



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102422213 B

(45) 授权公告日 2015. 10. 21

(21) 申请号 201080020543. X

(22) 申请日 2010. 07. 20

(30) 优先权数据

10-2009-0067040 2009. 07. 22 KR

10-2010-0022075 2010. 03. 12 KR

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011. 11. 10

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/KR2010/004739 2010. 07. 20

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/010852 KO 2011. 01. 27

(73) 专利权人 纳诺布雷克株式会社

地址 韩国京畿道

(72) 发明人 朱宰贤 李仁淑 葛振河 高多贤

(74) 专利代理机构 北京鸿元知识产权代理有限公司 11327

代理人 许向彤 林锦辉

(51) Int. Cl.

G02F 1/167(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1490657 A, 2004. 04. 21, 说明书第 2 页倒数第 2 段至第 4 页第 4 段, 附图 1-3.

CN 1490657 A, 2004. 04. 21, 说明书第 2 页倒

数第 2 段至第 4 页第 4 段, 附图 1-3.

CN 1504821 A, 2004. 06. 16, 说明书第 4 页 19 行至第 45 页 20 行, 附图 1-17.

CN 1354385 A, 2002. 06. 19, 全文.

KR 2009-0076065 A, 2009. 07. 13, 全文.

KR 2004-0011621 A, 2004. 02. 11, 全文.

CN 1961252 A, 2007. 05. 09, 全文.

CN 101060922 A, 2007. 10. 24, 全文.

KR 2009-0006453 A, 2009. 01. 15, 全文.

审查员 代云丽

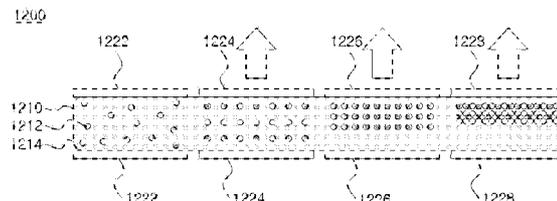
权利要求书2页 说明书21页 附图30页

(54) 发明名称

利用光子晶体特性的显示方法及装置

(57) 摘要

本发明揭示一种利用光子晶体特性的显示方法及装置。在本发明利用光子晶体特性的显示方法中,当多个具有电荷的粒子散布于一溶剂时,施加电场以控制所述粒子之间的间距。



1. 一种利用光子晶体特性的显示方法,其中,具有相同极性的电荷的多个粒子散布于溶剂中,当施加电场到该溶剂时,该溶剂被电极化并且其极化量随着所施加的电场的变化而变化;

其中通过施加电场,在所述溶剂处于电极化的状态下控制所述多个粒子之间的间距;其中,在每个所述粒子周围的溶剂的分子非对称排列,等同于一个大的极化粒子;

其中所述多个粒子的间距随着电场强度和方向的至少其中之一改变而改变,从而从所述粒子反射的光的波长随着粒子间距的改变而改变。

2. 如权利要求 1 所述的显示方法,其中,在施加该电场时,在该电场与所述粒子之间产生导致所述粒子电泳的第一电力,在具有相同极性的电荷的多个粒子之间产生的第二电力;由电极化的所述溶剂产生的第三电力;

并且其中所述第一至第三电力相互作用,使得所述粒子之间的间距保持在特定范围内,从而所述多个粒子反射特定波长分布的光线。

3. 如权利要求 1 所述的显示方法,其中,该溶剂包含超顺电或铁电材料。

4. 如权利要求 1 所述的显示方法,其中所述粒子与该溶剂间的折射率差值大于等于 0.3。

5. 如权利要求 1 所述的显示方法,其中所述溶剂包含极性指数等于或大于 1 的材料。

6. 如权利要求 1 所述的显示方法,其中所述粒子及该溶剂被用由透光材料制成的囊体加以封装。

7. 如权利要求 1 所述的显示方法,其中所述粒子及该溶剂被用由绝缘材料制成的壁分隔。

8. 如权利要求 1 所述的显示方法,其中,所述粒子及溶剂是以微滴的形式散布透光介质中。

9. 如权利要求 1 所述的显示方法,其中,被施加所述电场的区域被划分成至少两个部分区域;其中该电场分别施加到被划分的每一个所述部分区域。

10. 如权利要求 1 所述的显示方法,在施加所述电场后,施加与已施加的所述电场方向相反的电场来重置粒子间距。

11. 如权利要求 1 所述的显示方法,其中在施加电场之前,施加备用电场以将粒子间距保持在预定的粒子间距。

12. 如权利要求 1 所述的显示方法,其中所述粒子间距随着所述电场的施加持续时间和施加周期的其中至少之一而改变。

13. 如权利要求 1 所述的显示方法,其中使用穿经所述粒子的光线来产生电能,并且使用该电能来施加该电场。

14. 如权利要求 1 所述的显示方法,其中,通过使用上电极及下电极施加该电场,且设定该电场的强度小于预定值,以控制所述粒子的移动范围小于预定值,从而显示所述粒子、该溶剂、及该上和下电极中之一的独特颜色。

15. 如权利要求 1 所述的显示方法,其中,通过使用上电极及下电极施加该电场,以及设定该电场的强度大于等于预定值,以使所述粒子移动到该上电极或者该下电极的至少某部份,从而显示所述粒子、该溶剂、及该上和下电极中之一的独特颜色。

16. 如权利要求 1 所述的显示方法,其中通过在具有与所述多个粒子极性相反的第二粒子进一步散布于该溶剂中的状态下施加电场,来通过该电场将所述多个粒子之间的间距与所述第二粒子之间的间距控制为彼此不同。

17. 一种利用光子晶体特性的显示装置,其包含:

显示单元,其中具有相同极性的电荷的多个粒子散布于溶剂中,当施加电场时,该溶剂被电极化,并且其电极化量随着所施加的电场的改变而改变;以及

电场产生和/或施加单元,其用于产生施加至该显示单元的电场,

其中,当该溶剂处于电极化状态时,通过对该显示单元施加该电场以控制所述多个粒子之间的间距;其中,在每个所述粒子周围的溶剂的分子非对称排列,等同于一个大的极化粒子;

其中所述多个粒子的间距随着电场强度和方向的至少其中之一改变而改变,从而从所述粒子反射的光的波长随着粒子间距的改变而改变。

18. 如权利要求 17 所述的显示装置,其中所述粒子与该溶剂被用由透光材料制成的囊体加以封装。

19. 如权利要求 17 所述的显示装置,其中所述粒子及该溶剂被用由绝缘材料制成的壁分隔。

20. 如权利要求 17 所述的显示装置,其中施加该电场的区域被划分成至少两个部份区域,并且该电场分别施加至被划分的每一个该部份区域。

21. 如权利要求 17 所述的显示装置,还包括太阳能电池,该太阳能电池使用穿经所述粒子的光线来产生电能,并且使用该电能来施加该电场。

22. 如权利要求 17 所述的显示装置,其中,通过上电极及下电极施加该电场,且设定该电场的强度大于等于预定值,以使所述粒子移动到该上电极或者该下电极的至少某一部分,从而显示所述粒子、该溶剂、及该上和下电极的其中之一的独特颜色。

利用光子晶体特性的显示方法及装置

技术领域

[0001] 本发明是有关于一种利用光子晶体特性的显示方法及装置。更具体的是,本发明是有关于一种利用光子晶体特性的显示方法及装置,其中当多个具有电荷的粒子散布于有电极化特性 (electrical polarization characteristics) 的溶剂中,或具有电荷及电极化特性的粒子散布于溶剂中时,施加电场以控制粒子间的空距从而控制从粒子反射的光的波长。

背景技术

[0002] 最近,由于人们积极从事下一代显示器的研发,因此正在引进各式各样的显示构件。下一代显示器的典型例子可包含电子墨水 (electronic ink)。电子墨水这种显示器是施加电场至有特定颜色 (例如,黑与白) 及各自带有负、正电荷的粒子以显示特定颜色。电子墨水具有低耗电量与挠性显示的优点。不过,电子墨水的局限性是难以呈现各种颜色,因为粒子的颜色被设定成特定的颜色,而且由于显示切换速度低,电子墨水还具有不适合显示移动影像的局限性。

[0003] 为了根本克服传统的下一代显示器的上述问题,有人已提出各种方法,例如,利用光子晶体的原理的方法。

[0004] 术语“光子晶体”是指被作成通过对于入射于规则排列微结构的光线只反射在特定波长范围内的光线且透射其它波长范围的光线而有对应至特定波长范围的颜色材料或晶体。光子晶体的典型例子包括蝴蝶翅膀、甲虫壳等等。尽管它们不含任何颜料,然而它们有独特的光子晶体结构,因此它们可产生独特的颜色。

[0005] 最近的光子晶体的研究证实,尽管存在于自然的现有光子晶体只反射特定波长的光线,然而人工合成的光子晶体可利用不同外界刺激任意改变它的结晶结构 (例如,光子晶体的夹层厚度),因此,可自由地调整反射光的波长范围以涵盖紫外线或红外线区以及可见光区。

[0006] 聚焦于这一点,在发现有可能利用光子晶体特性来实现显示方法及装置后,本案发明人已做出本发明。施加电场至具有电荷或电极化特性的粒子及具有电极化特性的溶剂以控制粒子间的空距,由此由粒子反射在某一波长范围内的光线。

发明内容

[0007] 因此,本发明的目标是要提供一种利用光子晶体特性的显示方法及装置,其中,当具有电荷的粒子散布于溶剂中、具有电荷及电极化特性的粒子散布于溶剂中、或具有电荷的粒子散布于有电极化特性的溶剂中时,施加电场以控制所述粒子之间的空距以由此控制所述粒子的反射光的波长。

[0008] 本发明的另一目标是要提供一种利用光子晶体特性的显示方法及装置,该方法及装置通过调整施加至粒子及溶剂的电场的强度、方向及施加持续时间来控制粒子反射光的波长。

[0009] 本发明的又一目标是要提供一种利用光子晶体特性的显示方法及装置,该方法及装置使用诸如囊体 (capsule)、格子 (cell)、分段电极 (partitioned electrode) 之类的结构来独立地控制粒子间的间距。

[0010] 根据本发明的一方面,提供一种利用光子晶体特性的显示方法,其中,当多个具有电荷的粒子散布于溶剂时,施加电场以控制所述粒子之间的间距。

[0011] 所述粒子与该溶剂中至少其中之一具有电极化特性。

[0012] 在施加该电场时,所述粒子之间的该间距可通过以下两者的相互作用保持在一特定范围内:在该电场与所述粒子之间产生而导致所述粒子电泳 (electrophoresis) 的电力 (electric force),以及在该等多个具有电荷的粒子之间产生的电力,并且在所述粒子之间的该间距保持在该特定范围内时,该多个粒子可反射有特定波长模式 (wavelength pattern) 的光线。

[0013] 在施加该电场时,所述粒子之间的间距可通过以下三者的相互作用保持在一特定范围内:在该电场与所述粒子之间产生而导致所述粒子电泳的电力、在该多个具有电荷的粒子之间产生的电力、以及由电极化产生的电力,并且在所述粒子之间的间距保持在该特定范围内时,该多个粒子可反射有特定波长模式的光线。

[0014] 所述粒子之间的间距可随着以下各项中的至少一项的变化而改变:该电场的强度、方向、施加持续时间、施加周期、及施加次数。该多个粒子的反射光的波长可随着该粒子之间的间距的变化而改变。

[0015] 所述粒子与该溶剂的折射率差可大于 0.3。

[0016] 所述粒子及该溶剂可用透光绝缘材料封入囊中或分隔开。

[0017] 有施加该电场的区域可分成至少两个部份区域,以及可分别施加该电场至该至少两个隔开的部份区域。

[0018] 在施加该电场至所述粒子或该溶剂之后,可施加极性与该电场相反的电场以重置所述粒子之间的间距。

[0019] 在施加该电场之前,可施加一后备电场 (standby electric field) 以便使所述粒子之间的间距保持预定的粒子间的间距。

[0020] 使用穿经所述粒子的光线可产生电能,以及可使用该电能来施加该电场。

[0021] 通过上电极及下电极来施加该电场,以及设定该电场的强度小于预定值以控制所述粒子的移动范围小于预定值,可显示所述粒子、该溶剂、及该上或下电极的独特颜色。

[0022] 通过上电极及下电极来施加该电场,以及设定该电场的强度大于等于预定值以使所述粒子朝着该上电极或者该下电极的至少一部份移动,可显示所述粒子、该溶剂、及该上或下电极的独特颜色。

[0023] 通过在有负电荷的第一粒子与有正电荷的第二粒子散布于该溶剂中的状态下施加电场,所述第一粒子之间的间距与所述第二粒子之间的间距彼此可独立地用该电场控制。

[0024] 所述粒子与该溶剂可包含透射可见光的材料,以及在该多个粒子之反射光的波长范围超出可见光的波长范围内时,该多个粒子及该溶剂变得透明。

[0025] 所述粒子或该溶剂可包含可通过电子极化 (electronic polarization)、离子极化 (ionic polarization)、界面极化 (interfacial polarization) 及旋转极化

(rotational polarization) 中的任何一种电极化的材料。

[0026] 所述粒子或该溶剂可包含超顺电 (superparaelectric) 或铁电材料。

[0027] 该溶剂可包含极性指数 (polarity index) 等于或大于 1 的材料。

[0028] 该溶剂可由呈凝胶态 (gel state) 的材料制成。

[0029] 根据本发明的另一方面, 提供一种利用光子晶体特性的显示装置, 其包含: 显示单元, 其包含多个具有电荷的粒子与所述粒子散布于其中的溶剂; 以及, 用于产生施加至该显示单元的电场的电场产生和 / 或施加单元, 其中, 当所述多个具有电荷的粒子散布于该溶剂中时, 施加该电场以控制所述粒子之间的间距。

[0030] 所述粒子与该溶剂至少其中之一具有电极化特性。

[0031] 有施加了该电场的区域可分成至少两个部份区域, 以及可分别施加该电场至该至少两个隔开的部份区域。

[0032] 可使用穿经所述粒子的光线来产生电能, 以及可使用该电能来施加该电场。

[0033] 凭借着通过上电极及下电极来施加的该电场, 以及设定该电场的强度小于预定值以控制所述粒子的移动范围小于一预定值, 可显示所述粒子、该溶剂、及该上或下电极的独特颜色。

[0034] 凭借着通过上电极及下电极来施加的该电场, 以及设定该电场的强度大于等于预定值以使所述粒子移动到该上电极或者该下电极的至少一部份, 可显示所述粒子、该溶剂、及该上或下电极的独特颜色。

[0035] 通过在有负电荷的第一粒子与有正电荷的第二粒子散布于该溶剂中的状态下施加电场, 所述第一粒子之间的间距与所述第二粒子之间的间距彼此可独立地用该电场控制。

附图说明

[0036] 由以下优选具体实施例结合附图的描述可明白本发明以上及其它的目标及特征。

[0037] 图 1 及图 2 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的包含在显示装置内的粒子的组态;

[0038] 图 3 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的粒子或溶剂在施加电场后的极化组态;

[0039] 图 4 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的分子不对称排列所展现的单元极化特性;

[0040] 图 5 的视图示出了顺电材料、铁电材料及超顺电材料的滞后曲线;

[0041] 图 6 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的有可能含于粒子中的钙钛矿结构的材料;

[0042] 图 7 的视图概念性地示出了根据本发明第一具体实施例的控制粒子间的间距的组态;

[0043] 图 8 的视图概念性地示出了根据本发明的第二具体实施例的控制粒子间的间距的组态;

[0044] 图 9 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的显示装置的配置;

[0045] 图 10 及图 11 的视图概念性地示出了根据本发明的第一、第二具体实施例的显示

装置的配置；

[0046] 图 12 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的包括电场产生和 / 或施加单元的显示装置的配置,该电场产生和 / 或施加单元含有多个电极；

[0047] 图 13 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的包含于显示装置的粒子及溶剂均封装于多个囊体之中的配置；

[0048] 图 14 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的包含于显示装置的粒子及溶剂均散布于介质之中的配置；

[0049] 图 15 及图 16 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的散布于介质中的粒子及溶剂散布于介质中的组合物；

[0050] 图 17 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的显示装置所含粒子及溶剂被分隔成多个格子的配置；

[0051] 图 18 至图 20 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的施加于显示装置的电压图形 (pattern)；

[0052] 图 21 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的包含太阳能电池单元的显示装置之配置；

[0053] 图 22 至图 24 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的构成电场产生和 / 或施加单元的电极被形成图形的配置；

[0054] 图 25 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的用于显示黑色或白色的显示装置的配置；

[0055] 图 26 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的用于实现透明显示器的显示装置的配置；

[0056] 图 27 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的利用彼此有不同电荷的粒子来实现光子晶体显示器的显示装置的配置；

[0057] 图 28 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的利用施加接地电压的电极来实现双面光子晶体显示器的显示装置的组态；

[0058] 图 29 的视图示出了根据本发明的另一具体实施例的显示装置的配置；

[0059] 图 30 及图 31 的图表及相片示出了根据本发明的一个具体实施例的在具有电荷的粒子散布于有电极化特性的溶剂时,做施加电场的实验所得到的粒子反射光；

[0060] 图 32 及图 33 的图表示出了根据本发明的一个具体实施例的在具有电荷的粒子散布于有不同极性指数的各种溶剂时,做施加电场的实验所得到的粒子反射光波长；

[0061] 图 34 及图 35 的图表及相片示出了根据本发明的一个具体实施例的在具有电荷及电极化特性的粒子散布于溶剂时,做施加电场的实验所得到的粒子反射光；

[0062] 图 36 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的用于实现透明显示器的配置的实验结果；

[0063] 图 37 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的随着显示装置的观看角度而变化的显示器效能的实验结果 (亦即,显示器视角的实验结果);以及

[0064] 图 38 及图 39 的视图示出了根据本发明的又一具体实施例的通过施加电场及磁场至具有电荷及磁性的粒子来实际实现显示器的结果。

[0065] 主要组件符号说明

- [0066] 110... 粒子
- [0067] 112... 核壳
- [0068] 114... 多核
- [0069] 116... 团簇结构
- [0070] 118... 电荷层
- [0071] 120... 溶剂
- [0072] 510... 顺电材料
- [0073] 520... 铁电材料
- [0074] 530... 超顺电材料
- [0075] 710... 单元极化溶剂
- [0076] 720... 粒子
- [0077] 730... 极化区
- [0078] 810... 粒子
- [0079] 900... 显示装置
- [0080] 910... 显示单元
- [0081] 912... 粒子
- [0082] 914... 溶剂
- [0083] 920... 电场产生和 / 或施加单元
- [0084] 1210... 显示单元
- [0085] 1212... 粒子
- [0086] 1214... 溶剂
- [0087] 1222... 第一电极
- [0088] 1224... 第二电极
- [0089] 1226... 第三电极
- [0090] 1228... 第四电极
- [0091] 1300... 显示单元
- [0092] 1312... 粒子
- [0093] 1314... 溶剂
- [0094] 1322... 第一囊体
- [0095] 1324... 第二囊体
- [0096] 1326... 第三囊体
- [0097] 1328... 第四囊体
- [0098] 1332, 1334, 1336, 1338... 电极
- [0099] 1400... 显示装置
- [0100] 1410... 第一区域
- [0101] 1412, 1414... 区域
- [0102] 1420... 第二区域
- [0103] 1430... 介质
- [0104] 1442... 第一电极

- [0105] 1444... 第二电极
- [0106] 1510... 粒子
- [0107] 1520... 透光材料
- [0108] 1610... 粒子
- [0109] 1620... 溶剂
- [0110] 1630... 介质
- [0111] 1700... 显示装置
- [0112] 1712... 粒子
- [0113] 1714... 溶剂
- [0114] 1732, 1734, 1736, 1738... 格子
- [0115] 2100... 显示装置
- [0116] 2120... 电场产生和 / 或施加单元
- [0117] 2130... 太阳能电池单元
- [0118] 2220... 上电极
- [0119] 2225... 下电极
- [0120] 2230... 栅格状绝缘层
- [0121] 2320... 第一电极
- [0122] 2325... 第二电极
- [0123] 2420... 第一电极
- [0124] 2425... 第二电极
- [0125] 2510... 显示单元
- [0126] 2512... 黑色粒子
- [0127] 2520... 透明上电极
- [0128] 2522, 2524... 第一、第二下电极
- [0129] 2610... 显示单元
- [0130] 2612... 透明粒子
- [0131] 2620... 上电极
- [0132] 2622... 下电极
- [0133] 2700... 显示装置
- [0134] 2710... 显示单元
- [0135] 2712... 粒子
- [0136] 2714... 粒子
- [0137] 2720... 上电极
- [0138] 2725... 下电极
- [0139] 2800... 显示装置
- [0140] 2810... 第一显示单元
- [0141] 2815... 第二显示单元
- [0142] 2820... 上电极
- [0143] 2825... 下电极

