



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101881659 B

(45) 授权公告日 2013. 07. 31

(21) 申请号 201010209989. 9

CN 101610613 A, 2009. 12. 23, 说明书第 4 页第 1 段.

(22) 申请日 2010. 06. 25

US 2010/0122980 A1, 2010. 05. 20, 图 11.

(73) 专利权人 清华大学

审查员 苑佳丽

地址 100084 北京市海淀区清华大学清
华-富士康纳米科技研究中心 401 室
专利权人 鸿富锦精密工业(深圳)有限公司

(72) 发明人 肖林 姜开利 张玉莹 范守善

(51) Int. Cl.

- G01J 1/42 (2006. 01)
- G01J 4/04 (2006. 01)
- B82B 1/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

- US 2008/0170982 A1, 2008. 07. 17, 说明书第【0073】段、图 59B, 59C.
- US 2008/0170982 A1, 2008. 07. 17,
- US 2010/0039015 A1, 2010. 02. 18, 图 1, 4, 5, 说明书第【0032】—【0038】.

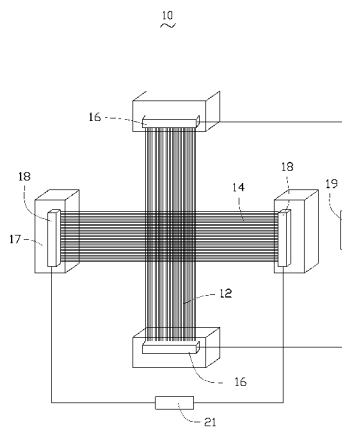
权利要求书2页 说明书9页 附图7页

(54) 发明名称

电磁波检测装置

(57) 摘要

本发明涉及一种电磁波检测装置,其包括至少一个电磁波检测单元,其中,该每个电磁波检测单元包括:一第一碳纳米管结构,该第一碳纳米管结构包括多个沿第一方向排列的碳纳米管;两个第一电极相互间隔且分别与该第一碳纳米管结构电连接;一第二碳纳米管结构,该第二碳纳米管结构包括多个沿第二方向排列的碳纳米管,该第二碳纳米管结构与该第一碳纳米管结构相对且间隔设置,且该第一方向与第二方向垂直;及两个第二电极相互间隔且分别与该第二碳纳米管结构电连接。



1. 一种电磁波检测装置,用于检测电磁波在两个不同偏振方向上的强度,其包括至少一个电磁波检测单元,其特征在于,每个电磁波检测单元包括:

一第一碳纳米管结构,该第一碳纳米管结构包括多个沿第一方向排列的碳纳米管,该第一碳纳米管结构用于吸收沿第一方向偏振的电磁波使得自身温度上升,且该第一碳纳米管结构的电阻发生改变;

两个第一电极相互间隔且分别与该第一碳纳米管结构电连接;

一第一信号测量装置,该第一信号测量装置与所述两个第一电极电连接,且该第一信号测量装置用于检测所述第一碳纳米管结构的电阻的改变;

一第二碳纳米管结构,该第二碳纳米管结构包括多个沿第二方向排列的碳纳米管,该第二碳纳米管结构与该第一碳纳米管结构相对且间隔设置,该第二碳纳米管结构用于吸收沿第二方向振动的电磁波使得自身温度升高,且该第二碳纳米管结构的电阻发生改变,且该第一方向与该第二方向垂直;

两个第二电极相互间隔且分别与该第二碳纳米管结构电连接;以及

一第二信号测量装置,该第二信号测量装置与所述两个第二电极电连接,且该第二信号测量装置用于检测所述第二碳纳米管结构的电阻的改变。

2. 如权利要求 1 所述的电磁波检测装置,其特征在于,所述第一碳纳米管结构或第二碳纳米管结构包括至少一碳纳米管膜、至少一碳纳米管线状结构或其组合。

3. 如权利要求 2 所述的电磁波检测装置,其特征在于,所述至少一碳纳米管膜中的碳纳米管大致相互平行且与该碳纳米管膜表面基本平行。

4. 如权利要求 2 所述的电磁波检测装置,其特征在于,所述至少一碳纳米管膜包括多个通过范德华力首尾相连且沿同一方向择优取向排列的碳纳米管。

5. 如权利要求 2 所述的电磁波检测装置,其特征在于,所述至少一碳纳米管膜为一自支撑结构。

6. 如权利要求 2 所述的电磁波检测装置,其特征在于,所述至少一碳纳米管膜包括多个碳纳米管膜,该多个碳纳米管膜共面且无间隙铺设或层叠铺设。

7. 如权利要求 2 所述的电磁波检测装置,其特征在于,所述至少一碳纳米管线状结构为一个碳纳米管线状结构,该碳纳米管线状结构在一个平面内有序弯折成一膜状结构。

8. 如权利要求 2 所述的电磁波检测装置,其特征在于,所述至少一碳纳米管线状结构为多个碳纳米管线状结构,该多个碳纳米管线状结构基本平行排列且共面。

9. 如权利要求 2 所述的电磁波检测装置,其特征在于,所述碳纳米管线状结构包括至少一非扭转的碳纳米管线,该非扭转的碳纳米管线包括多个沿该非扭转的碳纳米管线长度方向平行排列的碳纳米管。

10. 如权利要求 2 所述的电磁波检测装置,其特征在于,所述碳纳米管线状结构包括至少一扭转的碳纳米管线,该扭转的碳纳米管线包括多个沿该扭转的碳纳米管线长度方向呈螺旋状排列的碳纳米管。

11. 如权利要求 1 所述的电磁波检测装置,其特征在于,所述第一碳纳米管结构或第二碳纳米管结构的厚度为 0.5 纳米~1 毫米。

12. 如权利要求 1 所述的电磁波检测装置,其特征在于,进一步包括一用于支撑该第一碳纳米管结构和第二碳纳米管结构的支撑体,以使该第一碳纳米管结构和第二碳纳米管结

构相互间隔且悬空设置。

13. 如权利要求 1 所述的电磁波检测装置,其特征在于,该第一碳纳米管结构或第二碳纳米管结构的单位面积热容小于 2×10^{-4} 焦耳每平方米开尔文。

14. 如权利要求 1 所述的电磁波检测装置,其特征在于,其包括多个按行及列排布的电磁波检测单元。

15. 一种电磁波检测装置,其包括:多个按行及列排布的电磁波检测单元,其特征在于,该每个电磁波检测单元包括:

一第一碳纳米管结构,该第一碳纳米管结构包括多个沿第一方向排列的碳纳米管;

两个第一电极相互间隔且分别与该第一碳纳米管结构电连接;

一第二碳纳米管结构,该第二碳纳米管结构包括多个沿第二方向排列的碳纳米管,该第二碳纳米管结构与该第一碳纳米管结构相对且间隔设置,且该第一方向与第二方向垂直;及

两个第二电极相互间隔且分别与该第二碳纳米管结构电连接;

多个相互平行且间隔设置的第一导电条,该第一导电条包括两个相互平行且间隔设置的第一导电线,该一第一导电线与一行的每个电磁波检测单元的一第一电极电连接,该另一第一导电线与另一行的每个电磁波检测单元的一第二电极电连接;以及

多个相互平行且间隔设置的第二导电条,该第二导电条包括两个相互平行且间隔设置的第二导电线,该一第二导电线与一列的每个电磁波检测单元的另一第一电极电连接,该另一第二导电线与另一列的多个电磁波检测单元的另一第二电极电连接。

16. 如权利要求 15 所述的电磁波检测装置,其特征在于,该多个第一导电条与该多个第二导电条正交设置,形成多个按行及列排布的网格,该多个电磁波检测单元一一对应的设置于该多个网格中。

17. 如权利要求 15 所述的电磁波检测装置,其特征在于,该多个电磁波检测单元的第一方向相同,该多个电磁波检测单元的第二方向相同。

18. 如权利要求 17 所述的电磁波检测装置,其特征在于,该多个第一导电条沿第二方向设置,该多个第二导电条沿第一方向设置。

电磁波检测装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种电磁波检测装置,尤其涉及一种基于碳纳米管的电磁波检测装置。

