(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)公表番号
特表2024-516192
(P2024-516192A)
(43)公表日　令和6年4月12日(2024.4.12)

| (51)国際特許分類 | | FI | | | テーマコード（参考） |
|---|---|---|---|---|---|
| *H05K 3/10 (2006.01)* | | H05K | 3/10 | E | 5E343 |
| *H01L 21/60 (2006.01)* | | H01L | 21/60 | 311S | 5F044 |
| *H01L 23/12 (2006.01)* | | H01L | 23/12 | Q | |

審査請求　未請求　予備審査請求　未請求　（全56頁）

(21)出願番号　特願2023-565335(P2023-565335)
(86)(22)出願日　令和4年2月25日(2022.2.25)
(85)翻訳文提出日　令和5年10月23日(2023.10.23)
(86)国際出願番号　PCT/US2022/070850
(87)国際公開番号　WO2022/183217
(87)国際公開日　令和4年9月1日(2022.9.1)
(31)優先権主張番号　63/154,665
(32)優先日　令和3年2月26日(2021.2.26)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(81)指定国・地域　AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,
最終頁に続く

(71)出願人　523342850
リキッド ワイヤ エルエルシー
ＬＩＱＵＩＤ ＷＩＲＥ ＬＬＣ
アメリカ合衆国 ９７２０２ オレゴン州, ポートランド，１７１０ エスイー ブルックリン ストリート
１７１０ ＳＥ Ｂｒｏｏｋｌｙｎ Ｓｔｒｅｅｔ, Ｐｏｒｔｌａｎｄ, Ｏｒｅｇｏｎ ９７２０２ Ｕｎｉｔｅｄ Ｓｔａｔｅｓ ｏｆ Ａｍｅｒｉｃａ
(74)代理人　110000110
弁理士法人 快友国際特許事務所
(72)発明者　ジョージ イー．カルボ ジュニア
アメリカ合衆国 ９７２１９ オレゴン州、 ポートランド、 サウス リバーサイド
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　非常にサスティナブルな回路を製造または使用するための装置、システム、および方法

(57)【要約】
非常にサスティナブルな回路アセンブリを製造および使用するための装置、システム、および方法が開示される。様々な形態において、非常にサスティナブルな回路アセンブリは、基板層と、基板層によって支持される接点パターンと、を含む。接点パターンは、電気部品の少なくとも一つの端子に対応するように構成されてもよい。接点パターンは、変形導電性材料を含んでいてもよい。変形導電性材料は、無害、容易に再生可能、かつ、容易にリサイクル可能な材料であってもよい。
【選択図】図１９

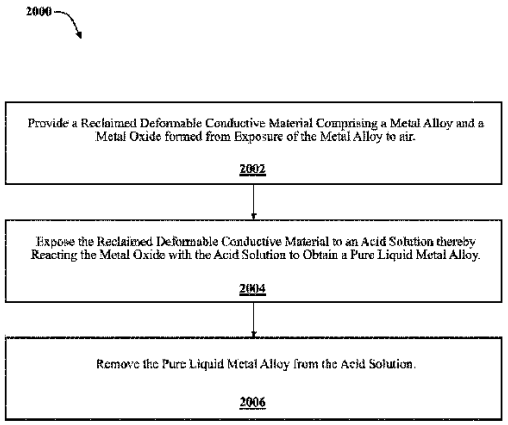



FIG. 19

【特許請求の範囲】
【請求項１】
非常にサスティナブルな回路アセンブリを製造する方法であって、
基板層を用意する工程と、
第１経路パターンが形成された第１スタック層を前記基板層の表面に配置する工程と、
前記第１経路パターンを少なくとも部分的に充填するように、変形導電性材料を積層する工程と、
前記第１スタック層から余分な変形導電性材料を除去する工程と、
前記第１スタック層から除去された前記余分な変形導電性材料を再使用する工程と、を備え、
再使用された前記余分な変形導電性材料の電気抵抗は、前記積層された変形導電性材料の電気抵抗に等しい、
方法。
【請求項２】
前記余分な変形導電性材料を再使用する工程は、
前記余分な変形導電性材料を用いて、前記回路アセンブリの第２スタック層に備えられた第２経路パターンを少なくとも部分的に充填する工程、
前記余分な変形導電性材料を用いて、別の回路アセンブリを製造する工程、または、
それらの組み合わせを備える、請求項１に記載の方法。
【請求項３】
前記第１スタック層から余分な変形導電性材料を除去する工程は、前記第１スタック層の表面から前記余分な変形導電性材料を拭い取る工程、または、前記第１スタック層の前記表面に取り付けられた剥離層から前記余分な変形導電性材料を拭い取る工程を備える、
請求項１に記載の方法。
【請求項４】
電気部品を前記回路アセンブリに取り付ける工程であって、前記電気部品の少なくとも一つの端子は前記第１経路パターンに対応する、前記取り付ける工程と、
前記電気部品の前記少なくとも一つの端子を、はんだ付けすることなく、廃棄物を発生させることなく、および揮発性有機化合物を排出することなく、前記第１経路パターンの少なくとも一部に電気的に結合する工程と、をさらに備える、
請求項１に記載の方法。
【請求項５】
第２経路パターンが形成された第２スタック層を前記第１スタック層の上に配置する工程と、
前記第２経路パターンを少なくとも部分的に充填するように、前記変形導電性材料を積層する工程と、
前記第２スタック層から余分な変形導電性材料を除去する工程と、
前記第２スタック層から除去された前記余分な変形導電性材料を再使用する工程と、をさらに備える、
請求項１に記載の方法。
【請求項６】
導電性要素パターンを備えるサブレイヤを、前記第１スタック層と前記第２スタック層の間に介在させる工程をさらに備える、
請求項５に記載の方法。
【請求項７】
前記変形導電性材料は、無害かつ容易にリサイクル可能な導電性ゲルを備える、
請求項１に記載の方法。
【請求項８】
前記変形導電性材料は、ガリウム合金を備える、
請求項１に記載の方法。

【請求項９】
非常にサスティナブルな回路アセンブリであって、
基板層と、
第１経路パターンが形成された第１スタック層であって、前記第１経路パターンは前記第１スタック層の厚みを貫通して延びており、前記第１経路パターンは変形導電性材料を備える、前記第１スタック層と、を備え、
前記変形導電性材料は、無害かつ容易にリサイクル可能な材料を備える、
回路アセンブリ。
【請求項１０】
前記変形導電性材料を備える前記第１経路パターンは、
電気部品の少なくとも一つの端子に対応するように構成された接点パターン、
トレースパターン、または、
それらの組み合わせを備える、
請求項９に記載の回路アセンブリ。
【請求項１１】
前記電気部品をさらに備える、請求項１０に記載の回路アセンブリ。
【請求項１２】
第２経路パターンが形成された第２スタック層であって、前記第２経路パターンは前記第２スタック層の厚みを貫通して延びており、前記第２経路パターンは前記変形導電性材料を備える、前記第２スタック層をさらに備える、
請求項９に記載の回路アセンブリ。
【請求項１３】
前記第１スタック層と前記第２スタック層の間に介在するサブレイヤであって、導電性要素パターンを備える前記サブレイヤをさらに備える、
請求項１２に記載の回路アセンブリ。
【請求項１４】
前記導電性要素パターンは、前記第２経路パターンに電気的に結合されており、
前記第２経路パターンは、電気部品の少なくとも一つの端子に対応するように構成されている、
請求項１３に記載の回路アセンブリ。
【請求項１５】
前記第２経路パターンの第１部分は、前記第１経路パターンの第１部分と整列しており、
前記変形導電性材料は、前記第１経路パターンの前記第１部分から前記第２経路パターンの前記第１部分まで延びる連続構造を形成している、
請求項１２に記載の回路アセンブリ。
【請求項１６】
第３経路パターンが形成された第３スタック層であって、前記第３経路パターンは前記第３スタック層の厚みを貫通して延びており、前記第３経路パターンは前記変形導電性材料を備える、前記第３スタック層をさらに備える、
請求項１５に記載の回路アセンブリ。
【請求項１７】
前記第３経路パターンの第１部分は、前記第２経路パターンの第２部分と整列しており、
前記変形導電性材料は、前記第１経路パターンの前記第１部分から前記第３経路パターンの前記第１部分まで延びる連続構造を形成している、
請求項１６に記載の回路アセンブリ。
【請求項１８】
第４経路パターンが形成された第４スタック層であって、前記第４経路パターンは前記第４スタック層の厚みを貫通して延びており、前記第４経路パターンは前記変形導電性材

料を備える、前記第４スタック層をさらに備える、
請求項１７に記載の回路アセンブリ。
【請求項１９】
前記第４経路パターンの第１部分が前記第３経路パターンの第２部分と整列しており、
前記変形導電性材料は前記第１経路パターンの前記第１部分から前記第４経路パターンの前記第１部分まで延びる連続構造を形成している、
請求項１５に記載の回路アセンブリ。
【請求項２０】
前記変形導電性材料は、導電性ゲルを備える、
請求項１に記載の回路アセンブリ。
【請求項２１】
前記変形導電性材料は、ガリウム合金を備える、
請求項１に記載の回路アセンブリ。
【請求項２２】
電気部品と、基板層と、変形導電性材料と、を備える非常にサスティナブルな回路アセンブリから材料を再生する方法であって、
前記回路アセンブリから前記電気部品を取り外す工程と、
融解基板層を形成するように、前記非常にサスティナブルな回路アセンブリを前記基板層の融点まで加熱する工程と、
再生変形導電性材料と再生基板層材料を得るように、前記変形導電性材料を前記融解基板層から分離する工程と、
前記再生変形導電性材料をリサイクルする工程と、を備える、
方法。
【請求項２３】
前記回路アセンブリは、接着性材料を備え、
前記方法は、前記回路アセンブリを前記接着性材料のガラス転移温度まで加熱する工程をさらに備え、
前記回路アセンブリから前記電気部品を取り外す工程は、前記回路アセンブリを前記接着性材料の前記ガラス転移温度まで加熱する工程の後に行われる、
請求項１９に記載の方法。
【請求項２４】
前記変形導電性材料は、導電性ゲルを備える、
請求項１９に記載の方法。
【請求項２５】
前記変形導電性材料は、ガリウム合金を備える、
請求項１９に記載の方法。
【請求項２６】
前記再生変形導電性材料は、金属合金と、前記金属合金が空気に曝されることで形成される金属酸化物と、を備え、
前記再生変形導電性材料をリサイクルする工程は、
前記再生変形導電性材料を酸溶液に曝す工程であって、それによって前記金属酸化物と前記酸溶液を反応させ、清浄な液体金属合金を得る、前記曝す工程と、
前記清浄な液体金属合金を前記酸溶液から取り出す工程と、を備える、
請求項１９に記載の方法。
【請求項２７】
前記再生変形導電性材料をリサイクルする工程は、前記清浄な液体金属合金から新たな変形導電性材料を作成する工程をさらに備える、
請求項２３に記載の方法。
【請求項２８】
前記再生変形導電性材料を前記酸溶液に曝す工程は、前記清浄な液体金属合金を得るよ

うに、前記酸溶液内で前記変形導電性材料を攪拌する工程を備える、
請求項２３に記載の方法。
【請求項２９】
前記酸溶液から取り出される前記清浄な液体金属合金の量は、前記再生変形導電性材料を当初作成するために使用された前記金属合金の５５重量％以上である、
請求項２５に記載の方法。
【請求項３０】
前記再生変形導電性材料は微粒子を備え、
前記酸溶液内で前記変形導電性材料を攪拌する工程は、前記微粒子を除去して前記清浄な液体金属合金を得る、
請求項２５に記載の方法。
【請求項３１】
前記金属合金は、ガリウム－インジウム－スズ合金を備え、
前記金属酸化物は、ガリウム酸化物を備える、
請求項２３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「非常にサスティナブルな回路とその製造方法」と題する、２０２１年２月２６日に出願された米国仮出願第６３／１５４，６６５号に基づく優先権を主張するものであり、その開示内容は引用によりすべて本願に援用される。
【０００２】
（技術分野）
本開示は概して電子回路に関する。より具体的には、簡単に分離、再使用、および／またはリサイクル可能な導電性材料、層、および／または接続を有する非常にサスティナブルな電子回路アセンブリに関する。様々な形態において、電子回路アセンブリは有毒または揮発性有機化合物を実質的に含んでおらず、低エネルギー消費および廃棄物量が最小となる方法を用いて製造することができる。
【発明の概要】
【０００３】
以下の概要は本明細書に開示される技術に固有の革新的ないくつかの特徴の理解容易化を目的として提供されており、完全な説明を意図していない。明細書、特許請求の範囲、ならびに要約を全体として捉えることにより、様々な形態についての全体的な理解を得ることができる。
【０００４】
様々な形態において、非常にサスティナブルな回路アセンブリから材料を再生する方法が開示される。ある形態においては、非常にサスティナブルな回路アセンブリは、電気部品と、基板層と、変形導電性材料を含む。別の形態では、方法は、回路アセンブリから電気部品を取り外す工程と、融解基板層を形成するように、非常にサスティナブルな回路アセンブリを基板層の融点まで加熱する工程と、再生変形導電性材料と再生基板層材料とを得るように、変形導電性材料を融解基板層から分離する工程と、を含む。
【０００５】
様々な形態において、再生変形導電性材料をリサイクルする方法が開示される。ある形態において、方法は、金属合金と、金属合金が空気に曝されることで形成される金属酸化物と、を含む再生変形導電性材料を用意する工程と、再生変形導電性材料を酸溶液に曝す工程であって、それによって金属酸化物と酸溶液を反応させ、清浄な液体金属合金を得る、曝す工程と、清浄な液体金属合金を酸溶液から取り出す工程と、を含む。
【０００６】
様々な形態において、非常にサスティナブルな回路アセンブリが開示される。ある形態

において、回路アセンブリは、基板と、基板によって支持される接点パターンと、を含む。別の形態では、接点パターンは、電気部品の少なくとも一つの端子に対応するように構成されており、接点パターンは、変形導電性材料を含む。変形導電性材料は、容易に再生可能な材料を含む。

【０００７】

様々な形態において、非常にサスティナブルな回路アセンブリを製造する方法が開示される。ある形態において、方法は、基板層を用意する工程と、電気部品の少なくとも一つの端子に対応する接点パターンを形成するように、変形導電性材料を基板層に積層する工程と、を含む。別の形態では、変形導電性材料は、容易に再生可能な材料を含む。

【０００８】

様々な形態において、非常にサスティナブルな回路アセンブリが開示される。ある形態において、回路アセンブリは、基板層と、第１経路パターンが形成された第１スタック層と、を含む。別の形態では、第１経路パターンは第１スタック層の厚みを貫通して延びており、第１経路パターンは変形導電性材料を含んでおり、変形導電性材料は容易に再生可能な材料を含む。

【０００９】

様々な形態において、非常にサスティナブルな回路アセンブリを製造する方法が開示される。ある形態において、方法は、基板層を用意する工程と、第１経路パターンが形成された第１スタック層を基板層の表面に配置する工程と、を含み、第１経路パターンは、第１スタック層の厚みを貫通して延びている。別の形態では、方法は、第１経路パターンを変形導電性材料で過充填する工程と、回路アセンブリから余分な変形導電性材料を除去する工程と、余分な変形導電性材料を回収する工程と、を含む。

【００１０】

本開示のこれら並びにその他のオブジェクト、構成、および特徴、ならびに作動方法、構造の要素に関連する機能、パーツの組み合わせ、製造の効率性などは、本明細書を構成する以下の記載、添付の特許請求の範囲、ならびに付随する図面を参照することでより明確となる。この一方で、図面は例示および説明のみを目的としており、本発明を限定定義する意図で提供されていないことを理解されたい。

【００１１】

本明細書に記載されるさまざまな態様は、添付の特許請求の範囲によって具体的に定義される。そのさまざまな態様は、添付の図面とともに参照される以下の記載により、構成、作動方法のいずれについても、その効果を含めて理解されるだろう。

【図面の簡単な説明】

【００１２】

【図１】本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づく回路アセンブリの分解斜視図である。

【図２】本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づく回路アセンブリの部分的分解斜視図である。

【図３Ａ】本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づく図２の回路アセンブリの例示的な実施形態の詳細と態様を示す、図２のＡ－Ａ線に沿った断面図である。

【図３Ｂ】本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づく図２の回路アセンブリの例示的な実施形態の詳細と態様を示す、図２のＡ－Ａ線に沿った断面図である。

【図３Ｃ】本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づく図２の回路アセンブリの例示的な実施形態の詳細と態様を示す、図２のＡ－Ａ線に沿った断面図である。

【図３Ｄ】本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づく図２の回路アセンブリの例示的な実施形態の詳細と態様を示す、図２のＡ－Ａ線に沿った断面図である。

【図３Ｅ】本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づく図２の回路アセンブリの例示的な実施形態の詳細と態様を示す、図２のＡ－Ａ線に沿った断面図である。

【図４】本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づく回路アセンブリの部分的分解斜視図である。

【図５Ａ】本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づく図４の回路アセンブリについて例示的な実施形態の詳細および態様を示す、図４のＢ－Ｂ線に沿った断面図である。
【図５Ｂ】本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づく図４の回路アセンブリについて例示的な実施形態の詳細および態様を示す、図４のＢ－Ｂ線に沿った断面図である。
【図５Ｃ】本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づく図４の回路アセンブリについて例示的な実施形態の詳細および態様を示す、図４のＢ－Ｂ線に沿った断面図である。
【図６】本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づく回路アセンブリの部分的分解斜視図である。
【図７Ａ】本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づく積層回路アセンブリとその製造方法の様々な態様を示す。
【図７Ｂ】本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づく積層回路アセンブリとその製造方法の様々な態様を示す。
【図８Ａ】本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づく積層回路アセンブリとその製造方法の様々な態様を示す。
【図８Ｂ】本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づく積層回路アセンブリとその製造方法の様々な態様を示す。
【図９Ａ】本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づく積層回路アセンブリとその製造方法の様々な態様を示す。
【図９Ｂ】本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づく積層回路アセンブリとその製造方法の様々な態様を示す。
【図１０Ａ】本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づく積層回路アセンブリとその製造方法の様々な態様を示す。
【図１０Ｂ】本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づく積層回路アセンブリとその製造方法の様々な態様を示す。
【図１１Ａ】本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づく積層回路アセンブリとその製造方法の様々な態様を示す。
【図１１Ｂ】本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づく積層回路アセンブリとその製造方法の様々な態様を示す。
【図１２Ａ】本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づく積層回路アセンブリとその製造方法の様々な態様を示す。
【図１２Ｂ】本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づく積層回路アセンブリとその製造方法の様々な態様を示す。
【図１３Ａ】本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づく積層回路アセンブリとその製造方法の様々な態様を示す。
【図１３Ｂ】本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づく積層回路アセンブリとその製造方法の様々な態様を示す。
【図１４Ａ】本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づく積層回路アセンブリとその製造方法の様々な態様を示す。
【図１４Ｂ】本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づく積層回路アセンブリとその製造方法の様々な態様を示す。
【図１５Ａ】本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づく積層回路アセンブリとその製造方法の様々な態様を示す。
【図１５Ｂ】本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づく積層回路アセンブリとその製造方法の様々な態様を示す。
【図１６】本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づく回路アセンブリを示す断面図である。
【図１７】本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づく回路アセンブリを示す断面図である。
【図１８】本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づく非常にサスティナブルな回路アセンブリから材料を再生する方法のフロー図である。

【図１９】本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づく再生変形導電性材料をリサイクルする方法のフロー図である。
【００１３】
複数の図面にわたって対応する参照番号は、それらに対応する部材を示している。文字付きの参照番号（例えば２０Ａ、２０Ｂ等）は、複数の図面にわたって対応する部材のバリエーション例を示し得る。以下に記載の例示は、一つの態様で本開示の多様な態様を示しており、これらの例示は本開示の範囲を限定するものとして解釈されるものではない。
【００１４】
（詳細な説明）
本願は下記する自己の特許出願に関連しており、それらの開示はすべて引用により本願に援用される。
発明の名称が「液状ワイヤ」であり、２０１７年２月２７日に出願され、２０１７年９月８日に国際公開ＷＯ２０１７／１５１５２３Ａ１として公開された国際特許出願ＰＣＴ／ＵＳ２０１７／０１９７６２；
発明の名称が「変形コンダクタを備えた構造」であり、２０１９年８月２２日に出願され、２０２１年８月１０日に米国特許第１１，０８８，０６３号として特許された米国出願第１６／５４８３７９号；
発明の名称が「変形インダクタ」であり、２０２１年３月１４日に出願された米国出願第１７／１９２，７２５号；
発明の名称が「フレキシブル誘導性圧力センサを備えたウェアラブル装置」であり、２０２１年９月３日に出願された国際特許出願ＰＣＴ／ＵＳ２０２１／０７１３７４；
発明の名称が「サスティナブルなインフレータブル回路およびその製造方法」であり、２０２１年９月１３日に出願された米国仮出願第６３／２４３，２０６号；
発明の名称が「伸縮可能かつフレキシブルな金属フィルム構造」であり、２０２１年９月２１日に出願された米国仮出願第６３／２６１，２６６号；
発明の名称が「フレキシブル立体電子部品」であり、２０２１年１０月２２日に出願された米国仮出願第６３／２７０，５８９号；および
発明の名称が「流体充填型回路を作成または使用するための装置、システム、および方法」であり、２０２１年１０月２７日に出願された米国仮出願第３／２７２，４８７号。
【００１５】
本願は、発明の名称が「履物用およびその他の用途のための流体が充填された嚢体」であり、２００４年４月１４日に出願されるとともに２００９年７月２２日に米国特許第７，４０１，３６９号として特許された米国出願第１１／１０７，３５４号にも関連しており、その開示はすべて引用により本願に援用される。
【００１６】
本願に記載の多くの具体的な詳細により、本開示に記載され、添付の図面に示された態様の全体的な構造、機能、製造、および使用に関する詳細な理解を得ることができる。周知の動作、部品、要素については、明細書内に記載の態様が曖昧にならないよう、その詳細は記載していない。本記載の読者は、本願に記載および図示される形態が非限定的態様であり、本開示に記載の具体的な構造上および機能上の詳細が代表的かつ例示的なものであることを理解するであろう。これに対する変形や変更は、本願の特許請求の範囲から逸脱しない範囲で行うことができる。
【００１７】
以下の記載において、同一の参照文字は複数の図面にわたって同一または対応する部材を指している。また、以下の記載において、「前方」、「後方」、「左方」、「右方」、「上方」、「下方」等の表現は便宜上使用されており、限定的表現として理解されないものとする。
【００１８】
本特許書類の開示の一部は、著作権法により保護される内容を含む。著作権者は、本特許開示内容が特許庁所有のファイルまたは記録にある態様でファクシミリ複製されること

