

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6396928号
(P6396928)

(45) 発行日 平成30年9月26日 (2018. 9. 26)

(24) 登録日 平成30年9月7日 (2018. 9. 7)

(51) Int. Cl.

F I

HO 1 L 23/12 (2006. 01)
 A 6 1 B 5/0492 (2006. 01)
 A 6 1 B 5/0408 (2006. 01)
 A 6 1 B 5/0478 (2006. 01)
 B 8 1 B 3/00 (2006. 01)

HO 1 L 23/12 Q
 A 6 1 B 5/04 3 0 0 E
 A 6 1 B 5/04 3 0 0 J
 B 8 1 B 3/00
 HO 1 B 5/16

請求項の数 9 (全 23 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2015-559040 (P2015-559040)
 (86) (22) 出願日 平成26年2月24日 (2014. 2. 24)
 (65) 公表番号 特表2016-524314 (P2016-524314A)
 (43) 公表日 平成28年8月12日 (2016. 8. 12)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2014/017975
 (87) 国際公開番号 W02014/130931
 (87) 国際公開日 平成26年8月28日 (2014. 8. 28)
 審査請求日 平成28年12月12日 (2016. 12. 12)
 (31) 優先権主張番号 61/768, 939
 (32) 優先日 平成25年2月25日 (2013. 2. 25)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 13/843, 880
 (32) 優先日 平成25年3月15日 (2013. 3. 15)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 511088449
 エムシー１０ インコーポレイテッド
 MC 1 0, I N C.
 アメリカ合衆国 0 2 4 2 1 マサチュー
 セッツ州 レキシントン マグワイア ロ
 ード 1 0 ビルディング 3
 (74) 代理人 100105957
 弁理士 恩田 誠
 (74) 代理人 100068755
 弁理士 恩田 博宣
 (74) 代理人 100142907
 弁理士 本田 淳

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 伸縮性相互接続線用の歪緩和構造を有する装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

装置であって、

湾曲形状を有する第 1 のバイパス部を備える第 1 の導電性の伸縮性相互接続線であって、
 前記装置の第 1 の層内に配置されている第 1 の導電性の伸縮性相互接続線と、

前記第 1 のバイパス部の湾曲形状と実質的に同じ湾曲形状を有する第 2 のバイパス部を
 備える第 2 の導電性の伸縮性相互接続線であって、前記第 1 のバイパス部および前記第 2
 のバイパス部が前記装置の交差領域で重なるように、前記装置の前記第 1 の層から離間し
 た前記装置の第 2 の層内に配置されている第 2 の導電性の伸縮性相互接続線と、

前記第 1 のバイパス部および前記第 2 のバイパス部の湾曲形状と実質的に同じ湾曲形状
 を有し、さらに、それぞれ弾性材料から形成された上層、中間層および底層を有する交差
 構造と

を備え、

前記交差構造が前記第 1 のバイパス部および前記第 2 のバイパス部の少なくとも一部を
 取り囲むように、前記第 1 の導電性の伸縮性相互接続線が前記上層と前記中間層との間に
 配置され、前記第 2 の導電性の伸縮性相互接続線が前記中間層と前記底層との間に配置さ
 れていることにより、前記交差構造が、前記第 1 の導電性の伸縮性相互接続線および前記
 第 2 の導電性の伸縮性相互接続線のうちの少なくとも一方の伸張中に、前記第 1 のバイ
 パス部および前記第 2 のバイパス部に対する機械的歪を再分散させるように構成されている
 装置。

10

20

【請求項 2】

前記第 1 の導電性の伸縮性相互接続線、前記第 2 の導電性の伸縮性相互接続線、および前記交差構造が、カプセル化材料によってカプセル化されている請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記交差構造が閉じた湾曲形状を有し、前記第 1 のバイパス部の湾曲形状が閉じた湾曲形状であり、前記第 2 のバイパス部の湾曲形状が閉じた湾曲形状である請求項 1 または 2 に記載の装置。

【請求項 4】

前記第 1 の導電性の伸縮性相互接続線の長手方向軸が、前記第 2 の導電性の伸縮性相互接続線の長手方向軸に平行でない請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の装置。

10

【請求項 5】

前記第 1 の導電性の伸縮性相互接続線および前記第 2 の導電性の伸縮性相互接続線が、ジグザグ形態、湾曲形状、または波形状を有する請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の装置であって、さらに

可撓性基板と、

前記可撓性基板の上に配設された少なくとも 2 つのデバイス構成要素とを備える装置。

【請求項 7】

20

前記少なくとも 2 つのデバイス構成要素の少なくとも 1 つが、電子デバイス、光学デバイス、光電デバイス、機械デバイス、マイクロ電気機械デバイス、ナノ電気機械デバイス、マイクロ流体デバイス、および熱的デバイスである請求項 6 に記載の装置。

【請求項 8】

前記第 1 のバイパス部が第 1 の中心軸を有し、前記第 2 のバイパス部が、前記第 1 の中心軸と一致する第 2 の中心軸を有する請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 9】

前記第 1 の導電性の伸縮性相互接続線が、前記第 1 のバイパス部を介して第 2 の部分に電気的に結合された第 1 の部分をさらに備え、前記第 2 の導電性の伸縮性相互接続線が、前記第 2 のバイパス部を介して第 2 の部分に電気的に結合された第 1 の部分をさらに備える請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

本出願は、2013 年 2 月 25 日出願の「MULTI-LAYER THIN FILM STRETCHABLE INTERCONNECTS」という名称の米国仮特許出願第 61/768,939 号明細書、および 2013 年 3 月 15 日出願の「STRAIN RELIEF STRUCTURES FOR STRETCHABLE INTERCONNECTS」という名称の米国非仮特許出願第 13/843,880 号明細書に対する優先権および利益を主張するものであり、それらの各出願の全体を、図面も含め、参照により本明細書に援用する。

40

【背景技術】

【0002】

高品質の医療センシングおよび撮像データは、様々な医療状態の診断および治療において益々有益になっている。それらの状態は、消化器系や心循環系に関連付けられることがあり、神経系への損傷および癌などを含むこともある。今日、そのような感知または撮像データを収集するために使用することができるほとんどの電子システムは、剛性であり、非可撓性である。これらの剛性の電子機器は、生物医療デバイスなど多くの用途にとって理想的でない。生体組織のほとんどは、軟質であり、湾曲している。皮膚および組織はデ

50

リケートであり、2次元ではない。

【0003】

例えば非医療システムでのデータ収集など電子システムの他の可能な用途も、剛性の電子機器によって妨げられることがある。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明者らは、使用時の電子システムの非可撓性が多くの用途にとって理想的でないことを認識している。

【課題を解決するための手段】

【0005】

以上のことに鑑みて、本明細書で述べる様々な例は、一般に、コンフォーマブル電子システムでの歪緩和を提供するためのシステム、装置、および方法を対象とする。本明細書で述べるシステム、方法、および装置は、複数の層内に配設される伸縮性相互接続線を含む、効果的であり、コンパクトであり、かつ複雑なシステムを提供する。

【0006】

一例として、閉じた形状の歪緩和（交差）構造が述べられており、これは、伸縮性相互接続線の交差し合うまたは接近し合う経路の領域に通常作用することがある歪を効果的に再分散させる。

【0007】

一例では、可撓性ポリマーに埋め込まれた集積回路（IC）チップおよび/または伸縮性相互接続線を含む薄いデバイスアイランドに基づくシステム、装置、および方法が提供される。

【0008】

第1のバイパス領域を備える第1の導電性の伸縮性相互接続線と、第2のバイパス領域を備える第2の導電性の伸縮性相互接続線と、交差構造とを含む例示的な装置が提供される。第2の導電性の伸縮性相互接続線が、第1の導電性の伸縮性相互接続線に対して、交差構造が第1のバイパス領域および第2のバイパス領域の少なくとも一部を取り囲むように配設され、交差構造が、第1の導電性の伸縮性相互接続線および/または第2の導電性の伸縮性相互接続線の伸張中に、第1のバイパス領域および第2のバイパス領域に対する機械的歪を緩和する弾性特性を有する。

【0009】

また、可撓性基板と、可撓性基板の上に配設された少なくとも2つのデバイス構成要素と、少なくとも2つのデバイス構成要素の少なくとも1つと電気的に連絡する第1の導電性の伸縮性相互接続線であって、第1のバイパス領域を備える第1の導電性の伸縮性相互接続線と、少なくとも2つのデバイス構成要素の他の少なくとも1つと電気的に連絡する第2の導電性の伸縮性相互接続線であって、第2のバイパス領域を備える第2の導電性の伸縮性相互接続線と、交差構造とを備える例示的なデバイスも提供される。第2の導電性の伸縮性相互接続線は、第1の導電性の伸縮性相互接続線に対して、交差構造が第1のバイパス領域および第2のバイパス領域の少なくとも一部を取り囲むように配設される。交差構造は、第1の導電性の伸縮性相互接続線および/または第2の導電性の伸縮性相互接続線の伸張中に、第1のバイパス領域および第2のバイパス領域に対する機械的歪を緩和する弾性特性を有する。

【0010】

一例では、少なくとも2つのデバイス構成要素の少なくとも1つが、電子デバイス、光学デバイス、光電デバイス、機械デバイス、マイクロ電気機械デバイス、ナノ電気機械デバイス、マイクロ流体デバイス、および熱的デバイスを含むことができる。