背景技术

[0002] 在现有技术中,用于检测电磁波某一偏振方向的强度的检测装置通常包括一偏振片及一设置在偏振片之后的光敏介质。该偏振片由一组平行且间隔设置的丝线结构组成。其具体的检测过程为,当电磁波入射到所述偏振片时,振动方向平行于丝线结构的电磁波被该偏振片吸收,而振动方向垂直于该丝线结构的电磁波则会通过该偏振片并照射到所述光敏介质,所述光敏介质经该偏振电磁波照射之后,其电阻将发生变化,通过检测该电阻的变化值即可检测出所述偏振电磁波的强度。

[0003] 请参见“Review of passive imaging polarimetry for remote sensing applications”, Applied optics, J. Scott Tyo et al, Vol. 45, No. 22, P(5453-5469), 2006。为实现同时检测电磁波两个不同偏振方向的强度,该文献揭示一电磁波检测装置,其包括并排的设置在同一平面内的两个偏振片,以及分别设置在该两个偏振片后的两个光敏介质,该两个偏振片中的丝线结构相互垂直。在检测的过程中,采用两束相同的电磁波分别照射该两个偏振片,由于该两个偏振片的丝线结构排列方向不同,因此通过该两个偏振片的电磁波的偏振方向也不同,当该两束具有不同偏振方向的电磁波分别照射到与其相对的光敏介质之后,该两个光敏介质的电阻发生改变,通过检测该两个光敏介质的电阻变化值即可同时获得上述电磁波两个不同偏振方向的强度。

[0004] 然而,上述电磁波检测装置为能测得入射电磁波两个偏振方向的强度需要两个光敏介质,增加了制造成本和体积,且测试时需要两束电磁波,限制了其在实践中的广泛应用。

发明内容

[0005] 有鉴于此,确有必要提供一种可同时检测同一束电磁波两个偏振方向的强度的电磁波检测装置,该电磁波检测装置具有较小的体积且成本较低。

[0006] 一种电磁波检测装置,其包括至少一个电磁波检测单元,其中,每个电磁波检测单元包括:一第一碳纳米管结构,该第一碳纳米管结构包括多个沿第一方向排列的碳纳米管;两个第一电极相互间隔且分别与该第一碳纳米管结构电连接;一第二碳纳米管结构,该第二碳纳米管结构包括多个沿第二方向排列的碳纳米管,该第二碳纳米管结构与该第一碳纳米管结构相对且间隔设置,且该第一方向与第二方向垂直;及两个第二电极相互间隔且分别与该第二碳纳米管结构电连接。

[0007] 一种电磁波检测装置,其包括:多个按行及列排布的电磁波检测单元,其中,该每个电磁波检测单元包括:一第一碳纳米管结构,该第一碳纳米管结构包括多个沿第一方向排列的碳纳米管;两个第一电极相互间隔且分别与该第一碳纳米管结构电连接;一第二碳

纳米管结构,该第二碳纳米管结构包括多个沿第二方向排列的碳纳米管,该第二碳纳米管结构与该第一碳纳米管结构相对且间隔设置,且该第一方向与第二方向垂直;及两个第二电极相互间隔且分别与该第二碳纳米管结构电连接;多个相互平行且间隔设置的第一导电条,该第一导电条包括两个相互平行且间隔设置的第一导电线,该一第一导电线与一行的每个电磁波检测单元的一第一电极电连接,该另一第一导电线与另一行的每个电磁波检测单元的一第二电极电连接;以及多个相互平行且间隔设置的第二导电条,该第二导电条包括两个相互平行且间隔设置的第二导电线,该一第二导电线与一列的每个电磁波检测单元的另一第一电极电连接,该另一第二导电线与另一列的多个电磁波检测单元的另一第二电极电连接。

[0008] 相较于现有技术,本发明提供的电磁波检测装置中相对设置的第一碳纳米管结构和第二碳纳米管结构分别包括多个沿同一方向排列的碳纳米管,且该第二碳纳米管结构包括的多个碳纳米管与第一碳纳米管结构中包括的多个碳纳米管相互垂直,因此该第一碳纳米管结构和第二碳纳米管结构即可使入射电磁波发生偏振,还可同时分别通过自身电阻的变化检测被吸收的具有一定偏振方向的电磁波的强度,即无需额外的光敏元件,体积较小且成本较低。

附图说明

[0009] 图 1 为本发明第一实施例提供的电磁波检测装置结构示意图。

[0010] 图 2 为本发明第一实施例提供的电磁波检测装置中碳纳米管拉膜局部放大结构示意图。

[0011] 图 3 为本发明第一实施例提供的电磁波检测装置中碳纳米管拉膜的扫描电镜照片。

[0012] 图 4 为本发明第一实施例提供的电磁波检测装置中的一个碳纳米管线状结构在一个平面内有序弯折的示意图。

[0013] 图 5 为本发明第一实施例提供的电磁波检测装置中的多个碳纳米管线状结构在一个平面内相互平行排列的示意图。

[0014] 图 6 为本发明第一实施例用具有不同强度的电磁波照射电磁波检测装置中的碳纳米管结构时,碳纳米管结构的电阻变化率随温度变化的曲线图。

[0015] 图 7 为本发明第一实施例提供的碳纳米管结构的电阻变化率与入射电磁波的偏振方向和碳纳米管结构中碳纳米管长度方向之间的夹角的关系。

[0016] 图 8 为本发明第一实施例在真空和非真空环境下,用不同强度的电磁波照射电磁波检测装置中的碳纳米管结构时,碳纳米管结构的电阻变化率随温度变化的曲线图。

[0017] 图 9 为本发明第二实施例提供的电磁波检测装置结构示意图。

[0018] 主要元件符号说明

[0019]	电磁波检测装置	10, 20
[0020]	第一碳纳米管结构	12, 22
[0021]	第二碳纳米管结构	14, 24
[0022]	碳纳米管片段	143
[0023]	碳纳米管	145

[0024]	第一电极	16, 26
[0025]	支撑体	17, 27
[0026]	第二电极	18, 28
[0027]	第一信号检测装置	19
[0028]	第二信号检测装置	21
[0029]	电磁波检测单元	200
[0030]	第一导电条	260
[0031]	第一导电线	2600
[0032]	第二导电条	280
[0033]	第二导电线	2800

具体实施方式

[0034] 以下将结合附图详细说明本发明实施例的电磁波检测装置。

[0035] 请参阅图 1, 本发明第一实施例提供一种电磁波检测装置 10, 其包括: 一第一碳纳米管结构 12, 一第二碳纳米管结构 14, 两个第一电极 16, 及两个第二电极 18。该第一碳纳米管结构 12 和第二碳纳米管结构 14 相对且间隔设置, 所述第一碳纳米管结构 12 包括多个沿第一方向排列的碳纳米管, 所述第二碳纳米管结构 14 包括多个沿第二方向排列的碳纳米管, 且该第一方向基本垂直于该第二方向。该两个第一电极 16 相互间隔且分别与该第一碳纳米管结构 12 电连接, 从一个第一电极 16 至另一个第一电极 16 的方向为该第一方向。该两个第二电极 18 相互间隔且分别与该第二碳纳米管结构 12 电连接, 从一个第二电极 18 至另一个第二电极 18 的方向为该第二方向。所述电磁波检测装置 10 在使用时, 待测的电磁波的入射方向优选为垂直于该第一碳纳米管结构 12 和第二碳纳米管结构 14 所在的平面, 该第一碳纳米管结构 12 和第二碳纳米管结构 14 设置在该电磁波的传播路线上, 该待测电磁波依次入射至该第一碳纳米管结构 12 及第二碳纳米管结构 14。

[0036] 所谓沿同一方向 (第一方向或第二方向) 排列是指多数碳纳米管的排列方向基本平行于该方向, 如基本沿该方向择优取向排列。所谓择优取向是指大多数碳纳米管的整体延伸方向基本为该方向。而且, 所述大多数碳纳米管的整体延伸方向基本平行于该碳纳米管结构的表面。当然, 所述第一、第二碳纳米管结构 12、14 中存在少数随机排列的碳纳米管, 这些碳纳米管不会对第一、第二碳纳米管结构 12、14 中大多数碳纳米管的整体取向排列构成明显影响。所述碳纳米管包括单壁碳纳米管、双壁碳纳米管及多壁碳纳米管中的一种或多种。所述单壁碳纳米管的直径为 0.5 纳米~10 纳米, 双壁碳纳米管的直径为 1.0 纳米~15 纳米, 多壁碳纳米管的直径为 1.5 纳米~50 纳米。

