



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105706536 B

(45)授权公告日 2018.12.21

(21)申请号 201480010490.1

(22)申请日 2014.02.24

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105706536 A

(43)申请公布日 2016.06.22

(30)优先权数据

61/768,939 2013.02.25 US

13/843,880 2013.03.15 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2015.08.25

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2014/017975 2014.02.24

(87)PCT国际申请的公布数据

W02014/130931 EN 2014.08.28

(73)专利权人 MC10股份有限公司

地址 美国马萨诸塞州

(72)发明人 许永昱

(74)专利代理机构 北京信慧永光知识产权代理
有限责任公司 11290

代理人 曹正建 陈桂香

(51)Int.Cl.

H05K 1/02(2006.01)

H01L 29/06(2006.01)

审查员 崔卫华

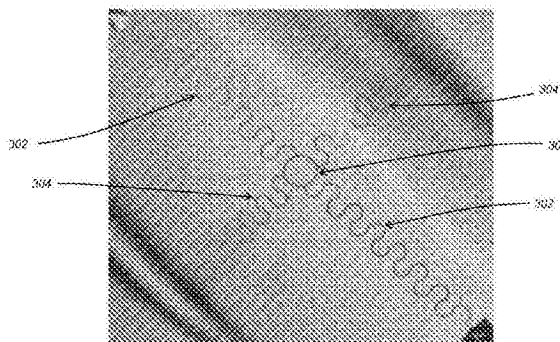
权利要求书1页 说明书12页 附图19页

(54)发明名称

用于可拉伸互连件的应变缓解结构

(57)摘要

提供了交叉结构来减少包括多层级安排的可拉伸互连结构的适形电子系统中的应变。在这些可拉伸互连结构的区域中形成了迂回区域,这些迂回区域通常可以彼此相交或经过。这些可拉伸互连件的迂回区域相对于彼此被布置成使得所述交叉结构涵盖各可拉伸互连结构的这些迂回区域的至少一部分。所述交叉结构具有在拉伸所述可拉伸互连件中的至少一者的可拉伸互连结构的过程中缓解所述迂回区域上的机械应变的弹性特性。



1. 一种设备,包括:

第一导电的可拉伸互连件,包括第一迂回部分,所述第一迂回部分具有弯曲形状;

第二导电的可拉伸互连件,包括第二迂回部分,所述第二迂回部分具有弯曲形状,所述第二迂回部分的所述弯曲形状与所述第一迂回部分的所述弯曲形状大体上相同,所述第一迂回部分和所述第二迂回部分在所述设备的交叉区域处叠置;以及

交叉结构,具有顶层、中间层和底层,所述第一导电的可拉伸互连件被定位在所述顶层和所述中间层之间,且所述第二导电的可拉伸互连件被定位在所述中间层和所述底层之间,使得所述交叉结构涵盖所述第一迂回部分和所述第二迂回部分的至少一部分,所述交叉结构具有在所述第一导电的可拉伸互连件和/或所述第二导电的可拉伸互连件的拉伸过程中使远离所述设备的所述交叉区域的所述第一迂回部分和所述第二迂回部分上的机械应变重新分布的弹性特性。

2. 如权利要求1所述的设备,其中,所述第一导电的可拉伸互连件、所述第二导电的可拉伸互连件和所述交叉结构被封装材料封装。

3. 如权利要求1或2所述的设备,其中,所述交叉结构具有弯曲形状。

4. 如权利要求1所述的设备,其中,所述交叉结构具有闭合的弯曲形状,且其中,所述第一迂回部分的所述弯曲形状是闭合的弯曲形状,且所述第二迂回部分的所述弯曲形状是闭合的弯曲形状。

5. 如权利要求1所述的设备,其中,所述第一导电的可拉伸互连件的纵向轴线与所述第二导电的可拉伸互连件的纵向轴线不平行。

6. 如权利要求1所述的设备,其中,所述第一导电的可拉伸互连件和所述第二导电的可拉伸互连件具有之字形构造、蛇形构型、或波浪状构型。

7. 如权利要求1所述的设备,还包括:

柔性基材;及

至少两个装置部件,所述装置部件被布置在所述柔性基材上。

8. 如权利要求7所述的设备,其中,所述至少两个装置部件中的至少一个是电子装置、光学装置、光电装置、机械装置、微机电装置、纳米机电装置、微流体装置或热学装置。

9. 如权利要求1所述的设备,其中,所述第一迂回部分具有第一中心轴,且所述第二迂回部分具有第二中心轴,所述第二中心轴与所述第一中心轴重合。

10. 如权利要求1所述的设备,其中,所述第一迂回部分的所述弯曲形状是闭合的弯曲形状,且所述第二迂回部分的所述弯曲形状是闭合的弯曲形状,所述第二迂回部分的所述闭合的弯曲形状与所述第一迂回部分的所述闭合的弯曲形状大体上相同。

11. 如权利要求1所述的设备,其中,所述第一导电的可拉伸互连件还包括经由所述第一迂回部分电连接的第一部分和第二部分,且所述第二导电的可拉伸互连件还包括经由所述第二迂回部分电连接的第一部分和第二部分。

12. 如权利要求7所述的设备,其中,所述至少两个装置部件、所述第一导电的可拉伸互连件和所述第二导电的可拉伸互连件被封装材料封装。

13. 如权利要求2所述的设备,其中,所述封装材料是聚合物。

14. 如权利要求2所述的设备,其中,所述封装材料是弹性体。

15. 如权利要求1所述的设备,其中,所述交叉结构是由聚合物形成的。

用于可拉伸互连件的应变缓解结构

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2013年2月25日提交的题为“多层薄膜可拉伸互连件 (MULTI-LAYER THIN FILM STRETCHABLE INTERCONNECTS)”的美国临时申请号61/768,939以及于2013年3月15日提交的题为“用于可拉伸互连件的应变缓解结构 (STRAIN RELIEF STRUCTURES FOR STRETACHBLE INTERCONNECTS)”的美国非临时专利申请号13/843,880的优先权和权益,这些申请通过引用以其包括附图的全文结合于此。

背景技术

[0003] 高质量医疗感测和成像数据已经在对许多不同医学症状加以诊断和治疗中变得愈加有益。这些症状可以是与消化系统、心血管系统相关联的,并且可能包括对神经系统的损害、癌症、以及类似事项。当前,可以用来采集这样的感测或成像数据的大多数电子系统一直是刚性的而非柔性的。这些刚性的电子设备对于诸如在生物医学装置中的许多应用并不理想。大多数生物组织是柔软并且弯曲的。皮肤和器官是精细的并且远非是二维的。

[0004] 电子设备系统的其他潜在应用,诸如在非医疗系统中采集数据,也可能受到刚性的电子设备的束缚。

发明内容

[0005] 发明人已经认识到电子系统的这种非柔性在使用中针对许多应用而言并不理想。

[0006] 鉴于前述内容,本文所阐述的多种不同实例总体上针对用于在适形电子系统中提供应变缓解的系统、设备和方法。本文所阐述的这些系统、方法和设备提供了包括以多层布置的可拉伸互连件的有效的、紧凑的、并且复杂的系统。

[0007] 在实例中,阐述了一种闭合形式的应变缓解(交叉)结构,该结构有效地使得通常可能作用在可拉伸互连件的相交或闭合通道的区域上的应变得以重新分布。

[0008] 在实例中,提供了基于包括嵌入在柔性聚合物中的集成电路(IC)芯片和/或可拉伸互连件的薄的装置孤岛的系统、设备和方法。

[0009] 提供的实例设备包括包含第一迂回区域的第一导电的可拉伸互连件、包含第二迂回区域的第二导电的可拉伸互连件、以及交叉结构。该第二导电的可拉伸互连件相对于该第一导电的可拉伸互连件被布置成使得该交叉结构涵盖该第一迂回区域和该第二迂回区域的至少一部分;并且该交叉结构具有在该第一导电的可拉伸互连件和/或该第二导电的可拉伸互连件的拉伸过程中缓解该第一迂回区域和该第二迂回区域上的机械应变的弹性特性。

[0010] 还提供了一种实例装置,该实例装置包括柔性基材;至少两个装置部件,它们被布置在该柔性基材上;第一导电的可拉伸互连件,该第一导电的可拉伸互连件与该至少两个装置部件中的至少一个装置部件处于电联通,该第一导电的可拉伸互连件包括第一迂回区域;第二导电的可拉伸互连件,该第二导电的可拉伸互连件与该至少两个装置部件中的至少一个另外的装置部件处于电联通,该第二导电的可拉伸互连件包括第二迂回区域;以及

交叉结构。该第二导电的可拉伸互连件相对于该第一导电的可拉伸互连件被布置成使得该交叉结构涵盖该第一迂回区域和该第二迂回区域的至少一部分。该交叉结构具有在该第一导电的可拉伸互连件和/或该第二导电的可拉伸互连件的拉伸过程中缓解该第一迂回区域和该第二迂回区域上的机械应变的弹性特性。

[0011] 在实例中,该至少两个装置部件中的至少一个可以包括电子装置、光学装置、光电装置、机械装置、微机电装置、纳米机电装置、微流体装置以及热学装置。

[0012] 在此通过引用将以下公开文献、专利、以及专利申请以其整体结合在本文中:

[0013] Kim等人的,“可拉伸并且可折叠的硅集成电路 (Stretchable and Foldable Silicon Integrated Circuits)”,科学快报 (Science Express),2008年3月27日,10.1126/科学.1154367;

[0014] Ko等人的,“基于可压缩硅光电设备的半球状电子眼相机 (A Hemispherical Electronic Eye Camera Based on Compressible Silicon Optoelectronics)”自然,2008年8月7日,454期,页码748-753;

[0015] Kim等人的,“结合有整体集成式可拉伸的波浪形互连件的互补性金属氧化物硅集成电路 (Complementary Metal Oxide Silicon Integrated Circuits Incorporating Monolithically Integrated Stretchable Wavy Interconnects)”,应用物理通讯 (Applied Physics Letters),2008年7月31日,93期,044102;

[0016] Kim等人的,“针对对极度机械变形有线性弹性响应的集成电路的材料和非共面网设计 (Materials and Noncoplanar Mesh Designs for Integrated Circuits with Linear Elastic Responses to Extreme Mechanical Deformations)”,PNAS,2008年12月2日,105期,编号48,页码18675-18680;

[0017] Meitl等人的,“借助于对弹性印模的粘附的运动学控制的转印 (Transfer Printing by Kinetic Control of Adhesion to an Elastomeric Stamp)”,天然材料 (Nature Materials),2006年1月,5期,页码33-38;

[0018] 公布于2010年1月7日的、提交于2009年3月5日的、并且题为“可拉伸且可折叠的电子装置 (STRETCHABLE AND FOLDABLE ELECTRONIC DEVICES)”的美国专利申请公布号20100002402-A1;

[0019] 公布于2010年4月8日的、提交于2009年10月7日的、并且题为“具有可拉伸的集成电路和传感器阵列的导管球囊 (CATHETER BALLOON HAVING STRETCHABLE INTEGRATED CIRCUITRY AND SENSOR ARRAY)”的美国专利申请公布号20100087782-A1;

[0020] 公布于2010年5月13日的、提交于2009年11月12日的、并且题为“可极度拉伸的电子设备 (EXTREMELY STRETCHABLE ELECTRONICS)”的美国专利申请公布号20100116526-A1;

[0021] 公布于2010年7月15日的、提交于2010年1月12日的、并且题为“非平面影像阵列的方法和应用 (METHODS AND APPLICATIONS OF NON-PLANAR IMAGING ARRAYS)”的美国专利申请公布号20100178722-A1;以及

[0022] 公布于2010年10月28日的、提交于2009年11月24日的、并且题为“利用可拉伸的电子设备来测量轮胎或路面状态的系统、装置、和方法 (SYSTEMS, DEVICES, AND METHODS UTILIZING STRETCHABLE ELECTRONICS TO MEASURE TIRE OR ROAD SURFACE CONDITIONS)”的美国专利申请公布号2010027119-A1。

