



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101238350 B

(45) 授权公告日 2011. 06. 15

(21) 申请号 200680028898. 7

(22) 申请日 2006. 06. 09

(30) 优先权数据

11/150, 363 2005. 06. 10 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008. 02. 04

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2006/022313 2006. 06. 09

(87) PCT申请的公布数据

W02006/135681 EN 2006. 12. 21

(73) 专利权人 阿克索梅特里克斯公司

地址 美国阿拉巴马州

(72) 发明人 M. H. 史密斯

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 程天正 王忠忠

(51) Int. Cl.

G01B 11/16(2006. 01)

(56) 对比文件

US 6473180 B2, 2002. 10. 29, 全文.

US 6490036 B2, 2002. 12. 03, 全文.

CN 1489684 A, 2004. 04. 14, 全文.

CN 1312466 A, 2001. 09. 12, 全文.

US 6300954 B1, 2001. 10. 09, 全文.

审查员 金波

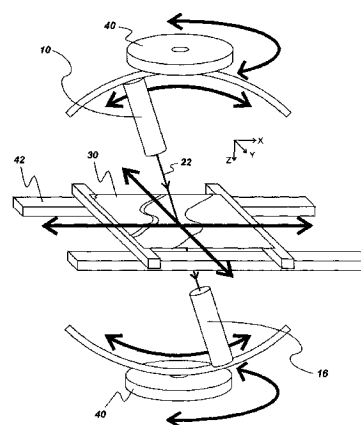
权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 10 页

(54) 发明名称

根据完全米勒矩阵测量值确定液晶单元参数的方法和装置

(57) 摘要

本发明公开了一种用于测试 LCD 板的方法和装置。可以将受测 LCD 板 (30) 安装到偏振态发生器 (10) 与偏振态分析器 (16) 之间的可平移的台面 (40) 上。对于受测单元 (30) 上的每个位置, 多种已知的偏振态 (22) 被发射穿过 LCD 单元 (30), 并且被偏振态分析器 (16) 检测。计算机获取表示偏振态的电信号。在计算机内, 根据 LCD 单元 (30) 的物理参数被认为是什么的估计而开发 LCD 单元 (30) 的偏振属性的模型。通过迭代地精化建模的物理单元属性, 使得模拟的偏振属性与所测量的偏振属性之间的 RMS 差最小化, 此时可以推导出 LCD 单元的单元厚度和其他物理参数。



1. 一种用于确定受测液晶单元的至少一个物理参数的方法,所述至少一个物理参数表示所述受测液晶单元的质量,所述方法包括:

A) 测量所述受测液晶单元 (14、30) 的偏振属性,

B) 在计算机处理设备 (18) 中,开发液晶单元的模型 (58、60),所述模型 (58、60) 使用一个或多个估计的物理参数来为所述受测液晶单元进行建模,

C) 迭代地修改所述液晶单元 (14、30) 的所述模型 (58、60) 的所述一个或多个估计的物理参数的值,直到在液晶单元的所述模型 (58、60) 的计算的偏振属性与所述受测液晶单元 (14、30) 的所测得的所述偏振属性之间获得接近匹配为止,

D) 根据液晶单元的接近匹配的所述模型 (58、60) 提供所述受测液晶单元 (14、30) 的质量的表示 (62)。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述步骤 A) 进一步包括发射带有均具有显著不同的取向、椭圆率和旋向性的多种偏振态 (12、22) 的光束并分析数量足够的所述多种偏振态 (12、22),以覆盖大部分邦加球穿过所述受测液晶单元 (14、30)。

3. 根据权利要求 2 所述的方法,进一步包括改变入射角、所述入射角的方向,或者改变所述入射角以及所述入射角的所述方向这二者,以此发射带有具有不同取向、椭圆率和旋向性 (12、22) 的所述多种偏振态的光束穿过所述液晶单元,以便确定预倾斜。

4. 根据权利要求 2 所述的方法,其中所述发射带有均具有显著不同的取向、椭圆率和旋向性的多种偏振态 (12、22) 的光束并分析数量足够的所述多种偏振态 (12、22) 进一步包括:把由偏振态发生器 (10) 生成的偏振态序列对准所述受测液晶单元 (14、30),偏振态序列中的每个偏振态与所述偏振态序列中的其他偏振态在取向、椭圆率和旋向性上不同。

5. 根据权利要求 2 所述的方法,进一步包括:

计算所述受测液晶单元的偏振矩阵 (56),所述偏振矩阵表示从被分析的由所述受测液晶单元 (14、30) 所修改的所述多种偏振态而获得的偏振属性,

计算表示所述受测液晶单元的所述模型 (58) 的偏振属性的偏振矩阵,

在所述模型 (58) 中迭代地修改所述估计的物理参数中的所述一个或多个,包括预倾斜、配向、单元间隙以及扭转角度 (60),直到表示所述模型的偏振属性的所述偏振矩阵与所述受测液晶单元 (14、30) 的所述偏振矩阵接近匹配为止。

6. 根据权利要求 5 所述的方法,进一步包括仅考虑每个所述偏振矩阵的延迟分量来计算所述受测液晶单元 (14、30) 的所述偏振矩阵以及所述模型 (58) 的所述偏振矩阵。

7. 根据权利要求 6 所述的方法,进一步包括:

把所述多种偏振态对准一个或多个入射角并且从一个或多个方向穿过所述受测液晶单元 (14、30),

对所述受测液晶单元 (14、30) 的所述偏振矩阵执行极分解,

对所述受测液晶单元 (14、30) 的所述偏振矩阵执行曲线拟合,以便使得表示所述模型的偏振属性的所述偏振矩阵的所述元素与表示所述受测液晶单元的所述偏振属性的所述偏振矩阵的相应元素之间的差最小化。

8. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述步骤 B) 进一步包括:

将液晶单元的所述模型的截面表示为由单轴双折射材料的多个均匀层,每层具有已知的寻常和非寻常折射率值,其中所述层的取向和倾斜按照已知的方式变化,

针对所述均匀层的每个所述层计算偏振矩阵，

根据分别从所述多个均匀层开发出的多个偏振矩阵，计算液晶单元的所述模型的复合偏振矩阵 (58)。

9. 根据权利要求 8 所述的方法，进一步包括获得所述复合偏振矩阵与从所述受测液晶单元 (14、30) 的所述偏振属性所获得的所述偏振矩阵的元素之间的最低 RMS 差，以便确定何时表示所述受测液晶单元的偏振属性的所述偏振矩阵与所述复合偏振矩阵接近匹配。

10. 根据权利要求 9 所述的方法，进一步包括发射带有数量足够的所述多种偏振态 (12、22) 的光束，以计算用于获得所述最低 RMS 差的米勒矩阵或者用于获得所述最低 RMS 差的琼斯矩阵。

11. 根据权利要求 1 所述的方法，其中所述步骤 C) 进一步包括迭代地改变 (60) 对应于所述模型中的所述估计的物理参数中的一个或多个的一个或多个数学值，直到获得所述接近匹配为止。

