



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102466825 A

(43) 申请公布日 2012. 05. 23

(21) 申请号 201010551637. 1

(22) 申请日 2010. 11. 16

(71) 申请人 中国科学院兰州化学物理研究所
地址 730000 甘肃省兰州市城关区天水中路
18 号

(72) 发明人 邓友全 胡晓东 张晓萍 张世国
张庆华 马祥元 卢六斤 何昱德
曲超

(74) 专利代理机构 兰州中科华西专利代理有限
公司 62002
代理人 方晓佳

(51) Int. Cl.
G02B 3/14 (2006. 01)
G02B 26/02 (2006. 01)

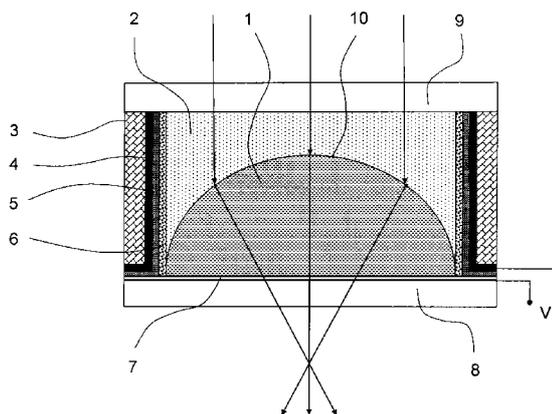
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 1 页

(54) 发明名称

基于离子液体的电润湿变焦透镜

(57) 摘要

本发明公开了一种基于离子液体的电润湿变焦透镜,包括圆筒形外壳,金属电极,透明电极,绝缘膜,疏水膜,玻璃顶盖,玻璃底盖,导电液体和填充液体,其中导电液体可以是一种、两种或多种离子液体的组合。本发明除具有一般变焦液体透镜的优点外,还具备实现聚焦所需电压较低,并可通过改变离子液体的种类调整焦距变化范围,而且可以适应外界温度的剧烈变化及低温、高温等极端条件,以及能够用于近红外成像等诸多优点。



1. 一种基于离子液体的电润湿变焦透镜,其特征在于该液体透镜包括导电液体(1)、填充液体(2)、外壳(3)、金属电极(4)、绝缘材料(5)、疏水材料(6)、透明电极(7)、透明底盖(8)、透明顶盖(9);其中金属电极(4)位于外壳(3)的内壁上,绝缘材料(5)位于金属电极(4)上,疏水材料(6)位于绝缘材料(5)上,透明电极(7)位于透明底盖(8)上,外壳(3)、透明底盖(8)及透明顶盖(9)组成封闭导电液体(1)和填充液体(2)的容器,所述导电液体(1)和填充液体(2)互不相溶,具有不同的折光率并且通过界面(10)彼此接触。

2. 根据权利要求1所述的基于离子液体的电润湿变焦透镜,其中,所述导电液体是离子液体,其中,所述离子液体可以是一种,也可以是两种或多种离子液体的组合。

3. 根据权利要求2所述的基于离子液体的电润湿变焦透镜,其特征为离子液体的阳离子是磷阳离子、1-烷基-3-甲基咪唑阳离子、N-烷基吡啶阳离子、N-烷基-N-甲基四氢吡咯阳离子、S-烷基噻吩阳离子中的一种,取代烷基为乙基、丁基、己基、辛基、十四烷基中的一种;阴离子是四氟硼酸根、六氟磷酸根、硫酸根、硫酸氢根、磷酸二氢根、磷酸根、硝酸根、高氯酸根、对甲苯磺酸根、苯甲酸根、醋酸根、三氟醋酸根、甲烷磺酸根、三氟甲烷磺酸根、双(全氟烷基磺酰基)亚胺基负离子、四氰基硼酸根、二亚硝基胺根、二氰基胺根、三氰基甲烷根、硫氰酸根、硒氰酸根、糖精酸根中的一种。