- [0023] Kim,D.H.等人的(2010)用于超薄适形生物集成电子设备的可分解的丝纤维膜(Dissolvable films of silk fibroin for ultrathin conformal bio-integrated electronics).天然材料(Nature Materials),9,511-517。
- [0024] Omenetto,F.G.和D.L.Kaplan的(2008)丝的新出路(A new route for silk).自然光学(Nature Photonics),2,641-643。
- [0025] Omenetto,F.G.,Kaplan,D.L.的(2010)古老材料的新机遇(New opportunities for an ancient material).科学(Science),329,528-531。
- [0026] Halsed,W.S.的(1913)绷带和缝合线材料(Ligature and suture material).美国医疗协会会刊(Journal of the American Medical Association),60,1119-1126。
- [0027] Masuhiro,T.,Yoko,G.,Masaobu,N.等人的(1994)由浸入甲醇溶液引起的对丝素薄膜的结构改变(Structural changes of silk fibroin membranes induced by immersion in methanol aqueous solutions).聚合物科学杂志(Journal of Polymer Science),5,961-968。
- [0028] Lawrence,B.D.,Cronin-Golomb,M.,Georgakoudi,I.等人的(2008)用于光学装置的生物活性丝蛋白生物材料系统(Bioactive silk protein biomaterial systems for optical devices).生物大分子(Biomacromolecules),9,1214-1220。
- [0029] Demura,M.,Asakura,T.的(1989)仅通过拉伸处理来用桑蚕丝蛋白固定葡萄糖氧化酶及其对于葡萄糖传感器的应用(Immobilization of glucose oxidase with Bombyx mori silk fibroin by only stretching treatment and its application to glucose sensor).生物技术和生物工程(Biotechnololgy and Bioengineering),33,598-603。
- [0030] Wang,X.,Zhang,X.,Castellot,J.等人的(2008)受控的从多层丝生物材料涂层上解脱以调控血管细胞反应(Controlled release from multilayer silk biomaterial coatings to modulate vascular cell responses).生物材料(Biomaterials),29,894-903。
- [0031] 题为“用于感测和处理具有可拉伸的集成电路的系统、方法、以及装置(SYSTEMS, METHODS,AND DEVICES FOR SENSING AND TREATMENT HAVING STRETCHABLE INTEGRATED CIRCUITRY)”的、提交于2010年3月12日的美国专利申请序号12/723,475。
- [0032] 题为“非平面影像阵列的方法和应用(Methods and Applications of Non-Planar Imaging Arrays)”的、提交于2010年1月12日的美国专利申请序号12/686,076。
- [0033] 题为“针对医疗应用使用可拉伸的或柔性电子设备的系统、方法、以及装置(Systems,Methods,and Devices Using Stretchable or Flexible Electronics for Medical Applications)”的、提交于2009年12月11日的美国专利申请序号12/636,071。
- [0034] 公布于2012年3月15日的并且题为“用于通过适形来测量装备、工具和部件的技术参数的方法和设备(METHODS AND APPARATUS FOR MEASURING TECHNICAL PARAMETERS OF EQUIPMENT,TOOLS AND COMPONENTS VIA CONFORMAL ELECTRONICS)”的美国专利申请公布号2012-0065937-A1。
- [0035] 题为“极度可拉伸的电子设备(Extremely Stretchable Electronics)”的、提交于2009年11月12日的美国专利申请序号12/616,922。
- [0036] 题为“具有可拉伸的集成电路和传感器阵列的导管球囊(Catheter Balloon

Having Stretchable Integrated Circuitry and Sensor Array)”的、提交于2009年10月7日的美国专利申请序号12/575,008。

[0037] 题为“用于感测和实施治疗的具有可拉伸的集成电路的系统、方法、和装置 (Systems, Methods, and Devices Having Stretchable Integrated Circuitry for Sensing and Delivering Therapy)”的、提交于2011年12月23日的美国专利申请序号13/336,518。

[0038] 应理解的是这些前述概念和以下更详细的其他概念(假定这样的概念并不互相矛盾)的所有组合都被认为是本文所披露的本发明主题的一部分。还应理解的是本文中明确采用的、以及可能在通过引用而结合的任何披露文献中出现的术语都应本文所披露的这些具体概念的最为一致的含义相符合。

附图说明

[0039] 技术人员应理解本文所阐述的这些附图仅是出于展示的目的,并且这些附图并不旨在以任何方式限制所披露的传授内容的范围。在某些情况下,可能会夸张或放大地示出多种不同方面或特征以利于理解本文所披露的这些发明性概念(这些附图并不必是按比例的,而是重点在于展示此传授内容的原理)。在这些附图中,贯穿这些不同的附图,相似的参考符号总体上指代相似的特征、功能上相似的和/或结构上相似的元件。

[0040] 图1示出了根据本文所阐述的原理的包括可拉伸互连件的实例电子系统的一部分。

[0041] 图2A-2B示出了根据本文所阐述的原理的实例可拉伸互连件在拉伸之前(2A)和在拉伸之后(2B)的SEM图像。

[0042] 图3A示出了根据本文所阐述的原理包括应变缓解结构的实例设备。

[0043] 图3B示出了根据本文所阐述的原理的实例设备的视图。

[0044] 图3C示出了根据本文所阐述的原理的交叉区域的实例截面。

[0045] 图4A-4C示出了根据本文所阐述的原理的包括不同的迂回区域构造的可拉伸互连件的实例。

[0046] 图5A-5C示出了根据本文所阐述的原理的多种交叉结构的实例构型。

[0047] 图6A-6B示出了对根据本文所阐述的原理的实例设备的实例伸长率测量。

[0048] 图7A-7B示出了根据本文所阐述的原理的应变缓解结构处于松弛状态(7A)和拉伸了百分之50伸长率时(7B)的有限元模型。

[0049] 图8A示出了根据本文所阐述的原理的实例设备在百分之50伸长率的光学图像。

[0050] 图8B示出了图8A的根据本文所阐述的原理的应变缓解结构的塑性应变分布。

[0051] 图9A-9E示出了图8A的根据本文所阐述的原理的实例设备在其承受百分之50(图9A)、百分之100(图9B)、百分之150(图9C)、百分之200(图9D)、和百分之250(图9E)逐步的拉伸时的光学图像。

[0052] 图10示出了根据本文所阐述的原理的实例可拉伸互连件中的等效塑性应变。

[0053] 图11A-11L示出了用于制造根据本文所阐述的原理的实例设备或实例装置的实例工艺流。

具体实施方式

[0054] 以下更详细的阐述与用于将薄化的芯片嵌入在柔性聚合物中的设备和系统相关的多种不同概念以及实施例。应理解的是可以用大量方式中的任何方式来实现以上介绍的并且以下更详细地阐述的多种不同概念,因为所披露的概念并不受限于任何具体的实施方式。主要为解说的目的提供了具体实现方式及应用的多个实例。

[0055] 如本文所使用的,术语“包括”意为包括但不限于,术语“包括有”意为包括有但不受限于。术语“基于”意为至少部分地基于。如本文所使用的,术语“布置在...上”或“布置在...上方”被定义为涵盖“至少部分地嵌入其中”。

[0056] 相对于与本文这些原理的多种不同实例相联系地在本文中所阐述的基材或与其他表面,任何对“顶”表面和“底”表面的参引都主要用来指明多种不同元件/部件相对于基材和相对于彼此的相对位置、对齐和/或取向,并且这些术语不必指明任何具体的参考坐标系(例如,重力参考坐标系)。因而,对基材或层的“底部”的参引并不要求所指明的表面或层是面对地面的。相似地,诸如“在...以上”、“在...以下”、“在...上方”、“在...下方”的术语以及类似事项不必指明诸如重力参考坐标系的任何具体的参考坐标系,而是主要用来指明多种不同元件/部件相对于基材(或其他表面)以及相对于彼此的相对位置、对齐和/或取向。术语“布置在...上”、“布置在...中”以及“布置在...之上”涵盖了“嵌入其中”、包括“部分地嵌入其中”的含义。此外,对特征A“布置在特征B上”、“布置在特征B之间”、或“布置在特征B之上”的参引涵盖了其中特征A与特征B相接触的实例、以及其中有其他层和/或其他部件定位在特征A与特征B之间的实例。

[0057] 本文所阐述的系统、设备和方法提供了适形电子系统中的应变缓解。为产生有效的、紧凑的、并且复杂的系统,根据本文所阐述的原理的这些可拉伸互连件被设计成多层相互叠置。根据本文所阐述的原理的应变缓解(交叉)结构可以实施成有效地重新分布会作用于装置结构中的可拉伸互连件的应变。

[0058] 本文所阐述的实例系统、设备和方法在适形电子系统中提供了应变缓解从而使得系统可以被拉伸到高达这些可拉伸互连件的原尺寸的大约百分之20、大约百分之50、大约百分之70、大约百分之80、或更多的伸长率,而不在这些可拉伸互连件中形成微裂纹。

[0059] 本文所阐述的其他实例系统、设备和方法提供在适形电子系统中提供了应变缓解从而使得系统可以被拉伸到高达这些可拉伸互连件的原尺寸的大约百分之100、大约百分之120、大约百分之150、大约百分之150、大约百分之180、大约百分之200、大约百分之250、大约百分之280或更多的伸长率,而不会使得这些可拉伸互连件脱离附接、破裂、或有其他机械性失效。

[0060] 本文所阐述的这些电子系统能够弯曲、绞扭、和拉伸,并且对于传统的硬半导体微电子设备显现出限制的应用具有大的潜力。本文所阐述的适形电子设备具有大量应用,包括但不限于人体汗水监测器、可拉伸的太阳能板、以及心脏导管。例如,本文所阐述的适形电子设备可以应用于心脏消融术的介入性球囊导管、可植入装置、和可穿戴电子系统。

[0061] 根据本文所阐述的原理的这些实例电子装置可以包括电极、传感器、有源装置、和/或用于连接或传输电子信号的金属导线。这些部件中的一些可以是非柔性的。包括根据本文所阐述的原理的应变缓解(交叉)结构的这些可拉伸互连件可以被用来对这些电子装

置提供一定程度的柔性或变形能力。这些实例电子装置包括刚性的元件和可弯曲的元件二者,包括通过可拉伸互连件联接的薄的电子芯片。包括根据本文所阐述的原理的应变缓解(交叉)结构的这些可拉伸互连件被构型成承受施加给系统的大部分变形,同时维持了电学性能以及结构完整性。

[0062] 本文所阐述的这些实例系统、方法和设备适用于具有非共平面的可拉伸互连件构型或平面内的可拉伸互连件构型的可拉伸互连件。非共平面的可拉伸互连结构的非限制性实例包括扣接互连件。平面内的可拉伸互连件的非限制性实例包括马蹄铁图案的曲折互连件、蛇形互连件、波浪状互连件、以及之字形互连件。在实例中,为形成这些非共平面的可拉伸互连结构,可以将导电材料沉积到预拉伸的弹性基材上并且允许其松弛。在实例中,为形成这些平面可拉伸互连结构,可以将导电材料沉积在松弛的基材上并且构型为所希望的构型。

[0063] 本文所阐述的这些实例系统、方法和设备为适形电子系统提供了更大程度的复杂性、较小的形状因数、以及更多感测形态。根据本文所阐述的原理的这些可拉伸的多层金属互连件被构型成对可能在多层系统中发生的增大的应变加以缓和。这些多层平面内图案化的可拉伸互连件可以通过自底向上的微制造工艺制造的。

[0064] 图1示出了实例电子系统的一部分,该实例电子系统包括布置于多层系统的至少两层中的、带有相互叠置的马蹄铁图案的曲折部分的蹄铁形可拉伸互连件102和104。在这些多曲折互连件交叉之处,诸如在图1中的这些交接部106处,这些互连件可以承受针对各可拉伸互连件102,104的特定取向的机械性约束。在相邻层的可拉伸互连件之间的交接部106处发生约束可能在这些小的交接部区域处不利地影响制造工艺并且在最终的适形电子系统的拉伸过程中可能导致所不希望的机械性后果。

[0065] 图2A和2B示出了马蹄铁形可拉伸互连件在“马蹄铁”的冠部处的一部分的扫描电子显微镜(SEM)图像。图2A示出了可拉伸互连件在拉伸之前的SEM图像。图2B示出了可拉伸互连件在拉伸之后导致形成微裂纹的SEM图像。这些非限制性实例可拉伸互连件是由金(Au)形成的。如图2A中所示出的,Au层的边缘是光滑且没有损伤或其他缺陷。图2B示出了这种失效可以是以形成微裂纹来在可拉伸互连件中开始发生的。Au层的边缘粗糙、带有凹痕,并且可见延伸进入Au层的微裂纹。Au层中的这些微裂纹和边缘粗糙可能随着互连件被拉伸而减少其毗连的截面面积,从而致使结构的电阻增大。在可拉伸互连件中形成微裂纹所导致的电阻改变可能不利地影响电子装置的性能。

[0066] 针对这些可以实施来缓解可能在多金属互连件层之间的这些交接部处发生的应变的可拉伸互连件,根据本文所阐述的原理的这些实例系统、方法和设备提供了新颖的应变缓解(交叉)结构和构型。根据本文所阐述的原理用于这些可拉伸互连件的这种应变缓解(交叉)结构以及这些新颖的构型可以被实施成带有多互连层互连件的任何数目的系统。

[0067] 针对可以实施来缓解叠置的可拉伸电子互连件中的塑性应变的这些可拉伸互连件,根据本文所阐述的原理的这些实例系统、方法和设备提供了新颖的应变缓解(交叉)结构和构型。可以实施针对这些可拉伸互连件的这些新颖的应变缓解(交叉)结构和构型来有效地使得来自这些互连件的交接部的应变重新分布。根据本文所阐述的原理的这些实例系统、方法和设备针对可拉伸的电子系统提供了耐用的并且可以改善适形电子装置的性能的多层应变缓解(交叉)结构。

[0068] 为缓解交叉区域处的应变并且减少交叉区域的设计复杂度,本文所阐述了具有弯曲的构造的应变缓解(交叉)结构。这些多层的有图案的可拉伸互连件可以被布置成垂直地相互相交,并且在交叉结构(提供应变缓解)处交叉。具有弯曲构造的交叉区域具有随着电子装置结构被拉伸而作为弹簧起作用的能力。

[0069] 图3A示出了非限制性实例设备,该设备根据本文所阐述的原理包括应变缓解(交叉)结构和在柔性基材上布置这些可拉伸互连件的构型。该实例设备包括在设备的一部分处彼此相交的可拉伸互连件302和304。根据本文所阐述的原理,每个可拉伸互连件302和304被制造成包括迂回区域306。在图3A的非限制性实例中,每个可拉伸互连件的迂回区域被形成为贯穿这两个可拉伸互连件的交接部延伸的基本上环形的曲线。如图3A的实例所示出的,可拉伸互连件302和304在设备中被定位成使得这些可拉伸互连件之一的迂回区域邻近于另一可拉伸互连件的迂回区域。应变缓解(交叉)结构(交叉结构)被定位于这些迂回区域306的区域处。