12. 根据权利要求 1 所述的方法，其中所述步骤 D) 进一步包括显示 (62) 表示所述受测液晶单元 (14、30) 的物理参数的所述估计的物理参数中接近匹配的所述一个或多个。

13. 根据权利要求 1 所述的方法，进一步包括：

允许对所述受测液晶单元 (14、30) 的所述一个或多个估计的物理参数中的哪些参数进行测量做出选择，

在液晶单元 (58、60) 的所述模型中把所述一个或多个估计的物理参数中的先验物理参数保持为常数。

14. 根据权利要求 1 所述的方法，进一步包括允许选择：所述受测液晶单元 (14、30) 上的一个或多个选定位置进行测量，或者自动地利用要测量的所述受测液晶单元 (14、30) 上的预定 XY 坐标的映射进行的测量。

根据完全米勒矩阵测量值确定液晶单元参数的方法和装置

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请是申请人于 2005 年 6 月 10 日提交的未决美国申请 11/150363 的继续申请, 该申请是申请人于 2004 年 11 月 26 日提交的共同未决专利申请 10/998084 的继续申请, 这些申请在本文中全部引入作为参考, 并且本申请同样要求申请人于 2003 年 11 月 26 日提交的临时申请 60/525407 的权利, 该申请也在本文中全部引入作为参考。

技术领域

[0003] 本发明总体上涉及用于测量液晶单元的参数的装置和技术, 尤其涉及用于测量液晶层 (单元间隙 (cell gap)) 的厚度、液晶分子在该液晶层的厚度上所经受的扭转角、位于该单元的液晶层和玻璃面边界处的液晶分子取向 (配向 (rubbing direction)) 以及液晶分子与相邻玻璃板表面之间的倾斜角 (预倾斜) 的装置和方法。

背景技术

[0004] 液晶显示器 (LCD) 通常由两块玻璃板以及密封在这两块玻璃板之间的薄液晶层构成, 这种装配在本领域中称作“叠层 (stack)”。偏振膜安装在该叠层的两侧上。位于该叠层的一块玻璃板上的透明电极接收电压, 所生成的电场施加到液晶材料的相邻液晶分子上, 从而导致这些分子改变它们的取向。液晶分子的这种取向上的改变发生在电极之间的叠层容积内。在电极较大的情况下, 如数字观看显示器中的电极, 则相应的较大容积的液晶材料受到影响。在电极小的情况下, 如电视屏幕或者计算机显示器的像素中的电极, 对于每个电极而言, 受影响的液晶材料容积相应很小。因为液晶分子固然地是双折射的, 所以采用电的方法来调整每个像素处的液晶分子的取向的能力可以控制在该像素的叠层的每侧上穿过偏振屏幕的光量。本领域所公知的是, LCD 电视和计算机屏幕的基础是由形成像素的大量微小、透明电极所构成的阵列, 每个电极具有电可调整光透射特性, 所述光透射特性是通过改变施加到各个电极上的电压电平来调整的。对于大的计算机显示器或者电视而言, LCD 屏幕中的像素数量可以达到数百万个。

[0005] 现存有很多种 LCD 设计。参照图 1, 设计者可以选择液晶分子定向的指向矢 (director) 或者分子轴在静止 (即未向各个电极施加电压) 时相对于第一玻璃表面取向所在的配向。通过适当选择第二玻璃表面的配向, 能够控制扭转角 Φ 。参照图 2, 还能够控制单元间隙 d 和预倾斜角 Θ , 所述单元间隙 d 是填充有液晶材料的玻璃板之间的空间, 其中预倾斜是液晶指向矢与玻璃表面之间的夹角。除了选择这些单元参数之外, 设计者还选择安装在该单元外表面上的偏振器 (polarizer) 以及放置在液晶单元与所述偏振器之间的任何双折射膜的定向。

[0006] 作为一个实例, 一般的 LCD 设计是扭转向列 (TN) 配置, 其中选择扭转角 Θ 为 90° 。典型的 TN LCD 可以具有 8° 的预倾斜角 Θ , 以及大约 5 微米的单元间隙 d 。其它设计包括具有 180 到 270 度之间的扭转角的超扭转向列 (STN) 模式、具有 0° 扭转角的面内切换 (IPS) 和光学补偿双折射 (OCB) 模式, 以及具有接近 90° 预倾斜角的垂直对准向列 (VAN)

模式。许多其他模式也已经被设计和开发出来了。这些设计中的每一种都具有其自身特定的强项和弱项。一些设计具有优越的视场特性,而其他设计则具有优越的切换响应时间,而另外的设计可以具有最低的制造成本。

[0007] 无论单元或板是如何设计的,LCD 最终的性能则取决于制造具有正确的配向、扭转角、单元间隙和预倾斜角的值的单元。已经介绍了用于测量这些参数中的一部分或全部多种技术和仪器。然而,这些技术和仪器通常缓慢,为了测量液晶单元上的单一小位置要大约需要花费 20-30 秒量级的时间。因此,在制造过程中,可能仅测试单元上的 5 个位置,这些位置处于中心以及一般处于每个角落区域中。这种测量检测单元缺陷,例如配向的失准、单元厚度的非均匀性以及其它缺陷。

[0008] 用于测量这些参数的仪器是制造 LCD 单元或板并对其进行质量控制,以及用于研究和开发的关键工具。显然,上述的现有测量设备和方法的缓慢速率限制了制造过程中单元的产量。用于测量这些参数的现有仪器还常常要求若干所述参数是预先已知的,并且可能仅在有限的值范围上提供准确测量值。例如,现有的测量系统可能要求预先知道单元的配向,并且可能仅能够测量在 0 到 30 度范围内的预倾斜角。另一种现有测量系统可能无法区分液晶分子中的顺时针和逆时针扭转方向。

[0009] 申请人的发明能够同时测量任何液晶单元的配向、扭转角度、单元间隙和预倾斜。本发明还具有优于现有技术的显著优点。如下所述,现有技术描述了仅测量所希望参数的子集的技术,或者仅对单元的特定模式起作用的技术,或者需要预先知道一部分所希望参数的技术,或者需要 LC 单元被旋转以便完成测量的技术。本发明则不存在这些局限性。

[0010] 美国专利 No. 5239365 中所公开的发明描述了一种用于测量扭转液晶单元厚度的技术。然而,这种技术需要配向和扭转角度先验知识。通过沿着适当方向对准线性偏振器(polarizer),这种技术能够根据光谱透射率测量值来确定单元的延迟,并且继而能够基于液晶材料已知的双折射率 Δn 来计算单元间隙。这种技术无法测量扭转角或配向。

[0011] 美国专利 No. 5532823 中所公开的发明改进了现有技术。通过穿过交叉偏振器进行光谱透射率测量,并且通过允许偏振器之间的液晶单元连续旋转,将近似方法用于确定扭转角、配向和单元间隙。这种技术要求扭转角小于 120° ,并且因此而不能用于测量 STN 模式的单元。

[0012] 美国专利 No. 6081337 中描述了进一步的改进。在这种技术中,液晶单元不被旋转。取而代之的是,在单元之前和之后的偏振器旋转,同时进行光谱透射率测量。描述了一种算法,由此确定两个偏振器的适当旋转角,并且能够确定配向、扭转角和单元间隙。