- [0144] 2830... 接地电极
- [0145] 2900... 显示装置
- [0146] 2910... 显示单元
- [0147] 2912... 粒子
- [0148] 2922... 第一电极
- [0149] 2924... 第二电极
- [0150] 2926... 第三电极
- [0151] 2930... 磁场施加单元
- [0152] 2932... 电磁铁
- [0153] 2934... 线圈
- [0154] 3710-3760... 色彩图形

具体实施方式

[0155] 在以下的详述中,是以参考附图的方式来说明可实践本发明的特定具体实施例。所述具体实施例会充分地加以详述使得本领域技术人员可实践本发明。应了解,本发明的各种具体实施例尽管彼此不同,然而它们不一定互相排斥。

[0156] 例如,本文结合一具体实施例来描述的特定特征、结构及特性可用于其它的具体实施例而不脱离本发明的精神与范畴。此外,应了解,可改变个别组件在具体实施例之中的位置或排列而不脱离本发明的精神与范畴。因此,以下的详述没有限定的意思,而本发明的范畴只由随附的权利要求书来定义,该权利要求书的适当解释应包含权利要求书所涉及的所有等价范围。附图中,在多个视图中的相同或类似的组件或功能用相同的组件符号表示。

[0157] 以下,以参考附图的方式来详述本发明的配置使得本领域技术人员可轻易实行本发明。

[0158] 显示装置的配置

[0159] 本发明的显示装置的具体实施例的主要技术特征在于,当多个具有电荷的粒子散布于溶剂、多个具有电荷的粒子散布于有电极化特性的溶剂、或多个具有电荷及电极化特性的粒子散布于溶剂时,施加电场以控制粒子间的间距,由此利用光子晶体特性来实现全光谱的显示器。

[0160] [具有电荷的粒子]

[0161] 图1及图2的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的显示装置内含粒子的组态。

[0162] 首先,请参考图1,根据本发明的一个具体实施例,散布于溶剂120的粒子110为带有负电荷或正电荷的粒子。在此时,通过同类电荷在粒子110间所造成的排斥力,粒子110彼此以预定的间隔排列。粒子110的直径范围可以从数纳米至数百个微米,但不一定受限于此。

[0163] 请参考图2,根据本发明的一个具体实施例,粒子110可具有由如图2(a)所示的不同类型材料制成的核壳(core-shell)112配置,由如图2(b)所示的不同种类材料制成的多核114配置,或者由如图2(c)所示的多个纳米粒子制成的团簇结构(cluster structure)116,在该结构中有电荷的电荷层(charge layer)118包围着粒子。

[0164] 更具体的是,根据本发明的一个具体实施例,粒子 110 可用以下元素制成,例如硅 (Si)、钛 (Ti)、钡 (Ba)、锶 (Sr)、铁 (Fe)、镍 (Ni)、钴 (Co)、铅 (Pb)、铝 (Al)、铜 (Cu)、银 (Ag)、金 (Au)、钨 (W)、及钼 (Mo) 或它们的化合物。此外,根据本发明的一个具体实施例,所述粒子可由聚合物材料制成,例如 PS(聚苯乙烯)、PE(聚乙烯)、PP(聚丙烯)、PVC(聚氯乙烯)、以及 PET(聚乙烯对苯二甲酸酯)。此外,根据本发明的一个具体实施例,可通过将具有电荷的材料涂布于没有电荷的粒子或团簇上来制作所述粒子。这种粒子的实例可包含:用具有羟基的有机化合物加工(即,涂布)其表面的粒子,用具有羧酸基、酯基及酰基的有机化合物加工(即,涂布)其表面的粒子,用含有卤(F、Cl、Br、I、等等)元素的络合物(complex compound)加工(即,涂布)其表面的粒子,用含有胺、酰胺及磷化氢的配位化合物(coordination compound)加工(即,涂布)其表面的粒子,以及具有通过在表面上形成基团而产生的电荷的粒子。

[0165] 同时,根据本发明的一个具体实施例,为了通过保持稳定的胶态(colloidal state)且粒子不在溶剂中沉淀而有效地展现光子晶体特性,包含粒子及溶剂的胶体溶液的电动电位(electrokinetic potential,亦即,zeta 电位)的数值可大于等于预设值,粒子与溶剂的比重差可小于等于预设值,以及溶剂与粒子的折射率差值可大于等于预设值。例如,胶体溶液的电动电位绝对值可大于等于 10mV,粒子与溶剂的比重差可小于等于 5,以及粒子与溶剂的折射率差值可大于等于 0.3。

[0166] [电极化特性]

[0167] 此外,根据本发明的一个具体实施例,内含于显示装置的粒子或溶剂可具有电极化特性。此类粒子或溶剂可包含用以下方法中的任一项来电极化的材料:电子极化、离子极化、界面极化、以及旋转极化,因为在施加外部电场时会造成原子或分子的电荷分布不对称。

[0168] 图 3 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的粒子或溶剂在施加电场后的极化组态。

[0169] 请参考图 3 的 (a) 与 (b),如果不施加外部电场,粒子和 / 或溶剂保持电平衡态(electrical equilibrium state),然而,如果施加外部电场,粒子和 / 或溶剂中的电荷会在预定的方向中移动,因此可极化粒子或溶剂。请参考图 3 的 (c) 与 (d),如果不施加外部电场,具有由于电性不对称成分(electrically asymmetric component)造成的单元极化(unit polarization)的粒子和 / 或溶剂的分子的混乱或随机地排列。然而,如果施加外部电场,可使有单元极化的粒子和 / 或溶剂的分子沿着外部电场的方向重新排列成有预定的方向,从而,整体可展现相当大的极化值。同时,根据本发明的一个具体实施例,呈不对称排列(asymmetrical arrangement)的电子或离子,或呈不对称结构的分子可发生单元极化。在不施加外部电场时,由于有此单元极化,也会有很小的剩余极化值。

[0170] 图 4 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的不对称排列分子所展现的单元极化特性。更具体的是,图 4 图示了水分子(H_2O)的情形。除了水分子以外,三氯乙烯(trichloroethylene)、四氯化碳(carbon tetrachloride)、二异丙醚(di-iso-propyl ether)、甲苯、甲基第三丁基醚(methyl-t-butyl ether)、二甲苯、苯、二乙醚、二氯甲烷(dichloromethane)、1,2-二氯乙烷、乙酸丁酯、异丙醇、正丁醇、四氢呋喃(tetrahydrofuran)、正丙醇、氯仿(chloroform)、乙酸乙酯、2-丁酮、环氧己烷(dioxane)、

丙酮、甲醇、乙醇、乙腈 (acetonitrile)、醋酸、二甲基甲酰胺 (dimethylformamide)、二甲基亚砜 (dimethyl sulfoxide)、碳酸丙烯酯 (propylene carbonate)、等等也可用作构成粒子或溶剂的材料,因为它们有由不对称分子结构所致的单元极化特性。供参考,用来比较材料极化特性的极性指数为显示给定材料相对于水的 (H_2O) 极化特性的相对极化程度的指数。

[0171] 此外,根据本发明的一个具体实施例,粒子或溶剂可包含铁电材料,它在施加外部电场时显示极化增强,甚至在不施加外部电场的情形下显示有大的剩余极化及残余滞后 (remnant hysteresis),所述粒子或溶剂可包含超顺电材料,它在施加外部电场时显示极化增加而在不施加外部电场时显示没有剩余极化及残余滞后。从图 5 可看到,存在由外部电场得到的顺电 (paraelectric) 材料 510、铁电材料 520 及超顺电材料 530 的滞后曲线 (hysteresis curve)。

[0172] 此外,根据本发明的一个具体实施例,粒子或溶剂可包含具有钙钛矿 (perovskite) 结构的材料。有钙钛矿结构的材料实施例 (例如, ABO_3) 可包含诸如 $PbZrO_3$ 、 $PbTiO_3$ 、 $Pb(Zr, Ti)O_3$ 、 $SrTiO_3$ 、 $BaTiO_3$ 、 $(Ba, Sr)TiO_3$ 、 $CaTiO_3$ 、 $LiNbO_3$ 之类的材料。

[0173] 图 6 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例可包含于粒子或溶剂中的具有钙钛矿结构的材料。请参考图 6, 锆 (或钛) 在 $PbZrO_3$ (或 $PbTiO_3$) (亦即, ABO_3 结构之中的 B) 的位置可随着施加于 $PbZrO_3$ (或 $PbTiO_3$) 之外部电场的方向而改变,因此,可改变 $PbZrO_3$ (或 $PbTiO_3$) 的整体极性。

[0174] 同时,根据本发明的一个具体实施例,该溶剂可包含极性指数等于或大于 1 的材料。

[0175] 不过,粒子与溶剂的成分不一定受限于以上所列出的,而在本发明的目标的范畴内可适当地加以改变,亦即,在可用电场来控制粒子间的间距的范畴内。

[0176] [显示装置的操作原理与配置]

[0177] 同时,根据本发明的第一具体实施例,当有同号或同极性的电荷的多个粒子散布于有电极化特性的溶剂时,如果施加电场至散布的所述粒子及包含散布的所述粒子的溶剂,与电场强度及粒子电荷量成正比电吸力 (electrical attraction) 会由于粒子的电荷而作用于所述粒子。因此,多个粒子通过电泳在预定方向中移动,从而使粒子之间的间距变窄。反之,在产生于具有有同号或同极性的电荷的多个粒子之间的电斥力 (electrical repulsion) 会随着粒子间之间距变窄而增加,从而可到达预定的平衡态同时阻止粒子间之间距继续变窄。此外,由于该溶剂有电极化特性而会在预定的方向中电极化,从而,在局部产生电吸力,并且电吸力施加预定的作用于在与极化溶剂有电性相互作用的多个粒子之间的间距。亦即,根据本发明的第一具体实施例,在由外部电场诱导的电吸力、有同极性电荷的粒子之间的电斥力、由极化诱导的电吸力及其类似力处于平衡时,可使多个粒子在空间距离上规则排列。根据以上原理,粒子间的间距可控制于预定的水平,以及以预定间隔排列的多个粒子可用作光子晶体。由于多个规则排列粒子所反射的光线波长取决于粒子之间的间距,因此可通过控制粒子间的间距来任意控制多个粒子所反射的光线波长。在此,可用各种因子表示反射光的波长模式,例如所施加的电场的强度与方向、粒子的大小与质量、粒子及溶剂的折射率、粒子的电荷量、溶剂的电极化特性、粒子散布于溶剂的浓度、等等。

[0178] 图 7 的视图概念性地示出了根据本发明之第一具体实施例控制粒子间的间距的

配置。请参考图 7, 如果不施加外部电场, 通过与粒子的电荷相互作用, 可使在有电荷的粒子 720 周围的单元极化溶剂 710 强烈地在粒子的方向上排列, 以及在与粒子的距离变长时, 单元极化溶剂 710 的排列变得更加混乱或随机 (请参考图 7 的 (a))。此外, 请参考图 7, 如果施加外部电场, 会使位于不受粒子 720 影响的区域 (亦即, 远离粒子 720 的区域) 的单元极化溶剂 710 在电场方向中重新排列。然而通过由粒子 720 的电荷诱导的电吸力与外部电场诱导的电吸力的相互作用, 可使位于会受由粒子 720 的电荷诱导的电吸力强烈影响的区域 (亦即, 粒子 720 的周围区域) 的单元极化溶剂 710 不对称排列。因此, 溶剂 710 在粒子 720 周围区域中呈不对称排列的区域 (亦即, 极化区 730) 就像一个电极化大粒子, 从而可与其它的大极化区相互作用, 由此使得具有电荷的粒子规则排列, 同时其间保持预定的间隔 (请参考图 7 的 (b))。

[0179] 根据本发明的第二具体实施例, 当有同号或同极性电荷及电极化特性的多个粒子散布于溶剂时, 如果施加电场至粒子及溶剂, 与电场强度及粒子电荷量成正比电吸力由于粒子有电荷而作用于所述粒子。因此, 所述粒子通过电泳而在预定的方向移动, 从而使粒子间的间距变窄。反之, 产生于有同号或同极性电荷的多个粒子之间的电斥力会随着粒子之间的间距变小而增加, 从而可到达预定平衡态同时阻止粒子之间的间距继续变小。所述粒子由于粒子有电极化特性而在预定的方向中电极化。从而, 在多个极化粒子之间局部产生电吸力, 以及电吸力施加预定的作用于粒子间的间距。

[0180] 亦即, 根据本发明的第二具体实施例, 在由外部电场诱导的电吸力, 有同号电荷的粒子之间的电斥力, 以及极化所诱导的电吸力处于平衡时, 可使所述粒子以一距离规则排列。根据以上原理, 粒子间的间距可控制于预定的间隔, 以及以预定间隔排列的多个粒子可用作光子晶体。由于多个规则排列粒子所反射的光线波长取决于粒子之间的间距, 因此可通过控制粒子间的间距来任意控制多个粒子所反射的光线波长。在此, 可用因子以各种方式表示反射光的波长模式, 所述因子例如是电场的强度与方向、粒子的大小与质量、粒子及溶剂的折射率、粒子的电荷量、粒子的电极化特性、粒子散布于溶剂的浓度等等。

[0181] 图 8 的视图概念性地示出了根据本发明之第二具体实施例控制粒子间的间距的配置。请参考图 8, 如果不施加外部电场, 粒子 810 未被极化 (请参考图 8(a)), 然而, 如果施加外部电场, 由于内含于粒子 810 的材料有电极化特性而可使粒子 810 电极化, 因此, 可使粒子 810 规则排列同时其间可保持预定的间隔 (请参考图 8(b))。

[0182] 在本发明的第一及第二具体实施例中, 溶剂或粒子的电极化值越大, 极化区 730 之间或极化粒子 810 之间的相互作用程度越高, 由此使得粒子的排列更加规则。

[0183] 图 9 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的显示装置的配置。

[0184] 请参考图 9, 根据本发明的一个具体实施例, 显示装置 900 可包含显示单元 910 与电场产生和 / 或施加单元 920。更具体的是, 根据本发明的第一具体实施例, 有同号电荷的多个粒子 912 (其系散布于有电极化特性的溶剂 914) 可包含于显示单元 910 中。以及根据本发明的第二具体实施例, 有同号电荷及电极化特性的多个粒子 912 (其系散布于溶剂 914 中) 可包含于显示单元 910 中。

[0185] 图 10 及图 11 的视图概念性地示出了根据本发明的第一、第二具体实施例的显示装置的配置。由于已参照图 7 及图 8 很详细地描述了本发明的第一及第二具体实施例, 因此省略图 10 及图 11 的附加解释。

[0186] 根据本发明的一个具体实施例,显示单元 910 根据所施加电场的强度和 / 或方向执行反射在某一波长范围内的光线的功能(亦即,从可见光区观察时为有某一色彩的光线)。如上述,达成此事可通过根据施加于显示单元 910 的电场强度和 / 或方向来控制粒子 912 之间的间距。

[0187] 接下来,电场产生和 / 或施加单元 920 执行施加有预定强度和 / 或方向的电场于显示单元 910 的功能。在想要由显示单元 910 反射的光线波长范围内可适当地控制电场产生和 / 或施加单元 920 所施加的电场的强度和 / 或方向。

[0188] 更具体的是,图 12 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的含有由多个电极组成的电场产生和 / 或施加单元的显示装置的配置。

[0189] 请参考图 12,电场产生和 / 或施加单元 1222、1224、1226 及 1228 包含能够独自只对显示单元 1210 中的某些部份施加电场的多个电极 1222、1224、1226 及 1228,由此可独立地并更精确地控制内含于显示单元 1210 的粒子 1212 之间的间距。可用精密驱动电路,例如薄膜晶体管(TFT),来单独控制多个电极 1222、1224、1226 及 1228。电场产生和 / 或施加单元 1222、1224、1226 及 1228 可由透光材料制成以免妨碍由显示单元 1210 射出的光线前进。例如,电场产生和 / 或施加单元 1222、1224、1226 及 1228 可由铟锡氧化物(ITO),钛氧化物(TiO₂),碳纳米管(这些均为透光材料),以及其它的导电聚合物薄膜制成。

[0190] 请参考图 12,电场产生和 / 或施加单元 1222、1224、1226 及 1228 可包含第一电极 1222、第二电极 1224、第三电极 1226 及第四电极 1228。由于没有电场施加至没有外加电压的第一电极 1222 所涵盖的空间,位于第一电极 1222 所涵盖之空间中的粒子 1212 呈不规则排列。因此,由第一电极 1222 控制的显示单元 1210 不呈现由光子晶体产生的色彩。接下来,由于对应于各个电压的电场施加至有不同外加电压的第二电极 1224、第三电极 1226 及第四电极 1228 所涵盖的空间,位于第二电极 1224、第三电极 1226 及第四电极 1228 所涵盖的空间中的粒子 1212 彼此可以预定间距呈规则排列,同时由电场造成的电吸力(亦即,造成电泳的力),有同号电荷的粒子 1212 之间的电斥力,以及由粒子 1212 或溶剂 1214 极化(或极化的增加)所造成的电吸力等等都处于平衡。因此,由第二电极 1224、第三电极 1226 及第四电极 1228 控制的显示单元 1210 对于各个区域可反射不同波长范围的光线(亦即,由光子晶体产生的结构色(structural color))。例如,在假设施加于第四电极 1228 的电压大于施加于第三电极 1226 的电压下,位于第四电极 1228 所涵盖的空间中的粒子 1212 之间的间距小于位于第三电极 1226 中间的粒子 1212 之间的间距。从而,由第四电极 1228 控制的显示单元 1210 可反射光线波长比由第三电极 1226 控制的显示单元 1210 的短。

[0191] 图 13 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的包含于显示装置的粒子及溶剂均封装于多个囊体之中的配置。

[0192] 请参考图 13,内含于显示单元 1300 的粒子 1312 及溶剂 1314 封装于由透光材料制成的多个囊体 1312、1324、1326 及 1328 中。通过如图 13 所示封装粒子 1312 及溶剂 1314,可阻止内含于不同囊体的粒子 1312 及溶剂 1314 之间发生直接干扰,例如混合(incorporation),可防止粒子呈现由带电荷粒子的电液动力(EHD, electrohydrodynamic)运动引起的不规则排列,通过使粒子及溶剂的密封更简单而可改善显示装置 1300 的薄膜加工性;从而,对于每个囊体,可独立控制内含于显示装置 1300 的各粒子之间的间距。

[0193] 请继续参考图 13,显示装置 1300 可包含 4 个囊体 1322、1324、1326 及 1328。第一

电压、第二电压、第三电压及第四电压可各自施加至位于第一囊体 1322、第二囊体 1324、第三囊体 1326 及第四囊体 1328 的一部份中的电极 1332、1334、1336 及 1338。因此,施加不同强度及不同方向的电场的囊体各自反射不同波长范围的光线。因此,采用根据本发明的具体实施例的显示装置 1300,可为每个囊体实施一个独立显示。

[0194] 不同于图 13,即使不以彼此对应的方式配置电极及囊体,而是电极所涵盖的区域小于囊体或一个囊体被两个或更多电极覆盖,对于显示单元的给定区域,仍可按需要利用电极图形执行独立显示。亦即,根据本发明的一个具体实施例,当由涵盖一囊体的多个电极中的一个电极施加电场至该囊体中的特定区域时,在存在于该囊体中的粒子中,只有该特定区域之中的粒子和 / 或溶剂与电场有反应,而其它区域之中的粒子和 / 或溶剂不会与电场有反应。从而,反射有特定波长的光线的区域(亦即,显示区)可取决于电极图形,而不是囊体的大小或图形。

[0195] 图 14 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的包含于显示装置的粒子及溶剂均散布于介质之中的配置。

[0196] 请参考图 14,根据本发明的一个具体实施例,内含于显示装置 1400 的粒子及溶剂可散布于由透光材料制成的介质 1430 中。更具体的是,预定量的粒子及溶剂是以微滴的形式散布及分布于不会响应外界刺激(例如,电场)而改变的透光材料 1430 中,从而部份隔离内含于显示装置 1400 的粒子。亦即,根据本发明的一个具体实施例,有粒子散布于其中的溶剂散布及分布于透光介质 1430 中以防止在内含于不同区域的粒子或溶剂之间发生直接干扰(例如,混合),由此可更加独立地控制内含于显示装置 1400 的粒子之间的间距。

[0197] 显示装置 1400 可包含内含于介质 1430 的多个区域 1412、1414。更具体的是,可彼此独立地控制内含于第一区域 1410 的粒子的间距和内含于第二区域 1420 的粒子的间距,其中,第一区域 1410 位于有外加第一电压的第一电极 1442 中间,第二区域 1420 位于有外加第二电压的第二电极 1444 中间。因此,第一区域 1410 与第二区域 1420 可反射不同波长范围的光线。因此,用显示装置 1400 可为每个区域执行一个独立显示。

[0198] 图 15 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的封装于透光介质中的溶液的组合物。供参考,图 15 对应于用电子显微镜拍照的参照图 13 描述的显示装置 1300 的横截面的相片。