[0070] 图3B示出了图3A实例设备的结构的详细视图。图3B示出了伸入交叉区域305的这些可拉伸互连件302和304。如在交叉区域305的展开部分中所示出的(见视图1),这些可拉伸互连件302和304各自形成有迂回区域306-a和306-b。在此实例中,迂回区域306-a布置在迂回区域306-b上方。还如图3B所示出的,交接部区域305包括交叉结构308。可拉伸互连件302相对于可拉伸互连件304布置成使得交叉结构308涵盖这些可拉伸互连件之一的这些迂回区域306-a的至少一部分以及迂回区域306-b。根据本文所阐述的原理,交叉结构具有在这些可拉伸互连件中的至少一个可拉伸互连件的拉伸过程中缓解这些迂回区域上的机械应变的弹性特性。

[0071] 图3B示出了交叉区域305的一部分的分层结构的截面视图(视图2)。该截面视图示出了这些迂回区域306-a和306-b的多个部分以及交叉结构308的多个部分。如视图2中的非限制性实例所示,交叉结构308可以涵盖这些迂回区域306-a和306-b。

[0072] 这些可拉伸互连件302和304以及它们对应的迂回区域306-a和306-b是由导电材料形成。在本文所阐述的任何实例中,导电材料可以是但不限于金属、金属合金、导电聚合物、或其他导电材料。在实例中,涂层的金属或金属合金可以包括但不限于铝、不锈钢、或过渡金属(包括铜、银、金、铂、锌、镍、钛、铬、或钯,或其任何组合)以及任何适用的金属合金,包括与碳的合金。在其他非限制性实例中,适合的导电材料可以包括半导体基导电材料,包括硅基导电材料、铟锡氧化物或其他明显的导电氧化物,或族III-IV导体(包括GaAs)。半导体基导电材料可以是掺杂的。

[0073] 交叉结构可以是由具有弹性特性以在这些可拉伸互连件中的至少一个可拉伸互连件的拉伸过程中缓解这些迂回区域上的机械应变的任何材料形成的。例如,交叉结构可以是由聚合物或聚合材料形成的。适用的聚合物或聚合材料的非限制性实例包括但不限于,聚酰亚胺、聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)、硅酮、或聚氨酯。适用的聚合物或聚合材料的其他非限制性实例包括塑料、弹性体、热塑性弹性体、弹性塑料、热固材料、热塑料、丙烯酸酯、缩醛聚合物、生物可降解聚合物、纤维素聚合物、含氟聚合物、尼龙、聚丙烯腈聚合物、聚酰胺-酰亚胺聚合物、聚芳酯、聚苯并咪唑、聚丁烯、聚碳酸酯树脂、聚酯、聚醚酰亚胺、聚乙烯、聚乙烯共聚物以及改性聚乙烯、聚酮、聚甲基丙烯酸甲酯、聚甲基戊烯、聚苯醚以及聚苯硫醚、聚邻苯二甲酰胺、聚丙烯、聚氨酯、苯乙烯树脂、砜基树脂、乙烯基树脂,或这些材料的

任何组合。在实例中,聚合物或聚合材料在此可以是UV可固化的聚合物。

[0074] 如图3B中所示出的,实例设备可以被封装在封装材料310中。封装材料可以是由与交叉结构相联系地阐述的任何聚合物或聚合材料形成的。在多种不同实例中,交叉结构308和封装材料310可以是由相同的聚合物或聚合材料形成的,或是由不同的聚合物或聚合材料形成的。在实例中,封装材料可以是硅酮,诸如但不受限于ECOFLEX® (巴斯夫 (BASF), 弗洛汗姆帕克 (Florham Park), 新泽西)。

[0075] 为应用于生物医学装置中,封装材料应是生物相容的。可拉伸互连件可以嵌入在还作为机械加强物起作用的聚酰亚胺中。应变缓解交叉结构和这些可拉伸互连件还可以是被柔性弹性基材封装的。

[0076] 图3B还示出了实例设备的这些可拉伸互连件可以是被封装的。这些可拉伸互连件可以被封装在与交叉结构和封装材料310相联系地阐述的任何聚合物或聚合材料中。在多种不同实例中,交叉结构308、封装材料310可以是由相同的聚合物或聚合材料形成的,或是由聚合物或聚合材料不同组合形成的。在实例中,这些可拉伸互连件可以用聚酰亚胺来封装的。在另一实例中,这些可拉伸互连件的交叉结构308和封装材料可以是由相同的材料形成的。其结果是,这些可拉伸互连件的封装材料和交叉结构可以是形成毗连的结构或连续的结构。

[0077] 图3C示出了交叉区域的一部分的另一实例截面。该截面的分层结构示出了形成这些可拉伸互连件的一部分的这些迂回区域366-a和366-b以及涵盖这些迂回区域366-a和366-b的一部分的交叉结构358。在此实例中,交叉结构358包括在这些迂回区域上方和下方的材料层358-a和358-b,以及定位在这些迂回区域366-a和366-b之间的夹层358-c。夹层358-c可以是由粘合剂材料形成的。交叉区域可以是封装在封装材料362中的。

[0078] 在本文所阐述的任何实例结构中,这些可拉伸互连件的迂回区域可以具有的厚度为大约0.1 μm 、大约0.3 μm 、大约0.5 μm 、大约0.8 μm 、大约1 μm 、大约1.5 μm 、大约2 μm 或更大。部分358-a和358-b处的交叉结构可以具有的厚度为大约5 μm 、大约7.5 μm 、大约9 μm 、大约12 μm 或更大,而夹层部分358-c具有的厚度为大约1 μm 、大约1.5 μm 、大约2 μm 、大约2.5 μm 、大约3 μm 或更大。图3C示出了交叉区域的一部分的另一实例截面。在本文的任何实例中,封装材料可以具有的厚度为大约100 μm 、大约125 μm 、大约150 μm 、大约175 μm 、大约200 μm 、大约225 μm 、大约250 μm 、大约300 μm 或更大。

[0079] 图4A-4C示出了可以与具有基本上闭合形式的曲线构造的交叉结构一起使用的可拉伸互连件402、404以及迂回区域406-a和406-b的构型的非限制性实例。如图4A中所示出的,各可拉伸互连件的迂回区域406-a和406-b还可以具有基本上闭合形式的曲线构型。图4A的这些可拉伸互连件402,404可以在实例设备中被定位成使得这些迂回区域406-a和406-b彼此重合,以涵盖在如本文所阐述的交叉结构中。图4B还示出了可拉伸互连件的具有基本上闭合形式的曲线构型的迂回区域406-a和406-b。图4B中的这些可拉伸互连件402,404是从这些迂回区域406-a和406-b的相反侧、而不是如图4A中所示出的这些迂回区域406-a和406-b的基本上相同侧延伸的。同样在图4B中,这些可拉伸互连件402,404可以被定位成使得这些迂回区域406-a和406-b彼此重合,以涵盖在如本文所阐述的交叉结构中。在图4C的实例中,这些迂回区域406-a和406-b被形成为可拉伸互连件402,404中的开放曲线结构。图4C的这些可拉伸互连件402,404还可以被定位成使得这些迂回区域406-a和406-b

彼此重合,以涵盖在如本文所阐述的交叉结构中。

[0080] 图5A-5C示出了其他非限制性实例构型的交叉结构508,以及可以与这些交叉结构一起使用的不同构型的交叉结构502,504。如图5A和5B中所示出的,交叉结构508可以是形成开放曲线结构,例如,呈三叶草形式的图案。作为非限制性实例,图5A或5B的实例交叉结构508可以与包括具有与图4C中示出的相似的构造的迂回区域406-a、406-b的可拉伸互连件402,404一起使用。图5C示出了另一实例设备,包括具有闭合形式的曲线构造的多个交叉结构508。作为非限制性实例,图5C的实例交叉结构508可以与包括具有与图4A或4B中示出的相似构造的迂回区域406-a、406-b的可拉伸互连件402,404一起使用。

[0081] 如图3A-5C的可拉伸互连件的这些不同构造所示出的,实例设备中这些可拉伸互连件中的一个可拉伸互连件的纵向轴线可以与实例设备中这些可拉伸互连件中另一可拉伸互连件的纵向轴线不平行。

[0082] 在本文所阐述的、包括与图3B-5C中任一附图相联系的任何实例设备中,封装材料可以用作这些可拉伸互连件(包括实例设备的这些迂回区域)以及这些交叉结构的柔性基材。

[0083] 交叉结构的这种弯曲的构造可以被构型成具有与这些可拉伸互连件的幅度大致相等的半径。如图3B中所示出的,交叉结构可以在交叉区域的堆叠结构中被构型为具有弹性特性的材料的三个层。

[0084] 根据本文所阐述的原理,实例设备可以包括布置在柔性基材上并且与这些可拉伸互连件处于电联通的装置部件。这些装置部件可以被包括在本文(包括与图3A-5C中任一附图相联系地)阐述的任何实例设备中。封装材料可以用作实例设备的这些装置部件(包括这些迂回区域的这些可拉伸互连件)以及这些交叉结构的柔性基材。在这些不同实例中,这些装置部件可以是一个或多个无源电子部件和/或有源电子部件。根据本文所阐述的原理,适用的装置部件的非限制性实例包括晶体管、放大器、光电检测器、光电二极管阵列、显示器、发光装置(LED)、光伏装置、传感器、半导体激光器阵列、光学成像系统、大面积电子装置、逻辑门阵列、微处理器、集成电路、电子装置、光学装置、光电装置、机械装置、微机电装置、纳米机电装置、微流体装置、热学装置,或其他装置结构。

[0085] 图6A-6B示出了对包括根据本文所阐述的原理的交叉区域的实例设备的伸长能力的实例测量。这些实例测量展示了包括应变缓解(交叉)结构的实例设备所容许的应变。图6A示出了所测量的实例设备。图6B示出了测量设置。为测量施加了每秒百分之0.5的应变速率。如图6B中所示出地夹持样本,并且将其拉长。在将实例设备拉伸时对电阻加以监测。电阻增加主要是由于在这些可拉伸互连件中形成微裂纹。随着微裂纹张开和拓展,可拉伸互连件的截面面积减少,从而导致电阻增大。

[0086] 展示了应变缓解(交叉)结构的变形特性。图7A示出了处于松弛状态中的(即,无拉伸)应变缓解(交叉)结构的有限元模型。图7B示出了应变缓解(交叉)结构在两个相反末端拉伸百分之50伸长率时的有限元模型。在此实例设备中,应变缓解(交叉)结构和可拉伸互连件完全嵌入在这些柔性基材层(作为封装材料起作用)之间。

[0087] 图8A示出了包括可拉伸互连件802,804和包括这些迂回区域以及应变缓解(交叉)结构806的交叉区域的实例设备在百分之50伸长率下的光学图像。图8B示出了分布在应变缓解(交叉)结构中的对应的塑性应变。图8B中示出了原始边缘和变形后的结构二者。图8B

的图例指明了结构中的塑性应变集中在可拉伸互连件的拉伸方向马蹄铁形部分的冠部807上而不是在应变缓解(交叉)结构806的交接部处,从而指明了这种应变缓解(交叉)结构有效地使得来自可拉伸互连件交接部的塑性应变重新分布并且减少了该机构在交接部处的复杂度。此外,图8B示出了,随着应变缓解(交叉)结构806被拉伸,环形结构由于来自拉伸方向互连件的张力和弹性基材的泊松比而变窄呈现椭圆形。

[0088] 图9A-9E示出了图8A实例设备在其承受百分之50(图9A)、百分之100(图9B)、百分之150(图9C)、百分之200(图9D)、以及百分之250(图9E)的逐步拉伸时的光学图像。随着应变缓解(交叉)结构和可拉伸互连件被从百分之50拉伸到百分之100应变,应变缓解(交叉)结构开始变窄成椭圆形、其主轴线对应地沿着如图9A和9B中所示出的伸长方向。沿着伸长方向的可拉伸互连件还开始变平,从而指明可拉伸互连件的这些马蹄铁形的冠部是经受应变最大的区域。当实例设备被拉伸至百分之150伸长率,如图9C中所示出的,这些马蹄铁形变平得更大,从而致使互连件变成更直线的形状。同样随着应变缓解(交叉)结构继续变窄成愈加扁的椭圆形,应变缓解(交叉)结构旋转而使得拉伸方向互连件的这些交接点也处于沿着椭圆形的应变缓解(交叉)结构的主轴线。应变缓解(交叉)结构的这种旋转是由这些拉伸方向交接部处的结构中的张力随着互连件变得几乎完全拉长成一条线而导致的。横向互连件的这些交接部也经历这种结构旋转。在百分之200伸长率,图9D中示出,这些横向互连件交接部开始沿着椭圆形的应变缓解(交叉)结构的短轴线对准。以如图9E中所示出的百分之250伸长率,拉伸方向互连件已经拉直而基本上成一条线,交接点几乎完全对准。除了已经随应变缓解(交叉)结构旋转的这些交接点致使紧邻的蹄铁形的略微变平之外,横向互连件保持原状。应变缓解(交叉)结构也已经拉长并且变窄到如下这样的程度,即,它在这些拉伸方向互连件交接部在应变缓解(交叉)结构上被拉动之处现在具有尖锐的、角形的拐角。