[0013] 上述三种技术均通过以线性偏振态照射样本并且分析从该样本出射的光的线性偏振分量来确定液晶单元的属性。然而,扭转液晶单元的手征性(chiral)结构使得能够通过调查圆和椭圆偏振态来获得大量的附加信息。美国专利 No. 6300954 认识到检查从液晶单元出射的光的完全偏振态(斯托克斯向量)的有效性。然而,这种技术仅将线性偏光射入到单元中。旋转该单元,以便找到能够引起测得的透射光束有最大值或最小值的取向。以所定位的取向,能够根据测得的斯托克斯向量来确定单元间隙和扭转角。然而,即使这种最近的现有技术也要求旋转液晶单元以进行测量,并且不测量配向。

[0014] 在本发明中,示出快速且准确地测量液晶单元的单元间隙、扭转角度和配向,有利的是,以一种或多种波长测量该单元的完全米勒(Mueller)矩阵。众所周知的是,准确地测

量样本的米勒矩阵要求以多种偏振态（诸如线偏振、椭圆偏振和圆偏振，包括左手和右手旋转）照射样本，并且在它们与样本相互作用之后分析类似的多种偏振态。如果适当地执行了测量，则能够测量样本的米勒矩阵。该米勒矩阵内包含样本所有可能的偏振改变的属性，包括延迟（retarder）属性、偏振器属性以及去偏振属性。在本发明之前，仅有很少几篇描述液晶单元的理论或测量米勒矩阵的论文。

[0015] “J. Opt. Soc. Am.” (Vol. 68, 第 1756-1767 页, 1979) 中的描述教导了一种通过数学方法得出扭转向列液晶单元的米勒矩阵的方式。然而，并没有提供进一步的分析，并且没有给出实验结果。在“Appl. Opt.” (Vol. 37, 第 937-945 页, 1998) 中，通过计算理论米勒矩阵的偏振特征态，促进了对扭转向列液晶单元的米勒矩阵的数学推导。然而，没有表示出测量值，并且这项工作的目的是找出扭转向列液晶单元的偏振特征态，以使得该设备能够被用来实现唯相位调制，以可能性地用于光学相关或者其他光学计算用途。该理论工作实际上遵循了“Opt. Lett.” (vol. 18, 第 1567-1569 页, 1993) 中所描述的实验测量，这是我们唯一所知道的表示出扭转向列液晶设备的测量偏振特征态的参考文献。这些测量是以单一波长进行的，并且是根据施加到液晶的电压而做出的。这项工作的目的是找到这些特征态，以使得该设备能够用作单独相位调制器，以用于光学相关用途。最后，在“Meas. Sci. Technol.” (Vol. 12, 第 1938-1948 页, 2001) 中，我们发现了我们所知道的有关液晶单元的米勒矩阵仅有的另一组测量值。在该文章中，利用米勒矩阵测量对铁电液晶单元的晶体非对称性和切换响应时间进行了调查。

[0016] 总结我们对于现有技术的调查，可以看出，现有技术可以分成两类：描述了用于测量液晶单元的物理属性的方法和装置的专利，以及在理论上对液晶单元的米勒矩阵建模或者通过实验测量该矩阵的学术研究论文。专利技术正在从能力有限的简单系统朝着能够测量液晶单元的更多偏振属性并且由此能够测量更多参数的更复杂的系统发展。然而，还没有专利技术主张完全偏振特征化，即完全米勒矩阵测量所需的系统复杂程度。学术研究论文已经得出了液晶的米勒矩阵应为何样，或者已经通过出于各种研究目的所进行的分析测量了液晶单元的米勒矩阵。这些论文的目的始终是调查 LC 单元的光学属性。这些论文没有考虑到转化问题，也就是说，利用测得的光学属性回溯并且确定该单元的物理属性。没有一篇论文提出了主张使用完全米勒矩阵测量以用于同时且唯一地确定液晶单元的配向、扭转角度、单元间隙和预倾斜的实验测量或者理论分析。

[0017] 因此，本发明的一个目的是提供一种液晶单元的米勒矩阵的测量方法，其中能够确切地确定包括单元间隙、扭转角度和配向在内的参数中的一个或多个，即使预先不知道这些参数的值也能够确定出。

[0018] 本发明的另一个目的是提供一种用于测量液晶单元的光学属性的测量装置，即使预先不知道该单元的单元间隙、扭转角度和配向也能够测量，并且该测量装置在测量过程中不需要旋转该液晶单元。

[0019] 本发明的另一个目的是一种制造具有所希望的单元间隙、扭转角度和配向的值的液晶设备的方法。

[0020] 本发明的又一个目的是提供一种液晶单元的米勒矩阵的测量方法，其中通过改变测量光束在液晶设备上的入射角来确定液晶指向矢的预倾斜，并且其中该预倾斜角可以从 0 到 90 度的任何值。

[0021] 本发明的又一个目的是一种用于测量液晶单元的液晶指向矢的预倾斜的测量装置,其中该预倾斜角可以是 0 到 90 度的任何值。

[0022] 本发明的再一个目的是一种制造具有所希望的预倾斜角的值的液晶设备的方法。

[0023] 通过阅读如下所附的说明书,本发明进一步的目的将变得清楚明白。

附图说明

[0024] 图 1 是扭转排列的液晶分子的 3D 示意图。在输入(入射)玻璃处,分子指向矢与配向 α 对准,并且当它们到达出射侧时一律扭转了扭转角 Φ 。

[0025] 图 2 表示了从输入(入射)侧到出射侧没有扭转的液晶指向矢的概略侧视图。此处,单元间隙由 d 表示,并且指向矢的预倾斜角由 Θ 表示。

[0026] 图 3 是表示测量液晶单元的米勒矩阵所必需的组件的框图。

[0027] 图 4 是在图 3 所示的框图上扩展的米勒矩阵测量系统的一种实现方式的框图。

[0028] 图 5 是机械固定设备的图示,其中自动机(robot)致动器使 LCD 设备在 XY 平面内在偏振态发生器与偏振态分析器之间平移,以用于映射出液晶参数的空间变化。此外,将该偏振态发生器与偏振态分析器安装在能够倾斜并旋转以实现任意入射方向和角度的固定设备上,从而允许测量液晶的预倾斜角。

[0029] 图 6a 和 6b 是均具有相同预倾斜并且均具有 0 扭转角的两个单元的图示。图 6a 示出了所谓的“张开(splay)”状态,而图 6b 示出了“弯曲”状态。