[0037] 具体地, 所述第一、第二碳纳米管结构 12、14 的整体形状为片状, 可包括至少一碳纳米管膜、至少一碳纳米管线状结构或其组合。

[0038] 所述碳纳米管膜包括碳纳米管拉膜、带状碳纳米管膜或长碳纳米管膜。

[0039] 所述碳纳米管拉膜通过拉取一碳纳米管阵列直接获得, 优选为通过拉取一超顺排碳纳米管阵列直接获得。该碳纳米管拉膜中的碳纳米管首尾相连地沿同一个方向择优取向排列, 且为一自支撑结构, 所述自支撑为碳纳米管拉膜不需要大面积的载体支撑, 而只要相对两边提供支撑力即能整体上悬空而保持自身膜状状态, 即将该碳纳米管拉膜置于 (或固

定于) 间隔一定距离设置的两个支撑体上时, 位于两个支撑体之间的碳纳米管拉膜能够悬空保持自身膜状状态。所述自支撑主要通过碳纳米管拉膜中存在连续的通过范德华力首尾相连延伸排列的碳纳米管而实现。请参阅图 2 及图 3, 具体地, 每一碳纳米管拉膜包括多个连续且定向排列的碳纳米管片段 143, 该多个碳纳米管片段 143 通过范德华力首尾相连, 每一碳纳米管片段 143 包括多个大致相互平行的碳纳米管 145, 该多个相互平行的碳纳米管 145 通过范德华力紧密结合。该碳纳米管片段 143 具有任意的宽度、厚度、均匀性及形状。所述碳纳米管拉膜的厚度为 0.5 纳米~100 微米。所述碳纳米管拉膜及其制备方法请参见范守善等人于 2007 年 2 月 9 日申请的, 于 2008 年 8 月 13 公开的第 CN101239712A 号中国大陆公开专利申请。

[0040] 所述带状碳纳米管膜为通过将一狭长的碳纳米管阵列沿垂直于碳纳米管阵列长度方向倾倒在—基底表面而获得。该带状碳纳米管膜包括多个择优取向排列的碳纳米管。所述多个碳纳米管之间基本互相平行并排排列, 且通过范德华力紧密结合, 该多个碳纳米管具有大致相等的长度, 且其长度可达到毫米量级。所述带状碳纳米管膜的宽度与碳纳米管的长度相等, 故该带状碳纳米管阵列中至少有一个碳纳米管从带状碳纳米管膜的一端延伸至另一端, 从而跨越整个带状碳纳米管膜。带状碳纳米管膜的宽度受碳纳米管的长度限制, 优选地, 该碳纳米管的长度为 1 毫米~10 毫米。该所述带状碳纳米管膜的结构及其制备方法请参见范守善等人于 2008 年 5 月 28 日申请的第 200810067529.X 号中国大陆专利申请。

[0041] 所述长碳纳米管膜为通过放风筝法获得, 具体为, 使碳纳米管沿着碳源气体的气流方向生长, 当停止通入碳源气体之后, 该沿气流方向形成的超长碳纳米管将平行且间隔地倾倒在—接受基底上构成—长碳纳米管膜。该长碳纳米管膜包括多个平行于碳纳米管膜表面的超长碳纳米管, 且该多个碳纳米管彼此基本平行排列。所述多个碳纳米管的长度可大于 10 厘米。所述碳纳米管膜中相邻两个超长碳纳米管之间的距离小于 5 微米。所述长碳纳米管膜的结构及其制备方法请参见范守善等人于 2008 年 2 月 1 日申请的第 200810066048.7 号中国大陆专利申请。

[0042] 上述碳纳米管拉膜、带状碳纳米管膜或长碳纳米管膜为多个时, 可共面且无间隙铺设或 / 和层叠铺设, 从而制备不同面积与厚度的第一、第二碳纳米管结构 12、14。在由多个共面且无间隙铺设和 / 或相互层叠的碳纳米管膜组成的碳纳米管结构中, 相邻两个碳纳米管膜中的碳纳米管的排列方向相同。

[0043] 所述碳纳米管线状结构包括至少—碳纳米管线。当该碳纳米管线状结构包括多个碳纳米管线时, 该多个碳纳米管线可相互平行组成束状结构或相互扭转组成绞线结构。该碳纳米管线可以为非扭转的碳纳米管线或扭转的碳纳米管线。所述碳纳米管线状结构可为单根或多根。请参阅图 4, 当为单根时, 该单根碳纳米管线状结构可在—平面内有序弯折成一膜状结构, 且除弯折部分之外, 该碳纳米管线状结构其它部分可看作并排且相互平行排列; 请参阅图 5, 当为多根时, 该多根碳纳米管线状结构可共面且沿一个方向平行排列或堆叠且沿一个方向平行排列设置。

[0044] 所述非扭转的碳纳米管线包括多个沿该非扭转的碳纳米管线长度方向排列的碳纳米管。具体地, 该非扭转的碳纳米管线包括多个碳纳米管片段, 该多个碳纳米管片段通过范德华力首尾相连, 每一碳纳米管片段包括多个相互平行并通过范德华力紧密结合的碳纳

米管。该碳纳米管片段具有任意的长度、厚度、均匀性及形状。该非扭转的碳纳米管线长度不限,直径为 0.5 纳米~100 微米。该非扭转的碳纳米管线为将碳纳米管拉膜通过有机溶剂处理得到。具体地,将有机溶剂浸润所述碳纳米管拉膜的整个表面,在挥发性有机溶剂挥发时产生的表面张力的作用下,碳纳米管拉膜中的相互平行的多个碳纳米管通过范德华力紧密结合,从而使碳纳米管拉膜收缩为一非扭转的碳纳米管线。该有机溶剂为挥发性有机溶剂,如乙醇、甲醇、丙酮、二氯乙烷或氯仿,本实施例中采用乙醇。通过有机溶剂处理的非扭转碳纳米管线与未经有机溶剂处理的碳纳米管膜相比,比表面积减小,粘性降低。

[0045] 所述扭转的碳纳米管线包括多个绕该扭转的碳纳米管线轴向螺旋排列并沿线的一端向另一端延伸的碳纳米管。具体地,该扭转的碳纳米管线包括多个碳纳米管片段,该多个碳纳米管片段通过范德华力首尾相连,每一碳纳米管片段包括多个相互平行并通过范德华力紧密结合的碳纳米管。该碳纳米管片段具有任意的长度、厚度、均匀性及形状。该扭转的碳纳米管线长度不限,直径为 0.5 纳米~100 微米。所述扭转的碳纳米管线为采用一机械力将所述碳纳米管拉膜两端沿相反方向扭转获得。进一步地,可采用一挥发性有机溶剂处理该扭转的碳纳米管线。在挥发性有机溶剂挥发时产生的表面张力的作用下,处理后的扭转的碳纳米管线中相邻的碳纳米管通过范德华力紧密结合,使扭转的碳纳米管线的比表面积减小,密度及强度增大。

[0046] 所述碳纳米管线状结构及其制备方法请参见范守善等人于 2002 年 9 月 16 日申请的,于 2008 年 8 月 20 日公告的第 CN100411979C 号中国大陆公告专利,以及范守善等人于 2005 年 12 月 16 日申请的,于 2007 年 6 月 20 日公开的第 CN1982209A 号中国大陆公开专利申请。

[0047] 该碳纳米管线状结构具有较大的强度,从而提高了该电磁波检测装置 10 的使用寿命和稳定性。

[0048] 若所述第一、第二碳纳米管结构 12、14 为碳纳米管膜或碳纳米管线状结构的组合时,所述碳纳米管膜中碳纳米管与碳纳米管线状结构沿相同方向排列。

[0049] 可以理解,上述碳纳米管结构均包括多个基本沿相同方向平行排列的碳纳米管、至少一个碳纳米管线状结构或其组合。该碳纳米管结构不限于上述列举的各种形式的纯的碳纳米管膜及碳纳米管线状结构,只要碳纳米管结构包括的碳纳米管基本沿同一方向排列,均在本发明保护的范围内。如,该碳纳米管结构还可为含有其他复合材料的碳纳米管复合膜及碳纳米管复合线状结构,其中所述复合材料为透光性有机聚合物,该有机聚合物可为聚甲基丙烯酸甲酯、聚碳酸酯、聚丙烯酸乙酯或聚丙烯酸丁酯等。

