



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1693189 B

(45) 授权公告日 2012. 01. 11

(21) 申请号 200510068433. 1

审查员 杨艳

(22) 申请日 2005. 04. 29

(30) 优先权数据

10/835, 639 2004. 04. 30 US

(73) 专利权人 朗迅科技公司

地址 美国新泽西州

(72) 发明人 T·N·克鲁潘金 M·L·曼迪奇

J·A·泰勒

(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限

责任公司 11287

代理人 孟锐

(51) Int. Cl.

B82B 1/00 (2006. 01)

C03C 17/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 6185961 B1, 2001. 02. 13, 全文.

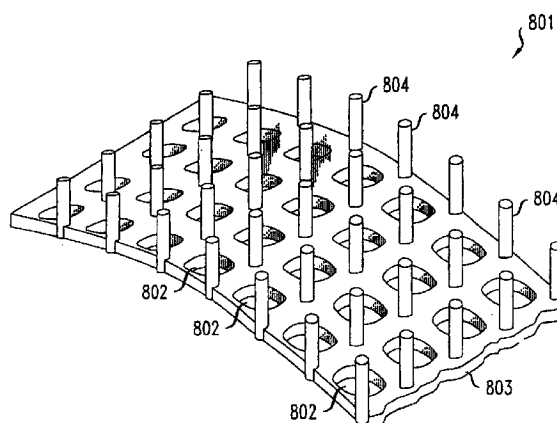
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 7 页

(54) 发明名称

具有可变渗透性的纳米结构表面

(57) 摘要

本发明涉及一种纳米结构基体, 在基体的纳米结构之间具有多个基体孔。当所需流体接触基体时, 使至少一部分流体流过至少一个孔。在第一实施例中, 通过使流体透过纳米结构而使流体流过孔。在第二实施例中, 基体是柔性基体, 从而当对基体施加作用力时, 例如弯曲或拉伸力, 基体上纳米柱或纳米单元之间的距离增大, 液体透过纳米结构。在另一个实施例中, 防止诸如水的第一流体透过基体上的纳米结构, 同时使第二流体通过基体的孔流过基体。



1. 一种装置,包括:

具有多个孔的基体;以及

处于所述基体的一个表面上的多个纳米结构,所述多个纳米结构可以使流体悬浮在所述表面上方,而所述流体不接触所述表面;

其中,所述多个孔处于至少一部分所述纳米结构之间,从而当所述流体渗透所述多个纳米结构并接触所述基体时,至少一部分所述流体流过所述多个孔。

2. 如权利要求 1 所述的装置,还包括电压源,用于在所述纳米结构与所述流体之间施加电压差,使所述流体透过所述多个纳米结构并接触所述表面。

3. 如权利要求 1 所述的装置,还包括增大所述纳米结构部分之间距离的装置,使所述流体渗透过所述多个纳米结构并接触所述表面。

4. 如权利要求 1 所述的装置,还包括增大所述纳米结构的尺寸的装置,使所述流体渗透过所述多个纳米结构并接触所述表面。

5. 如权利要求 4 所述的装置,其特征不在于所述尺寸是所述纳米结构的直径。

6. 如权利要求 1 所述的装置,其特征不在于所述纳米结构包括纳米柱。

7. 如权利要求 1 所述的装置,其特征不在于所述纳米结构包括纳米单元。

8. 一种使用上面布置有多个纳米结构的基体的方法,所述基体还在所述多个纳米结构中的至少一部分纳米结构之间具有多个孔,所述至少一部分纳米结构包括纳米柱或纳米单元,所述方法包括:

将所述基体的形状变形,使得所述纳米柱之间的距离或所述纳米单元的直径改变,

其中,当所述纳米柱之间的距离或所述纳米单元的直径改变时,在所述纳米结构上的液体透过所述多个纳米结构并流过至少一部分所述多个孔。

9. 如权利要求 8 所述的方法,其特征不在于所述变形步骤包括拉伸或弯曲所述基体。

具有可变渗透性的纳米结构表面

[0001] 发明领域

[0002] 本发明一般地涉及纳米结构或微米结构表面,更具体地涉及具有可变渗透性的纳米结构或微米结构表面。

背景技术

[0003] 在大量应用中的很多有用装置或结构,其特征至少部分是液体或其它流体与至少一个固体表面或基体接触。由于液体和表面二者的特性决定液体与表面之间的相互作用,因此常常需要理解和控制这些特性,以便达到控制液体与这些表面的相互作用。例如,常常需要在液体与表面接触时控制液体的流动阻力。对液体或流体表现出非常低的流动阻力的表面,在这里称为超疏水表面。

[0004] 图 1A-1E 表示解释性的用不同方法制造的不同超疏水表面。特别是,这些图表示的基体具有不同直径和不同规则程度的小柱子,称为纳米柱和 / 或微柱。一种解释性的制造纳米柱和微柱的方法请参见 2001 年 2 月 13 日授权给 Tonucci 等人的美国专利 6185961,标题是“Nanopost arrays and process for making same”,其整体内容在此引用作为参考文献。纳米柱已经可以通过多种方法制造,例如使用模板,使用照相印刷的各种装置,以及使用不同的腐蚀方法。