[0030] 图 7 是图示用于测量液晶单元参数的一种可能过程的流程图。

[0031] 图 8 示出了向列扭转液晶单元的归一化米勒矩阵。已经根据波长绘制了 16 个矩阵元素中的每一个。

[0032] 图 9a 和 9b 按照在 Poincare Sphere(邦加球)上的轨迹示出了图 8 所示的向列扭转液晶单元的延迟和快轴(本征偏振)。

[0033] 图 10 示出了可以在研究和开发环境中使用的图形用户界面的实例。

[0034] 图 11 示出了可以在生产环境中使用的图形用户界面的实例。

具体实施方式

[0035] 为了测量液晶单元的米勒矩阵,将形成多种不同偏振态的光引导到液晶单元中,该单元根据单元属性改变这些偏振态。偏振敏感检测系统分析从该单元出来的偏振态。为了准确地测量米勒矩阵,所生成的包含多种偏振态和所测得的偏振态的光输入必须均对大部分邦加球(Poincare Sphere)球进行采样。也就是说,必须生成并且分析具有显著不同的取向、椭圆率和旋向性的多种偏振态。一旦已经测量了液晶单元的米勒矩阵,就确定了单元间隙、扭转角度和配向。如果这三个参数预先全都不知道,则需要以多个波长进行米勒矩阵测量,并且这些参数在该单元的计算机模拟中被迭代地改变,直到该模拟和测量尽可能接近地匹配为止。在其他情况中,例如预先知道了扭转角度和配向的值,则以单一波长进行的米勒矩阵测量就足以确定单元间隙了。

[0036] 上述测量通常需要在测量之前就知道双折射率 Δn 和预倾斜角 Θ ,这是最为常见的情况。如果不确切地知道预倾斜,则有利的是,能够测量预倾斜角。

[0037] 为了测量预倾斜角,除了允许测量光束的输入方向和入射角改变的机械固定设备

之外,要使用上述的相同米勒矩阵测量技术。通过按照入射角测量米勒矩阵,并且通过将这些所测得的结果与分析表达式或者计算机模拟相比较,能够确定液晶的预倾斜角。

[0038] 图 3 图示了本发明的基本元件。偏振态发生器 10 生成具有随时间变化的偏振态的光束 12。该光束与样本 14 发生作用(该样本在这种情况下是 LCD 单元),造成光束 12 的一部分或者全部偏振态发生改变。所改变的偏振态由偏振态分析器 16 进行分析。偏振态分析器 16 测量随时间变化的偏振态序列,或者同时可以通过分光束并且使得被分的光束均通过各个不同的固定偏振元件和检测器,来测量离散数量的固定偏振态。所述偏振态发生器和偏振态分析器均由诸如微控制器或者个人计算机之类的处理器 18 进行控制。处理器 18 根据偏振态发生器 10 所发射的已知偏振态和来自偏振态分析器 16 的测得值计算该样本的米勒矩阵(图 8)。一旦已经测量了米勒矩阵,处理器 18 就计算所希望的液晶单元 14 的参数,例如单元间隙、扭转角度、配向和预倾斜角,以在制造过程中尽可能早地确定那些有缺陷的 LCD 单元。需要强调的是,与目前现有技术的方法所需的大约 20-30 秒相比,本申请人的发明对于待测 LCD 单元上的每个位置,可以在小于大约 1 秒的时间内快速地确定所述参数。这种测试一般涉及成品 LCD 观看屏幕的色纯度。例如,在标称为 5 微米的单元间隙变化超出工厂技术规范之外的情况下,变化的区域会在白色或黑色的屏幕上产生主要为较亮或较暗的阴影区域。在电视或者计算机屏幕上,这样的区域可能会具有与超公差区域有关的显著的不希望的颜色。因此,重要的是在制造过程中尽早识别这些有缺陷的单元,从而可以丢弃或者再循环使用这些单元。在制造过程中,随后对该 LCD 单元执行进一步测试,例如电测试,以确定若干可能的死像素。如引用申请中所述的,控制器 20、21 控制状态发生器 10 和状态分析器 16 的旋转速率。

[0039] 图 4 图示了如以上引用的本人的名为“Complete Polarimeter”的专利申请中所充分描述的本人发明的米勒矩阵测量系统的一种可能的实施例,所述申请的装置可以被适当缩放,并且用来获得 LCD 单元的测量。对于所引用申请的装置的一种考虑的修改是扩大 X-Y 可平移台面,以便收纳 LCD 单元来进行采样。在本申请中,图 3 的偏振态发生器被示为提供由光源 24 生成的准直光束 22,该光束被引导穿过水平的线性偏振器 26,继而穿过具有大约 1/3 延迟波的连续旋转的延迟器(redarder)28。如所引用申请中所述的,这产生了穿过样本 30(即安装在大小适当的 X-Y 可平移台面上的 LCD 单元)而投射的随时间变化的偏振态的连续性,,以使得该单元可以被移动,从而测量该单元的各位置。图 3 的偏振态分析器 16 可以被构成为具有连续旋转的延迟器 31,该延迟器具有大约三分之一延迟波,随后是水平的线性偏振器 32,随后是光电检测器 34。两个旋转的延迟器 28、31 以近似 5 : 1 的非完全整数比进行旋转,而所述处理器计算该单元的米勒矩阵。

[0040] 图 5 概略图示了所引用申请中所示的系统,其中偏振态发生器 10 和偏振态分析器 16 被安装在自动机控制系统 40 内,该系统保持发生器 10 与分析器 40 的对准,同时允许准直的光束 22 的入射角改变,能够达到约 80 度。这通过发生器 10 和分析器 16 所安装到的自动机控制系统来便于进行,所述系统为 2 轴系统,从而光束 22 可以被在任意角度方向引导以穿过单元 30。此外,自动机控制器 40 包括在多个方向移动单元 30 的线性平移器 42,从而可以检测单元 30 上的多个位置。

[0041] 本发明包括测量特定的米勒矩阵组并且利用该数据计算液晶单元 30 所希望的参数的附加步骤,这些参数例如单元间隙、扭转角、配向和预倾斜角。选择哪一个米勒矩阵组

进行测量取决于哪些液晶参数是预先知道的,以及哪些液晶参数是要测量的。例如,预倾斜角通常是已知的,并且在这种情况下以一种或多种波长以法向入射测量米勒矩阵提供了计算单元间隙、扭转角和配向所需的充足数据。作为另一个实例,通常知道扭转角为 0。在这种情况下,通过根据入射角测量米勒矩阵,就能够确定预倾斜和单元间隙,其中入射平面选择为沿着液晶指向矢或者垂直于液晶指向矢。在不知道有关液晶单元的信息的情况下,能够以一种或多种波长以及一个或多个入射角测量米勒矩阵,以便确定全部单元参数。在所有情况中,根据所测得的米勒矩阵来计算液晶单元参数的技术是相同的,并且如下所述。

[0042] 为了确定液晶单元的参数,将所测得的米勒矩阵与该单元的数学模型(计算机模拟)进行比较,其中该模型具有配向、扭转角、单元间隙和预倾斜角的自由参数。典型地,已经知道液晶材料的双折射率 Δn 是波长的函数。可能的是,仅知道在一个波长时的双折射率,并且波长色散在该模型中也是自由参数。