に同意するが、その他の場合については本願に開示されるすべての著作権について自身が保有する権利を保留する。

【００１９】

導電性材料を典型的なプリント回路基板に積層する従来の方法は、多くの資源を消費するとともに多量のムダを生じさせる複数の処理を必要とするため、サスティナビリティを欠いていた。例えば、ＦＲ４／銅回路基板を作成する場合には通常、キュアリング、エッチング、ストリッピング、およびはんだ付けの処理が行われるが、これらの処理は電気と水を消費し、使用済み材料や廃棄物を生成する。一例として、エッチングの場合、余分な銅導電体は往々にして、回路基板アセンブリから除去された後は廃棄物として扱われる。さらに、エッチング液、ストリッピング溶剤、はんだドロス、廃水処理汚泥などの使用済み材料は、多くの場合、有害廃棄物となる。

【００２０】

またさらに、はんだ付けに代えて導電性接着剤（例えば、銀エポキシを含む導電性エポキシ）を使用した回路基板の製造方法であっても、サスティナビリティに欠ける場合がある。例えば、導電性エポキシは通常、回路基板アセンブリに塗布されてすぐに硬化する。このキュアリング反応により、キュアリング後にエポキシを再加工すると導電性が劣化することから、余分な導電性エポキシを再加工または再使用することができない。よって、余分な導電性エポキシは多くの場合無駄になっていた。さらに、洗浄液もまた、導電性エポキシを回路基板から除去する際に消費される。

【００２１】

従来の回路基板のサスティナビリティを向上するために、様々な試みが行われてきている。例えば、環境保護庁（ＥＰＡ）は「ワークショップマテリアル：台湾におけるＷＥＥＥマネジメント」と題したサマリー（Workshop Materials on WEEE Management in Taiwan, Handout 10, Oct. 2012）を公開している。この内容のすべては引用により本願に援用され、従来のプリント回路基板に関連した廃棄物の生成とリサイクル処理に関する詳細が提供される。しかしながら、これらのリサイクル処理法はコストが高く時間がかかり、効率的とはいえない。よって、非常にサスティナブルな回路アセンブリを製造および使用する装置、システム、および方法が求められている。そのように非常にサスティナブルな回路アセンブリを製造および使用することで、資源消費を減らすことができるだけでなく、廃棄物を最小化し、製造時に生じる有害副産物を従来の方法と比べて実質的にゼロにすることができる、そして、そのような非常にサスティナブルな回路基板は、無害、容易に再生可能、および／または容易にリサイクル可能な要素を含み得る。これらの無害、容易に再生可能、および／または容易にリサイクル可能な材料は、追加の回路アセンブリの作成時に再使用することができ、新たな原材料の必要量を減らすことができる。本開示はそのような非常にサスティナブルな回路アセンブリを製造および使用するための装置、システム、および方法を開示する。

【００２２】

例えば基板、層、積層体、接点、トレース、および電気部品（例えば、統合回路）等の様々な部品を備えた回路アセンブリを製造および使用するための装置、システム、および方法のいくつかの態様が開示される。本願に開示される特定の回路アセンブリに関して開示される様々な態様（例えば、特徴、部材、材料、方法）は、さらに開示されるその他の回路アセンブリおよび／または方法に対して適用できるとともに、それらと組み合わせることができる。

【００２３】

図１に、本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づく回路アセンブリ１０の分解斜視図が示される。回路アセンブリ１０は、接点パターン１０２を含む基板層１００を備えている。図１の非限定的態様によると、２つの接点１０２が図示されている。しかしながら、別の態様によれば、接点パターン１０２は単接点構造を含む、接点の様々な配置を含み得る。接点パターン１０２は基板１００に支持されていてもよい。接点パターン１０２は容易に再生可能かつ変形可能な導電性材料により形成されていてもよい。

【００２４】
本開示において、「容易に再生可能」という表現は、（ｉ）水等の資源を大量に使用せず、（ｉｉ）比較的低いエネルギー投入量を用いて、および／または（ｉｉｉ）大量の廃材や材料損失を生じさせない技法や方法を使用して、回路アセンブリから材料を再生できることを意味する。大量の廃棄物および／または材料損失を生じさせない方法とは、材料の６０重量％以上、例えばその７０重量％、８０重量％、９０重量％、９５重量％、９６重量％、９７重量％、９８重量％、９９重量％、９９．５重量％、または９９．９重量％以上が再生処理の過程で廃棄および／または失われないものを意味し得る。以下では、図１８を参照して再生処理を例示する。容易に再生可能な材料は、容易にリサイクル可能な材料であり得る。

【００２５】
本明細書で使用される「容易にリサイクル可能」という表現は、材料がさらなる製造のための再使用のために処理可能であることを意味し得る。当初から次の再生材料を生成するために使用された材料の５５重量％以上、例えばその６０重量％、６５重量％、７０重量％、７５重量％、８０重量％、８５重量％、または９０重量％、あるいは９５重量％以上を再処理および再使用できるのであれば、その材料は容易にリサイクル可能であるといえる。容易に再生可能かつ容易にリサイクル可能な材料を再生および再処理することで、新たな基材を作成する必要性を全般的に低減することができる。以下では、図１９を参照して容易にリサイクル可能な材料の例示的なリサイクル処理を説明する。

【００２６】
本願で使用する「変形導電性材料」との表現は、発明の名称が「液状ワイヤ」であり、２０１７年２月２７日に出願され、２０１７年９月８日に国際公開ＷＯ２０１７／１５１５２３Ａ１として公開された国際特許出願ＰＣＴ／ＵＳ２０１７／０１９７６２に開示される材料を意味し得、その開示の全ては、引用により本願に援用される。例えば、変形導電性材料は、液体、ペースト、ゲル、および／または粉末等の様々な状態であってもよく、その他には変形性（例えば、軟性、可撓性、屈曲性、伸縮性、流動粘弾性、ニュートン粘性、または非ニュートン粘性等）を有するものであってもよい。

【００２７】
様々な形態において、変形導電性材料は、電気活性材料、例えば、導電性ゲルを含む変形導電体（ガリウムインジウム合金等）を含み得る。導電性ゲルは、せん断減粘性組成を有してもよく、いくつかの形態においては所望の比率で複数の材料の混合物を含んでいてもよい。

【００２８】
いくつかの態様において、変形導電性材料の粘度は、高せん断下（例えば、運動中）においては約１０～５００パスカル秒（Ｐａ＊ｓ）の範囲内、例えば５０Ｐａ＊ｓ～３００Ｐａ＊ｓの範囲内にあってもよく、および／または約５０Ｐａ＊ｓ、約６０Ｐａ＊ｓ、約７０Ｐａ＊ｓ、約８０Ｐａ＊ｓ、約９０Ｐａ＊ｓ、約１００Ｐａ＊ｓ、約１１０Ｐａ＊ｓ、約１２０Ｐａ＊ｓ、約１３０Ｐａ＊ｓ、約１４０Ｐａ＊ｓ、約１５０Ｐａ＊ｓ、約１６０Ｐａ＊ｓ、約１７０Ｐａ＊ｓ、約１８０Ｐａ＊ｓ、約１９０Ｐａ＊ｓ、または約２００Ｐａ＊ｓであってもよい。いくつかの態様において、変形導電性材料の粘度は、低せん断下（例えば、静止時）において、１，０００，０００Ｐａ＊ｓ～４０，０００，０００Ｐａ＊ｓの範囲内であってもよく、および／または約１０，０００，０００Ｐａ＊ｓ、約２０，０００，０００Ｐａ＊ｓ、約３０，０００，０００Ｐａ＊ｓ、または約４０，０００，０００Ｐａ＊ｓであってもよい。

【００２９】
様々な形態において、導電性ゲルは共晶ガリウム合金とガリウム酸化物の混合物を含んでいてもよく、この共晶ガリウム合金とガリウム酸化物の混合物は、共晶ガリウム合金を５９．９％～９９．９％の範囲内、例えば６７％～９０％の範囲内の重量パーセント（重量％）で含むとともに、ガリウム酸化物を０．１％～２．０％の範囲内、例えば０．２％～１％の範囲内の重量％で含んでいる。例えば、共晶ガリウム合金とガリウム酸化物の混

合物は、６０％、６１％、６２％、６３％、６４％、６５％、６６％、６７％、６８％、６９％、７０％、７１％、７２％、７３％、７４％、７５％、７６％、７７％、７８％、７９％、８０％、８１％、８２％、８３％、８４％、８５％、８６％、８７％、８８％、８９％、９０％、９１％、９２％、９３％、９４％、９５％、９６％、９７％、９８％、９９％、またはそれ以上（例えば９９．９％）の共晶ガリウム合金を含むとともに、０．１％、０．２％、０．３％、０．４％、０．５％、０．６％、０．７％、０．８％、０．９％、１．０％、１．１％、１．２％、１．３％、１．４％、１．５％、１．６％、１．７％、１．８％、１．９％、２．０％のガリウム酸化物を含み得る。

【００３０】

様々な形態において、共晶ガリウム合金は、ガリウム－インジウムまたはガリウム－インジウム－スズを所望の元素比率で含み得る。いくつかの形態において、共晶ガリウム合金は、ガリウムとインジウムを含む。ある形態においては、ガリウム－インジウム合金は、ガリウムを４０～９５％の範囲内の重量％、例えば４０％、４１％、４２％、４３％、４４％、４５％、４６％、４７％、４８％、４９％、５０％、５１％、５２％、５３％、５４％、５５％、５６％、５７％、５８％、５９％、６０％、６１％、６２％、６３％、６４％、６５％、６６％、６７％、６８％、６９％、７０％、７１％、７２％、７３％、７４％、７５％、７６％、７７％、７８％、７９％、８０％、８１％、８２％、８３％、８４％、８５％、８６％、８７％、８８％、８９％、９０％、９１％、９２％、９３％、９４％、または９５％含有している。ある形態においては、ガリウム－インジウム合金は、インジウムを５～６０％の範囲内の重量％、例えば５％、６％、７％、８％、９％、１０％、１１％、１２％、１３％、１４％、１５％、１６％、１７％、１８％、１９％、２０％、２１％、２２％、２３％、２４％、２５％、２６％、２７％、２８％、２９％、３０％、３１％、３２％、３３％、３４％、３５％、３６％、３７％、３８％、３９％、４０％、４１％、４２％、４３％、４４％、４５％、４６％、４７％、４８％、４９％、５０％、５１％、５２％、５３％、５４％、５５％、５６％、５７％、５８％、５９％、または６０％含有している。いくつかの形態において、共晶ガリウム合金は、ガリウムとスズを含んでいる。ある形態において、この合金は、スズを０．００１～５０％の範囲内の重量％、例えば０．００１％、０．００５％、０．０１％、０．０５％、０．１％、０．２％、０．３％、０．４％、０．５％、０．６％、０．７％、０．８％、０．９％、１％、１．５％、２％、３％、４％、５％、６％、７％、８％、９％、１０％、１１％、１２％、１３％、１４％、１５％、１６％、１７％、１８％、１９％、２０％、２１％、２２％、２３％、２４％、２５％、２６％、２７％、２８％、２９％、３０％、３１％、３２％、３３％、３４％、３５％、３６％、３７％、３８％、３９％、４０％、４１％、４２％、４３％、４４％、４５％、４６％、４７％、４８％、４９％、または５０％含有している。

【００３１】

様々な形態において、変形導電性材料は無害な材料であってもよい。本願で使用する「無害な」という用語は、その材料が欧州連合指令２００２／９５／ＥＣ、指令２０１１／６５／ＥＵ、および／または指令２０１５／８６３に基づくＲｏＨＳ（特定有害物質使用制限）（つまりＲｏＨＳ、ＲｏＨＳ２、ＲｏＨＳ３）適合品であることを意味し得る。例えば、いくつかの形態において、無害な材料は、重量％にして０．０１％未満のカドミウム（Ｃｄ）、０．１％未満の鉛（Ｐｂ）、０．１％未満の水銀（Ｈｇ）、０．１％未満の６価クロム（Ｃｒ　ＶＩ）、０．１％未満のポリ臭化ビフェニル（ＰＢＢ）、０．１％未満のポリ臭化ジフェニルエーテル（ＰＢＤＥ）、０．１％未満のフタル酸ビス（２－エチルヘキシル）（ＤＥＨＰ）、０．１％未満のフタル酸ベンジルブチル（ＢＢＰ）、０．１％未満のフタル酸ジブチル（ＤＢＰ）、および０．１％未満のフタル酸ジイソブチル（ＤＩＢＰ）を含んでいてもよい。

【００３２】

本願に開示される変形導電性材料は、容易に再生可能かつ容易にリサイクル可能であり得る。いくつかの形態において、本願に開示される変形導電性材料は非常にサスティナブ

ルだといえる。本願で使用する「非常にサスティナブルな」とは、容易に再生可能であり、および／または、容易に再生可能な内容物を含み、製造するためのエネルギーおよびその他資源が比較的少なく、無害であり、および／または、無害な材料を含み、製造時に有害物質を発生せず、および／または、製造時にその他の廃棄物を発生させない、材料および／または製造物を指してもよい。いくつかの形態において、非常にサスティナブルな変形導電性材料は容易に再生可能であってもよく、無害であってもよく、製造時に実質的なＶＯＣ排出がなく、比較的少量のエネルギー消費で積層可能であってもよく、単一工程によって積層可能であってもよく、天然資源（例えば、水）の消費なく製造、再生、およびリサイクル可能であってもよく、制作時に実質的に廃棄物を生成しなくてもよく、または、これらの組合せであってもよい。いくつかの形態において、非常にサスティナブルな回路アセンブリは、非常にサスティナブルな変形導電性材料を含んでいてもよく、非常にサスティナブルな材料を含む一つまたは複数の層（例えば、基板層、ステンシル層、絶縁層）を有していてもよく、および／または、以下において図７Ａ、７Ｂから図１９を参照して説明する様々な製造技術を使用して作成可能であってもよい。

【００３３】

様々な形態において、変形導電性材料は、「スメア検査」によって判定されるように、回路アセンブリの様々な層および電気部品の端子／接点に対して接着性を有していてもよい。スメア検査は、約１ｃｍ３の変形導電性材料を、層材料または端子／接点材料の検査クーポン上に塗り付けることにより行われる。変形導電性材料は、綿棒（すなわち、Ｑ－Ｔｉｐ$^{TM}$）を用いて検査クーポン上に塗り付けられる。変形導電性材料が気泡の生成なく検査クーポンを覆う場合、変形導電性材料は検査クーポン材料に対して粘着性を発揮する。一方で、変形導電性材料を検査クーポンに塗り付けたことで変形導電性材料にビードが形成され、これによって検査クーポンに気泡が残ってしまう場合は、変形導電性材料は粘着性を発揮していない。例えば、いくつかの変形導電性材料の配合物は変形導電性材料にビードが形成されるような表面張力を有している場合がある。スメア検査は、接着性を検査するための変形導電性材料との接合面を有するすべての材料（例えば、端子、チャネル、リード、接点壁）について、行われるべきである。

【発明を実施するための形態】

【００３４】

再度図１に戻るが、回路アセンブリ１０は電気部品１０４を含んでいてもよい。電気部品１０４は基板１００に支持されていてもよく、一つまたは複数の端子１０６を含んでいてもよい。以下に詳述するが、一つまたは複数の端子１０６は使用される電気部品１０４の種類に応じて様々な配置で構成されていてもよい。接点パターン１０２は、接点パターン１０２が一つまたは複数の端子１０６と整列し、またはそれらに対応するよう、電機部品１０４の端子１０６の数と配置に基づいて構成されていてもよい。図１の非限定的態様によると、一つまたは複数の端子１０６は点線（部分的斜視図）で示されており、電気部品１０４の図１に示す斜視図では視認できない面に配置されている。電気部品１０４の一つまたは複数の端子１０６は、接点パターン１０２の対応する一つまたは複数の部分に接続して電気部品１０４と接点パターン１０２の間に一つまたは複数の電気的接続を形成する。電気部品１０４が基板１００に接着され、取り付けられ、接近し、または支持される形態において、一つまたは複数の端子１０６は、矢印１０８で示すように接点パターン１０２の対応する一つまたは複数の部分に接触してもよい。よって、回路アセンブリ１０の様々な態様は、電気的接続を形成するためのはんだ付けや従来のプロセスを必要とせずに、電気的接続を形成可能であってもよい。

【００３５】

様々な態様において、接点パターン１０２は、例えば、基板の表面に直接的に形成されることによって、基板１００に凹入されることによって、基板１００の上の材料の別の層に形成されることによって、または他の態様で、基板１００に支持されてもよい。電気部品１０４は、例えば、基板１００の表面に直接的に取り付けられることによって、基板１００によって支持される別の部品に取り付けられることによって、例えば接点パターン１

０２に接着されることによって、または他の態様で、基板１００に支持されてもよい。

【００３６】

様々な態様において、回路アセンブリ１０は、変形導電性材料から形成され、基板１００によって支持される再使用可能な導電性トレースのパターン（図示せず）を含み得る。いくつかの態様において、再使用可能な導電性トレースのパターンは、以下に開示されるトレースと同様であり得る。再使用可能な導電性トレースのパターンは、接点パターン１０２と相互接続することができる。ある形態においては、接点パターン１０２と再使用可能な導電性トレースは、同じ変形導電性材料から形成することができる。

【００３７】

図１の様々な構成要素は、容易に再生可能および／または容易にリサイクル可能な多種多様な材料のうちの１つ以上を含み得る。様々な態様において、基板１００は、例えば熱硬化性プラスチック材料、（熱可塑性ポリマー等の）熱可塑性材料、例えば熱可塑性ポリウレタン（ＴＰＵ）、高密度ポリエチレン（ＨＤＰＥ）、ポリエチレンテレフタレート（ＰＥＴ）、ポリ塩化ビニル（ＰＶＣ）、低密度ポリエチレン（ＬＤＰＥ）、ポリプロピレン（ＰＰ）、ポリスチレン（ＰＳ）等、織物、木材、紙、またはその他の断熱材料、またはそれらの組み合わせ等を含み得る。

【００３８】

さらに図１を参照すると、電気部品１０４は、任意の電気的、電子的、電気機械的、および／または電気装置もしくは機能であり得、例えば、集積回路、半導体、トランジスタ、ダイオード、ＬＥＤ、キャパシタ、抵抗器、インダクタ、スイッチ、端子、コネクタ、ディスプレイ、センサ、プリント回路基板、または他の装置もしくは機能であり得る。いくつかの態様において、電気部品１０４は露出状態の部品を含み得る。いくつかの態様では、電気部品１０４は、様々なタイプのパッケージに部分的または完全に封入されていてもよい。電気部品１０４が集積回路および／または半導体を含むいくつかの態様では、以下に詳細に説明するように、様々な種類のパッケージが使用されてもよい。例えば、電気部品１０４は、ベアダイ形態の集積回路を含んでもよい。別の例として、電気部品は、チップスケールデバイスのように、基板に取り付けられているがパッケージに完全には封入されていないダイを含み得る。

【００３９】

さらに図１を参照すると、回路アセンブリ１０は、非常にサスティナブルな回路アセンブリとすることができる。非常にサスティナブルな回路アセンブリ１０は、例えば、熱可塑性ポリマーまたは上記に開示された様々な基板材料のうちの１つ以上などの、容易に再生可能な材料を含む基板層１００を含み得る。非常にサスティナブルな回路アセンブリ１０は、例えば、上記に開示した様々な変形導電性材料のうちの一つまたは複数等の、容易に再生可能な変形導電性材料（例えば、非常にサスティナブルな変形導電性材料）を含む接点１０２を含み得る。様々な態様において、回路アセンブリ１０は、図７Ａおよび図７Ｂから図１９のいずれかに関して以下に詳細に説明する様々な製造技術、再生技術、およびリサイクル技術を使用して製造および／または処理することができる。したがって、非常にサスティナブルな回路アセンブリ１０は、天然資源（例えば、水）を消費することなく、および／または実質的に廃棄物を生成することなく、形成および／または積層、再生、およびリサイクルされ得る構成要素を含み得る。

【００４０】

いくつかの態様において、非常にサスティナブルな回路１０となり得る回路アセンブリ１０の一般的な実施態様を説明したが、他の様々な回路アセンブリについても述べる。上述した回路アセンブリ１０の態様（例えば、基板層１００、接点パターン、１０２、電気部品１０４、一つまたは複数の端子１０６等）のいずれかを、以下に説明する他の様々な回路アセンブリのいずれかに適用してもよい。同様に、以下に説明する様々な他の回路アセンブリの態様のいずれかを、回路アセンブリ１０に適用してもよい。したがって、以下に説明する回路アセンブリのいずれもが、非常にサスティナブルな回路アセンブリとなり得る。

【００４１】
ここで図２を参照すると、本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づいて、回路アセンブリ１２の部分的分解斜視図が示される。図２の非限定的態様によれば、回路アセンブリ１２は、リード１１８Ａ～１１８Ｆ（リード１１８と総称する；リード１１８Ｅ～１１８Ｆは図示せず）の形態の端子を有する表面実装パッケージ内に構成された集積回路（ＩＣ）１１６を含み得る。回路アセンブリ１２は、変形導電性材料を含み、ＩＣ１１６のリード１１８のフットプリントに対応するように配置された接点パターン１１２Ａ～１１２Ｆ（接点１１２と総称する）を含む基板層１１０を含み得る。様々な態様において、接点１１２は、ＩＣ１１６とプリント回路基板との間の電気的接続を行うために従来使用されていたはんだパッドの形状に形成することができる。再使用可能な導電性トレース１１４Ａ～１１４Ｆ（再使用可能な導電性トレース１１４と総称される）は、変形導電性材料から形成されてもよく、それぞれが接点１１２Ａ～１１２Ｆに接続され、基板層１１０の縁まで延びることができる。本明細書でさらに詳細に説明されるように、接点パターン１１２および／または再使用可能な導電性トレース１１４は、図１８および図１９の方法１０００、２０００を介した再使用のために特に構成され得る。再使用可能なトレース１１４は、例えば、集積回路１１６を他の電気部品、回路、端子などに接続するために使用することができる。リード１１８Ａ～１１８Ｆは、矢印１２０で示すように、集積回路１１６が基板１１０に接着されるか、基板１１０に取り付けられるか、基板１１０に近接させられるか、基板１１０の上に配置されるか、または基板１１０によって他の方法で支持されるときに、それぞれ対応する接点１１２Ａ～１１２Ｆに接触する。図２の非限定的な態様において、接点１１２および再使用可能なトレース１１４は、例えば、フレキソ印刷、ブロック印刷、ジェット印刷、３Ｄ印刷、ステンシル転写、スプレーマスキング、押し出し、圧延、ブラッシング、スクリーン印刷、パターン堆積、または任意の他の適切な技術によって、基板層１１０の表面に形成され、基板層１１０よりも上に突出する。

【００４２】
図３Ａから図３Ｅは、本開示の非限定的な態様に従った、回路アセンブリ１２の例示的な態様を示す、図２の線Ａ－Ａに沿った断面図である。特定の接点（すなわち、接点１１２Ｃ、１１２Ｄ）、リード（すなわち、リード１１４Ｃ、１１４Ｄ）、および端子（すなわち、端子１１８Ｃ、１１８Ｄ）が図３Ａから図３Ｅに描かれているが、提示された様々な詳細は、接点、リード、および／または端子の任意の例に適用され得る。したがって、これらの構成要素は、以下では、接点１１２、リード線１１４、および端子１１８と呼ばれる。