[0089] 图10示出了可拉伸互连件中最大等效塑性应变随着基材相对伸长率的变化。曲线指明在结构拉伸上至百分之20伸长率时,可拉伸互连件的这些马蹄铁形的冠部的最大塑性应变保持为零。百分之20的伸长率标志着在结构中塑性应变的起始,塑性应变在这点开始在可拉伸互连件中累积。在此起始点之前,这些互连件处于弹性变形区域内。在此起始点之后,塑性应变非线性地增大高达百分之50伸长率处的百分之0.75。这些数值大大低于所报告的在弹性基材上沉积的金薄膜的断裂应变值。

[0090] 图11A-11L示出了用于制造根据本文所阐述的原理的实例设备或实例装置的非限制性实例工艺流。图11A示出了包括基础晶片1102、基础聚合物层1104、以及导电膜1106的层结构。晶片1102可以是硅晶片。聚合物1104可以是聚酰亚胺。导电膜1106可以是金层。在图11B中,导电膜1106被构图。这种构图提供了包括迂回区域的可拉伸互连件的特征。在图11C中,聚合物层1108被旋转涂覆或层压在有图案的导电层1106之上。在图11D中,沉积了第二层的导电材料1110。在图11E中,第二层的导电材料1110被构图以便提供包括其对应的迂回区域的第二可拉伸互连件的特征。在图11F中,聚合物层1112被旋转涂覆或层压,并且在图11G中,穿透这些所制造的层到基础晶片蚀刻出沟道1114。在图11H中,使用临时条带1116来运送这些制造好的层以用于进一步处理。图11I中沉积了介电层。在实例中,介电层是SiO₂。电介质是被处理成用于将该表面功能化的等离子体,并且在图11J中该结构被粘合至第二基材1120上的聚合物涂层1118上。在图11K中,结构用聚合物1122旋转涂覆。在图11L中,该结构用封装材料封装。于是获得了根据本文所阐述的原理的实例设备1124。

[0091] 为制造实例设备阐述了图11A-11L的工艺的实施。将聚酰亚胺层 (DURIMIDE 7000®,富士薄膜公司 (Fujifilm), 马萨诸塞AZ) 旋涂到“源”硅晶片上,随后是沉积0.5μm厚的金 (Au) 薄膜。使用光刻法和化学蚀刻对Au薄膜形成图案以便形成第一层的可拉伸互连件并且形成构成环形应变缓解 (交叉) 结构的迂回区域。将第二聚酰亚胺层甩到该结构上以便形成2μm厚的中间层,随后是第二层0.5μm厚的金薄膜。这个第二金属层遵从与第一金属层相似的图案。在对第二金属层构图时,马蹄铁图案的可拉伸互连件是与第一互连件垂直地取向的,而形成应变缓解 (交叉) 结构的迂回区域的第二层与第一层的迂回区域对准。为嵌入这些多层的互连件,将另一聚酰亚胺层旋转涂覆在此有图案的结构的顶部上。沉积一层SiO₂并且对其构图。未被SiO₂所覆盖的聚酰亚胺借助于反应性离子蚀刻而被蚀刻掉。使用临时运送条带来将该结构从源晶片上释放,并且将SiO₂沉积到该结构的背侧上以及该运送条带的背侧上。将ECOFLEX® (Smooth-On公司, 伊斯顿 (Easton) PA) 旋涂在有Teflon涂层的“目标”晶片上以在目标晶片上形成0.2μm厚的弹性体层。用O₂等离子体来处理应变缓解 (交叉) 结构、可拉伸互连件和弹性体以允许这两个表面粘合。将0.2μm厚的ECOFLEX®层沉积到这些结构上。图3A示出了包括应变缓解 (交叉) 结构和可拉伸互连件的实例设备。

[0092] 虽然在此已经说明并且展示了本发明的不同实施例,但是本领域普通技术人员容易想到多种其他的装置或结构来执行在此说明的功能和/或获得这些结果和/或这些优点中的一个或多个,并且这些变体和/或变更中的每个都被认为是位于在此说明的本发明的实施例的范围之内。更广义地,本领域的普通技术人员容易认识到,在此说明的所有参数、尺寸、材料、和构型意在是示例性的并且实际的参数、尺寸、材料、和/或构型将取决于使用本发明的传授内容的这个或这些具体应用。本领域的普通技术人员仅使用常规的实验就将认识到或者能够确定在此说明的本发明的具体实施例的许多等效物。因此,应理解的是上述这些实施例仅是以举例方式呈现的,并且可以与所具体阐述的不同地实践发明性实施例。本披露的创造性实施例是针对在此说明的每个单独的特征、系统、物品、材料、套件、和/或方法。另外,如果此类特征、系统、物品、材料、套件、和/或方法不是相互矛盾的,则两个或更多个此类特征、系统、物品、材料、套件、和/或方法的任何组合也被包括在本披露的创造性范围之内。

[0093] 可以用大量方式中的任一方式来实施以上所阐述的本发明实施例。例如,某些实施例可以是使用硬件、软件或它们的组合来实施的。当至少部分地以软件来实施实施例的任一方面时,可以在任何适合的处理器或处理器集群 (不论是以单一装置或计算机或分布于多重装置/计算机而提供的) 上执行该软件代码。

[0094] 同样,本文所阐述的技术可以实施为已经提供了其至少一个实例的方法。作为该方法的一部分来执行的这些动作可以是以任何适合的方式来排序的。因而,实施例可以是解释成其中的动作是以与所展示的不相同的顺序来执行的,该顺序可以包括同时执行某些动作,尽管这些动作在所展示的实施例中示出为按顺序。

[0095] 如在本文中所定义和使用的定义都应被理解为高于字典定义、通过引用结合的文献中的定义、和/或所限定术语的普通含义。

[0096] 如本文在说明书中使用的,不定冠词“一种”和“一个”除非明确作出相反指示,否则应当理解为意味着“至少一个”。

[0097] 如本文在说明书中使用的,短语“和/或”应当理解为意味着元素中的“任一者或两

者”如此联接,即,多个元素在一些情况下联合地存在并且在其他情况下分离地存在。应该以相同的方式解释通过“和/或”列出的多个元素,即,如此相关联的这些元素中的“一个或多个”元素。除了通过“和/或”项具体指明的元素之外可以任选地存在其他元素,而无论与具体指明的那些元素相关或无关。因此,作为非限制性实例,当结合例如“包括”等开放式语言使用时,在一个实施例中对“A和/或B”的参引可以仅指代有A(任选地包括除了B之外的元件),在另一实施例中可以仅指代有B(任选地包括除了A之外的元件),在又一实施例中可以指代A和B两者(任选地包括其他元件)等等。

[0098] 如本文在说明书中使用的,“或”应当理解为具有与如上文定义的“和/或”相同的意义。举例来说,当在一个列表中划分多个项目时,“或”或“和/或”应当解释为包括性的,即包括若干元素或元素列表中的至少一个元素,但也包括一个以上的元素,并且任选地包括额外未列出的项目。只有清楚地作出相反指示的术语,例如“仅一个”或“确切一个”或“由……组成”将是指包括一定数目的元素或元素的列表中的确切一个。总体上,如本文使用的术语或撰在前面带有例如任“一”、“一个”、“仅一个”或“确切一个”等排他性术语时应当仅解释为指示排他性替代例(即,一个或另一个但并非两者)。

[0099] 如本文在说明书中使用的,参引一个或多个元素的列表的短语“至少一个”应当理解为意味着选自该元素列表中的任意一个或多个元素中的至少一个元素,但不一定包括该元素列表内具体列出的每个元素中的至少一个,并且不排除该元素列表中的元素的任何组合。此定义还允许除了该元素列表内具体指明的元素之外可以任选地存在短语“至少一个”所指代的元素,而无论与具体指明的那些元素相关还是无关。因此,作为非限制性实例,“A和B中的至少一者”(或等效地,“A或B中的至少一者”或等效地,“A和/或B中的至少一者”)在一个实施例中可以指代至少一个A,任选地包括一个以上A,而B不存在(并且任选地包括除了B之外的元素);在另一实施例中可以指代至少一个B,任选地包括一个以上B,而A不存在(并且任选地包括除了A之外的元素);在又一实施例中可以指代至少一个A,任选地包括一个以上A,以及至少一个B,任选地包括一个以上B(并且任选地包括其他元素)等等。