[0043] 为了建立该数学模型,所述液晶单元被建模成单轴双折射材料的 Q 个单独的均匀层,其中 Q 是大数,例如 50。对于具有大扭转角的液晶单元而言,或者在必要或所希望的其它情况中,可以使用或者需要大量的(例如约 400 个)层来提高模拟的准确度。每个双折射层被建模为分别具有已知的 n_e 和 n_o (寻常和非寻常折射率)值的单轴材料。折射率椭球体的非寻常轴沿着每个单独层的液晶分子的指向矢对准。对于与该单元的玻璃板相接触的层 1 和层 Q 而言,该指向矢相对于法线倾斜了该单元的预倾斜角。对于层 1 而言, xy 平面中的指向矢的取向由配向给定。对于层 Q 而言, xy 平面中的指向矢取向由层 1 的配向加上扭转角给定。对于层 2 到 $Q-1$ 而言,倾斜角和取向被建模为从层 1 到层 Q 线性变化,当没有向液晶单元施加电压时,这是一种有效的假设,因为这接近液晶分子的最低自由能量配置或者静止状态。在另一种情况中,在希望或者需要更高的数学模型准确度的情况下,能够利用采取诸如液晶分子的弹性系数之类的已知方式变化的力学模拟的结果取代倾斜角和取向的线性变化。这种模拟将所模拟的液晶材料的非线性的方面考虑在内。弹性连续性理论就是基于这种确定液晶分子的最低自由能量配置的手段。使用弹性连续性理论模型将提高模拟准确度,但是也会提高所需的计算时间。

[0044] 为了说明这种模型,参照图 1、6a 和 6b。在图 1 中,我们看到其中示出 22 个层的情况,这 22 个层被标记为 1-22($Q = 22$),预倾斜为 0,层 1 处的指向矢取向为 α ,该取向线性变化到层 Q 处的角度 $\alpha + \phi$ 。在图 6 中,我们看到其中 $Q = 22$ 的两种情况,层 1 和层 Q 处的取向为相同的角度 Θ ,并且扭转角为 0。图 6 中的上部视图示出了这个单元的“张开”模式,图 6 中的下部视图表示了这个单元的“弯曲”模式。这两种模式之间的差别在于允许穿过该单元倾斜角线性增大还是线性减小。这两种模式是可以由液晶单元制造商通过物理方法实现的,并且能够对每种模式进行建模。

[0045] 为了实现这种模型,根据已知的光学波长、已知的光传播方向、已知的液晶材料双折射率以及假定的预倾斜、配向、单元间隙和扭转角的值,来计算每层的米勒矩阵。一旦计算了 Q 个单独的米勒矩阵,就按照如下计算该单元的总米勒矩阵

$$[0046] \quad M_{\text{cell}} = M_Q M_{Q-1} \dots M_2 M_1$$

[0047] 其中继而在所测量的数据集中针对每个光学波长或者入射方向来计算 M_{cell} 。继而迭代地修改假设的预倾斜、配向、单元间隙和扭转角的值,直到所建模的米勒矩阵以建模点与测量点之间有最小可实现 RMS 差来匹配被测米勒矩阵为止。如本领域技术人员公知的,

诸如高斯-牛顿方法、梯度下降方法或者 Levenberg-Marquardt 算法之类的任何标准的优化算法均适用于此目的。

[0048] 图 7 是确定液晶单元参数所需的方法的流程图。此处,在框 50,激励光源 24,延迟器 28、31 开始旋转。计算机 18 从光电检测器 34 获得信号用于处理。

[0049] 在框 52,如果必要,可以在多个波长时采集样本。可以以几种方式来实现多个波长时生成数据。例如,光源 24 可以是白光源,例如卤素灯泡或者弧光灯,随后是包含多个窄带干涉滤光器的电动滤光器轮。典型地,在计算机或者控制器的控制之下,通过从处理器 18 经由 RS-232 端口向滤光器轮发送命令,就能够单独选择这些光谱滤光器。作为选择,光源 24 可以包括白光源,随后是单色器,它允许通过从处理器 18 发送命令选择任意的波长。作为选择,光源 24 可以包括白光源,并且光电检测器 3 可以包括分光计。

[0050] 在框 54,可以选择多个入射角以进行采样。通过处理器 18 向自动机夹具(fixture)40 发送适当的命令来生成这些入射角。

[0051] 在框 56,计算被测的米勒矩阵。对于每个波长和入射角设定,确定一个被测的米勒矩阵。这些是描述正在测量的单元的米勒矩阵。

[0052] 在框 58,执行计算机模拟,该模拟根据对单元间隙、扭转角、配向和预倾斜的初始估计来计算模拟的米勒矩阵。对于每个测得的波长和入射角计算一个模拟的米勒矩阵,即来自该样本的每个被测米勒矩阵将具有一个相应的模拟米勒矩阵。在框 60,迭代地改变单元间隙、扭转角、配向和预倾斜中的一个或多个的初始猜测值。在每次迭代时,计算新的模拟米勒矩阵,并且继而将其与被测米勒矩阵进行比较。被模拟和被测量的米勒矩阵的元素之间的 RMS 差被用作优化过程中的品质因数。迭代地改变在被模拟米勒矩阵中估计的单元参数,直到 RMS 差变为最小化为止,或者直到 RMS 差达到足够低的值为止,这通常表示与受测 LCD 单元接近匹配。用于选择迭代步长大小以及使优化程序向一个解收敛的速度最大化的技术对于本领域技术人员而言是公知的。例如,高斯-牛顿方法、梯度下降方法和 Levenberg-Marquardt 算法都适用于此目的。一旦知道了单元间隙、扭转角、配向和预倾斜的最优化值,就在框 62 将这些值报告给用户。

[0053] 当使建模的数据与被测米勒矩阵匹配时,有利的是,匹配归一化的米勒矩阵的较低 3×3 子矩阵中的值。使用归一化的米勒矩阵从计算中去除了该单元的滤色器或者其它光谱属性的影响。较低 3×3 子矩阵包含米勒矩阵的延迟信息,并且典型地,液晶设备是只有延迟的设备。当入射角不是 0 度时,玻璃单元的 s 和 p 反射率之差将引起一定的二次衰减,即该单元也将起到部分偏振器的作用。在这种情况下,有利的是,对米勒矩阵执行极分解(polar decomposition)并且仅对纯延迟的米勒矩阵执行曲线拟合。

[0054] 图 8 图示了向列扭转型液晶单元的归一化米勒矩阵的分项。该米勒矩阵的元素随着波长而平滑变化。甚至是对于其中延迟级别跨过多个级别的最一般的情况,米勒矩阵元素也表现平滑且不具有不连续性,从而使得该米勒矩阵元素最适于曲线拟合。

[0055] 图 9a 和 9b 示出了与图 8 所示相同的数据,但是图 9a 示出了延迟幅度,而图 9b 示出了已经通过对图 8 中的米勒矩阵数据进行特征分析而计算得到的延迟快轴。本领域技术人员公知的是,每当延迟幅度超过附加的 180 度延迟,计算得到的延迟和快轴就将具有不连续性。有必要做的是:确定在每一点处真正的延迟“级别(order)”并且应用试图展开该幅度和快轴的算法以使得曲线图是连续的。实际上,如通过在 680nm 和更小波长时超过 180