[0005] 当一滴液体,例如水,置于具有适当设计的纳米结构或微米结构特征图案的基体上时,与液滴处于没有这种纳米结构或微米结构的基体上相比,液滴受到的流动阻力大大减小。具有这种适当设计特征图案的表面是如下文章的主题:“Nanostructured Surfaces for Dramatic Reduction of Flow Resistance in Droplet-Based Microfluidics”, J. Kim and C. J. Kim, IEEE Conf. MEMS, Las Vegas, NV, Jan. 2002, pp. 479-482, 其整体内容在此引用作为参考文献。此文献基本上描述了如何通过使用具有预定纳米结构特征的表面大大减小与此表面接触的液体的流动阻力。特别是, Kim 的文章指出,通过在与液体接触的表面形成微细图案,并使用上述液体表面张力的原理,处于表面上的液滴将支撑在纳米结构图案的顶部,如图 2 所示。参看图 2,适当液体的液滴 201 (取决于表面结构) 将使液滴 201 悬挂在纳米柱 203 顶部,在液滴与下面的固体表面之间不形成接触。这导致液滴与表面 202 之间的接触面积积极低 (即,液滴仅接触每个柱 203 的顶部),因此流动阻力低。

[0006] 在很多应用领域,需要控制给定液体,例如图 2 的液滴 201,渗透到给定的纳米结构和微米结构表面,例如图 2 的表面 202,从而控制液体受到的流动阻力以及固体表面的润湿性。图 3A 和 3B 表示根据本发明原理的一个实施例,其中利用电润湿控制液体渗透到纳米结构表面中。这种电润湿是未审批的 2003 年 3 月 31 日提交的美国专利申请 10/403159 的主题,该申请的标题为“Method and Apparatus for Controlling the Movement of a Liquid on a Nanostructured or Microstructured Surface”,其整体内容在此引用作为参考文献。参看图 3A,导电液体的液滴 301 处于圆锥形纳米柱 302 的纳米结构特征图案上,如上所述,从而液滴 301 的表面张力导致液滴悬浮在纳米柱 302 的上部。在这种结构中,液滴仅仅覆盖每个纳米柱的表面积 f_1 。纳米柱 302 立在导电基体 303 的表面上,图示的液滴

301 通过导线 304 连接电源 305,并连接到基体 303。用于解释的纳米柱更详细地图示在图 4 中。在此图中,纳米柱 302 通过材料 401(例如介电材料的绝缘层)与液体(图 3A 中的 301)电气绝缘。纳米柱通过低表面能材料 402(例如公知的含氟聚合物)与液体进一步分离,这种低表面能材料可以在液体与纳米柱表面之间得到适当的初始接触角。对于本领域的一般技术人员很明显,可以使用表面能足够低和绝缘性能足够高的单层材料,代替使用不同材料的两个分离层。

[0007] 图 3B 表示,例如通过对导电液滴 301 施加低电压(例如,10-20V),在液体 301 与纳米柱 302 之间形成电压差。液体与纳米柱表面之间的接触角减小,并且在足够低的接触角下,液滴 301 在 y 方向沿纳米柱 302 的表面向下运动,并穿过纳米结构特征图案直到完全包围每个纳米柱 302 并与基体 303 的上表面接触。在这种结构中,液滴覆盖每个纳米柱的表面积 f_2 。由于 $f_2 \gg f_1$,因此液滴 301 与纳米柱 302 之间的总接触面积相当高,相应地,液滴 301 的流动阻力大于图 3A 的实施例。这样,如图 3B 所示,在没有足以将液滴 301 从特征图案上移开的另一种力时,有效地使液滴 301 相对于纳米结构特征图案变为静止。这种控制的一部分是未审批的 2003 年 3 月 31 日提交的美国专利申请 10/403159 的主题,该申请的标题为“Method and Apparatus For Variably Controlling The Movement Of A Liquid On A Nanostructured Surface”,其整体内容在此引用作为参考文献。

[0008] 在另一个现有技术中,不使用纳米柱或微米柱,使用一种封闭单元纳米结构或微米结构表面,从而当表面的一个或多个纳米单元或微米单元内的流体压力减小时,使表面上的液体渗到表面上,例如,增大了液滴受到的流动阻力。这种封闭单元结构的优点在于,通过将一个或多个单元的压力增大到或超过所需程度,迫使液体从单元内流出,至少部分返回其原始的、未渗透的、低流动阻力的位置。以这种方式,可以改变液滴渗入表面的程度,从而达到所需的液体液滴受到的流动阻力大小。这种可逆的渗透部分是未审批的 2003 年 9 月 30 日提交的美国专利申请 10/674448 的主题,其标题是“Reversible Transitions on Dynamically Tunable Nanostructured or Microstructured Surfaces”,其整体内容在此引用作为参考文献。