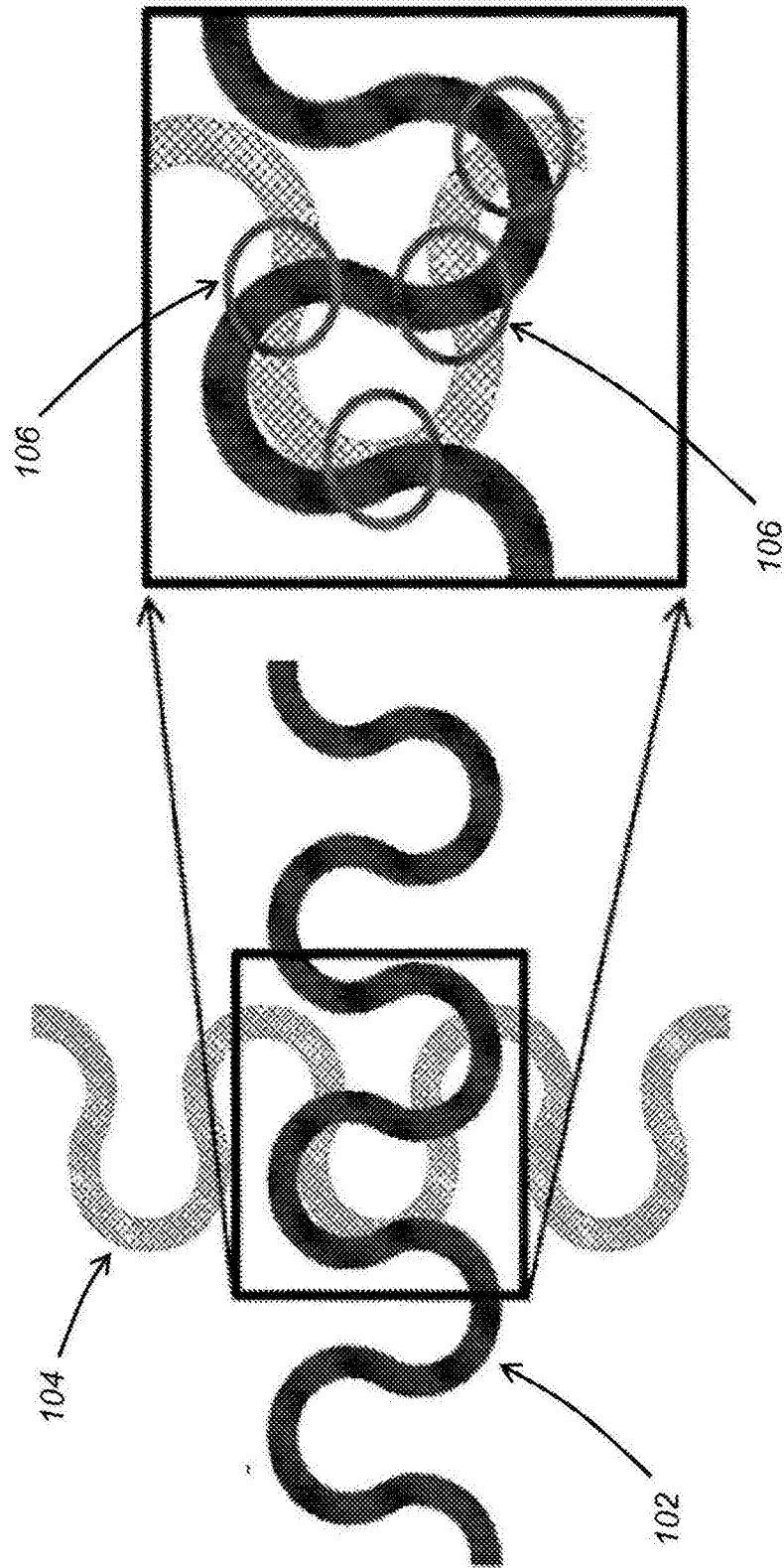


图1

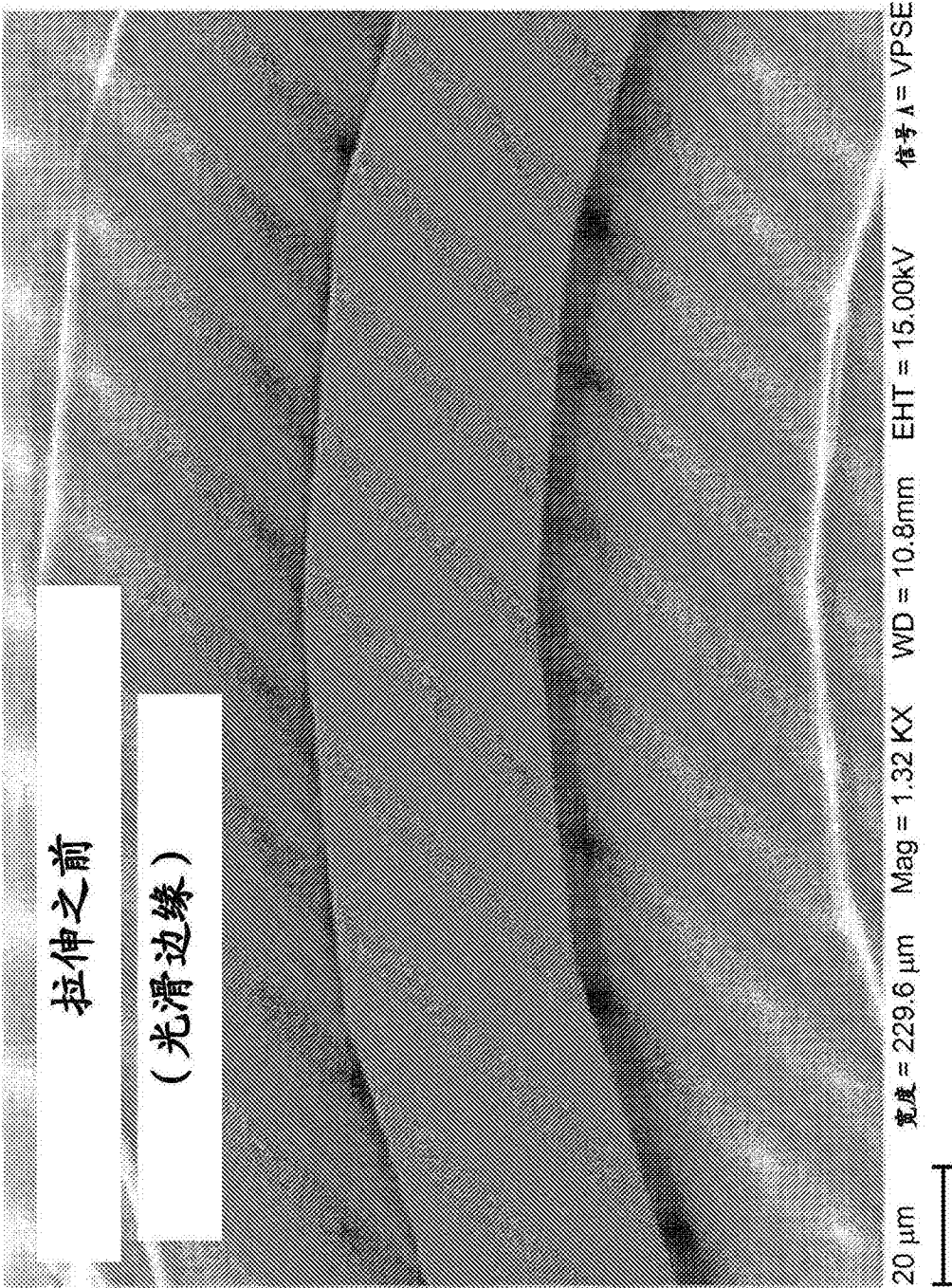


图2A

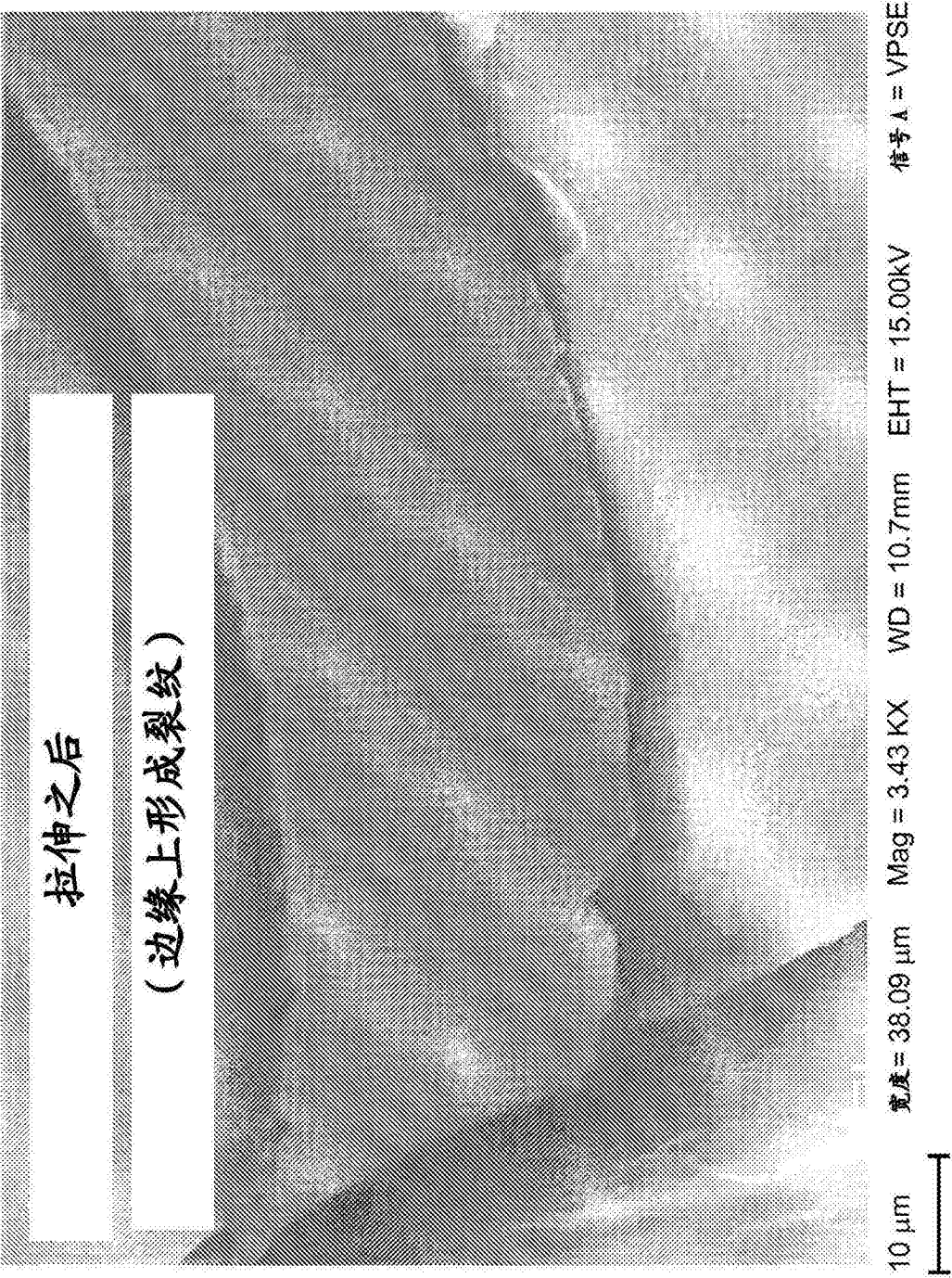


图2B

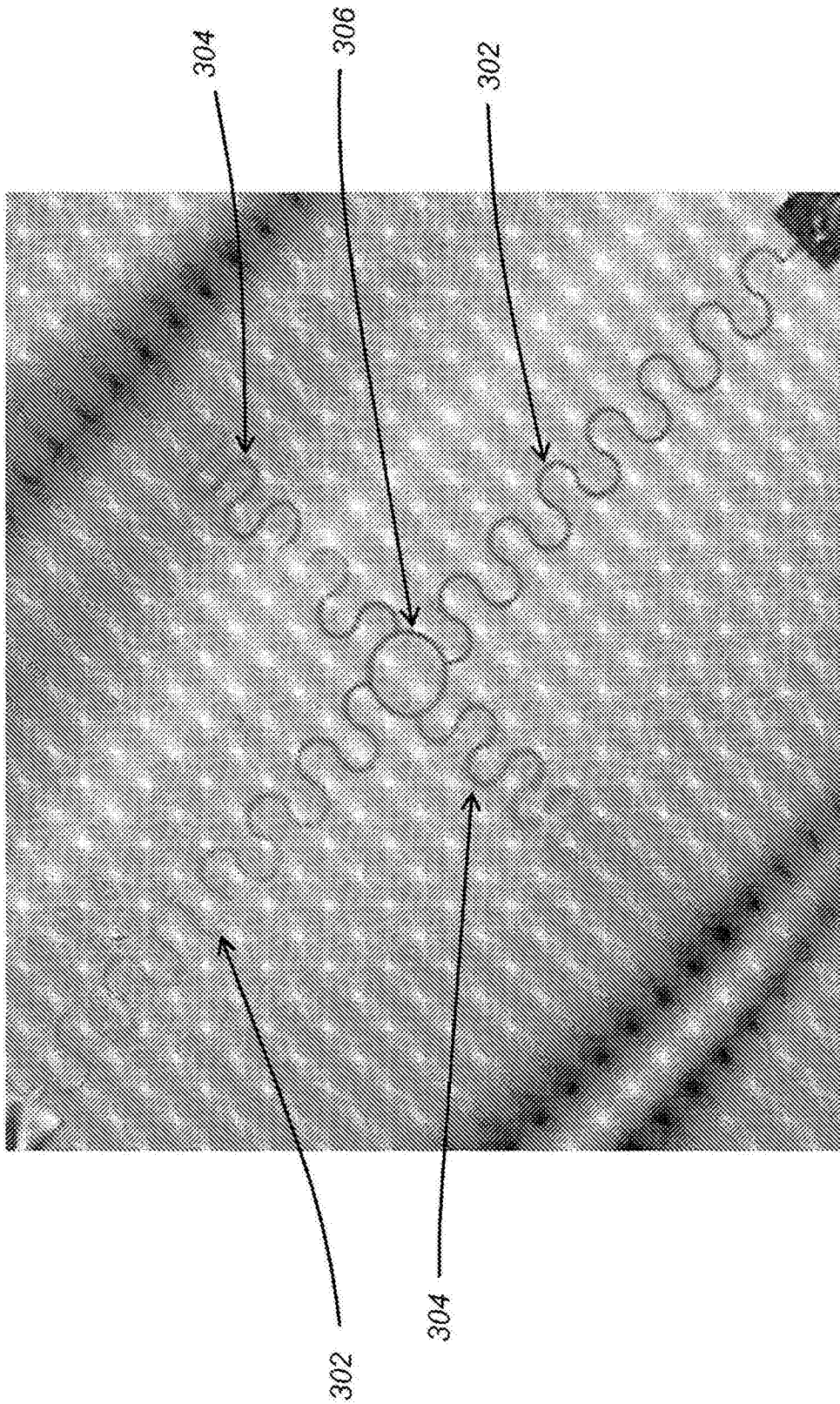


图3A

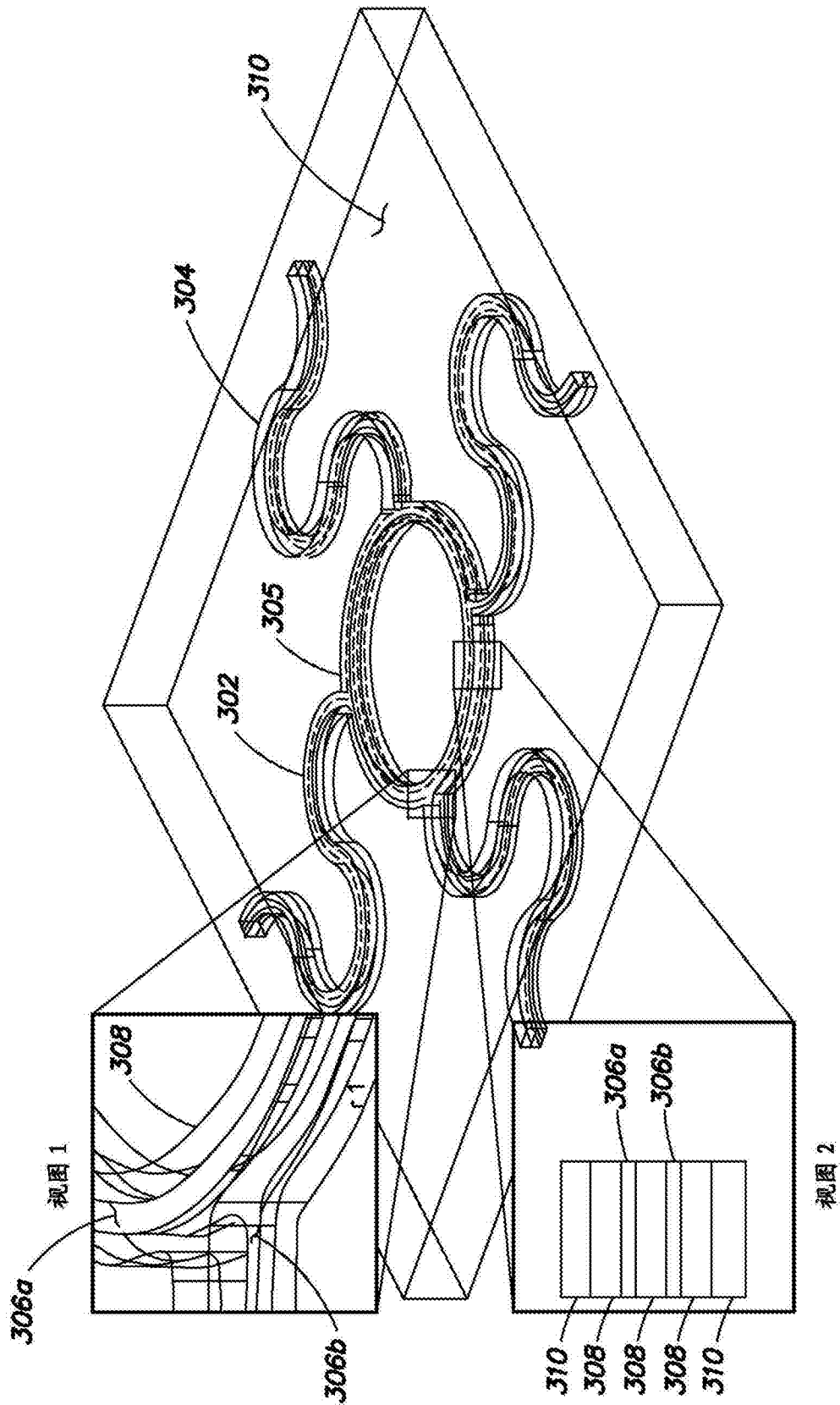


图3B

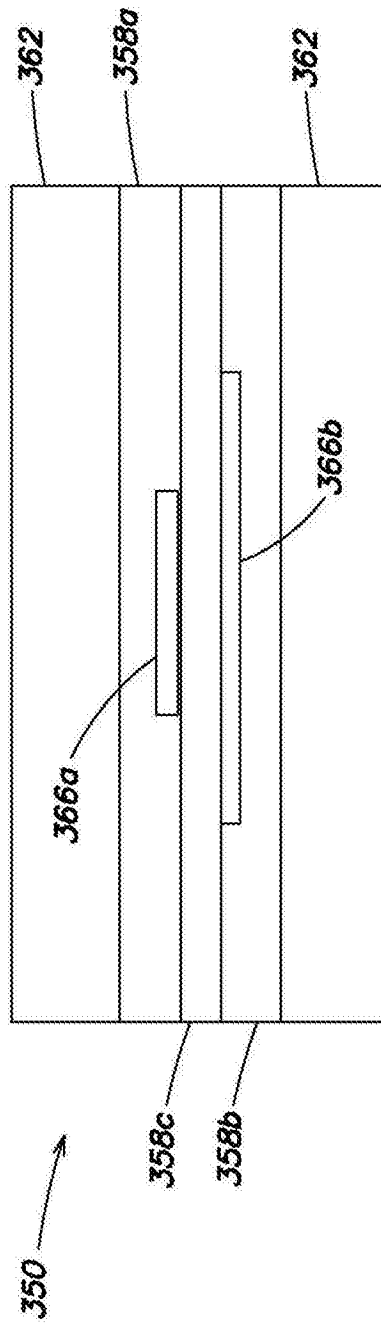


图3C

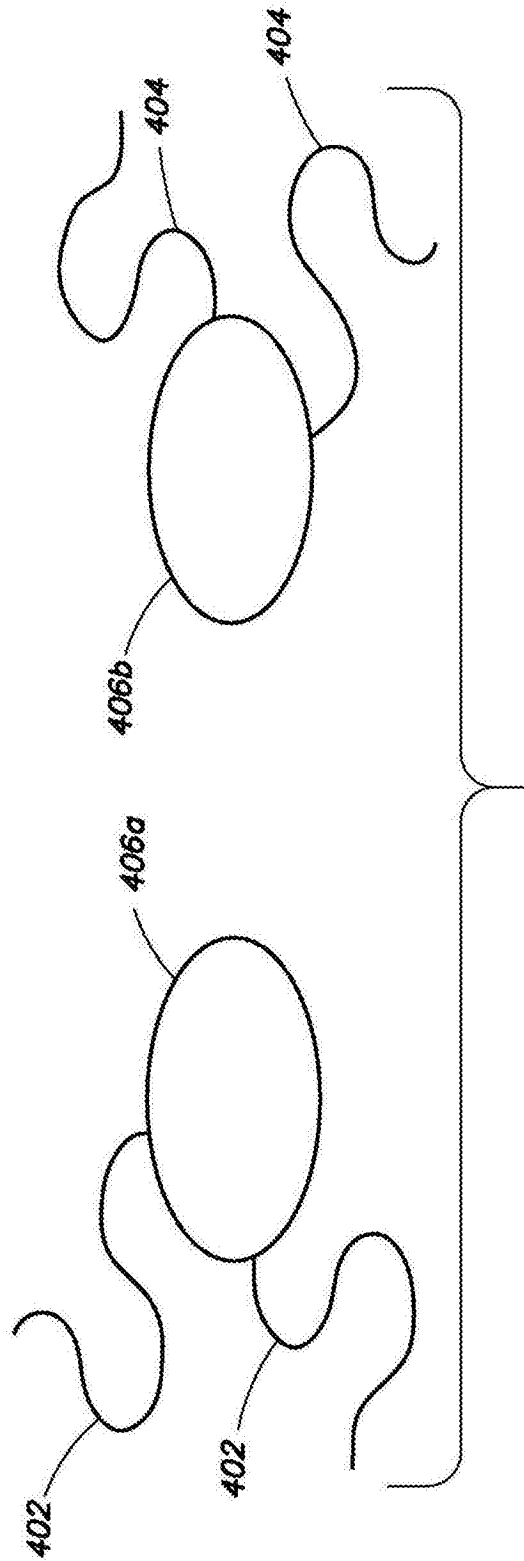


图4A

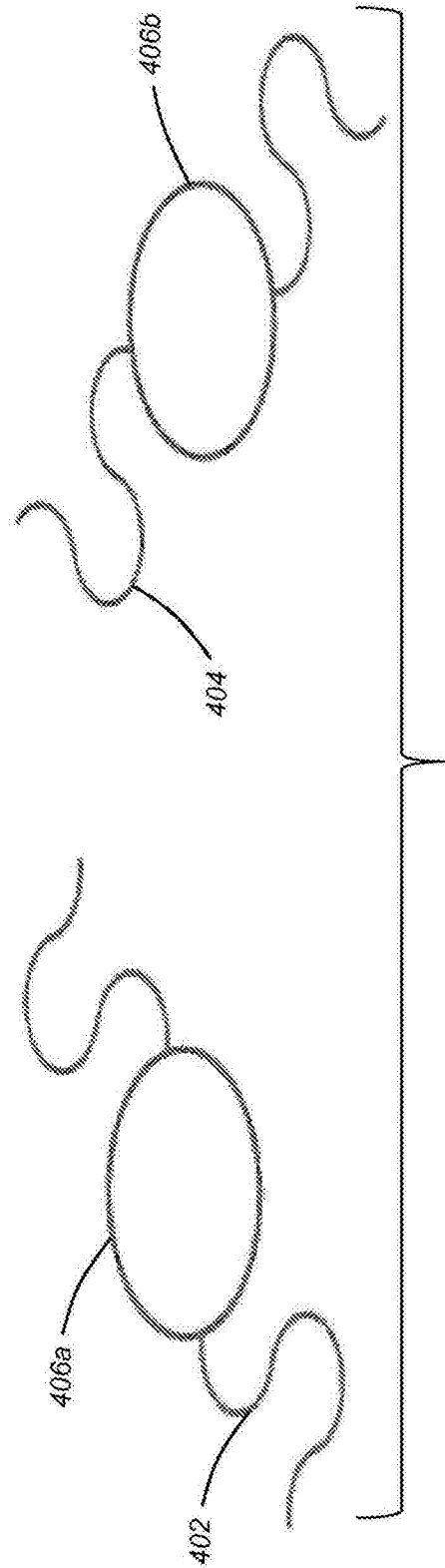


图4B

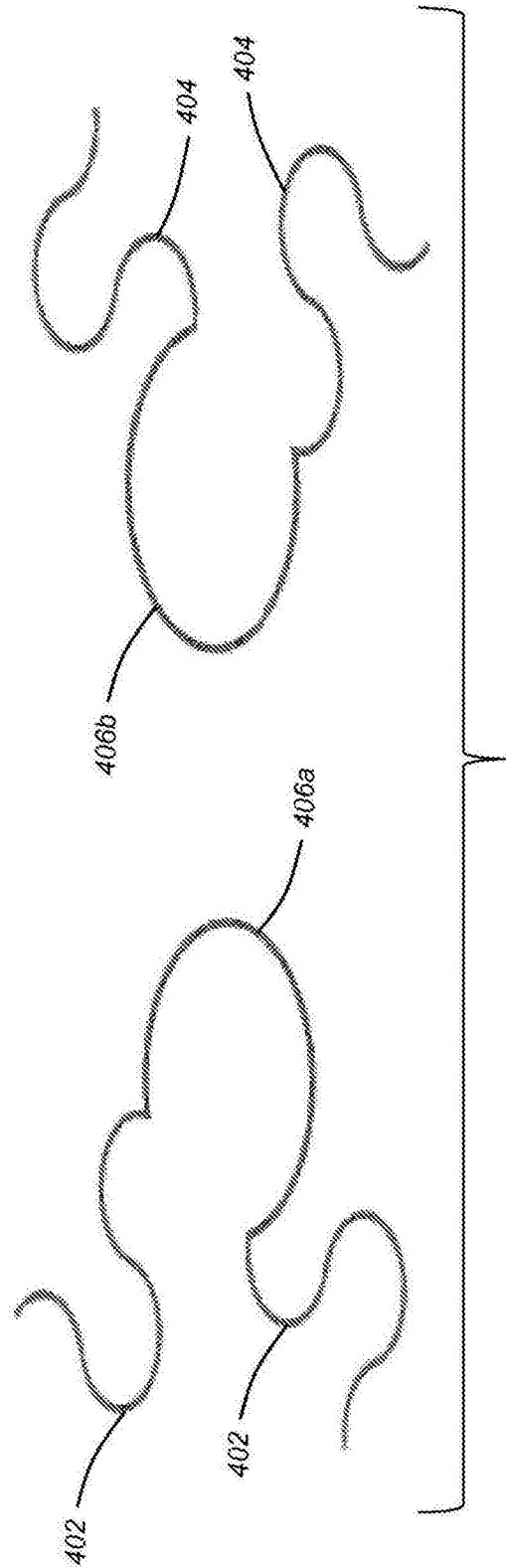