[0050] 由于碳纳米管对电磁波的吸收接近绝对黑体,从而使碳纳米管对于各种波长的电磁波具有均一的吸收特性,即该碳纳米管结构可测量红外线、可见光、紫外线等不同波长范围的电磁波。进一步地,碳纳米管在吸收了如激光等电磁波的能量后温度上升,从而使碳纳米管结构的电阻也相应发生了变化,该碳纳米管结构可以检测从微瓦到千瓦的电磁波强度范围。另外,由于碳纳米管具有较小的热容和较大的散热面积,因此,其对电磁波的响应速度也较快。因此,该碳纳米管结构可用于检测电磁波的强度变化。

[0051] 另外,由于所述第一、第二碳纳米管结构 12、14 包括的多个碳纳米管、碳纳米管线状结构或其组合均沿同一方向平行排列,因此,当一电磁波信号首先入射至第一碳纳米管结构 12 时,振动方向平行于碳纳米管长度方向(第一方向)的电磁波信号被吸收,垂直于

碳纳米管长度方向的电磁波信号能透过该第一碳纳米管结构 12,使原电磁波信号变为偏振方向垂直于第一方向的偏振电磁波信号。由于该第一碳纳米管结构 12 吸收了偏振方向平行于碳纳米管长度方向的部分电磁波,因此该第一碳纳米管结构 12 的温度上升,且电阻发生相应改变。之后,该偏振方向垂直于第一方向的偏振电磁波信号入射至第二碳纳米管结构 14。由于第二碳纳米管结构 14 中的多个碳纳米管与第一碳纳米管结构 12 中的多个碳纳米管相互垂直设置,即第二碳纳米管结构 14 中的碳纳米管的长度方向(第二方向)垂直于第一碳纳米管结构 12 中的碳纳米管的长度方向(第一方向),因此,该偏振方向垂直于第一方向的偏振电磁波信号被吸收,且第二碳纳米管结构 12 的温度升高,电阻也相应发生改变。可见,该第一碳纳米管结构 12 和第二碳纳米管结构 14 可分别吸收入射电磁波中两个偏振方向相互垂直的电磁波,且均会因吸收电磁波而引起温度升高,并导致电阻的改变。该第一碳纳米管结构 12 电阻的改变可被连接于第一电极 16 的第一信号检测装置 19 检测。该第二碳纳米管结构 14 电阻的改变可被连接于第二电极 18 的第二信号检测装置 21 检测。

[0052] 请参阅图 6 至图 8,其中,图 6 中的 $R(300K)$ 指该第一碳纳米管结构 12 或第二碳纳米管结构 14 在温度为 300K 时的电阻, $R(T)$ 指该第一碳纳米管结构 12 或第二碳纳米管结构 14 在不同温度 T 时的电阻,图 7 和图 8 中的 R_{dark} 指第一碳纳米管结构 12 或第二碳纳米管结构 14 未被电磁波照射时的电阻, R_{IR} 指第一碳纳米管结构 12 或第二碳纳米管结构 14 被电磁波照射时的电阻。从该图 6 至图 8 可以发现,该电阻的变化规律具体为该第一、第二碳纳米管结构 12、14 对电磁波的吸收越强烈,该第一、第二碳纳米管结构 12、14 的温度越高,其电阻越小;相反,该第一、第二碳纳米管结构 12、14 对电磁波的吸收越微弱,该第一、第二碳纳米管结构 12、14 的温度越低,其电阻越大。根据该电阻变化规律,该第一、第二碳纳米管结构 12、14 可以检测电磁波的强度。可见,该第一、第二碳纳米管结构 12、14 不仅可使入射电磁波发生偏振,还可以同时通过自身电阻的变化检测被吸收的具有一定偏振方向的电磁波的强度,因此,相比于传统的电磁波检测装置,该电磁波检测装置 10 无需额外的光敏元件,体积较小且成本较低。

[0053] 另外,上述第一、第二碳纳米管结构 12、14 的厚度不宜太厚,太厚则使整个第一、第二碳纳米管结构 12、14 的单位面积热容增大,从而使该第一、第二碳纳米管结构 12、14 相应于入射电磁波的照射而引起的电阻变化所需反应时间较长,有可能降低该电磁波检测装置的灵敏度与稳定性。另外,该第一、第二碳纳米管结构 12、14 的厚度越小,单位面积热容越小,且整个电磁波检测装置 10 的灵敏度越高。该第一、第二碳纳米管结构 12、14 的单位面积热容可小于 2×10^{-4} 焦耳每平方厘米开尔文,优选地,该单位面积热容小于 1.7×10^{-6} 焦耳每平方厘米开尔文。但若其厚度太薄则也会使该第一、第二碳纳米管结构 12、14 的强度变差,在探测过程中容易损坏,影响该电磁波检测装置 10 的使用寿命。优选地,所述第一、第二碳纳米管结构 12、14 的厚度为 0.5 纳米~1 毫米。本实施例中,所述第一、第二碳纳米管结构 12、14 均由 15 层相互层叠的碳纳米管拉膜组成。

[0054] 所述两个第一电极 16 和两个第二电极 18 由导电材料形成,具体为,该第一电极 16 和第二电极 18 的材料可选择为金属、导电聚合物、导电胶、金属性碳纳米管、铟锡氧化物等。该两个第一电极 16 和两个第二电极 18 的具体形状结构不限,具体地,该第一电极 16 和第二电极 18 可选择为层状、棒状、块状或其它形状。本实施例中,所述两个第一电极 16 为相互平行且间隔地设置于所述第一碳纳米管结构 12 的表面的块状铜电极,其中,所述第

一碳纳米管结构 12 中的碳纳米管沿一第一电极 16 向另一第一电极 16 延伸。所述两个第二电极 18 也为相互平行且间隔地设置于所述第二碳纳米管结构 14 的表面的块状铜电极,其中,所述第二碳纳米管结构 14 中的碳纳米管沿其中一第二电极 18 向另一第二电极 18 延伸。由于碳纳米管具有极大的比表面积,在范德华力的作用下,该第一、第二碳纳米管结构 12、14 本身有很好的粘附性,故所述两个第一电极 16 和两个第二电极 18 可分别与所述第一碳纳米管结构 12 和第二碳纳米管结构 14 之间直接粘附固定,并形成很好的电接触。另外,也可以采用导电粘结层分别将所述两个第一电极 16 固定于第一碳纳米管结构 12 的表面,将两个第二电极 18 固定于第二碳纳米管结构 14 的表面。

[0055] 此外,所述电磁波检测装置 10 进一步包括一用于支撑所述第一碳纳米管结构 12 和第二碳纳米管结构 14 的支撑体 17。该支撑体 17 的形状不限,仅需使该第一、第二碳纳米管结构 12、14 相互间隔并悬空设置即可。所述支撑体 17 的材料为绝热材料,如玻璃、陶瓷等。本实施例中,该支撑体 17 由四个长方体形状的陶瓷元件组成。其中两个陶瓷元件分别支撑所述第一碳纳米管结构 12 的两端,具体为使该第一碳纳米管结构 12 的两端分别设置于该两个陶瓷元件的表面,即,该第一碳纳米管结构 12 的两端分别通过所述第一电极 16 和陶瓷元件夹持;另外两个陶瓷元件分别支撑所述第二碳纳米管结构 14 的两端,具体为使该第二碳纳米管结构 14 两端分别设置于该两个陶瓷元件的表面,即该第二碳纳米管结构 14 两端分别通过所述第二电极 18 和陶瓷元件夹持。该两对支撑体 17 具有不同的高度,从而使第一、第二碳纳米管结构 12、14 相互间隔。

[0056] 进一步地,为了定量的测定电磁波两个不同偏振方向的强度,可设置一与所述两个第一电极 16 电连接的第一信号测量装置 19;同时,可进一步设置一与所述两个第二电极 18 电连接的第二信号测量装置 21。该第一信号测量装置 19 和第二信号测量装置 21 可以为一电流测量装置或电压测量装置,本实施例中所述的第一信号测量装置 19 和第二信号测量装置 21 均为一电流测量装置。