[0199] 请参考图 15,可看到,有粒子 1510 散布于其中的溶剂封装于不因电场而改变的透光材料中。根据本发明的一个具体实施例,有粒子 1510 散布于溶剂而呈胶态的溶液(亦即,粒子与溶剂的混合物)与不同种类的不混溶溶液(immiscible solution)混合以形成乳胶,然后乳胶的界面涂上透光材料 1520,由此封装于透光材料 1520 中。在此,涂上电荷层的氧化铁(FeO_x)团簇可用作所述粒子,有电极化特性的溶剂可用作所述溶剂,以及含有凝胶的透光聚合物材料可用作囊体材料。

[0200] 图 16 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的散布于介质中的粒子及溶剂的组合物。供参考,图 16 对应于用电子显微镜拍照的参照图 14 描述的显示装置 1400 的横截面的相片。

[0201] 请参考图 16,可看到,有粒子 1610 散布于其中的溶剂 1620 散布于由呈固态或胶态的透光材料制成的介质 1630 中,该透光材料不响应于例如电场、磁场等的外界刺激而改变。具有电荷的粒子 1610 散布于溶剂 1620 中,最终的混合物是以微滴的方式均匀地混合

于透光介质 1630,由此得到图示于图 16 的组合物。此外,在图 16 中,粒子 1610 可为涂上电荷层的氧化钢 (FeO_x) 团簇,溶剂 1620 可为乙二醇 (EG),以及介质 1630 可为聚二甲基硅氧烷 (polydimethylsiloxane, PDMS)。

[0202] 图 17 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的包含于显示装置的粒子及溶剂分隔成多个格子的配置。

[0203] 请参考图 17,内含于显示装置 1700 的粒子 1712 及溶剂 1714 可用由绝缘材料制成的隔墙 (partition wall) 或其类似物隔离及分隔成多个格子 1732、1734、1736 及 1738。通过分隔粒子 1712 及溶剂 1714,可防止在内含于不同格子的粒子 1712 和 / 或溶剂 1714 之间发生直接干扰,例如混合。因此,对于每个格子,可独立控制内含于显示装置 1700 的粒子之间的间距,以及可防止粒子呈现由带电荷粒子的电液动力 (EHD) 运动引起的不规则排列。

[0204] 同时,不同于图 17,即使不以彼此对应的方式配置电极及格子而是电极所涵盖的区域小于格子或一个格子被两个或更多电极覆盖,对于显示单元的给定区域,仍可按需要利用电极图形进行独立显示。亦即,当由涵盖一格子的多个电极中的一个电极施加电场至该格子中的特定区域时,在存在于该格子中的粒子中,只有该特定区域之中的粒子或溶剂与电场有反应,而其它区域之中的粒子和 / 或溶剂不会与电场有反应。从而,反射有特定波长的光线的区域 (亦即,显示区) 可取决于电极图形,而不是格子的大小或图形。

[0205] 如上所述,通过封装粒子及溶剂或使它们散布于介质中或分隔它们,对于每个囊体、每个区域、或每个格子,可独立控制粒子间的间距,由此使得能更加精确的显示以及使显示装置的维修及修理更容易。

[0206] 同时,尽管是在上、下电极两者都分成多个电极的情形下描述图 12 至图 17 的具体实施例,但上、下电极中的任一个都可以形成公共电极。例如,在实际应用于显示产品时,上电极可以形成由透明电极材料制成的公共电极,而下电极可分成数个单元格子以及连接至用以驱动每个格子的晶体管以及可以不是由透明电极材料制成。

[0207] 图 18 至图 20 示出了根据本发明的一个具体实施例的施加于显示装置的电压图形。

[0208] 首先,请参考图 18,根据本发明的一个具体实施例,显示装置还可包含控制单元 (未示出),其功能是在依序施加不同强度和 / 或不同方向的电场到包括粒子及溶剂的散布物质时,在电场强度和 / 或方向改变的间隔,复位或初始化粒子间之间距,从而实现连续显示。更具体的是,当使用电场产生和 / 或施加单元依序施加第一电压及第二电压至包括粒子及溶剂的散布物质时,控制单元的功能是在施加第一电压之后,在施加第二电压之前,通过施加极性与第一电压相反的复位电压至所述散布物质,使粒子 (第一电压使它们以预定间隔排列) 之间的间距回到初始状态。由此,显示装置可改善显示效能,包括改善操作速度及抑制残影 (afterimage)。此外,施加极性与之前的外加电压相反的复位电压。因此,即使在显示装置关掉的情形下,通过强迫在先前外加电压作用下在预定方向中运动及排列的粒子反向运动,可提高操作速度。

[0209] 接下来,请参考图 19,根据本发明的一个具体实施例,显示装置可进一步包含控制单元 (未示出),该控制单元的功能是在依序施加有不同强度及不同方向的电场至包含粒子及溶剂的散布物质时预先使粒子之间的间距保持预定间隔 (后备间隔) 从而实现连续显示。更具体的是,当使用电场产生和 / 或施加单元依序施加第一电压及第二电压至包含粒

子及溶剂的散布物质,根据本发明的一个具体实施例,控制单元的功能是先施加预定的后备电压(predetermined standby voltage),来快速地将粒子间的间距调整为想要的间距,然后再施加第一电压及第二电压。由此,根据本发明的一个具体实施例,显示装置可改善显示效能,包括增加反应速度以及使屏幕的变化更快。亦即,在传统的电子纸张技术中,有特定颜色的粒子必须由格子的一端跑到对面的另一端以便显示特定的颜色,然而,本发明可用以下方式实现光子晶体:施加不足以反射可见光谱中的光的相对低位的准后备电压,以形成不对应于可见光的粒子间的后备间距,然后施加有特定电平或更大的电压以反射在可见光谱之中的光线。在此,仅仅通过使粒子做少量运动,即可实现反射可见光谱中的光线的光子晶体,从而使得这种反射型显示装置的操作速度可更快。

[0210] 接着,请参考图 20,根据本发明的一个具体实施例,显示装置可进一步包含控制单元(未示出),该控制单元的功能是,当依序施加有不同强度和/或不同方向的电场至所述散布物质时,施加有各种图形的强度的、各种施加持续时间等的电场以便实现连续显示。更具体的是,当利用电场产生和/或施加单元施加电压至包含粒子及溶剂的散布物质时,根据本发明的一个具体实施例的控制单元可加减电压的电平至预定电压(请参考图 20 的(a)),可延长或缩短施加某一电压的持续时间或时段(请参考图 20 的(b)),以及通过重复施加间断的脉冲电压可得到与连续施加电压一样的效果(请参考图 20 的(c))。这样,根据本发明的一个具体实施例的显示装置可改善显示效能,包括使得能够显示各种图形以及减少耗电量。

[0211] 不过,应注意,本发明的施加电场的模式不一定受限于以上所列出的,而是在本发明的目标范畴内可适当地加以改变,亦即,在可用电场控制粒子间之间距的范畴内。

[0212] 图 21 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的包含太阳能电池单元的显示装置的配置。

[0213] 请参考图 21,显示装置 2100 可进一步包含太阳能电池单元 2130,其功能为利用透射通过显示装置 2100 的光线来产生电动势(electromotive force)及储存于该电动势。由太阳能电池单元 2130 产生的电动势可用来利用电场产生和/或施加单元 2120 产生和施加电压,由此显示装置 2100 可实现上述光子晶体显示器而不依赖外部的电源。不过,根据本发明,显示装置与太阳能电池单元的组合不一定受限于以上所列出的,由太阳能电池单元产生的电动势可用于驱动显示装置以外的其它目的。

[0214] 图 22 至图 24 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的构成电场产生和/或施加单元的电极被图形化的配置。

[0215] 首先,请参考图 22,在电场产生和/或施加单元的下电极 2225(或上电极 2220)上可形成栅格状绝缘层 2230,因而使下电极 2225(或上电极 2220)以预定间隔图形化。

[0216] 根据示于图 22 的显示装置,电极的图形间隔被设定成有大约数微米至数百微米宽,由此可防止粒子呈现由带电荷粒子的电液动力(EHD)运动引起的不规则排列从而实现均匀的显示。特别是,根据示于图 22 的显示装置,可以不通过复杂的处理而有效防止粒子被电液动力运动而偏移,所述复杂的处理例如是需要很多时间及成本的封装或分割成格子。

[0217] 接下来,请参考图 23,根据本发明的一个具体实施例的电场产生和/或施加单元的下电极(或上电极)可分成两个电极(第一电极 2320 与第二电极 2325)。更具体的是,

请参考图 24, 构成电场产生和 / 或施加单元的下电极 (或上电极) 的第一电极 2420 与第二电极 2425 可以被图形化为交替的齿状物的形式。

[0218] 根据示于图 23 及图 24 的显示装置, 以成本节省而言是有利的, 因为可以只在一个基板上形成电极, 以及可以提高显示装置的操作速度, 因为可减少由施加电场所造成的粒子移动距离。

[0219] 不过, 应注意, 根据本发明的电极图形不一定受限于以上所列出的, 而是在本发明的目标范畴内可适当地加以改变, 亦即, 在可用电场控制粒子间的间距的范畴内。

[0220] 同时, 由于利用光子晶体特性的显示装置的操作原理是选择性地反射入射光中有特定波长的光线, 因而利用光子晶体特性的显示装置不容易呈现全黑或全白。以下描述利用光子晶体特性的显示装置来显示黑色或白色的配置。

[0221] 图 25 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的显示装置用于显示黑色或白色的配置。

[0222] 请参考图 25, 显示单元 2510 可包含黑色粒子 2512, 以及电场产生或施加单元可包括透明上电极 2520 与白色的第一及第二下电极 2522、2524。首先, 如果施加于显示单元 2510 的电场强度小于预定值或不施加电场, 粒子 2512 不会形成光子晶体, 但可反射黑色 (这是它们自己唯一的颜色), 或反射由粒子及溶剂之折射率差异造成的散射光, 由此使得显示单元 2510 可显示黑色 (请参考图 25 的 (a))。尽管未图示于图 25, 通过施加高于阈值的电场至显示单元 2510, 可使黑色粒子 2512 与上电极 2520 紧密接触地排列。就此情形而言, 显示单元 2510 也能够显示黑色。接下来, 如果施加强度适当的电场至显示单元 2510, 由形成光子晶体的粒子 2512 反射有某一想要波长范围的光线 (请参考图 25 的 (b))。然后, 如果施加高于预定强度的电场至显示单元 2510, 则能够引起电泳现象的电吸力的大小会变得太大, 因而粒子 2512 间的间距无法保持适当的间隔以及粒子 2512 会被吸到一边。例如, 如果只施加高于预定值的电场至第一下电极 2522 部份, 内含于显示单元 2510 的所有粒子 2512 不会形成光子晶体而被吸到第一下电极 2522 所涵盖的狭窄区域。因此, 第二下电极 2524 可反射白色 (这是它自己唯一的颜色) 而不被黑色粒子 2512 影响, 因而显示单元 2510 可显示白色 (请参考图 25 的 (c))。

[0223] 不过, 尽管是在规定粒子及电极的颜色为黑色和白色的情形下描述图 25 的具体实施例, 本发明不一定受限于此, 而是可按需要改变可应用于本发明显示装置的粒子及电极的颜色, 此外, 粒子及电极的颜色可设定成透明。以下描述通过利用光子晶体特性的显示装置来实现透明显示的配置。

[0224] 图 26 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的显示装置用于实现透明显示的配置。

[0225] 请参考图 26, 显示单元 2610 可包含含有能透过可见光的材料 (例如, SiO_x) 的透明粒子 2612, 以及电场产生和 / 或施加单元可包括也呈透明的上电极 2620、下电极 2622。首先, 如果施加至显示单元 2610 的电场强度小于预定值或不施加电场, 粒子 2612 不形成光子晶体以及不呈现由光子晶体产生的颜色, 以及使入射光因粒子及溶剂的折射率的差异而散射 (请参考图 26 的 (a))。接下来, 如果施加有适当强度的电场至显示单元 2610, 形成光子晶体的粒子 2612 可反射有某一想要波长范围的光线 (请参考图 26 的 (b))。然后, 如果施加高于预设强度的电场至显示单元 2610, 则导致产生电泳的电吸力的大小会变得太大,

因而粒子 2612 之间的间距能够只反射波长范围比可见光谱还短（例如，紫外线光谱）的光线。亦即，就此情形而言，可见光谱之中的光线不被光子晶体反射而是透射，因此上电极 2620、下电极 2622 及粒子 2612 全都变成透明，因而图 26 的显示装置完全透明（请参考图 26 的 (c)）。

[0226] 同时，尽管未具体图示于图 26，在图 26 的 (c) 中，如果有特定颜色的电极用作下电极，则可见光谱之中的光线不被光子晶体反射而是透射，然后被下电极反射。结果，可显示下电极的颜色。

[0227] 亦即，在本发明的显示装置中，如果施加低于特定电平的电压，入射光被散射而变成半透明或不透明，如果施加在特定范围内的电压，可见光谱中的入射光会被规则排列的粒子（亦即，光子晶体）反射，从而可显示预定的颜色，以及如果施加超过特定电平的电压，粒子之间的间距变得太窄因而可见光谱中的入射光会被透射而波长范围比可见光谱短的紫外线光谱入射光会被反射，因而变透明。因此，根据本发明的显示装置，可以形成变色玻璃或其类似物，该变色玻璃或其类似物不仅能够反射某一波长范围的光线，它还能变透明或不透明。并且，能够实现一种显示系统，该显示系统通过调整显示装置的透明度，使得站在显示装置的一面的观察者可看到或看不到呈现于另一面的特定颜色或图形。

[0228] 图 27 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的显示装置的配置，该显示装置利用彼此有不同电荷的粒子来实现光子晶体显示。

[0229] 首先，请参考图 27，显示装置 2700 的显示单元 2710 可包含有不同电荷的粒子，亦即，有负电荷的一种粒子 2712 与有正电荷的另一种粒子 2714。当施加电场至显示单元 2710 时，有负电荷的粒子 2712 与有正电荷的粒子 2714 各自可在反方向运动及规则排列。例如，如果电场产生和 / 施加单元的上电极 2720 为正电极而下电极 2725 为负电极，则可使有负电荷的粒子 2712 与有正电荷的粒子 2714 各自在上电极 2720 方向及下电极 2725 方向中运动，并排列成光子晶体，同时使粒子之间保持预定间距。就此情形而言，显示装置 2700 在两面都可反射有某一波长范围的光线（亦即，上电极 2720 的那一面与下电极 2725 的那一面），因而可实现双面显示。此外，如果带负电荷粒子 2712 的电荷量与带正电荷粒子 2714 的电荷量彼此不同，在施加电场时，带负电荷粒子 2712 之间的间距与带正电荷粒子 2714 之间的间距可彼此不同。从而，显示装置 2700 两面可反射不同波长范围的光线，可对显示装置的两面进行彼此独立的控制。

[0230] 同时，如参照图 25 所述，内含于图 27 的显示装置 2700 中的带负电荷粒子 2712 与带正电荷粒子 2714 可具有它们的独特的颜色。就此情形而言，只通过调整施加至上电极 2720 及下电极 2725 的电场的极性，显示装置的上、下部即可显示不同的颜色。例如，假如有负电荷的粒子 2712 呈黑色而有正电荷的粒子 2714 呈白色，当施加正电压至上电极 2720 时，可使有负电荷的黑色粒子 2712 向上电极 2720 运动以显示黑色于显示装置的上部，以及当施加负电压至上电极 2720 时，可使有正电荷的白色粒子 2714 向上电极 2720 运动以显示白色于显示装置的上部。与此一致，带负电荷粒子 2712 与带正电荷粒子 2714 也可形成光子晶体从而可反射有某一波长的光线。从而，同一个格子可显示黑色与白色，以及也可显示有某一波长范围的反射光。

[0231] 图 28 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的显示装置的配置，该显示装置利用施加接地电压的电极来实现双面光子晶体显示。

[0232] 请参考图 28, 显示装置 2800 可包含接地电极 2830, 用于在上电极 2820、下电极 2825 之间施加接地电压。当不同的电压施加于上电极 2820 及下电极 2825 时, 可独立施加有不同方向及大小的电场至在上电极 2820 和接地电极 2830 之间的空间, 以及在下电极 2825 和接地电极 2830 之间的空间。因此, 可彼此独立地控制出现于位在上电极 2820、接地电极 2830 之间的第一显示单元 2810 之中的粒子与出现于位在下电极 2825、接地电极 2830 之间的第二显示单元 2815 之中的粒子。从而, 显示装置 280 在两面 (亦即, 上电极 2820 的那一面与下电极 2825 的那一面) 可反射不同波长的光线, 因此可实现两面可彼此独立地控制的显示器。

[0233] 以下, 根据本发明之另一具体实施例, 描述一种利用光子晶体特性的显示方法及装置, 其中施加电场至具有电荷的粒子及溶剂以控制粒子间的间距由此可反射某一波长范围的光线。

[0234] 与根据图 9 所示的本发明具体实施例的显示装置 900 一样, 本发明另一具体实施例的显示装置 (未示出) 可包含显示单元与电场产生和 / 或施加单元, 并且该显示单元包含散布于某一介质之中的多个具有电荷的粒子。

[0235] 根据本发明的另一具体实施例, 如果施加电场至粒子, 有预定方向的电吸力因子有电荷而作用于粒子上, 因此, 粒子会通过电泳而被吸到一边, 从而使粒子之间的间距变小。反之, 当电斥力在有同号电荷的粒子之间起作用, 粒子之间的间距不会继续变小而到达预定平衡态。因此, 取决于由电场产生的电吸力与有同号电荷粒子之间的电斥力的相对力量, 可决定粒子之间的间距, 从而以预定间隔排列的多个粒子可以作为光子晶体。亦即, 由于多个规则排列粒子所反射的光线波长取决于粒子之间的距离, 因此通过控制粒子之间的距离可改变粒子所反射的光线波长。

[0236] 同时, 应注意, 以上在参照图 12 至图 23 描述的配置及具体实施例也可应用于本发明显示装置之另外的具体实施例。

[0237] 以下根据本发明的又一具体实施例, 描述一种利用光子晶体特性的显示方法及装置, 其中施加电场和 / 或磁场至具有电荷、磁性的散布粒子及溶剂以控制粒子间的间距, 并由此反射某一波长范围的光线。

[0238] 根据本发明的又一具体实施例, 提供一种显示装置, 其中施加电场和 / 或磁场至包含溶剂和具有电荷及磁性的粒子的散布物质 (dispersion) 以控制粒子间的间距。用磁场控制带磁性粒子之间的间距的原理与用电场控制带电荷粒子之间的间距一样, 因而省略操作原理的详细说明。根据本发明的又一具体实施例, 除了具有电荷的材料以外, 具有电荷及磁性的粒子可包含超顺磁性 (superparamagnetic) 材料或磁性纳米粒子, 例如铁 (Fe) 氧化物, 镍 (Ni) 氧化物, 以及钴 (Co) 氧化物。不过, 应注意, 根据本发明的又一具体实施例, 粒子的成分不受限于以上所列出的, 而是在本发明的目标范畴内可适当地加以改变。

[0239] 更具体的是, 根据本发明的又一具体实施例, 在通过施加预定电场至包含具有电荷及磁性的粒子的显示单元来实现在显示单元上显示特定颜色的情况下, 如果施加有预定方向及大小的磁场至显示单元中的某一部份, 可改变显示于显示单元中的对应部份的颜色。另外, 根据本发明的又一具体实施例, 在通过施加有预定方向及大小的磁场至包含具有电荷及磁性的粒子的显示单元中的某一部份来实现在显示单元的所述部份上显示特定颜色的情况下, 如果施加有预定方向及大小的电场至显示单元的整个区域, 可复位遍及显示

单元整个面积的显示。亦即,利用根据本发明又一具体实施例的显示装置,使用磁场与电场都可控制粒子间的间距,因此显示器的控制方法是多样化的。

[0240] 图 29 的视图示出了根据本发明的又一具体实施例的显示装置的配置。

[0241] 请参考图 29,根据本发明的又一具体实施例,显示装置 2900 可包含显示单元 2910,其包含具有电荷及磁性的粒子 2912,用于施加电场至显示单元 2910 的电场产生和/或施加单元 2922、2924 及 2926,以及用于施加磁场至显示单元 2910 的磁场产生和/或施加单元 2930。磁场施加单元 2930 可包含电磁铁 2932 与线圈 2934 以控制施加至显示单元 2910 的磁场强度及方向。此外,磁场施加单元 2930 可采用固定及安装于显示装置 2900 的特定部份的激励物形式,或采用笔的形式以便使用者操纵从而施加磁场至显示单元 2910 的给定区域上。

[0242] 请参考图 29,位于没有外加电压的第一电极 2922 中间的粒子 2912 可呈不规则排列,位于有外加电压的第二电极 2924 中间的粒子 2912 可呈规则排列,同时由施加于第二电极 2924 中间的电场来保持预定粒子间的距离。可使被磁场产生和/或施加单元 2930 所施加的磁场和被第三电极 2926 所施加的电场影响的粒子 2912 的规则排列比位于第二电极 2924 中间的粒子 2912 更紧密或更松散。