4. 根据权利要求1所述的基于离子液体的电润湿变焦透镜,其中,所述的填充液体是含有有机添加剂的正十二烷、正十六烷或硅酮油,

5. 根据权利要求1所述的基于离子液体的电润湿变焦透镜,其中,所述的填充液体是与作为导电液体的离子液体具有较大电导率差且互不相溶的另一种离子液体。

6. 根据权利要求5所述的基于离子液体的电润湿变焦透镜,其中,所述的填充液体是三己基十四烷基磷双三氟甲烷磺酰胺离子液体。

7. 根据权利要求1所述的基于离子液体的电润湿变焦透镜,填充液体中的有机添加剂是1,6-二溴正己烷、溴苯、1,2,3,6-四溴己烷及其混合物,有机添加剂的质量百分比为0.001%~30%,且在能够保证导电液体与填充液体密度匹配的条件下,添加的量尽可能的少。

8. 根据权利要求1所述的基于离子液体的电润湿变焦透镜,导电液体和填充液体的总体积是透明顶盖(9)、透明底盖(8)及外壳(3)所组成腔体的容积,导电液离子液体和填充液体的体积比为1:3~1:1;其中,导电液体的体积将腔体内的透明底盖完全覆盖的最小量。

9. 根据权利要求1所述的基于离子液体的电润湿变焦透镜,其中,其内径是0.5-4mm,相应的高是0.25-4mm。

10. 根据权利要求1所述的基于离子液体的电润湿变焦透镜,其中,在金属电极(4)和透明电极(7)之间施加频率为0.001~100kHz的交流电用于提供0V-80V不等的电压以控制离子液体透镜变焦。

基于离子液体的电润湿变焦透镜

技术领域

[0001] 本发明属于微光学技术领域,涉及一种使用离子液体作为导电液体的液体电润湿变焦透镜,具体涉及一种可用于低温、高温、真空等较苛刻条件下,能够适应外界环境温度剧烈变化,既可用于普通成像系统又能用于近红外成像的液体变焦透镜。

背景技术

[0002] 变焦透镜在光学系统中具有十分重要的作用。近年来随着光通信技术的发展以及对便携式摄像装置需求的不断增大,微型变焦透镜的需求随之增大。目前市场上的微型镜头主要是小型的传统机械运动透镜,其采用玻璃或者塑料通过注塑的方法得到小镜头,然后通过光学几何设计,将小型的镜头集成在位置可调的微型镜筒内,通过改变镜头的位置完成改变镜头焦距的目的。由于需要对透镜光学系统不断进行优化设计,传统机械运动透镜组结构复杂、能耗高、易磨损、造价昂贵,尺寸濒临极限,已不能满足产业发展的需求。为实现变焦透镜的微型化并提高其使用寿命,目前国际上已经提出了一些新型变焦微透镜技术,液体透镜就是其中的一种,相较于其他新型微透镜而言,液体透镜的结构最为简单,且成像质量较好。

[0003] 通过外加电压改变部分导电液体接触角的现象称为电润湿效应(electrowetting),电润湿效应可用于控制微小液滴的表面曲率。基于电润湿的液体变焦透镜利用电压改变液体的表面张力,从而改变液滴的表面曲率,实现液体透镜的变焦。与传统的机械运动透镜组相比,基于电润湿的变焦液体透镜的优势在于结构简单、体积小、重量轻、电功耗低、成本低、磨损小、轻便易携带。基于以上优点,液体透镜已经开始工业化规模生产,并广泛地应用于光学装置、显示装置和微机电系统中。

[0004] 目前国际上多家公司公开了焦距可调的液体透镜的设计和相关专利(US6014259, US6538823, US6545815, US6625351, US6665127, US6768539, US6778328, US6893877, EP1963894A2, EP1804090A1, EP1870741A1, EP1870742, EP1884805, CN200580011389.9, CN02141675.3, CN200710086069.0)。其中,ASTART 公司采用压电材料的膜片改变液体膜的曲率方向和半径,从而达到使液体透镜变焦的目的。LUCENT 公司提出了改变电极的设计、电极的表面特性、电极间表面特性等方法来调节液体透镜的焦距,并于 2003 年推出世界上第一款纯电力控制的液体变焦透镜,在电场作用下能改变自己的光学特性。。2004 年,荷兰 PHILIPS 公司展出了利用 Fluid Focus 技术开发出的新型无机械活动部件的变焦液体透镜。2006 年法国 VARIOPTIC 公司推出了两款液体透镜 Arctic320 及 Arctic416,实现了商品化的液体透镜,可应用于手机、医疗以及数字摄影市场。