【0011】

以下の公開物、特許、および特許出願の全体を参照により本明細書に援用する。

Kim et al., "Stretchable and Foldable Si

10

20

30

40

50

l i c o n I n t e g r a t e d C i r c u i t s , " S c i e n c e E x p r e s s , M a r c h 2 7 , 2 0 0 8 , 1 0 . 1 1 2 6 / s c i e n c e . 1 1 5 4 3 6 7 ;

K o e t a l . , " A H e m i s p h e r i c a l E l e c t r o n i c E y e C a m e r a B a s e d o n C o m p r e s s i b l e S i l i c o n O p t o e l e c t r o n i c s , " N a t u r e , A u g u s t 7 , 2 0 0 8 , v o l . 4 5 4 , p p . 7 4 8 - 7 5 3 ;

K i m e t a l . , " C o m p l e m e n t a r y M e t a l O x i d e S i l i c o n I n t e g r a t e d C i r c u i t s I n c o r p o r a t i n g M o n o l i t h i c a l l y I n t e g r a t e d S t r e t c h a b l e W a v y I n t e r c o n n e c t s , " A p p l i e d P h y s i c s L e t t e r s , J u l y 3 1 , 2 0 0 8 , v o l . 9 3 , 0 4 4 1 0 2 ;

K i m e t a l . , " M a t e r i a l s a n d N o n c o p l a n a r M e s h D e s i g n s f o r I n t e g r a t e d C i r c u i t s w i t h L i n e a r E l a s t i c R e s p o n s e s t o E x t r e m e M e c h a n i c a l D e f o r m a t i o n s , " P N A S , D e c e m b e r 2 , 2 0 0 8 , v o l . 1 0 5 , n o . 4 8 , p p . 1 8 6 7 5 - 1 8 6 8 0 ;

M e i t l e t a l . , " T r a n s f e r P r i n t i n g b y K i n e t i c C o n t r o l o f A d h e s i o n t o a n E l a s t o m e r i c S t a m p , " N a t u r e M a t e r i a l s , J a n u a r y , 2 0 0 6 , v o l . 5 , p p . 3 3 - 3 8 ;

2 0 1 0 年 1 月 7 日 に 公 開 さ れ た 「 S T R E T C H A B L E A N D F O L D A B L E E L E C T R O N I C D E V I C E S 」 と い う 名 称 の 米 国 特 許 出 願 公 開 第 2 0 1 0 0 0 0 2 4 0 2 - A 1 号 明 細 書 ;

2 0 0 9 年 1 0 月 7 日 に 出 願 さ れ 、 2 0 1 0 年 4 月 8 日 に 公 開 さ れ た 「 C A T H E T E R B A L L O O N H A V I N G S T R E T C H A B L E I N T E G R A T E D C I R C U I T R Y A N D S E N S O R A R R A Y 」 と い う 名 称 の 米 国 特 許 出 願 公 開 第 2 0 1 0 0 0 8 7 7 8 2 - A 1 号 明 細 書 ;

2 0 0 9 年 1 1 月 1 2 日 に 出 願 さ れ 、 2 0 1 0 年 5 月 1 3 日 に 公 開 さ れ た 「 E X T R E M E L Y S T R E T C H A B L E E L E C T R O N I C S 」 と い う 名 称 の 米 国 特 許 出 願 公 開 第 2 0 1 0 0 1 1 6 5 2 6 - A 1 号 明 細 書 ;

2 0 1 0 年 1 月 1 2 日 に 出 願 さ れ 、 2 0 1 0 年 7 月 1 5 日 に 公 開 さ れ た 「 M E T H O D S A N D A P P L I C A T I O N S O F N O N - P L A N A R I M A G I N G A R R A Y S 」 と い う 名 称 の 米 国 特 許 出 願 公 開 第 2 0 1 0 0 1 7 8 7 2 2 - A 1 号 明 細 書 ; お よ び

2 0 0 9 年 1 1 月 2 4 日 に 出 願 さ れ 、 2 0 1 0 年 1 0 月 2 8 日 に 公 開 さ れ た 「 S Y S T E M S , D E V I C E S , A N D M E T H O D S U T I L I Z I N G S T R E T C H A B L E E L E C T R O N I C S T O M E A S U R E T I R E O R R O A D S U R F A C E C O N D I T I O N S 」 と い う 名 称 の 米 国 特 許 出 願 公 開 第 2 0 1 0 0 2 7 1 1 9 - A 1 号 明 細 書 ;

K i m , D . H . e t a l . (2 0 1 0) . D i s s o l v a b l e f i l m s o f s i l k f i b r o i n f o r u l t r a t h i n c o n f o r m a l b i o - i n t e g r a t e d e l e c t r o n i c s . N a t u r e M a t e r i a l s , 9 , 5 1 1 - 5 1 7 ;

O m e n e t t o , F . G . a n d D . L . K a p l a n . (2 0 0 8) . A n e w r o u t e f o r s i l k . N a t u r e P h o t o n i c s , 2 , 6 4 1 - 6 4 3 ;

O m e n e t t o , F . G . , K a p l a n , D . L . (2 0 1 0) . N e w o p p o r t u n i t i e s f o r a n a n c i e n t m a t e r i a l . S c i e n c e , 3 2 9 , 5 2 8 - 5 3 1 ;

10

20

30

40

50

Halsed, W. S. (1913). Ligature and suture material. Journal of the American Medical Association, 60, 1119 - 1126;

Masuhira, T., Yoko, G., Masaobu, N., et al. (1994). Structural changes of silk fibroin membranes induced by immersion in methanol aqueous solutions. Journal of Polymer Science, 5, 961 - 968;

Lawrence, B. D., Cronin-Golomb, M., Georgakoudi, I., et al. (2008). Bioactive silk protein biomaterial systems for optical devices. Biomacromolecules, 9, 1214 - 1220;

Demura, M., Asakura, T. (1989). Immobilization of glucose oxidase with Bombyx mori silk fibroin by only stretching treatment and its application to glucose sensor. Biotechnology and Bioengineering, 33, 598 - 603;

Wang, X., Zhang, X., Castellot, J. et al. (2008). Controlled release from multilayer silk biomaterial coatings to modulate vascular cell responses. Biomaterials, 29, 894 - 903;

2010年3月12日に出願された「SYSTEMS, METHODS, AND DEVICES FOR SENSING AND TREATMENT HAVING STRETCHABLE INTEGRATED CIRCUITRY」という名称の米国特許出願第12/723,475号明細書;

2010年1月12日に出願された「Methods and Applications of Non-Planar Imaging Arrays」という名称の米国特許出願第12/686,076号明細書;

2009年12月11日に出願された「Systems, Methods, and Devices Using Stretchable or Flexible Electronics for Medical Applications」という名称の米国特許出願第12/636,071号明細書;

2012年3月15日に公開された「METHODS AND APPARATUS FOR MEASURING TECHNICAL PARAMETERS OF EQUIPMENT, TOOLS AND COMPONENTS VIA CONFORMAL ELECTRONICS」という名称の米国特許出願公開第2012-0065937-A1号明細書;

2009年11月12日に出願された「Extremely Stretchable Electronics」という名称の米国特許出願第12/616,922号明細書;

2009年10月7日に出願された「Catheter Balloon Having Stretchable Integrated Circuitry and Sensor Array」という名称の米国特許出願第12/575,008号明細書;

2011年12月23日に出願された「Systems, Methods, and Devices Having Stretchable Integrated Circuitry for Sensing and Delivering Therapy」という名称の米国特許出願第13/336,518号明細書。

【0012】

10

20

30

40

50

前述の概念および以下により詳細に論じるさらなる概念の全ての組合せが、(そのような概念が互いに矛盾していないと仮定して)本明細書で開示される本発明の主題の一部と考えられることを理解すべきである。また、参照により援用する任意の開示に現れることもある、本明細書で明示的に採用される用語は、本明細書で開示される特定の概念と最も一貫性のある意味を与えられるものとすることを理解すべきである。

【0013】

本明細書で述べる図は例示の目的にすぎず、図面は、開示される教示の範囲を何ら限定することは意図されていないことを当業者は理解されよう。いくつかの例では、本明細書で開示する発明の概念の理解を容易にするために様々な態様または特徴が誇張または拡大して図示されることがある(図面は必ずしも縮尺通りでなく、代わりに、教示の原理を例示するにあたって強調がなされている)。図面中、同様の参照符号は一般に、様々な図を通じて、同様の特徴、機能的に同様および/または構造的に同様の要素を表す。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本明細書で述べる原理による伸縮性相互接続線を含む例示的な電子システムの一部を示す。