【００４３】
ここで図３Ａを参照すると、本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づいて、ＩＣ１１６を基板層１１０に近接させる前の回路アセンブリ１２が示されている。

【００４４】
次に図３Ｂを参照すると、本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づいて、ＩＣ１１６が基板層１１０によって支持され、リード１１８と接点１１２との間にオーミック接触を形成する回路アセンブリ１２が図示されている。ＩＣ１１６は、接着剤層１２２によって基板層１１０に固定されている。図３Ｂの非限定的な態様において、リード１１８は接点１１２の変形導電性材料の一部を変位させている。リード線１１８によって変形導電性材料が変位することで、変形導電性材料をリード線１１８の形状に適合させることができ、接点１１２とＩＣ１１６との間に、さらなる接触表面積および改善された電気的接続を提供することができる。

【００４５】
ここで図３Ｃを参照すると、回路アセンブリ１２は、本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づいて、集積回路１１６、リード線１１８、接点１１２、または再使用可能なトレース１１４の全部または一部、またはそれらの任意の組み合わせを覆う封止材１２４を有している。封止材１２４はさらに、集積回路１１６、リード１１８、および基板層１１０の間の空間を充填してもよい。封止材１２４は、例えば、ポリジメチルシロキサン

（ＰＤＭＳ）等のシリコンベースの材料、ウレタン、エポキシ、ポリエステル、ポリアミド、ワニス、ならびに、保護コーティングを形成可能および／または回路アセンブリ１２を一体的に保持するために利用可能なその他の材料を含み得る。様々な態様において、封止材１２４は、熱可塑性ポリマー（例えば、基板層１１０と同様のポリマー材料）であり得る。したがって、封止材１２４は、非常にサスティナブルな材料を含み得る。

【００４６】

次に図３Ｄを参照すると、本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づいて、ＩＣ１１６が基板層１１０に直接的に接触する回路アセンブリ１２が図示されている。いくつかの態様において、基板層１１０は、ＩＣ１１６を基板層１１０に固定するのに十分な粘着特性を有する、本質的に粘着性または粘着性の材料を含み得る。いくつかの形態において、図３Ｃに関連して上述した封止材１２４は、接着剤１２２を必要とせずにＩＣ１１６を基板層１１０に直接的に固定してもよい。ある形態においては、ＩＣ１１６が基板層１１０に直接的に接触するように回路アセンブリ１２を構成すると、接着剤１２２が使用される回路アセンブリ１２の非限定的な態様と比較して、リード１１８が接点１１２にさらに押し込まれ得る。

【００４７】

次に図３Ｅを参照すると、回路アセンブリ１２は、基板層１１０の表面に取り付けられるとともに接点パターン１１２と基板層１１０との間に位置する材料からなる層１２６を備える。層１２６は様々な機能を果たすことができる。例えば、基板層１１０は、可撓性または伸縮性を有する材料から作られてもよく、この一方で、層１２６はＩＣ１１６または他の電気部品に近接する基板１１０の領域の撓みまたは伸びを抑制するために、比較的剛性の高い、または伸縮性の低い材料から作られてもよい。したがって、層１２６は、基板１１０の撓みまたは伸びに起因して発生し得る集積回路１１６の端子１１８と接点１１２との間の接続不良を抑制する役割を果たすことができる。別の例として、層１２６は、ＩＣ１１６または他の電気部品のためのヒートシンキングまたは放熱機能を果たすことができる。さらに別の例として、層１２６は、基板層１１０の特性よりも大きな粘着特性または高粘質特性を有してもよい。したがって、層１２６は、接着剤１２２の使用の有無に関わらず、ＩＣ１１６または他の電気部品を基板層１１０に固定する役割を果たすことができる。いくつかの態様において、層１２６は、追加的または代替的に、ＩＣ１１６が取り付けられる基板層１１０の表面とは反対側の基板層１１０の表面に配置されてもよい。いくつかの態様では、層１２６は追加的または代替的に基板内に配置されてもよい。いくつかの態様では、層１２６は、追加的または代替的に、回路アセンブリ１２の他の場所に配置されてもよい。層１２６は、材料の連続シートとして形成されてもよいし、例えば接点１１２、再使用可能なトレース１１４、集積回路１１６、または他のコンポーネントのいずれかまたはすべてのための開口部を有するようにパターン化されてもよい。層１２６は、例えば、ＴＰＵ、ガラス繊維、ＰＥＴ、ポリイミド（ＰＩ）、またはＢステージ樹脂フィルムなどの材料を含み得る。様々な態様において、層１２６は、熱可塑性ポリマー（例えば、基板層１１０と同様のポリマー材料）を含み得る。このように、層１２６は非常にサスティナブルな材料を含み得る。

【００４８】

ここで図４を参照すると、本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づいて、回路アセンブリ１４の部分的分解斜視図が示される。回路アセンブリ１４は、基板層１２８と、接点パターン１２６Ａ～Ｆ（総称して接点１２６）と、再使用可能なトレース１３０Ａ～Ｆ（総称して再使用可能なトレース１３０）と、端子１３４Ａ～１３４Ｆ（総称して端子１３４）を含むＩＣ１３２と、を含み得る。回路アセンブリ１４は、回路アセンブリ１４の接点１２６およびトレース１３０が、変形導電性材料で部分的または完全に充填された基板層１２８の凹部によって形成され得ることを除いて、図２の回路１２と同様であってもよい。基板層１２８の接点１２６の凹部は、機械光学装置（例えば、レーザー）、化学装置、電気装置、超音波装置、または他の装置またはそれらの組合せを用いて、穿孔、ルーティング、エッチング、切断、または材料を除去する他の方法によって、基板層１２

８のシート材料の一部を除去することによって形成されてもよい。代替的または追加的に、基板層１２８は、成形、鋳造、３Ｄ印刷、または他の成形プロセスを介して、接点１２６の凹部とともに形成されてもよい。変形導電性材料は、印刷、ステンシル転写、噴霧、圧延、ブラッシング、および凹部内に材料を積層するための任意の他の技術を含む上述のプロセスのいずれかを介して、接点１２６の凹部内に積層させることができる。さらに、接点１２６の凹部は変形導電性材料で過充填されてもよく、その後に、スクレイピング、圧延、ブラッシングなどを含む任意の適切な技術を用いて、変形導電性材料が基板層１２８の周囲の表面と面一になるか、それを超えて突出する（すなわち、過剰充填）か、あるいは内部に凹む（すなわち、過小充填）ように、余分な材料が除去されてもよい。これについては、以下でさらに詳細に説明する。

【００４９】

図５Ａから図５Ｃは、本開示の非限定的な態様に従った、回路アセンブリ１４の例示的な態様を示す、図４の線Ｂ－Ｂに沿った断面図である。特定の接点（すなわち、接点１２６Ｃ、１２６Ｄ）、リード（すなわち、リード１３０Ｃ、１３０Ｄ）、および端子（すなわち、端子１３４Ｃ、１３４Ｄ）が図５Ａから図５Ｃに示されるが、場合により、提示された様々な詳細は、接点、リード、および／または端子の任意の例に適用され得る。したがって、これらの構成要素は、以下、接点１２６、リード１３０、および端子１３４と称する。

【００５０】

図５Ａを参照すると、本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づいて、ＩＣ１３２を基板層１２８に近接させる前の回路アセンブリ１４が示されている。

【００５１】

次に図５Ｂを参照すると、本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づいて、ＩＣ１３２が基板層１２８によって支持され、リード１３４と接点１２６との間にオーミック接触を形成する回路アセンブリ１４が図示されている。いくつかの態様では、ＩＣ１３２は、図３Ｄの基板層１１０に関して上記で説明したように、例えば接着性を有する面を含み得る基板層１２８に、直接的に取り付けられる。あるいは、ＩＣ１３２は、例えば図３Ｂから図３Ｅに関して上述したような接着剤または他の適切な技術を用いて基板に取り付けられてもよい。図５Ｂの非限定的な態様では、リード１３４は接点１２６に向けて突出し、変形導電性材料の一部を変位させる。リード線１３４による変形導電性材料の変位により、変形導電性材料をリード線１３４の形状に適合させることができ、接点１２６とＩＣ１３２との間にさらなる接触表面積および改善された電気的接続を提供することができる。

【００５２】

図２、図３Ａから図３Ｅ、図４、および図５Ａから図５Ｂの非限定的な態様において、それぞれのＩＣは、表面実装パッケージ、例えばＳＯＴ２３－６（Ｓｍａｌｌ　Ｏｕｔｌｉｎｅ　Ｔｒａｎｓｉｓｔｏｒ，６リード型）パッケージとして図示されている。もちろん、（例えば、図１の電気部品１０４に関して上記に開示されるように）任意の他のタイプのＩＣパッケージおよび電子部品が、本明細書に開示される回路アセンブリと共に使用されてもよい。例えば、ここで図５Ｃを参照すると、回路アセンブリ１４は、本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づいて、（ＩＣ１３２の代わりに）チップスケールパッケージ１３６を集積回路として使用している。チップスケールパッケージ１３６は、はんだバンプ１３８を含む。リード１３４と同様に、はんだバンプ１３８は、接点１２６とオーミック接触を形成することができる。

【００５３】

様々な態様において、リードレスチップキャリアは、本明細書に開示される回路アセンブリと共に使用されてもよい。リードレスチップキャリアは、変形導電性材料パターンを乱すことなく、開示された接点のいずれに対しても良好なインターフェースを提供する平坦なリード面を持った端子を有し得る。他の態様では、突出したはんだ構造を有するパッケージ、例えば、ボールグリッドアレイ（ＢＧＡ）およびウェーハレベルチップスケール

パッケージ（ＷＬ－ＣＳＰ）、例えば、図５Ｃに示すチップスケールパッケージ１３６、ならびに、わずかに突出したリードを有するパッケージ、例えば、リード付きチップキャリアが、本明細書に開示する回路アセンブリとともに使用されてもよい。突出したはんだ構造またはリードを有するパッケージが使用されてもよい。これは、変形導電性材料が、突出したはんだ構造またはリードを接点に沈み込ませて、パターンを破壊する程には変形導電性材料を変位させずに、信頼性の高いオーミック接続を形成することができるからである。

【００５４】

図６を参照すると、本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づいて、回路アセンブリ１６の部分的分解斜視図が示される。回路アセンブリ１６は、基板層１４０と、接点パターン１４４Ａ～Ｆ（総称して接点１４４）と、再使用可能なトレース１４６Ａ～Ｆ（総称して再使用可能なトレース１４６）と、端子１５０Ａ～１５０Ｆ（総称して端子１５０）を含むＩＣ１４８と、を含み得る。回路アセンブリ１６は、材料の層１４２が、接点１４４および再使用可能なトレース１４６のパターンの形成後であって集積回路１４８の取り付け前の段階において基板層１４０の表面に取り付けられることを除いて、図４の回路アセンブリ１４と同様であってもよい。層１４２は、例えば、図３Ｅの非限定的態様における層１２６と同様であってもよい。図６の非限定的な態様によれば、層１４２は、接点１４４のための開口部１５２Ａおよび１５２Ｂを含む。しかしながら、層１４２は、実施され得る接点１４４の様々なパターンを露出させるために、任意の数およびパターンの開口部を含み得る。

【００５５】

パッケージ化された集積回路および他のデバイスに加えて、露出状態の集積回路ダイ、および他のコンポーネントが、本明細書に開示される回路アセンブリと共に使用され得る。例えば、ボンディングパッドまたはコンタクトパッドを含むＩＣダイは、ダイ上のボンディングパッドまたはコンタクトパッドのパターンに対応する、面一または突出する接点パターンを有する基板層に取り付けることができる。いくつかの形態において、ベア集積回路ダイは、ボンディングパッドまたはコンタクトパッドが接点を含む基板の表面に対向するように取り付けられてもよい（例えば、ダイは上下逆に取り付けられてもよい）。このような実装により、接点の変形導電性材料がボンディングパッドまたはコンタクトパッドとオーミック接続を形成することができる。

【００５６】

変形導電性材料は、一般に、図４、図５Ａから図５Ｃ、および図６の回路アセンブリ１４および１６のように、基板の表面と面一となるように示されているが、変形導電性材料は、追加的または代替的に、基板層１２８、１４０の表面より内側に（すなわち、その中に凹入して）形成されてもよいし、基板層１２８、１４０の表面よりも高く（すなわち、その外に突出して）形成されてもよい。いくつかの態様において、変形導電性材料は、例えば、接点１２６、１４４の凹部の一部または全部を材料で部分的にのみ充填することによって、あるいは、スクレイピング、ブラッシング、ガウジング、エッチング、蒸発等によって一部の材料を除去することによって、基板層１２８、１４０の表面より低く形成されてもよい。いくつかの態様では、変形導電性材料は、パターン積層、ステンシル転写、様々な形態の印刷などによって、基板層１２８の表面よりも高く形成することができる。いくつかの非限定的な態様では、変形導電性材料は、接点１２６、１４４の凹部パターンに一致するパターンを有する剥離層を使用することにより、基板層１２６、１４４の表面よりも高く形成されてもよい。剥離層は、基板層１２８、１４０の上に配置されてもよく、凹部パターンは、過充填されてもよく、その後に、剥離層の上面と面一となるように削られてもよい。その後、剥離層を除去して、後述する態様で突出した変形導電性材料を形成してもよい。

【００５７】

図２、図３Ａから図３Ｅ、図４、図５Ａから図５Ｃ、および図６は概して、基板層の表面上、または基板層内に部分的に延在する回路アセンブリ１２、１４、１６の接点および

再使用可能なトレースを示す。本開示の様々な態様において、本明細書に記載の回路アセンブリは、一部またはすべての接点および／または再使用可能なトレースが基板層の厚み全体を貫通して延びるように構成され得る。例えば、接点は、基板層を貫通するビアとして実装され得、このビアは、後述するように、スタック層として機能し得る。

【００５８】

いくつかの態様において、非常にサスティナブルな回路とすることができる回路アセンブリ１０、１２、１４、および１６の一般的な実施態様を説明したが、本開示は、他の様々な回路アセンブリおよびその製造方法についても述べる。以下に説明する他の様々な回路アセンブリは、変形導電性材料を含むように構成された経路を含むスタック層を有する。上述した回路アセンブリ１０、１２、１４、および１６の態様（例えば、基板層、接点パターン、電気部品（例えば、ＩＣ）、一つまたは複数の端子等）のいずれかを、以下に説明する他の様々な回路アセンブリのいずれかに適用してもよい。同様に、以下に説明する様々な他の回路アセンブリの態様、およびそれらの製造方法のいずれかを、上記の回路アセンブリ１０、１２、１４、および１６に適用してもよい。

【００５９】

図７Ａおよび図７Ｂから図１５Ａおよび図１５Ｂは、本開示の非限定的な態様に基づいて、様々な中間回路アセンブリおよび最終的な回路アセンブリを示す。いくつかの態様において、図７Ａおよび図７Ｂから図１５Ａおよび図１５Ｂは、中間回路アセンブリおよび最終的な回路アセンブリを製造する方法のための様々なステップに対応し得る。図７Ｂ、図８Ｂ、図９Ｂ、図１０Ｂ、図１１Ｂ、図１２Ｂ、図１３Ｂ、図１４Ｂ、および図１５Ｂは、それぞれ、図７Ａ、図８Ａ、図９Ａ、図１０Ａ、図１１Ａ、図１２Ａ、図１３Ａ、図１４Ａ、および図１５Ａの断面図である。

【００６０】

ここで図７Ａを参照すると、本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づいて、基板層２５０を第１スタック層２５２に積層する前の回路アセンブリ２０Ａの斜視図が示されている。図７の非限定的な態様では、第１スタック層２５２はステンシル層として示されている。他の態様では、第１スタック層２５２は絶縁層であってもよい。いくつかの態様において、回路アセンブリ２０Ａは、第１スタック層２５２に設けられた剥離層２５４を含み得る。図７Ｂは、図７Ａの線Ｃ－Ｃに沿った断面図である。図７Ａおよび図７Ｂは、非常にサスティナブルな回路アセンブリを製造するための初期ステップまたは中間ステップに対応し得る。基板層２５０および第１スタック層２５２、ならびに図８Ａおよび図８Ｂから図１５Ａおよび図１５Ｂに示される任意の追加のスタック層（例えば、層２７０、２７６、２８２など）は、図１の基板層１００に関して上記説明で開示された材料から作製されてもよい。例えば、基板層２５０および第１スタック層２５２は、ＴＰＵなどの容易にリサイクル可能なポリマー材料から作製されてもよい。基板層２５０は、一般に、途切れ目のないシート状の材料であってよく、この一方で、第１スタック層２５２および剥離層２５４は、変形導電性材料を収容するように構成された一つまたは複数の経路パターン（例えば、開口部、チャネル２５６、２５８）を含んでもよい。様々な態様において、経路２５６、２５８は、マスクまたはステンシルを作成するために使用される材料シートの厚みを切り抜いたチャネルであり得、これにより、第１スタック層２５２（例えばステンシル層）を作成することができる。剥離層２５４は第１スタック層２５２より薄くてもよく、第１スタック層２５２の上に積層されてもよい。

【００６１】

様々な形態において、剥離層、例えば剥離層２５４は、本明細書に開示される様々な回路アセンブリの製造過程において適用され、除去されてもよい。いくつかの態様では、剥離層は、回路アセンブリの製造過程において生成される唯一の実質的な「廃棄物」であってもよい。そのため、剥離層を含まない回路アセンブリの設計および材料が優先されてもよい。

【００６２】

しかしながら、様々な態様において、以下に説明する接点構成を実現するために、例え

ば、剥離層を用いて本明細書に開示する様々な回路アセンブリを製造することが望ましい場合がある。製造時に剥離層を使用する場合、剥離層は、容易にリサイクル可能な材料、例えば、シリコン化もしくは非シリコン化ＰＥＴフィルム、またはシリコン化もしくは非シリコン化紙ベース剥離フィルムから形成することができる。これらの剥離層をリサイクルする方法は、２０１４年９月３０日に公開された、「廃棄フィルムをリサイクルするプロセスおよびこれから製造された物」と題された米国特許公開第８８４２８４０号に記載されており、その開示の全ては、引用により本願に援用される。これらのリサイクルプロセスのための方法もまた、例えば三菱により、Ｒｅｐｒｏｃｅｓｓ™という名称で商品化されている。したがって、容易にリサイクル可能な剥離ライナーを含み、および／または容易にリサイクル可能な剥離ライナーを使用して製造される回路アセンブリは、非常にサスティナブルな回路アセンブリとなり得る。

【００６３】

再び図７Ａおよび図７Ｂを参照すると、経路２５６、２５８は、例えば、レーザ切断、穴あけ、ルーティング、ダイ切断、ウォータージェット切断等の除去技術を用いて、第１スタック層２５２と、場合によっては剥離層２５４と、に形成されてもよい。他の態様では、第１スタック層２５２および／または剥離層２５４、したがって経路２５６、２５８は、３Ｄ印刷、パターン積層、成形（射出、プレス）等の付加製造技術を用いて形成されてもよい。これらの技術は、図８Ａおよび図８Ｂから図１５Ａおよび図１５Ｂに関して以下に開示される追加のスタック層（例えば、スタック層２７０、２７６、２８２など）を形成するために同様に適用されてもよい。

【００６４】

様々な形態において、本明細書に開示される回路アセンブリの層を形成するために使用される技術は、（例えば、経路などを切断することに起因して）スクラップを生成することがある。生成されるスクラップの量は、経路の寸法が小さいために少量の材料しか除去する必要がないことから、比較的少量であり得る（例えば、経路寸法は、一般に、ミクロンスケールの幅および／または深さ、例えば、８０～４００ミクロンの範囲内の幅および／または深さを有していてもよい）。上記に関わらず、本明細書に開示される回路アセンブリの層は容易に再生可能で容易にリサイクル可能な材料を含み得るので、層を形成する間に生成されるスクラップは、回収され、再処理され、その後に行われる層および／または回路アセンブリの製造において使用されてもよい。

【００６５】

図８Ａを参照すると、本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づいて、基板層２５０を第１スタック層２５２に積層した後の回路アセンブリ２０Ｂの斜視図が示されている。図８Ｂは、図８Ａの線Ｄ－Ｄに沿った断面図である。図８Ａおよび８Ｂは、非常にサスティナブルな回路アセンブリを製造するためのステップに対応し得る。後続の製造ステップの前に、基板層２５０および第１スタック層２５２は、任意の適切なプロセスおよび／または材料を用いて、互いにボンディングされ、融着され、または一体的にキュアリングされ、またはその他の方法で互いに接続されてもよい。例えば、いくつかの態様において、基板層２５０および第１スタック層２５２は、（例えば、インデックスピンを使用して）積層位置に位置決めされ得る。いくつかの形態において、基板層２５０および第１スタック層２５２は、ＴＰＵまたは他の熱可塑性材料から作製することができ、熱および圧力を用いて一体的に接着され得る。いくつかの態様において、基板層２５０および／または第１スタック層２５２は、本質的に粘着性のある材料、例えば、ｂステージ樹脂材料または脂肪族ＴＰＵフィルム（例えば、Ｈｕｎｔｓｍａｎ　Ｋｒｙｓｔａｌｆｌｅｘ™）から作製することができる。いくつかの態様において、基板層２５０および第１スタック層２５２は、自己接着および圧力によって一体的に接着され得る。いくつかの態様において、基板層２５０および／または第１スタック層２５２は、ＵＶ硬化性材料から作製することができ、積層後にＵＶ光源に曝され得る。積層の過程で基板層２５０と第１スタック層２５２をボンディングすることにより、基板層２５０と第１スタック層２５２の間の界面においてチャネル２５６および２５８が封止されてもよく、以下に説明するように、変

形導電性材料を積層する際に漏れがないことが保証されてもよい。変形導電体の漏れは、追加的または代替的に、他の方法、例えば、漏れを抑制するように変形導電性材料の配合物を構成すること（例えば、変形導電性材料のレオロジーパラメータを調整すること）、道具を使用すること（例えば、層をクランプすることおよび／またはピンを使用すること）、ならびに、回路アセンブリの製造中に使用される動作パラメータを調整すること（例えば、拭い取り動作の印加圧力を調整すること）によって抑制されてもよい。

【００６６】

図９Ａを参照すると、第１スタック層２５２のチャネル２５６および２５８を変形導電性材料２６０で過充填した後の回路アセンブリ２０Ｃの斜視図が示されている。図９Ｂは、図９Ａの線Ｅ－Ｅに沿った断面図である。図９Ａおよび図９Ｂは、非常にサスティナブルな回路アセンブリを製造するためのステップに対応し得る。変形導電性材料２６０は、図１に関して上記で開示した変形導電性材料のいずれかを含んでもよい。様々な態様において、変形導電性材料２６０は、容易に再生可能および／または非常にサスティナブルであってもよく、したがって、回路アセンブリ２０を非常にサスティナブルな回路レイアップとすることができる。例えば、変形導電性材料２６０は、上記で開示した導電性ゲル（例えば、ガリウムインジウム合金）を含み得る。チャネル２５６、２５８に対する変形導電性材料２６０の過充填は、任意の適切な技術、例えば、押し出し、圧延、スワビング、噴霧、印刷、ブラッシング、蒸着を用いて行うことができる。いくつかの態様において、チャネル２５６、２５８は、綿棒を用いて変形導電性材料２６０で過充填されてもよい。綿棒を用いる工程は、変形導電性材料２６０をチャネル２５６、２５８内に完全に入れ込む工程を含み得る。

