



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 106793998 B

(45) 授权公告日 2020.10.20

(21) 申请号 201580046831.5

(22) 申请日 2015.07.27

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 106793998 A

(43) 申请公布日 2017.05.31

(30) 优先权数据  
14183233.7 2014.09.02 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2017.03.01

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/EP2015/067151 2015.07.27

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02016/034335 EN 2016.03.10

(73) 专利权人 百胜股份公司

地址 意大利热那亚市安瑞高梅伦路77号

(72) 发明人 洛伦佐·斯派奇 保罗·帕彻奇  
弗朗西斯卡·甘比尼瑞

(74) 专利代理机构 北京锺维联合知识产权代理  
有限公司 11579

代理人 罗银燕

(51) Int.Cl.

A61B 8/00 (2006.01)

B06B 1/06 (2006.01)

G10K 11/02 (2006.01)

审查员 胡新芬

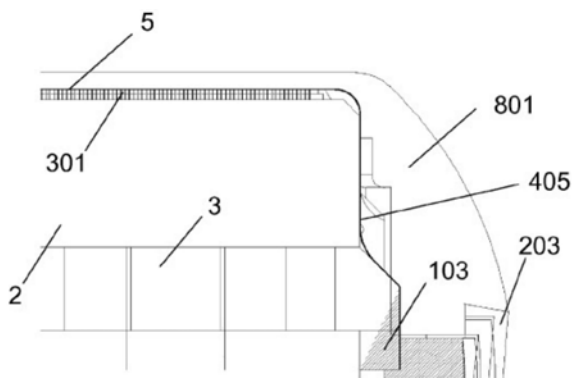
权利要求书2页 说明书12页 附图5页

(54) 发明名称

具有优化的热管理的超声探头

(57) 摘要

超声探头(1)包括壳体(6)、可操作地将声能发送向探头适于声学耦合至目标物体或区域的区(801)的换能器组件(301)、包括布置为将由换能器组件产生的热传递至位于此换能器组件外的一个或多个区或区域(103,7)的热传递装置(2,5)的冷却系统。所述热传递装置包含石墨烯。



1. 超声探头,包括:
  - a) 壳体 (6);
  - b) 换能器组件 (1),其可操作地将声能发送向所述探头适于声耦合至关注物体或区域的区;以及
  - c) 冷却系统,其包括热传递装置 (2,5),所述热传递装置被布置为将由所述换能器组件产生的热传递至位于所述换能器组件 (1) 外的一个或多个区或区域 (103,7),其特征在于,所述热传递装置 (2,5) 包含石墨烯,其中所述换能器组件 (1) 包括可操作地产生超声波的一个或多个换能器元件 (301),所述热传递装置 (2,5) 包括一层或多层石墨烯,所述一层或多层石墨烯经布置而形成置于所述换能器元件 (301) 与所述探头的耦合区 (801) 之间的热传递层 (5),其中,所述换能器组件 (1) 包括一个或多个声匹配层 (601,701),所述热传递层 (5) 是所述一个或多个声匹配层之一。
2. 如权利要求1所述的探头,其中所述一个或多个声匹配层被布置成从所述换能器元件开始的堆,所述热传递层 (5) 是从所述换能器元件向所述探头的耦合区的最远的层。
3. 如权利要求1或2所述的探头,其中所述热传递层 (5) 的厚度不大于所述探头经配置而产生的超声波的波长的1/4。
4. 如权利要求1所述的探头,其中所述热传递装置 (2,5) 包括由石墨烯和树脂获得的复合物,所述复合物的形式为与树脂条纹 (205) 交错的石墨烯条纹 (105) 或具有填充有树脂的孔 (305) 的石墨烯层。
5. 如权利要求1所述的探头,其中所述冷却系统包括与所述热传递装置 (2,5) 热连通的散热装置和/或储热装置 (3,103)。
6. 如权利要求5所述的探头,其中所述换能器组件 (1) 包括位于所述换能器元件的与发射表面相对的后侧上的背衬元件 (2),所述背衬元件 (2) 包含石墨烯,从而改进与所述散热装置和/或储热装置 (3,103) 的热交换。
7. 如权利要求6所述的探头,其中所述背衬元件 (2) 包含装填有石墨烯的树脂。
8. 如权利要求1所述的探头,其中所述换能器组件包括位于前发射表面与所述探头的耦合区之间的匹配/热传递层 (5),以及位于所述换能器元件的与所述发射表面相对的后侧上的背衬元件 (2),散热装置和/或储热装置 (3,103) 位于所述背衬元件 (2) 与同所述探头的耦合区相对的壳体 (6) 之间以接收来自所述热传递层 (5) 和/或背衬元件 (2) 的热。
9. 如权利要求8所述的探头,其中所述散热装置和/或储热装置 (3,103) 与所述热传递层 (5) 经由位于壳体 (6) 中的包含传导材料的热传递回路 (405) 而热连通。
10. 如权利要求9所述的探头,其中所述热传递层 (5) 和所述热传递回路 (405) 由石墨烯形成。
11. 如权利要求1所述的探头,其中所述热传递层被外围弯曲以形成从所述探头的前面向后面横向延伸的纵向路径。
12. 如权利要求5所述的探头,其中所述储热装置 (7,103) 是基于相变材料的能够吸收热以维持温度恒定的恒温装置。
13. 如权利要求5所述的探头,其中所述储热装置 (7,103) 包含石墨烯,所述储热装置被布置成填充所述壳体 (6) 内的可用的空间以临时储存从所述换能器元件 (1) 排出的热。
14. 如权利要求5所述的探头,其中所述储热装置 (7,103) 包括复合材料,所述复合材料

包含相变材料和装填有石墨烯的填充物。

15. 如权利要求14所述的探头,其中所述填充物是装填有石墨烯的树脂,所述相变材料由所述装填有石墨烯的树脂微封装。

16. 如权利要求15所述的探头,其中所述树脂为环氧树脂。

17. 如权利要求5所述的探头,其中所述储热装置(7,103)是有机可逆相变材料,所述有机可逆相变材料以潜热形式积累热,同时相从固态转变成液态,并且当相从液态转变成固态时释放积累的热。

18. 探头,包括壳体(6),可操作地将超声能发送向所述探头的壳体(6)的适于通过包括声透镜(801)的界面而声耦合至目标物体或关注区域的区的换能器组件(1),所述换能器组件包括换能器元件(301)以及位于所述换能器元件(301)与所述声透镜(801)之间的一个或多个匹配层(601,701),所述探头包括在与所述声透镜(801)相反的方向位于所述换能器组件(1)的后面的背衬材料(2)、用于所述背衬材料(2)的支撑件(3)、用于将热从所述换能器组件传送至所述背衬材料(2)的支撑件(3)和/或传送至位于所述换能器组件(1)外且在所述壳体(6)内并被布置为散热和/或储热的任何其他区(3,103)的热路径(405),其中所述热路径(405)与所述匹配层(601,701)中的至少一个热连通,所述一个或多个匹配层(601,701)中的至少一个包含石墨烯。

## 具有优化的热管理的超声探头

### 技术领域

[0001] 本发明涉及超声探头的技术领域、特别地涉及医学领域,但是其也可在无损伤检测领域中得以应用。

### 背景技术

[0002] 超声诊断技术一般涉及使用超声换能器探头对生物组织进行成像。探头包括换能器,该换能器发送超声波和接收从组织反射的超声回波。换能器典型地在所选择的成像区域中被置于患者的身体表面或体腔内。超声换能器生成超声波并将超声波引导至成像区域。然后换能器接收从该区域反射的超声波并将接收的波转换成电信号,该电信号被处理以形成诊断图像。

[0003] 在超声治疗的情况中,施加高强度聚焦超声能以局部加热和破坏病变或受损的组织。实例是HIFU(高强度聚焦超声),即,一类使用超声诱导的热疗来治疗疾病的临床治疗方法。另一应用是使用声能破坏结石(典型地,肾结石)的碎石术。

[0004] 在成像和治疗方法应用中,在发送期间因声损耗被转换为热而在探头中产生不期望的热积累。由关于可被允许在探头表面上积累的热量的管理机构(governing agencies)来设置或规定所规定的限制,典型地将探头尖端的表面温度限制于预定的温度或限定于室温以上的预定增量,因而限制声输出。在不管声输出的情况下,当探头尖端的表面温度被维持在特定温度例如室温时,获得优化的换能器性能。