[0243] 请继续参考图 29,磁场施加单元 2930 可包含有缠绕着线圈 2934 的电磁铁 2932 以产生由感应电流产生的磁场,以及用于使电流在线圈 2934 中流动电源(未示出)。采用这种配置,通过调整供给至线圈 2934 的电流变化,可改变由于线圈 2934 所感生的及由电磁铁 2932 产生的磁场强度。从而,可用动态地及精确地控制内含于显示单元 2910 的粒子之间的间距,结果,可实现在显示单元 2910 上显示在全波长范围的结构色。

[0244] 此外,请参考图 29,根据本发明的又一具体实施例,磁场施加单元 2930 可做“抹除”功能用以复位在显示单元 2910 上实现的显示,以及“写入”功能用以在显示单元 2910 上实现显示各种颜色。亦即,根据本发明的又一具体实施例,通过改变流到装在磁场产生和/或施加单元 2930 上的线圈 2934 的电流的强度及方向,可将内含于显示单元 2910 的粒子之间的间距设定为特定的间隔,或反之,可复位或初始化包含于显示单元 2910 的粒子之间的间距。因此,采用显示装置 2900,能够实现有各种背景颜色的彩色板,该彩色板具有在背景上写入和/或抹除各种颜色的字符的功能,以及实现显示在全波长范围内的结构色的显示。

[0245] 同时,应注意,以上参照图 12 至图 23 描述的配置及具体实施例也可应用于本发明显示装置其他具体实施例。

[0246] 实验结果

[0247] 首先,图 30 及图 31 的图表及相片示出了根据本发明的一个具体实施例的在具有电荷的粒子散布于有电极化特性的溶剂时,做施加电场的实验所得到的粒子反射光。供参考,在图 30 及图 31 的实验中,有 100 至 200 纳米大小的粒子被赋予负电荷及涂上氧化硅膜用作具有电荷的粒子,极性指数大于 1 的溶剂用作有电极化特性的溶剂。以及可施加电场至粒子及溶剂的所施加的电压的强度设定范围是在 0 至 5V 之间变化。同时,示于图 30 的图表是描绘在施加不同强度的电场时在可见光光谱的波长范围内的粒子反射光的反射率。由图 30 可看到,反射光波长分布随着电场强度变化而改变的程度愈大,则粒子间间距的变化愈大。这意味着通过控制电场强度使得粒子可反射有更多不同波长的光线。

[0248] 请参考图 30, 可看到粒子反射光的波长分布取决于外加电场的强度 (亦即, 电压的强度)。更具体的是, 可看到, 整体上, 外加电场的强度 (亦即, 电压的强度) 愈高, 粒子反射光的波长愈短。根据图 30 的实验结果, 可看到, 外加电场的强度 (亦即, 电压的强度) 愈高, 粒子反射的由红色变到蓝色的光愈多。请参考图 31, 可用视觉证实上述反射光的颜色变化。

[0249] 接下来, 图 32 及图 33 的图表示出了, 根据本发明的一个具体实施例, 在具有电荷的粒子散布于有不同极性指数的各种溶剂时, 做施加电场的实验所得到的粒子反射光波长。供参考, 在图 32 及图 33 的实验中, 有 100 至 200 纳米大小的粒子被赋予负电荷及涂上氧化硅膜用作具有电荷的粒子, 以及极性指数等于 0、2、4 及 5 的溶剂用作有电极化特性的溶剂。更具体的是, 图 32 的图表 (a)、(b)、(c) 及 (d) 分别绘出极性指数等于 0、2、4 及 5 的溶剂的实验结果, 以及图 33 的图表 (a)、(b)、(c) 及 (d) 分别绘出用极性指数 = 0 的溶剂与极性指数 = 4 的溶剂各以 90 : 10、75 : 25、50 : 50 及 0 : 100 比率混合所得的溶剂的实验结果。同时, 图示于图 32 及图 33 的图表描绘了在施加不同强度的电场时在可见光光谱的波长范围内的粒子反射光的反射率。反射光波长分布随着电场强度变化而改变的程度愈大, 则粒子间间距的变化愈大。这意味着通过控制电场强度使得粒子可反射有更多不同波长的光线。

[0250] 请参考图 32, 由显示极性指数 = 0 的溶剂的实验结果图表 (a) 可看到, 电场强度 (亦即, 电压的强度) 的变化几乎不导致反射光的波长分布改变。可看到, 极性指数愈高 (亦即, 如同由图表 (a) 进展到图表 (d) 的实验结果), 反射光波长分布随着电场强度 (亦即, 电压强度) 的变化而改变愈大。此外, 请参考图 33, 可看到, 高极性指数的溶剂的比率愈高 (亦即, 如同由图表 (a) 进展到图表 (d) 的实验结果), 反射光波长分布随着电场强度 (亦即, 电压强度) 的变化而改变愈大。

[0251] 由上述实验结果可看到, 采用本发明一个具体实施例的显示装置, 通过适当地调整粒子的电荷量和 / 或极化量、溶剂的极化量、和 / 或外加电场的强度, 可实现能够反射有某一波长的光线的光子晶体, 因而可实现在某一波长范围内 (全光谱) 的显示。

[0252] 接下来, 图 34 及图 35 的图表及相片示出了, 根据本发明的一个具体实施例, 在具有电荷及电极化特性的粒子散布于溶剂时, 做施加电场的实验所得到的粒子反射光。供参考, 在图 34 及图 35 的实验中, SrTiO₃ 粒子 (请参考图 34 的 (a)) 与 BaTiO₃ 粒子 (请参考图 34 的 (b)) 两者都被施加电荷, 并作用具有电荷及电极化特性的粒子, 并且这些粒子散布于极性指数 = 0 的溶剂。

[0253] 请参考图 34, 可看到, 施加于粒子及溶剂的电场的强度愈高, 整体上光线的反射率愈低。由此实验结果, 可得出结论, 在施加电场时, 可使散布于溶剂中的粒子电极化以及在电场的方向排列 (请参考图 35 的 (b)), 而且这种排列导致能够反射入射光的粒子数减少而减少光线的反射率。尽管此实验不包含反射光波长的急剧变化 (这在使用在有电极化特性的粒子散布于无极性溶剂 (nonpolar solvent) 中时施加电场的配置产生该反射光), 已发现在施加电场时粒子的排列在固定方向上。由此可得出结论, 通过优化条件, 例如粒子表面上的电荷, 可改变反射光的波长。

[0254] 接下来, 图 36 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的用于实现透明显示的配置的实验结果。供参考, 在此实验中, 使用由可见光谱光线可透射的透明材料制成的粒

子、溶剂及电极,以及在逐渐增加施加至使用光子晶体的显示装置的电场强度时,可视觉观察显示器的透明程度。

[0255] 请参考图 36,如果电场的强度相对低,可看到,在可见光谱的光被光子晶体反射时预定的颜色会显示在显示装置上(请参考图 36 的 (a) 及 (b))。不过,如果电场的强度相对高,可看到在光子晶体反射光的波长范围逐渐由可见光谱移到紫外线光谱时,显示于显示装置上的颜色会明显变得更淡(请参考图 36 的 (c))。如果电场的强度变更高,可看到在光子晶体反射光的波长范围全部在可见光谱外而显示不出颜色时,显示装置会变成透明状态(请参考图 36 的 (d) 与 (e))。利用此特征,本发明的显示装置可用来作为智能玻璃 (smart glass),例如变色玻璃。

[0256] 图 37 的视图示出了根据本发明的一个具体实施例的显示器效能随显示装置的观看角度二改变的实验结果(亦即,显示器视角的实验结果)。

[0257] 请参考图 37,可看到,根据本发明的一个具体实施例,即使显示装置的观看角度由 20 度变到 70 度,观察到反射光的色彩分布 3710 至 3760 几乎没有改变。已发现,传统的光子晶体显示装置有色彩分布随着观看角度改变而显著变化的缺点,而根据本发明的显示装置的优点则是显示保持不变的色彩分布且随着观看角度改变色彩分布几乎没有任何变化。应了解,此优点是来自以下事实:由本发明显示装置形成的光子晶体是具有短程有序排列 (short range order) 的准晶体 (quasi crystal)。因此,与只能形成有长程有序排列的光子晶体的传统显示装置相比,本发明的显示装置可大幅改善显示效能。

[0258] 同时,图 38 及图 39 的视图示出了根据本发明的又一具体实施例,通过施加电场(图 38)及磁场(图 39)至具有电荷及磁性的粒子来实际实现显示器的结果。供参考,在此实验中,包含氧化铁 (Fe_3O_4 ; 磁铁矿) 及涂上有负电荷的氧化硅 (SiO_x) 的粒子用作所述粒子,以及将散布于溶剂中的这些粒子注入显示装置。

[0259] 首先,在图 38 的实验中,为一种透光电极材料的镉锡氧化物用作用以施加电场的电极材料。此外,在此实验中,通过施加正电压至显示装置的上电极,使有负电荷的粒子以偏向上电极的方式排列。同时,在此实验中,0V、1V、2V、...、10V 的电压依序施加至显示装置的电极,以及在施加电压 0 至 10V 后的显示装置反射光的颜色分别图示于图 38 的 (a) 至 (k)。

[0260] 请参考图 38,可看到,尽管施加在 0 至 4V 的相对低电压的情况下观察不到特定的颜色变化,然而在施加相对高电压 5 至 10V 时可观察到明显的颜色变化。特别是,外加电压愈高,可观察到显示装置更多由绿至蓝的颜色变化。可以这样认为,这是因为粒子之间的间距会随着由电场导致的作用于粒子的电吸力(亦即,造成电泳的力)变大而更靠近,从而使粒子反射光的波长变短(请参考图 38 的 (a) 至 (k))。

[0261] 接下来,在图 39 的实验中,通过逐渐减少产生磁场的永久磁体与显示装置的距离来逐渐增加施加于显示装置的磁场强度。

[0262] 请参考图 39,可看到,显示装置反射光的波长会随着磁场强度的变化而改变。更具体的是,可看到,磁场的强度愈低,红色反射光的波长会愈长,以及磁场的强度愈高,蓝色反射光的波长愈短。

[0263] 由图 38 及图 39 的实验结果可知,通过施加电场和/或磁场至显示装置可独立改变粒子的间距。利用此特性,能够制造一种独特的显示装置,其使用电场来抹除通过磁场实

现的显示,或反之,在用电场实现的显示上使用磁场来形成某一图形。

[0264] 如以上所解释的,采用根据本发明的显示装置,通过控制带电荷粒子之间的间距从而控制粒子反射光的波长可实现涵盖整个波长范围的结构颜色。此外,用本发明的显示装置,通过独立控制具有电荷的粒子可实现各种不同及精密的显示,以及可实现使显示装置的维护及修理更简单的效果。特别是,与只能显示特定颜色以及需要使用单独的彩色滤光器来显示与该特定颜色不同的颜色的现有显示器(例如,电子墨水)相比,本发明显示装置的效率在于,它可实现有效地显示涵盖整个波长范围的结构颜色,而不必使用单独的彩色滤光器。

[0265] 尽管以使用光子晶体的显示装置为焦点来描述以上的具体实施例,然而本发明的配置可应用于各种不同的领域,包括含变色玻璃、变色壁纸、变色太阳能电池、变色传感器、变色纸、变色墨水、防伪标签等等。例如,使用此概念,通过把由化学反应得到的化学讯号转换成电子讯号而且以某种颜色显示电子讯号,能够制造能够侦测该化学反应的便携式生物传感器而不需昂贵的测量设备。此外,如果一种材料的相(phase)可被光、热、压力等等所改变,并将该材料用作使用于本发明显示装置的溶剂,则可实现能稳定不变地反射某一颜色的电子纸张、电子墨水等。此外,通过在内含于本发明显示装置的粒子或溶剂中加入诸如磷材料或量子点(QD)材料之类的材料,在明亮的环境中可实现使用光子晶体的显示器,以及在黑暗环境或紫外线环境中可实现使用磷或量子点的显示器。