[0057] 在应用中,采用所述电磁波检测装置 10 测量电磁波信号两个不同偏振方向的强度的方法为:S1,测量所述第一、第二碳纳米管结构 12、14 在未被电磁波照射时的电阻值 R_{dark} ;S2,在相同的条件下用多个强度已知且不同的电磁波分别照射所述第一、第二碳纳米管结构 12、14,同时测得用该具有不同强度的电磁波照射该第一、第二碳纳米管结构 12、14 时,该第一、第二碳纳米管结构 12、14 的电阻变化率 $(R_{\text{dark}} - R_{\text{IR}}) / R_{\text{dark}}$,其中 R_{IR} 为该第一、第二碳纳米管结构 12、14 被电磁波照射时的电阻值,从而拟合出一条第一、第二碳纳米管结构 12、14 的电阻变化率与入射电磁波强度之间的关系曲线;S3,在该相同的条件下用一待测的电磁波信号照射该电磁波检测装置 10,用所述第一信号测量装置 19 和第二信号测量装置 21 分别测出此时第一、第二碳纳米管结构 12、14 的电阻变化率,根据上述已拟合出的第一、第二碳纳米管结构 12、14 的电阻变化率与入射电磁波强度之间的关系曲线,即可推出该待测电磁波两个不同偏振方向的强度。

[0058] 在上述步骤 S1 和 S2 中,由于本实施例所述第一碳纳米管结构 12 和第二碳纳米管结构 14 相同,均由 15 层的碳纳米管拉膜构成,因此仅需拟合出一条碳纳米管结构的电阻变化率 $(R_{\text{dark}} - R_{\text{IR}}) / R_{\text{dark}}$ 随入射电磁波的强度变化关系曲线即可。请参阅图 7,本实施例在真空和非真空环境下分别拟合出了两条碳纳米管结构的电阻变化率同入射电磁波的强度之间的关系曲线。从图中可以发现,在真空环境下该第一、第二碳纳米管结构 12、14 对电磁波的

响应较在非真空环境下的响应更灵敏。

[0059] 在上述 S3 步骤中,所述待测电磁波直接照射该第一碳纳米管结构 12,此时,该电磁波中偏振方向与该第一碳纳米管结构 12 中的碳纳米管长度方向相同的电磁波被吸收,而电磁波中偏振方向与碳纳米管长度方向垂直的电磁波则透过,因而,该第一碳纳米管结构 12 因吸收了部分电磁波而发生电阻变化;另外,所述透过第一碳纳米管结构 12 的电磁波则会照射到第二碳纳米管结构 14 上,由于该第二碳纳米管结构 14 中的碳纳米管排列方向与第一碳纳米管结构 14 中碳纳米管的排列方向相互垂直,因此,入射至其上的电磁波的偏振方向与该第二碳纳米管结构 14 中的碳纳米管排列方向相同,且被该第二碳纳米管结构 14 吸收,从而引起该第二碳纳米管结构 14 的电阻也发生变化。通过测量该第一碳纳米管结构 12 和第二碳纳米管结构 14 的电阻变化率即可同时获得该上述待测电磁波两个不同偏振方向的强度。

[0060] 请参阅图 9,本发明第二实施例提供一种电磁波检测装置 20,其包括多个按行和列排布的电磁波检测单元 200。该每个电磁波检测单元 200 包括一第一碳纳米管结构 22,一第二碳纳米管结构 24,两个第一电极 26,及两个第二电极 28。该第一碳纳米管结构 22 和第二碳纳米管结构 24 相对并间隔设置,所述第一碳纳米管结构 22 包括多个沿第一方向排列的碳纳米管,所述第二碳纳米管结构 24 包括多个沿第二方向排列的碳纳米管,且该第一方向基本垂直于该第二方向。该两个第一电极 26 相互间隔且分别与该第一碳纳米管结构 22 电连接,从一个第一电极 26 至另一个第一电极 26 的方向为该第一方向。该两个第二电极 28 相互间隔且分别与该第二碳纳米管结构 24 电连接,从一个第二电极 28 至另一个第二电极 28 的方向为该第二方向。进一步地,该每个电磁波检测单元 22 还可包括用于支撑所述第一碳纳米管结构 22 和第二碳纳米管结构 24 的支撑体 27。

[0061] 本实施例与第一实施例基本相同,其区别在于本实施例的电磁波检测装置 20 为由多个阵列排布的电磁波检测单元 200 组成,且每个电磁波检测单元 200 与上述第一实施例的电磁波检测装置 10 的结构相同。

[0062] 该多个电磁波检测单元 200 可以具有各自的第一方向及第二方向,不同的电磁波检测单元 200 的第一方向可以相同或不同,只要使每个电磁波检测单元 200 内部的第一方向基本垂直于第二方向即可。即仅需使每个电磁波检测单元 200 中的第一碳纳米管结构 22 中的多个碳纳米管排列方向基本垂直于第二碳纳米管结构 22 中的多个碳纳米管排列方向即可。当不同的电磁波检测单元 200 中的多个第一碳纳米管结构 22 中的碳纳米管排列方向不同,且有一相同的电磁波分别照射该多个电磁波检测单元 200 时,该多个电磁波检测单元 200 可同时检测该电磁波多个不同偏振方向的强度。其具体的检测原理及检测方法与第一实施例相同,在此不再赘述。

[0063] 该多个电磁波检测单元 200 中的多个第一电极 26 和多个第二电极 28 的设置方式不限。本实施例中,该电磁波检测装置 20 进一步包括多个第一导电条 260 和多个第二导电条 280,该每个第一导电条 260 包括两个相互平行且间隔设置的第一导电线 2600,该每个第二导电条 280 包括两个相互平行且间隔设置的第二导电线 2800。该多个第一导电条 260 相互平行且间隔设置,该多个第二导电条 280 相互平行且间隔设置,且该多个第一导电条 260 和多个第二导电条 280 相互正交设置,从而形成多个按行和列排列的矩形网格,且在该第一导电条 260 和第二导电条 280 相互交叉的位置采用一绝缘片(图未示)间隔,以避免该第

一导电条 260 和第二导电条 280 因电接触而发生短路。所述多个电磁波检测单元 200 一一对应的设置在该多个网格中,从而形成阵列结构。该每个第一导电条 260 中的一第一导电线 2600 与相邻一行的每个电磁波检测单元 200 的一第一电极 26 电连接,该另一第一导电线 2600 与相邻的另一行的每个电磁波检测单元 200 的一第二电极 28 电连接,同时,该每个第二导电条 280 中的一第二导电线 2800 与相邻一列的每个电磁波检测单元 200 的另一第一电极 26 电连接,该另一第二导电线 2800 与相邻的另一列的多个电磁波检测单元 200 的另一第二电极 28 电连接。可见,该每个电磁波检测单元 200 中的两个第一电极 26 分别与一第一导电线 2600 和一第二导电线 2800 电连接,两个第二电极 28 分别与另一第一导电线和另一第二导电线 2800 电连接。该与第一电极 26 电连接的第一导电线 2600 和与第二电极 28 电连接的第一导电线 2600 相邻且通过该电磁波检测单元 200 间隔,该与第一电极 26 电连接的第二导电线 2800 和与第二电极电连接的第二导电线 2800 相邻且通过该电磁波检测单元 200 间隔。该多个第一导电条 260 和多个第二导电条 280 的设置目的为便于该多个电磁波检测单元 200 与外部控制电路电连接。

[0064] 由于该电磁波检测装置 20 包括多个阵列排布的电磁波检测单元 200,且每个电磁波检测单元 200 中均包括两个第一、第二碳纳米管结构 22、24,该第一、第二碳纳米管结构 22、24 中的碳纳米管还可感测红外线,因此该电磁波检测装置 20 还可用于红外偏振成像。