发明内容

[0009] 现有技术,例如上面描述的,或者减小与表面接触的液体的流动阻力,或者使纳米结构或微米结构之间的液体渗透到表面上,例如,使液体接触其下面的表面。但是,本发明者认为,除了减小这种流动阻力或者产生这种渗透之外,需要在某些情况下使液体或其它流体穿过支撑纳米结构或微米结构的基体。

[0010] 因此,我们发明了一种方法和装置,其中纳米结构基体包括多个纳米结构,在这些纳米结构之间具有多个基体孔。当所需的流体接触基体时,使至少一部分流体通过至少一个孔。在第一实施例中,使流体流过孔是通过采用诸如上面所述的方法使流体透过纳米结构。在第二实施例中,基体是柔性基体,从而当对基体施加作用力时,例如弯曲力或拉伸力,基体上纳米柱之间的距离或纳米单元的直径增大。在得到这种增大时,使所需的液体透过纳米柱或纳米单元,从而穿过基体孔。最后,在第三实施例中,如上所述,防止第一流体,例如水,透过纳米结构到达基体,而使第二流体,例如蒸汽或气体通过基体孔穿过基体。

[0011] 本发明提供了一种使用上面布置有多个纳米结构的基体的方法。所述基体还在所

述多个纳米结构中的至少一部分纳米结构之间具有多个孔。所述方法包括将所述基体的形状变形,使与所述纳米结构相关的至少第一尺寸改变。当所述至少第一尺寸改变时,在所述纳米结构上的液体透过所述多个纳米结构并流过至少一部分所述多个孔。

附图说明

[0012] 图 1A、1B、1C、1D 和 1E 表示适合用于本发明的、具有预定纳米结构的现有技术纳米结构特征图案;

[0013] 图 2 表示一种解释性的现有技术装置,其中液滴处于纳米结构特征图案上;

[0014] 图 3A 和 3B 表示根据本发明原理的一种装置,其中采用电润湿原理使液滴透过纳米结构特征图案;

[0015] 图 4 表示图 3A 和 3B 纳米结构特征图案的解释性纳米柱的细节;

[0016] 图 5 表示一种解释性液体-单元电池,其中电池中的电解液由纳米结构的负极分离;

[0017] 图 6 表示图 5 的解释性电池,其中电池的电解液透过纳米结构并接触负极;

[0018] 图 7A 和 7B 表示一种解释性纳米单元阵列;

[0019] 图 8 表示根据本发明原理的结构结构表面,其中在纳米结构之间具有孔;

[0020] 图 9 表示图 5 的电池,其中具有诸如图 8 所示表面的表面;

[0021] 图 10 表示如何使用图 8 所示表面防止液体透过表面,同时使流体穿过表面;以及

[0022] 图 11A 和 11B 表示如何通过弯曲或拉伸表面使流体透过纳米结构表面。

具体实施方式

[0023] 图 5 表示图 3A 和 3B 实施例的一种应用,其中直到电池激活之前,电池中的电解液与电极是分隔开的。这种电池部分是共同在审的 2004 年 3 月 18 日提交的美国专利申请 10/803641 的主题,其整体内容在此引用作为参考文献。在图 5 中,电池 501 的电解液 502 装在外壳内,外壳具有壁 503。电解液 502 与正电极 504 接触,但通过纳米结构表面 507 与负极 508 分隔开。纳米结构表面 507 可以是负极的表面,或者也可以是结合在负极上的表面。本领域一般技术人员可以意识到,纳米结构表面也可以应用在相关的正极上,并得到同样的有利结果。在图 5 中,电解液悬浮在表面纳米柱的顶部,与图 3A 的液滴相似。电池 501 接入,例如,具有负载 506 的电路 505 中。当电解液 502 不与负极接触时,电池 501 的电解液与电极 504 和 508 之间基本没有反应。

[0024] 图 6 表示图 5 的电池 501 接入电路 505,其中利用上述的电润湿原理,对纳米结构表面 507 施加电压,使电解液 502 透过表面 507 并与负极 508 电接触。本领域一般技术人员可以意识到,电压可以来自于任何的来源,例如,将一个或多个 RF 能量脉冲流过电池。当发生电解液透过纳米结构时,电子开始沿方向 601 在电路 505 中流动,如上所述,使负载 506 通电。

[0025] 虽然通常定义的“纳米结构”是指至少一个维度尺寸小于 1 微米的预定结构,而“微米结构”是指至少一个维度尺寸小于 1 毫米的预定结构,但是在这里的实施例中称为纳米结构或纳米结构表面,本发明者的意思是本领域一般技术人员可以清楚认识到的,即在很多情况下可以替换为微米结构。因此,本发明者这里定义的纳米结构包括至少一个维度

尺寸小于 1 微米的结构以及至少一个维度尺寸小于 1 毫米的结构。术语“特征图案”是指微米结构的图案或者纳米结构的图案。并且，这里使用的术语“液体”、“小滴”和“液滴”是可以互换的，这些术语的每一个是指液体或一部分液体，无论是否是小滴形式。