[0266] 尽管已用特定的具体实施例来图示及描述本发明,本领域技术人员应了解仍可做出各种改变及修改而不脱离由以下权利要求书定义的本发明精神及范畴。

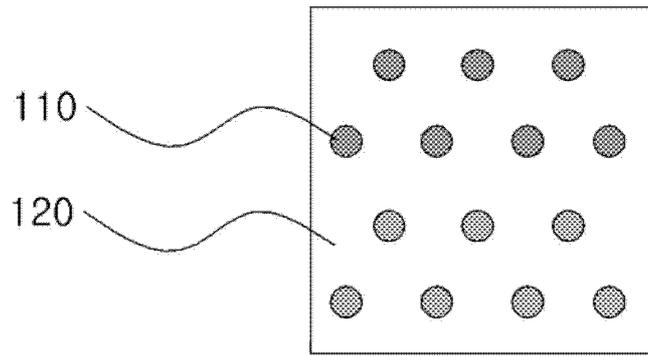


图 1

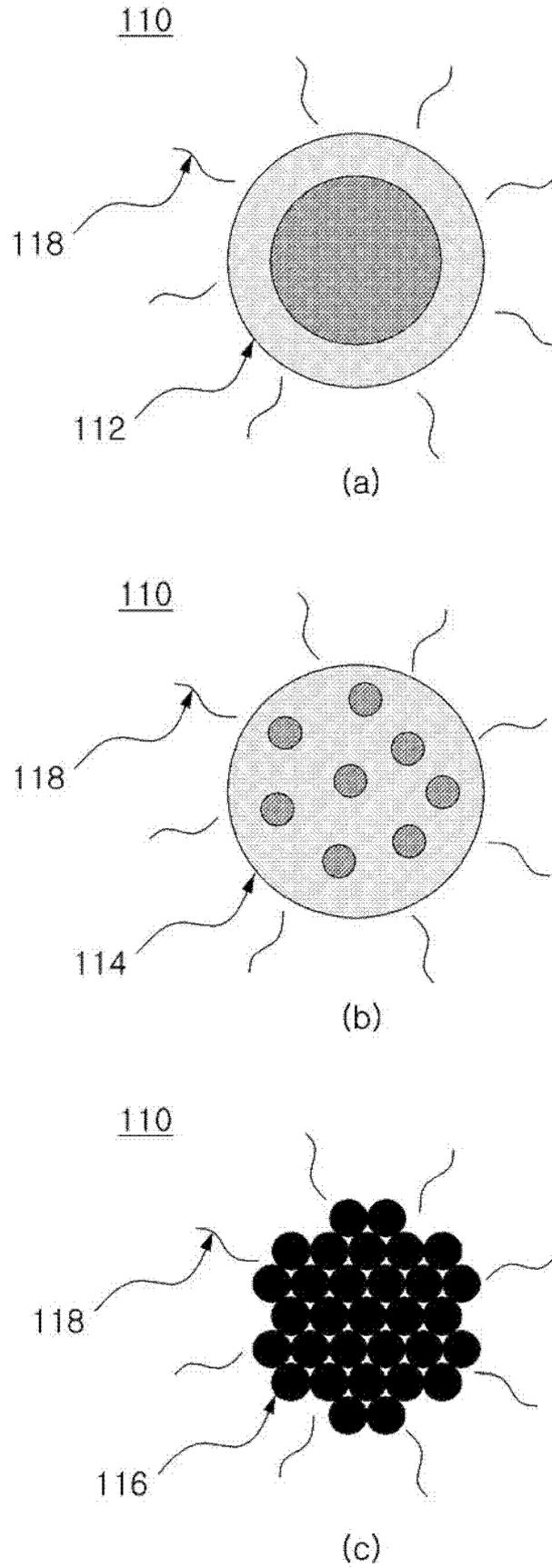


图 2

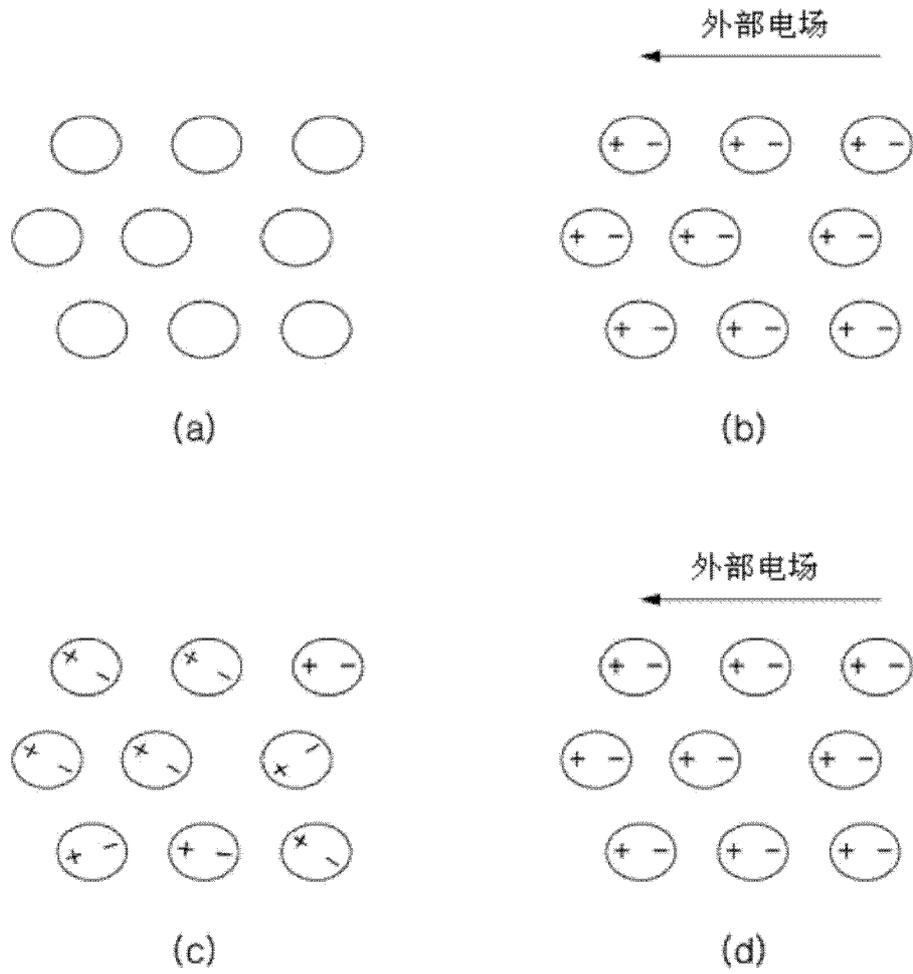


图 3

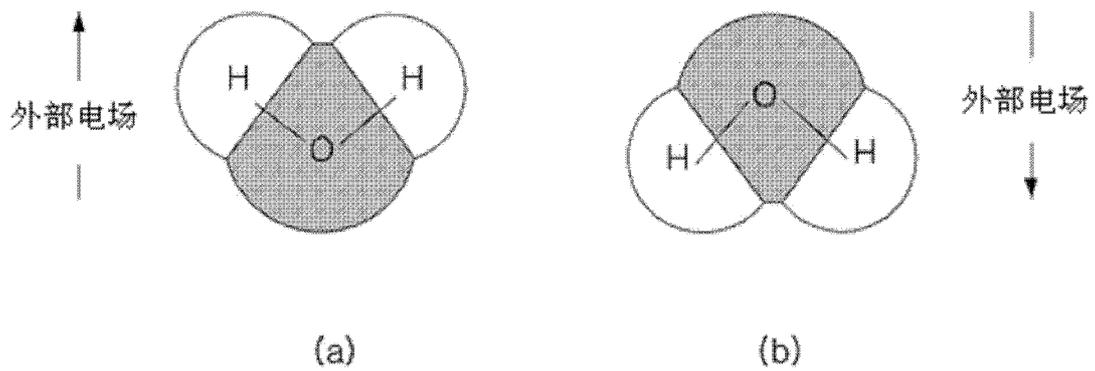


图 4

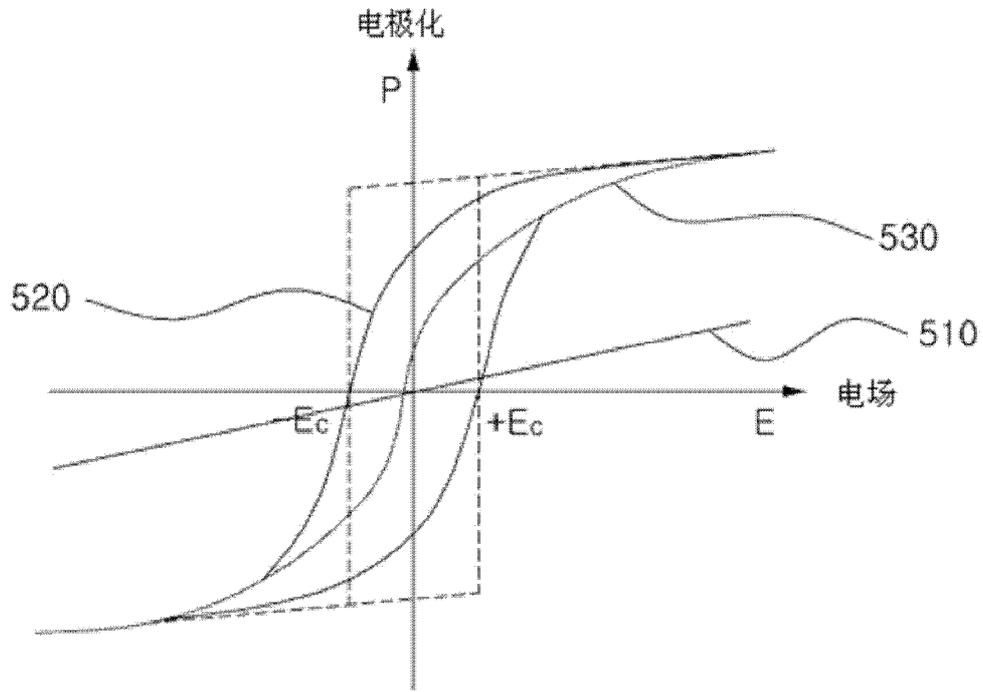


图 5

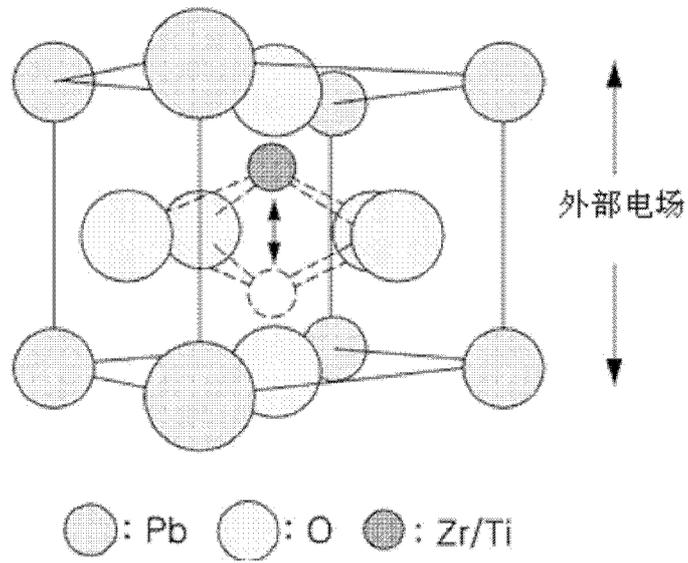


图 6

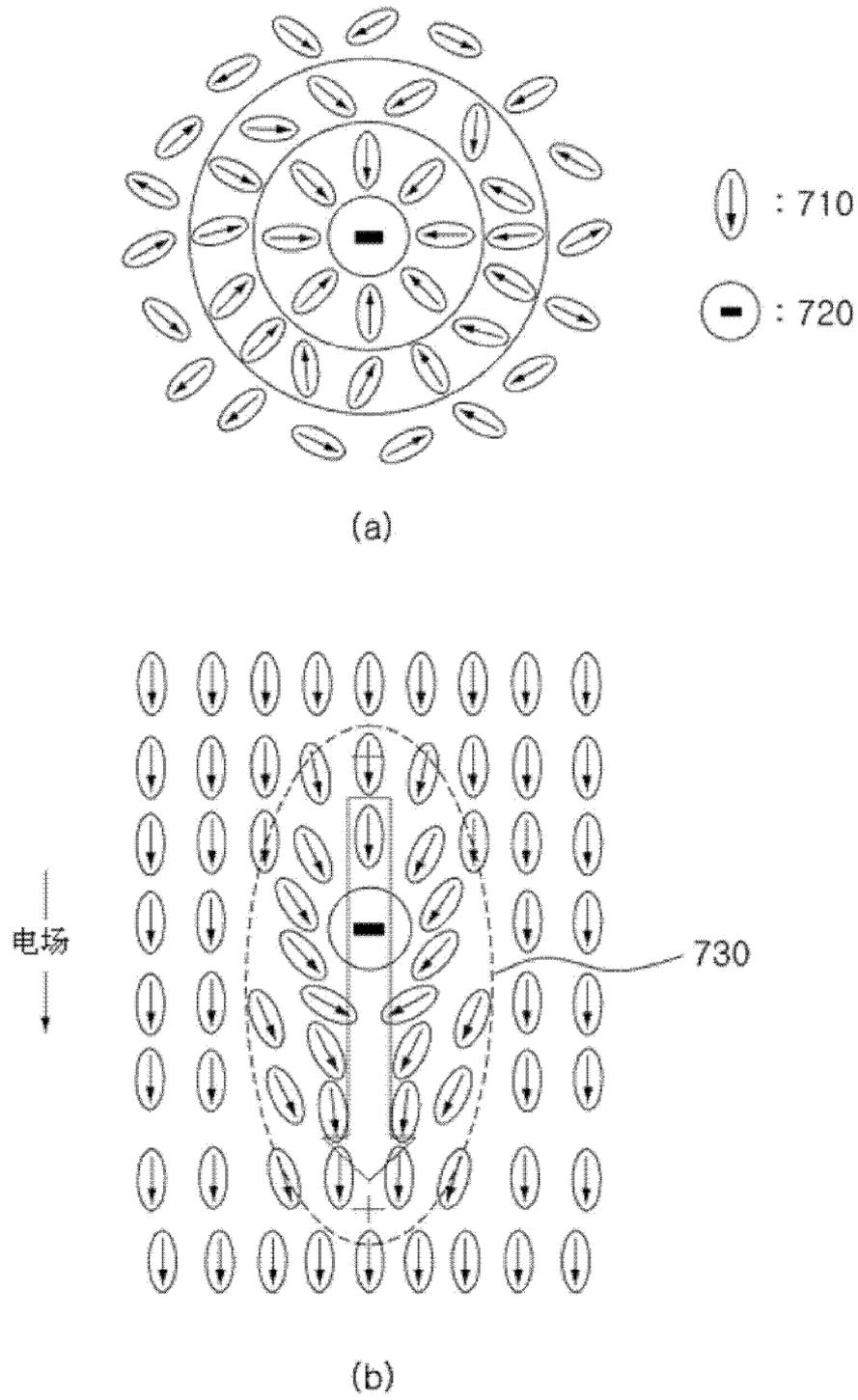


图 7

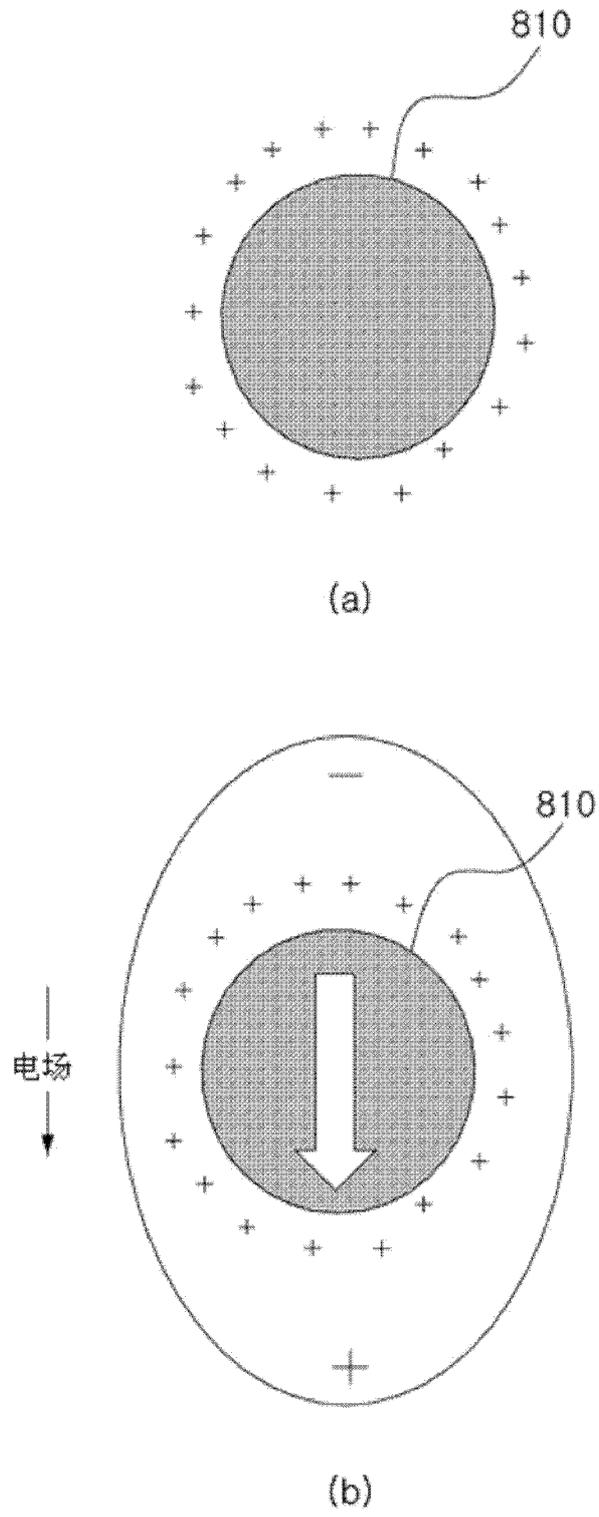


图 8

900

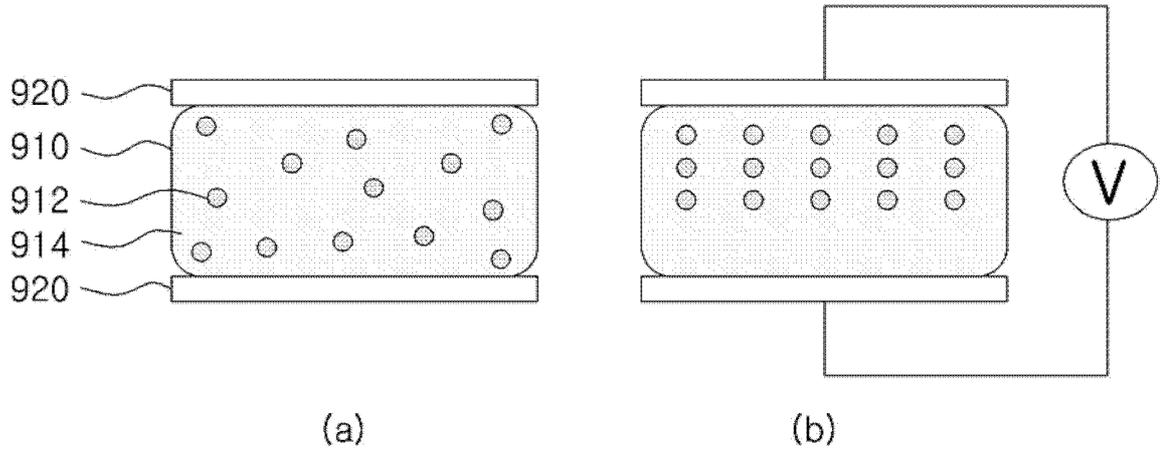


图 9

1000

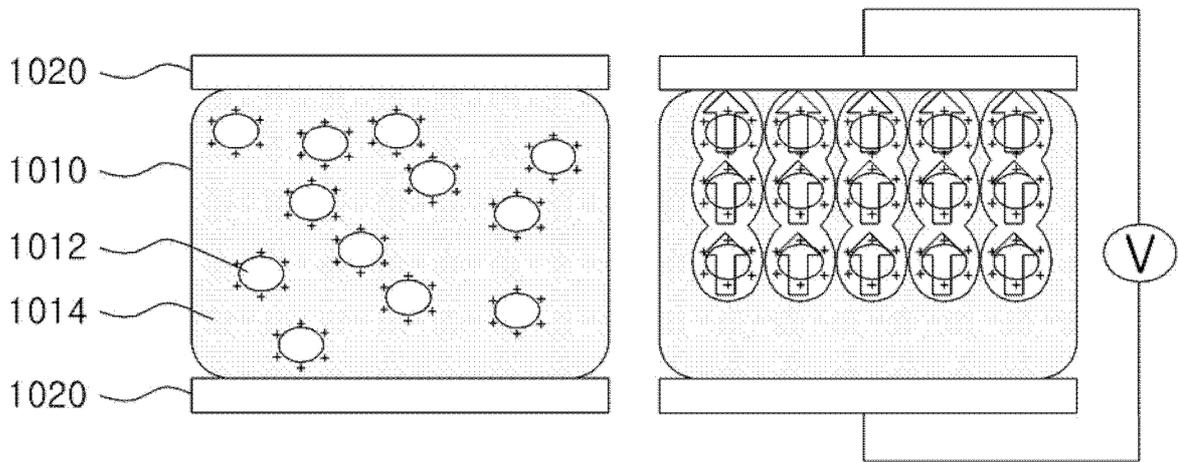


图 10

1100

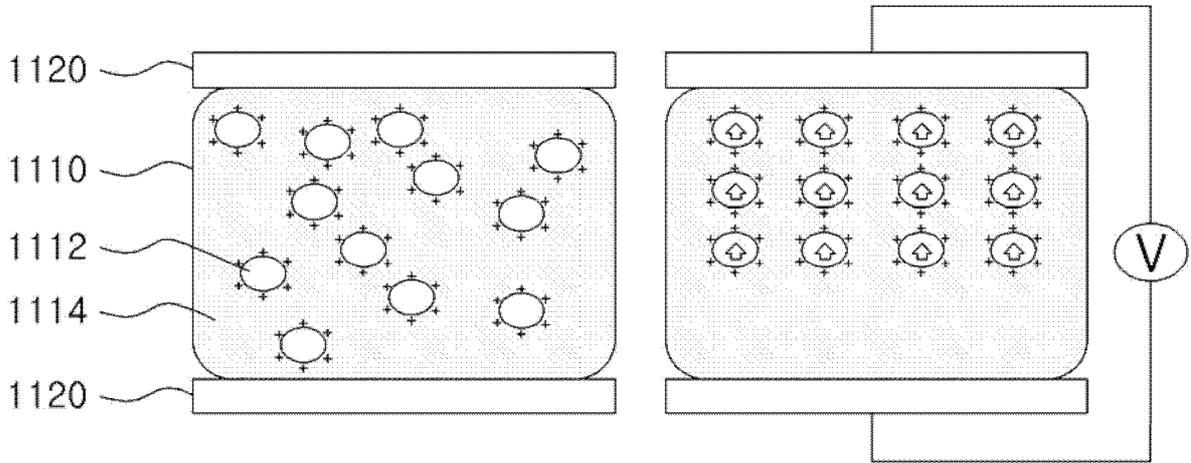


图 11

1200

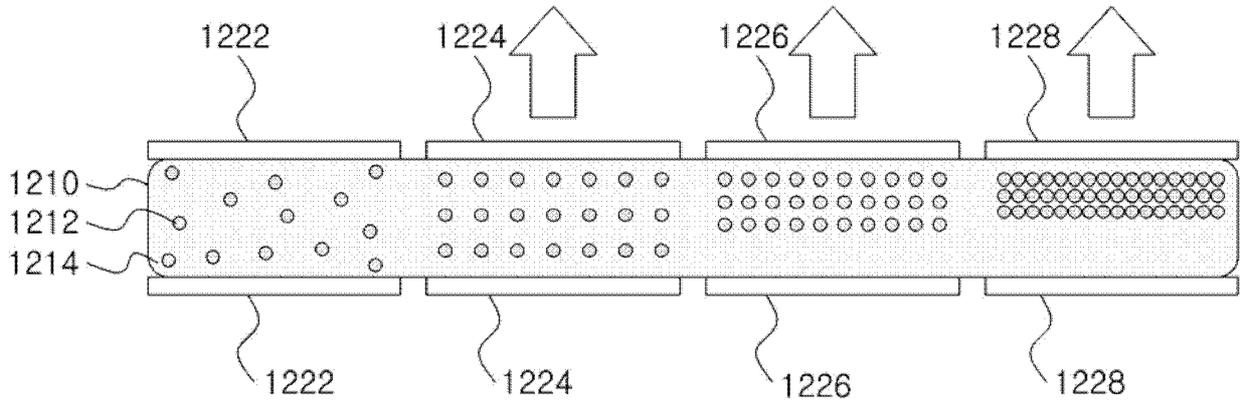


图 12

1300