[0005] 推荐了各种方法以用于超声探头的热管理。传统方法规定了通过将来自源的热传递到探头的主体和手柄中而对换能器结构进行被动冷却。

[0006] 第5,545,942号美国专利建议使用围绕换能器包装的外围且在探头壳体内放置的导热器,所以热可被引离换热器正面并被引向探头的背面/内部。导热器用作用于排出在压电换能器元件的脉动期间在热灌封材料中积累的热的管道。导热器由导热性大于热灌封材料的导热性的金属箔(典型地为铝)形成,其中热灌封材料填充探头壳体内部的空间并且围绕换能器包装。

[0007] 第5,721,463号美国专利教导如何将电缆部件用作导热器,其将热导出探头手柄。这些热管耦合至内部导热器,内部导热器与换能器托盘呈导热关系。因此,由换能器阵列生成的热可经由内部导热器板和电缆导热器传递而远离与患者接触的探头表面。或者,用于冷却流体的入口和返流路径被并入电缆中。电缆内的入口和返流路径分别连接至流动路径的入口和出口,流动路径与探头手柄中的内部导热器呈导热关系。

[0008] 在W0 2012156886中,换能器堆中产生的热被耦合至探头手柄内的金属框架。金属散热器被热耦合至探头框架以将热传送至远离框架。散热器围绕探头手柄的内部并且具有与探头壳体的内表面热耦合的外表面。由此热从散热器被均匀地耦合到壳体中而不在壳体中产生热点,所述热点可能会使超声扫描师的手不适。

[0009] 第7,105,986号和第7,694,406号美国专利公开了在换能器中使用的具有增强的传导性的背衬材料的复合结构。复合结构包括多个背衬材料层,多个背衬材料层与多个导

热元件交替地布置,其中多个导热元件被配置为将来自换能器中心的热传递至背衬材料的复合结构上的多个点。

[0010] 第5,560,362号美国专利教导通过使用开放环路冷却系统、封闭环路循环冷却系统、热电冷却系统和蒸发器/冷凝器系统进行主动冷却。第5,961,465号美国专利教导传递来自位于探头壳体内和接近换能器的集成电路的热,其中热传递由循环冷却系统提供。

[0011] 上面的方法传递热以远离换能器结构位于探头内部(由此远离成像的生物组织)的部分或冷却该部分。然而,主要的生热源是探头的最接近生物组织的区域(即换能器的朝向生物组织发送声能的区域),以及与生物组织接触的相邻透镜,其中声能通过所述透镜被聚焦并被引向生物组织。

[0012] 第7,052,463号美国专利公开一种主动冷却系统,该系统包括用于循环冷却介质的管道以及与循环的冷却介质流体连通且具有用于从循环的冷却介质去除热的装置的换热器,其中所述管道的至少一部分接近或接触探头尖端的外表面。

[0013] 尽管高效,但是此系统要求位于换能器外部的有源装置,其中有源装置致使探头笨重且相当复杂,尤其相对于被动冷却方法而言。

[0014] 从探头尖端被动排热的首次尝试可在已经提及的第5,721,463号美国专利中找到。在各个实施方式中,此文献教导一种由金刚石或类金刚石碳基材料构成的热增强层,该热增强层是高度导热性的且形成于探头的远端的声部件上。

[0015] 在第5,402,793号美国专利和公开号为2010/016727的美国专利申请中设想了使用石墨。

[0016] 这些解决方案的方向是正确的,然而,金刚石的声属性差。因此可接受的声耦合要求极薄的膜,极薄的膜限制了其作为排热装置发挥作用的能力。此外,因致使此解决方案不可行的金刚石的典型三维结构,层的最小可实现的厚度存在限制。上述情况也适用于石墨,尽管在此材料中的碳具有导致更平坦结构的不同鳞状结构(ibrudation)。因而,仍亟需从超声探头的尖端传递热以提供改进的声和热耦合。

## 发明内容

[0017] 因此,本发明的目的是便利且高度机动的具有优化的热管理的探头。

[0018] 本发明由超声探头实现该目标,所述超声探头包括:

[0019] a) 壳体;

[0020] b) 换能器组件,其可操作地将声能发送向探头适于声学耦合至目标物体或区域的区;

[0021] c) 冷却系统,其包括布置为将由换能器组件产生的热传递至位于此换能器组件外的一个或多个区(regions)或区域(areas)的热传递装置,

[0022] 其中此热传递装置包括石墨烯基材料,特别是纯石墨烯或装填有用于获得复合物的其他组分如树脂的石墨烯。

[0023] 石墨烯是二维结晶碳基材料。其已经在1947年由P.R.Wallace-Physical Review 71,476(1947)得以理论研究,但其仅于2004年10月在Science 306,666(2004)中由K.S.Novoselov,A.K.Geim等人公开,即,这种引人注意的材料开始激发诸多科学关注。

[0024] 如在由Class for Physics of the Royal Swedish Academy of Sciences编辑

的出版物“Scientific Background on the Nobel Prize in Physics2010”(2010年10月5日)所泛泛地指出的,石墨烯具有多种属性,使其在多个不同的应用中变得引人注目。其是极薄的、机械上非常强的、光学透明的且柔韧的导体。其传导性可以通过化学掺杂或通过电场而在大范围内改变。石墨烯的迁移率是非常高的,这使得该材料对于电子高频应用而言是引人注目的。最近,已经可能制造大的石墨烯片。使用接近于工业化的方法,已经生产宽度为70cm的片。因为石墨烯是透明导体,所以其可以用于诸如触摸屏、光板和太阳能电池的应用中,其中其可以替代相当脆且昂贵的氧化铟锡(ITO)。柔性电子产品和气体传感器是其他潜在的应用。石墨烯中的量子霍尔效应也可以有助于在计量学方面更加精确的电阻标准。具有高强度和低重量的基于石墨烯的新类型的复合材料也可以对于在卫星和飞行器中的使用而言是引人注目的。

[0025] 知晓石墨烯在增强的导热性方面的属性的发明人开始考虑该材料,同时研究超声探头的热管理的问题的可能的解决方案。在首次测试之后,该材料不仅显示出非常好的导热性,而且也显示出非常低的声阻抗,这使得他们很惊讶。特别地,这样的声阻抗足以接近于常用作换能器组件的末级(其发挥与皮肤接触而放置的声透镜的作用)的硅酮橡胶的声阻抗。这会允许将石墨烯几乎放置在传能器组件的顶部上而不显著影响探头的整体声耦合。

[0026] 此外,由于其高强度,石墨烯似乎发挥对醇的良好化学屏障的作用,具有与卡普顿(Kapton)相当的结果,从而将该材料的层放置在换能器组件中也会带来这种额外的益处。

[0027] 在这样的程度上,根据一实施方式,换能器组件包括一个或多个可操作地产生超声波的换能器元件,并且热传递装置包括在此类换能器元件与探头的耦合区之间放置的一层或多层的石墨烯基材料。特别地,由于换能器组件典型地包括一个或多个声匹配层,所以,作为至少一个此类匹配层的替代物或除这些匹配层之外,石墨烯基材料可以经布置以形成在换能器组件中放置的热传递层。

[0028] 根据优选的解决方案,热传递层是从换能器元件向探头的耦合区的最远的层,这归因于其非常低的声阻抗。热传递层可以被认为是匹配层,因此其厚度有利地被选择为不大于探头经配置而产生的超声波的波长的1/4。

[0029] 石墨烯基材料可以是纯石墨烯或是复合物,例如由石墨烯和环氧树脂获得的复合物。在这种情况下,其优选为与树脂条纹交错的石墨烯条纹,或具有填充有树脂的孔的石墨烯层,从而实现更机械稳定的结构。实际上,石墨烯趋于剥离,并且使其具有用于安置树脂的孔或槽,能够允许获得更可靠的化合物。

[0030] 根据一实施方式,冷却系统包括位于壳体中的与热传递装置热连通的散热装置和/或储热装置。散热装置和/或储热装置优选与热传递层经由包含传导材料(典型地,由相同的石墨烯基材料形成)的热传递回路而热连通。热传递装置是,例如,位于换能器元件与探头的耦合区之间且外围弯曲以形成从探头的前面向后面横向延伸的纵向路径的石墨烯层。