【図2A】本明細書で述べる原理による、伸張前の例示的な伸縮性相互接続線のSEM画像を示す。

【図2B】本明細書で述べる原理による、伸張後の例示的な伸縮性相互接続線のSEM画像を示す。

【図3A】本明細書で述べる原理による歪緩和構造を含む例示的な装置を示す。

【図3B】本明細書で述べる原理による例示的な装置の図を示す。

【図3C】本明細書で述べる原理による交差領域の例示的な断面図を示す。

【図4A】本明細書で述べる原理による様々な異なる形態のバイパス領域を含む伸縮性相互接続線の例を示す。

【図4B】本明細書で述べる原理による様々な異なる形態のバイパス領域を含む伸縮性相互接続線の例を示す。

【図4C】本明細書で述べる原理による様々な異なる形態のバイパス領域を含む伸縮性相互接続線の例を示す。

【図5A】本明細書で述べる原理による交差構造の例示的な構成を示す。

【図5B】本明細書で述べる原理による交差構造の例示的な構成を示す。

【図5C】本明細書で述べる原理による交差構造の例示的な構成を示す。

【図6A】本明細書で述べる原理による例示的な装置の伸びの例示的な測定結果を示す。

【図6B】本明細書で述べる原理による例示的な装置の伸びの例示的な測定結果を示す。

【図7A】本明細書で述べる原理による、弛緩状態での歪緩和構造の有限要素モデルを示す。

【図7B】本明細書で述べる原理による、50%の伸び率に関する伸張時の歪緩和構造の有限要素モデルを示す。

【図8A】本明細書で述べる原理による例示的な装置の50%の伸び率での光学画像を示す。

【図8B】本明細書で述べる原理による図8Aの歪緩和構造での塑性歪分布を示す。

【図9A】本明細書で述べる原理による、50%での伸張の進行を受けた図8Aの例示的な装置の光学画像を示す。

【図9B】本明細書で述べる原理による、100%での伸張の進行を受けた図8Aの例示的な装置の光学画像を示す。

【図9C】本明細書で述べる原理による、150%での伸張の進行を受けた図8Aの例示的な装置の光学画像を示す。

【図9D】本明細書で述べる原理による、200%での伸張の進行を受けた図8Aの例示的な装置の光学画像を示す。

【図9E】本明細書で述べる原理による、250%での伸張の進行を受けた図8Aの例示

10

20

30

40

50

的な装置の光学画像を示す。

【図 1 0】本明細書で述べる原理による例示的な伸縮性相互接続線での相当塑性歪を示す。

【図 1 1 A】本明細書で述べる原理による例示的な装置または例示的なデバイスを製造するための例示的なプロセスフローを示す。

【図 1 1 B】本明細書で述べる原理による例示的な装置または例示的なデバイスを製造するための例示的なプロセスフローを示す。

【図 1 1 C】本明細書で述べる原理による例示的な装置または例示的なデバイスを製造するための例示的なプロセスフローを示す。

【図 1 1 D】本明細書で述べる原理による例示的な装置または例示的なデバイスを製造するための例示的なプロセスフローを示す。

10

【図 1 1 E】本明細書で述べる原理による例示的な装置または例示的なデバイスを製造するための例示的なプロセスフローを示す。

【図 1 1 F】本明細書で述べる原理による例示的な装置または例示的なデバイスを製造するための例示的なプロセスフローを示す。

【図 1 1 G】本明細書で述べる原理による例示的な装置または例示的なデバイスを製造するための例示的なプロセスフローを示す。

【図 1 1 H】本明細書で述べる原理による例示的な装置または例示的なデバイスを製造するための例示的なプロセスフローを示す。

【図 1 1 I】本明細書で述べる原理による例示的な装置または例示的なデバイスを製造するための例示的なプロセスフローを示す。

20

【図 1 1 J】本明細書で述べる原理による例示的な装置または例示的なデバイスを製造するための例示的なプロセスフローを示す。

【図 1 1 K】本明細書で述べる原理による例示的な装置または例示的なデバイスを製造するための例示的なプロセスフローを示す。

【図 1 1 L】本明細書で述べる原理による例示的な装置または例示的なデバイスを製造するための例示的なプロセスフローを示す。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、薄型化されたチップを可撓性ポリマーに埋め込むための装置およびシステムに関する様々な概念、およびそのような装置およびシステムの実施形態のより詳細な説明を行う。開示される概念は任意の特定の実装方法に限定されないため、上で概説し、以下でより詳細に述べる様々な概念は、多くの方法の任意のもので実施できることを理解すべきである。具体的な実装形態および用途の例を、主に例示の目的で提示する。

30

【0016】

本明細書で使用するとき、用語「含む」は、含むが限定されないことを意味し、用語「含んでいる」は、含んでいるが限定されないことを意味する。用語「基づく」は、少なくとも一部基づくことを意味する。本明細書で使用するとき、用語「～に配設される」または「～の上方に配設される」は、「～に少なくとも一部埋め込まれる」ことを包含するものと定義される。

40

【0017】

本明細書における原理の様々な例に関連して本明細書で述べる基板または他の表面に関して、「上」面および「底」面への言及は、主に、基板に対する、および互いに対する様々な要素／構成要素の相対的な位置、位置合わせ、および／または向きを示すために使用され、これらの用語は、必ずしも任意の特定の基準系（例えば重力基準系）を示さない。したがって、基板または層の「底」への言及は、必ずしも、示される表面または層が地面に面していることを必要としない。同様に、「上」、「下」、「上方」、「下方」などの用語も、必ずしも、重力基準系など任意の特定の基準系を示さず、むしろ、主に基板（または他の表面）に対する、および互いに対する様々な要素／構成要素の相対的な位置、位置合わせ、および／または向きを示すために使用される。用語「～に配設される」、「～

50

内に配設される」、および「～の上に配設される」は、「～に一部埋め込まれる」を含めて「～に埋め込まれる」の意味を包含する。さらに、フィーチャAがフィーチャB「に配設される」、「の間に配設される」、または「の上に配設される」という言及は、フィーチャAがフィーチャBに接触している例、ならびに他の層および/または他の構成要素がフィーチャAとフィーチャBとの間に位置決めされている例を包含する。

【0018】

本明細書で述べるシステム、装置、および方法は、コンフォーマブル電子システムでの歪緩和を提供する。効果的であり、コンパクトであり、かつ複雑なシステムを作製するために、本明細書で述べる原理による伸縮性相互接続線が、複数の層内に互いに重なるように設計される。本明細書で述べる原理による歪緩和（交差）構造は、デバイス構造内の伸縮性相互接続線に作用することがある歪を効果的に再分散させるように実装することができる。

10

【0019】

本明細書で述べる例示的なシステム、装置、および方法は、コンフォーマブル電子システムでの歪緩和を提供し、それにより、伸縮性相互接続線での微小亀裂を生じずに、伸縮性相互接続線の元の寸法の最大約20%、約50%、約70%、約80%、またはそれを超える伸び率までシステムを伸張させることができる。

【0020】

本明細書で述べる別の例示的なシステム、装置、および方法は、コンフォーマブル電子システムでの歪緩和を提供し、それにより、伸縮性相互接続線の切離、断裂、または他の機械的な故障を生じずに、伸縮性相互接続線の元の寸法の最大約100%、約120%、約150%、約150%、約180%、約200%、約250%、約280%、またはそれを超える伸び率までシステムを伸張させることができる。

20

【0021】

本明細書で述べる電子システムは、曲げ、ねじり、および伸張が可能であり、従来の剛性の半導体マイクロ電子機器が限界を示す用途における大きな可能性を有する。本明細書で述べるコンフォーマブル電子機器は、限定はしないが、人体汗モニタ、伸縮性ソーラーパネル、および心臓カテーテルを含めた多くの用途を有する。例えば、本明細書で述べるコンフォーマブル電子機器は、心臓アブレーション用の介入バルーンカテーテル、植込み型デバイス、およびウェアラブル電子システムで適用することができる。

30

【0022】

本明細書で述べる原理による例示的な電子デバイスは、電極、センサ、能動デバイス、および/または接続用もしくは電気信号伝送用の金属ワイヤを含むことができる。これらの構成要素のいくつかは、非可撓性でよい。本明細書で述べる原理による歪緩和（交差）構造を含む伸縮性相互接続線を使用して、ある程度の可撓性または変形性を電子デバイスに提供することができる。例示的な電子デバイスは、伸縮性相互接続線によって結合された薄い電子チップを含め、剛性要素と湾曲可能要素との両方を含む。本明細書で述べる原理による歪緩和（交差）構造を含む伸縮性相互接続線は、電気的性能および構造完全性を保ちながら、システムに加えられる変形の大部分に耐えられるように構成される。

【0023】

本明細書で述べる例示的なシステム、方法、および装置は、非同一平面内の伸縮性相互接続構成または同一平面内の伸縮性相互接続構成の伸縮性相互接続線に適用可能である。非同一平面内の伸縮性相互接続線構造の非限定的な例は、曲げられた相互接続線を含む。同一平面内の伸縮性相互接続線の非限定的な例は、馬蹄パターンの蛇行相互接続線、湾曲相互接続線、波形相互接続線、およびジグザグ相互接続線を含む。一例では、非同一平面内の伸縮性相互接続線構造を形成するために、事前伸張されたエラストマー基板の上に導電性材料を堆積し、弛緩させることができる。一例では、同一平面内の伸縮性相互接続線構造を形成するために、弛緩させた基板の上に導電性材料を堆積し、所望の形状にパターン形成することができる。

40

【0024】

50

本明細書で述べる例示的なシステム、方法、および装置は、より大きい複雑性、より小さい寸法、およびより多くのセンシングモダリティを有するコンフォーマブル電子システムを提供する。本明細書で述べる原理による伸縮性多層金属相互接続線は、多層システム内で生じ得る増加した歪を緩和するように構成される。多層の平面内のパターン形成された伸縮性相互接続線は、ボトムアップマイクロ製造プロセスによって製造することができる。

【0025】

図1は、多層システムの少なくとも2つの層内に配設された馬蹄状の伸縮性相互接続線102および104を含む例示的な電子システムの一部を示し、馬蹄パターンの蛇行部分が互いに重なっている。複数の蛇行相互接続線が交差する場所、例えば図1での接合点106で、相互接続線は、機械的な制約を受け、各伸縮性相互接続線102、104の特定の方向付けを課されることがある。隣接する層内の伸縮性相互接続線間の接合点106での制約の発生は、これらの小さな接合領域で製造プロセスに悪影響を及ぼすことがあり、最終的なコンフォーマブル電子システムの伸張中に、望ましくない力学効果を生み出すことがある。