【００６７】

ここで図１０Ａを参照すると、本開示の少なくとも一つの非限定的な態様による、余分な変形導電性材料２６０を拭い取る工程における回路アセンブリ２０Ｄの斜視図が示されている。図１０Ｂは、図１０Ａの線Ｆ－Ｆに沿った断面図である。図１０Ａおよび図１０Ｂは、非常にサスティナブルな回路アセンブリを製造するためのステップに対応し得る。変形導電性材料２６０が回路アセンブリ２０に積層された（例えば、チャネル２５６、２５８に過充填された）後、余分な変形導電性材料２６０は、第１スタック層２５２の表面から、または図１０Ａおよび図１０Ｂの非限定的な態様に示されるように剥離層２５４から、拭い取られ得る。拭い取る工程は、拭い取りツール２６２を使用して、矢印２６４で示す方向に拭い取ることにより行うことができる。拭い取りツール２６２は、場合により、弾性を有するブレードを備えたスクイージであって、層の表面上を水平方向に移動しながら第１スタック層２５２および／または剥離層２５４の表面へ下向きの圧力を加えるように構成されたスクイージであってもよい。この拭い取り動作により余分な変形導電性材料２６０がツール２６２の前にマウンド２６６を形成し、チャネル２５６および２５８の充填不足領域を充填するのに役立ち得る。余分な変形導電性材料２６０は、回収され、チャネルを充填するため、または別の回路アセンブリにおいて再使用可能なトレースおよび／または接点を形成するために使用されてもよい。本明細書に記載の様々な積層方法は、変形導電性材料２６０を回路アセンブリの各層に適用するために単一の動作を行うことができる。いくつかの態様では、回路アセンブリにおいて機能的で再使用可能なトレースおよび／または接点を生成するために、さらなる動作は必要ない。

【００６８】

製造環境下において変形導電性材料を回収して再使用することの実行可能性を評価するために、発明者らは、いくつかの積層作業および拭い取り作業から再生された変形導電性材料を回収し（すなわち、同じバルク材料がいくつかの回路アセンブリ積層作業にわたって再生され、再使用される）、その性能について試験を行った。実験により、先の作業から再生された余分な材料は、以下の実施例１および２に示すように、未使用のものと比較して実質的に区別できない性能を発揮することが判明した。このように、従来の回路基板およびこれに関連する方法と比較して、本明細書に開示される種々の回路アセンブリおよびそれらの関連方法は、廃棄物の生成を低減または排除し、および／または、導電性材料

の積層に起因する資源の消費を低減または排除することができる。例えば、上記で詳細に説明したように、ＦＲ４／銅回路基板を製造する従来の方法は、多くの場合、例えばエッチングされた余分な銅導体やその他の使用済み材料などの廃棄物を発生させる、様々な資源を消費するキュアリング工程、エッチング工程、および剥離工程を含む。さらに、はんだ付けの代わりに使用されるエポキシ系導電性接着剤は、キュアリング後に再使用能力が低下するため、多くの場合、無駄になる。これに対し、様々な態様において、本明細書に記載の変形導電性材料は、回路アセンブリ上に積層させることができ、その余剰分は、資源（例えば、水）を消費することなく、エネルギーを消費することなく（例えば、電気を消費することなく、熱を加えることなく、はんだ付けすることなく）、変形導電性材料を無駄にすることなく（例えば、回収して再使用できるため）、他の廃棄物を発生させることなく（例えば、洗浄溶剤を使用することなく、化学エッチングを行うことなく）、および／または、有害な副生成物を生成することなく（例えば、変形導電性材料は無害であり得るため）、回収・再使用することができる。

【００６９】

ここで図１１Ａを参照すると、本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づいて、変形導電性材料２６０が剥離層２５４の表面２６７と概ね面一であり、余分な変形導電性材料２６０のすべてまたは大部分が除去された回路アセンブリ２０Ｅの斜視図が図示されている。図１１Ｂは、図１１Ａの線Ｇ－Ｇに沿った断面図である。図１１Ａおよび図１１Ｂは、積層ステップ（例えば、過充填ステップおよび／または拭い取りステップ）の後に生じる、非常にサスティナブルな回路アセンブリを製造するためのステップに対応し得る。余分な材料を除去するために用いられる技術によっては、変形導電性材料の薄いパッチが剥離層２５４の表面２６７に残ることがある。したがって、図１２Ａおよび図１２Ｂに示すように第１スタック層２５２上に清浄な上面２６８を露出させるために、例えば回路アセンブリ２０Ｅから剥離層２５４を剥がすことによって、剥離層２５４が除去されてもよい。除去された剥離層２５４は、回収され、新たな剥離層、またはプラスチックボトルなどの他の物品を形成するために再処理されてもよい。

【００７０】

図１２Ａを参照すると、本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づいて、変形導電性材料２６０が第１スタック層２５２の表面２６８と概ね面一であり、余分な変形導電性材料２６０のすべてまたは大部分が除去された回路アセンブリ２０Ｆの斜視図が図示されている。図１２Ｂは、図１２Ａの線Ｈ－Ｈに沿った断面図である。チャネル２５６および２５８内の変形導電性材料２６０は、表面２６８と概ね面一であるように示されている。これは、例えば、剥離層を使用しないことによって、または、剥離ライナー２５４を使用することによって達成され得、この剥離ライナー２５４は、その除去後に残りの変形導電性材料２６０が表面２６８と実質的に面一となることが可能な程度に薄い（例えば、１～１０ミクロン、１０～１００ミクロン、または１０００分の１インチの厚さの範囲内）。従って、いくつかの態様において、剥離層２５４の厚さは、図７Ａおよび図７Ｂから図１１Ａおよび１１Ｂにおいて誇張して示されてもよい。種々の態様において、変形導電性材料２６０のわずかな突出さえも避けなければならない場合、変形導電性材料２６０のわずかな突出部は、拭い取り、スクレイピング、ブラッシングなどによってチャネル２５６および２５８から除去されてもよい。これにより、変形導電性材料２６０を第１スタック層２５２の表面２６８と面一にすることができる。したがって、剥離層２５４が使用されるいくつかの態様において、図１２Ａおよび図１２Ｂは、剥離層２５４を除去した後に生じる非常にサスティナブルな回路アセンブリを製造するためのステップに対応し得る。また、剥離層が使用されないいくつかの態様において、図１２Ａおよび図１２Ｂは、積層ステップ（例えば、過充填ステップおよび／または拭い取りステップ）の後に生じる非常にサスティナブルな回路アセンブリを製造するためのステップに対応し得る。

【００７１】

様々な態様において、変形導電性材料２６０は、表面１６８からわずかに突出したままであってもよい。したがって、ある形態においては、剥離層２５４の厚さは、変形導電性

材料２６０が第１スタック層２５２の上面２６８よりも所定量だけ突出するような値に、意図的に設定されてもよい。

【００７２】

図１２Ａおよび図１２Ｂの回路アセンブリ２０Ｆは、作製された状態で実用性を有し得、または追加の層のためのベースとして機能し得る。例えば、回路アセンブリ２０Ｆは、作製された状態で、図１から図６に関して上述した回路アセンブリ１０、１２、１４、および１６と同様に、第１スタック層２５２に取り付けられ、付着され、搭載され、または他の方法で支持され得る電気装置（例えば、図１の電気部品１０４）の端子（例えば、図１の端子１０６）に係合するための接点パターン（例えば、図１の接点１０２）を含み得る。ある形態においては、このような適用例において、変形導電性材料２６０は、第１ステンシル層２５２の上面２６８よりも上に突出し得る。この突出により、変形導電性材料２６０が電気装置の端子とより良好に係合することができる場合がある。チャネル２５６、２５８の構成は、異なる数、サイズ、形状等の導電性経路を含むように変更されてもよい。したがって、変形導電性材料２６０を含むチャネル２５６、２５８は、接点および／または再使用可能なトレース（例えば、図１から図６に関して上記で開示した様々な接点および再使用可能なトレース）として機能し得る。

【００７３】

別の例として、作製された回路アセンブリ２０Ｆを回路要素そのものとして使用することができる。例えば、変形導電性材料２６０で充填された一つまたは複数のチャネル２５６、２５８は、例えばストリップ線路などの伝送線路として、または回路キャパシタとして、機能してもよい。このような実施態様では、絶縁層（例えば、図１３Ａおよび図１３Ｂの第２スタック層２７０）は、変形導電性材料２６０を囲んで保護するように、第１スタック層２５２の上に積層されてもよい。

【００７４】

さまざまな態様において、回路アセンブリ２０Ｆは、積層回路アセンブリを作成するために追加の層を含み得る。例えば、ここで図１３Ａを参照すると、本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づいて、第１スタック層２５２の上に第２スタック層２７０が積層された回路アセンブリ２０Ｇが図示されている。図１３Ｂは、図１３Ａの線Ｊ－Ｊに沿った断面図である。図１３Ａおよび図１３Ｂは、積層ステップの後（例えば、第１スタック層２５２の上に第２スタック層２７０を積層した後）に生じる、非常にサスティナブルな回路アセンブリを製造するためのステップに対応し得る。第２スタック層２７０は、絶縁層またはステンシル層であってもよい。図１３Ａおよび図１３Ｂの非限定的な態様では、第２スタック層２７０は絶縁層として機能し、第１スタック層２５２の経路パターンの少なくとも一部を覆う（例えば、チャネル２５６、２５８の少なくとも一部を覆う）。第２スタック層２７０は、経路パターンを含み得る。経路パターンは、例えば、第１スタック層２５２のチャネル２５６、２５８によって形成された再使用可能なトレースの一部とそれぞれ整列するビア２７２、２７４であってもよい。第２スタック層２７０、ビア２７２、２７４、および変形導電性材料２６０は、回路アセンブリ２０Ａ～２０Ｆの第１スタック層２５２、チャネル２５６、２５８、および変形導電性材料２６０に関して上述した材料および技術のいずれかを使用して形成、付着、および積層されてもよい。例えば、回路アセンブリ２０Ｇは、第２スタック層２７０に取り付けられた、剥離層（図示せず）（例えば、剥離層２５４と同様）を含み得る。

【００７５】

図１３Ｂの非限定的な態様によって示されるように、第２スタック層２７０のビア２７２は、第１スタック層２５２のチャネル２５６の一部と整列する。したがって、ビア２７２が変形導電性材料２６０で充填されると、チャネル２５６と連続的な導電構造を形成する。第２スタック層２７０のビア２７２、２７４は、様々な機能を果たすことができる。例えば、ビア２７２、２７４は、１つ以上の電気装置（例えば、図１の電気部品１０４）のための接点（例えば、図１の接点１０２と同様）として機能してもよい。したがって、図１３Ａおよび図１３Ｂの非限定的な態様に示されるように、ビア２７２、２７４は、２

つの接続リード線または接続端子を有する電気部品（例えば、抵抗器、キャパシタ、または任意の他の電気部品）のための接点として使用されてもよい。別の例として、ビア２７２、２７４は、回路要素自体、例えば、伝送線路やセンサとして機能してもよい。さらに別の例として、ビア２７２、２７４は、第１スタック層２５２のチャネル２５６、２５８によって形成された再使用可能なトレースを、第２スタック層２７０の上にある別の層の再使用可能なトレースに、電気的に接続してもよい。図１３Ａおよび図１３Ｂに示すビア２７２、２７４のパターンは単なる一例であり、そのパターンは、任意の数、形状、配置等の導電性経路を含むように変更されてもよい。

【００７６】

ここで図１４Ａを参照すると、本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づいて、第２スタック層２５２の上に第３スタック層２７６が積層された回路アセンブリ２０Ｈの斜視図が図示されている。図１４Ｂは、図１４Ａの線Ｋ－Ｋに沿った断面図である。図１４Ａおよび１４Ｂは、積層ステップの後（例えば、第２スタック層２７０の上に第３スタック層２７６を積層した後）に生じる、非常にサスティナブルな回路アセンブリを製造するためのステップに対応し得る。第３スタック層２７６は、絶縁層またはステンシル層であってもよい。第３スタック層２７６は、第２スタック層２７０のビア２７２、２７４と整列する経路パターン（例えば、チャネル２７８、２８０）を含み得る。第３スタック層２７６、チャネル２７８、２８０、および変形導電性材料２６０は、回路アセンブリ２０Ａ～２０Ｇとともに上記で開示した材料および技術のいずれかを使用して形成、付着、積層等されてもよい。例えば、回路アセンブリ２０Ｈは、第３スタック層２７６に取り付けられた剥離層（図示せず）（例えば、剥離層２５４と同様）を含み得る。

【００７７】

第１スタック層２５２および第２スタック層２７０の経路パターンと同様に、第３スタック層２７６の経路パターン（例えば、チャネル２７８および２８０）は、様々な機能を果たすことができる。例えば、第３スタック層２７６の経路パターンは、一つまたは複数の電気装置の接点として機能してもよく、経路パターンは、回路要素自体、例えば、伝送線路やセンサとして機能してもよく、経路パターンは、第２スタック層２７０のビア２７２、２７４に電気的に接続される再使用可能なトレースとして機能してもよい。図１４Ａおよび図１４Ｂに示す経路パターン（すなわち、チャネル２７８および２８０）は単なる一例であり、そのパターンは、任意の数、形状、配置等の導電性経路を含むように変更されてもよい。

【００７８】

ここで図１５Ａを参照すると、本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づいて、第３スタック層２７６の上に第４スタック層２８２が積層された回路アセンブリ２０Ｊの斜視図が図示されている。図１５Ｂは、図１５Ａの線Ｌ－Ｌに沿った断面図である。図１５Ａおよび図１５Ｂは、積層ステップの後（例えば、第３スタック層２７６の上に第４スタック層２８２を積層した後）に生じる非常にサスティナブルな回路アセンブリを製造するためのステップに対応し得る。第４スタック層２８２は、絶縁層またはステンシル層であってもよい。第４スタック層２８２は、第３スタック層２７６のチャネル２７８、２８０と整列する経路パターン（例えば、チャネル２８４、２８６）を含み得る。第４スタック層２８２、チャネル２８４、２８６、および変形導電性材料２６０は、回路アセンブリ２０Ａ～２０Ｈとともに上記で開示した材料および技術のいずれかを使用して形成、付着、積層等されてもよい。例えば、回路アセンブリ２０Ｊは、第４スタック層２８２に取り付けられた剥離層（図示せず）（例えば、剥離層２５４と同様）を含み得る。

【００７９】

第１スタック層２５２、第２スタック層２７０、および第３スタック層２７６の経路パターンと同様に、第４スタック層２８２の経路パターン（例えば、チャネル２８４および２８６）は、多数の機能を果たすことができる。例えば、第４スタック層２８２の経路パターンは、一つまたは複数の電気装置の接点として機能してもよく、経路パターンは、回路要素自体、例えば、伝送線路またはセンサとして機能してもよく、経路パターンは、第

３スタック層２７６のチャネル２７８および２８０と第２回路アセンブリ（図示せず）とを電気的に接続するビアとして機能してもよく、経路パターンは、「電気部品の硬い外部端子間における硬軟接続」を作るための接点として機能してもよい。図１４Ａおよび図１４Ｂに示される経路パターン（すなわち、チャネル２７８および２８０）は単なる一例であり、そのパターンは、任意の数、形状、配置等の導電性経路を含むように変更されてもよい。

【００８０】

図１５Ｂの非限定的態様から明らかなように、第１スタック層２５２内のチャネル２５６、ビア２７２、チャネル２７８、およびチャネル２８４（例えば、パッド２８４）を通る連続的な導電性経路が存在する。図７Ａおよび図７Ｂから図１５Ａおよび図１５Ｂの非限定的な態様に示されたスタック層および経路は、説明のためのものであり、完全なレイアップとして、またはモジュール式アセンブリとして複数の積層を組み合わせるときに、任意のタイプの回路装置を作成するように変更することができる。例えば、ビアおよび接続点（例えば、パッド）を含む層と、再使用可能なトレースを含む層と、の順序を変更することができる。さらに、スタック層と基板層の総数や相対位置も変更することができる。いくつかの層は、再使用可能なトレース、ビア、パッド、またはそれらの任意の組み合わせを含み得る。

【００８１】

実施され得る経路の多数の構成を考慮すると、当業者であれば、回路アセンブリ２０のいずれのスタック層も、電気回路機能だけでなく、スタック層またはこれに隣接するスタック層に対する絶縁機能をも果たし得ることを理解するであろう。例えば、図１５Ａの非限定的な態様を再び参照すると、第４スタック層２８２は、ステンシル層として示される第３スタック層２７６を少なくとも部分的に覆う絶縁層として示されている。いくつかの態様において、絶縁層として機能する回路アセンブリ２０のスタック層のいずれか（例えば、図１５Ａに示されるような第４スタック層２８２）は、回路アセンブリ２０がその最終的な用途のために取り付けられるときに、最小限の変形導電性材料２６０が露出するように構成される。これは、変形導電性材料が（例えば、異物によって、または慣性力によって、スタック層のチャネルから引き出されてしまうことによって）回路アセンブリ２０から除去されてしまうことを抑制するのに役立ち得る。他の態様において、回路アセンブリ２０（例えば、２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃ、２０Ｄ、２０Ｅ、２０Ｆ、２０Ｇ、２０Ｈ、２０Ｊ）の様々な非限定的な態様のいずれかが最終形態ではなく、中間製品である場合には、変形導電体が周囲と接する量を制限しなくてもよい。例えば、図１５のＡ、Ｂの回路アセンブリ２０Ｊは、第２回路サブアセンブリ（図示せず）と接合されて最終的な回路アセンブリを形成するサブアセンブリとして機能してもよい。このような非限定的な態様の回路レイアップは、任意に、回路アセンブリを形成するために取り付けられた１つ以上の電気部品を有してもよい。このような実施形態は、回路レイアップおよび電気アセンブリを設計するモジュール式の方法を示すことを理解されたい。さらに、回路アセンブリ２０（例えば、２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃ、２０Ｄ、２０Ｅ、２０Ｆ、２０Ｇ、２０Ｈ、２０Ｊ）のいずれかが、最終形態の回路アセンブリとして存在してもよいことに留意すべきである。

【００８２】

ここで図１６を参照すると、本開示の少なくとも一つの非限定的態様による回路アセンブリ２０Ｋの断面図が示されている。説明のために、図１６の非限定的な態様は、図１５Ｂのものと同様の層を有するように示されている。しかしながら、他の態様において、回路アセンブリ２０Ｋは、上記で説明したように、任意の数および組み合わせの層を有してもよい。図１６の非限定的な態様によれば、回路アセンブリ２０Ｋは、層２７７、サブレイヤ２７７、または層２７７の一部（サブレイヤ２７７と総称される）を含み得る。サブレイヤは、その上および／またはその中に形成された導電性要素パターン（例えば、再使用可能なトレース２８８、２９０）を含み得る。この態様では、サブレイヤ２７７は、第２スタック層２７０の一部と第３スタック層２７６の一部との間に介在する。第３スタッ

ク層２７６および第４スタック層２８２には、サブレイヤ２７７を収容するための段差が形成され得る。他の態様では、サブレイヤ２７７はスタック層の一部または全部を置換したり、別の層全体として追加したりすることができる。サブレイヤ２７７の厚さは、他の層の厚さと比べて、薄くてもよく、厚くてもよく、同じ厚さであってもよい。

【００８３】

いくつかの態様において、層２７７上および／または層２７７中に含まれる導電性要素のいずれかまたはすべては、変形導電性材料（例えば、変形導電性材料２６０）を含み得、本明細書に記載される様々な積層方法を用いて積層させることができる。いくつかの態様において、層２７７上および／または層２７７中に含まれる導電性要素パターンは、変形可能な導電性要素と変形不可能な導電性要素との混合物を含み得る。サブレイヤ２７７は、上記に開示されたスタック層および／または基板層の材料のいずれかから形成することができ、上記のように他の層に付着させることができる。要素パターンは、再使用可能なトレース、ビア、パッド、または、伝送線路およびセンサを含む回路要素、または、それらの任意の組み合わせを含み得る。要素パターンは、上述した技術のいずれかを介してサブレイヤ２７７上に形成することができる。ある形態においては、サブレイヤ２７７の導電性要素の一部または全部は、印刷プロセス、例えば、リール・トゥ・リール（Ｒ２Ｒ）プロセスを用いて形成することができる。印刷プロセスを用いてサブレイヤ２７７を形成することにより、より微細な導電性要素を作成することが可能となり、より小さな電気部品または相互接続に対応すること、または、一般的に異なる特性を有する部品または相互接続に対応することが可能となる。

【００８４】

図１６の非限定的な態様によれば、サブレイヤ２７７は、再使用可能なトレース２８８および２９０を含む導電性要素パターンを含む。再使用可能なトレース２８８、２９０はパッド２９２、２９４に接続され得、パッド２９２、２９４はそれぞれ電気部品３００の上にある端子２９６、２９８と整列する。第３スタック層２７６を貫通するビア３０２および３０４は、パッド２９２、２９４を端子２９６、２９８に導電的に結合することができる。ある形態においては、（図１６の非限定的な態様に示すように、）電気部品３００は、端子２９６および２９８がボンディングパッドまたはコンタクトパッドとして形成されたベア集積回路ダイであり得る。他の態様では、任意の他のタイプの電気部品（例えば、図１の電気部品１０４）が使用されてもよい。電気部品３００は、任意の適切な技術、例えば、図１および図２の電気部品１０４および／またはＩＣ１１６に関して上述した接続方法を用いて、第３層２７６に取り付けることができる。

【００８５】

サブレイヤ２７７上またはサブレイヤ２７７内に形成された導電性要素パターン（例えば、再使用可能なトレース２８８、２９０）は、任意の他のタイプの再使用可能なトレース、ビア、パッド、コンポーネント等と相互接続され得る。図１６の非限定的な態様では、サブレイヤ２７７上の再使用可能なトレース２９０は、サブレイヤ２７７の厚さに対応する第３積層レイヤ２７６の段差部に形成されたハイブリッドかつ再使用可能なトレース／ビア３０８を介して、第３積層レイヤ２７６内の再使用可能なトレース２７８に電気的に接続される。他の非限定的な態様において、第３スタック層２７６のうちサブ層２７７の上にある部分は省略されてもよく、第４スタック層２８２は、第３スタック層２７６の残りの部分とサブ層２７７とによって画定される平面の上に形成されてもよい。

【００８６】

図１７を参照すると、本開示の少なくとも一つの非限定的な態様による、回路アセンブリ２０Ｌの断面図が図示されている。図１７の回路アセンブリ２０Ｌは、第３スタック層２７６のうち電気部品３００の下にある部分が省略されていることを除き、図１６の回路アセンブリ２０Ｋと同様であってもよい。なお、ビア３０２および３０４も省略され得る。いくつかの態様において、電気部品３００は、接着剤３０６の層でサブレイヤ２７７の表面に取り付けられ得る。いくつかの態様において、端子２９６、２９８は、変形導電性材料から形成されたパッド２９２、２９４に直接的に接触することができる。