[0031] 散热器装置是,例如,支撑背衬的典型金属块,或者在探头外壳内或附接的电缆内的任何金属部件,而储热装置可以有利地是能够吸收热以保持温度恒定的任何恒温系统,例如基于PCM(相变材料)的那些。

[0032] 根据一种改进,位于换能器元件的与发射表面相对的后侧上的背衬元件装填有石

墨烯以改进其导热性。这是因为发明人发现石墨烯在不期望的振动的消除 (dumping) 方面的声属性是出乎意料地好的。通过使其装填有石墨烯而致使导热的背衬材料可以明显地与在探头的前部中放置的石墨烯层无关地存在。

[0033] 根据一实施方式,换能器组件包括位于前发射表面与探头的耦合区之间的匹配层/热传递层,以及位于换能器元件的与发射表面相对的后侧上的背衬元件,并且散热材料位于背衬材料与同探头的耦合区相对的壳体之间以接收来自热传递层和/或背衬材料的热。

[0034] 可以至少部分地替代散热装置或者除了散热装置之外的储热装置典型地包括相变材料 (PCM),相变材料发挥能够吸收热以典型地维持温度恒定的恒温元件的作用。PCM 优选是有机可逆转变材料,其以潜热形式存储热,同时相从固态转变成液态,并且当相从液态转变成固态时释放储存的热。

[0035] 储热装置可以有利地包含石墨烯,更具体地,包含PCM和装填有石墨烯的填充物的复合物。填充物典型地是装填有石墨烯的树脂,例如环氧树脂,并且PCM由此类石墨烯装填的树脂微封装。

[0036] 储热装置有利地布置为将可用的空间填充到探头壳体内部以暂时储存从换能器组件排出的热。其可以明显还位于壳体外,例如在电缆中。

[0037] 此外,本发明的改进将构成从属权利要求的主题。

## 附图说明

[0038] 通过对附图中例示的非限制性实施方式的以下描述,本发明的特征和从其获得的优势将变得更明显,在附图中:

[0039] 图1示出了根据现有技术的传统探头的透视图;

[0040] 图2示出了根据图1的探头的头部的放大视图;

[0041] 图3示意性地示出了具有地线连接部的探头头部,其中地线连接部被布置为接触相同原料 (raw) 的换能器元件;

[0042] 图4示意性地示出了根据本发明的探头头部;

[0043] 图5示出了根据本发明的一实施方式的探头的截面视图;

[0044] 图6示出了根据图5的探头的头部的放大视图;

[0045] 图7和图8示出了适于在本发明中使用的石墨烯的结构。

## 具体实施方式

[0046] 参考图1至图3,其中示出了传统的探头。探头包括超声波发射和接收头部1,头部1的前面以朝向目标(例如,被检查的身体)的方向发射超声波,并且其上反射的超声波和进入的超声波撞击并且被感测。超声头部1具有与所述前侧相反的背侧3,背侧3被定向为朝向探头外壳的内部并且朝向设置在探头外壳内部的用于支撑探头头部的装置。

[0047] 按从头部的背侧向头部的前侧的顺序(该顺序也与发射的超声波的传播方向相对应),探头头部1包括由接触电极阵列形成的第一层101。接触电极的该层101的每个接触电极具有分离的电连接线,电连接线到达沿接触电极的层的至少一个边缘设置的接触端子(由201指示)上的相对应的接触引脚。接触电极的层101典型地为至少电分离的接触电极的

阵列的形式,因为所述接触电极中的每个接触电极具有将电激励信号反馈给相关联的换能器并在换能器被撞击的超声波机械地激励时从相关联的换能器收集电接收信号的功能。如在1,25D、1.5D或1.75D探头中,一些电极可能是短路的。

[0048] 在由接触电极阵列形成的层上铺设压电元件阵列301。压电元件中的每个压电元件形成发射和接收换能器。压电元件典型地由锆钛酸铅(PZT)、PZT-树脂复合物或单晶材料制成。单独的换能器均一致并且与层101的接触电极之一电接触。在可能的配置中,又一导电材料层401被铺设在由换能器阵列形成的层301上。层401的导电材料与压电元件中的每个压电元件电接触并且通过接触端子501连接至地电位。导电材料层401形成层301的换能器的地电极。层401可以是地电极阵列的形式,但是由于地电位为层301的每个换能器所共有的,所以不需要为每个换能器提供分离的地电位,从而该层401可容易地由导电材料的连续层形成。或者,接地可通过属于如图3所示的相同原料的微观异形线材(section wire) 401' 接触元件形成。

[0049] 压电材料元件阵列301上设置有由图1和图2中的数字601和701指示的匹配层。这些层(图2的实例中为两个,图3中为一个)具有使压电元件的声阻抗适应目标的声阻抗的功能。通常,使用两个或三个层以提供渐进的逐步适应,这还允许为通过的超声波维持足够大的带宽。在每种材料中,声阻抗通过声音的速度乘以密度的乘积给定并且可被认为等于具有许多功率传递级的电气电路的电阻抗。每个匹配层的厚度一般遵循 $\lambda/4$ 规则,所以它们依赖于它们的工作频率(一般对于标准成像探头,为2MHz至12MHz)和每种材料中的声音速度。匹配层一般由负载有金属粉的环氧树脂制成。在具有接地导电层401的配置(参见图1和图2)中,第一匹配层601一般被置于接地层401之上。在配线连接401'的情况(如图3)中,第一匹配层601与压电元件301直接接触。

[0050] 典型地,第一匹配层601由声阻抗为约5MRayl至12MRayl的材料制成,并且最后一个匹配层701的声阻抗为约2MRayl。

[0051] 作为最后一个元件,声透镜801(典型地为硅橡胶)被置于在匹配层701上,声透镜801形成探头的头部1与目标主体的表面之间的界面。此透镜的目标是在高程面(elevation plane)中聚焦超声束。

[0052] 由接触电极阵列形成的层101和由接地导电材料形成的层401或配线401'的接触端子201和501电且机械地连接至印刷电路板4,印刷电路板4提供必要的导电轨道,导电轨道经由连接器8连接至探头连接电缆(未示出),所述电缆连接具有超声装置(例如,超声成像装置)的探头。

[0053] 探头头部1一般被粘在背衬材料2上,背衬材料2充当支撑件和反行声波的阻尼设备以最小化混响和振动。背衬材料一般是导热性差的特别硬的橡胶化合物。金属(典型地,铝)块3充当背衬材料2的支撑件。术语“背衬”出现时被理解为表示安装有压电元件的、具有合适的几何结构的固体块,当此部件通过压力脉冲被激励时,振荡被阻尼,连续振荡之间的振幅的减小依赖于与该部件组合的材料。因此,此基底必须在阻抗和吸收方面具有特殊的声属性以获得期望的衰减水平。

[0054] 进入发热过程,在使用期间,与探头连接的系统通过连接器和电缆将电信号发送至声堆(acoustic stack)。压电元件301将电信号转换为声输出能,声输出能从硅酮橡胶透镜801发射至被检查的目标。在接收回声信号期间,压电元件301感测由目标(诊断设备情况



下的患者内部组织) 反弹并反射回换能器的声能产生的电干扰。其主要是该过程的主要负责发热的发送部分。这是因为电声能转换过程的效率低于100%。因此, 压电元件充当不期望的加热器。而且, 当超声能由压电元件产生时, 其部分地由匹配层601、701、透镜801和背衬2吸收, 通常都不是完全无损的。因此, 热在压电元件301中和探头头部1的其它材料中生成。

[0055] 根据本发明的第一实施方式, 使用被置于仅在声透镜801之前的最后匹配层601的前面的石墨烯(更一般地, 包含石墨烯的化合物) 的层5排出热, 如图4所示的示例。石墨烯化合物可简单地为一个或多个石墨烯片或更复杂的化合物, 例如从石墨烯和树脂(例如, 环氧树脂) 获得的复合物层。参考图7, 除了环氧树脂205以外, 化合物还可存在于石墨烯条纹105中。假如其是匹配层, 则宽度值例如分别为1mm和0.1mm, 且厚度根据所谓的 $\lambda/4$ 规则依赖于探头频率而改变。结构可通过类似于探头阵列制造工艺的标准接合-切割-填充(bond-dice-fill) 工艺制造, 或者其可在石墨烯层合成过程中产生。另一实例在图8中示出。在此情况下, 石墨烯层具有孔305, 其中树脂可位于孔305中以实现更加机械可靠的结构。实际上, 石墨烯趋于剥落, 并且使其具有用于安置树脂的孔或槽, 能够允许获得更可靠的化合物。