[0005] 基于电润湿的变焦液体透镜的液体由导电液体和填充液体两种液体组成。为实现较好的变焦功能,要求这两种液体必须具有相匹配的密度和较大的折射率差以及较小的粘度和合适的表面张力。另外,为满足液体透镜商业化的要求,必须保证这两种液体在较高温度下,如 80℃ 长期运行不变质、不混合、不挥发。但是,一般传统的液体透镜使用无机盐的水溶液作为导电液体,在长时间的较高温温度下两种液体之间易产生物理变化和化学反应,

无机盐的水溶液在较高温度时易挥发,使透镜可靠性不佳,而当外界环境温度高于 80℃时,液体透镜无法工作。迄今为止也没有关于具有较好的高温可靠性的液体透镜的报道。而当温度低于 0℃时,由于受到水自身物理化学性质的制约,使得使用无机盐的水溶液作为导电液体的液体透镜无法使用,即使可以通过向无机盐的水溶液中添加抗凝剂的方法降低其凝固点,但其极限值也只能达到 -20℃。目前,没有关于可用于低温 (< -20℃) 情况下液体透镜的相关报道。并且,当环境温度剧烈变化时,由于无机盐的水溶液具有挥发性,容易在顶部端面产生微小液滴,降低成像质量,影响成像效果。尽管大量的专利描述了基于电润湿的液体透镜的机械构造,但未公开液体透镜的液体组成物。而且,在这些专利中也没有给出可以根本防止两种液体混合、挥发的可用于液体透镜的液体组成物。众所周知,在红外成像技术中所使用的红外胶片能记录波长在 0.4 ~ 1.35 μm 间的可见光和近红外线,而具有红外摄影功能的数码相机的光电耦合器 (CCD) 能响应的波谱为 0.4 ~ 1.1 μm。因为水对 0.9 ~ 1.1 μm 之间的近红外线有较强的吸收作用,所以使用无机盐的水溶液作为导电液体制作的液体透镜无法用于近红外成像。基于上述原因,使用无机盐的水溶液作为导电液体制作的液体透镜,其使用范围受到很大限制。

[0006] 离子液体 (RTILs) 一般是由特定的体积相对较大的结构不对称的有机阳离子和体积相对较小的无机阴离子构成的、在室温或近于室温下呈液态的熔盐体系。和传统的分子溶剂相比,往往展现出独特的物理化学性质和特有的功能,是一类值得研究发展的新型的绿色介质或软功能材料 (soft materials)。80 年代早期,英国 BP 公司和法国的 IFP 等研究机构开始较系统地探索 RTILs 作为溶剂与催化剂的可能性。90 年代以后,一系列性能稳定的 RTILs 的成功合成使其在催化与有机合成领域的应用研究逐渐活跃。离子液体具有液程宽 (-50℃ -200℃)、热稳定性好、具有良好导电性、物理化学性质 (折光率、密度、粘度) 可调、蒸汽压低等一系列优点。由于离子液体在 -50℃ -200℃ 的温度范围内均为液态,且蒸汽压低,几乎不挥发,因此相比于使用无机盐的水溶液作为导电液体制作的液体透镜而言,离子液体变焦透镜可用于低温、高温、真空等极端条件下,并且可以适应外界环境温度剧烈变化。因为离子液体具有可设计性,其物理化学性质 (折光率、密度、粘度) 可调,故可根据不同的需求设计、制作出具有不同折光率、密度、粘度的离子液体,从而组成多种具有不同焦距调节范围的离子液体透镜。此外,在没有外加电压作用的初始状态下,使用无机盐的水溶液作为导电液体制作的液体透镜为凹透镜,需要施加较大的电压使其由凹透镜变为凸透镜才能实现透镜的聚焦。