[0026] 图 7A 和 7B 分别表示纳米单元阵列的三维视图和顶剖面视图。如同上述引用的‘641 专利申请中所述的，这种纳米单元阵列可以用于实现液体的可逆渗透，例如，图 5 中的电解液 502 进出纳米结构表面 507。特别是，在图 7A 和 7B 中，替代纳米柱，可以使用多个封闭单元 701，这里图中表示为六边形截面的单元。每个单元 701 可以具有，例如，沿单元内壁放置的电极 702。如同这里使用的，术语封闭单元定义为除了将诸如电解液之类的液体加入的侧面以外，所有侧面都是封闭的单元。这些封闭的单元的优点在于置于单元中的液体可以被排出，例如，通过增大单元内压力。本领域一般技术人员可以意识到，实现与封闭单元结构相同效果可以有多种同样有优势的单元结构和尺寸。

[0027] 现有的纳米结构表面，例如那些上面描述过的，通常用于减小处于纳米结构上的液体的流动阻力，和 / 或在所需时间使液体透过纳米结构并接触下面的基体，如同图 5 和 6 的电池实施例的情况。但是，本发明者已经发现，在很多应用中需要选择性地使液体流过具有纳米结构的下面基体。选择性地使液体流过的这样一种表面表示在图 8 中。特别是，图 8 表示根据本发明原理的纳米结构表面 801，其中穿过下面基体 803 的多个孔 802 形成在基体的纳米结构 804 之间。作为例子，纳米结构，即这里的纳米柱，直径为 300nm，高为 7 微米，孔的直径为 2 微米。本领域一般技术人员可以意识到，与图 8 所示相似，对于不同用途的表面有很多适合的尺寸可供选择。同样地，本领域一般技术人员可以意识到，纳米结构可以形成在很多适合的基体上，例如由聚合物材料制成的基体。因此，如同上述的结构和上述的讨论，当液体处于纳米结构上时，如图 3A 所示，液体不透过纳米结构。但是，当使液体透过纳米结构并接触下面的基体 803 时，与图 3B 类似，液体将流过基体的孔。

[0028] 图 9 表示根据本发明原理的电池的一个解释性实施例，它与图 5 所示的相似，但其优势是使用了带孔的表面。特别是，参看图 5，如同‘641 专利申请中更完全的讨论，图中所示电池其部分的制造是通过将纳米结构形成在一个电极的表面上，作为例子是图 5 中的负极 508。但是，将纳米结构形成在此电极上不是希望出现的，因为制造这样的表面加工难度大或者成本高。因此，本发明者已经发现，需要制造一种单独的纳米结构表面，制造所用的材料，例如，是不贵的和 / 或形成纳米结构的技术容易。

[0029] 因此，图 9 表示图 8 所示表面如何应用在电池用途中。特别是，参看图 9，电解液 502 与电极 508 被纳米结构分离开。但是，纳米结构不是直接装在电极 508 上，纳米结构 804 是装在基体 803 上，如图 8 所示，然后再如图 8 所示直接装在电极 508 上或间接装在电极 508 上。选择孔尺寸的方式是，当电解液透过纳米结构 804 时，在图 8 中电解液经过孔 802 透过基体 803，并与电极 508 接触，从而启动电池的化学反应。本领域一般技术人员可以意识到，如同‘641 专利申请中更完全的讨论，图 7A 和 7B 的纳米单元可以用于代替纳米柱。在这种情况下，解释性地制造图 7 的单元 701，并在纳米单元两端具有孔。另外，一个孔可以跨过多个单元。因此，例如，当纳米单元阵列装到图 9 的电极 508 时，将得到相同的结果，如同使用了纳米柱。特别是，当液体电解液透过纳米单元时，液体将一直透过单元并接触电极 508，从而启动电池的化学反应。纳米单元阵列可以解释性地装在电极上，使电极完全覆盖单元的一端，从而由于其装到电极表面上，有效地形成一端开放、另一端完全密封的封闭单

元阵列。因此,如同在上面以及‘641 专利申请中更为彻底的讨论,可以在所需时刻将电解液从单元内排出,例如通过增大单元内压力。

[0030] 图 10 表示根据本发明原理的另一个实施例,其中使用图 8 的纳米结构表面 801。特别是,如图 10 所示,基体 803 的设计使得,当液体的液滴 1001 接触表面 801 时,液滴保持在纳米结构 804 尖端,从而悬浮在下面基体 803 上面。因此,这种状态下液滴 1001 不会流过孔 802。但是,在某些实施例中,希望液体或流体沿方向 1002 流过基体 803。例如,使用这种表面可以形成阻挡液体但透气的衣服。特别是,图 10 所示的表面 801 缝制在一件衣服中或置于一件衣服的两层织物中,其方式与 Delaware Newark 的 W.L.Gore & Associates, Inc. 制造和销售的、商标名称 Goretex® 的防水、透气氟聚合物织物非常相似。这种衣服可以防止液体(诸如雨滴中的水)透过纳米结构,从而防止其透过下面的基体。因此,可以防止雨沿方向 1003 前进和达到穿此衣服的皮肤。但是,在希望防止雨透过织物的同时,也希望其它流体,诸如穿此衣服者蒸发的汗,沿相反的方向 1002 流过织物。这种流体容易沿方向 1002 流过织物的孔 1004。由此实现防水、透气。