【0026】

図2Aおよび図2Bは、「馬蹄」の頂部での馬蹄状の伸縮性相互接続線の一部の走査電子顕微鏡(SEM)画像を示す。図2Aは、伸張前の伸縮性相互接続線のSEM画像を示す。図2Bは、微小亀裂を生じた伸張後の伸縮性相互接続線のSEM画像を示す。非限定的な例示的な伸縮性相互接続線は、金(Au)から形成される。図2Aに示されるように、Au層の縁部は、滑らかであり、損傷または他の欠陥がない。図2Bは、伸縮性相互接続線で生じ始めることがある故障の一種を示し、微小亀裂の生成を伴う。Au層の縁部はギザギザして粗く、Au層内に延びる微小亀裂が見られる。Au層でのこれらの微小亀裂および縁部粗さは、相互接続線が伸張されるときに相互接続線の連続する断面積を減少し、構造の電気抵抗を増加させることがある。伸縮性相互接続線での微小亀裂生成による電気抵抗の変化は、電子デバイスの性能に悪影響を及ぼすことがある。

【0027】

本明細書で述べる原理による例示的なシステム、方法、および装置は、複数の金属相互接続線層間の接合点で生じ得る歪を緩和するために実装することができる、伸縮性相互接続線用の新規の歪緩和(交差)構造および構成を提供する。本明細書で述べる原理による伸縮性相互接続線用の歪緩和(交差)構造および新規の構成は、相互接続する複数の相互接続線層を有する多くのシステムに実装することができる。

【0028】

本明細書で述べる原理による例示的なシステム、方法、および装置は、重なり合う伸縮性の電子相互接続線における塑性歪を緩和するために実装することができる、伸縮性相互接続線用の新規の歪緩和(交差)構造および構成を提供する。伸縮性相互接続線用の新規の歪緩和(交差)構造および構成は、相互接続線の接合点から歪を効果的に再分散させるように実装することができる。本明細書で述べる原理による例示的なシステム、方法、および装置は、耐久性があり、コンフォーマブル電子デバイスの性能を改良することができる伸縮性電子システム用の多層歪緩和(交差)構造を提供する。

【0029】

交差領域での歪を緩和するため、および交差領域の設計の複雑さを低減するために、湾曲形態を有する歪緩和(交差)構造が本明細書で述べられる。パターン形成された伸縮性相互接続線の複数の層は、互いに垂直に交わり、(歪緩和を提供する)交差構造で交差するように配設することができる。湾曲形態を有する交差領域は、電子デバイス構造が伸張されるときに弾性ばねとして作用することができる。

【0030】

図3Aは、本明細書で述べる原理による、可撓性基板に配設された伸縮性相互接続線の歪緩和(交差)構造および構成を含む、非限定的な例示的な装置を示す。例示的な装置は、装置の一部で互いに交わる伸縮性相互接続線302および304を含む。本明細書で述

10

20

30

40

50

べる原理によれば、各伸縮性相互接続線 302 および 304 が、バイパス領域 306 を含むように製造される。図 3 A の非限定的な例では、各伸縮性相互接続線のバイパス領域は、2 つの伸縮性相互接続線の接合点にわたって延びる実質的に円形の曲線として形成される。図 3 A の例に示されるように、伸縮性相互接続線 302 および 304 は、一方の伸縮性相互接続線のバイパス領域が他方の伸縮性相互接続線のバイパス領域の近位にあるように装置内に位置決めされる。歪緩和（交差）構造（交差構造）は、バイパス領域 306 の区域に位置決めされる。

【0031】

図 3 B は、図 3 A の例示的な装置の構造の詳細図を示す。図 3 B は、交差領域 305 に入る伸縮性相互接続線 302 および 304 を示す。交差領域 305 の拡大部分（第 1 図参照）に示されるように、伸縮性相互接続線 302 および 304 はそれぞれ、バイパス領域 306 - a および 306 - b を備えて形成されている。この例では、バイパス領域 306 - a は、バイパス領域 306 - b の上方に配設される。やはり図 3 B に示されるように、接合領域 305 は、交差構造 308 を含む。伸縮性相互接続線 302 は、伸縮性相互接続線 304 に対して、交差構造 308 が一方の伸縮性相互接続線のバイパス領域 306 - a およびバイパス領域 306 - b の少なくとも一部を取り囲むように配設される。本明細書で述べる原理によれば、交差構造は弾性特性を有し、この弾性特性は、少なくとも 1 つの伸縮性相互接続線の伸張中に、バイパス領域に対する機械的な歪を緩和する。

【0032】

図 3 B は、交差領域 305 の一部の層状構造の断面図（第 2 図）を示す。この断面図は、バイパス領域 306 - a および 306 - b の一部、ならびに交差構造 308 の一部を示す。第 2 図での非限定的な例で示されるように、交差構造 308 は、バイパス領域 306 - a および 306 - b を取り囲むことができる。

【0033】

伸縮性相互接続線 302 および 304、ならびにそれらそれぞれのバイパス領域 306 - a および 306 - b は、導電性材料から形成される。本明細書で述べる任意の例において、導電性材料は、限定はしないが、金属、金属合金、導電性ポリマー、または他の導電性材料でよい。一例では、コーティングの金属または金属合金は、限定はしないが、アルミニウム、ステンレス鋼、または遷移金属（銅、銀、金、白金、亜鉛、ニッケル、チタン、クロム、もしくはパラジウム、もしくはそれらの任意の組合せを含む）、ならびに任意の適用可能な金属合金（例えば炭素を含む合金）を含むことがある。他の非限定的な例では、適切な導電性材料は、シリコンベースの導電性材料、酸化インジウムスズ物、または他の透明導電性酸化物、または III - V 族導体（GaAs を含む）を含めた、半導体ベースの導電性材料を含むことがある。半導体ベースの導電性材料は、ドーピングすることもできる。

【0034】

交差構造は、少なくとも 1 つの伸縮性相互接続線の伸張中に、バイパス領域に対する機械的な歪を緩和する弾性特性を有する任意の材料から形成することができる。例えば、交差構造は、ポリマーまたは高分子材料から形成することができる。適用可能なポリマーまたは高分子材料の非限定的な例は、限定はしないが、ポリイミド、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を含む。適用可能なポリマーまたは高分子材料の他の非限定的な例は、プラスチック、エラストマー、熱可塑性エラストマー、エラストプラスチック、サーモスタット、熱可塑性材、アクリレート、アセタールポリマー、生分解性ポリマー、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、ポリアクリレート、ポリベンズイミダゾール、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、および変性ポリエチレン、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、スルホン系樹脂、ビニル系樹脂、またはこれらの材料の任意の組合せを含む。一例では、本明

10

20

30

40

50

細書におけるポリマーまたは高分子材料は、UV硬化性ポリマーでよい。

【0035】

図3Bに示されるように、例示的な装置は、カプセル化材料310内にカプセル化される。カプセル化材料は、交差構造に関連して述べた任意のポリマーまたは高分子材料から形成することができる。様々な例において、交差構造308とカプセル化材料310は、同じポリマーまたは高分子材料から形成することも、異なるポリマーまたは高分子材料から形成することもできる。一例では、カプセル化材料は、限定はしないが、E C O F L E X（登録商標）（B A S F、ニュージャージー州フローハムパーク）などのシリコンでよい。

【0036】

生体医療デバイスでの用途に関しては、カプセル化材料は、生体適合性にすべきである。伸縮性相互接続線は、機械的補強材としても機能するポリイミドに埋め込むことができる。歪緩和交差構造および伸縮性相互接続線は、可撓性エラストマー基板によってカプセル化することもできる。

【0037】

また、図3Bは、例示的な装置の伸縮性相互接続線をカプセル化することができることを示す。伸縮性相互接続線は、交差構造およびカプセル化材料310に関連して述べた任意のポリマーまたは高分子材料でカプセル化することができる。様々な例において、交差構造308とカプセル化材料310は、同じポリマーまたは高分子材料から形成することも、ポリマーまたは高分子材料の異なる組合せから形成することもできる。一例では、伸縮性相互接続線は、ポリイミドを使用してカプセル化することができる。別の例では、交差構造308と、伸縮性相互接続線用のカプセル化材料とは、同じ材料から形成することができる。その結果、伸縮性相互接続線用のカプセル化材料と交差構造とを隣接構造または連続構造として形成することができる。

【0038】

図3Cは、交差領域の一部の別の例示的な断面を示す。断面の層状構造は、伸縮性相互接続線の一部を形成するバイパス領域366-aおよび366-bと、バイパス領域366-aおよび366-bの一部を取り囲む交差構造358とを示す。この例では、交差構造358は、バイパス領域の上方および下方にある材料層358-aおよび358-bと、バイパス領域366-aと366-bの間に位置決めされたサンドイッチ層358-cとを含む。サンドイッチ層358-cは、接着材料から形成することができる。交差領域は、カプセル化材料362内にカプセル化することができる。

【0039】

本明細書で述べる任意の例示的な構造において、伸縮性相互接続線のバイパス領域は、約0.1 μm、約0.3 μm、約0.5 μm、約0.8 μm、約1 μm、約1.5 μm、約2 μm、またはそれを超える厚さを有することができる。部分358-aおよび358-bでの交差構造は、約5 μm、約7.5 μm、約9 μm、約12 μm、またはそれを超える厚さを有することができ、サンドイッチ層部分358-cは、約1 μm、約1.5 μm、約2 μm、約2.5 μm、約3 μm、またはそれを超える厚さを有する。図3Cは、交差領域の一部の別の例示的な断面を示す。本明細書で述べる任意の例において、カプセル化材料は、約100 μm、約125 μm、約150 μm、約175 μm、約200 μm、約225 μm、約250 μm、約300 μm、またはそれを超える厚さを有することができる。