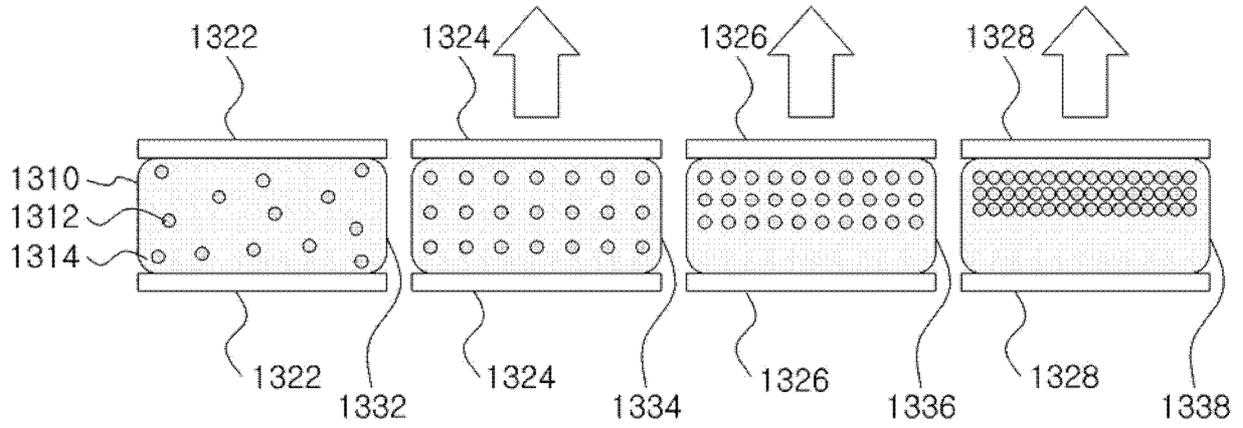


图 13

1400

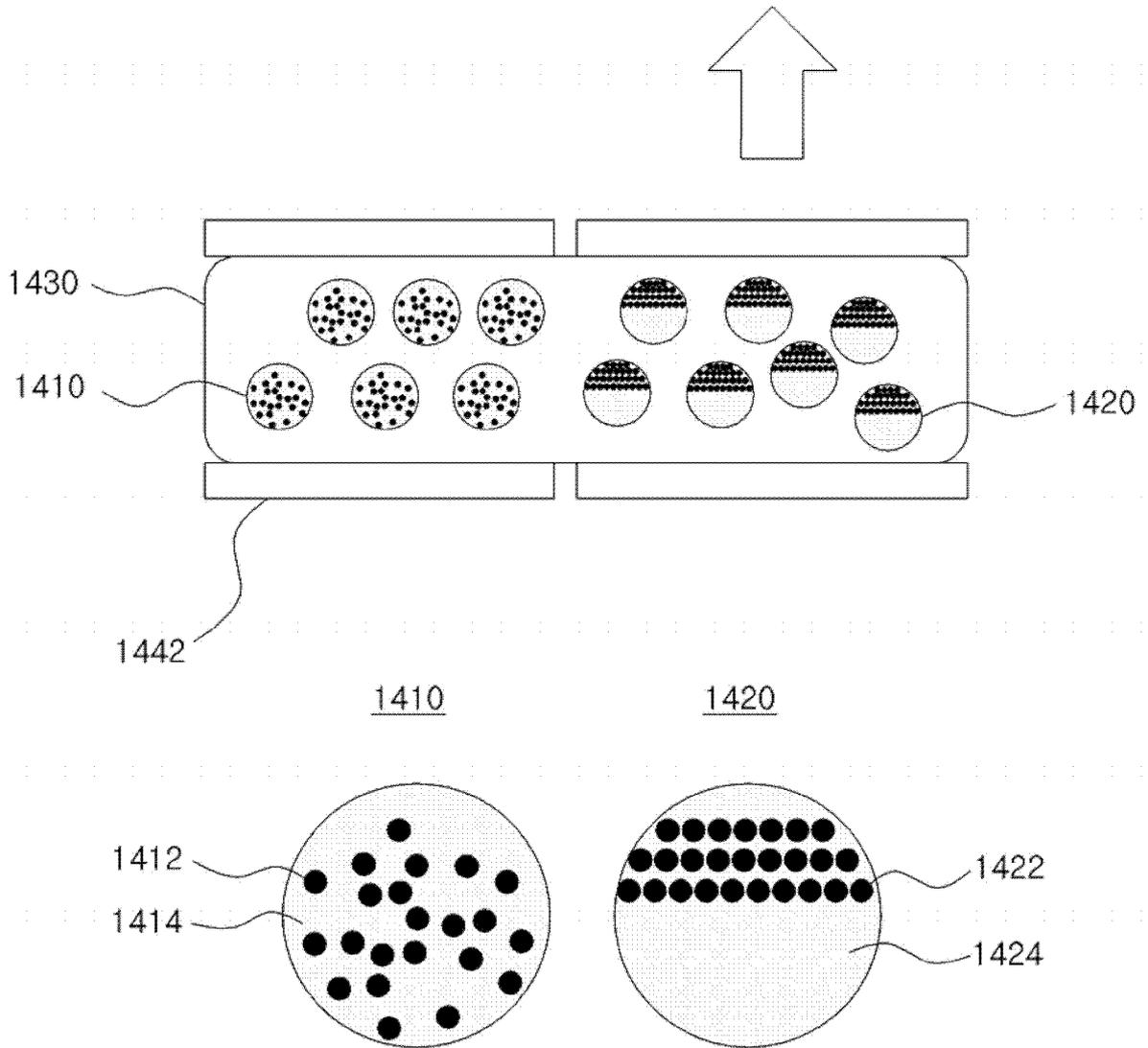


图 14

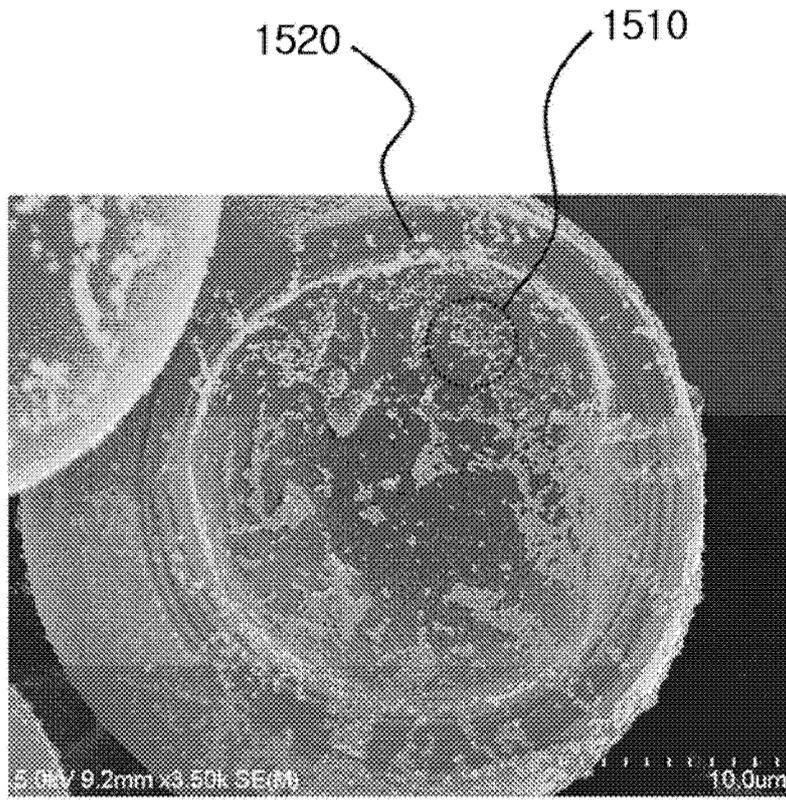


图 15

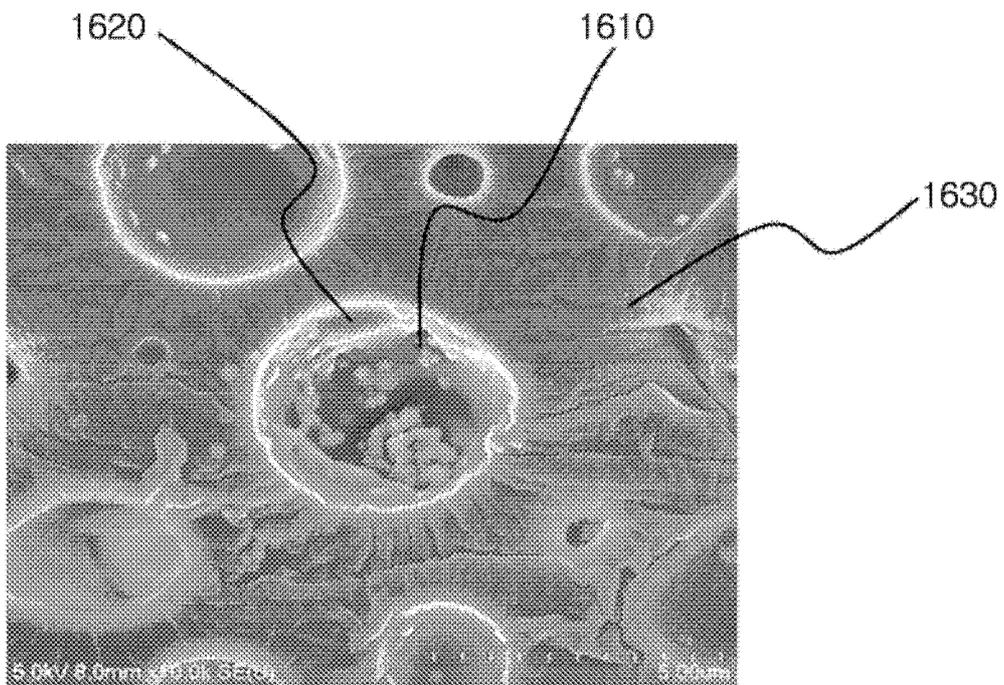


图 16

1700

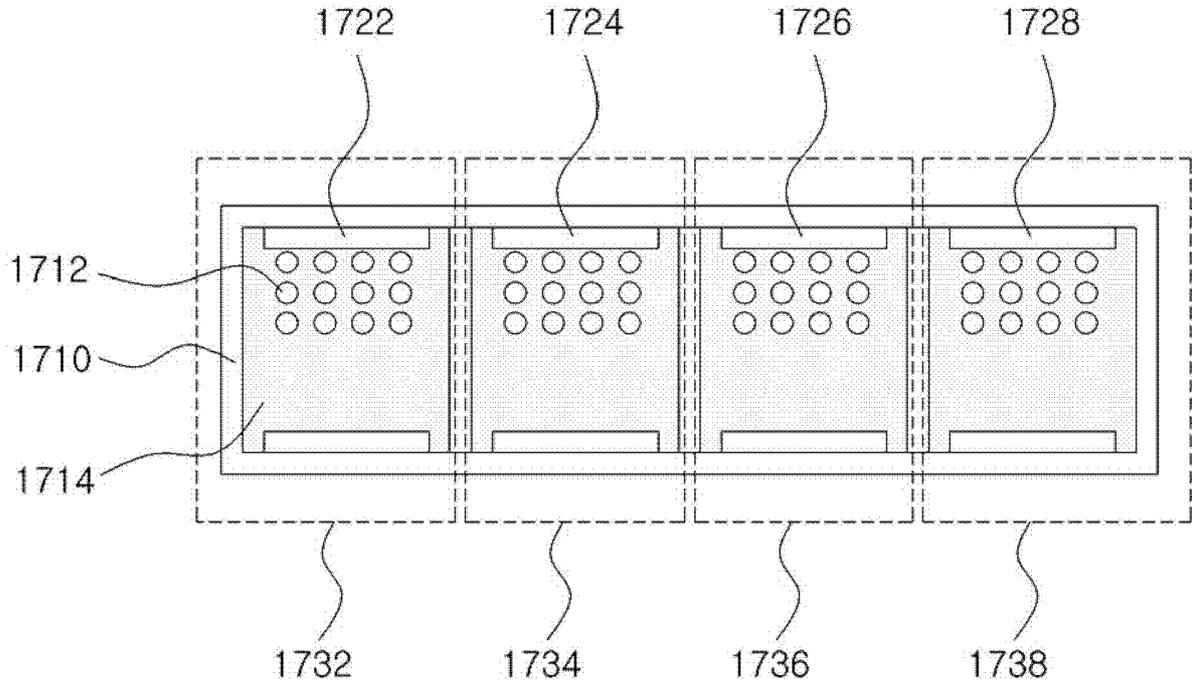


图 17

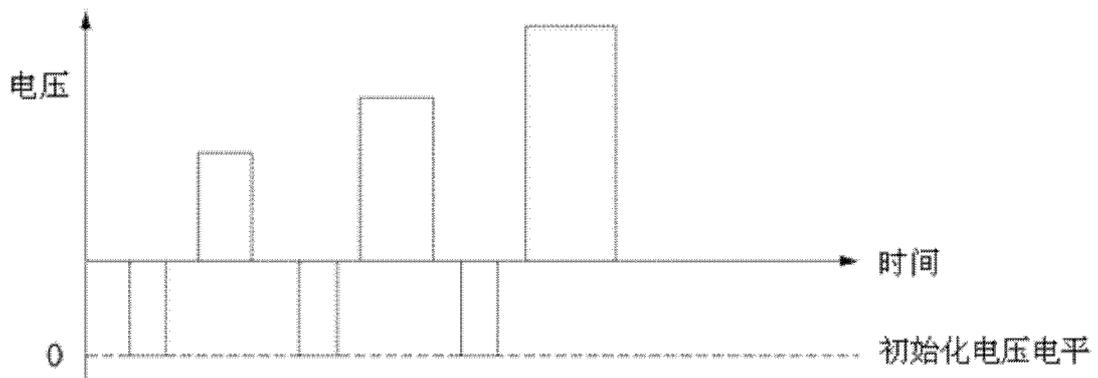


图 18

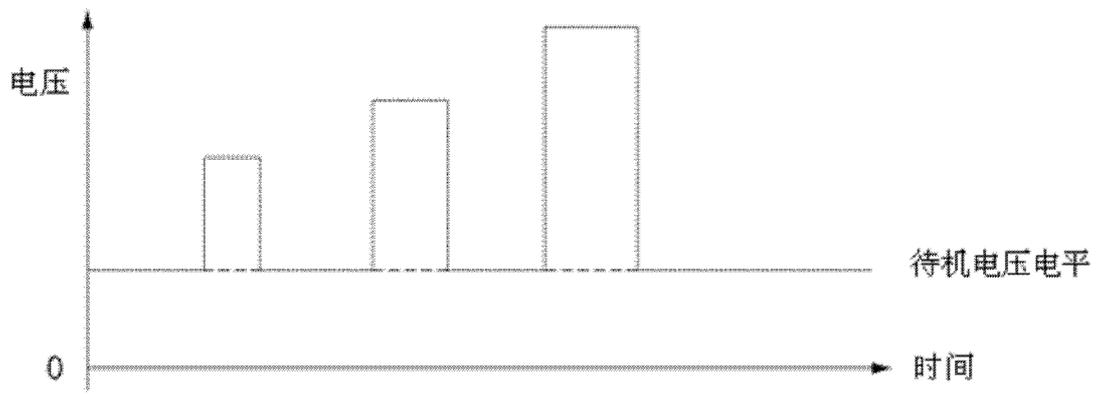
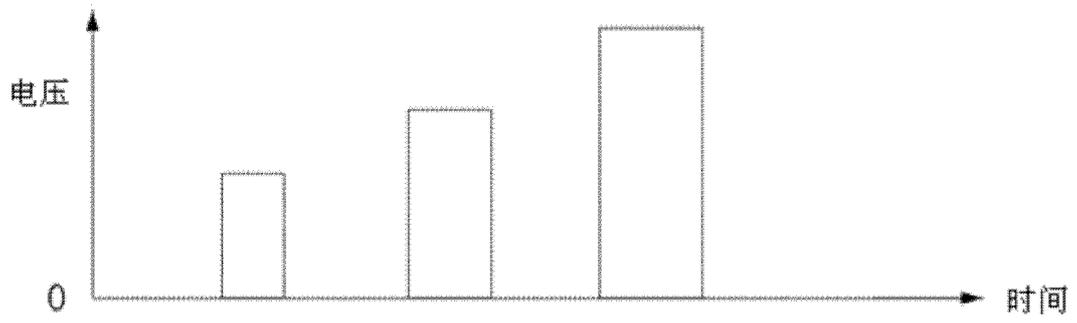
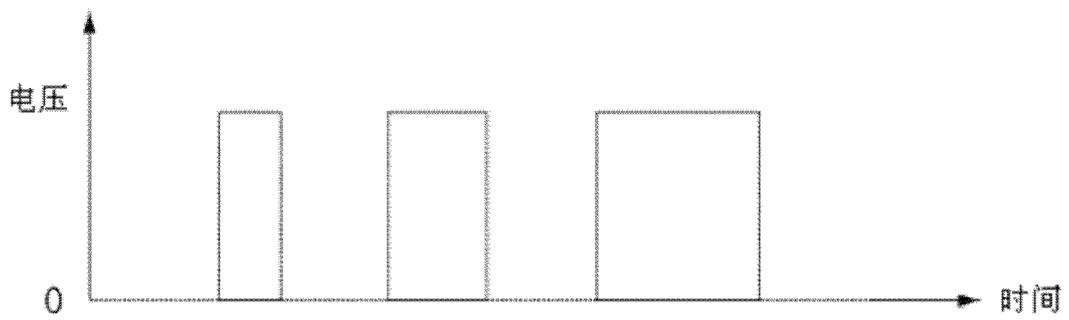


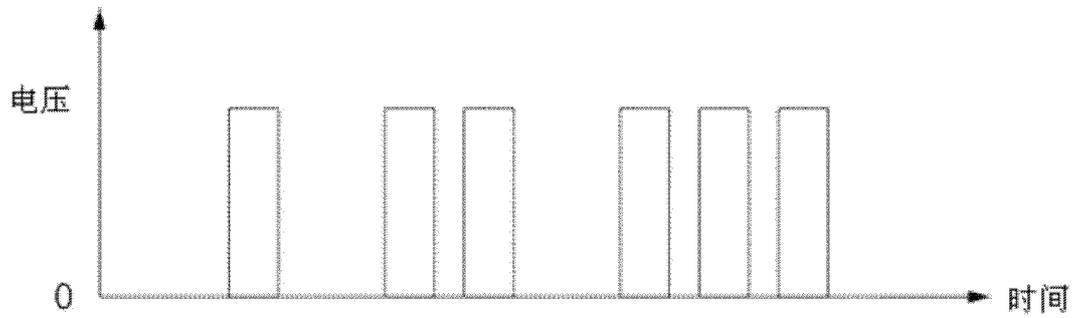
图 19



(a)



(b)



(c)

图 20

2100

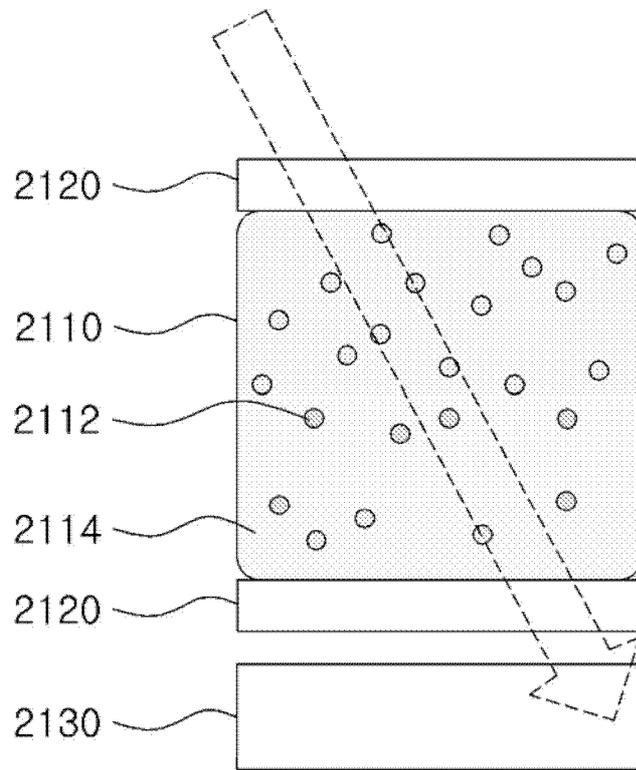
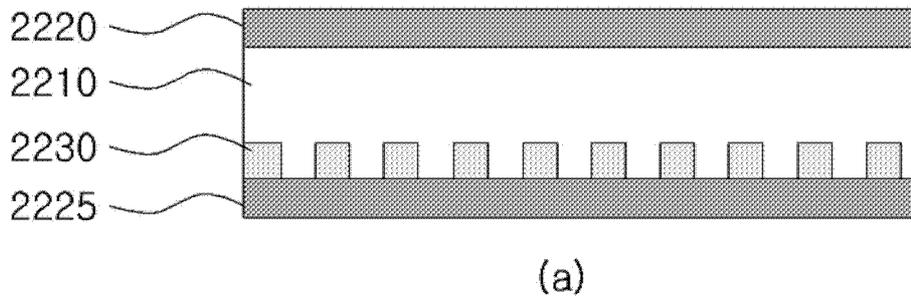


图 21

2200



2200

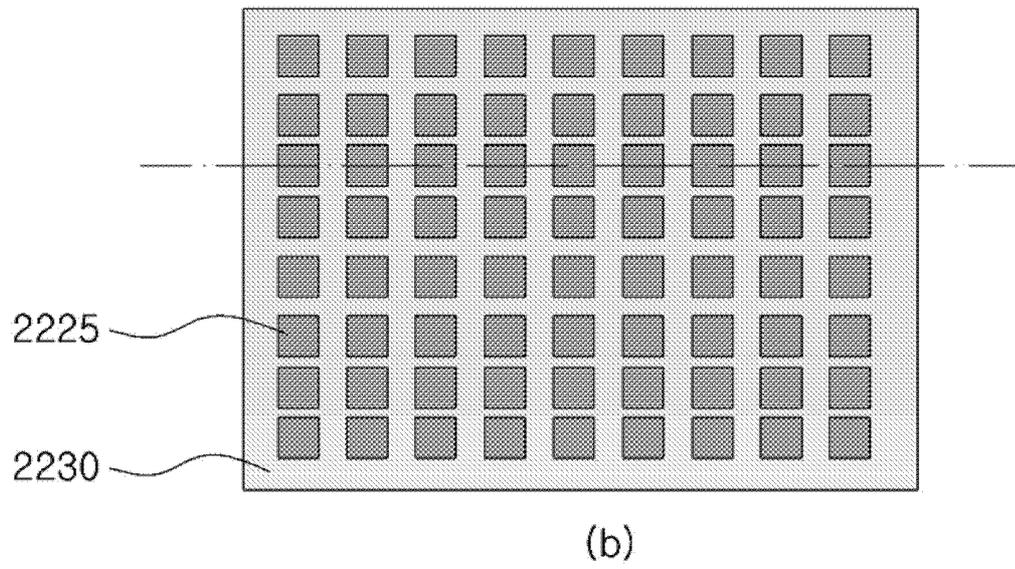
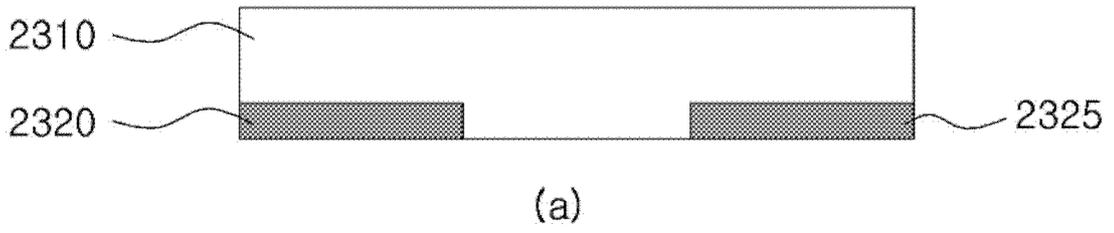