发明内容

[0007] 本发明的目的在于提供一种基于离子液体的电润湿变焦透镜。

[0008] 本发明的基于离子液体的电润湿变焦透镜其初始状态即为凸透镜,因此与使用无机盐的水溶液作为导电液体制作的液体透镜相比,只需较低的电压即可实现聚焦。由于离子液体在 0.9 ~ 1.1 μm 的近红外区有较好的透过率,使得离子液体变焦透镜亦可应用于红外成像领域。综上所述,离子液体是一类可应用于变焦液体透镜的理想介质,且在国内外未见关于离子液体在电润湿液体变焦透镜中应用的报道。

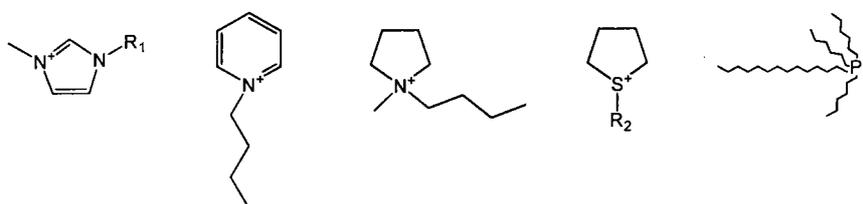
[0009] 一种基于离子液体的电润湿变焦透镜,通过电信号控制液体透镜的焦距变化,图 1 所示为本发明所述基于离子液体的电润湿变焦透镜的结构,包括导电液体 (1)、填充液体

(2)、外壳 (3)、金属电极 (4)、绝缘材料 (5)、疏水材料 (6)、透明电极 (7)、透明底盖 (8)、透明顶盖 (9);其中,金属电极 (4) 位于外壳 (3) 的内壁上,绝缘材料 (5) 位于金属电极 (4) 上,疏水材料 (6) 位于绝缘材料 (5) 上,透明电极 (7) 位于透明底盖 (8) 上,外壳 (3)、透明底盖 (8) 及透明顶盖 (9) 组成封闭导电液体 (1) 和填充液体 (2) 的容器,所述导电液体 (1) 和填充液体 (2) 互不相溶,具有不同的折光率并且通过界面 (10) 彼此接触。

[0010] 本发明所述的基于离子液体的电润湿变焦透镜,其中,导电液体是离子液体,所述离子液体可以是一种,也可以是两种或多种离子液体的组合。

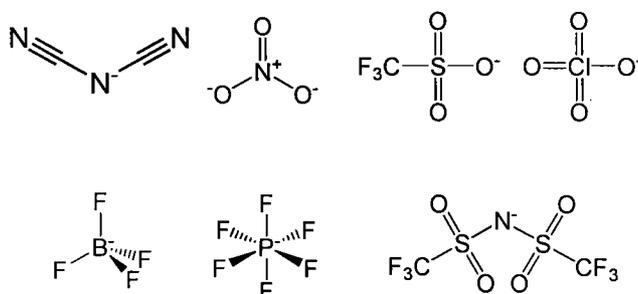
[0011] 本发明所述的基于离子液体的电润湿变焦透镜,其中,离子液体的特征为阳离子为磷阳离子、1-烷基-3-甲基咪唑阳离子、N-烷基吡啶阳离子、N-烷基-N-甲基四氢吡咯阳离子、S-烷基噻吩阳离子中的一种,取代烷基为乙基、丁基、己基、辛基、十四烷基中的一种。

[0012]



[0013] 阴离子为四氟硼酸根、六氟磷酸根、硫酸根、硫酸氢根、磷酸二氢根、磷酸根、硝酸根、高氯酸根、对甲苯磺酸根、苯甲酸根、醋酸根、三氟醋酸根、甲烷磺酸根、三氟甲烷磺酸根、双(全氟烷基磺酰基)亚胺基负离子、四氰基硼酸根、二亚硝基胺根、二氰基胺根、三氰基甲烷根、硫氰酸根、硒氰酸根、糖精酸根中的一种。

[0014]