[0056] 石墨烯层或石墨烯基化合物层可被置于从换能器阵列301开始(例如, 第一匹配层601之前或之后、在第二匹配层701之前或之后) 的任意位置中。测量石墨烯化合物的声阻抗, 并发现其出乎意料地低、在实验测量近似法范畴内接近用于硅酮橡胶的值。此属性允许使用石墨烯, 在特别有利的实施方式中, 在压电阵列301与硅酮透镜801之间使用石墨烯且探头性能损失可忽略。

[0057] 供替换或供组合地, 还可通过使背衬2装填有石墨烯因而致使相同的导热性而传递热。

[0058] 在图5中示出了根据本发明的探头。石墨烯基材料层5被定位在普通探头的声硅酮透镜2之下, 然后折叠并延伸至换能器堆的后部。符合声学设计来选择厚度以对应于或小于其声音速度的 $\lambda/4$ 值。层5在背衬材料2与硅酮透镜801之间横向延伸以到达热被传送的金属(典型地, 铝) 块3。供替换地或供组合地, 由层5实现的热路径405在位于探头头部1与外部人体工学外壳6之间的区103处闭合。该区103可被定位与铝块3直接接触, 或外壳6的位于探头后部的任意区域中, 即位于声透镜801的相反侧上, 从而充当散热体。而且, 背衬2在通过装填有石墨烯而被致使导热的情况下可发挥排热的作用。由于其位置, 在此情况下, 热找到去往铝块3的优选路径。

[0059] 装填有石墨烯的背衬与发挥从探头的前部排热的作用的石墨烯层的组合提供了超声探头的热管理问题的优选解决方案, 但是这两个解决方案(石墨烯层和石墨烯装填的背衬) 可得到独立的应用。

[0060] 散热体103可通过导热填充物6热连接至探头外壳6, 从而探头将热传播至环境的能力主要来自探头外表面的热的被动自由对流来管理。当然, 通过来自探头外表面的空气的自然对流去除热的能力受限, 取决于所设计的热路径的效率和散热有效表面面积的跨度。改进可存在于沿所附接的电缆的长度向下传播一些热, 从而扩展被动对流表面积。

[0061] 更好的选项是考虑可充当储热装置的内部填充材料6, 通过相变过程减损在固定温度下的热。此类材料可以是具有改善的热属性的相变材料(PCM) 化合物。

[0062] 例如从第7,308,828号美国专利中获知在声探头中使用PCM,尽管未与充当高效热回路的石墨烯化合物组合。PCM的实例可在通过引用并入本文的Kenisarin, M. Mahkamov, K (2007) “Solar energy storage using phase change materials”, Renewable and Sustainable Energy Reviews 11 (9):1913-1965和Sharma Atul; Tyagi, V.V.; Chen, C.R.; Buddhi, D. (2009) “Review on thermal energy storage with phase change materials and applications”, Renewable and Sustainable Energy Reviews 13 (2):318-345中找到。

[0063] PCM可被分为下面的主要类别:

[0064] -有机物,例如链烷烃( $C_nH_{2n+2}$ )和脂肪酸( $CH_3(CH_2)_{2n}COOH$ );

[0065] -无机物,例如水合盐( $M_nH_2O$ );

[0066] -低共熔物,例如月桂酸和硬脂酸;

[0067] -吸湿性材料。

[0068] 发明人不仅在转变温度和潜热/质量方面、而且也在其它重要特征如特殊化合物内的可逆性相变效率和相互作用方面研究了许多类型的PCM。在若干测试之后,发现有机可逆PCM可因下列属性而最适于本申请:

[0069] -冻结而无需过冷;

[0070] -一致性融化(melt congruently)的能力;

[0071] -自成核属性;

[0072] -与传统的构造材料的兼容性;

[0073] -无离析;

[0074] -化学稳定;

[0075] -融化的高热量;

[0076] -安全和非反应性;

[0077] -可回收。

[0078] 所测试的有机PCM之一具有例如如下属性:

[0079] 转变温度:27-35°C;

[0080] 潜热:155-175J/Kg。

[0081] PCM的工作机制是简单的,并且主要与物质改变保持温度恒定的状态直到交换了与物质自身的潜热相等的热量为止的物理特性有关。因此,能够使用PCM积聚过剩的热,简单地让其工作在接近熔化或凝固的温度范围内。然而,这意味着在PCM处于非固体状态(这致使其使用不便且相当复杂)时需要合适的容器来容纳PCM。此问题的解决方案是基于PCM的热复合物,优选地有机型热复合物。热复合物是针对相变材料(PCM)和其他(通常固体)结构的组合所给出的术语。简单的实例是沉浸于石蜡中的铜丝网。石蜡内的铜丝网可被认为是热复合材料。

[0082] 通过使用填充物例如环氧树脂、聚氨酯、硅等来接合于PCM,能够避免其在液体状态时的分散而不需要特定的容器。

[0083] 然而,发明人发现PCM材料可干扰填充物的聚合过程,结果是PCM未被严格地接合并且在复合物中保持高度可移动的。此外,填充物(特别地为环氧树脂)典型地不是导热的,结果是,尽管热传递回流因充当散热体的石墨烯的存在而高度有效,但是基于PCM的热变换

器装置并非如此有效。

[0084] 根据改进,本发明因此提供被用作(特别地超声探头中)储热设备的新类别的PCM复合物。这些复合物可基于高导热树脂或使用通过装填有石墨烯而给予的填充物。以这种方式,可获得新PCM化合物,其高度有效且可在探头中可行的任意孔隙空间7(特别地在探头的后部)中分散。

[0085] 总之,石墨烯是可对超声探头的热管理有用的非常特别的物质。其可以以匹配层形式使用以从探头的前部排热或者作为背衬的填充物以从探头的后部排热。其还可得以应用作为对待被用作暂时将热存储在探头的远离前发射表面的区中的热变换器的PCM进行封装的填充物的装填充料。热变换器可被散置在探头的任意位置处且因其在接合剂中的微囊化而没有提供能宿留该材料的特定位置或容器。作为散热体的包括PCM和石墨烯的热复合物的使用未严格地见于与本发明的排热相组合,但是它可能是在不仅在超声探头领域(例如作为已经引用的第7,308,828号美国专利中公开的设备的替换或改进)而且还在需要优化热管理的任意其它领域中的暂时储热装置的问题的独立解决方案。

[0086] 石墨烯是非常薄的几乎透明的片(单原子厚)形式的纯碳。其对于其非常低的重量而言是非常牢固的(比钢牢固100倍),并且其以极大的效率导热和导电。尽管科学家已经建立关于石墨烯的理论几十年,但是其在2004年在实验室被首次生产。

[0087] 在技术上,石墨烯是具有2维属性的碳的结晶同素异形体。在石墨烯中,碳原子以规则的 $sp^2$ -键合原子级铁丝网(六边形)图案而致密地堆积。石墨烯可以被描述为石墨的单原子厚的层。其是包括石墨、炭、碳纳米管和富勒烯在内的其他同素异形体的基本结构元素。其还可被认为是无限大的芳香族分子,即,脂肪多环芳烃的家族的极限情况。

[0088] 石墨烯是其中每一单个原子从两侧(因2D结构)在化学反应中处于暴露的碳(并且一般是所有固体材料)的唯一形式。已知,石墨烯片的边缘处的碳原子具有特殊的化学反应性,并且石墨烯(与例如碳纳米管的类似材料相比)具有最高的边缘碳比率。另外,片内的非常常见的各类缺陷增加了化学反应性。单层石墨烯的底平面与氧气之间的反应的起始温度低于 $260^{\circ}\text{C}$ 并且石墨烯在非常低的温度(例如, $350^{\circ}\text{C}$ )下燃烧。实际上,由于碳原子的横向可用性,石墨烯是化学方面最有反应性的碳形式。石墨烯通常被含氧的和含氮的官能团改性并且通过红外光谱法和X射线光电子能谱法来分析。