图 22

2300



2300

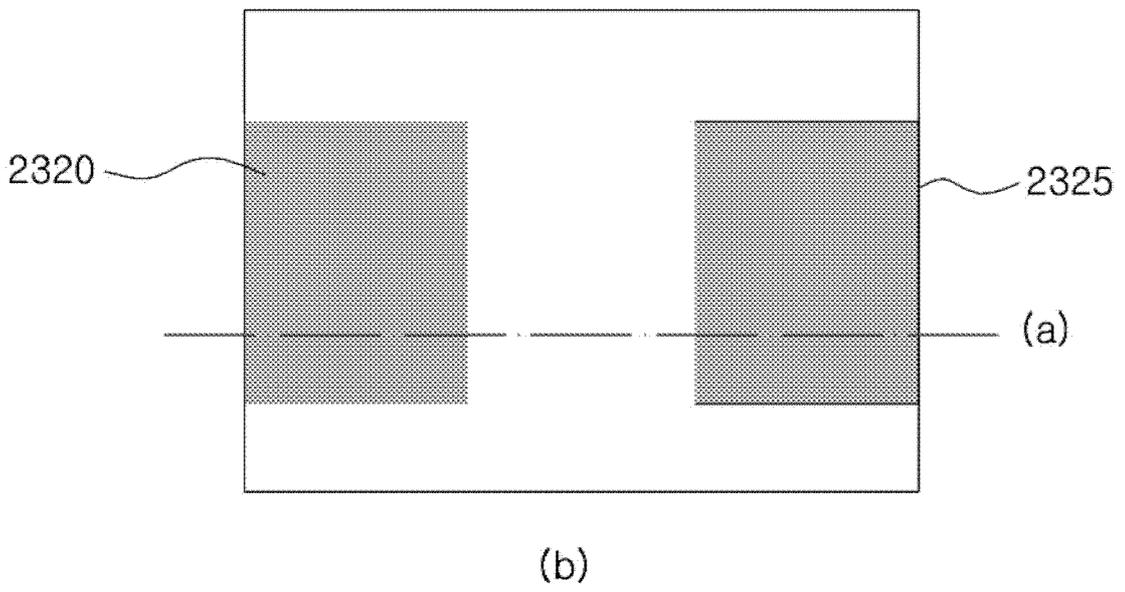


图 23

2400

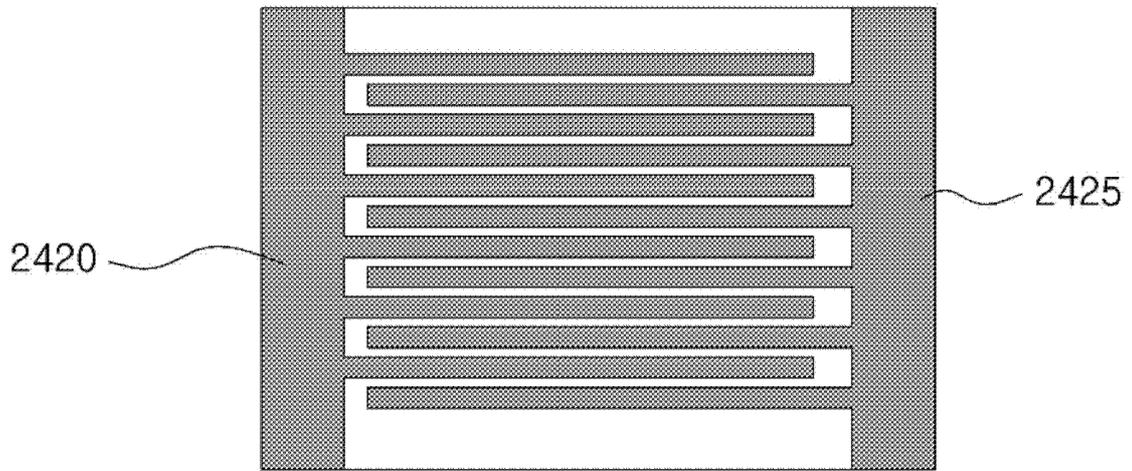


图 24

2500

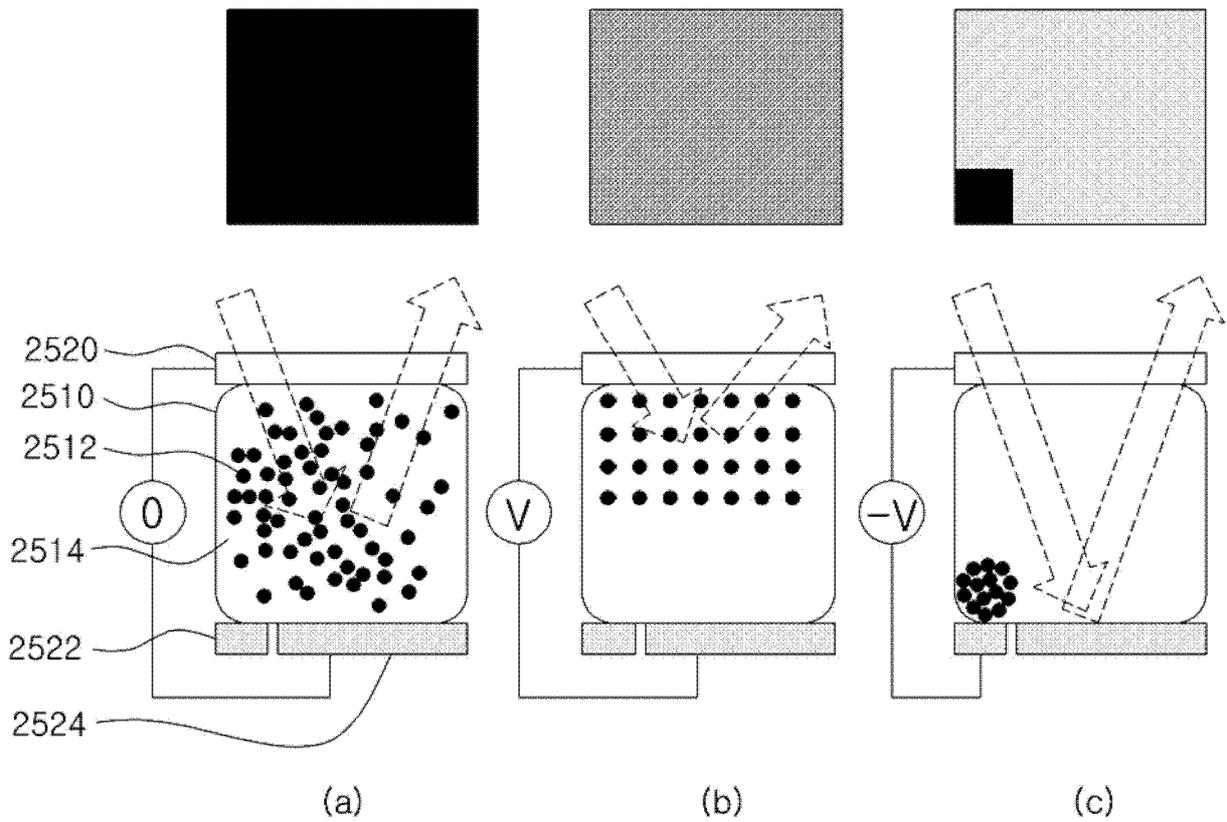


图 25

2600

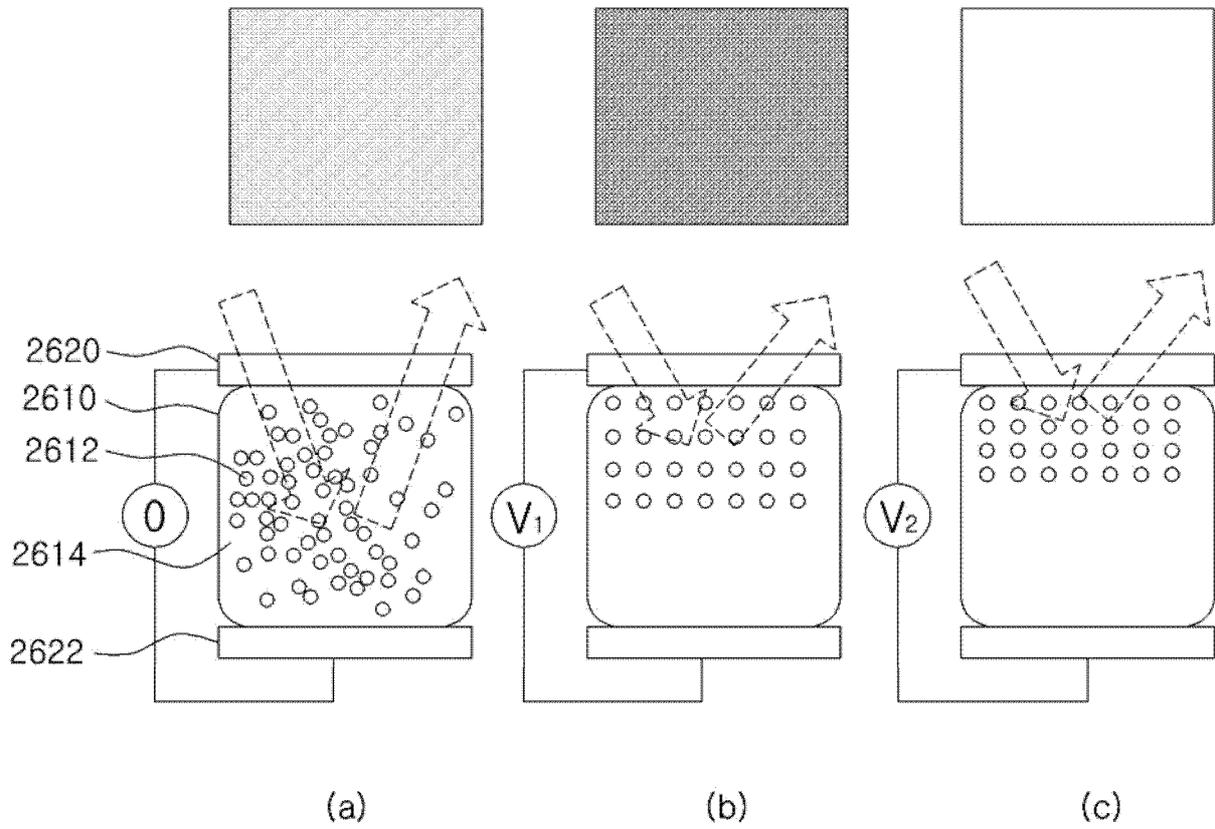


图 26

2700

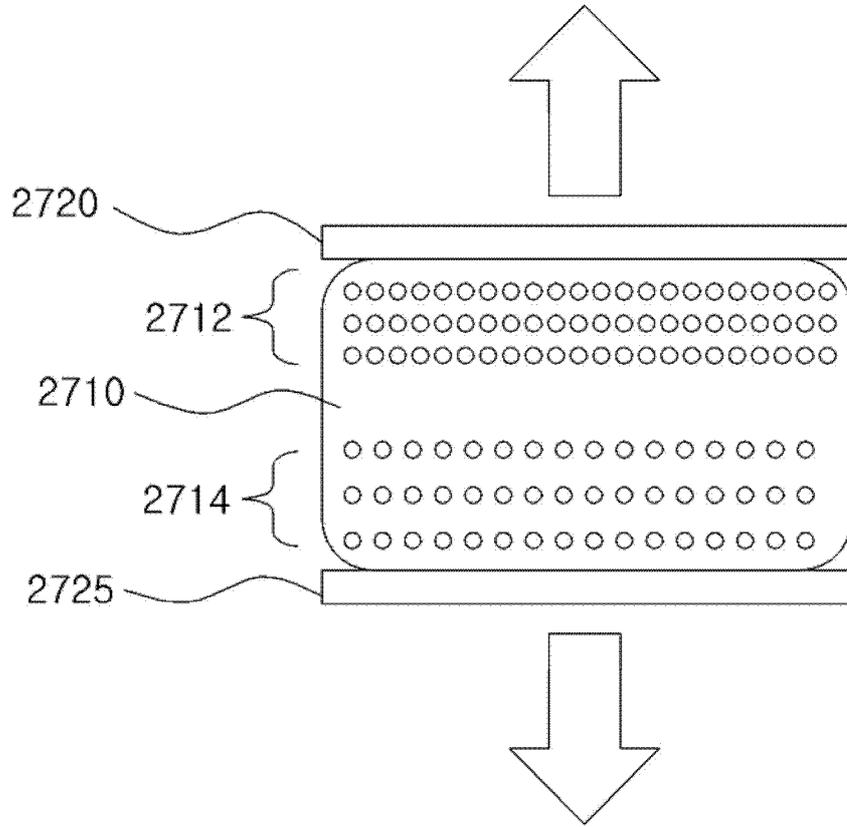


图 27

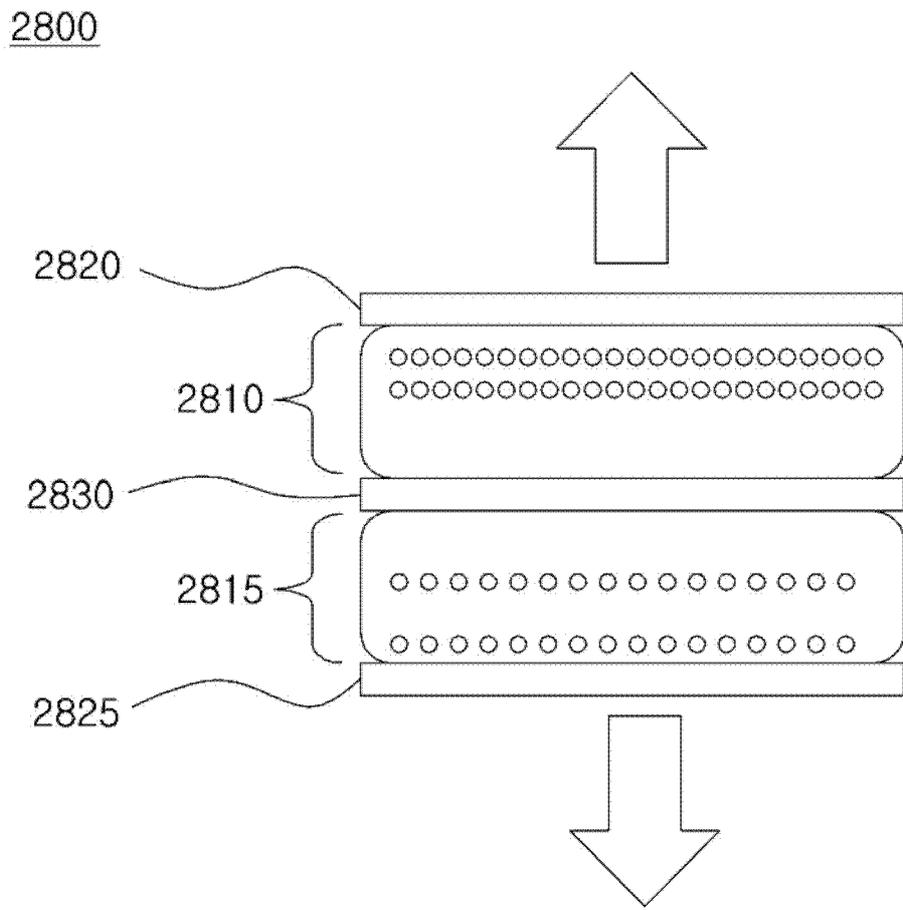


图 28

2900

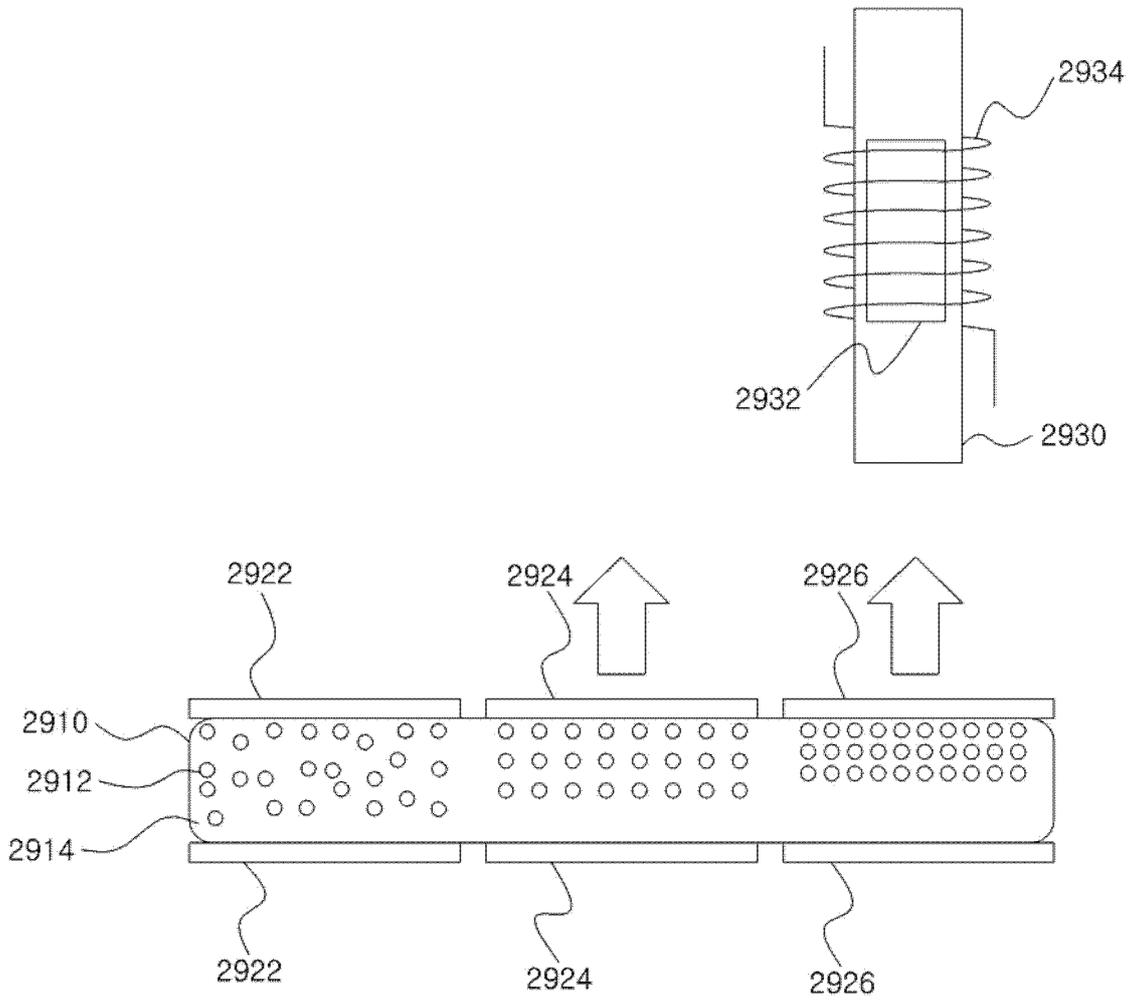


图 29

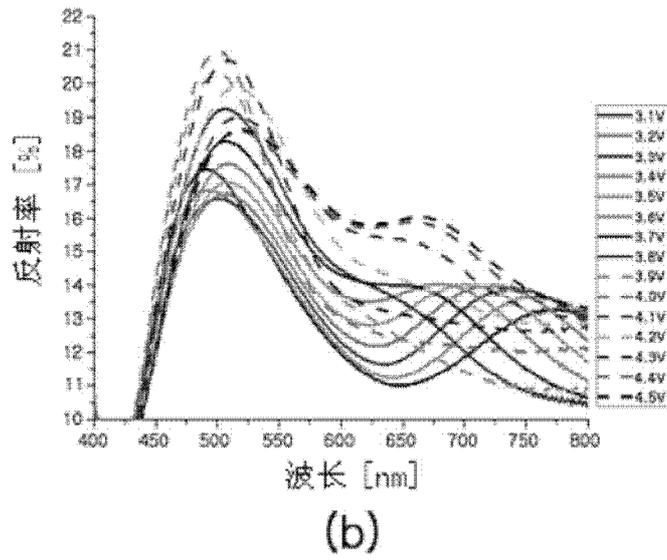
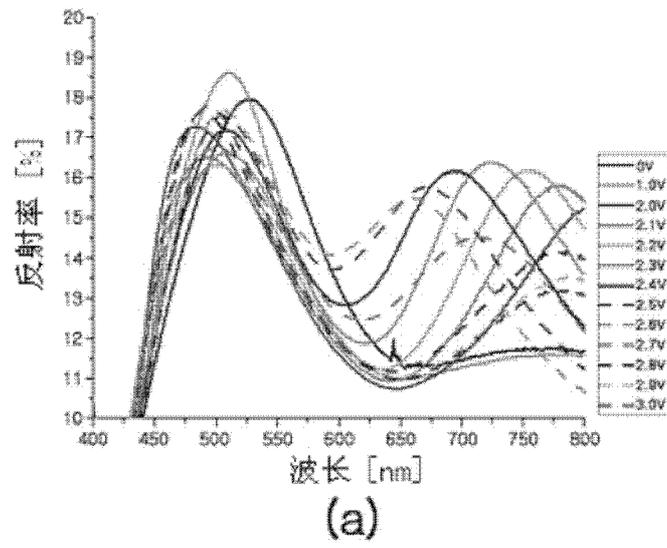