图4C

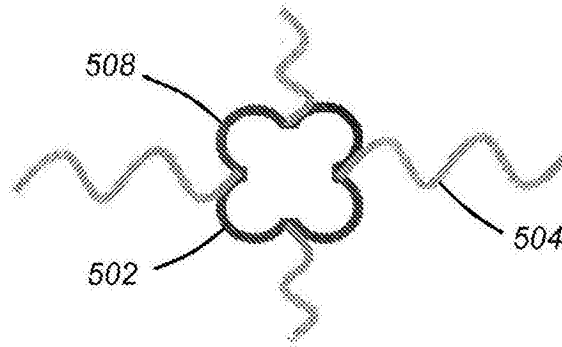


图5A

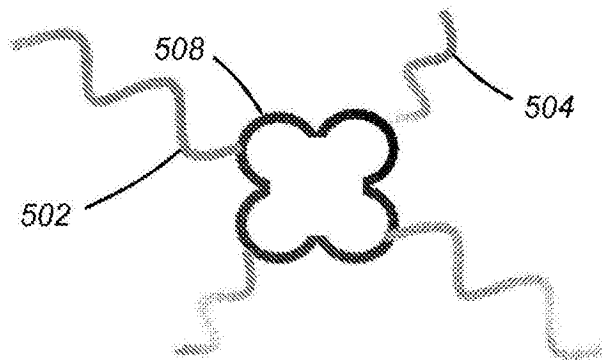


图5B

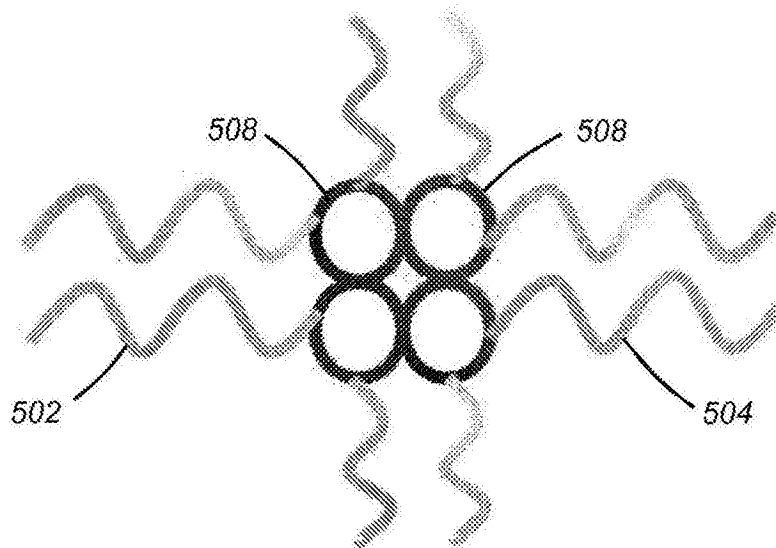


图5C

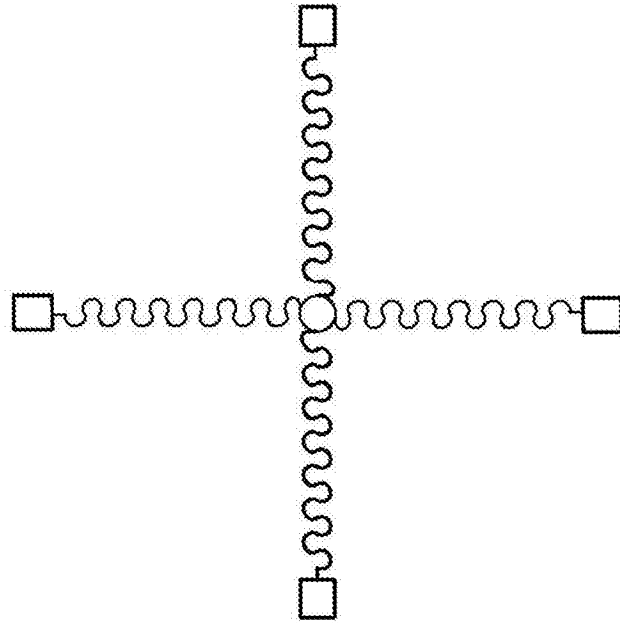


图6A

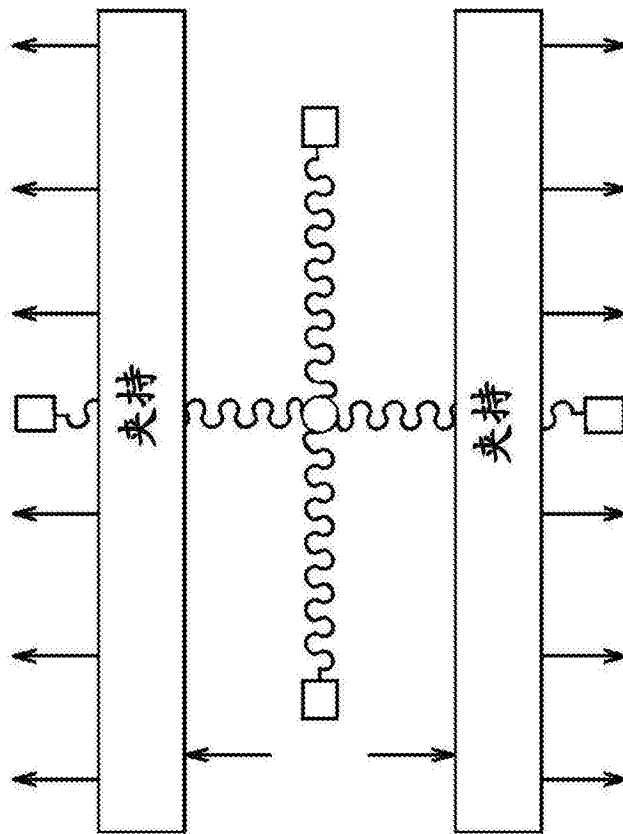


图6B

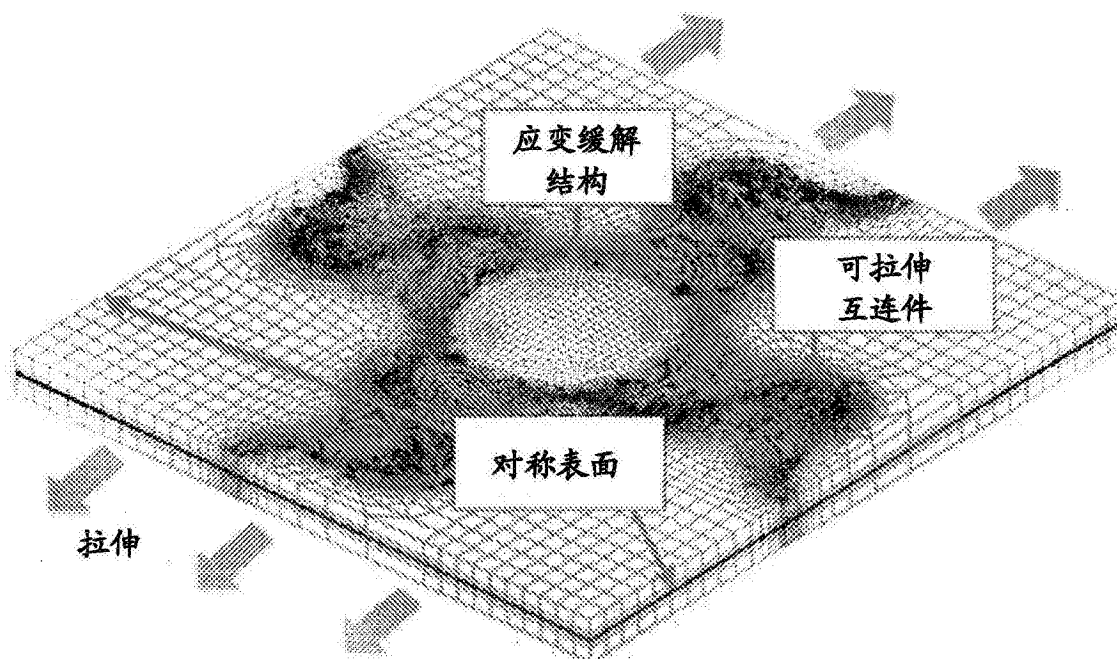


图7A

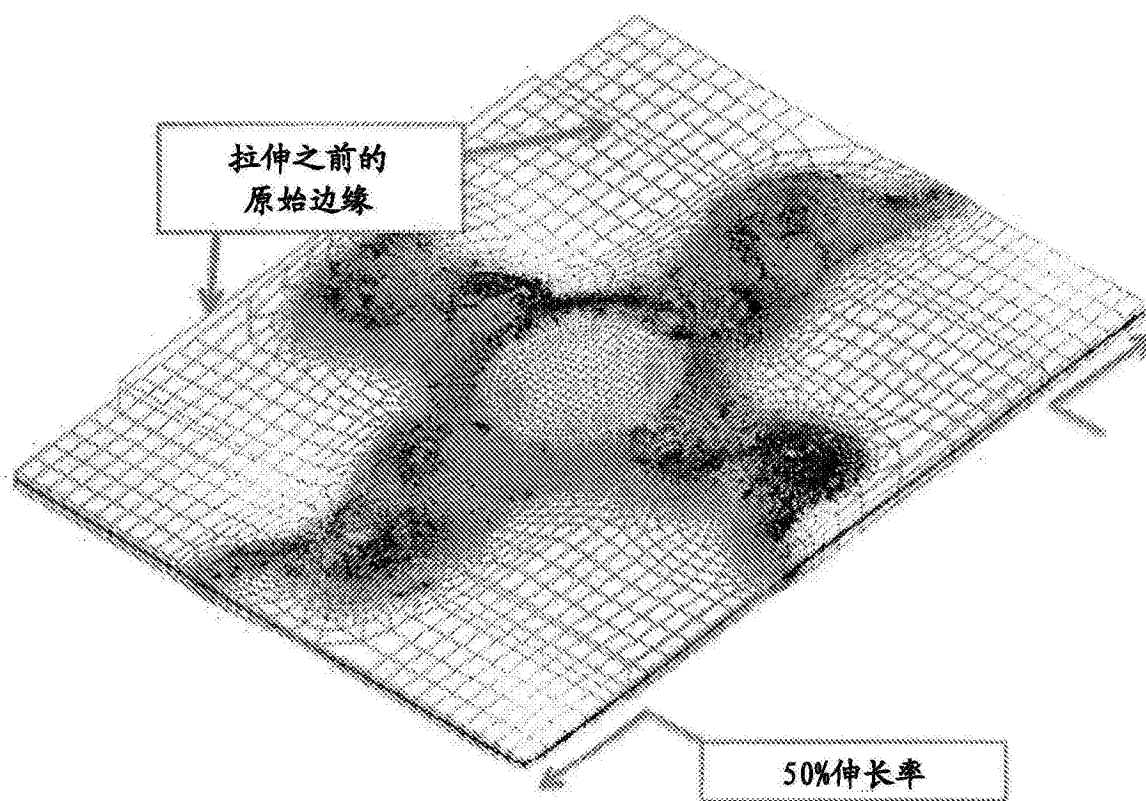


图7B

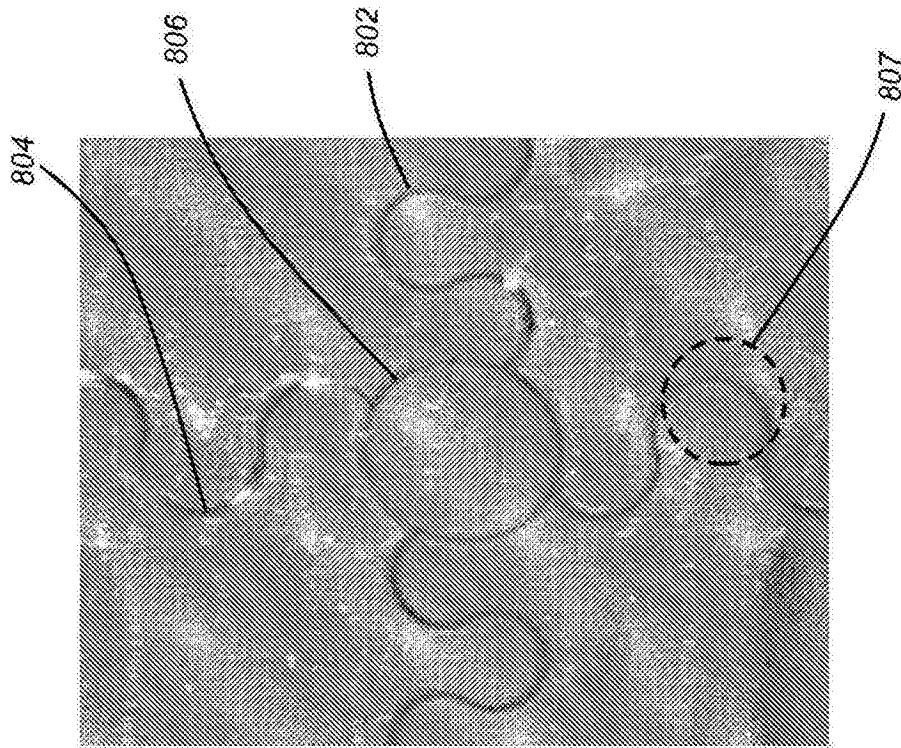


图8A

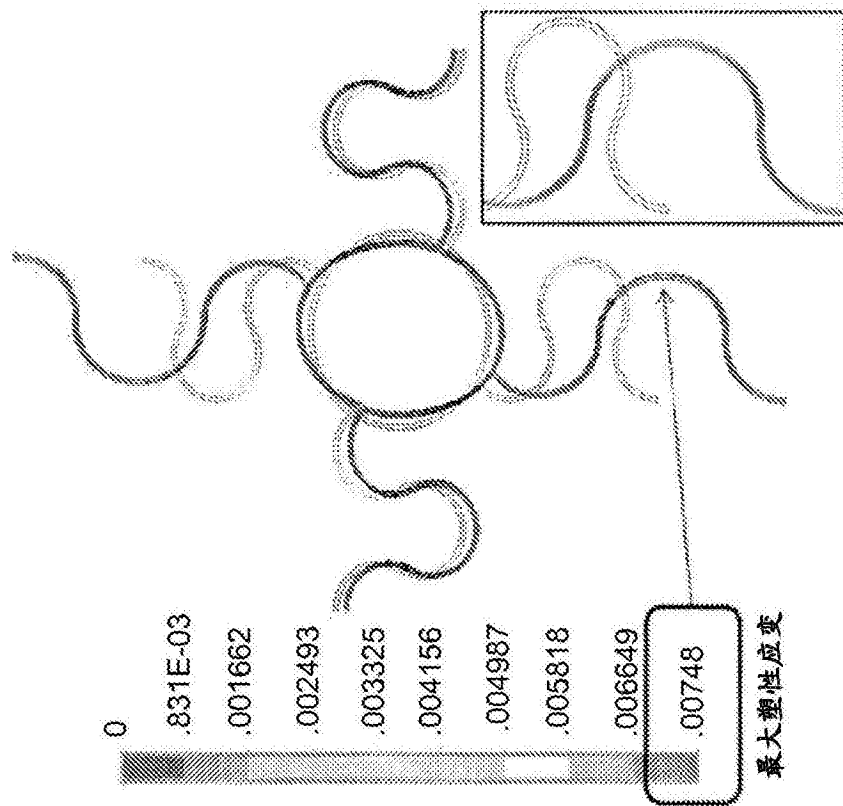