[0089] 孤立的2D晶体甚至在理论上也不能经由化学合成而生长超越小尺寸,因为随着横向尺寸增加,声子密度的快速生长迫使2D微晶弯曲向第三维度中。然而,存在2D材料的其他途径:

[0090] 基本力以产生2D晶体的方式布置出似乎不可逾越的壁垒。新生的2D微晶尝试使它们的表面能最小化,并且不可避免地变成在炭黑(soot)中出现的丰富多样的稳定3D结构之一。

[0091] 但是,仍存在绕过该方法的方法。与3D结构的相互作用使2D晶体在生长期间稳定。因此,可以使2D晶体夹在块状晶体的原子平面之间,或置于该原子平面的顶部。在此方面,石墨烯已经存在于石墨内。然后,可以希望避开自然属性(fool Nature),并且在其中微晶处于由最初较高温度的3D生长规定的淬冷状态的足够低的温度下提取单原子厚的微晶。

[0092] 产生石墨烯的两种基本方法是将多层石墨解离成单层,或通过在另一材料上布置单层碳而使其外延生长。前者是最先出现的,使用胶带来剥离单层。在任一情况中,石墨随

后必须接合于某一基底以保持其2D形状。也已经开发出其他技术,如下所报道。

#### [0093] 剥离

[0094] 从2014年,剥离产生了具有最低缺陷数和最高电子迁移率的石墨烯。

#### [0095] 胶带

[0096] 解离也称为剥离。实现单层通常需要多个剥离步骤,每一步骤产生具有更少层的薄片,直至仅剩下一层为止。Geim和Novosolev使用胶带来分离它们的石墨烯。

[0097] 在剥离之后,使用“干法沉积”将薄片沉积在硅晶圆上。经由该技术可以获得大于1mm且肉眼可见的微晶。其常称为“透明胶带 (scotch tape)”法或“拉拽 (drawing)”法。出现后一名称是因为干式沉积类似于拉拽出一片石墨。

#### [0098] 楔型机械剥离

[0099] 产生寡层石墨烯的另一可控的技术采用楔形类型的工具来应对胶带法的难处。在该方法中,锋利的单晶体金刚石楔子穿入石墨源以使层剥离。该方法采用高度有序的热解石墨 (HOPG) 作为起始材料。实验得到分子动态模拟的支持。

#### [0100] 石墨氧化物还原

[0101] 石墨氧化物还原大概是石墨烯合成的第一种方法。P.Boehm在1962年报道了产生还原的石墨烯氧化物的单层薄片。Geim承认了Boehm的贡献。石墨氧化物的快速加热和剥离产生高度分散的碳粉,而且石墨烯薄片的百分比低。报道石墨氧化物单层膜的还原(例如,在氩气/氢气中经退火由肼来还原)产生石墨烯膜。然而,与透明胶带的石墨烯相比品质较低,这归因于官能团的去除不完整。此外,氧化方法由于过度氧化而引入永久的缺陷。增强氧化方案以产生具有几乎完整的碳框架的石墨烯氧化物,所述氧化方案允许官能团的充分去除。

#### [0102] 超声处理

[0103] 向DVD施加一层石墨烯氧化物膜并在DVD刻录机中使其燃烧,产生了具有高导电性(1738西门子/米)和比表面积(1520平方面/克)的薄石墨烯膜,其是高度阻抗且有延展性的。

#### [0104] 溶剂辅助

[0105] 将石墨分散在适当液体介质中可以通过超声处理来产生石墨烯。石墨烯通过离心与石墨分离,产生在N-甲基吡咯烷酮 (NMP) 中初始高达0.01mg/ml的石墨烯浓度,且随后在NMP中达到2.1mg/ml。使用合适的离子液体作为分散液体介质产生5.33mg/ml的浓度。由此方法产生的石墨烯浓度非常低,因为未能阻止片由于范德华力而再堆叠。实现的最大浓度是范德华力克服石墨烯片与溶剂分子之间的相互作用力的浓度。

#### [0106] 溶剂/表面活性剂辅助

[0107] 在超声处理之前向溶剂添加表面活性剂通过吸附于石墨烯表面而防止再堆叠。这产生更高的石墨烯浓度,但去除表面活性剂需要化学处理。

#### [0108] 不混溶液体

[0109] 在两种不混溶液体(最显著地是庚烷和水)的界面之间对石墨进行超声处理产生宏观尺度的石墨烯膜。石墨烯片被吸附于庚烷与水之间的高能界面,其中它们被保持不进行再堆叠。石墨烯保留在界面处,即使当暴露于超过300,000g的力时。然后,可以蒸发溶剂。片是高达约95%透明和传导的。

### [0110] 外延

[0111] 外延是指结晶覆盖层在结晶基底上的沉积,其中在二者之间存在对应关系(registry)。在一些情况中,外延石墨烯层足够弱地结合于表面(通过范德华力)以保留孤立的石墨烯的二维电子带结构。弱结合的外延石墨烯的实例是在SiC上生长的外延石墨烯。

[0112] 在碳化硅和铱上生长的石墨烯单层弱结合于这些基底(何种程度的弱尚存争论),并且可以进一步钝化石墨烯-基底相互作用。

### [0113] 碳化硅

[0114] 在低压(约10-6torr)下将碳化硅(SiC)加热到高温(>1100°C)会使其还原成石墨烯。该过程产生尺寸依赖于晶圆大小的外延石墨烯。用于石墨烯形成的SiC的面(硅封端或碳封端的)高度影响所得的石墨烯的厚度、迁移率和载流子密度。

[0115] 在该材料中首次显现石墨烯的电子带结构(也称为狄拉克锥结构)。在该材料中观察到弱反局域效应,但在由拉拽法产生的剥离石墨烯中则没有。大的温度无关的迁移率接近在置于氧化硅上的剥离石墨烯中的迁移率,但低于通过拉拽法产生的悬浮的石墨烯中的迁移率。甚至在没有转移的情况下,SiC上的石墨烯显现出无质量的狄拉克费米子。

[0116] 提供多层石墨烯堆的结合力的弱范德华力通常不影响单个层的电子属性。即,尽管某些多层外延石墨烯的电子属性与单层的电子属性相同,但在其他情况中,所述属性受到影响,因为它们在块状石墨中。该影响是理论上充分理解的,并且涉及层间相互作用的对称性。

[0117] 在SiC上的外延石墨烯可以使用标准微电子学方法而构图。可以通过激光照射产生和调整带隙。

### [0118] 金属基底

[0119] 金属基底的原子结构可以促进(seed)石墨烯生长。

### [0120] 钌

[0121] 在钌上生长的石墨烯典型地不产生均匀的层厚度。在底部石墨烯层与基底之间的接合可以影响层属性。

### [0122] 铱

[0123] 在铱上生长的石墨烯是非常弱接合的、厚度均匀的,并且可以是高度有序的。与在许多其他基底上一样,在铱上的石墨烯是轻微波动的。由于长程有序的这些波纹,所以电子带结构(狄拉克锥)中的微带隙(minigaps)变得可见。

### [0124] 镍

[0125] 已经使用多种技术在薄镍膜上经由化学气相沉积合成在区域中超过1cm<sup>2</sup>(0.2平方英寸)的寡层石墨烯的高品质片。

[0126] 在较少步骤中出现通过化学气相沉积在镍膜上的石墨烯的生长。首先,将薄镍膜暴露于900-1000°C的氩气。然后将甲烷混入该气体,并且来自甲烷的碳被吸收到镍膜中。然后将镍-碳溶液在氩气中冷却。在冷却过程期间,碳从镍扩散出,以形成石墨烯膜。

[0127] 另一方法使用与传统CMOS处理相兼容的温度,使用具有金的镍基合金作为催化剂。该方法在某一温度下将碳原子溶解在过渡金属熔融物内,然后在较低温度下将溶解的碳沉淀为单层石墨烯(SLG)。