图 30

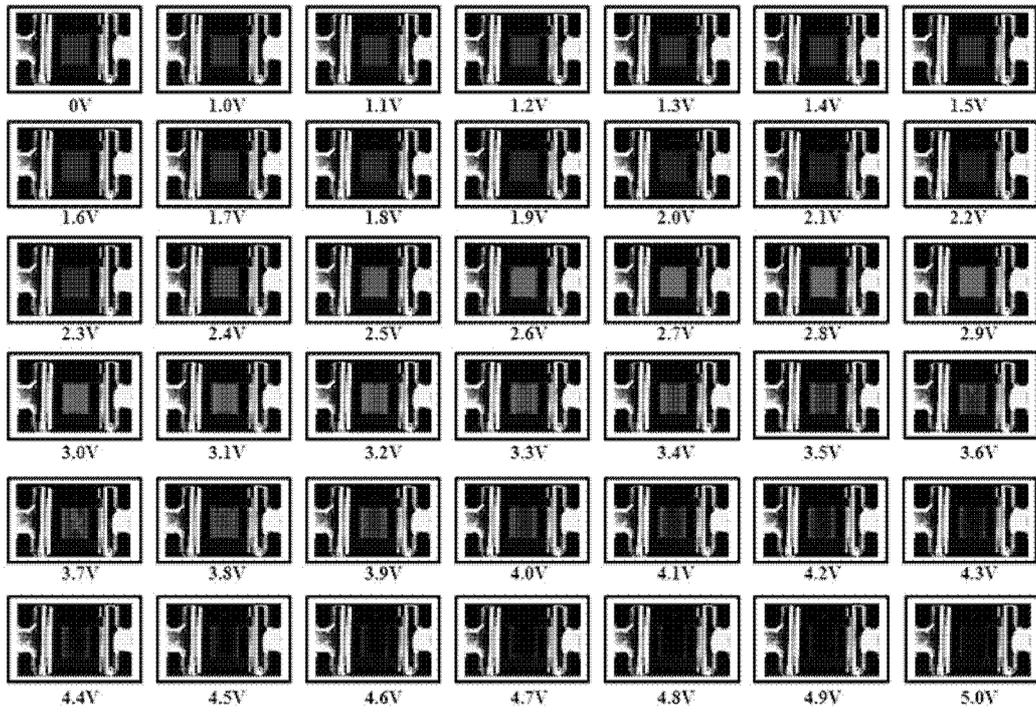


图 31

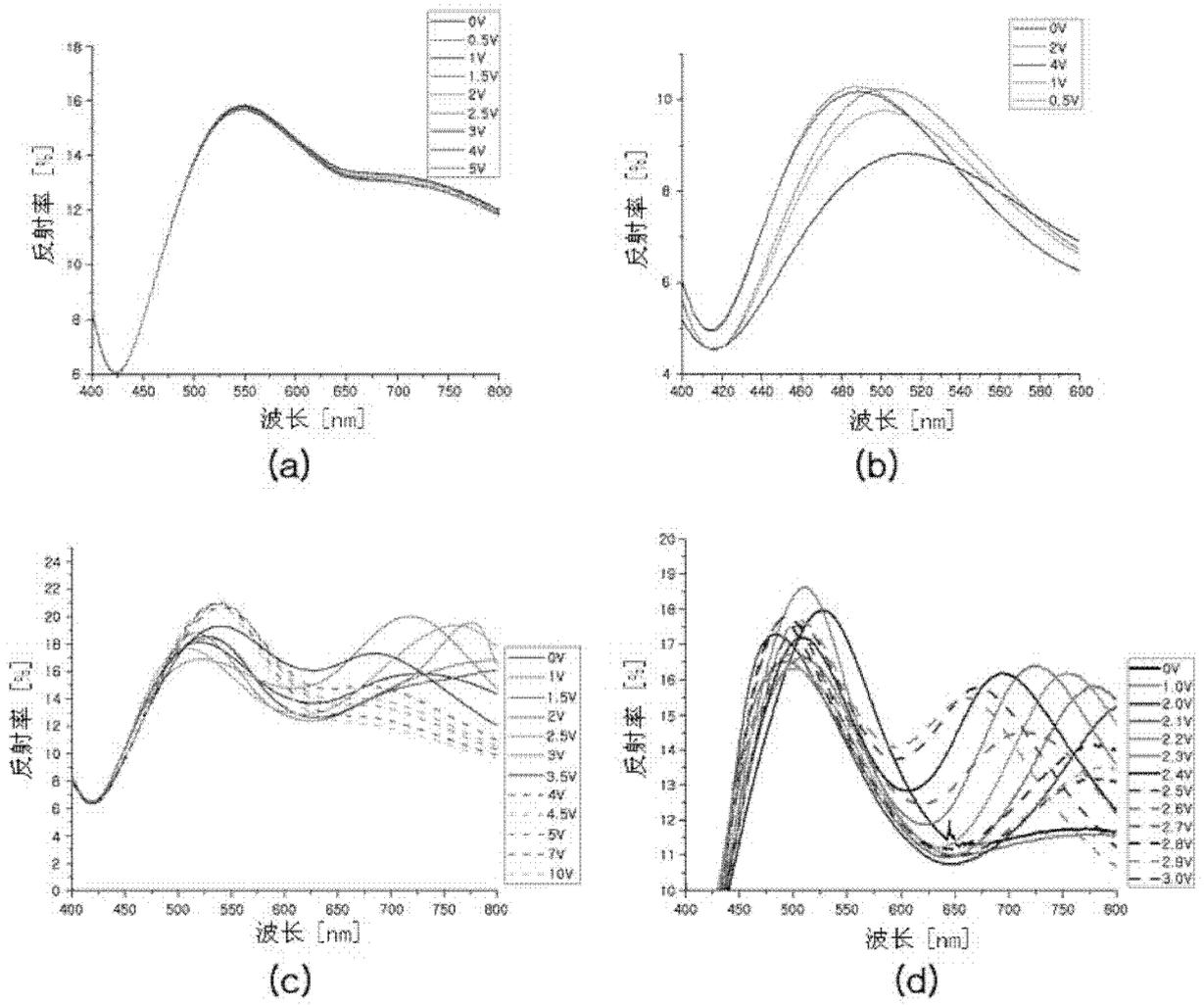


图 32

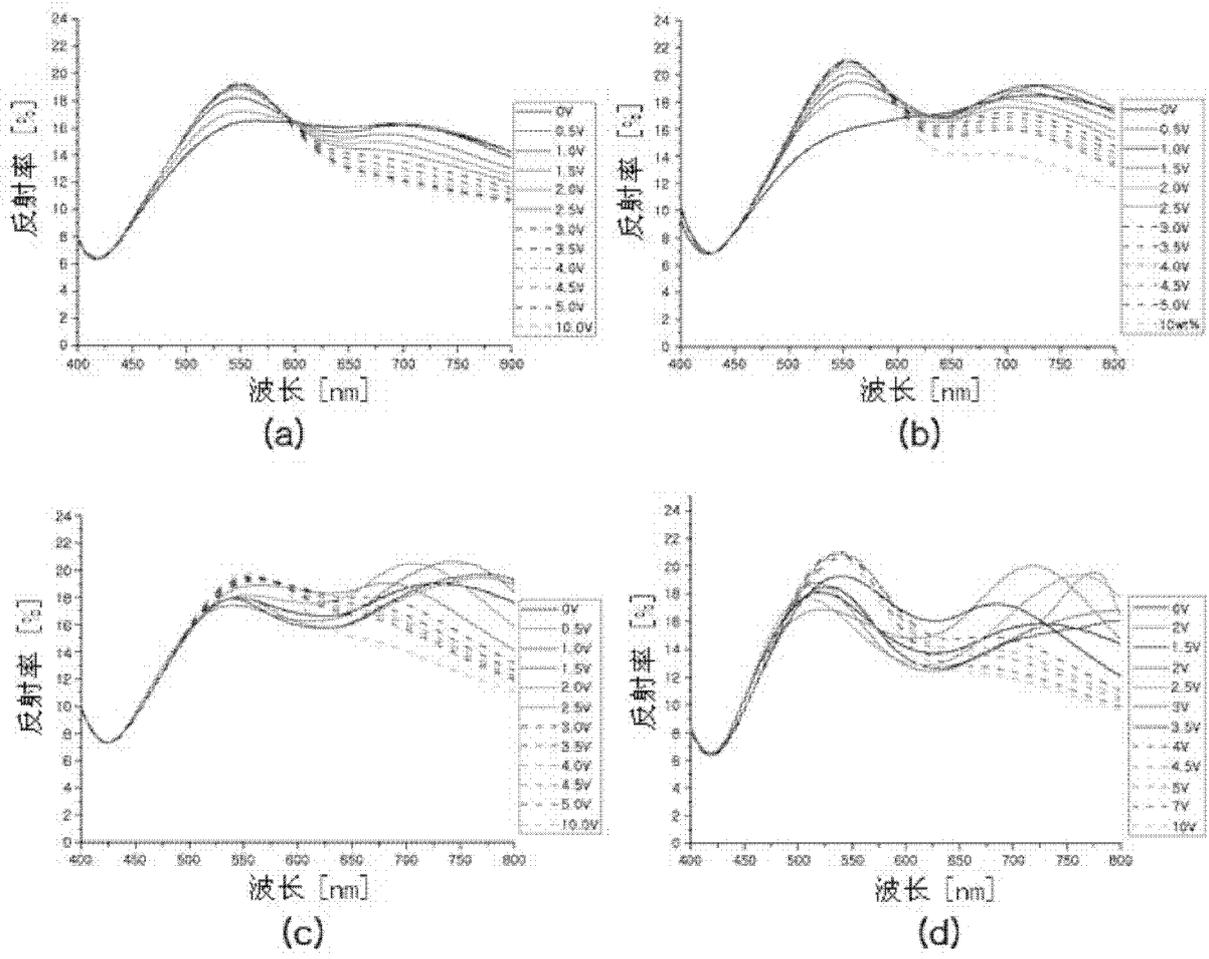
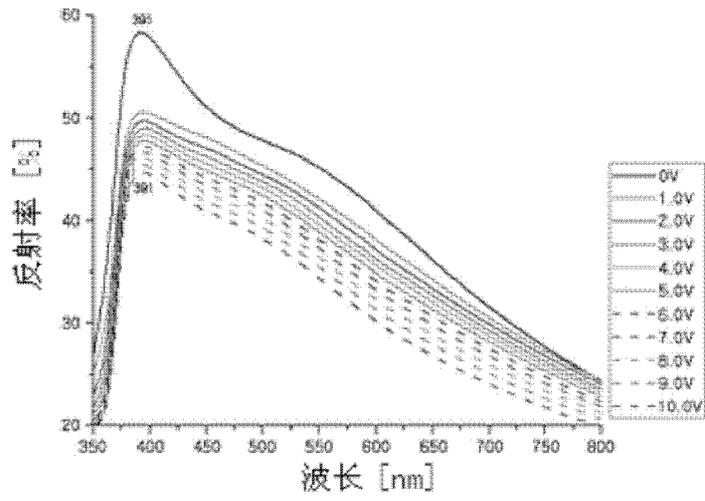
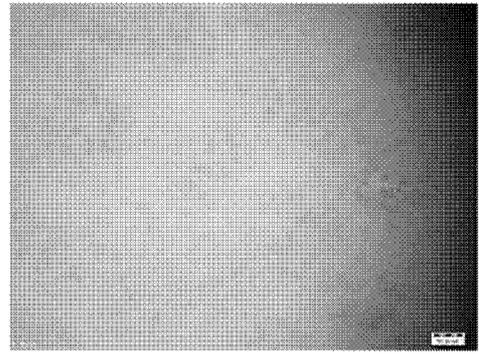


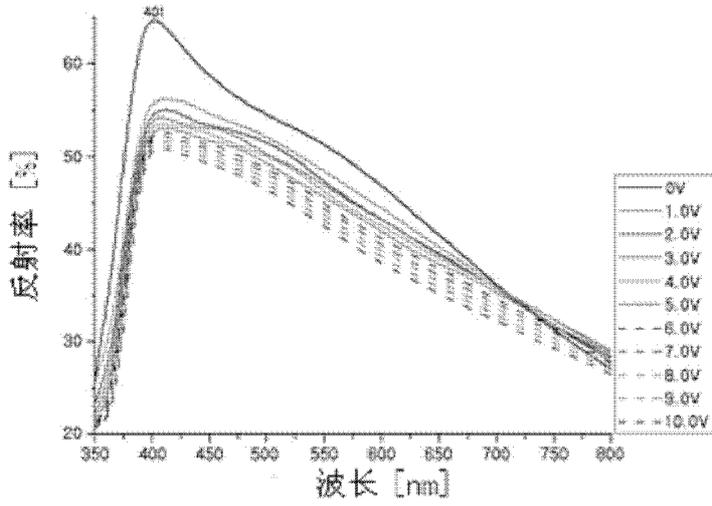
图 33



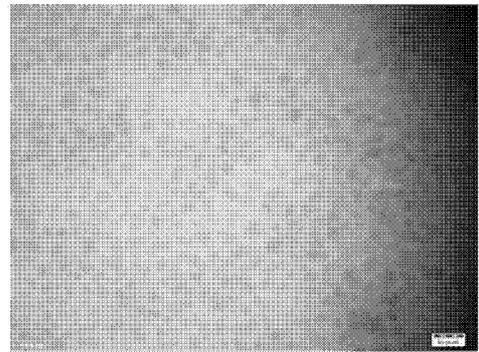
(a)



(a)



(b)



(b)

图 35

图 34

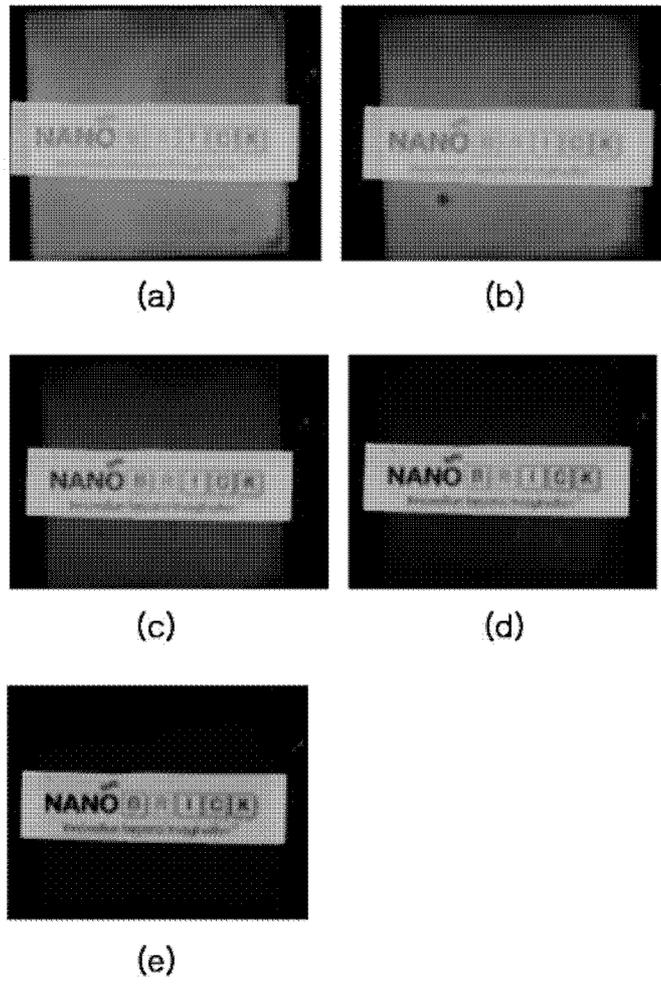


图 36

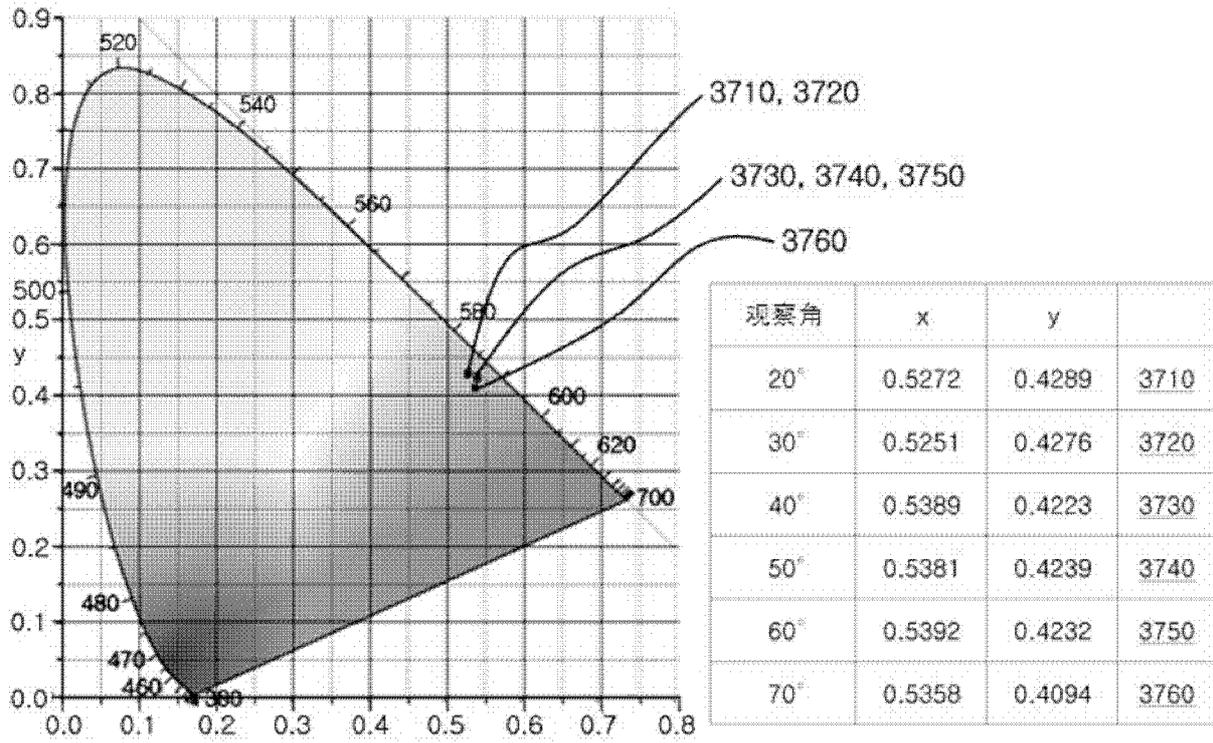


图 37

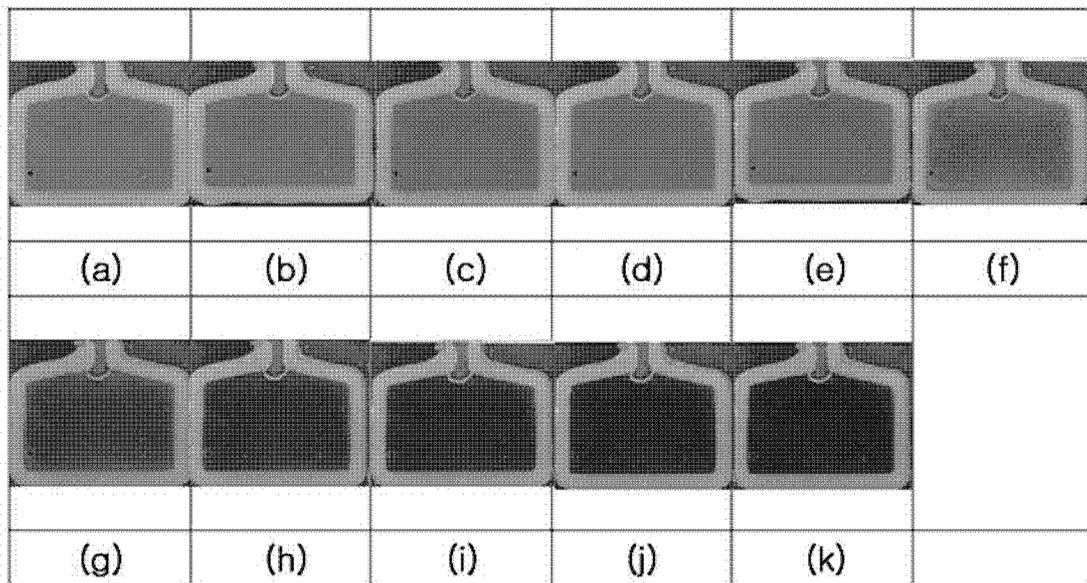


图 38

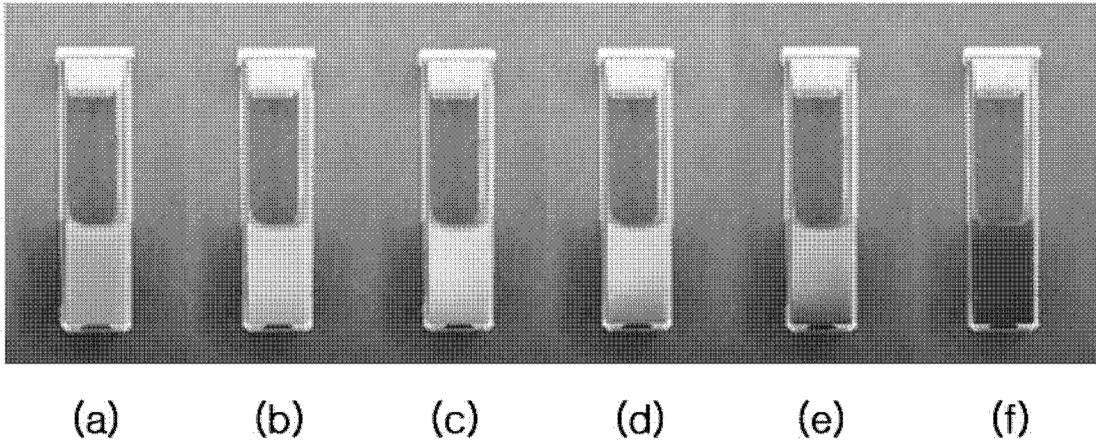


图 39