[0031] 本领域一般技术人员可以意识到,这种织物可以有利地应用于其它衣服,例如高性能的游泳衣。最近对低阻力游泳衣进行了大量研究,例如,这种游泳衣能减小专业游泳者在水中运动时受到的阻力。如上所述,纳米结构表面的一个优点是,经过适当设计能在诸如水的液体与纳米结构表面之间形成非常低的流动阻力。当用作游泳衣的外织物时,图 8 的表面 801 在游泳者在水中运动时产生低的流动阻力,同时允许汗通过织物排出,如上所述。

[0032] 图 11 表示根据本发明原理的另一个实施例,其中当表面受到作用力时,例如弯曲或拉伸力,将使液体透过表面的纳米结构。特别是,纳米结构表面 1108 的基体 1102 是由柔性聚合物材料制造的。对于本领域的一般技术人员,在考虑到这里的原理后,能用于这种目的的各种聚合物材料是显而易见的。参看图 11A,纳米结构 1101(这里是纳米柱)的顶部分开距离 1105。如上所述,参看图 11A,当适当选择的液体的液滴 1104 处于纳米结构 1101 上,它停靠在结构顶部并悬浮在基体 1102 上部。但是,参看图 11B,当沿方向 1109 弯曲或拉伸所述表面时,纳米结构 1101 之间的分开距离增大到距离 1106。因此,在取决于液体的特定分离距离,液体的表面张力不足以将液体保持在纳米结构 1101 尖端。因此,在特定的分离距离,液体 1104 将沿方向 1107 在纳米结构 1101 之间运动并将接触基体。如上所述,当液体 1104 接触基体 1102 时,孔 1103 将使至少一部分液体通过此基体。

[0033] 图 11A 和图 11B 所示的纳米结构表面,作为解释,可以应用到用于装液体的容器。特别是,诸如图 11A 中表面 1108 的表面可以用作这种容器一个或多个壁的一部分。当容器内的压力等于或低于所需压力时,液体由纳米结构支撑,因此液体不会从表面流过。但是,当容器内的压力升高到预定值,表面受到拉伸,纳米结构之间的距离改变,如图 11B 所示。因此,液体将流过纳米结构表面,直到容器内压力减小到表面不被拉伸以及纳米结构之间的距离至少部分恢复的程度。在这种状态下,装液体的容器内的压力可以保持在等于或低于所需压力。

[0034] 上面仅仅是解释了本发明的原理。因此,可以理解的是,本领域一般技术人员可以设计出虽然这里未明确说明或图示,但体现本发明原理并在本发明精神和范围内的不同结构。例如,本领域一般技术人员在考虑到这里的各个实施例时可以意识到,本发明的原理可以应用于宽广的完全不同的领域和用途。例如,本领域一般技术人员可以意识到,这里给出

的可渗透纳米结构表面可以有利地应用于燃料电池,以便将燃料与系统的其余部分分开直到所需时间。本领域一般技术人员可以意识到其它广泛的用途。

[0035] 这里引用的所有例子和条件语言,很明确仅仅是用于教学的目的,用于帮助读者理解本发明原理,并不是要将本发明限制在这些特殊引用的例子和条件。并且,这里说明本发明特征和实施例的所有陈述以及特殊的例子,用于给出其功能等价条款。

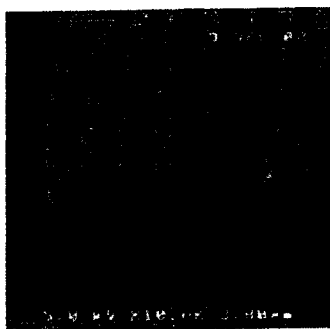


图 1A
(现有技术)

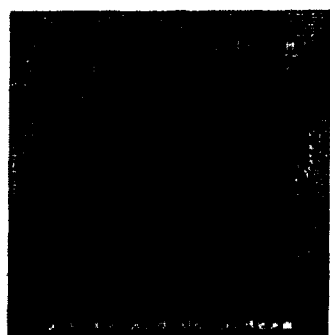


图 1B
(现有技术)

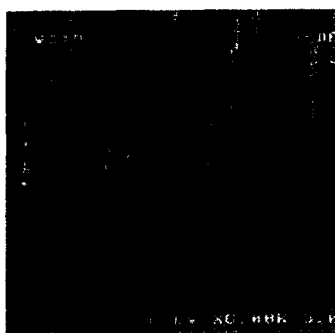


图 1C
(现有技术)