[0065] 另外,本领域技术人员还可在本发明精神内做其他变化,当然,这些依据本发明精神所做的变化,都应包含在本发明所要求保护的范围之内。

10

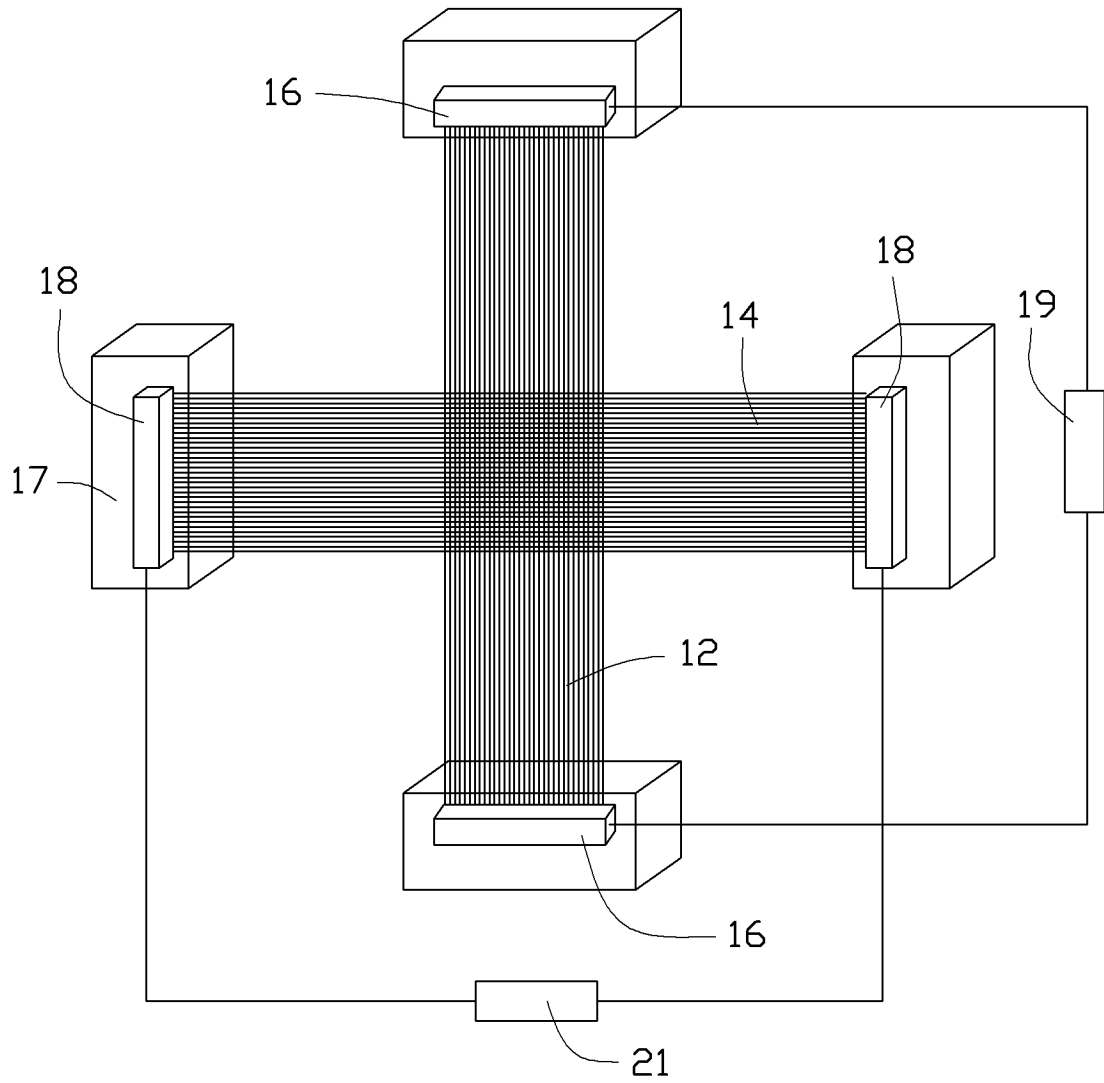


图 1

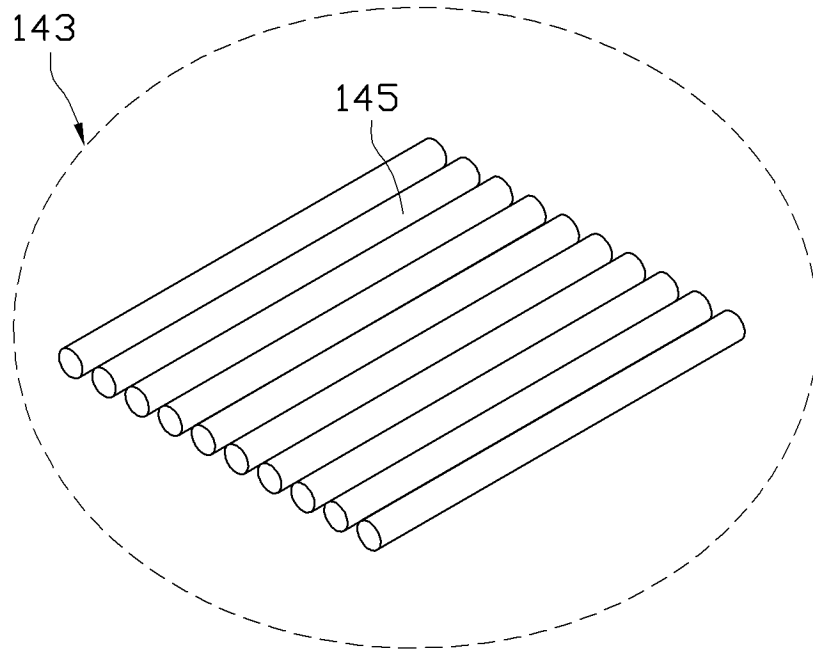