[0128] 与碳源接触的金属首先熔融,碳源可能是石墨坩埚(在该石墨坩埚内进行熔融)或

置于熔融物中的石墨粉/块。基于金属-碳二相图表,保持熔融物在特定温度下与碳接触,这溶解了碳原子,使熔融物饱和。降低温度则减少了碳的溶解度,并且过量的碳在熔融物顶部沉淀。漂浮层可以被撇去,或冷却以稍后的去除。采用不同的形态(包括厚石墨),在金属基底上观察到寡层石墨烯(FLG)和SLG。拉曼光谱法证实SLG已经在镍基底上生长。SLG拉曼光谱特征在于没有D和D'带,表明其本征性质。因为镍是非拉曼活性的,在镍的顶部上的石墨烯层的直接拉曼光谱法是可实现的。

[0129] 另一方法将一片二氧化硅玻璃(基底)覆盖在具有镍膜的一侧上。经由化学气相沉积而沉积的石墨烯在膜的两侧上形成为层,一层在暴露的顶侧上,而一层在下侧,即,夹在镍和玻璃之间。剥去镍和顶部的石墨烯层,留下在玻璃后面的介于中间的石墨烯层。尽管如在早先的方法中,可以从箔收集顶部石墨烯层,但是底部层已经位于玻璃上。未评价附接的层的品质和纯度。

#### [0130] 铜

[0131] 该技术的改进采用了铜箔;在非常低的压力下,在形成单石墨烯层之后自动停止石墨烯的生长。可以产生任意大的膜。单层生长还归因于在甲烷中的碳的低浓度。诸如乙烷和丙烷的较大的烃产生双层涂层。大气压CVD生长在铜上产生了多层石墨烯(与镍类似)。在铜上生长的石墨中也已经观察到弹道传输。

#### [0132] 乙醇钠高温分解

[0133] 克量级的石墨烯通过下述而产生,即,由钠金属还原乙醇,然后对乙醇盐产物高温分解并用水清洗以去除钠盐。

#### [0134] 硅/锗/氢

[0135] 浸渍在稀氢氟酸中的涂覆有锗(Ge)层的正常硅晶圆剥去了天然形成的氧化锗基团,产生氢封端的锗。化学气相沉积在顶部上沉积石墨烯层。石墨烯可以从晶圆使用干法而剥去,然后准备使用。可以再利用晶圆。石墨烯是无褶皱的、高品质和低缺陷的。

#### [0136] 纳米管切片

[0137] 石墨烯可以通过切开碳纳米管而产生。在一种此类方法中,通过高锰酸钾和硫酸的作用,在溶液中切开多壁碳纳米管。在另一方法中,通过部分地嵌在聚合物膜中的碳纳米管的等离子蚀刻来产生石墨烯纳米带。

#### [0138] 二氧化碳还原

[0139] 高放热反应在与二氧化碳的氧化-还原反应中燃烧镁,产生包括石墨烯和富勒烯在内的多种碳纳米颗粒。二氧化碳反应物可以是固体(干冰)或气体。该反应的产物是碳和氧化镁。对于该方法,公开有第8,377,408号美国专利。

#### [0140] 旋涂

[0141] 在2014年,碳纳米管增强石墨烯经由旋涂并退火功能化碳纳米管而制得。与传统石墨烯相比,所得的材料是更牢固、柔韧和更有传导性的。

#### [0142] 超音速喷射

[0143] 液滴通过拉伐尔喷嘴的超音速加速用于将悬浮液中的还原的石墨烯氧化物的小液滴沉积在基底上。液滴均匀分散,快速蒸发并且呈现降低的薄片聚集。此外,最初在薄片中的拓扑缺陷(Stone-Wales缺陷和C2空缺)消失。结果是更高品质的石墨烯层。冲击能量拉伸石墨烯并且将其碳原子重排成无需后处理的无缺陷六方石墨烯。

[0144] 下表提供了发明人已经测试的石墨烯化合物的示例特性。

[0145]	密度 (Kg/m <sup>3</sup> )	1900
	声速 (m/s, 纵波)	700
	声阻抗 (Mega Rayls)	1.3
	导热性, 平面中 (W/m*°K)	600-1000
	比热@25°C (J/g°K)	0.7
	EMI屏蔽dB@1.0GHz	50
	表面电阻 (Ω/sq)	0.06
	厚度 (μm)	20-50

[0146] 对于石墨烯的综合参考书目,可以参见可在WIKIPEDIA上找到的引文。还参见K.S.Novoselov,A.K.Geim等人的Science 306,666(2004)和Nature 438,197(2005),“Scientific Background on the Nobel Prize in Physics 2010”,由the Class for Physics of the Royal Swedish Academy of Sciences汇编,2010年10月5日,“Introduction to the Physical Properties of Graphene”,Jean-Noël Fuchs,Mark Oliver Goerbig,Lecture Notes 2008,免费得自互联网以下网址<http://users.lps.u-psud.fr/GOERBIG/CoursGraphene2008.pdf>,”Graphene and Graphene Oxide:Synthesis, Properties and Applications”,Y.Zhu,S.Murali,W.Cai,X.Li, JiWon Suk,J.R.Potts,R.Ruoff,Advanced Materials,2010,XX,1-19。

[0147] 石墨烯目前用于电子装置和电路的热管理和高通量冷却(参见,例如,第20100085713号美国专利公开申请),但其声属性目前未被考虑。发明人已经研究这些属性并且发现其特别适于实现在超声阵列换能器结构内的排热装置。其不仅是低声阻抗的(假如其是传统匹配层之一,则允许使用石墨烯层),而且其表现得与良好的声消除材料一样(允许将其用作常用的背衬材料的填充物)。探头的背衬是非常关键的,因为如果未适当选择所用的材料,则会由于声阻抗错配或内反射和散射而成为造成图像伪影的原因。发明人研究了这些方面。例如,测试了石墨-聚氨酯化合物,其表现出良好的排热性能,但出现图像伪影。石墨烯出乎意料地表现出作为热导体和作为声阻抗匹配元件二者的难以置信的改进。

[0148] 还发现石墨烯由于其化学和物理特性而特别可用作对液体的壁垒。实际上,发明人发现这种材料发挥对醇的良好化学壁垒的作用,并且结果与卡普顿相当。醇以及一般的消毒剂在超声探头中造成严重的问题,因为趋于渗透声堆并攻击性能逐渐损失的匹配层。使用石墨烯作为第一匹配层由此对于此方面也是有益的。

[0149] 尽管已经参考诊断探头来主要公开了本发明,但技术人员会认识到其教导也可以在治疗方法以及更广泛的无损检测领域中得以应用。特别与HIFU一样在治疗方法领域,阵列堆的结构是不同的,因为其主要由环形元件形成,而且在此情形中,石墨烯基层可以被置于此类元件的前面和/或后面,以及侧面,并且更一般地,在热积累的任意位置处并因此可以排热。还在此情形中,单独地或与主动冷却系统组合地,PCM可以用作热变换器以暂时存储热。