度的延迟所能够看出的,已经展开了图 9a 和 9b 中的数据。尽管图 9a 和 9b 非常有助于理解并且形象化液晶器件的行为,但是对于曲线拟合的实际动作它却不太有效。

[0056] 图 10 通过举例的方式图示了一种可能的图形用户界面,研究者可以在研发环境中使用所述图形用户界面来控制本发明并且解译所产生的数据。在此,向研究者呈现邦加球和延迟相对波长的图形表示。单元间隙、刷 (brush) 倾角、扭转角、预倾斜和入射角的滑块能够单独地操纵各单元参数。此外,垂直和水平滑块允许操纵邦加球从而允许从方便的取向对其进行观察。这种对于单元参数的操纵有助于将模拟的偏振属性与测量的偏振属性进行比较。此外,能够按压“计算 (CALCULATE)”按钮来开始优化程序,该程序根据所测量的米勒矩阵数据确定最佳拟合的单元参数。

[0057] 在制造环境中,技术人员和工人将以装配线的方式反复地对多个单元进行相同的测量,可能优选地是诸如图 11 所示的简化界面。此处,利用指向设备的单一按钮点击或者在触摸屏上触摸等能够执行完全的测量。按压“执行单一测量 (Perform Single Measurement)”按钮将自动地测量并且显示单元间隙、配向、扭转角和预倾斜的值。这种测量可以基于预先规定的“配方”。这种配方可以指示出要测量的倾斜角、光学波长和单元位置是什么,并且可以制定存储测得的参数的数据库。当预先知道单元参数中的一个或多个,并且因此无需对其进行测量时,能够输入这些参数,并且继而能够将它们从优化程序中排除。需要强调的是,如果预先不知道参数中的任何一个,则能够对该系统进行编程,从而以足够多的波长和入射角进行测量,以便能够计算所有参数。该界面还可以包括让操作者测量单元上的特定 XY 位置,或者执行自动的 XY 映射测量的按钮。

[0058] 应当注意的是,在本申请中,我已经描述了通过以下步骤确定液晶单元的物理参数的技术:引导一系列不同偏振态穿过液晶单元,被改变的偏振态继而穿过偏振态分析器,利用光电检测器测量每个被分析的偏振态的光学功率,根据所测得的光学功率以及所生成并进行了分析的已知偏振态来计算液晶单元的米勒矩阵,以一种或多种光学波长和一个或多个入射光束方向进行米勒矩阵测量,针对相同光学波长和入射光束方向展开对液晶单元的米勒矩阵的计算机模拟,迭代地改变计算机模拟的参数,直到模拟米勒矩阵和所测得的米勒矩阵之间的 RMS 差被最小化为止,并且所产生的计算机模拟的最终参数描述了该液晶单元的实际参数(单元间隙、配向、扭转角、预倾斜角)。本领域技术人员应当理解,能够将这些步骤略微改变或者重新分组,并且仍然落在本发明的范围之内。例如,可以通过去除将所测得的光学功率转变为米勒矩阵的步骤,并且将模拟由光电检测器所测得的光学功率的另一步骤添加到计算机模拟中,继而迭代地改变计算机模拟的参数以使得模拟的光学功率与所测得的光学功率之间的 RMS 差最小化,而取代直接比较米勒矩阵,也可以确切地实现相同的结果。作为选择,也可以选择使峰差最小化,取代米勒矩阵之间的 RMS 差以获得类似的结果。

[0059] 还应当注意的是,在本申请中,我已经谈到了样本单元的米勒矩阵。已经描述的全部内容对于测量样本的琼斯 (Jones) 矩阵的系统也同样有效。对于不具有消偏振效应的样本而言,在米勒矩阵与琼斯矩阵之间存在一对一的关系(少了能够任意被乘到琼斯矩阵中的绝对相位项)。一般而言,米勒矩阵对于实验工作更有利,这是因为它还能够包括消偏振效应,并且它不具有琼斯矩阵中所存在的未确定的绝对相位项。无论如何,使用所测得的琼斯矩阵取代米勒矩阵的技术是本发明的另一实施例。

[0060] 最后,应当注意的是,可以对于液晶计算机模拟做出几种略微变化,均落在本发明的范围之内。当在不为 0 的入射角时计算液晶单元的米勒矩阵,能够根据菲涅尔反射系数对液晶单元玻璃板的部分偏振化效应进行建模,并且继而将这些模拟的米勒矩阵与如上所述的测得的米勒矩阵进行比较。如果该模拟忽略非 0 入射角时的菲涅尔反射系数,并且对于所测得的米勒矩阵执行极分解,从而将所测得的米勒矩阵的纯延迟部分与模拟米勒矩阵进行比较,这将给出与先前所述相同的结果。

[0061] 利用当前使用的速度超过 3GHz、64 位的处理器、双核处理器等的计算机,用于确定与 LCD 单元有关的参数并且将计算得到的这些参数与计算机模拟进行比较的米勒矩阵计算极快。能够相当好地实现每秒超过 5000 个模拟的 LCD 米勒矩阵的计算。如上所述,可以在小于大约 1 秒的时间内完成这种建模和计算,从而将测试时间从每个单元约 2-3 分钟减少到几秒,从而大大提高了测试程序的吞吐量。