图 2

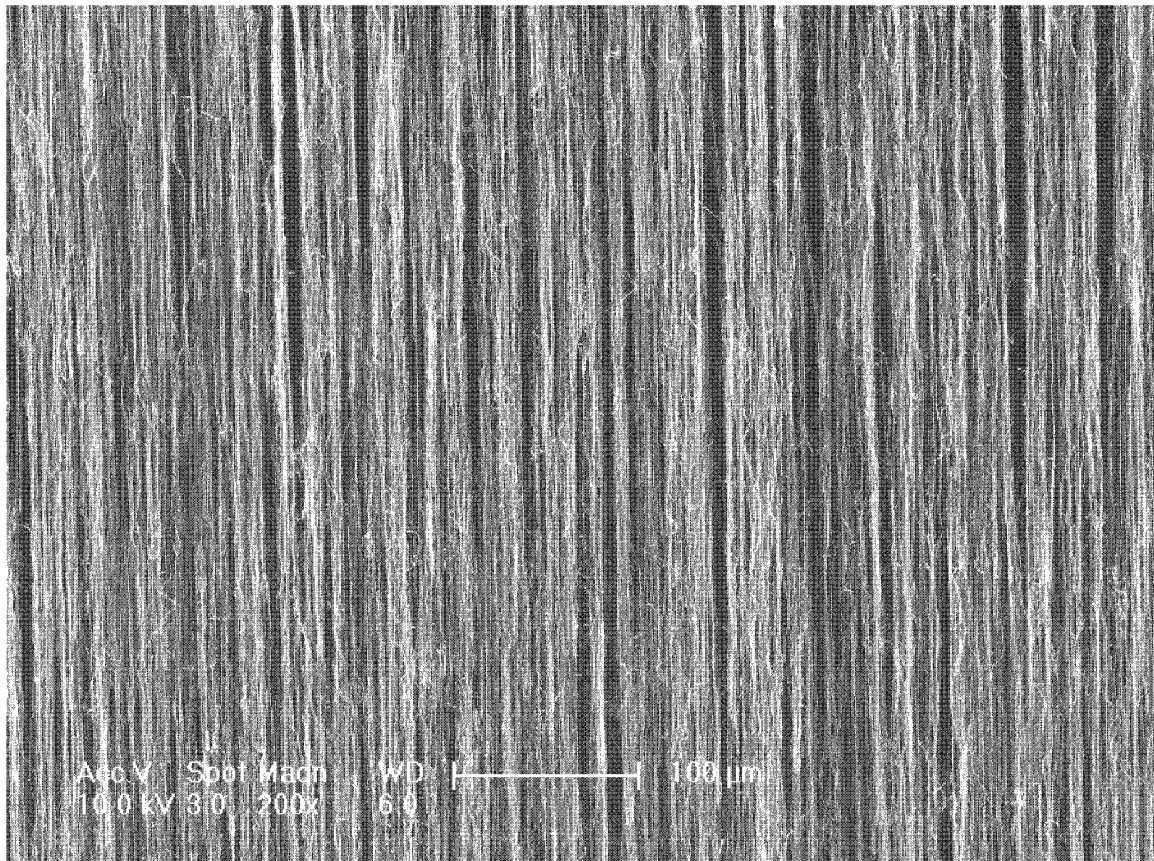


图 3

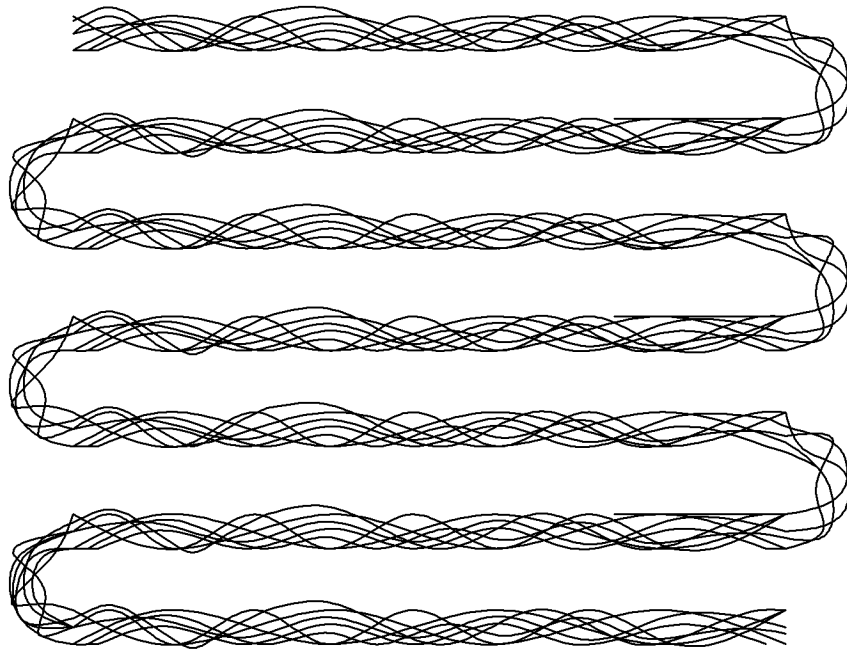


图 4

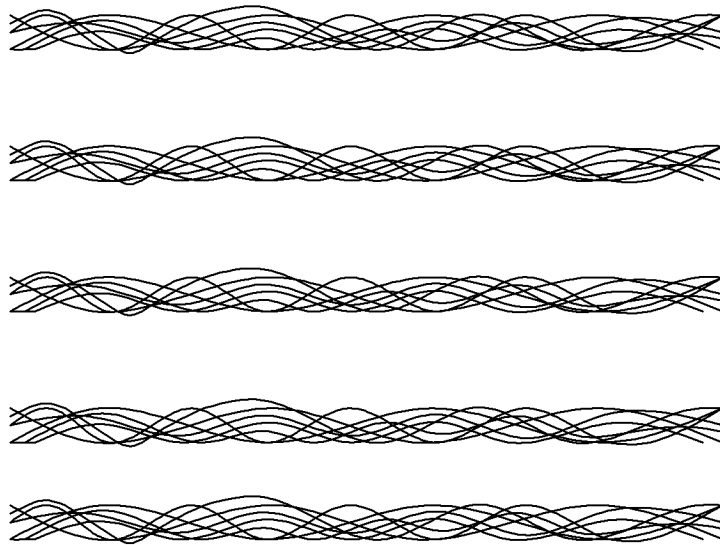


图 5

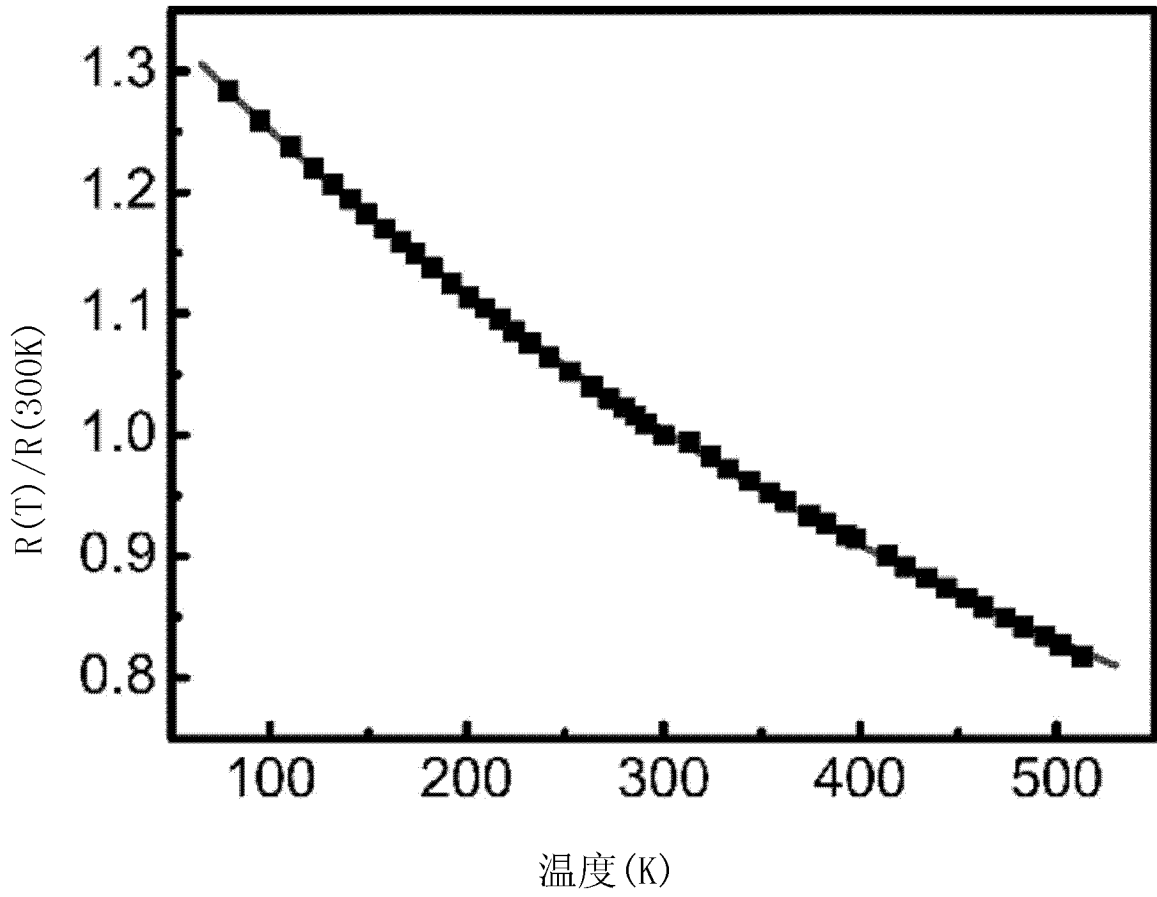