【００８７】
様々な態様において、上述した回路アセンブリ２０の非限定的な態様のいずれかは、例えば、積層体の内部、例えばスタック層の間に一体化された電気部品（例えば、図１に関して上述されたタイプの電気部品のいずれか）を含み得る。ある態様において、一つまたは複数の内部スタック層は、電気部品の高さを収容するための（例えば、集積回路パッケージの高さを収容するための）カットアウト部を有し得る。さらに他の態様では、電気部品（例えば、抵抗器、キャパシタ、より小さなＩＣパッケージ、ベアＩＣダイなど）は、特に層が比較的柔らかく、または柔軟である場合、層間に配置できる程度に小さくてもよい。

【００８８】
様々な態様において、本明細書に開示される回路アセンブリのいずれかのスタック層および／または基板層の１つ以上は、弾力性および伸縮性を有するＴＰＵ、例えばＬｕｂｒｉｚｏｌ（登録商標）　Ｅｓｔａｎｅ（登録商標）　５８０００シリーズ、例えば５８２３８から形成されてもよい。他の態様では、本明細書に開示される回路アセンブリのいずれかのスタック層および／または基板層の１つ以上は、比較的剛性の高い材料から形成されてもよく、例えばＬｕｂｒｉｚｏｌ（登録商標）　Ｅｓｔａｎｅ（登録商標）　Ｓ３７５Ｄを使用した射出成形によって形成されてもよい。

【００８９】
様々な態様において、本明細書に開示される回路アセンブリのいずれかは、例えばＢステージ樹脂フィルムなどのエポキシ系材料を含み得る。エポキシ系材料は、電気部品を任意の層に接着するため、および／または層同士を接着するための接着性を有する面を提供するために、追加の個別構成要素として使用され得る。様々な他の態様において、本明細書に開示される回路アセンブリのいずれかの持続可能なすべての層、接着剤および封止材は、熱活性化接着剤、例えば熱可塑性ポリウレタン（ＰＵ）接着剤（例えば、Ｂｅｍｉｓ社やＦｒａｍｉｓ社製のもの）から作製されてもよい。さらに他の態様において、回路アセンブリの層、接着剤、および／または封止材のいずれかは、熱硬化性接着剤、例えば、シリコン、アクリル、および任意の化学の感圧接着剤を含み得る。封止材（例えば、電気部品の端子に適用される封止材）の場合、封止材に含まれる熱硬化性材料の濃度は最小限であってもよく、これによって材料が容易にリサイクル可能となってもよい。一態様において、本明細書に開示される回路アセンブリは、熱硬化性材料を含む充填材を含み得る。熱硬化性材料を含む充填材は、同様の熱硬化性材料から作られる成形品を強化、修正、または低コスト化するために、「再粉砕」形式で再使用することがある。

【００９０】
本明細書で説明する様々な材料、方法、および構成要素は、非常にサスティナブルな回路アセンブリを提供することができる。本明細書に開示される様々な回路アセンブリは、例えば、エッチングされたＦＲ４／銅回路基板や、エポキシ系導電性接着剤を採用した回路基板と比較して、非常にサスティナブルになる場合がある。さらに、変形導電性材料およびスタック層を含む回路アセンブリを含む、本明細書に開示される回路アセンブリは、層材料自体の補強材（例えば、チョップドファイバー補強材）の使用を必要としない場合がある。従来の回路基板に使用される補強材は、回路基板材料のリサイクルおよび再使用を、これらのタイプの回路基板から作られた廃棄された電子機器を処理する作業員にとって、困難、厄介、かつ有害なものにしてしまう。例えば、従来の回路基板材料は一般的に粉砕されなければならず、その結果生じる「再粉砕物」は消費者製品ではほとんど使用されない。本明細書で議論される装置、システム、および方法は、循環型製造チェーンを可能にすることができ、および／または、材料を含む容易にリサイクル可能な回路アセンブリは、リサイクルされ、他の回路アセンブリまたは他の消費者製品で再び使用されてもよい。

【００９１】
本明細書に開示された様々な態様に基づいて構成された回路アセンブリは、アセンブリのコストを低減し得る高機能回路アセンブリを提供することができる。例えば、本明細書

に開示される回路アセンブリのいくつかの態様は、より安価なパッケージ化されていない電気装置の使用を可能にし得る。さらに、本明細書で開示する回路アセンブリの他の態様は、はんだ付けの必要性をなくすことができる。さらに、本明細書に開示される回路アセンブリの他の態様は、はんだ付けが不要になることにより、それに関連するエネルギー消費（例えば、加熱）を低減できるため、信頼性を向上させることができる。さらに、本明細書に開示される回路アセンブリの他の態様は、放熱の障壁となり得るデバイスパッケージを排除することにより、冷却性能を改善できる。

【００９２】

図１８を参照すると、本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づいて、非常にサスティナブルな回路アセンブリから材料を再生する方法１０００のフロー図が示されている。図１８に関して説明した非常にサスティナブルな回路アセンブリは、図１から図１７に関して上述した非常にサスティナブルな回路アセンブリ１０、１２、１４、１６、および２０のいずれかであってもよい。非常にサスティナブルな回路アセンブリは、電気部品、基板層、および変形導電性材料を含み得る。いくつかの態様において、非常にサスティナブルな材料は、１つ以上のスタック層を含み得る。他の態様では、非常にサスティナブルな回路アセンブリは、封止材および／または接着材を含み得る。方法１０００は、回路アセンブリから電気部品を取り外す工程１００２を行うによって開始され得る。方法１０００は、融解基板層を形成するように、非常にサスティナブルな回路アセンブリを基板層の融点まで加熱する工程１００４をさらに含み得る。ある形態においては、基板層を基板層の融点まで加熱する工程１００４により、基板層を回路アセンブリに含まれる他の層（例えば、スタック層）から分離させるか、または他の層（例えば、スタック層）とともに融解させ、流動させることができる。変形導電性材料（例えば、本明細書に開示される導電性ゲル；本明細書に開示されるガリウム－インジウム合金ゲルなど）は、極めて高い温度耐性を有し得るので、約１３００℃まで流動状態を維持する。

【００９３】

方法１０００は、再生変形導電性材料および再生基板層材料を得るように、変形導電性材料を融解基板層から分離する工程１００６をさらに含み得る。実験において、発明者らは、変形導電性材料（すなわち、ガリウム－インジウム合金ゲル材料）およびＴＰＵ基板およびスタック層を含む非常にサスティナブルな回路アセンブリを、これらの層の流動温度まで加熱した。発明者らは、これらの層を流動温度まで加熱することにより、変形導電性材料を、その表面張力特性により、融解した層材料から容易に分離できることを発見した。

【００９４】

別の態様では、方法１０００は、融解スタック層を形成するように、非常にサスティナブルな回路アセンブリをスタック層の融点まで加熱する工程と、再生変形導電性材料および再生スタック層材料を得るように、変形導電性材料を融解スタック層から分離する工程と、を含み得る。

【００９５】

別の態様において、方法１０００は、回路アセンブリを封止材の融点まで加熱する工程を含み得、回路アセンブリから電気部品を取り外す工程は、回路アセンブリを封止材のガラス転移温度まで加熱する工程の後に行われる。さらに別の態様において、方法１０００は、回路アセンブリを接着性材料のガラス転移温度まで加熱する工程を含み得、回路アセンブリから電気部品を取り外す工程は、回路アセンブリを接着性材料のガラス転移温度まで加熱する工程の後に行われる。回路アセンブリを融点および／またはガラス転移温度まで加熱する工程により、電気部品を他の回路アセンブリで再使用するために容易に取り出すことができる。加熱に必要な温度は、標準的な回路アセンブリの製造において電気部品が経験する温度よりも低くされ得る。このため、部品を損傷させることはない。

【００９６】

図１９を参照すると、本開示の少なくとも一つの非限定的な態様に基づいて、再生変形導電性材料をリサイクルする方法２０００のフロー図が示されている。図１９に関して議

論される変形導電性材料は、図１から図１８に関して上述した様々な変形導電性材料であってもよい。方法２０００は、金属合金と、金属合金が空気に曝されることで形成される金属酸化物と、を含む再生変形導電性材料を用意する工程２００２を行うことによって開始され得る。ある形態においては、再生変形導電性材料は、図１８に関して上述した方法１０００に従って再生することができる。

【００９７】

さらに図１９を参照すると、方法２０００は、再生変形導電性材料を酸溶液に曝す工程２００４であって、それによって金属酸化物を酸溶液と反応させて清浄な液体金属合金を得る工程をさらに含み得る。ある形態においては、再生変形導電性材料を酸溶液に曝す工程により、金属酸化物を酸と反応させて金属塩と水を形成することができる。この反応により、金属合金から金属酸化物を除去し、清浄な液体金属合金を得ることができる。

【００９８】

方法２０００は、清浄な液体金属合金を酸溶液から取り出す工程２００６をさらに含み得る。いくつかの態様において、酸溶液から取り出される清浄な液体金属合金の量は、再生変形導電性材料を当初作成するために使用された金属合金の５５重量％以上であって、例えば５５重量％以上、６０重量％以上、６５重量％以上、７０重量％以上、７５重量％以上、８０重量％以上、８５重量％以上、９０重量％以上、または９５重量％以上である。別の態様では、方法２０００は、清浄な液体金属合金から新しい変形導電性材料を作成する工程をさらに含み得る。このように、再生変形導電性材料をリサイクルすることにより、電気特性の劣化を伴うことなく、変形導電性材料を新しい回路の製造に再使用することができる。

【００９９】

別の態様では、再生変形導電性材料を酸溶液に曝す工程２００４は、清浄な液体金属合金を得るように、酸溶液内で変形導電性材料を攪拌する工程をさらに含み得る。ある形態においては、再生変形導電性材料は微粒子を含む。酸溶液内で変形導電性材料を攪拌する工程により、微粒子を除去して清浄な液体金属合金を得ることができる。別の態様では、酸溶液内で変形導電性材料を攪拌する工程により、微粒子を酸性溶液の表面に浮遊させることができ、液体金属を抽出することができる。ある形態においては、清浄な液体金属合金を得るように酸溶液内で変形導電性材料を攪拌する工程は、酸溶液内で変形導電性材料を２日以上攪拌する工程を含む。上記の方法を用いて実施される、再生変形導電性材料をリサイクルするための例示的なプロセスを、実施例３に関して以下に詳述する。

【０１００】

別の態様において、方法２０００は、酸溶液から微粒子を抽出する工程を含み得る。さらに別の態様において、方法２０００は、抽出された微粒子から新しい変形導電性材料を作成する工程を含み得る。

【０１０１】

別の態様において、方法２０００は、再生変形導電性材料をリサイクルするための後続の工程で再使用するために酸溶液を回収する工程を含み得る。例えば、酸溶液は、清浄な液体金属合金および微粒子を抽出した後に再使用することができる。

【０１０２】

別の態様では、変形導電性材料は導電性ゲルを含み得る。ある形態においては、変形導電性材料は、その中に微粒子が懸濁したガリウム合金を含み得る。別の態様では、清浄な液体金属合金はガリウム合金を含み得る。さらに別の態様では、酸溶液は塩酸を含み得る。

【０１０３】

（実施例）

（実施例１および２）

（回路アセンブリ製造時に再生される変形性導電材料の抵抗値）

以下の表１に示す実施例１および２は、変形導電性材料の未使用サンプルについて実験的に測定した抵抗値と、回路アセンブリ製造プロセス中に再生された変形導電性材料のサ

ンプルについて実験的に測定した抵抗値とを比較したものである。具体的には、再生変形導電性材料は、図１０Ａおよび図１０Ｂに関して説明した拭い取りプロセスと同様の拭い取りプロセスの後に回収されたものである。実施例１および２は、再生材料および未使用のものの抵抗値が、未使用のものの抵抗測定値の典型的なばらつきのマージン内にあることを示している。

【０１０４】

【表１】

表1:例示的変形導電性材料の当初および再生後の電気抵抗

| 回路アセンブリ | 未使用変形導電性材料（Ω） | 再生後の変形導電性材料 |
|---|---|---|
| 実施例1 | 2.3 | 2.3 |
| 実施例2 | 2.2 | 2.4 |

【０１０５】

（実施例３）

（回路アセンブリから再生された変形導電性ゲルのリサイクル）

（概要）

ＭＧ５（Ｍｅｔａｌ　Ｇｅｌ　５）と名付けられ、ガリウム（６８．５重量％）、インジウム（２１．５重量％）およびスズ（１０重量％）の共晶合金を含み、その中に微粒子が懸濁した組成を有する変形可能な導電性ゲルを、図１８に関して上述した再生プロセスを用いて回路アセンブリから再生した。再生されたＭＧ５は、以下に詳細に説明するように、清浄な液体ガリウム－インジウム－スズ金属合金を得るために処理された。得られた清浄な液体金属合金は、その後、より多くの（すなわち、再生された）ＭＧ５または同様の変形導電性材料の別の配合物を製造するために使用することができる。このリサイクル工程から生じる「廃棄物」には、少量の残留酸化ガリウムと塩化ガリウムが含まれるのみである。リサイクル工程では、最初にＭＧ５に含まれていた微粒子も生成され、この微粒子は、より多くの（すなわち、リサイクルされた）ＭＧ５または同様の変形導電性材料の別の配合物を製造するために再使用することができる。

【０１０６】

（ＭＧ５の製造と酸化ガリウムの形成）

一般に、酸化ガリウムの薄い層は、空気の存在下で表面ガリウム上に形成し得る。ＭＧ５導電性ゲルを製造するには、酸化ガリウムを形成させ、ガリウム－インジウム－スズ液体金属合金中に分散させ、液体金属合金内に新規な微細構造／ナノ構造を形成させ、ビンガム・プラスチックを形成させる。マイクロ構造およびナノ構造は、例えば超音波処理または混合物に空気を引き込む他の機械的手段によって、混合物内でブレンドされる。いくつかの態様では、超音波処理によって混合物の表面にキャビテーションを発生させ、混合物中に空気を引き込むことができる。このようにして、混合物は、ガリウム合金／酸化ガリウム混合物内にマイクロ構造およびナノ構造のコロイド懸濁液を含み得る。ＭＧ５および類似の導電性ゲル配合物および製造方法の詳細な説明については、発明の名称が「液状ワイヤ」であり、２０１７年２月２７日に出願され、２０１７年９月８日に国際公開ＷＯ２０１７／１５１５２３Ａ１として公開された国際特許出願ＰＣＴ／ＵＳ２０１７／０１９７６２を参照されたい。

【０１０７】

ＭＧ５ゲルは、複雑な形状にパターニングできる硬いペーストである。したがって、ＭＧ５は、例えば、電気回路アセンブリ、回路レイアップ、スタックなどを形成するために使用することができる。ＭＧ５は、未変性の液体金属合金よりも機械的に安定しており、優れた接着性を有する。（通常、何ヶ月、あるいは何年もの間）長期間に亘り、あるいはパターニングや取り扱いを繰り返すうちに、あるいは回路レイアップから再生された後、ゲル中の酸化物の量が増加して、機械的および電気的特性が劣化することがある。このよ

うな場合には、酸化物構造を分解して未変性の液体金属合金を形成し、これを再処理して「新しい」ＭＧ５や他の配合物を形成することができる。この方法では、以下に述べるように、酸性溶液中での積極的な撹拌を利用して酸化ガリウムを分解する。

【０１０８】

（再生されたＭＧ５の酸処理）

再生されたＭＧ５ゲルを３Ｍ塩酸（ＨＣｌ）の溶液槽に浸漬した。当初、塩酸はゲルの機械的特性にほとんど影響を与えないように見えた。これは、塩酸に直ちに反応する液体金属とは対照的である。塩酸にさらされると、ＭＧ５の表面にある酸化ガリウムは、主に以下の反応によって塩化ガリウムを形成する：

【０１０９】

【数１】

$$Ga_2O_3 + 6HCl \rightarrow 2GaCl_3 + 3H_20$$

【０１１０】

酸化ガリウムを除去すると、液体金属合金の高い表面張力が、支配的な機械的力となる。この結果、液体金属合金はできるだけ球形に近い形でビードアップする傾向があり、金属内部の微粒子は外部に押し出される。

【０１１１】

この結果を再生ＭＧ５で得るべく、溶液層にて５００ｒｐｍで回転するスターバーを使用して、ＭＧ５ゲルと酸の溶液を撹拌した。当初、金属合金は酸の影響を受けなかった。金属合金は光沢があり、依然として成形可能な高粘度ゲルの特徴的な機械的特性を示している。２日にわたる撹拌の後、ＭＧ５ゲル構造が破壊されたことが観測された。この撹拌の後、金属合金成分は、酸性溶液中の液体金属合金のより特徴的な、ほぼ球状の形状になった。また、溶液全体に粒子が浮遊しているのが観測された。

【０１１２】

（液体金属合金の回収）

初期の実験（本明細書で実験３として記述される実験の前）では、ＭＧを形成するために使用された初期液体金属合金の回収率は６６重量％であった。この実験３に記載された酸処理技術を実施したところ、ＭＧ５を形成するために使用された初期液体金属の８０重量％を超える回収が達成された。

【０１１３】

有害または有毒な副産物は発生せず、酸性溶液から濾過された「廃棄物」材料でさえ、ごく少量で無毒かつ無害な材料であった。さらに、酸性溶液は実質的に劣化しておらず、他の廃棄された回路レイアップからさらなる再生変形導電性材料を処理するために使用することができた。

【０１１４】

したがって、上記の方法（例えば、図１から図１７に関して上述した製造プロセス、図１８に関して上述した再生プロセス、図１９に関して上述したリサイクルプロセス、および／または実施例３に関して上述した酸撹拌技術）は、廃棄された回路アセンブリからの電気部品の回収、層材料の再処理、および導電性材料の再処理を可能にすることができる。回収され再処理された材料は、新しい回路アセンブリを製造するために再使用することができる。

【０１１５】

（実施例４）

実施例３で回収された液体金属合金は、より多くの変形導電性材料（例えば、新しいＭＧ５または別の変形導電性材料）を製造するための基礎として使用することができる。酸処理方法をさらに改良すれば、例えば、特注の装置を開発することによって増強された同

じ基本原理を使用して、実質的にすべての液体金属を再生することができると予想される。

【０１１６】

（実施例５）

（回路アセンブリ要素の再生効率）

二つのセンサとして具現化された二つの非常にサスティナブルな回路アセンブリを、本明細書で教示された原理を用いて製造した。その様々な構成部品の再生効率を要約するために、様々な表と説明が提供される。

【０１１７】

以下の表１は、回路アセンブリを製造するために使用される全ての未処理層（スタック層および剥離層）の総重量と、剥離層のみの重量と、を比較した結果をまとめたものである。

【０１１８】

【表２】

表2: 処理前の全層の重量と剥離層の重量比較

| | |
|---|---|
| 全層の総重量(未処理) | 11.470g (2 組のアセンブリ) |
| 剥離層 (廃棄物)単体の総重量 | 4.077g (2 組のアセンブリ) |
| 次の処理段階で用いる材料の総重量 | 7.393g (2 組のアセンブリ) |

【０１１９】

従って、当初の材料層のうち３５．５重量％が剥離ライナーの形で廃棄物となり、６４重量％の材料が次の段階に持ち越される。

【０１２０】

以下の表３は、スタック層を形成するために使用されたＴＰＵ材料の総量と、回路アセンブリからＴＰＵ材料から切り取られた材料の重量と、を比較したものである。

【０１２１】

【表３】

表3:処理前の TPU 層材料の重量と、回路アセンブリから切り取られた余分な TPU 材料の重量

| | |
|---|---|
| 使用された TPU の総量 | 4.485g (2 組のアセンブリ) |
| 回路アセンブリから切り取った余分な TPU | 1.390g (2 組のアセンブリ) |
| 回路アセンブリに残った TPC の量 | 3.095g (2 組のアセンブリ)<br>1.548g (1 アセンブリごとの平均) |

【０１２２】

したがって、４．４８５ｇのＴＰＵを使用するごとに、１．３９ｇが「余分」となる。言い換えれば、１ｇのＴＰＵを使用するごとに、０．３１ｇのＴＰＵが余分になる。しかしながら、ＴＰＣは完全に再生され、追加の回路アセンブリの製造に使用することができる。

【０１２３】

以下の表４は、ＭＧ５変形導電性材料を加えた後の回路アセンブリの重量と、ＭＧ５を加える前の回路アセンブリの重量と、を比較して示している。さらに、表５は、センサごとに、回路アセンブリに実際に使用されたＭＧ５の量（表４に基づいて計算）、製造プロセス中に通常積層されるＭＧ５の総量、したがって過剰なＭＧ５の量を示す。

【０１２４】

【表４】

表4:MG5 を加えた回路アセンブリの重量と MG5 を加えてない回路アセンブリの重量比較

| | |
|---|---|
| MG を含む回路アセンブリ | 4.6897g（2 組のアセンブリ） |
| MG を含まない回路アセンブリ | 4.6321g（2 組のアセンブリ） |
| 回路アセンブリに残った MG5 の量 | 0.0576g（2 組のアセンブリ）<br>0.0288g（1 アセンブリごとの平均） |

【０１２５】

【表５】

表5:トレース中の MG5 の重量（センサ 1 個当たり）、製造中に通常積層する MG5 の重量（センサ 1 個当たり）、および製造中に使用された余剰 MG5 の重量（センサ 1 個当たり）

| | |
|---|---|
| トレースに含まれる MG5 | 0.0288g（1 アセンブリごと） |
| 一般的に積層される MG5 | 0.4637g（1 アセンブリごと） |
| 使用された余分な MG5 | 0.4349g（1 アセンブリごと） |

【０１２６】

従って、最終的にセンサとなる２８．８ｍｇの製品ごとに、４３５ｍｇの余分なＭＧ５が使用されることになる。言い換えれば、最終的な回路アセンブリ要素に含まれるＭＧ５が１ｍｇにつき、０．０１５ｇの過剰なＭＧ５が使用される。しかしながら、過剰なＭＧ５は実質的に再生されてもよく、その後の回路アセンブリ製造工程で使用されてもよい。

【０１２７】

以下の表６は、最終的な回路アセンブリ要素の総重量を示す。

【０１２８】

【表６】

表 6:最終的な回路アセンブリ要素の総重量

| 要素 | 重量(g) | 重量% |
|---|---|---|
| TPU 層 | 1.413 | 83.71% |
| 接着剤としての熱硬化型 B-Stage 樹脂 | 0.192 | 11.37% |
| 電気部品 | 0.0546 | 3.23% |
| MG5 | 0.0288 | 1.71% |
| 合計 | 1.688 | 100.0% |

【０１２９】

特に、本願に記載の方法を用いて再生可能な回路アセンブリ要素は、ＴＰＣ層（８３．７１重量％）、電気部品（３．２３重量％）、およびＭＧ５（１．７１重量％）を含む。これらの要素は回路アセンブリの重量の８８．６５％ほどを占めている。さらに、いくつかの形態において、熱硬化型接着剤は再粉砕およびリサイクルされてもよい。