【0040】

図4A～図4Cは、実質的に閉じた形状の湾曲形態を有する交差構造と共に使用することができる、伸縮性相互接続線402、404とバイパス領域406-aおよび406-bとの構成の非限定的な例を示す。図4Aに示されるように、各伸縮性相互接続線のバイパス領域406-aおよび406-bも、実質的に閉じた形状の湾曲構成を有することができる。図4Aの伸縮性相互接続線402、404は、バイパス領域406-aおよび406-bが互いに一致して、本明細書で述べる交差構造内に取り囲まれるように、例示的

10

20

30

40

50

な装置内に位置決めすることができる。また、図 4 B は、実質的に閉じた形状の湾曲構成を有する伸縮性相互接続線のバイパス領域 4 0 6 - a および 4 0 6 - b を示す。図 4 B における伸縮性相互接続線 4 0 2、4 0 4 は、図 4 A に示されるようにバイパス領域 4 0 6 - a および 4 0 6 - b の実質的に同じ側ではなく、バイパス領域 4 0 6 - a および 4 0 6 - b の両側から延びる。図 4 B でも、伸縮性相互接続線 4 0 2、4 0 4 は、バイパス領域 4 0 6 - a および 4 0 6 - b が互いに一致して、本明細書で述べる交差構造内に取り囲まれるように位置決めすることができる。図 4 C の例では、バイパス領域 4 0 6 - a および 4 0 6 - b は、伸縮性相互接続線 4 0 2、4 0 4 に、開いた湾曲構造として形成される。また、図 4 C の伸縮性相互接続線 4 0 2、4 0 4 は、バイパス領域 4 0 6 - a および 4 0 6 - b が互いに一致して、本明細書で述べる交差構造内に取り囲まれるように位置決めすることができる。

10

【 0 0 4 1 】

図 5 A ~ 図 5 C は、交差構造 5 0 8 の他の非限定的な例示的な構成と、交差構造と共に使用することができる交差構造 5 0 2、5 0 4 の様々な構成とを示す。図 5 A および図 5 B に示されるように、交差構造 5 0 8 は、開いた湾曲構造として、例えばクローバーパターンで形成することができる。非限定的な例として、図 5 A または図 5 B の例示的な交差構造 5 0 8 は、図 4 C に示されるのと同様の形態を有するバイパス領域 4 0 6 - a、4 0 6 - b を含む伸縮性相互接続線 4 0 2、4 0 4 と共に使用することができる。図 5 C は、閉じた形状の湾曲形態を有する複数の交差構造 5 0 8 を含む別の例示的な装置を示す。非限定的な例として、図 5 C の例示的な交差構造 5 0 8 は、図 4 A または図 4 B に示されるのと同様の形態を有するバイパス領域 4 0 6 - a、4 0 6 - b を含む伸縮性相互接続線 4 0 2、4 0 4 と共に使用することができる。

20

【 0 0 4 2 】

図 3 A ~ 図 5 C の伸縮性相互接続線の様々な形態で示されるように、例示的な装置での 1 つの伸縮性相互接続線の長手方向軸は、例示的な装置での別の伸縮性相互接続線の長手方向軸に平行でないことがある。

【 0 0 4 3 】

図 3 B ~ 図 5 C のいずれかに関連して述べたものを含め、本明細書で述べる任意の例示的な装置において、カプセル化材料は、例示的な装置の伸縮性相互接続線（バイパス領域を含む）と交差構造とのための可撓性基板として機能することができる。

30

【 0 0 4 4 】

交差構造の湾曲形態は、伸縮性相互接続線の振幅にほぼ等しい半径を有するように構成することができる。図 3 B に示されるように、交差構造は、交差領域の積層構造内に、弾性特性を有する 3 層の材料として構成することができる。

【 0 0 4 5 】

本明細書で述べる原理によれば、例示的な装置は、可撓性基板上に配設され、伸縮性相互接続線と電気的に連絡するデバイス構成要素を含むことができる。デバイス構成要素は、図 3 A ~ 図 5 C のいずれかに関連して述べたものを含め、本明細書で述べる任意の例示的な装置に含めることができる。カプセル化材料は、例示的な装置のデバイス構成要素、バイパス領域を含む伸縮性相互接続線、および交差構造のための可撓性基板として機能することができる。様々な例において、デバイス構成要素は、1 つまたは複数の受動電子構成要素および/または能動電子構成要素でよい。本明細書で述べる原理による適用可能なデバイス構成要素の非限定的な例は、トランジスタ、増幅器、光検出器、フォトダイオードアレイ、ディスプレイ、発光デバイス（LED）、光起電力デバイス、センサ、半導体レーザアレイ、光学撮像システム、大面積電子デバイス、論理ゲートアレイ、マイクロプロセッサ、集積回路、電子デバイス、光学デバイス、光電デバイス、機械デバイス、マイクロ電気機械デバイス、ナノ電気機械デバイス、マイクロ流体デバイス、熱的デバイス、または他のデバイス構成を含む。

40

【 0 0 4 6 】

図 6 A ~ 図 6 B は、本明細書で述べる原理による交差領域を含む例示的な装置の伸び特

50

性の例示的な測定結果を示す。例示的な測定結果は、歪緩和（交差）構造を含む例示的な装置によって許容される歪を示す。図 6 A は、測定される例示的な装置を示す。図 B は、測定セットアップを示す。毎秒 0.5 % の歪速度が、測定に関して適用される。試料は、図 6 B に示されるようにクランプされ、伸長される。例示的な装置が伸張されるときに、電気抵抗が監視される。電気抵抗の増加は、主に、伸縮性相互接続線での微小亀裂生成に起因する。微小亀裂が開き、伝播するにつれて、伸縮性相互接続線の断面積が減少し、電気抵抗の増加をもたらす。

【 0 0 4 7 】

歪緩和（交差）構造の変形挙動が示されている。図 7 A は、弛緩状態（すなわち非伸張状態）の歪緩和（交差）構造の有限要素モデルを示す。図 7 B は、互いに逆側の 2 つの端部での 50 % の伸び率に関する伸張時の、歪緩和（交差）構造の有限要素モデルを示す。この例示的な装置では、歪緩和（交差）構造および伸縮性相互接続線は、（カプセル化材料として作用する）可撓性基板層の間に完全に埋め込まれる。

【 0 0 4 8 】

図 8 A は、伸縮性相互接続線 802、804 と、バイパス領域および歪緩和（交差）構造 806 を含む交差領域とを含む例示的な装置の 50 % の伸び率での光学画像を示す。図 8 B は、歪緩和（交差）構造での対応する塑性歪分布を示す。元の縁部と、変形された構造との両方が、図 8 B に示されている。図 8 B の挿入図は、構造での塑性歪が、歪緩和（交差）構造 806 の接合点ではなく、伸縮性相互接続線の伸張方向馬蹄部分の頂部 807 に集中していることを示し、これは、歪緩和（交差）構造が、伸縮性相互接続線の接合点から塑性歪を効果的に再分散し、接合点での力学に対する複雑さを減少させていることを示す。さらに、図 8 B は、歪緩和（交差）構造 806 が伸張されるにつれて、伸張方向相互接続線からの張力、およびエラストマー基板のポアソン比により、円形構造が楕円に細まることを示す。

【 0 0 4 9 】

図 9 A ~ 図 9 E は、50 %（図 9 A）、100 %（図 9 B）、150 %（図 9 C）、200 %（図 9 D）、および 250 %（図 9 E）での伸張の進行を受けた図 8 A の例示的な装置の光学画像を示す。歪緩和（交差）構造および伸縮性相互接続線が 50 % ~ 100 % の歪で伸張されるとき、歪緩和（交差）構造は楕円に細まり始め、楕円の長軸は、それぞれ図 9 A および図 9 B に示されるように伸びの方向に沿っている。また、伸びの方向に沿った伸縮性相互接続線が扁平になり始め、これは、伸縮性相互接続線の馬蹄の頂部が最大の歪を受ける領域であることを示す。図 9 C に示されるように、例示的な装置が 150 % の伸び率まで伸張されるとき、馬蹄の平坦化が増加しており、相互接続線をより直線的な形状にする。また、歪緩和（交差）構造が引き続き細まって、より離心率の大きい楕円になるにつれて、歪緩和（交差）構造が回転し、それにより、伸張方向相互接続線の接合点も楕円形の歪緩和（交差）構造の長軸に沿って位置する。歪緩和（交差）構造の回転は、相互接続線がほぼ完全に直線状に伸長されるときに、伸張方向接合点での構造内の張力によって引き起こされる。横方向相互接続線の接合点も、構造の回転の影響を受ける。図 9 D に示される 200 % の伸び率で、横方向相互接続線接合点は、楕円歪緩和（交差）構造の短軸に沿って整列し始める。図 9 E に示されるように、伸張方向相互接続線は、250 % の伸び率で実質的に直線状に伸びており、接合点がほぼ完全に整列される。横方向相互接続線は、接合点以外では変化せず、接合点は、歪緩和（交差）構造と共に回転しており、直ぐ隣接する馬蹄状部分をわずかに扁平にする。また、歪緩和（交差）構造は、ここでは伸張方向相互接続線の接合点が歪緩和（交差）構造を引っ張っている場所で鋭利な角度の付いた隅を有する程度まで、伸長して細まっている。