图 6

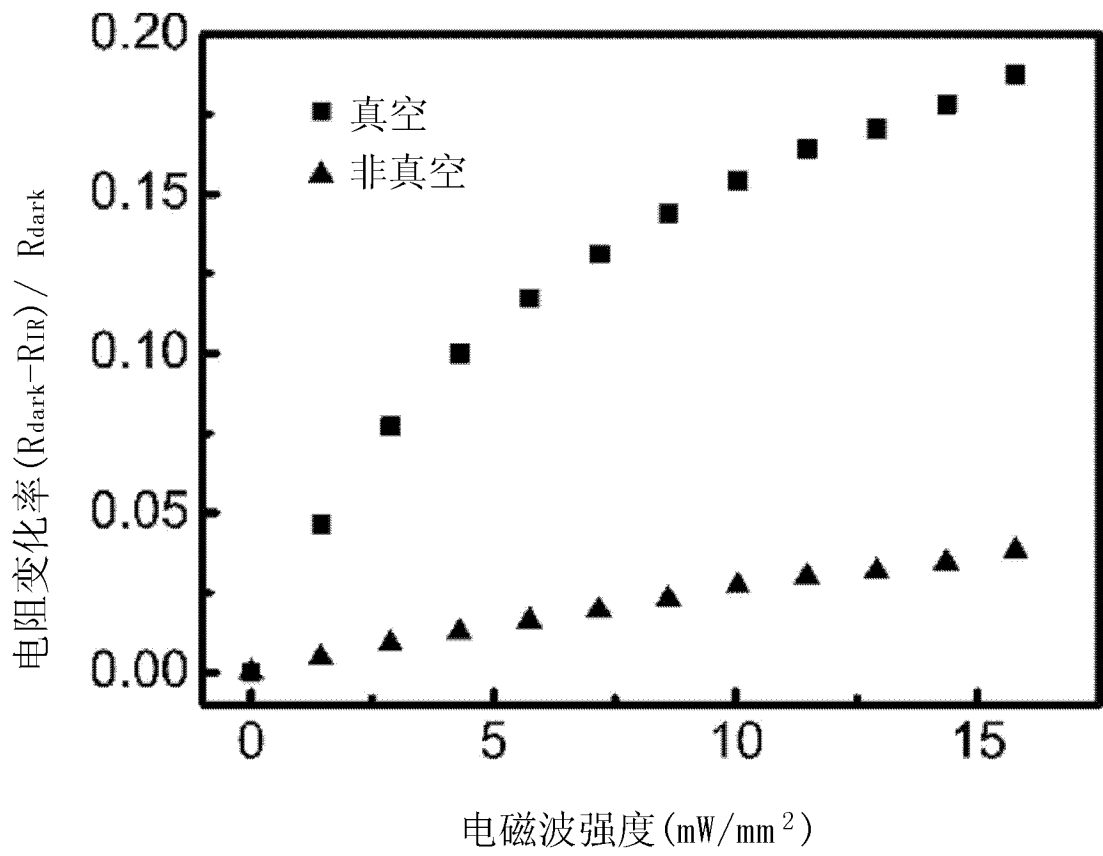


图 7

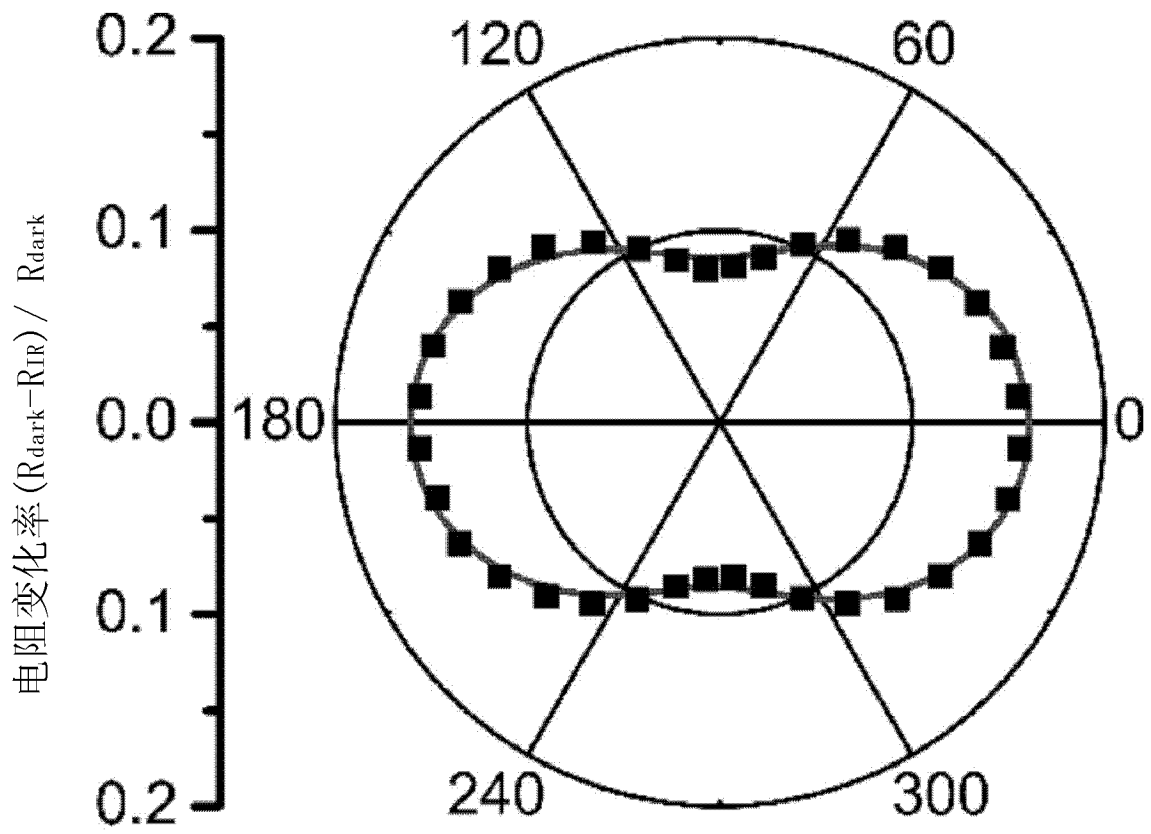


图 8

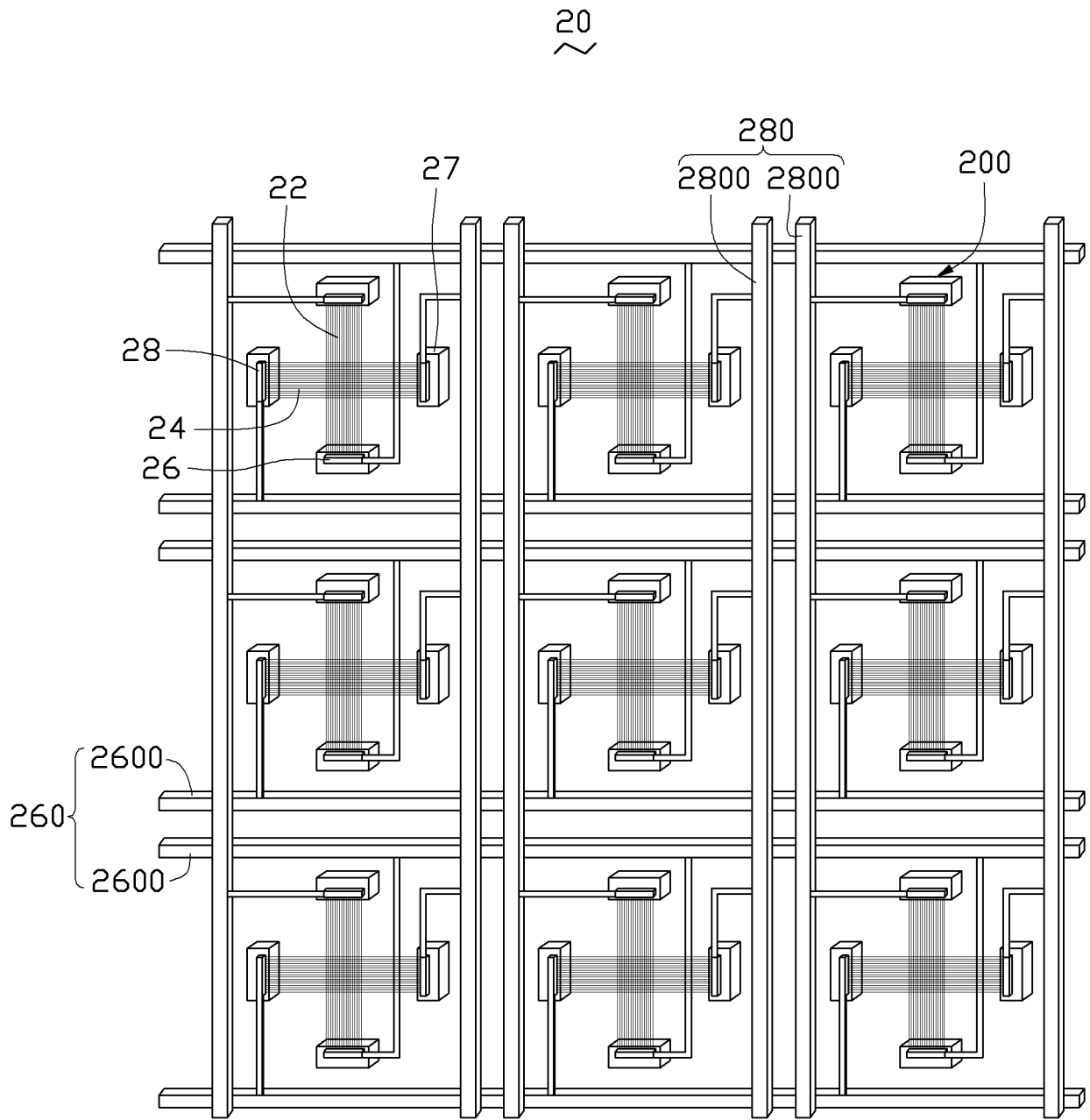


图 9