【０１３０】

また、特筆すべきなのは、回路アセンブリは変形導電性材料（ＭＧ５）をわずか１．７１％しか含んでおらず、「余分な」導電性材料はフルで再生可能であり、追加の回路アセンブリの製造に使用されたことから、変形導電性材料に関しては実質的に廃棄物が生じなかったであったことである。

【０１３１】

（実施例６）
一般的な回路アセンブリは、最終的なアセンブリにおいて、変形導電性材料を最大で１０重量％、例えば最大で９重量％、８重量％、７重量％、６重量％、５重量％、４重量％、３重量％、２重量％、または１重量％含んでもよい。さらに、「余分な」変形導電性材料の９５％以上、例えば余分な変形導電性材料の９６重量％、９７重量％、９８重量％、９９重量％、９９．５重量％、または９９．９重量％は、製造工程から回収され、将来の製造工程に使用されてもよい。
【０１３２】
本願に記載の主題の様々な態様を以下の番号付き条項に記載する：
【０１３３】
条項１：電気部品と、基板層と、変形導電性材料と、を備える非常にサスティナブルな回路アセンブリから材料を再生する方法であって、回路アセンブリから電気部品を取り外す工程と、融解基板層を形成するように、非常にサスティナブルな回路アセンブリを基板層の融点まで加熱する工程と、再生変形導電性材料と再生基板層材料を得るように、変形導電性材料を融解基板層から分離する工程と、を含む方法。
【０１３４】
条項２：非常にサスティナブルな回路アセンブリは、スタック層をさらに備えており、方法は、融解スタック層を形成するように、非常にサスティナブルな回路アセンブリをスタック層の融点まで加熱する工程と、再生変形導電性材料と再生基板層材料を得るように、変形導電性材料を融解スタック層から分離する工程と、をさらに含む、条項１の方法。
【０１３５】
条項３：回路アセンブリは、封止材を備えており、方法は、回路アセンブリを封止材の融点まで加熱する工程をさらに含んでおり、回路アセンブリから電気部品を取り外す工程は、回路アセンブリを封止材のガラス転移温度まで加熱する工程の後に行われる、条項１または２の方法。
【０１３６】
条項４：回路アセンブリは接着性材料を備えており、方法は回路アセンブリを接着性材料のガラス転移温度まで加熱する工程をさらに含み、回路アセンブリから電気部品を取り外す工程は、回路アセンブリを接着性材料のガラス転移温度まで加熱する工程の後に行われる、条項１から３のいずれか一項の方法。
【０１３７】
条項５：変形導電性材料は導電性ゲルを含む、条項１から４のいずれか一項の方法。
【０１３８】
条項６：変形導電性材料はガリウム合金を含む、条項１から５のいずれか一項の方法。
【０１３９】
条項７：再生変形導電性材料をリサイクルする工程をさらに含む、条項１から６のいずれか一項の方法。
【０１４０】
条項８：再生変形導電性材料をリサイクルする方法であって、金属合金と、金属合金が空気に曝されることで形成される金属酸化物と、を含む再生変形導電性材料を用意する工程と、再生変形導電性材料を酸溶液に曝す工程であって、それによって金属酸化物と酸溶液を反応させ、清浄な液体金属合金を得る、曝す工程と、清浄な液体金属合金を酸溶液から取り出す工程と、を含む方法。
【０１４１】
条項９：清浄な液体金属合金から新たな変形導電性材料を作成する工程をさらに含む、条項８の方法。
【０１４２】
条項１０：再生変形導電性材料を酸溶液に曝す工程は、清浄な液体金属合金を得るように、酸溶液内で変形導電性材料を攪拌する工程を含む、条項８または９の方法。
【０１４３】

条項１１：酸溶液から取り出される清浄な液体金属合金の量は、再生変形導電性材料を当初作成するために使用された金属合金の５５重量％以上である、条項８から１１のいずれか一項の方法。

【０１４４】

条項１２：酸溶液から取り出される清浄な液体金属合金の量は、再生変形導電性材料を当初作成するために使用された金属合金の８０重量％以上である、条項８から１１のいずれか一項の方法。

【０１４５】

条項１３：再生変形導電性材料は微粒子を含み、酸溶液内で変形導電性材料を撹拌する工程は、微粒子を除去して清浄な液体金属合金を得る、条項８から１２のいずれか一項の方法。

【０１４６】

条項１４：清浄な液体金属合金を得るように酸溶液内で変形導電性材料を撹拌する工程は、酸溶液内で変形導電性材料を２日以上撹拌する工程を含む、条項８から１３のいずれか一項の方法。

【０１４７】

条項１５：金属合金は、ガリウム－インジウム－スズ合金を含み、金属酸化物は、ガリウム酸化物を含む、条項８から１４のいずれか一項の方法。

【０１４８】

条項１６：基板と、基板に支持された接点パターンと、を含み、接点パターンは電気部品の少なくとも一つの端子に対応するように構成され、接点パターンは変形導電性材料を含み、変形導電性材料は容易に再生可能な材料を含む、非常にサスティナブルな回路アセンブリ。

【０１４９】

条項１７：変形導電性材料は容易にリサイクル可能な材料を含む、条項１６の非常にサスティナブルな回路アセンブリ。

【０１５０】

条項１８：基板は容易に再生可能な材料を含み、基板層は容易にリサイクル可能な材料を含む、条項１６または１７の非常にサスティナブルな回路アセンブリ。

【０１５１】

条項１９：変形導電性材料は電気部品の少なくとも一つの端子に接着するように構成されており、それによって接点パターンの少なくとも一部を電気部品の少なくとも一つの端子に電気的に結合する、条項１６から１８のいずれか一項の非常にサスティナブルな回路アセンブリ。

【０１５２】

条項２０：電気部品を回路アセンブリによって支持させることで、変形導電性材料を電気部品の少なくとも一つの端子の形状に適合させる、条項１６から１９のいずれか一項の非常にサスティナブルな回路アセンブリ。

【０１５３】

条項２１：接点パターンは基板層の表面に形成される、条項１６から２０のいずれか一項の非常にサスティナブルな回路アセンブリ。

【０１５４】

条項２２：接点パターンは少なくとも部分的に基板層に凹入されている、条項１６から２１の非常にサスティナブルな回路アセンブリ。

【０１５５】

条項２３：基板は、可撓性および／または伸縮性を有する材料を含む、条項１６から２２のいずれか一項の非常にサスティナブルな回路アセンブリ。

【０１５６】

条項２４：インサート層をさらに含み、インサート層は、基板層の接点パターンに近接する部分の撓みおよび／または伸びを抑制し、電気部品からの熱を放散し、電気部品を基

板層に接着させ、または、これらの組合せを行うように構成される、条項１６から２３のいずれか一項の非常にサスティナブルな回路アセンブリ。

【０１５７】

条項２５：基板層に支持される導電性トレースパターンをさらに含み、導電性トレースパターンは接点パターンに電気的に結合され、接点パターンは変形導電性材料を含む、条項１６から２４のいずれか一項の非常にサスティナブルな回路アセンブリ。

【０１５８】

条項２６：変形導電性材料は導電性ゲルを含む、条項１６から２５のいずれか一項の非常にサスティナブルな回路アセンブリ。

【０１５９】

条項２７：変形導電性材料はガリウム合金を含む、条項１６から２６のいずれか一項の非常にサスティナブルな回路アセンブリ。

【０１６０】

条項２８：電気部品をさらに含む、条項１６から２７のいずれか一項の非常にサスティナブルな回路アセンブリ。

【０１６１】

条項２９：非常にサスティナブルな回路アセンブリを製造する方法であって、基板層を用意する工程と、電気部品の少なくとも一つの端子に対応する接点パターンを形成するように、変形導電性材料を基板層に積層する工程と、を含み、変形導電性材料は容易に再生可能な材料を含む、方法。

【０１６２】

条項３０：変形導電性材料は容易にリサイクル可能な材料を含む、条項２９の方法。

【０１６３】

条項３１：基板層は容易に再生可能な材料を含み、基板層は容易にリサイクル可能な材料を含む、条項２９または３０の方法。

【０１６４】

条項３２：電気部品を基板層に近接させる工程と、変形導電性材料を電気部品の少なくとも一つの端子に接着し、それによって接点パターンの少なくとも一部と電気部品の少なくとも一つの端子との間にオーミック接触を形成する工程と、をさらに含み、電気部品を基板層に近接させる工程は、変形導電性材料を電気部品の少なくとも一つの端子の形状に適合させる、条項２９から３１のいずれか一項の方法。

【０１６５】

条項３３：電気部品を、基板層の表面に接着によって取り付けられた接着剤層に固定する工程をさらに含む、条項２９から３２のいずれか一項の方法。

【０１６６】

条項３４：回路アセンブリの少なくとも一部を封止材で覆う工程をさらに含む、条項２９から３３のいずれか一項の方法。

【０１６７】

条項３５：電気部品を基板層の表面に直接的に取り付ける工程をさらに含む、条項２９から３４のいずれか一項の方法。

【０１６８】

条項３６：インサート層を基板層に取り付ける工程を含み、インサート層は、基板層の接点パターンに近接する部分の撓みおよび／または伸びを抑制し、電気部品からの熱を放散し、電気部品を基板層に接着させ、または、これらの組合せを行うように構成される、条項２９から３５のいずれか一項の方法。

【０１６９】

条項３７：接点パターンを形成するように変形導電性材料を基板層に積層する工程は、変形導電性材料が基板層の表面から突出するように変形導電性材料を積層する工程をさらに含む、条項２９から３６のいずれか一項の方法。

【０１７０】

条項３８：接点パターンを形成するように変形導電性材料を基板層に積層する工程は、基板層に形成された凹部を少なくとも部分的に変形導電性材料で充填する工程をさらに含む、条項２９から３７のいずれか一項の方法。

【０１７１】

条項３９：接点パターンと電気的に結合する導電性トレースパターンを形成するように、変形導電性材料を基板層に積層する工程をさらに含む、条項２９から３８のいずれか一項の方法。

【０１７２】

条項４０：基板層は可撓性または伸縮性を有する材料を含む、条項２９から３９のいずれか一項の方法。

【０１７３】

条項４１：変形導電性材料は導電性ゲルを含む、条項２９から４０のいずれか一項の方法。

【０１７４】

条項４２：変形導電性材料はガリウム合金を含む、条項２９から４１のいずれか一項の方法。

【０１７５】

条項４３：非常にサスティナブルな回路アセンブリであって、基板層と、第１経路パターンが形成された第１スタック層であって、第１経路パターンは第１スタック層の厚みを貫通して延びており、第１経路パターンは変形導電性材料を含む、第１スタック層と、を含み、変形導電性材料は容易に再生可能な材料を含む、回路アセンブリ。

【０１７６】

条項４４：変形導電性材料は容易にリサイクル可能な材料を含む、条項４３の回路アセンブリ。

【０１７７】

条項４５：基板層は第１材料を含み、第１スタック層は第１材料を含み、第１材料は容易に再生可能な材料であり、第１材料は容易にリサイクル可能な材料である、条項４３または４４の回路アセンブリ。

【０１７８】

条項４６：第１スタック層は基板層にボンディングされる、条項４３から４５のいずれか一項の回路アセンブリ。

【０１７９】

条項４７：第１スタック層は、基板層に隣接する第１面と、第１面の反対側にある第２面と、を含み、変形導電性材料の表面は、第１スタック層の第２面と面一である、条項４３から４６のいずれか一項の回路アセンブリ。

【０１８０】

条項４８：変形導電性材料の表面は、第１スタック層の表面を超えて突出している、条項４３から４７のいずれか一項の回路アセンブリ。

【０１８１】

条項４９：変形導電性材料を含む第１経路パターンは、電気部品の少なくとも一つの端子に対応するように構成された接点パターン、トレースパターン、または、それらの組み合わせを含む、条項４３から４８のいずれか一項の回路アセンブリ。

【０１８２】

条項５０：電気部品をさらに含む、条項４３から４９のいずれか一項の回路アセンブリ。

【０１８３】

条項５１：第２経路パターンが形成された第２スタック層であって、第２経路パターンは第２スタック層の厚みを貫通して延びており、第３経路パターンは変形導電性材料を含む、第２スタック層をさらに含む、条項４３から５０のいずれか一項の回路アセンブリ。

【０１８４】

条項５２：第１スタック層と第２スタック層の間に介在するサブレイヤであって、導電性要素パターンを含むサブレイヤをさらに含む、条項４３から５１のいずれか一項の回路アセンブリ。

【０１８５】

条項５３：導電性要素パターンは、第２スタック層の厚みを貫通して延びる第２経路パターンに電気的に結合されており、第２経路パターンは、電気部品の少なくとも一つの端子に対応するように構成されている、条項４３から５２のいずれか一項の回路アセンブリ。

【０１８６】

条項５４：第２経路パターンの第１部分は第１経路パターンの第１部分と整列しており、変形導電性材料は、第１経路パターンの第１部分から第２経路パターンの第１部分まで延びる連続構造を形成している、条項４３から５３のいずれか一項の回路アセンブリ。

【０１８７】

条項５５：第３経路パターンが形成された第３スタック層であって、第３経路パターンは第３スタック層の厚みを貫通して延びており、第３経路パターンは変形導電性材料を含む、第３スタック層をさらに含む、条項４３から５４のいずれか一項の回路アセンブリ。

【０１８８】

条項５６：第３経路パターンの第１部分は第２経路パターンの第２部分と整列しており、変形導電性材料は、第１経路パターンの第１部分から第３経路パターンの第１部分まで延びる連続構造を形成している、条項４３から５５のいずれか一項の回路アセンブリ。

【０１８９】

条項５７：第４経路パターンが形成された第４スタック層であって、第４経路パターンは第４スタック層の厚みを貫通して延びており、第４経路パターンは変形導電性材料を含む、第４スタック層をさらに含む、条項４３から５６のいずれか一項の回路アセンブリ。

【０１９０】

条項５８：第４経路パターンの第１部分は第３経路パターンの第２部分と整列しており、変形導電性材料は、第１経路パターンの第１部分から第４経路パターンの第１部分まで延びる連続構造を形成している、条項４３から５７のいずれか一項の回路アセンブリ。

【０１９１】

条項５９：変形導電性材料は導電性ゲルを含む、条項４３から５８のいずれか一項の回路アセンブリ。

【０１９２】

条項６０：変形導電性材料はガリウム合金を含む、条項４３から５９のいずれか一項の回路アセンブリ。

【０１９３】

条項６１：非常にサスティナブルな回路アセンブリを製造する方法であって、基板層を用意する工程と、第１経路パターンが形成された第１スタック層を基板層の表面に配置する工程であって、第１経路パターンは第１スタック層の厚みを貫通して延びている、配置する工程と、第１経路パターンを変形導電性材料で過充填する工程と、回路アセンブリから余分な変形導電性材料を除去する工程と、余分な変形導電性材料を回収する工程と、を含む方法。

【０１９４】

条項６２：回収された余分な変形導電性材料を用いて第２スタック層に含まれる第２経路パターンを充填する工程、回収された余分な変形導電性材料を用いて別の回路アセンブリを製造する工程、または、それらの組み合わせを含む、条項６１の方法。

【０１９５】

条項６３：第１スタック層を基板層にボンディングする工程をさらに含む、条項６１または６２の方法。

【０１９６】

条項６４：回路アセンブリから余分な変形導電性材料を除去する工程は、第１スタック

層の表面に取り付けられた剥離ライナーから余分な変形導電性材料を拭い取る工程を含み、方法は、第１スタック層の表面から剥離ライナーを除去する工程をさらに含む、条項６１から６３のいずれか一項の方法。

【０１９７】

条項６５：回路アセンブリから余分な変形導電性材料を除去する工程は、第１スタック層の表面から余分な変形導電性材料を拭い取る工程を含む、条項６１から６４のいずれか一項の方法。

【０１９８】

条項６６：電気部品を回路アセンブリに取り付ける工程をさらに含み、電気部品の少なくとも一つの端子は第１スタック層に形成された第１経路パターンに対応する、条項６１から６５のいずれか一項の方法。

【０１９９】

条項６７：第２スタック層を第１スタック層の表面に配置する工程であって、第２スタック層は、第２スタック層に形成されるとともに第２スタック層の厚みを貫通して延びる第２経路パターンを含む、配置する工程と、第２経路パターンを変形導電性材料で過充填する工程と、回路アセンブリから余分な変形導電性材料を除去する工程と、余分な変形導電性材料を回収する工程と、をさらに含む、条項６１から６６のいずれか一項の方法。

【０２００】

条項６８：導電性要素パターンを含むサブレイヤを、第１スタック層と第２スタック層の間に介在させる工程をさらに含む、条項６１から６７のいずれか一項の方法。

【０２０１】

条項６９：第２経路パターンは、電気部品の少なくとも一つの端子に対応するように構成され、方法は、導電性要素パターンを第２経路パターンに充填された変形導電性材料に電気的に結合する工程をさらに含む、条項６１から６８のいずれか一項の方法。

【０２０２】

条項７０：第２スタック層を第１スタック層の表面に配置する工程は、第２経路パターンの第１部分と第１経路パターンの第１部分を整列させる工程を含み、第２経路パターンを変形導電性材料で過充填する工程は、第１経路パターンの第１部分から第２経路パターンの第１部分まで延びる連続構造を形成する工程を含む、条項６１から６９のいずれか一項の方法。

【０２０３】

条項７１：第３スタック層を第２スタック層の表面に配置する工程であって、第３スタック層は、第３スタック層に形成されるとともに第３スタック層の厚みを貫通して延びる第３経路パターンを含む、配置する工程と、第３経路パターンを変形導電性材料で過充填する工程と、回路アセンブリから余分な変形導電性材料を除去する工程と、余分な変形導電性材料を回収する工程と、をさらに含む、条項６１から７０のいずれか一項の方法。

【０２０４】

条項７２：第３スタック層を第２スタック層の表面に配置する工程は、第３経路パターンの第１部分と第２経路パターンの第２部分を整列させる工程を含み、第３経路パターンを変形導電性材料で過充填する工程は、第１経路パターンの第１部分から第３経路パターンの第１部分まで延びる連続構造を形成する工程を含む、条項６１から７１のいずれか一項の方法。

【０２０５】

条項７３：第４スタック層を第３スタック層の表面に配置する工程であって、第４スタック層は、第４スタック層に形成されるとともに第４スタック層の厚みを貫通して延びる第４経路パターンを含む、配置する工程と、第４経路パターンを変形導電性材料で過充填する工程と、回路アセンブリから余分な変形導電性材料を除去する工程と、余分な変形導電性材料を回収する工程と、をさらに含む、条項６１から７２のいずれか一項の方法。

【０２０６】

条項７４：第４スタック層を第３スタック層の表面に配置する工程は、第４経路パター

ンの第１部分と第３経路パターンの第２部分を整列させる工程を含み、第４経路パターンを変形導電性材料で過充填する工程は、第１経路パターンの第１部分から第４経路パターンの第１部分まで延びる連続構造を形成する工程を含む、条項６１から７３のいずれか一項の方法。

【０２０７】

条項７５：変形導電性材料は導電性ゲルを含む、条項６１から７４のいずれか一項の方法。

【０２０８】

条項７６：変形導電性材料はガリウム合金を含む、条項６１から７５のいずれか一項の方法。

【０２０９】

条項７７：非常にサスティナブルな回路レイアップは、無害かつ容易に再生可能な変形導電性材料と、容易にリサイクル可能な材料からなる少なくとも一つの層と、の組合せを含んでいてもよい。導電性材料は、再使用可能なトレースおよび／または接点のパターンを層の上に形成してもよい。再使用可能なトレースを層の上に形成する方法は、（有害か否かに関わらず）実質的に廃棄物を生成せず、レイアップ材料を構成するもの以外のさらなる天然資源を消費しない、一つの工程を含んでいてもよい。方法は、従来の回路基板を作成するために使用される方法に比べ、実質的にエネルギーの消費を抑えている。

【０２１０】

条項７８：非常にサスティナブルな回路アセンブリは、回路レイアップの接点パターンに対応する端子が設けられた少なくとも一つの電気部品を含んでいてもよい。電気部品は、一つまたは複数の接点に接触する一つまたは複数の端子を含んでいてもよい。電気部品は、はんだ付けを要することなく安定した電気的接続を実現し、実質的なエネルギー消費の必要をなくし、実質的に廃棄物を生成せず、かつ、実質的に揮発性有機化合物（ＶＯＣ類）を排出しない方法を用いて、レイアップに組付けられる。

【０２１１】

条項７９：非常にサスティナブルな回路レイアップは、少なくとも一つの基板層と、一つまたは複数のステンシル層と、一つまたは複数の絶縁層と、を含む少なくとも一つの積層体から形成されていてもよい。積層体の一つまたは複数の層は、容易にリサイクル可能な材料から形成されていてもよい。積層体は、無害かつ容易に再生可能な導電性材料から形成された少なくとも一つの再使用可能なトレースおよび／または接点および／またはビアのパターンを含んでいてもよい。再使用可能な導電性トレースのパターンは、接点および／またはビアのパターンと相互接続されていてもよい。再使用可能なトレース、ビア、および接点の第１パターンは、基板層の表面に形成されるか、あるいは基板層の表面に凹入されてもよい。一つまたは複数のステンシル層は、ステンシル層の厚みを貫通して延びる再使用可能なトレース、および／またはビア、および／または接点の第２パターンとともに、基板層に支持されていてもよい。ステンシル層のパターンの少なくとも一部は、基板層のパターンに対応していてもよい。少なくとも一つの絶縁層は、基板層および／または少なくとも一つのステンシル層に支持されていてもよい。絶縁層は、絶縁層の表面上にあるか、またはその表面を貫通して延びる接点パターンおよび／またはビアを有していてもよい。絶縁層のパターンの少なくとも一部は、基板および／またはステンシル層のパターンに対応していてもよい。導電性材料は、（有害か否かに関わらず）実質的に廃棄物を生成せず、レイアップ材料を構成するもの以外のさらなる天然資源を消費せず、エネルギー消費が比較的少なく、かつ、実質的にＶＯＣを排出しない単一の工程によって、積層体の一つまたは複数の層に積層されてもよい。様々な層が接続されて積層体を構成してもよい。回路レイアップは複数の積層体を含んでいてもよく、２またはそれ以上の積層体が一体的に接続されてもよい。ある積層体のビアと接点は、別の積層体のビアと接点に接続されてもよく、それによって積層体間の接続が形成されてもよい。ビアは、各積層体の一つまたは複数の基板層、ステンシル層、および絶縁層の組合せを貫通して延びていてもよく、これにより各積層体の再使用可能なトレース間を接続してもよい。