图8B

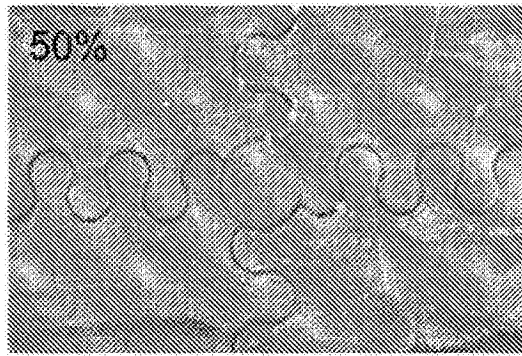


图9A

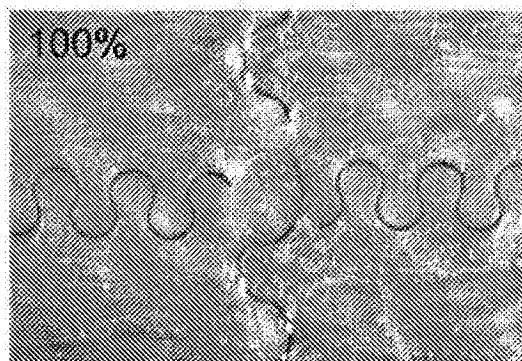


图9B

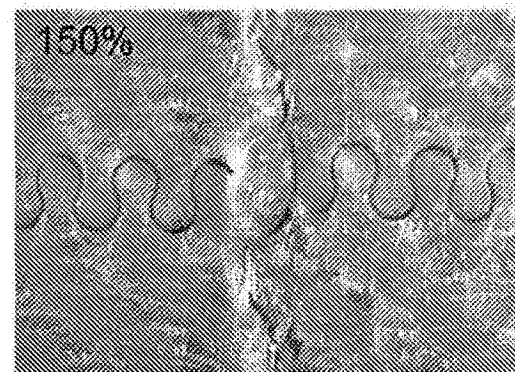


图9C

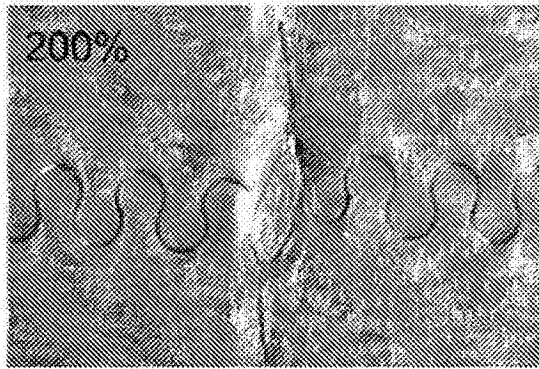


图9D



图9E

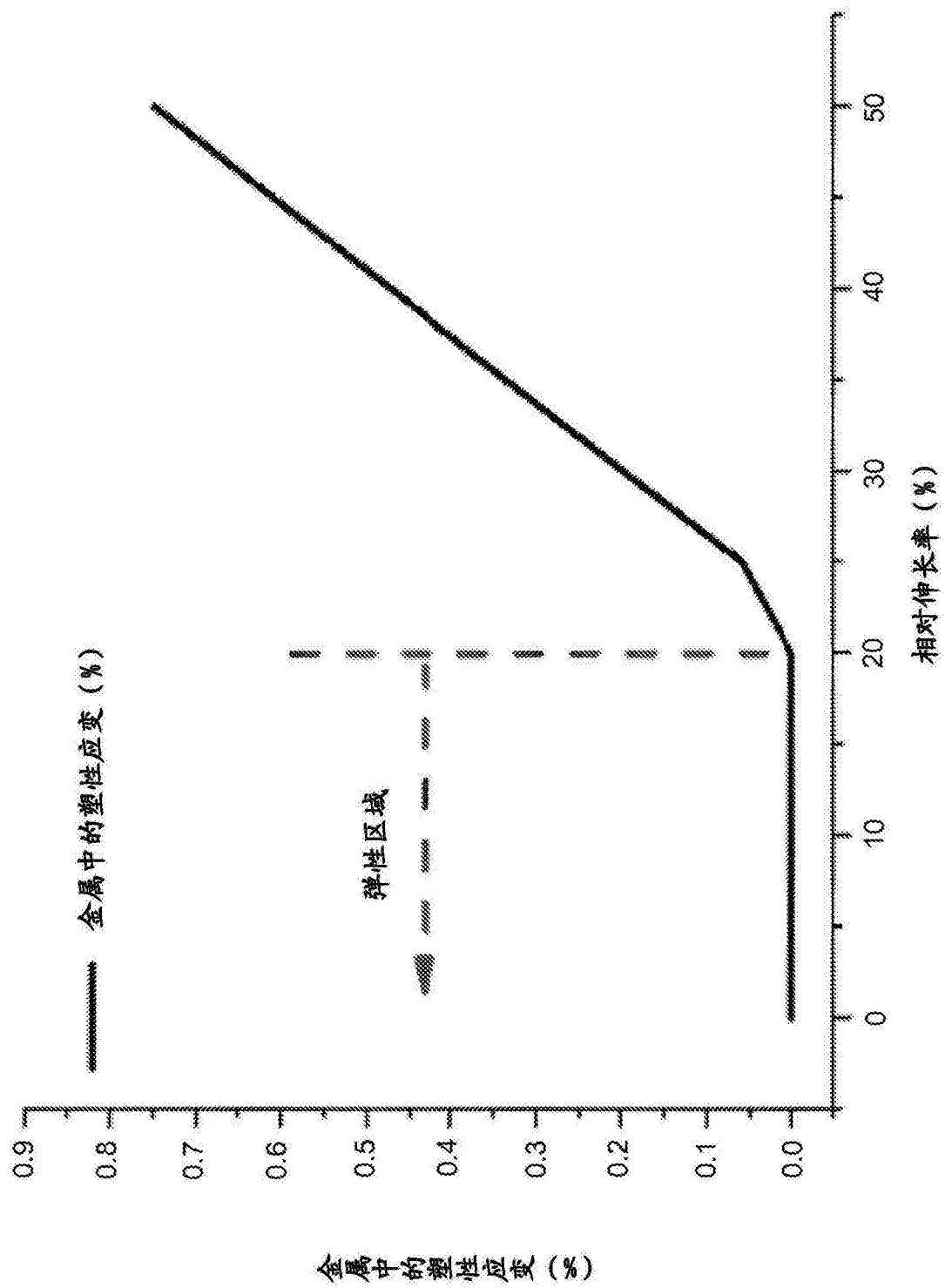


图10

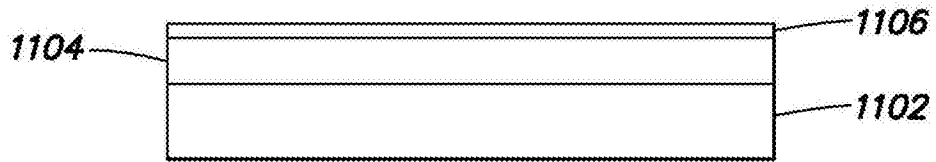


图11A

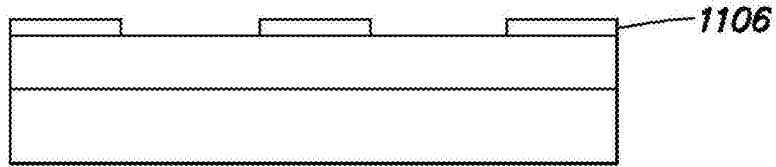


图11B

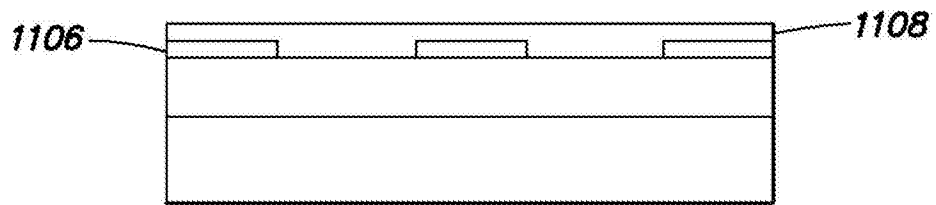


图11C