[0015] 本发明所述的基于离子液体的电润湿变焦透镜,其中,填充液体可以是含有有机添加剂的正十二烷、正十六烷或硅酮油,也可以是与作为导电液体的离子液体具有较大电导率差且互不相溶的另一种离子液体,具体为三己基十四烷基磷双三氟甲烷磺酰胺离子液体。

[0016] 本发明所述的基于离子液体的电润湿变焦透镜,其中,填充液体中的有机添加剂可以是 1,6 二溴正己烷、溴苯、1,2,3,6-四溴己烷及其混合物,有机添加剂的质量百分比可以是 0.001%~30%,且在能够保证导电液体与填充液体密度匹配的条件下,添加的量尽可能的少。

[0017] 本发明所述的基于离子液体的电润湿变焦透镜,其中,导电液体和填充液体的总体积是透明顶盖 (9)、透明底盖 (8) 及外壳 (3) 所组成腔体的容积,导电液体与填充液体的体积比为 1 : 3 ~ 1 : 1,其中,导电液体的体积优选可以将腔体内的透明底盖完全覆盖的

最小量。

[0018] 本发明所述的基于离子液体的电润湿变焦透镜,其内径可以是 0.5-4mm,相应的高可以是 0.25-4mm。

[0019] 本发明所述的基于离子液体的电润湿变焦透镜,工作时,在金属电极(4)和透明电极(7)之间施加频率为 0.001 ~ 100kHz 的交流电用于提供 0V-80V 不等的电压以控制离子液体透镜变焦,优选频率为 1kHz。

[0020] 与传统的使用无机盐水溶液的液体透镜比,本发明所述的基于离子液体的电润湿变焦透镜具有如下特点:

[0021] 1. 可在低温(-40℃)、高温(+100℃)、真空等极端环境的光学系统中正常工作。

[0022] 2. 离子液体不挥发,能够适应外界环境温度的剧烈变化。

[0023] 3. 实现聚焦所需电压较低(< 60V)。

[0024] 4. 既可用于普通成像系统又能用于近红外成像。

附图说明

[0025] 图 1 为本发明基于离子液体的电润湿变焦透镜一种实施例的结构示意图。

[0026] 图 2 为图 1 的俯视图。

[0027] 图中,1. 导电液体,2. 填充液体,3. 外壳,4. 金属电极,5. 绝缘材料,6. 疏水材料,7. 透明电极,8. 透明底盖,9. 透明顶盖。

[0028] 实验实施描述

[0029] 基于电润湿的离子液体变焦透镜的制造方法,其制造方法为:

[0030] 1). 将金属电极(4)连接到外壳(3)上。

[0031] 2). 采用化学气象沉积的方法,将绝缘材料(5)N型聚对二甲苯涂覆到金属电极(4)上。

[0032] 3). 采用滴涂法,将疏水材料(6)Teflon AF1600 涂覆到绝缘材料(5)上。

[0033] 4). 采用真空溅射的方法,将透明电极(7)ITO 涂覆到透明底盖(8)上。

[0034] 5). 将外壳(3)连接到涂覆有 ITO 的透明底盖(8)上。

[0035] 6). 将导电液体(1)和填充液体(2)按照先后顺序注入上述连接体中。

[0036] 7). 将透明顶盖(9)组装到上述连接体上,封装完成。

具体实施方式

[0037] 以下,将参照具体的示例来更详细的解释本发明。然而,给出这些示例是为了解释的目的,而不意图限制本发明。

[0038] 实施例 1

[0039] 选用 1-乙基-3-甲基咪唑高氯酸盐([EMIm][ClO₄])作为导电液体。选用质量百分比 82%的正十二烷与质量百分比 18%的 1,6 二溴正己烷的混合溶液作为填充液体。通过将导电液体和填充液体按 1:2 的比例混合作为用于液体透镜的液体。

[0040] 将金属电极镶嵌到外壳上,利用化学气象沉积的方法在金属电极上沉积一层聚对二甲苯绝缘薄膜,采用滴涂法将 Dupont 公司的疏水材料 Teflon AF1600 涂覆到绝缘材料聚对二甲苯上,透明顶盖和透明底盖均使用石英玻璃,采用真空溅射的方法在底盖玻璃上涂