【０２１２】
条項８０：非常にサスティナブルな回路レイアップまたは回路アセンブリは、電気部品、ビア、および／または接点の少なくとも一部を覆う封止材を選択的に含んでいてもよい。封止材は、レイアップまたは積層体の一つまたは複数の層と同様に、容易にリサイクル可能な材料から形成されていてもよい。
【０２１３】
条項８１：基板層、ステンシル層、および絶縁層は、可撓性を有する材料を含んでいてもよい。これらの層は伸縮性を有する材料を含んでいてもよい。これらの層の少なくとも一部は、接着性を有していてもよい。これらの層は、その接着性によって互いに接続されていてもよい。
【０２１４】
条項８２：少なくとも一つの電気装置は、表面実装型要素を含んでいてもよい。少なくとも一つの電気装置は、パッケージ化された集積回路を含んでいてもよい。少なくとも一つの電気装置は、ベア集積回路ダイを含んでいてもよい。少なくとも一つの電気部品は、いずれかの層の接着性によって回路レイアップに取り付けられてもよいし、接着剤よっていずれかの層に取り付けられてもよい。
【０２１５】
条項８３：少なくとも一つの電気部品は、絶縁層に取り付けられてもよい。絶縁層は、電気部品を回路レイアップに安定して取り付けるのに十分な接着性を有していてもよい。導電性材料は、変形可能であってもよく、さらに、はんだ付けを要することなく安定した電気的接続を実現し、実質的なエネルギー消費の必要をなくし、実質的に廃棄物を生成せず、かつ、実質的に揮発性有機化合物（ＶＯＣ類）を排出しない接着性を有する。
【０２１６】
条項８４：方法は、基板層を用意する工程と、基板層に一つまたは複数の経路を形成する工程と、少なくとも一つの経路に変形導電性材料を積層する工程と、基板層に絶縁層を積層する工程と、を含んでいてもよく、絶縁層は、変形導電性材料を少なくとも部分的に封止する。少なくとも一つの経路に変形導電性材料を積層する工程は、少なくとも一つの経路の上にある導電性材料を拭い取ることで、周囲の基板表面から余分な導電性材料を除去する工程を含んでいてもよい。
【０２１７】
条項８５：方法は、基板層を用意する工程と、基板層に一つまたは複数の経路を選択的に形成する工程と、少なくとも一つの基板層経路に変形導電性材料を積層する工程と、一つまたは複数の経路を有する少なくとも一つのステンシル層を基板層の上に連続的に積み重ねる工程と、各ステンシル層を積み重ねた後に、そのステンシル層の少なくとも一つの経路に変形導電性材料を積層する工程と、最後に積み重ねられたステンシル層の上に絶縁層を積み重ねる工程と、を含んでいてもよい。各ステンシル層の少なくとも一つの経路は、その層の厚みを貫通していてもよい。連続的に積み重ねられるステンシル層は、以前に積み重ねられた層の変形導電性材料を、少なくとも部分的に封止していてもよい。絶縁層は、最後に積み重ねられたステンシル層の少なくとも一つの経路において、変形導電性材料を少なくとも部分的に封止していてもよい。変形導電性材料を積層する工程は、少なくとも一つの経路の上にある導電性材料を拭い取ることで、その経路が形成されている層の周囲の表面から、余分な導電性材料を除去する工程を含んでいてもよい。
【０２１８】
条項８６：基板表面および少なくとも一つのステンシル層表面は、剥離層を含んでいてもよい。剥離層は、変形導電性材料がそれぞれの層表面に積層された後に、除去されてもよい。
【０２１９】
条項８７：基板層または少なくとも一つのステンシル層における少なくとも一つの経路は、別の層における少なくとも一つの経路に連通していてもよい。ステンシル層における経路は、その層の厚みを貫通していてもよい。

【０２２０】
条項８８：方法は、接着性を有する変形導電性材料を含む少なくとも一つの接点を回路レイアップに形成する工程と、少なくとも一つの端子を有する電気部品を回路レイアップに支持させる工程と、を含んでいてもよく、電気部品の少なくとも一つの端子は、少なくとも一つの接点に接触して、電気部品と接点の間に少なくとも一つの電気的接続を形成する。少なくとも一つの端子は、パターン配置された複数の端子を含んでいてもよく、少なくとも一つの接点は、変形導電性材料を含むとともに電気部品の端子のパターンに対応するパターンで配置された複数の接点を含んでいてもよく、電気部品の複数の端子は複数の接点に接触してもよく、変形導電体の接着性により、電気部品と接点の間に安定した電気的接続が形成される。

【０２２１】
条項８９：方法は、回路アセンブリを封止材の融点まで加熱する工程と、電気部品を抽出する工程と、回路アセンブリを基板層、ステンシル層、および絶縁層のうちの一つまたは複数の要素の融点まで加熱する工程と、導電性材料を回路アセンブリから分離する工程と、導電性材料を浄化する工程と、を含む。方法は、電気部品を再使用するステップと、再使用のために一つまたは複数の層材料と導電性材料を再処理するステップと、をさらに含んでいてもよい。

【０２２２】
条項９０：回路レイアップを作成する方法であって、基板層を用意する工程と、基板層に一つまたは複数の経路を形成する工程と、基板層および経路を形成する工程において発生したスクラップ材料を回収する工程と、少なくとも一つの経路に変形導電性材料を積層する工程と、絶縁層を用意する工程および絶縁層を基板層に積み重ねる工程と、絶縁層を用意する工程で発生したスクラップ材料を回収する工程と、を含み、少なくとも一つの経路に変形導電性材料を積層する工程は、少なくとも一つの経路から導電性材料を拭い取ることで、周囲の基板表面から余分な変形導電性材料を除去する工程を含み、絶縁層は変形導電性材料を少なくとも部分的に封止し、基板層と絶縁層のスクラップは再処理され、余分な導電性材料は一つまたは複数の次の回路レイアップの作成に組み込まれる、方法。

【０２２３】
本明細書で言及されるすべての特許、特許出願、刊行物、またはその他の開示資料は、個々の参照資料がそれぞれ明示的に参照により組み込まれた場合と同様に、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。参照により本明細書に組み込まれるとされるすべての参考文献、およびその資料、またはその一部は、組み込まれる資料が、本開示に記載される既存の定義、記述、または他の開示資料と矛盾しない範囲においてのみ、本明細書に組み込まれる。そのため、必要な範囲において、本明細書に記載される開示は、参照により本明細書に組み込まれる矛盾する資料に優先し、本出願に明示的に記載される開示が支配する。

【０２２４】
本発明は、様々な例示的および概略的な態様を参照して説明されてきた。本明細書に記載された態様は、開示された本発明の様々な態様の様々な詳細の例示的な特徴を提供するものとして理解される。したがって、特に指定されない限り、可能な範囲で、開示された態様の１つ以上の特徴、要素、構成要素、成分、構造、モジュール、および／または態様は、開示された本発明の範囲から逸脱することなく、開示された態様の１つ以上の他の特徴、要素、構成要素、成分、構造、モジュール、および／または態様と組み合わされ、分離され、交換され、および／または再配置され得ることが理解される。従って、本発明の範囲から逸脱することなく、例示的態様のいずれかの様々な置換、変更または組合せがなされ得ることが、当業者には理解される。さらに、当業者であれば、本明細書を検討することにより、本明細書に記載された本発明の様々な態様に対する多くの等価物を認識するか、または日常的な実験以上のことを行わずに確認することができる。したがって、本発明は、様々な態様の記載によって限定されるものではなく、特許請求の範囲によって限定されるものである。

【０２２５】
当業者であれば、一般に、本明細書、特に添付の特許請求の範囲（例えば、添付の特許請求の範囲の本体）において使用される用語は、一般に「オープンエンド」な用語として意図されることを認識するであろう（例えば、「含む」という用語は、「含むが、限定されない」と解釈されるべきであり、「有する」という用語は、「少なくとも有する」と解釈されるべきであり、「含む」という用語は、「含むが、限定されない」などと解釈されるべきである）。当業者にはさらに、導入された請求項の記載の特定の数が意図される場合、そのような意図は請求項に明示的に記載され、そのような記載がない場合、そのような意図は存在しないことが理解されよう。例えば、理解の一助として、以下の添付の特許請求の範囲には、特許請求の範囲の記載を導入するために「少なくとも一つ」および「１つ以上」という導入句が使用されている場合がある。しかしながら、このようなフレーズの使用は、不定冠詞「ａ」または「ａｎ」による請求項の記載の導入が、そのような導入された請求項の記載を含む特定の請求項を、同じ請求項が導入フレーズ「１つ以上」または「少なくとも一つ」および「ａ」または「ａｎ」などの不定冠詞を含む場合であっても、そのような導入された請求項の記載を１つのみ含む請求項に限定することを意味すると解釈されるべきではない（例えば、例えば、「ａ」および／または「ａｎ」は、通常、「少なくとも一つ」または「一つまたは複数」を意味すると解釈されるべきである）。

【０２２６】
さらに、導入された請求項の特定の数が明示的に記載されている場合であっても、当業者であれば、そのような記載は、通常、少なくとも記載された数を意味すると解釈されるべきであることが認識される（例えば、他の修飾語を伴わない「２つの記載」という露出状態の記載は、通常、少なくとも２つの記載、または２つ以上の記載を意味する）。さらに、「Ａ、Ｂ、およびＣのうちの少なくとも一つなど」に類似する慣例が使用される場合、一般的に、このような構成は、当業者が慣例を理解する意味で意図される（例えば、「Ａ、Ｂ、およびＣのうちの少なくとも一つを有するシステム」は、Ａ単独、Ｂ単独、Ｃ単独、ＡおよびＢ、ＡおよびＣ、ＢおよびＣ、および／またはＡ、Ｂ、およびＣなどを有するシステムを含むが、これらに限定されない）。「Ａ、Ｂ、またはＣのうちの少なくとも一つ等」に類似する慣例が使用される場合、一般に、そのような構成は、当業者が慣例を理解する意味で意図される（例えば、「Ａ、Ｂ、またはＣのうちの少なくとも一つを有するシステム」は、Ａ単独、Ｂ単独、Ｃ単独、ＡおよびＢ、ＡおよびＣ、ＢおよびＣ、および／またはＡ、Ｂ、およびＣ等を有するシステムを含むが、これらに限定されない）。当業者にはさらに理解されるであろうが、説明、特許請求の範囲、または図面のいずれにおいても、典型的には、２つ以上の代替的な用語を提示する分離的な単語および／または語句は、文脈がそうでないことを指示しない限り、用語の一方、用語のいずれか、または両方の用語を含む可能性を企図するものと理解されるべきである。例えば、“ＡまたはＢ”という表現は、通常、“Ａ”または“Ｂ”、あるいは“ＡおよびＢ”の可能性を含むものと理解される。

【０２２７】
添付の特許請求の範囲に関して、当業者であれば、そこに記載された動作は、一般に、どのような順序で実行されてもよいことを理解するであろう。また、特許請求の範囲の記載は順序で示されているが、様々な動作は、記載されている順序以外の順序で実行されてもよく、または同時に実行されてもよいことが理解されるべきである。このような代替順序の例としては、文脈から別段の指示がない限り、重複順序、インターリーブ順序、中断順序、再順序、増分順序、準備順序、補足順序、同時順序、逆順序、または他の変形順序が挙げられる。さらに、「～に応じて」、「～に関連する」などの過去形の形容詞のような用語は、文脈から別段の指示がない限り、一般に、このような変形を除外することを意図していない。

【０２２８】
「一つの態様」、「ある態様」、「例示的態様」、「１つの例示的態様」などへの言及は、その態様に関連して記載される特定の特徴、構造、または特性が、少なくとも一つの

態様に含まれることを意味することに留意されたい。従って、本明細書を通じて様々な場所で「１つの態様において」、「ある態様において」、「例示において」、および「１つの例示において」という表現が現れるが、必ずしも全てが同じ態様を指すわけではない。さらに、特定の特徴、構造または特性は、一つまたは複数の態様において任意の適切な方法で組み合わせることができる。

【０２２９】

本明細書で使用される「ａ」、「ａｎ」、「ｔｈｅ」の単数形は、文脈上そうでないことが明らかな場合を除き、複数形も含む。

【０２３０】

本明細書で使用される方向語句、例えば、限定するものではないが、上、下、左、右、下、上、前、後、およびそれらの変形は、添付図面に示される要素の方向に関するものであり、別途明示的に記載されない限り、特許請求の範囲を限定するものではない。

【０２３１】

本開示において使用される「約」または「略」という用語は、特に指定がない限り、当業者によって決定される特定の値に対する許容可能な誤差を意味し、これは、値がどのように測定または決定されるかに部分的に依存する。特定の態様において、「約」または「略」という用語は、１、２、３、または４標準偏差以内を意味する。特定の態様において、「約」または「略」という用語は、所与の値または範囲の５０％、２００％、１０５％、１００％、９％、８％、７％、６％、５％、４％、３％、２％、１％、０．５％、または０．０５％以内を意味する。

【０２３２】

本明細書では、特に断りのない限り、すべての数値パラメータは、すべての場合において、「約」という用語によって前置きされ、修正されるものと理解され、この場合、数値パラメータは、パラメータの数値を決定するために使用される基礎的な測定技術に特有の固有の変動性を有する。少なくとも、均等論の適用を特許請求の範囲に限定する試みではないが、本明細書に記載された各数値パラメータは、少なくとも、報告された有効数字の桁数を考慮し、通常の丸め技術を適用して解釈されるべきである。

【０２３３】

本明細書で言及される数値範囲には、言及される範囲に包含されるすべての下位範囲が含まれる。例えば、「１～１００」の範囲は、暗黙の最小値である１と暗黙の最大値である１００との間（およびそれを含む）、すなわち、１以上に等しい最小値と１００以下に等しい最大値とを有するすべての部分範囲を含む。また、本明細書で言及されるすべての範囲は、言及される範囲の端点を含む。例えば、「１～１００」の範囲は、端点１および１００を含む。本明細書に記載される最大数値限定は、そこに包含されるすべての下位数値限定を含むことを意図しており、本明細書に記載される最小数値限定は、そこに包含されるすべての上位数値限定を含むことを意図している。従って、出願人は、特許請求の範囲を含む本明細書を修正し、明示的に記載された範囲に包含される任意のサブ範囲を明示的に記載する権利を留保する。そのような範囲はすべて、本明細書に本質的に記載されている。

【０２３４】

本明細書で言及され、および／または出願データシートに記載されている特許出願、特許、非特許公開、またはその他の開示資料は、組み込まれた資料が本明細書と矛盾しない限り、参照により本明細書に組み込まれる。そのため、必要な範囲において、本明細書に明示的に記載される開示は、参照により本明細書に組み込まれる矛盾する資料に優先する。参照により本明細書に組み込まれるとされる資料またはその一部であっても、本明細書に記載される既存の定義、記述、またはその他の開示資料と矛盾するものは、組み込まれる資料と既存の開示資料との間に矛盾が生じない範囲でのみ組み込まれる。

【０２３５】

「comprise」（および「comprises」や「comprising」などのcompriseの任意の形）、「have」（および「has」や「having」などのhaveの任意の形）、「includ

e」（および「includes」や「including」などのincludeの任意の形）、「contain」（および「contains」や「containing」などのcontainの任意の形）は、オープンエンドの連結動詞である。その結果、一つまたは複数の要素を「含んでいる」、「有している」、「含んでいる」、または「含んでいる」システムは、それらの一つまたは複数の要素を所有し得るが、それらの一つまたは複数の要素のみを所有することに限定されない。