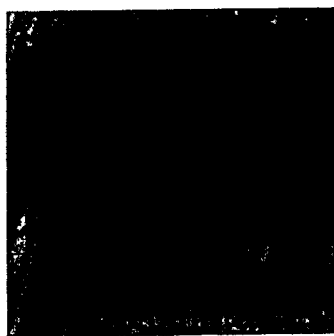


图 1D
(现有技术)

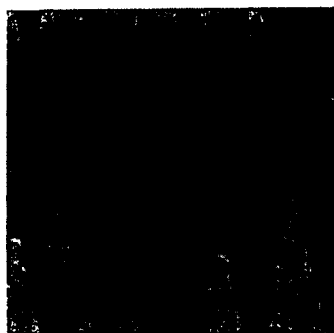


图 1E
(现有技术)

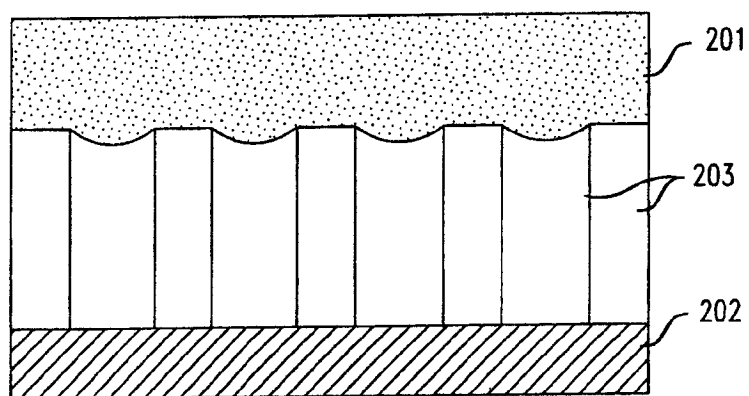


图 2
(现有技术)

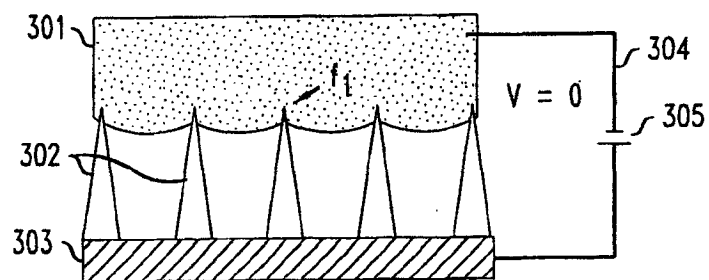


图 3A
(现有技术)

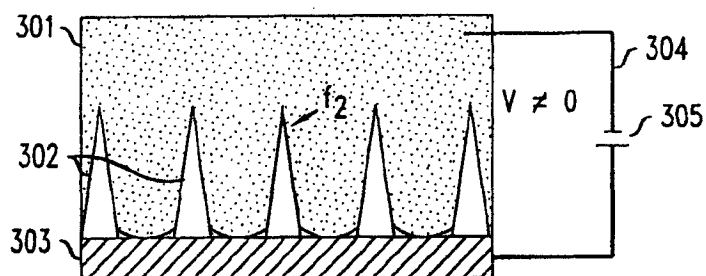


图 3B
(现有技术)

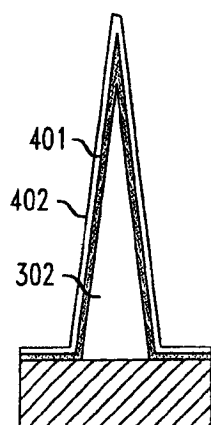


图 4
(现有技术)

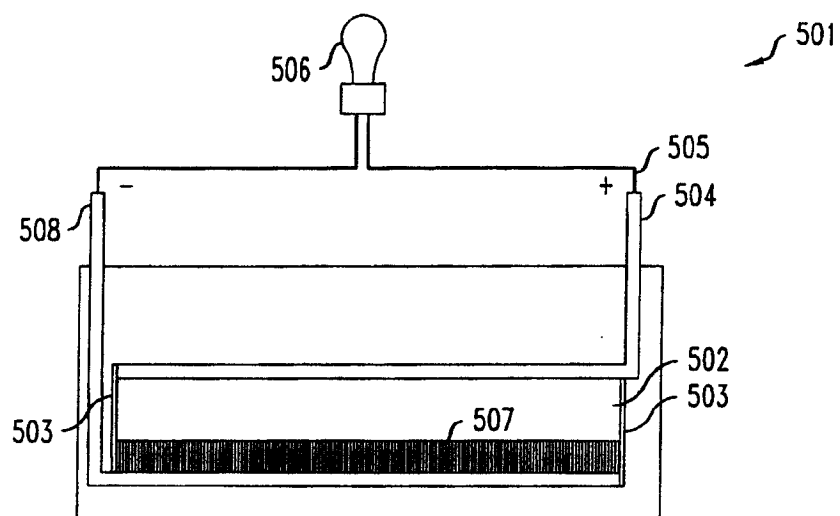


图 5
(现有技术)