[0150] 不背离本发明的指导原则的所有内容在上文和以下权利要求中公开。

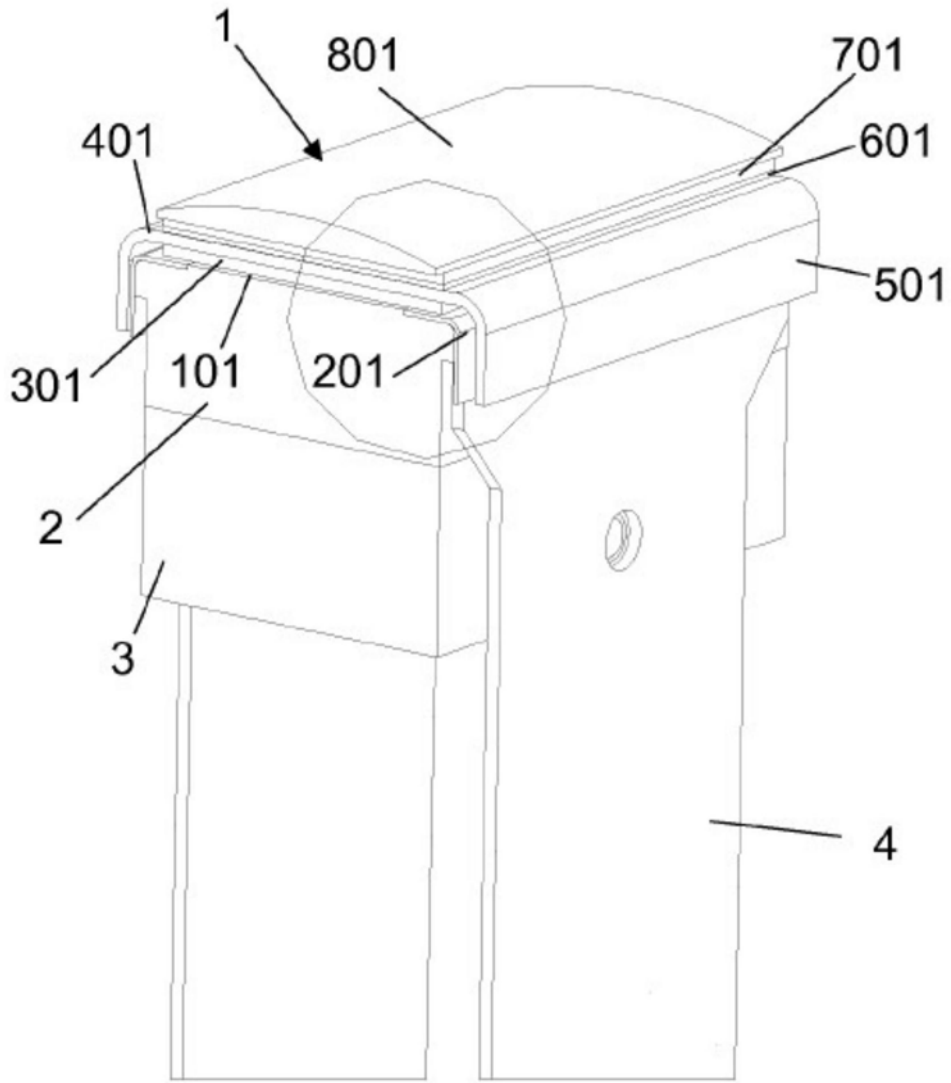


图1



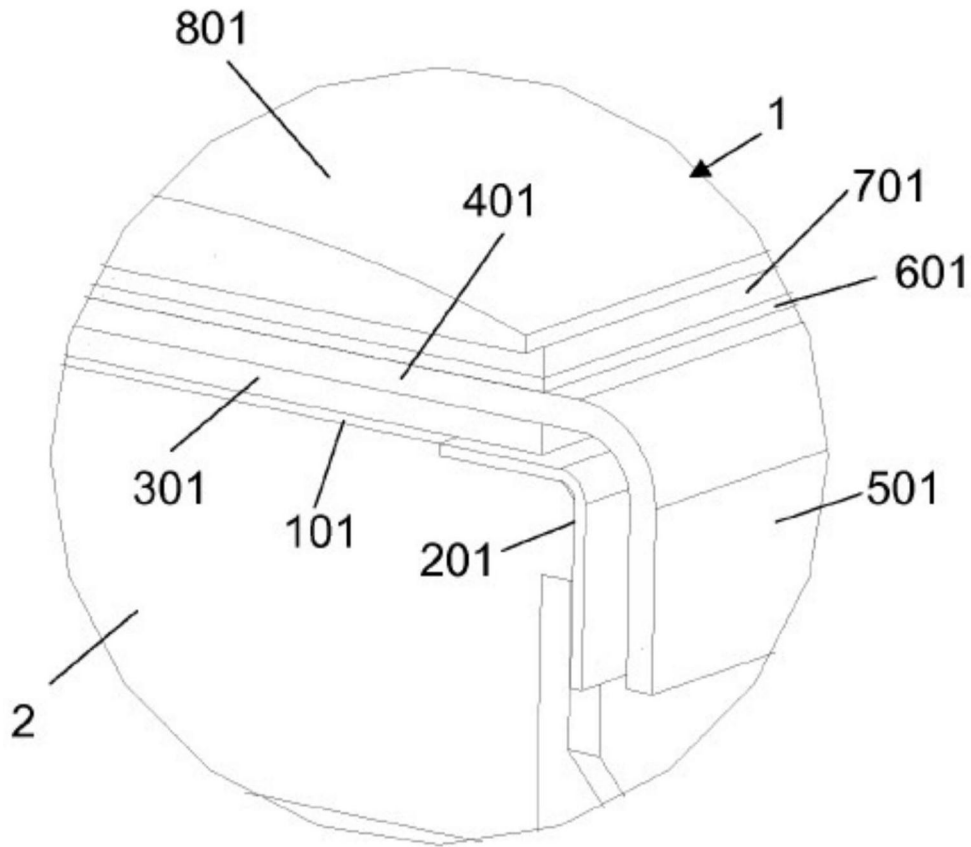


图2

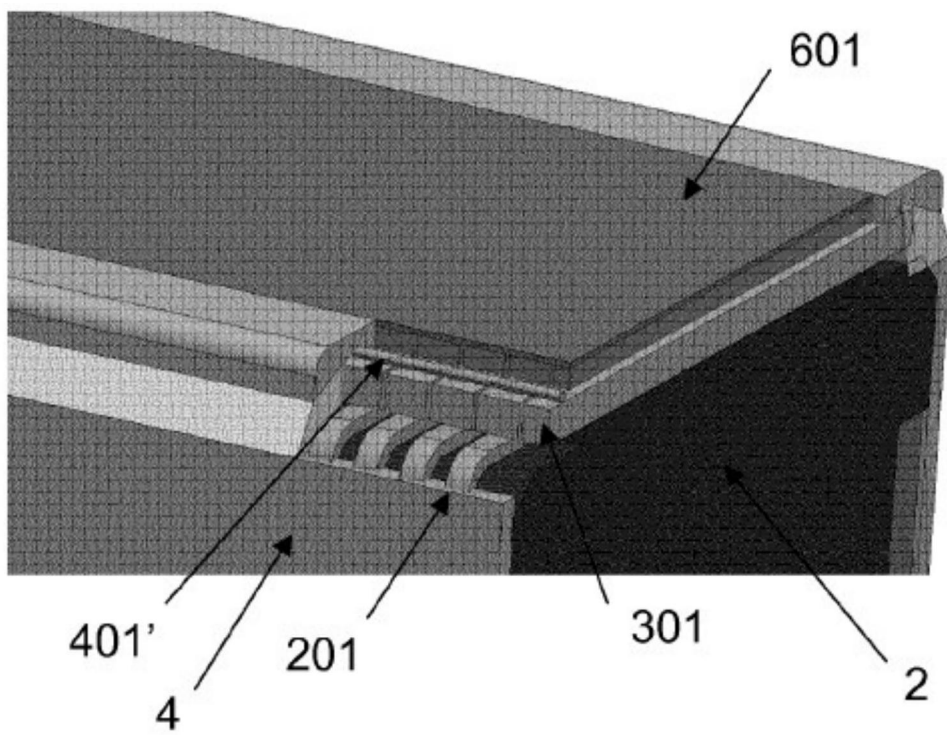


图3

