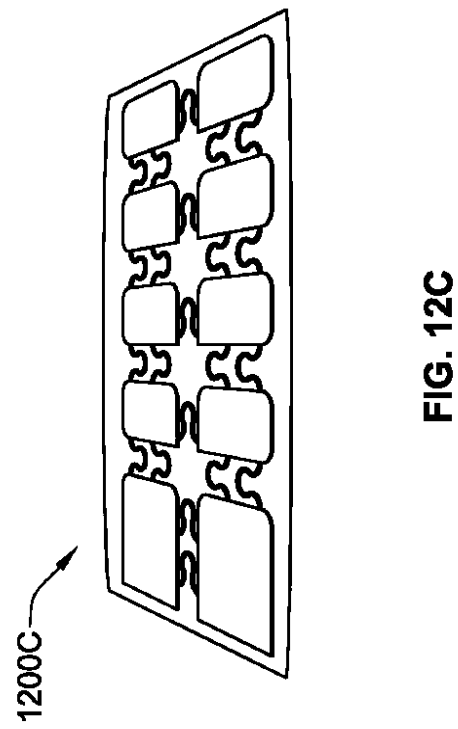


FIG. 12A

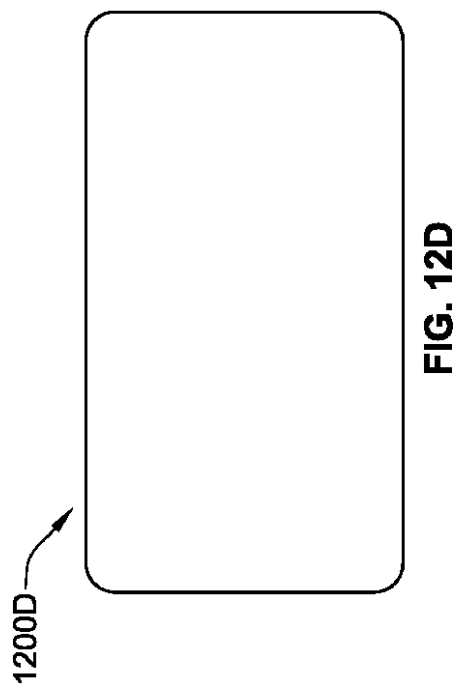
【図 1 2 B】



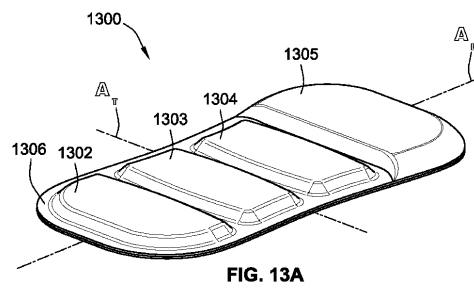
【図 1 2 C】



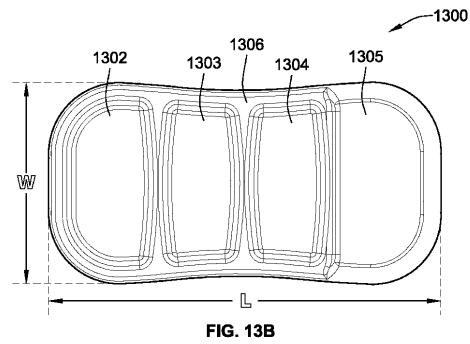
【図 1 2 D】



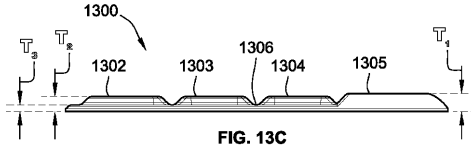
【図 1 3 A】



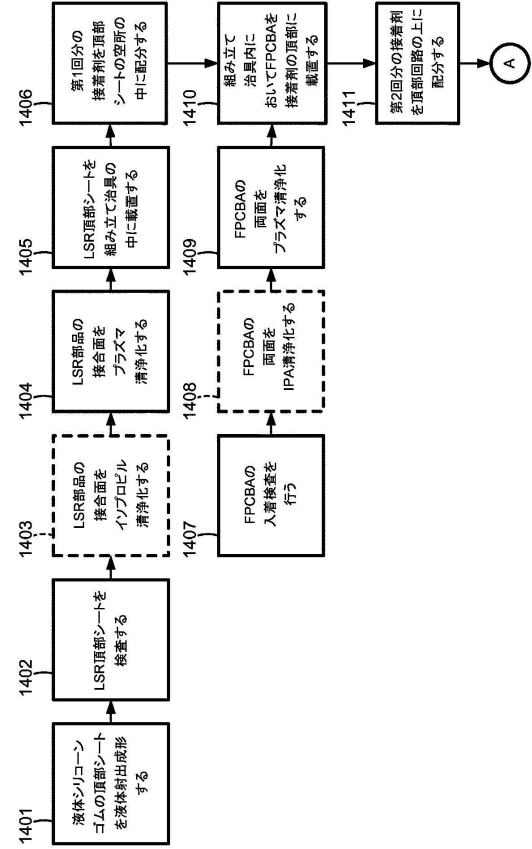
【図 1 3 B】



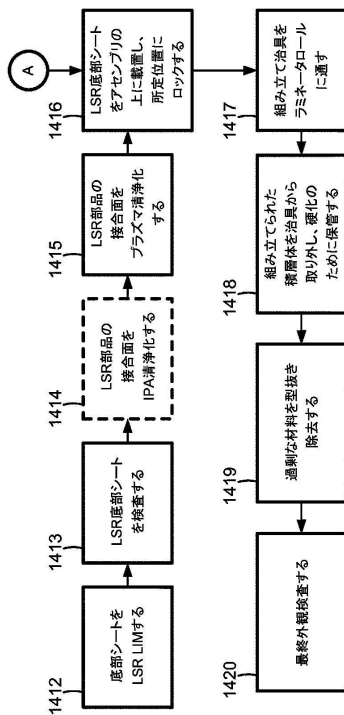
【図 13 C】



【図 14 - 1】



【図 14 - 2】



フロントページの続き

- (72)発明者 マクマホン、ニコラス
アメリカ合衆国 01745 マサチューセッツ州 ボルトン スティル リバー ロード 40
9
- (72)発明者 ワン、シャンヤン
アメリカ合衆国 02140 マサチューセッツ州 ケンブリッジ キャンプ ストリート 9
セカンド フロア
- (72)発明者 エロランピ、ブライアン
アメリカ合衆国 02478 マサチューセッツ州 ベルモント クレセント ロード 7
- (72)発明者 キーン、ブライアン ディ.
アメリカ合衆国 02144 マサチューセッツ州 サマービル ベイ ステート アベニュー
36 アpartment ナンバー1
- (72)発明者 ガーロック、デイビッド ジー.
アメリカ合衆国 03038 ニューハンプシャー州 デリー バラード ロード 38

審査官 秋山 直人

- (56)参考文献 特開平09-201338 (JP, A)
特開2007-042829 (JP, A)
特表2012-515436 (JP, A)
特開2011-082050 (JP, A)
特開2012-134272 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 23/28
H01L 21/56