[0062] 已经描述了本发明及其使用方式,本领域技术人员应当理解的是,可以对本发明进行附带的变化,这些变化均落在所附权利要求的范围之内。

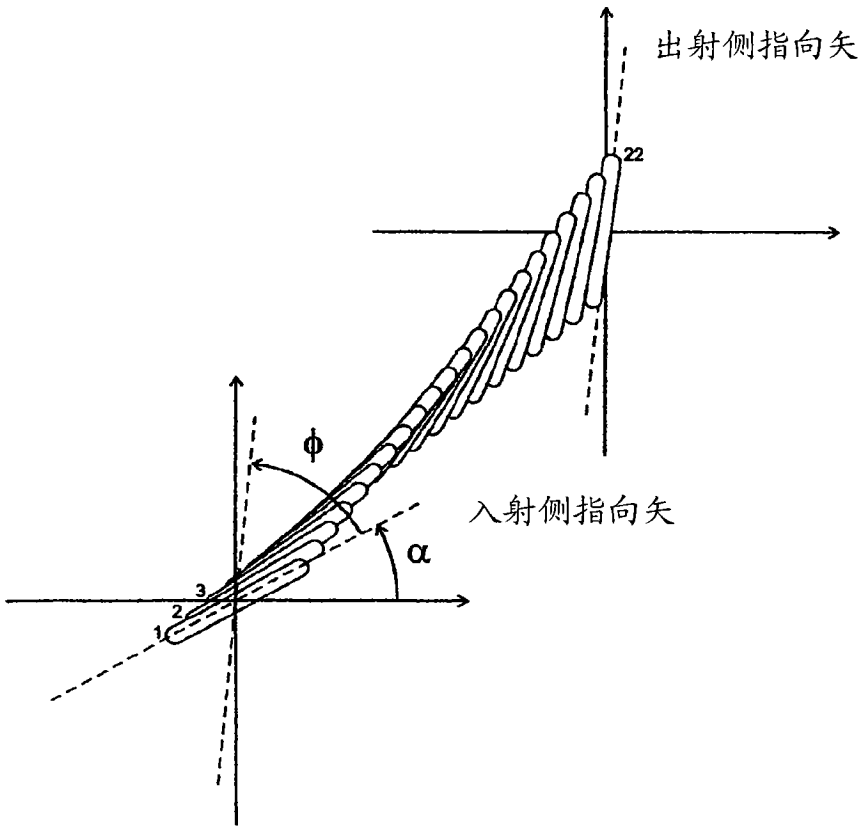


图 1

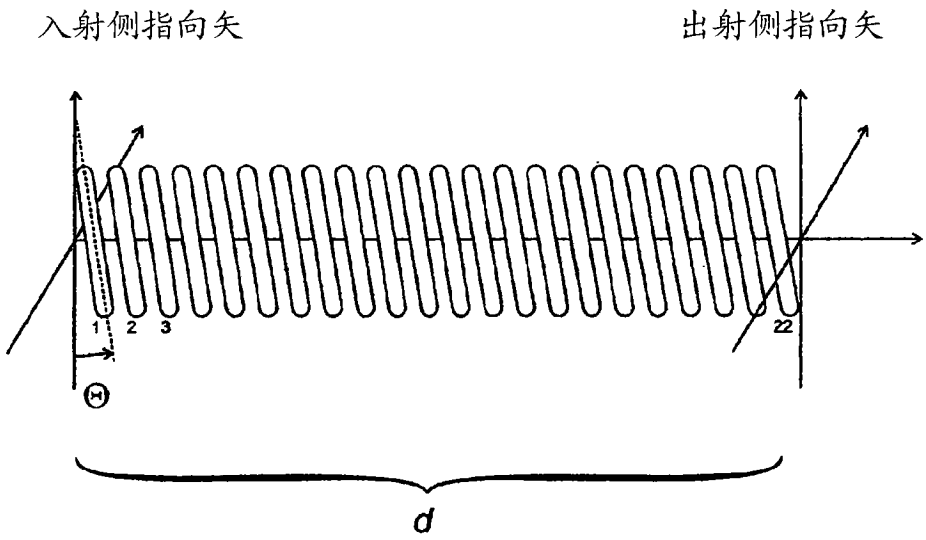


图 2

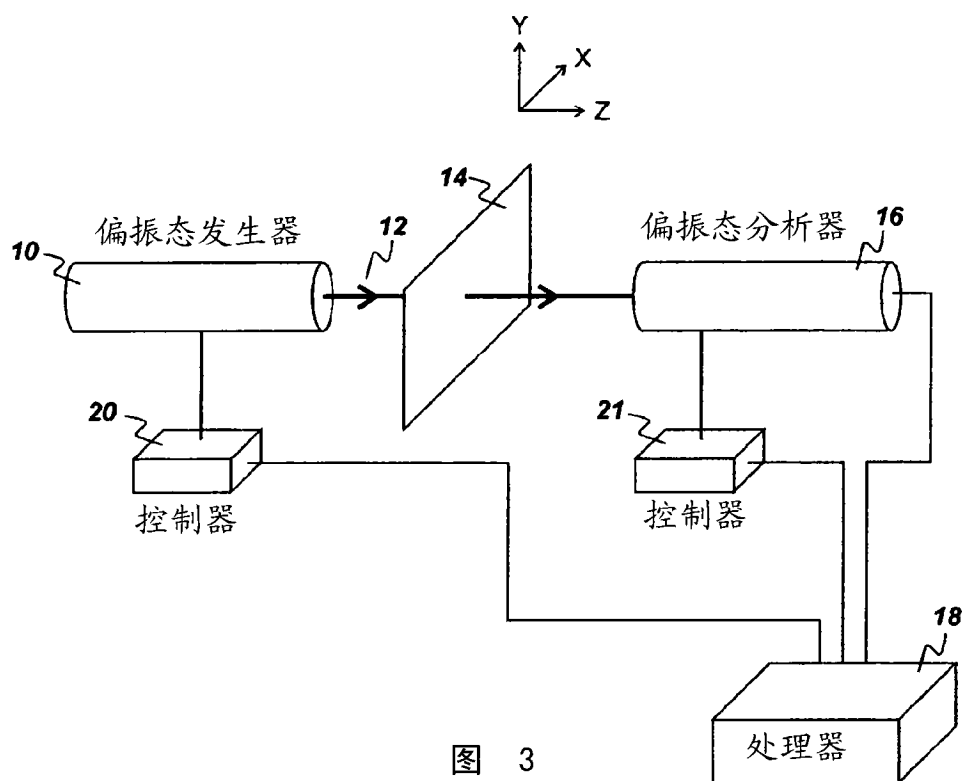