【図面】

【図１】

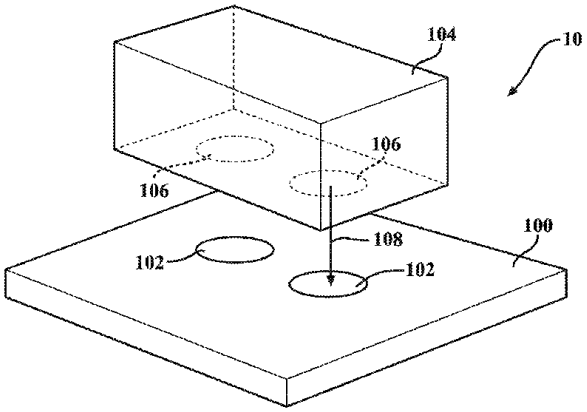



FIG. 1

【図２】

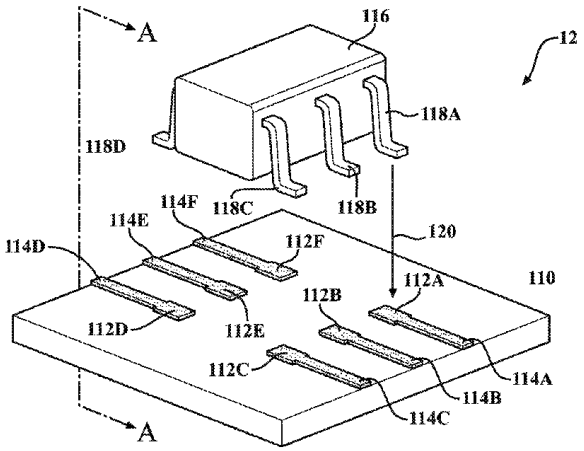



FIG. 2

【図３Ａ】

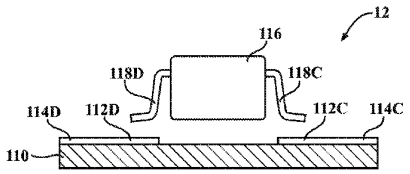



FIG. 3A

【図３Ｂ】

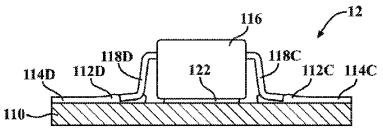



FIG. 3B

【図３Ｃ】

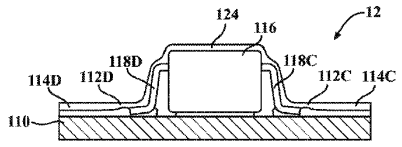



FIG. 3C

【図３Ｄ】

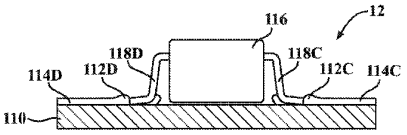



FIG. 3D

【図３Ｅ】

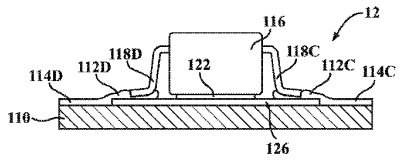



FIG. 3E

【図４】

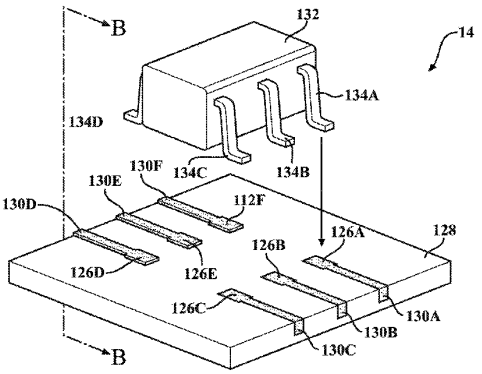



FIG. 4

【図５Ａ】

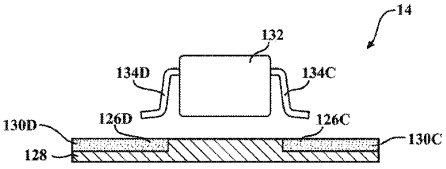



FIG. 5A

【図５Ｂ】

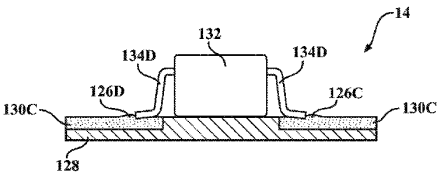



FIG. 5B

【図５Ｃ】

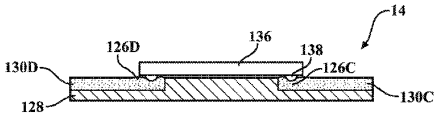



FIG. 5C

【図６】

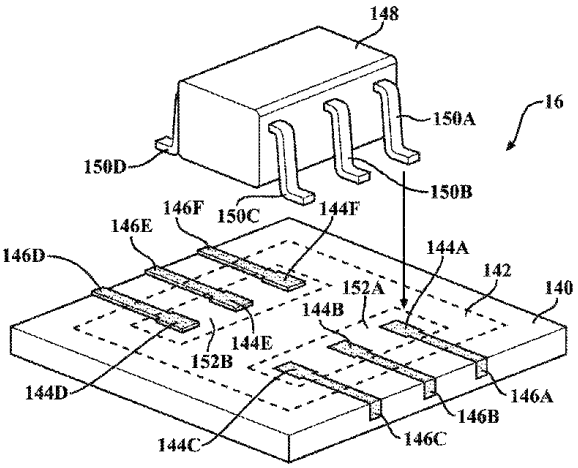



FIG. 6

【図７Ａ】

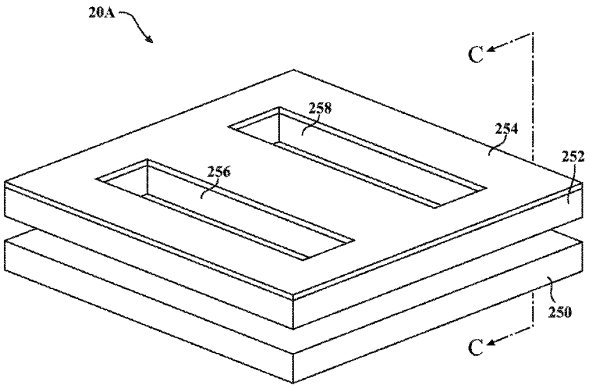



FIG. 7A

【図７Ｂ】

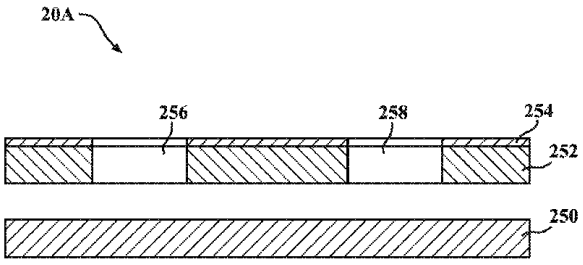



FIG. 7B

【図８Ａ】

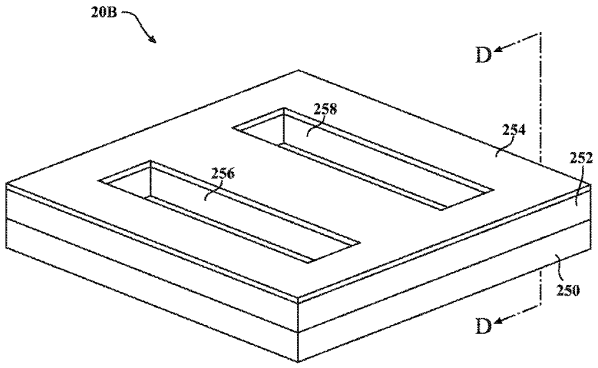



FIG. 8A

【図８Ｂ】

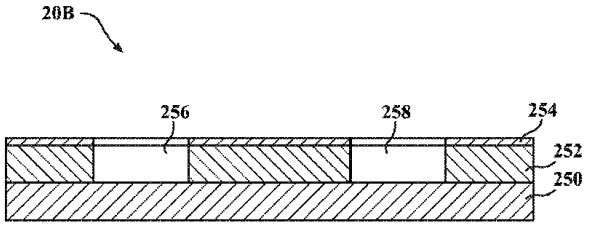



FIG. 8B

【図９Ａ】

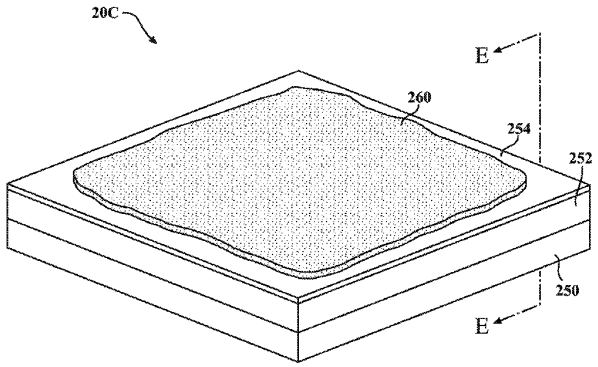



FIG. 9A

【図９Ｂ】

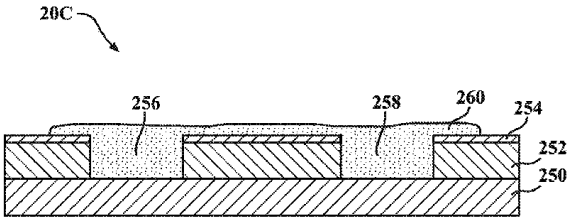



FIG. 9B

【図１０Ａ】

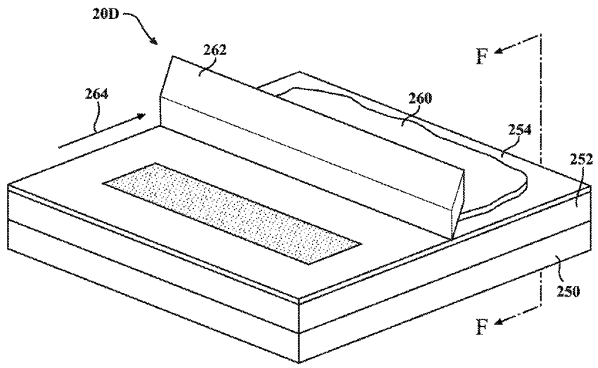



FIG. 10A

【図１０Ｂ】

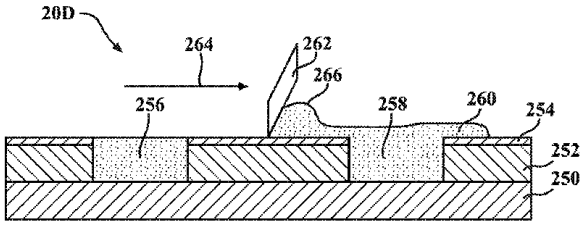



FIG. 10B

【図１１Ａ】

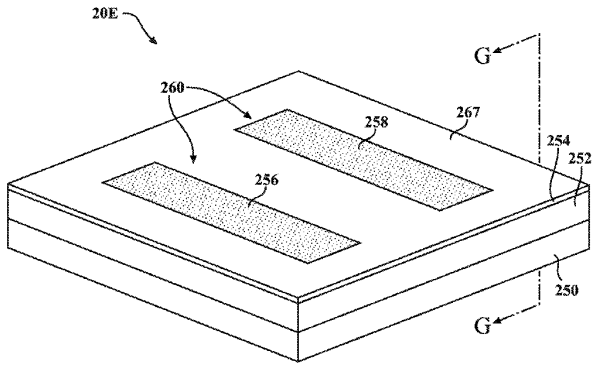



FIG. 11A

【図１１Ｂ】

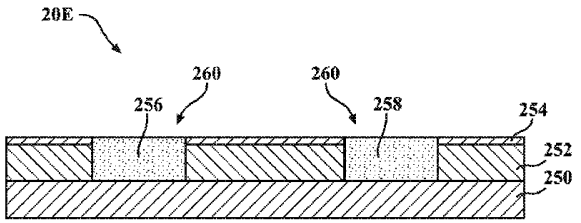



FIG. 11B

【図１２Ａ】

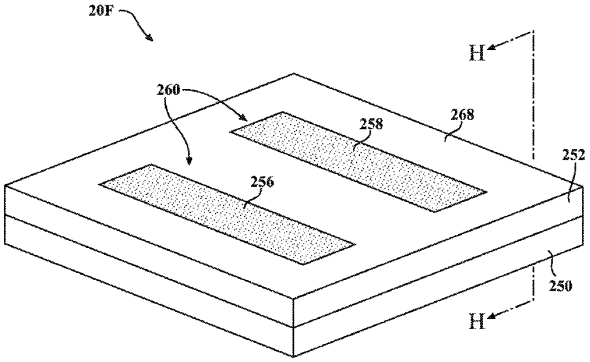



FIG. 12A

【図１２Ｂ】

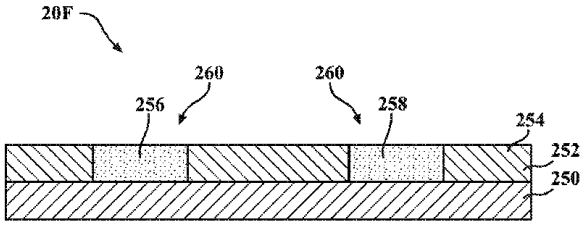



FIG. 12B

【図１３Ａ】

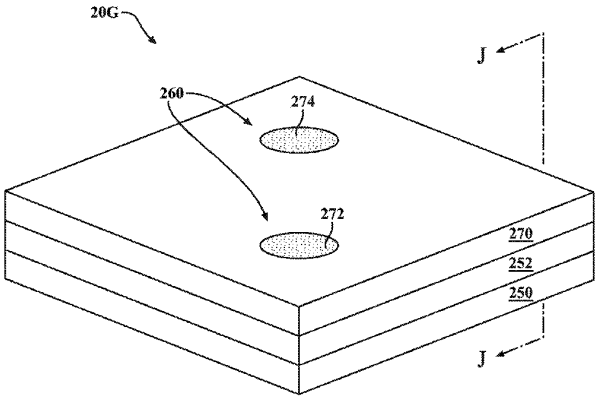



FIG. 13A

【図１３Ｂ】

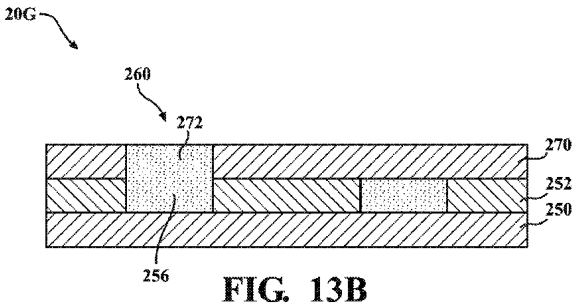



FIG. 13B

【図１４Ａ】

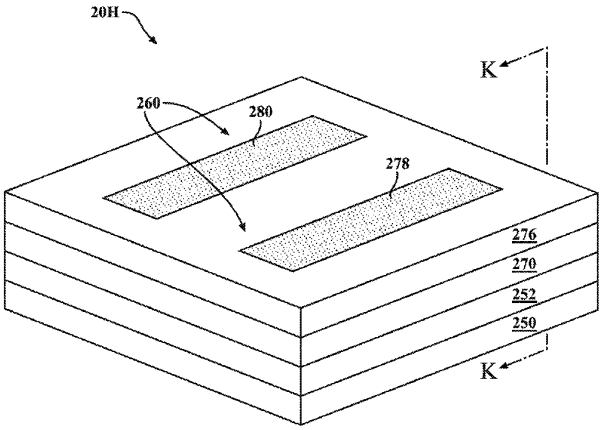



FIG. 14A

【図１４Ｂ】

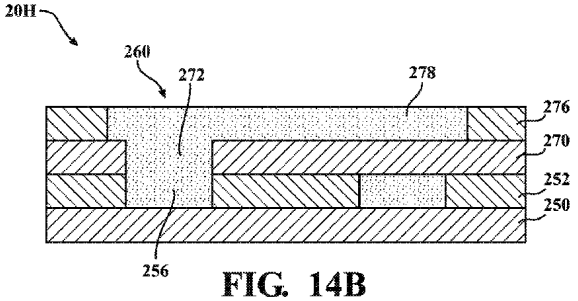



FIG. 14B

【図１５Ａ】

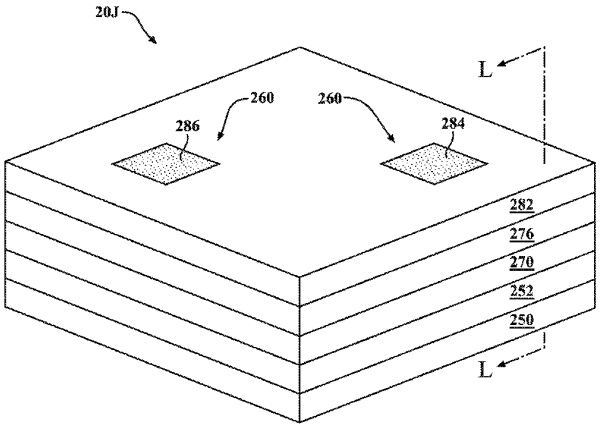



FIG. 15A

【図１５Ｂ】

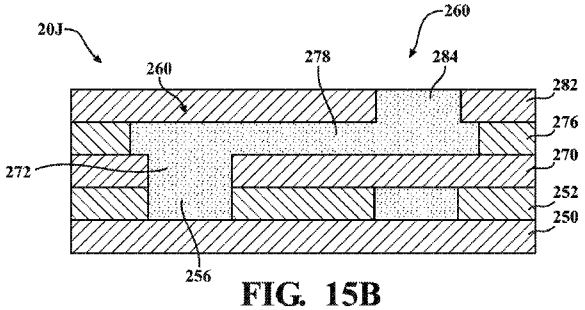



FIG. 15B

【図１６】

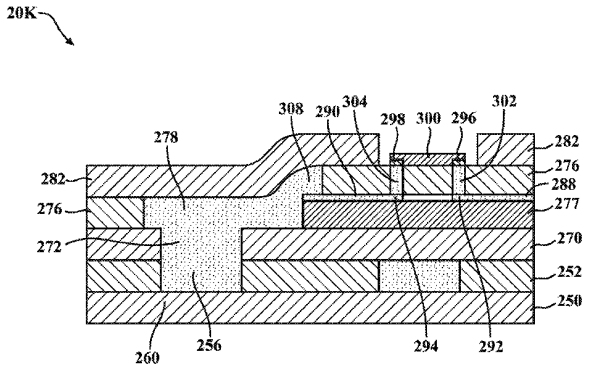



FIG. 16

【図１７】

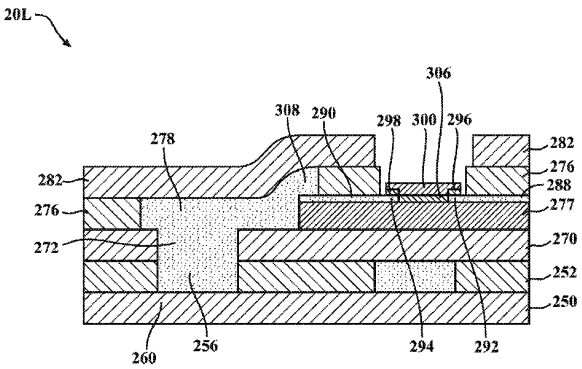
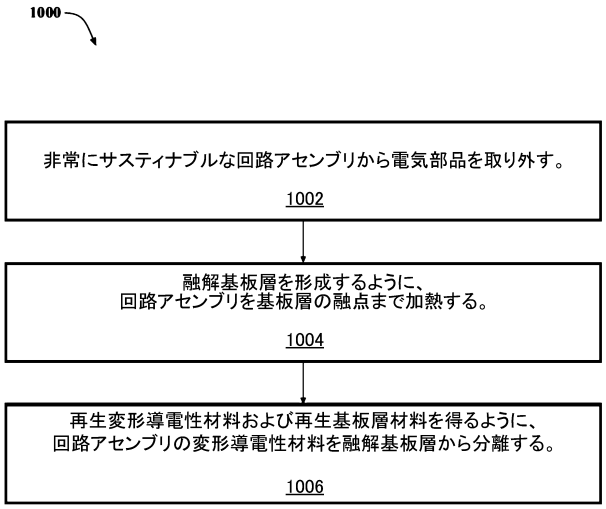
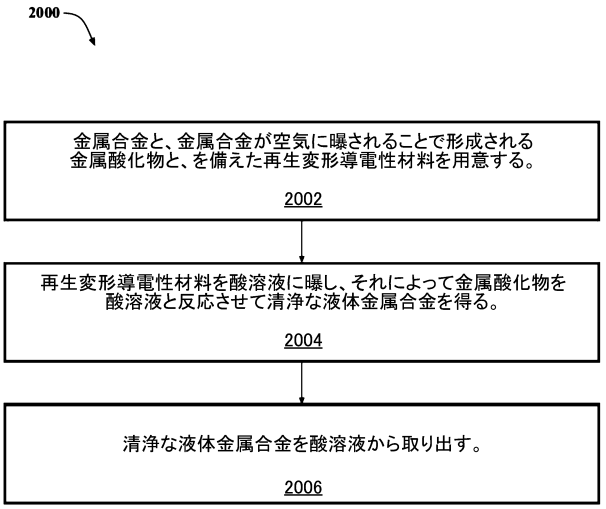



FIG. 17

【図１８】




【図１９】



【国際調査報告】

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.
PCT/US22/70850

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC - H01B 1/16; H01B 1/02; H05K 3/10; H05K 1/09 (2022.01)

CPC - H05K 3/101; H01B 1/16; H01B 1/02; H05K 2203/308; H05K 1/09

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
See Search History document

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
See Search History document

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
See Search History document

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---|---|---|
| X | US 2019/0327837 A1 (UNIVERSITY OF HAWAII) 24 October 2019; FIG. 4A,4C,9, paragraphs [0027],[0060],[0070-0072],[0074],[0076-0077],[0079],[0082],[0115],[0126-0127],[0138] | 1-8 |
| A | US 2011/0024842 A1 (FERRAO DE PAIVA MARTINS ET AL) 03 February 2011; see entire document | 1-8 |
| A | US 2020/0066628 A1 (LIQUID WIRE INC.) 27 February 2020; see entire document | 1-8 |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"D" document cited by the applicant in the international application
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

| Date of the actual completion of the international search | Date of mailing of the international search report |
|---|---|
| 10 June 2022 (10.06.2022) | JUL 05 2022 |
| Name and mailing address of the ISA/US<br>Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents<br>P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450<br>Facsimile No. 571-273-8300 | Authorized officer<br>Shane Thomas<br>Telephone No. PCT Helpdesk: 571-272-4300 |

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2019)

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.
PCT/US22/70850

**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
-***-Please See Supplemental Page-***-

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
Group I: Claims 1-8

**Remark on Protest**

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

Form PCT/ISA/210 (continuation of first sheet (2)) (July 2019)

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.
PCT/US22/70850

-***-Continued From Box No. III: Observations where unity of invention is lacking-***-

Claims 16-18 are objected to under PCT Rule 66.2(a)(v) as lacking clarity under PCT Article 6 because the claims are indefinite for the following reason(s):

Claims 16-18 appear twice in the instant Application. For the purpose of this opinion, as best understood, the first instance of each is interpreted as claim 16A, 17A, and 18A and the second instance of each is interpreted as 16B, 17B, and 18B. Additionally claim 17A will depend on claim 16A and claim 18A will depend on claim 17A.

In line 1 of Claims 17B and 18B there is a lack of antecedent basis for "The circuit assembly of claim 1". For the purpose of this opinion, as best understood, the claim is interpreted to read "The circuit assembly of claim 9".

This application contains the following inventions or groups of inventions which are not so linked as to form a single general inventive concept under PCT Rule 13.1. In order for all inventions to be examined, the appropriate additional examination fees must be paid.

Group I: Claims 1-8 are directed toward a method for manufacturing a highly sustainable circuit assembly comprising: wherein a resistance of the reused excess deformable conductive material is equal to a resistance of the deposited deformable conductive material.

Group II: Claims 9-18 are directed toward a highly sustainable circuit assembly comprising: the first pattern of passages extending through a thickness of the first stacked layer, wherein the deformable conductive material comprises a non-hazardous, readily recyclable material.

Group III: Claims 19-28 are directed toward a method for reclaiming material from a highly sustainable circuit assembly comprising an electrical component, a substrate layer, and a deformable conductive material, the method comprising: removing the electrical component from the circuit assembly: heating the highly sustainable circuit assembly to a melting temperature of the substrate layer to form a melted substrate layer.

The inventions listed as Groups I-III do not relate to a single general inventive concept under PCT Rule 13.1 because, under PCT Rule 13.2, they lack the same or corresponding special technical features for the following reasons:

Group I include a method for manufacturing a highly sustainable circuit assembly comprising: placing a first stacked layer on a surface of the substrate layer (which are not present in Groups II-III), the first stacked layer comprising a first pattern of passages formed therein (which are not present in Group III); depositing a deformable conductive material to at least partially fill the first pattern of passages; removing excess deformable conductive material from the first stacked layer; and reusing the excess deformable conductive material removed from the first stacked layer; wherein a resistance of the reused excess deformable conductive material is equal to a resistance of the deposited deformable conductive material (which are not present in Groups II-III).

Group II include a highly sustainable circuit assembly comprising: a first stacked layer comprising a first pattern of passages formed therein, the first pattern of passages comprising a deformable conductive material (which are not present in Group III) the first pattern of passages extending through a thickness of the first stacked layer; wherein the deformable conductive material comprises a non-hazardous, readily recyclable material (which are not present in Groups I and III).

Group III include a method for reclaiming material from a highly sustainable circuit assembly comprising an electrical component, a substrate layer, and a deformable conductive material, the method comprising: removing the electrical component from the circuit assembly: heating the highly sustainable circuit assembly to a melting temperature of the substrate layer to form a melted substrate layer; separating the deformable conductive material from the melted substrate layer to obtain reclaimed deformable conductive material and reclaimed substrate layer material; and recycling the reclaimed deformable conductive material (which are not present in Groups I-II).

The common technical features of Groups I-III are a highly sustainable circuit assembly comprising: a substrate layer, and a deformable conductive material that is reusable/ready recyclable.

The common technical features of Groups I-II are a highly sustainable circuit assembly comprising: first stacked layer comprising a first pattern of passages formed therein, the first pattern of passages comprising a deformable conductive material.

The common technical features of Groups I and III are a method for a highly sustainable circuit assembly comprising an electrical component, a substrate layer, and a deformable conductive material, the method comprising: removing/separating the deformable conductive material; and reusing/recycling the deformable conductive material.

The common technical features of Groups I-III are disclosed by US 2020/0066628 A1 (LIQUID WIRE). Liquid Wire discloses a highly sustainable circuit assembly (circuit assembly, excess deformable conductive material may be recycled for use with other assemblies (highly sustainable); figures 10A-10B; paragraphs [0049], [0055]) comprising: a substrate layer (150), and a deformable conductive material that is reusable/ready recyclable (excess deformable conductive material 160 may be scraped off and recycled for use with other assemblies; figures 10A-10B; paragraph [0055]).

The common technical features of Groups I-II are disclosed by Liquid Wire. Liquid Wire discloses a highly sustainable circuit assembly (circuit assembly, excess deformable conductive material may be recycled for use with other assemblies (highly sustainable); figures 7A-10B; paragraphs [0049], [0055]) comprising: first stacked layer (152) comprising a first pattern of passages formed therein (156, 158), the first pattern of passages comprising a deformable conductive material (the pattern of passages 156 and 158 in first layer 152 are over-filled with deformable conductive material; figures 7A-10B; paragraph [0053]).

The common technical features of Groups I and III are disclosed by Liquid Wire. Liquid Wire discloses a method for a highly sustainable circuit assembly (circuit assembly, excess deformable conductive material may be recycled for use with other assemblies (highly

-***-Continued Within the Next Supplemental Box-***-

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.
PCT/US22/70850

-***-Continued from previous Supplemental Box-***-

sustainable); figures 10A-10B; paragraphs [0049], [0055]) comprising an electrical component (electric component or device; abstract; paragraph [0059]), a substrate layer (150), and a deformable conductive material (160), the method comprising: removing/separating the deformable conductive material (the excess deformable conductive material 160 is scraped off; figures 10A-10B; paragraph [0055]); and reusing/recycling the deformable conductive material (excess deformable conductive material 160 that is scraped off may be recycled for use with other assemblies; figures 10A-10B; paragraph [0055]).

Since the common technical features are previously disclosed by the Liquid Wire reference, the common features are not special and so Groups I-III lack unity.

フロントページの続き

MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IR,IS,IT,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

ストリート ５５０
(72)発明者 サイ スリニバス デサバシーナ
アメリカ合衆国 ９７００６ オレゴン州、 ビーバートン、 ノースウエスト １７３ アベニュー、アパートメント ２０４， １７１５
(72)発明者 マイケル アドベンチャー ホプキンス
アメリカ合衆国 ９７２１５ オレゴン州、 ポートランド、 サウスイースト ４３番 １８４３
(72)発明者 チャールズ ジェイ． キンゼル
アメリカ合衆国 ９７２２９ オレゴン州、 ポートランド、 ノースウエスト サリシャン ドライブ ４５３０
(72)発明者 マーク エス． クルスコフ
アメリカ合衆国 ９７２１３ オレゴン州、 ポートランド、 ノースウエスト ５３番 アベニュー １９３３
(72)発明者 ジェシー マイケル マルティネス
アメリカ合衆国 ９７２６７ オレゴン州、 ミルウォーキー、 サウスイースト エルダーベリー レーン、 １４３３３
(72)発明者 キャサリン エム． ネルソン
アメリカ合衆国 ９７２０２ オレゴン州、 ポートランド、 サウスイースト ７２番 アベニュー ６１１４
(72)発明者 テイラー ブイ． ニューマン
アメリカ合衆国 ９７２１４ オレゴン州、 ポートランド、 サウスイースト １２番 アベニュー、ユニット ５０５、 ９０９
(72)発明者 トレバー アントニオ リベラ
アメリカ合衆国 ９７２０２ オレゴン州、 ポートランド、 サウスウエスト ホルゲート ブールバード ２８２５
(72)発明者 マーク ウィリアム ロナイ
アメリカ合衆国 ９７２２２ オレゴン州、 ポートランド、 サウスイースト ４０番 アベニュー ９８０７
(72)発明者 マイケル ジャスパー ワランス
アメリカ合衆国 ９７２０６ オレゴン州、 ポートランド、 サウスイースト ４６番 アベニュー、６４０５
(72)発明者 オースティン マイケル クラーク
アメリカ合衆国 ９７２２３ オレゴン州、 ティガード、 サウスウエスト ８８番 アベニュー、アパートメント ２６、 １１５５５

Ｆターム（参考） 5E343 AA16 BB01 BB02 BB03 BB52 BB71 BB72 BB78 DD02 DD03 ER31 GG20
5F044 KK01 KK19 LL13