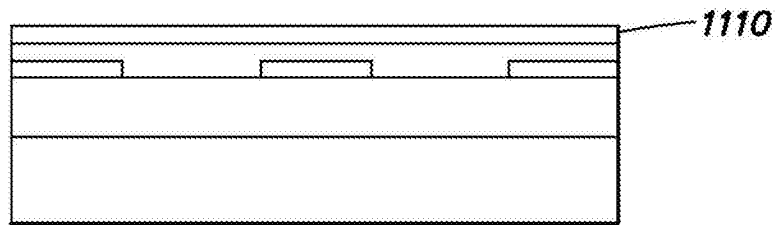


图11D

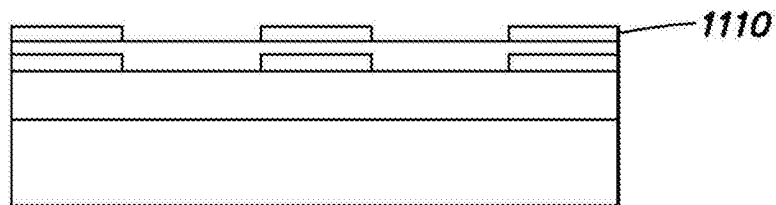


图11E

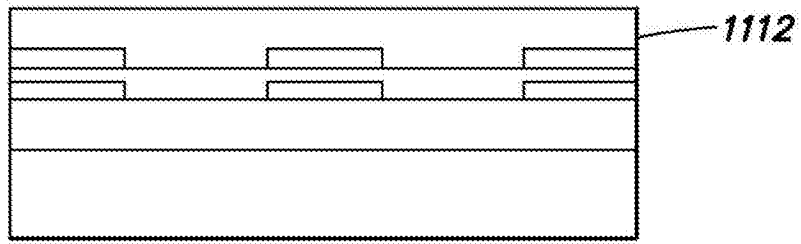


图11F

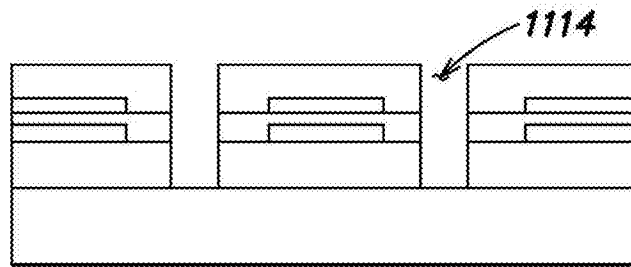


图11G

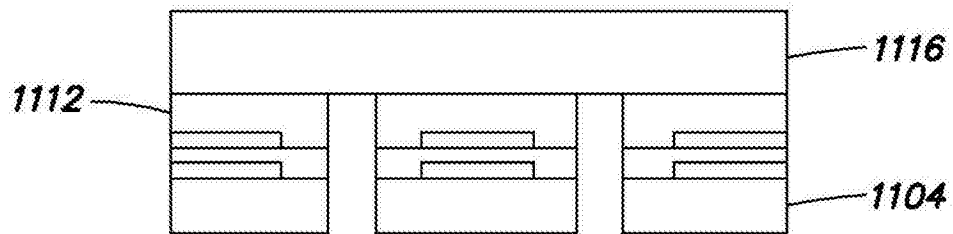


图11H

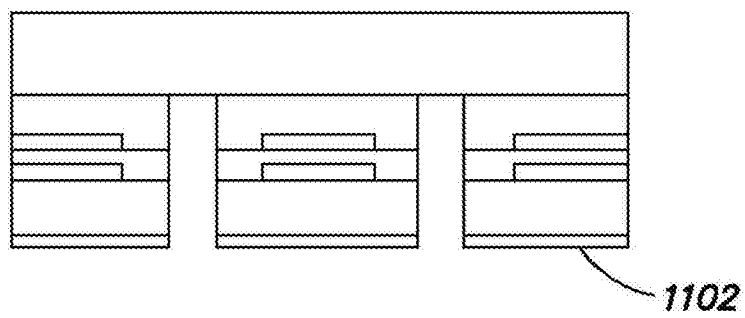


图11I

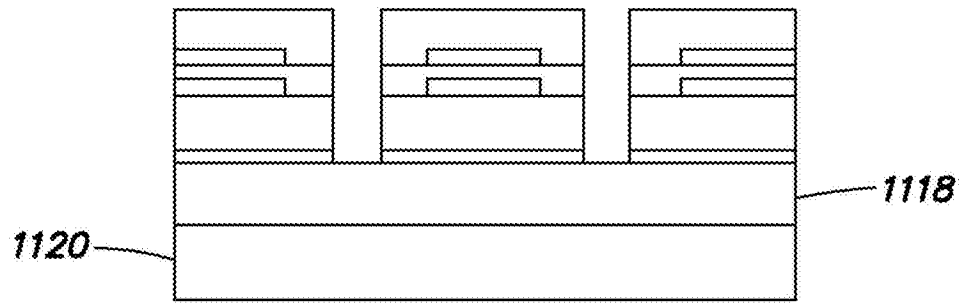


图11J

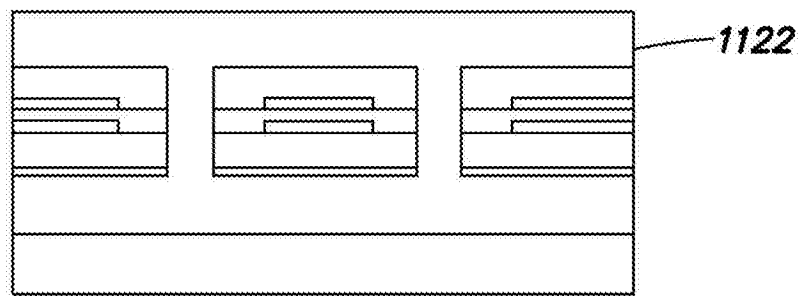


图11K

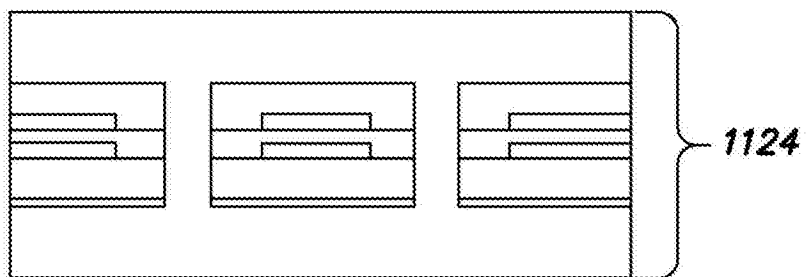


图11L