覆一层 ITO 透明导电膜作为平板电极。将通过上述处理的外壳连接到涂有 ITO 的透明底盖上,按照先后顺序填充 1-乙基-3-甲基咪唑高氯酸盐 ([EMIm][ClO₄]) 及添加 1,6 二溴正己烷的正十二烷,最后用透明顶盖封装,将金属电极和 ITO 透明电极分别连接交流电源的两极。

[0041] 将封装好的离子液体透镜保持在 +100°C 下 48 小时或者更长时间来进行高温可靠性测试,结果如下所示:

[0042] 变焦范围:5cm 至 150cm

[0043] 变焦倍率:3 倍

[0044] 响应时间:100ms

[0045] 透射率:90%

[0046] 对比例 1

[0047] 选用按质量百分比计 0.2% 的 Na₂SO₄ 水溶液作为导电液体,选用以质量百分比计 86% 的正十二烷与以质量百分比计 14% 的 1,6 二溴正己烷的混合溶液作为填充液体。通过将导电液体和填充液体按 5:1 的比例混合作为用于液体透镜的液体。

[0048] 以与示例 1 相同的方式制作用于对比的液体透镜,并对其进行高温可靠性测试,结果在 +60°C 时,液体开始产生气泡,随着温度的升高,气泡的量随之增大,至 +70°C 气泡已完全覆盖液体透镜的顶盖,液体透镜已无法成像。

[0049] 如前所述,本发明的离子液体变焦透镜可用于高温条件下,能够满足液体透镜在高温时工作的需要,有较好的高温可靠性。因此,根据本发明的基于离子液体的电润湿变焦透镜适用于作液体透镜的元件并且因此可商业化。

[0050] 实施例 2

[0051] 选用 1-乙基-3-甲基咪唑高氯酸盐 ([EMIm][ClO₄]) 和 1-丁基-3-甲基咪唑四氟硼酸盐 ([BMIm][BF₄]) 体积比为 1:1 的混合液体作为导电液体。选用质量百分比 82% 的正十二烷与质量百分比 18% 的 1,6 二溴正己烷的混合溶液作为填充液体。通过将导电液体和填充液体按 1:2 的比例混合作为用于液体透镜的液体。

[0052] 将金属电极镶嵌到外壳上,利用化学气象沉积的方法在金属电极上沉积一层聚对二甲苯绝缘薄膜,采用滴涂法将 Dupont 公司的疏水材料 Teflon AF1600 涂覆到绝缘材料聚对二甲苯上,透明顶盖和透明底盖均使用石英玻璃,采用真空溅射的方法在底盖玻璃上涂覆一层 ITO 透明导电膜作为平板电极。将通过上述处理的外壳连接到涂有 ITO 的透明底盖上,按照先后顺序填充 1-乙基-3-甲基咪唑高氯酸盐 ([EMIm][ClO₄]) 和 1-丁基-3-甲基咪唑四氟硼酸盐 ([BMIm][BF₄]) 的混合液体及添加 1,6 二溴正己烷的正十二烷,最后用透明顶盖封装,将金属电极和 ITO 透明电极分别连接交流电源的两极。

[0053] 将封装好的离子液体透镜保持在 +100°C 下 48 小时或者更长时间来进行高温可靠性测试,结果如下所示:

[0054] 变焦范围:8cm 至 140cm

[0055] 变焦倍率:3 倍

[0056] 响应时间:150ms

[0057] 透射率:88%

[0058] 应当注意的是上述实施方式仅仅是举例而非限制本发明,本领域的技术人员讲能

够设计许多替换实施方式而不脱离后附权利要求的范围。在权利要求中,置于括号中的任何参考标记不应当被理解成限制权利要求,词语“包括”并不排除在权利要求中所列出的那些之外还存在其它的原件或步骤。在元件之前的词语“一”并不排除存在多个这种元件。本发明可以借助于包括若干不同元件的硬件部件实现。在列举若干部件的设备权利要求中,这些部件中的几个可以体现为硬件的同一个零件。