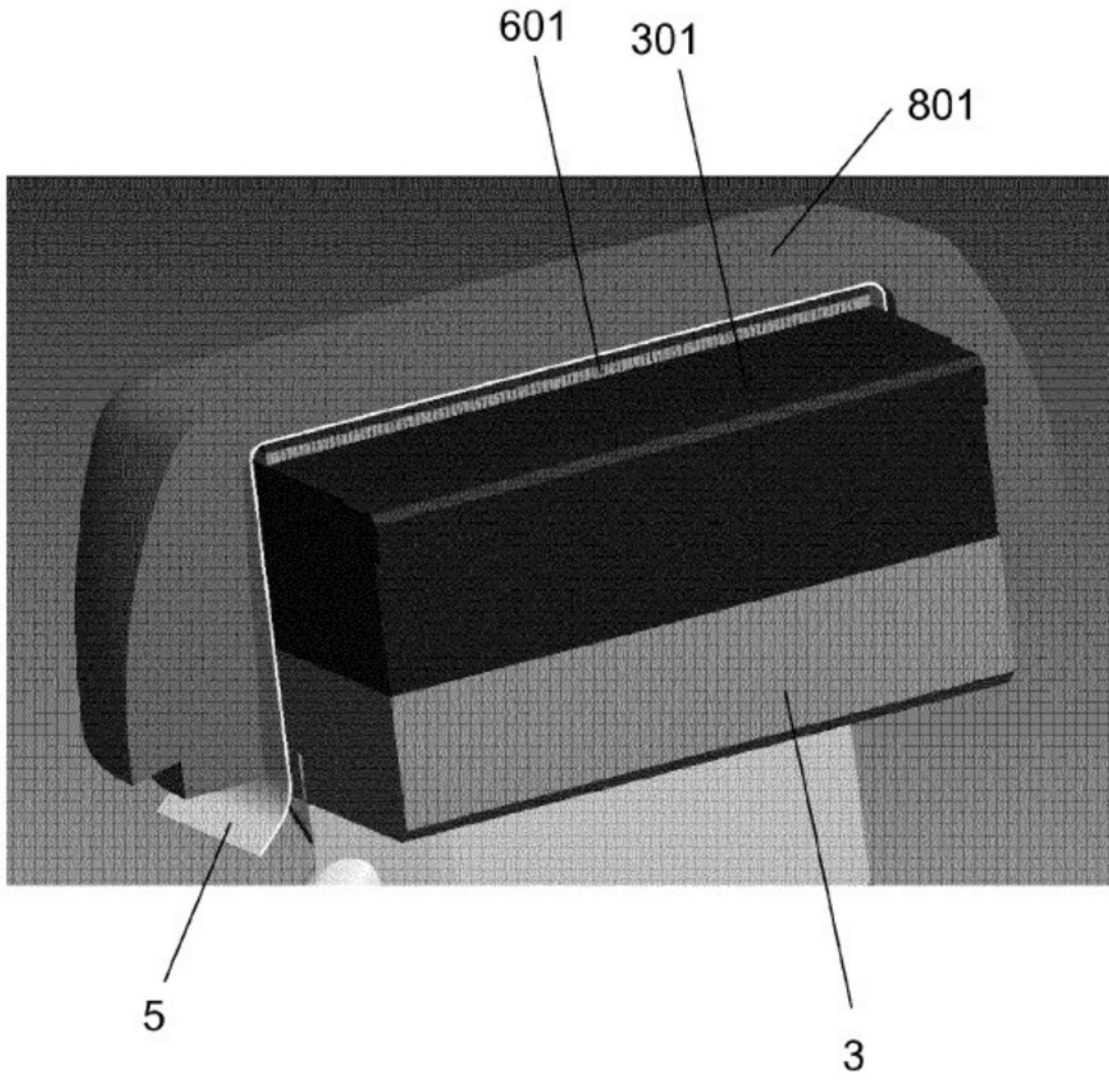


图4

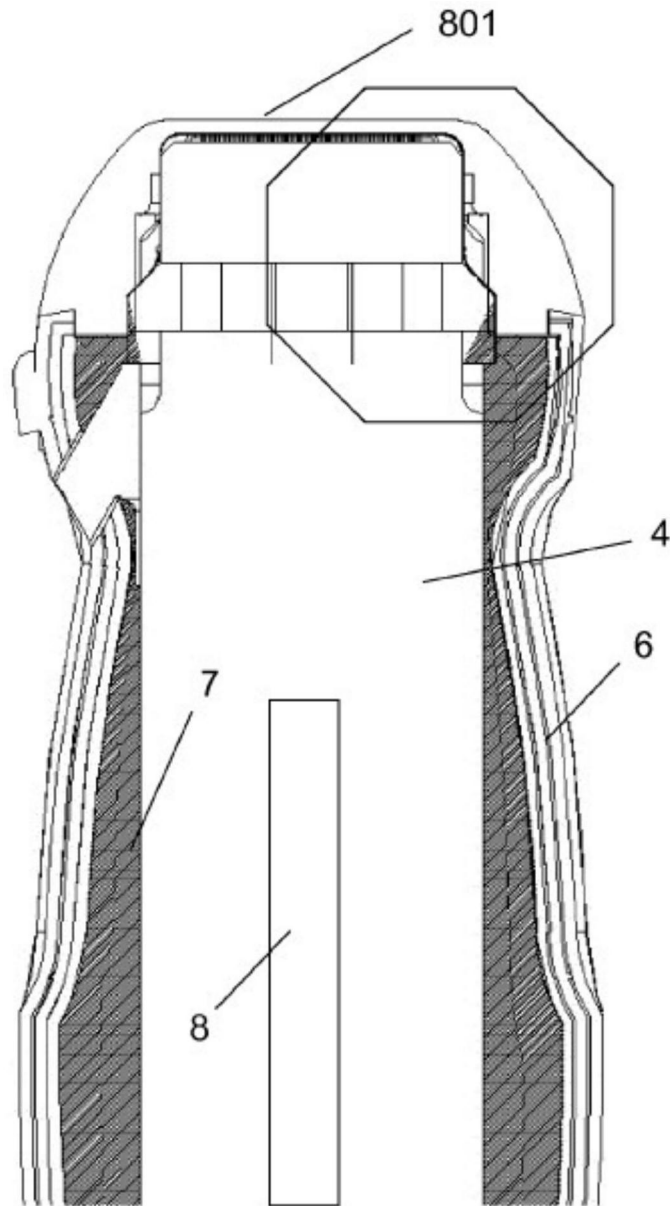


图5

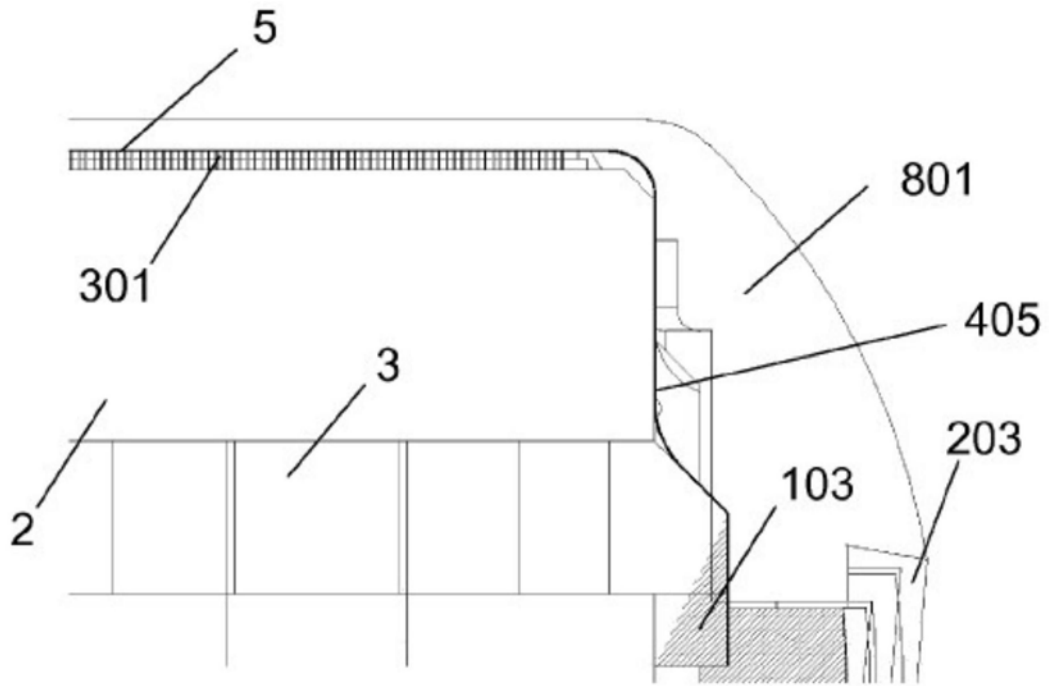


图6



图7

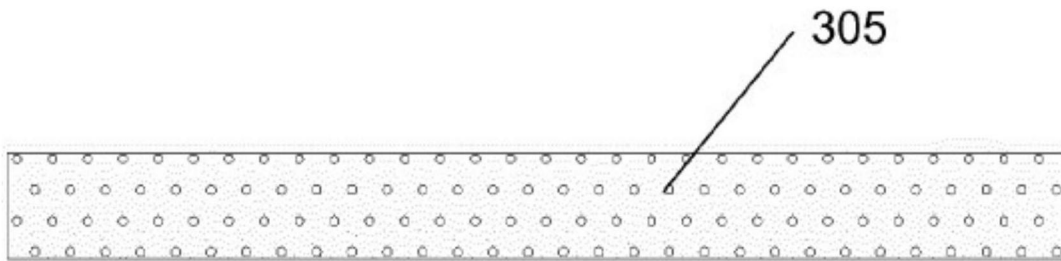


图8