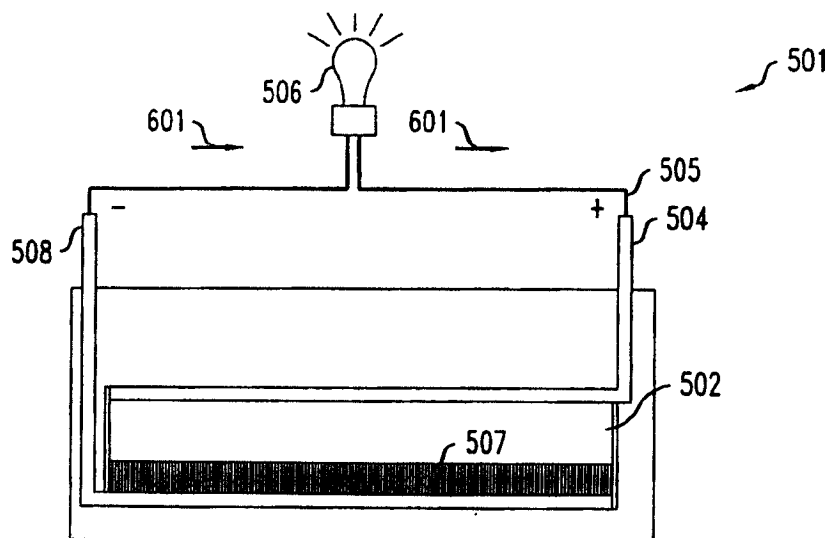


图 6
(现有技术)

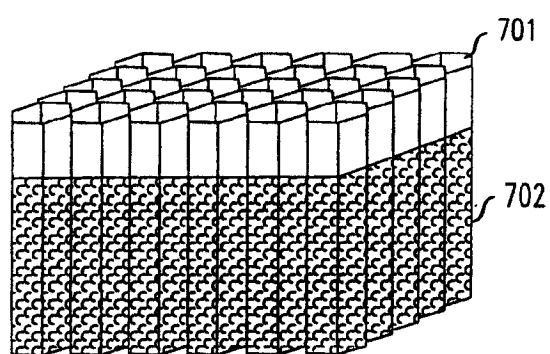


图 7A
(现有技术)

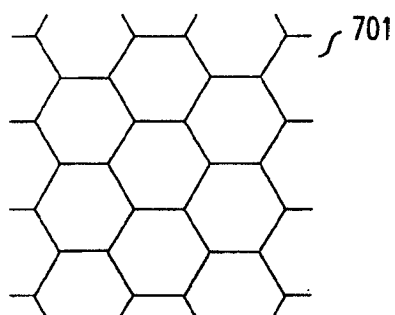


图 7B
(现有技术)