【 0 0 5 0 】

図 10 は、基板の相対伸びの関数として伸縮性相互接続線での最大相当塑性歪を示す。曲線は、構造が最大 20 % の伸び率で伸張されるときに、伸縮性相互接続線の馬蹄の頂部での最大塑性歪がゼロのままであることを示す。20 % の伸び率が、構造での塑性歪の開始を示し、その時点で、塑性歪は、伸縮性相互接続線内に蓄積し始める。この開始点の前

には、相互接続線は、弾性変形領域内に留まる。この開始点の後、塑性歪は、50%の伸び率での0.75%まで非線形に増加する。これらの値は、エラストマー基板に堆積された金被膜の報告されている破壊歪よりかなり低い。

【0051】

図11A～図11Lは、本明細書で述べる原理による例示的な装置または例示的なデバイスを製造するための非限定的な例示的なプロセスフローを示す。図11Aは、ベースウェハ1102と、ベースポリマー層1104と、導電性被膜1106とを含む層構造を示す。ウェハ1102は、シリコンウェハでよい。ポリマー1104は、ポリイミドでよい。導電性被膜1106は、金層でよい。図11Bで、導電性被膜1106がパターン形成される。パターン形成は、バイパス領域を含む伸縮性相互接続線のフィーチャを提供する。図11Cで、ポリマー層1108が、パターン形成された導電性層1106の上にスピコートまたはラミネートされる。図11Dで、導電性材料1110の第2の層が堆積される。図11Eで、導電性材料1110の第2の層がパターン形成されて、それぞれのバイパス領域を含む第2の伸縮性相互接続線のフィーチャを提供する。図11Fで、ポリマー層1112がスピコートまたはラミネートされ、図11Gで、製造された層を通してベースウェハまでチャンネル1114がエッチングされる。図11Hで、製造された層をさらなる処理のために移送するために、一時テープ1116が使用される。図11Iで、誘電体層が堆積される。一例では、誘電体層は、 SiO_2 である。誘電体は、表面に機能付与するためにプラズマ処理され、図11Jで、この構造は、第2の基板1120上のポリマーコーティング1118に結合される。図11Kで、構造は、ポリマー1122をスピコートされる。図11Lで、構造は、カプセル化材料でカプセル化される。本明細書で述べる原理による例示的な装置1124が得られる。

【0052】

図11A～図11Lのプロセスの例示的な実装形態を、例示的な装置の製造に関して述べる。ポリイミド層(DURIMIDE(登録商標)7000、Fujifilm、アリゾナ州メサ)を、「ソース」シリコンウェハ上にスピコートし、その後、金(Au)被膜を0.5 μm の厚さに堆積した。フォトリソグラフィおよび化学エッチングを使用してAu被膜をパターン形成し、伸縮性相互接続線と、円形の歪緩和(交差)構造を形成するバイパス領域との第1の層を形成する。厚さ2 μm の中間層を形成するために第2のポリイミド層を構造上にスピコートし、続いて第2の厚さ0.5 μm の金被膜層を堆積する。この第2の金属層は、第1の金属層と同様のパターン形成に従うものとした。第2の金属層をパターン形成する際、馬蹄パターンの伸縮性相互接続線を第1の相互接続線に垂直に向ける一方、歪緩和(交差)構造を形成するバイパス領域の第2の層を第1の層のものと整列させる。多層相互接続線を埋め込むために、パターン形成した構造の上に別のポリイミド層をスピコートする。 SiO_2 の層を堆積し、パターン形成する。 SiO_2 によってカバーされていないポリイミドを、反応性イオンエッチングによってエッチング除去する。ソースウェハから構造を解放するために一時移送テープを使用し、構造の裏面および移送テープの裏面に SiO_2 を堆積する。ECOFLEX(登録商標)(Smooth-On Inc.、ペンシルベニア州イーストン)を、Teflon(登録商標)コーティングした「ターゲット」ウェハ上にスピコートして、厚さ0.2 μm のエラストマー層をターゲットウェハ上に形成する。歪緩和(交差)構造、伸縮性相互接続線、およびエラストマーを O_2 プラズマで処理して、2つの表面を結合させる。厚さ0.2 μm のECOFLEX(登録商標)層を構造上に堆積する。図3Aが、歪緩和(交差)構造および伸縮性相互接続線を含む例示的な装置を示す。

【0053】

様々な本発明の実施形態を本明細書で説明および例示してきたが、当業者は、本明細書で述べる機能を実施するため、および/または本明細書で述べる結果および/または利点の1つまたは複数を得るための様々な他の手段および/または構造を容易に想定されよう。そのような変形形態および/または修正形態はそれぞれ、本明細書で述べる本発明の実施形態の範囲内にあるものと考えられる。より一般には、当業者は、本明細書で述べる全

10

20

30

40

50

てのパラメータ、寸法、材料、および構成が例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/または構成は、本発明の教示が使用される特定の用途に依存することを容易に理解されよう。当業者は、本明細書で述べる特定の発明の実施形態に対する多くの均等形態を認識し、通常の実験を使用して確かめることができよう。したがって、前述の実施形態は例としてのみ提示されており、特に述べたもの以外にも本発明の実施形態を実施できることを理解されたい。本開示の本発明による実施形態は、本明細書で述べられるそれぞれの特徴、システム、物品、材料、キット、および/または方法を対象とする。さらに、そのような特徴、システム、物品、材料、キット、および/または方法が互いに矛盾していない場合には、2つ以上のそのような特徴、システム、物品、材料、キット、および/または方法の任意の組合せが本開示の発明の範囲内に含まれる。

10

【0054】

本発明の上述した実施形態は、多くの方法のうちのいずれでも実装することができる。例えば、いくつかの実施形態は、ハードウェア、ソフトウェア、またはそれらの組合せを使用して実装することができる。一実施形態の任意の態様が少なくとも一部はソフトウェアとして実装されるとき、単一のデバイスまたはコンピュータ内に提供されるか、複数のデバイス/コンピュータに分散されるかに関わらず、ソフトウェアコードを任意の適切な処理装置または処理装置の集合で実行することができる。

【0055】

また、本明細書で述べる技術は、方法として具現化されることもあり、その少なくとも1つの例を提示してきた。方法の一部として実施される作用は、任意の適切な方法で順序付けられてよい。したがって、例示した以外の順序で作用が行われる実施形態が構成されることもあり、これは、例示の実施形態では順次の作用として示されているが、いくつかの作用を同時に行うことを含むこともある。

20

【0056】

本明細書で定義して使用する全ての定義は、辞書的な定義、参照により援用する文献における定義、および/または定義される用語の通常の意味に優先するものと理解すべきである。

【0057】

本明細書で使用される不定詞「1つの(a)」および「1つの(an)」は、別段に明示されていない限り、「少なくとも1つ」を意味するものと理解すべきである。

30

本明細書で使用される語句「および/または」は、それにより連結された要素の「いずれかまたは両方」を意味するものと理解すべきであり、すなわち、要素は、いくつかの場合には接続的に(conjunctively)存在し、他の場合には離散的(disjunctively)存在する。「および/または」を用いて列挙される複数の要素も同様に解釈すべきであり、すなわち、それにより連結された要素の「1つまたは複数」である。任意選択で、特に識別される要素に関係するか無関係であるかに関わらず、「および/または」節によって特に識別される要素以外の他の要素が存在してもよい。したがって、非限定的な例として、「備える」など非限定の語に関連して使用されるとき「Aおよび/またはB」への言及は、例えば、一実施形態では、(任意選択でB以外の要素を含んで)Aのみを表すことができ、別の実施形態では、(任意選択でA以外の要素を含んで)Bのみを表すことができ、さらに別の実施形態では、(任意選択で他の要素を含んで)AおよびBの両方を表すことができる。

40

【0058】

本明細書で使用するとき、「または」は、上で定義した「および/または」と同じ意味を有するものと理解すべきである。例えば、リスト中の項目を隔てるとき、「または」または「および/または」は、包含的なものと解釈され、すなわち、いくつかの要素または要素リストのうちの少なくとも1つ(複数も含む)の要素、および任意選択で追加の列挙されていない項目が包含される。「ただ1つ」または「正確に1つ」または「~からなる」など、そうでないことを明らかに示す用語のみが、いくつかの要素または要素リストのうちの正確に1つの要素の包含を表す。一般に、本明細書で使用する用語「または」は、

50

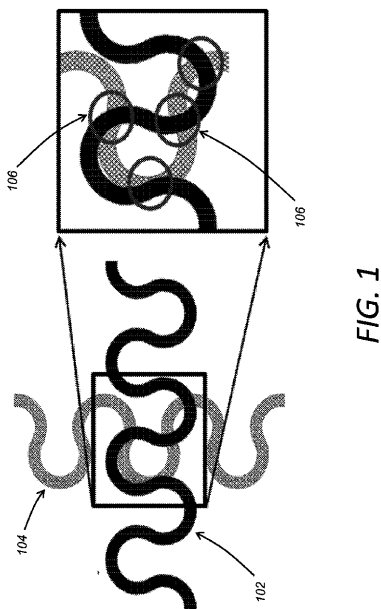
「いずれか」、「1つ」、「1つのみ」、または「正確に1つ」など排他的用語によって先行されるときにのみ、排他的な選択肢（すなわち「一方または他方であり、両方ではない」）を示すと解釈されるものとする。