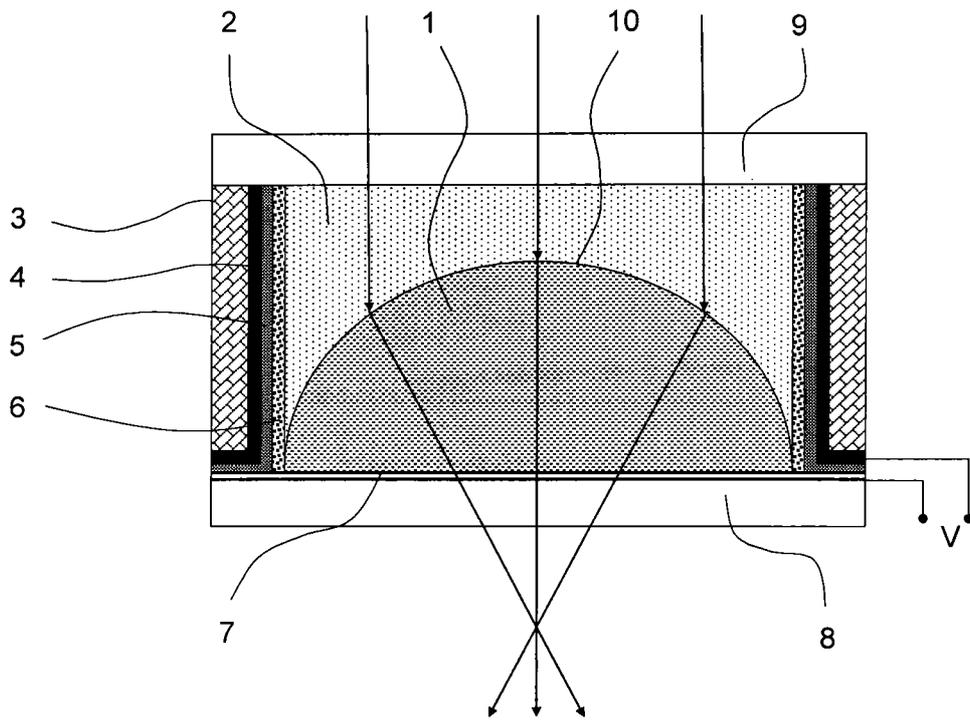


图 1

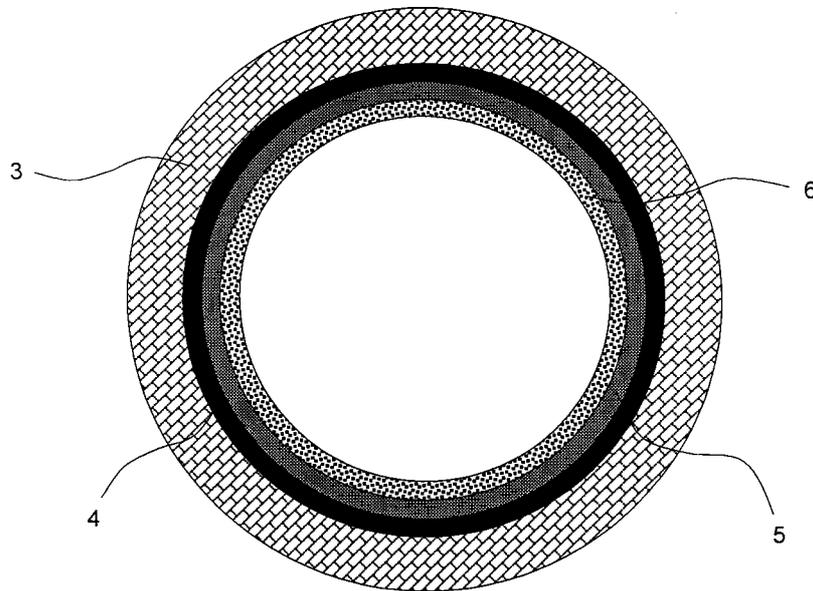


图 2