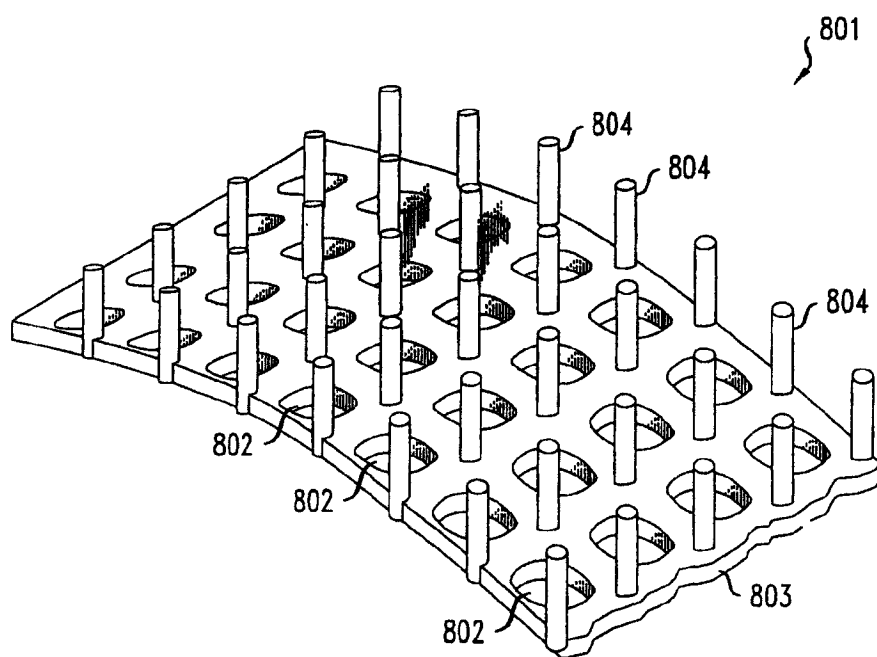


图 8

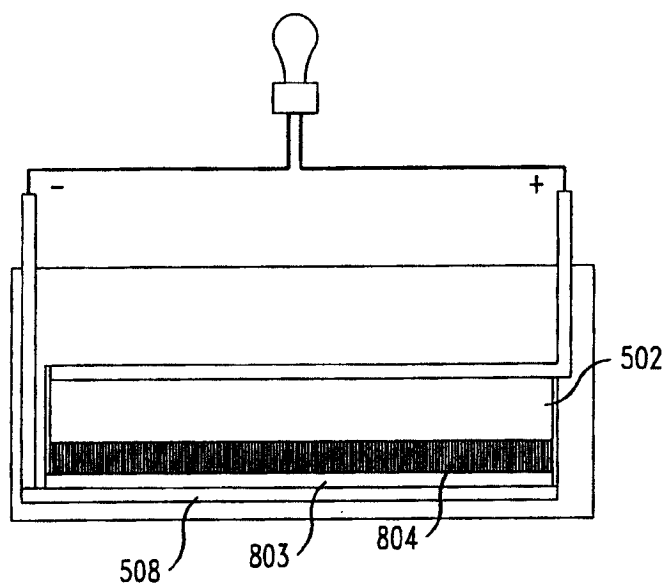


图 9

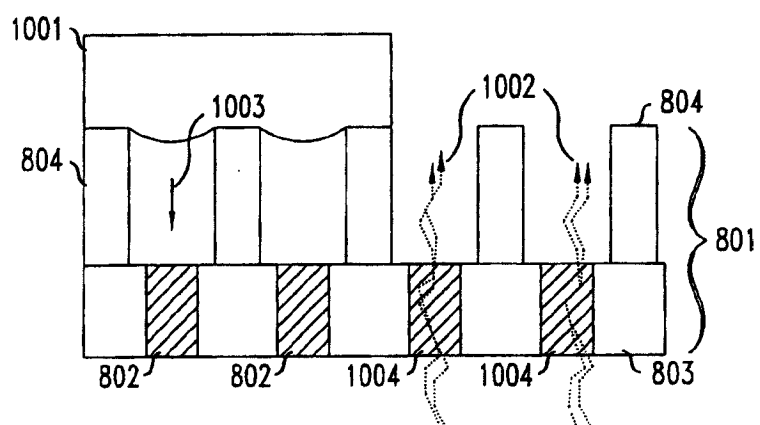


图 10

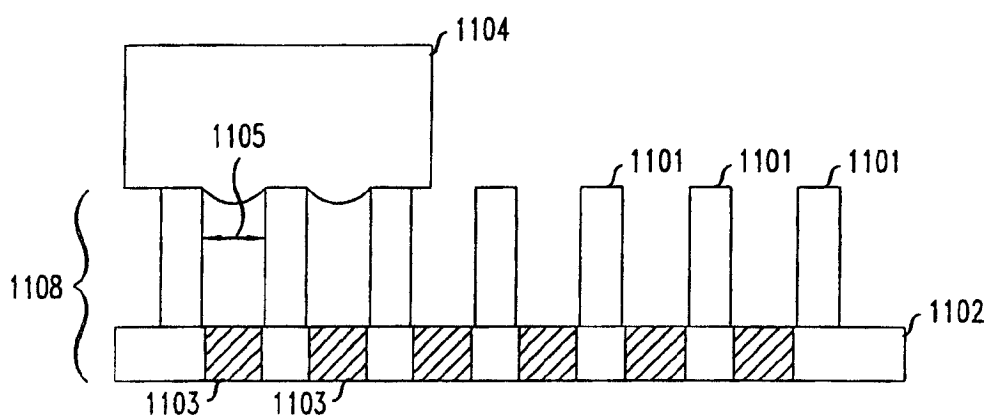


图 11A

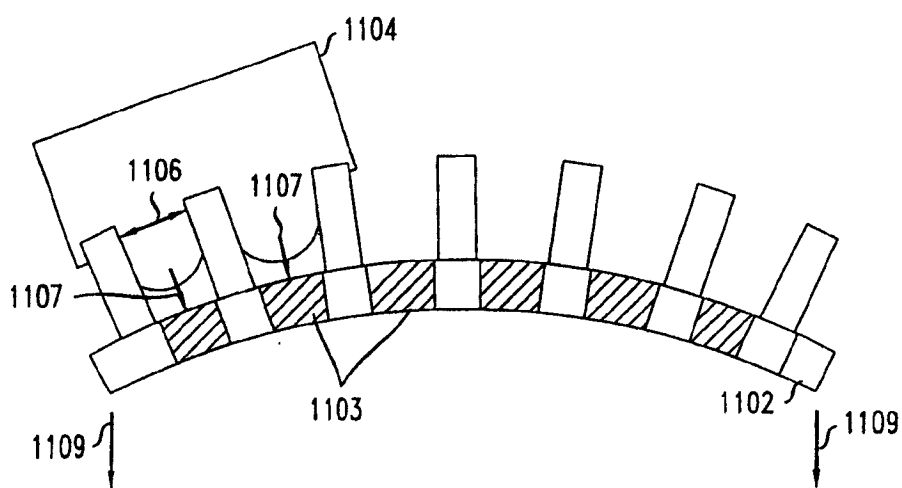


图 11B