【0059】

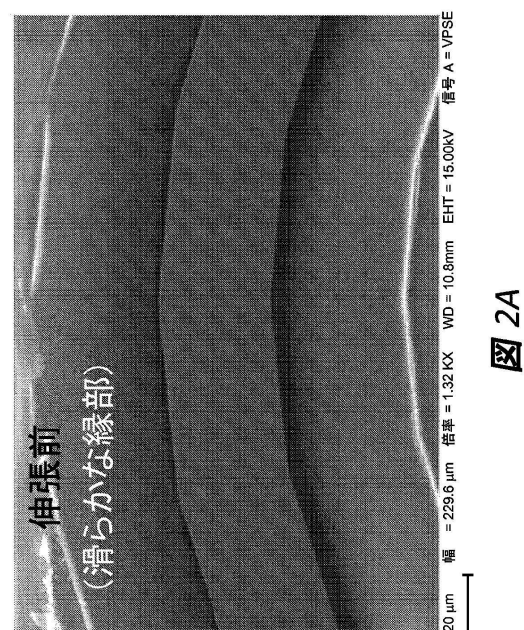
本明細書で使用する時、1つまたは複数の要素のリストに関する語句「少なくとも1つ」は、要素リスト中の要素の任意の1つまたは複数から選択される少なくとも1つの要素を意味するものと理解すべきであるが、必ずしも、要素リスト中に特に列挙されるあらゆる要素の少なくとも1つを含まず、要素リスト中の要素の任意の組合せを排除しない。また、この定義は、特に識別される要素に関係するか無関係であるかに関わらず、語句「少なくとも1つ」が表す要素リスト中で特に識別される要素以外の要素が任意選択で存在してもよいものとする。したがって、非限定的な例として、「AおよびBの少なくとも1つ」（または同等に「AまたはBの少なくとも1つ」、または同等に「Aおよび/またはBの少なくとも1つ」）は、例えば、一実施形態では、Bは存在せずに（および任意選択でB以外の要素を含んで）、少なくとも1つ、任意選択で複数のAを表し；別の実施形態では、Aは存在せずに（および任意選択でA以外の要素を含んで）、少なくとも1つ、任意選択で複数のBを表し；さらに別の実施形態では、（任意選択で他の要素を含んで）少なくとも1つ、任意選択で複数のAと、少なくとも1つ、任意選択で複数のBとを表す。

10

【図1】



【図2A】



【図 2 B】

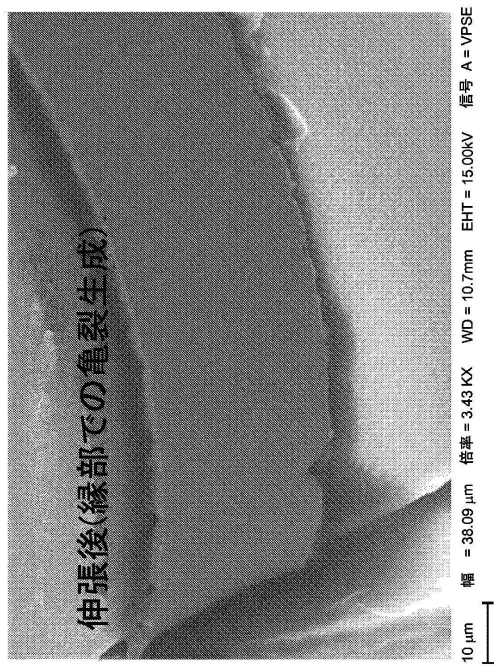


図 2B

【図 3 A】

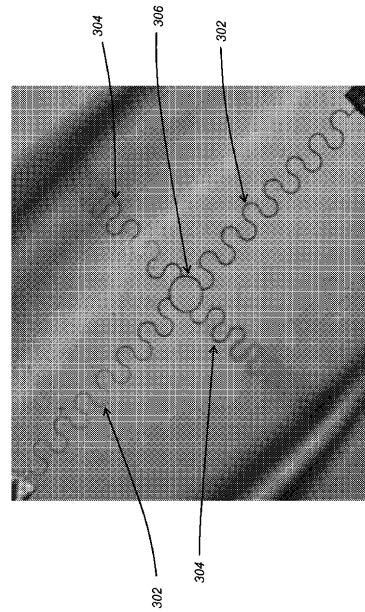


FIG. 3A

【図 3 B】

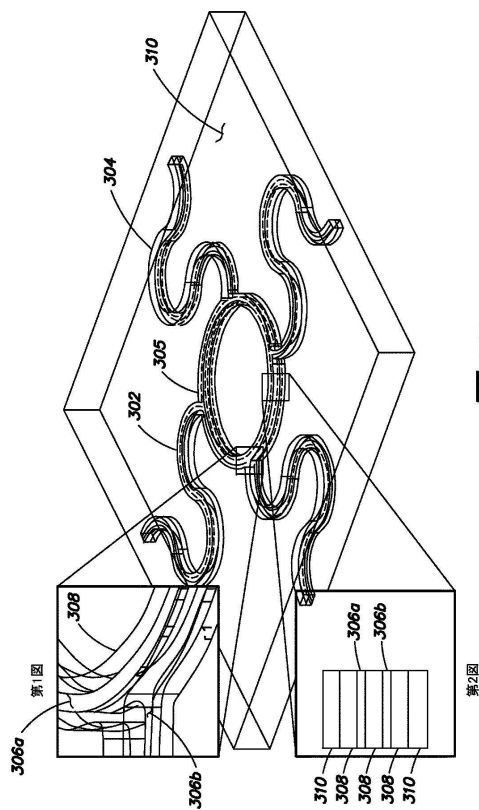


図 3B

【図 3 C】

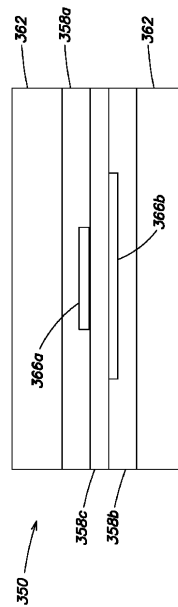
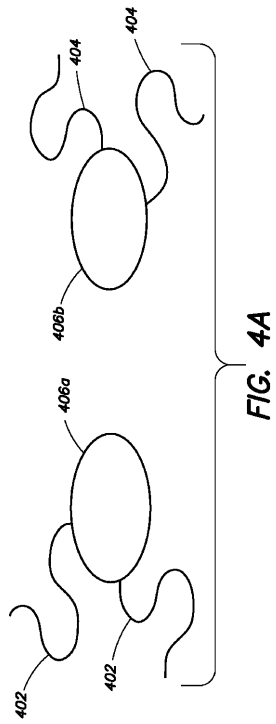
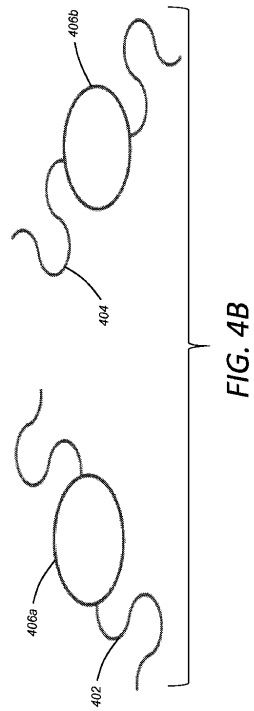


FIG. 3C

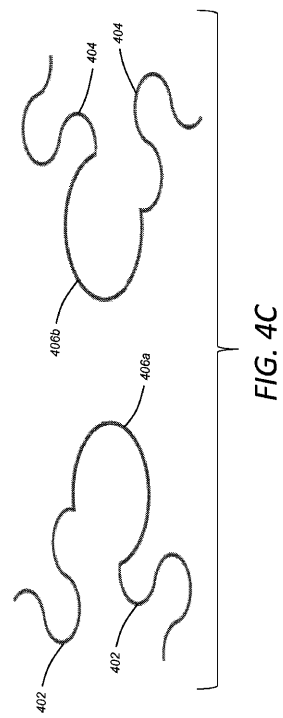
【図 4 A】



【図 4 B】



【図 4 C】



【図 5 A】

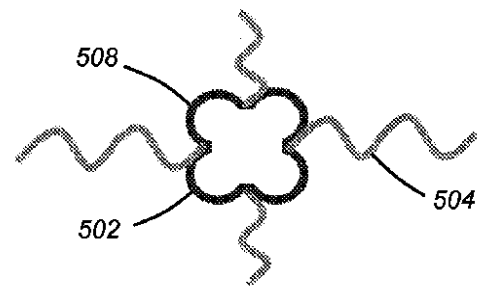


FIG. 5A

【図 5 B】

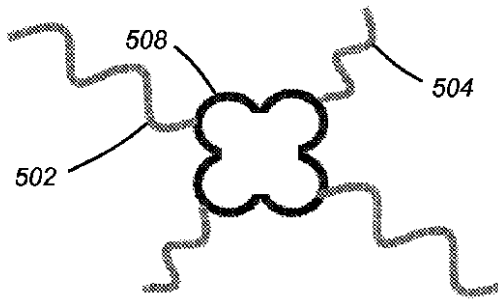


FIG. 5B

【図 5 C】

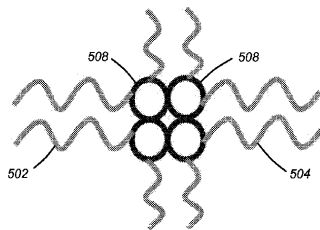


FIG. 5C

【図 6 A】

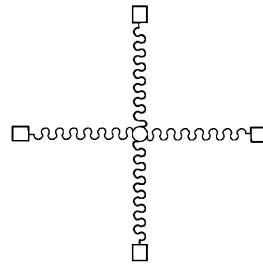


FIG. 6A

【図 6 B】

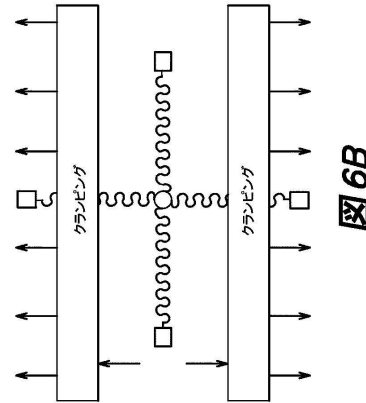


図 6B

【図 7 A】

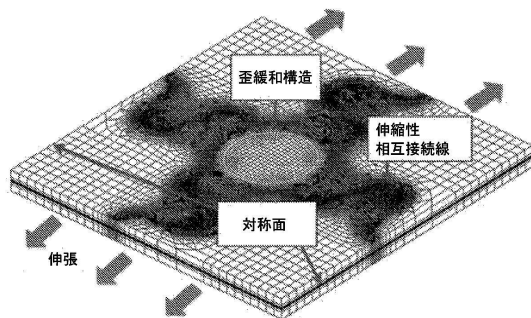


図 7A

【図 7 B】

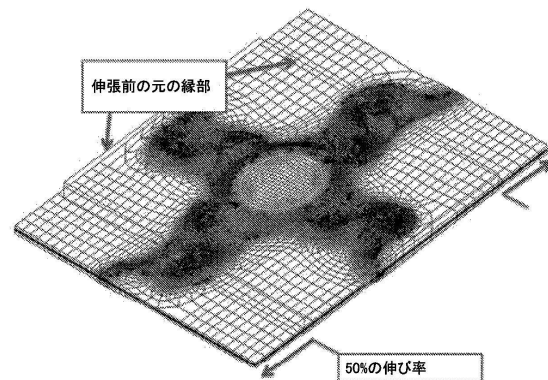


図 7B

【図 8 A】

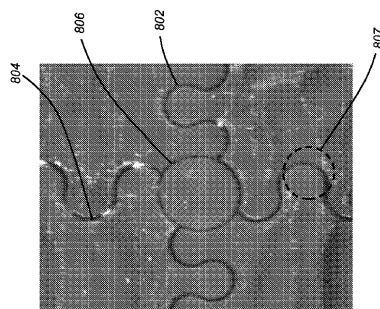
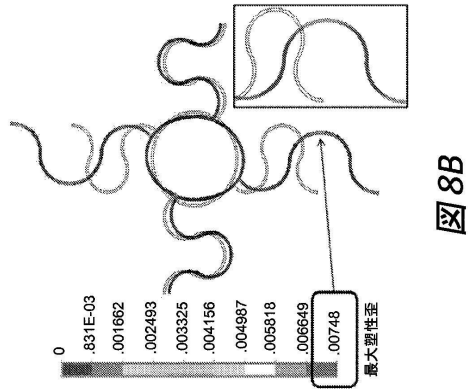


FIG. 8A

【図 8 B】



【図 9 B】

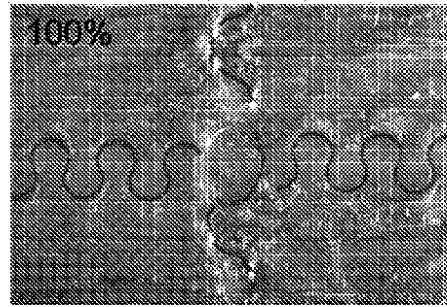


FIG. 9B

【図 9 A】

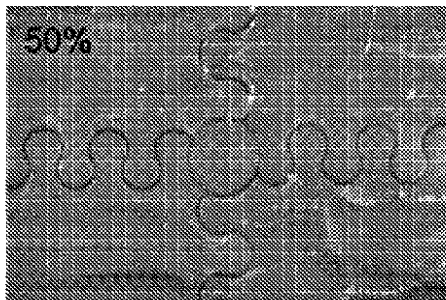


FIG. 9A

【図 9 C】

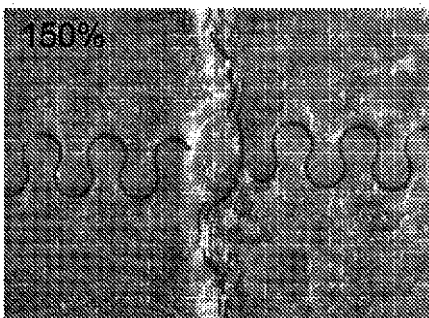


FIG. 9C

【図 9 D】

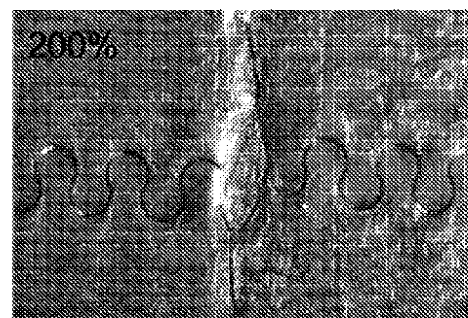


FIG. 9D

【図 9 E】

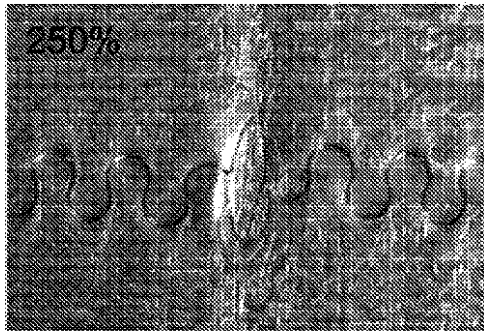


FIG. 9E

【図 10】

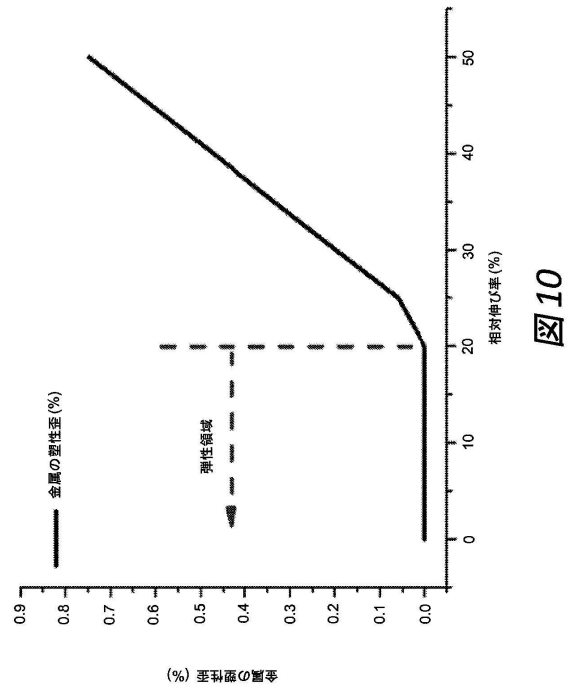


図 10

【図 11 A】



FIG. 11A

【図 11 B】



FIG. 11B

【図 11 F】

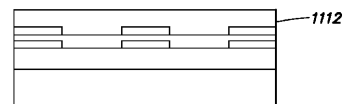


FIG. 11F

【図 11 C】

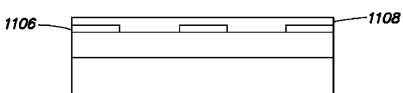


FIG. 11C

【図 11 G】

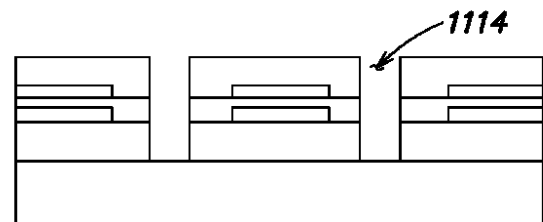


FIG. 11G

【図 11 D】

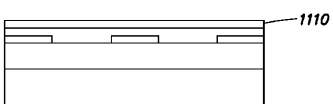


FIG. 11D

【図 11 H】

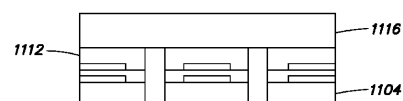


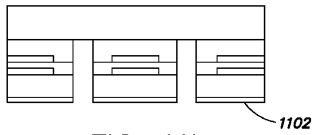
FIG. 11H

【図 11 E】

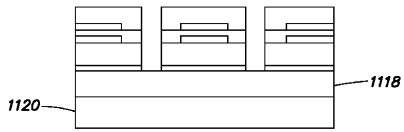


FIG. 11E

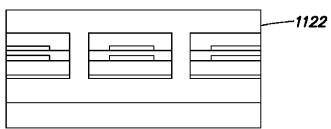
【図 11 I】



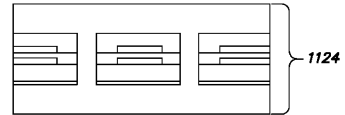
【図 11 J】



【図 11 K】



【図 11 L】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 B 5/16 (2006.01) H 0 5 K 1/02 J
H 0 5 K 1/02 (2006.01)

(72)発明者 スー、ユン - ユー
アメリカ合衆国 0 2 4 7 4 マサチューセッツ州 アーリントン ロックアウェイ レーン 1
4 ユニット 1 4

審査官 綿引 隆

(56)参考文献 米国特許第0 8 3 3 2 0 5 3 (U S , B 1)
特開2 0 0 5 - 0 7 9 4 7 2 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H 0 1 L 2 3 / 1 2
A 6 1 B 5 / 0 4 - 0 4 9 2
B 8 1 B 3 / 0 0
H 0 1 B 5 / 1 6
H 0 1 L 2 1 / 7 6 8
H 0 1 L 2 3 / 5 2 - 5 3 8
H 0 5 K 1 / 0 2