图 3

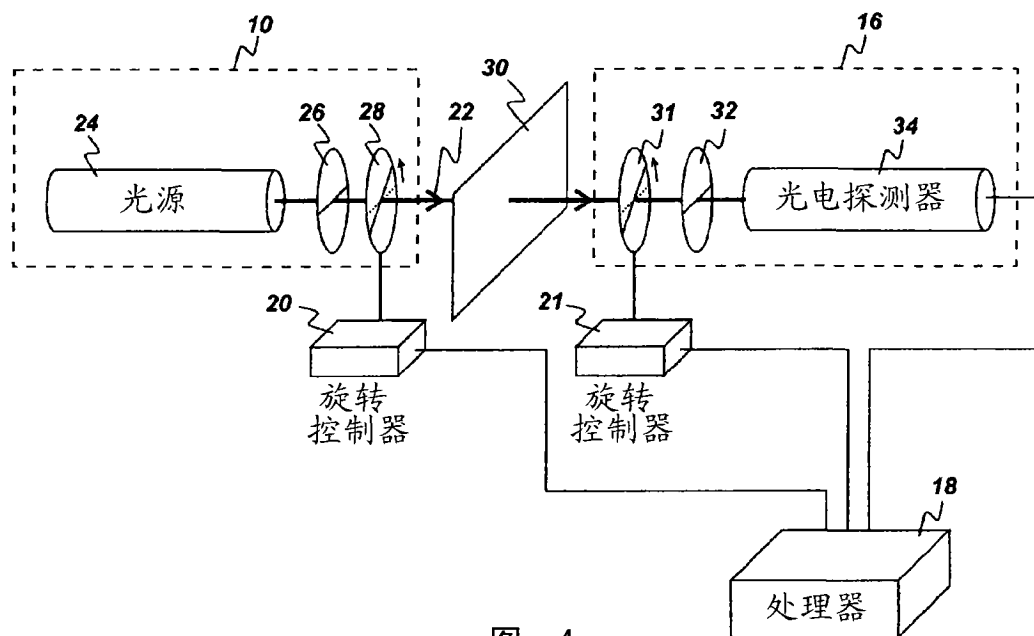


图 4

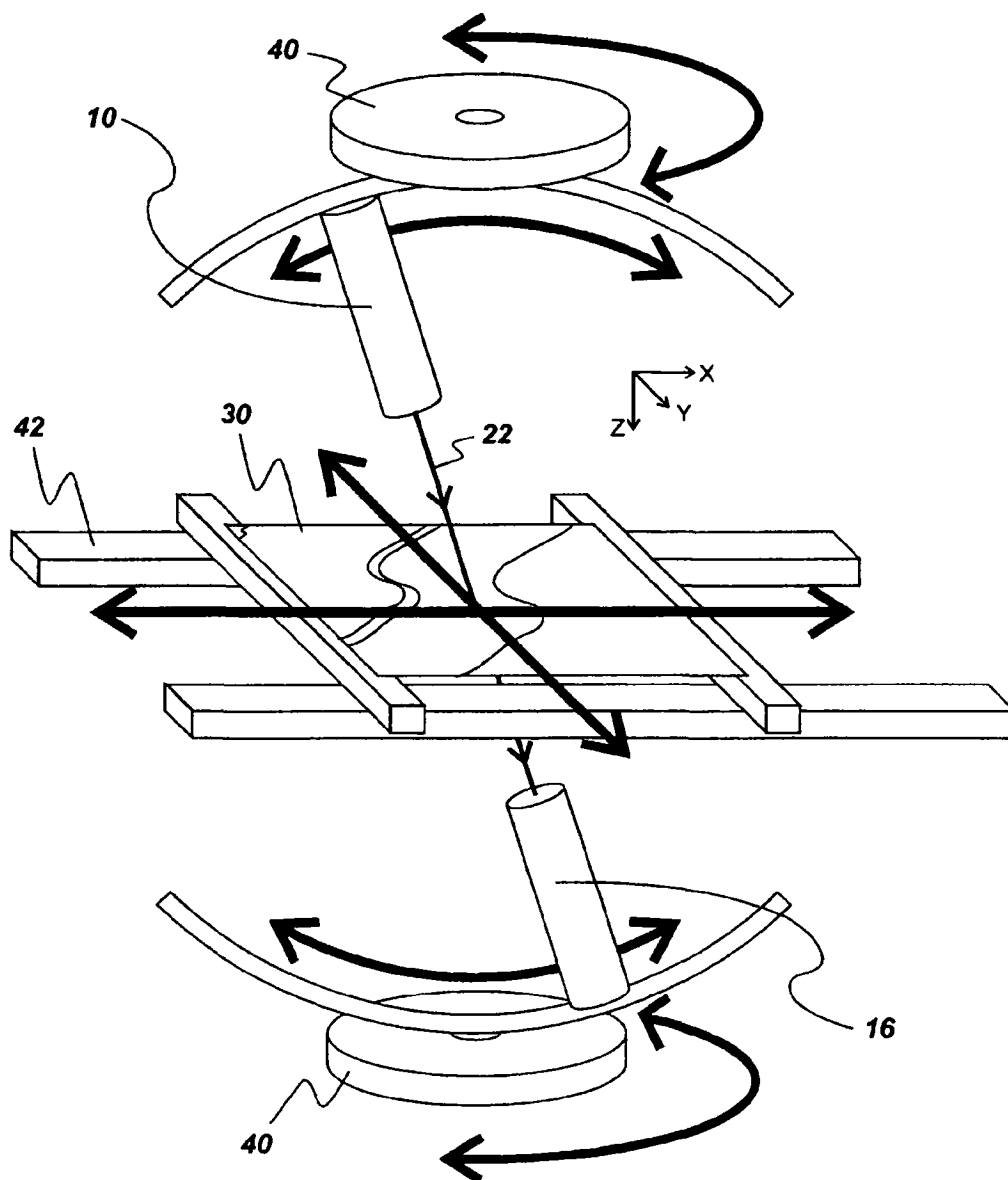


图 5

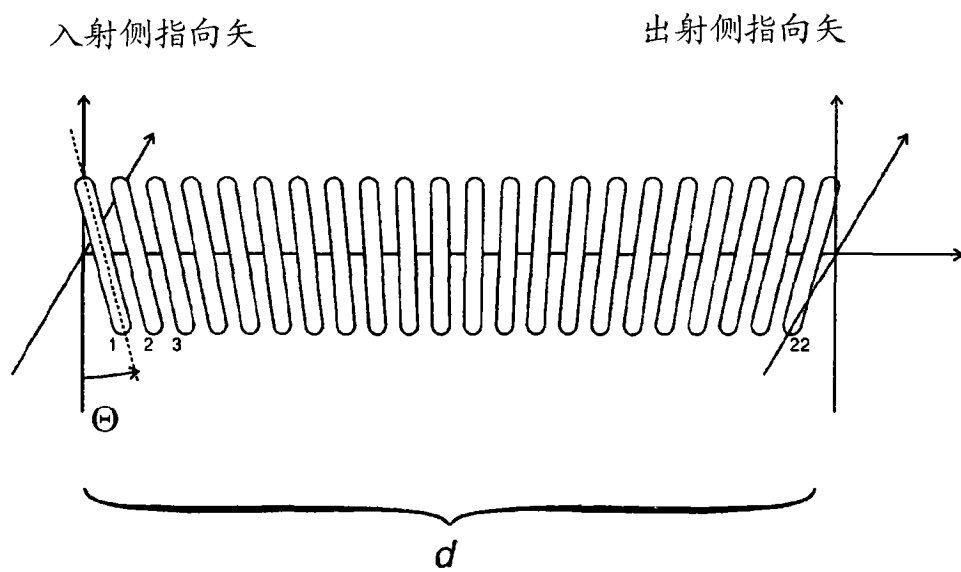


图 6a

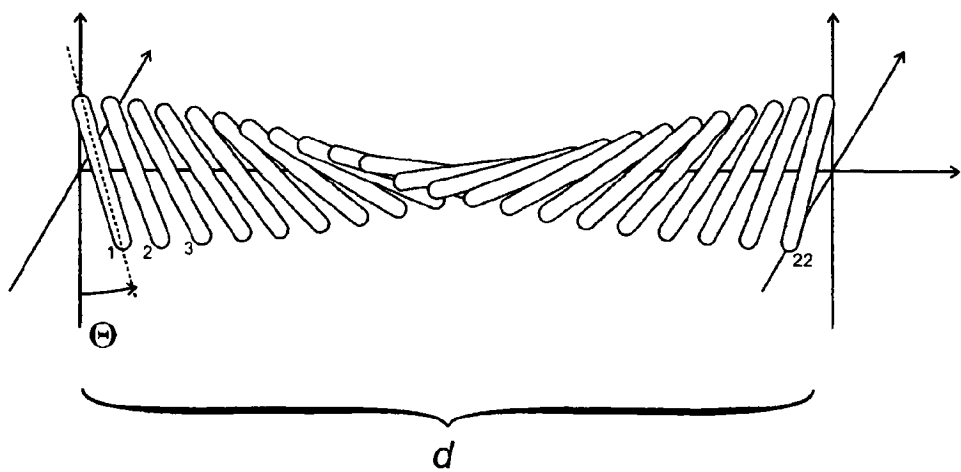


图 6b

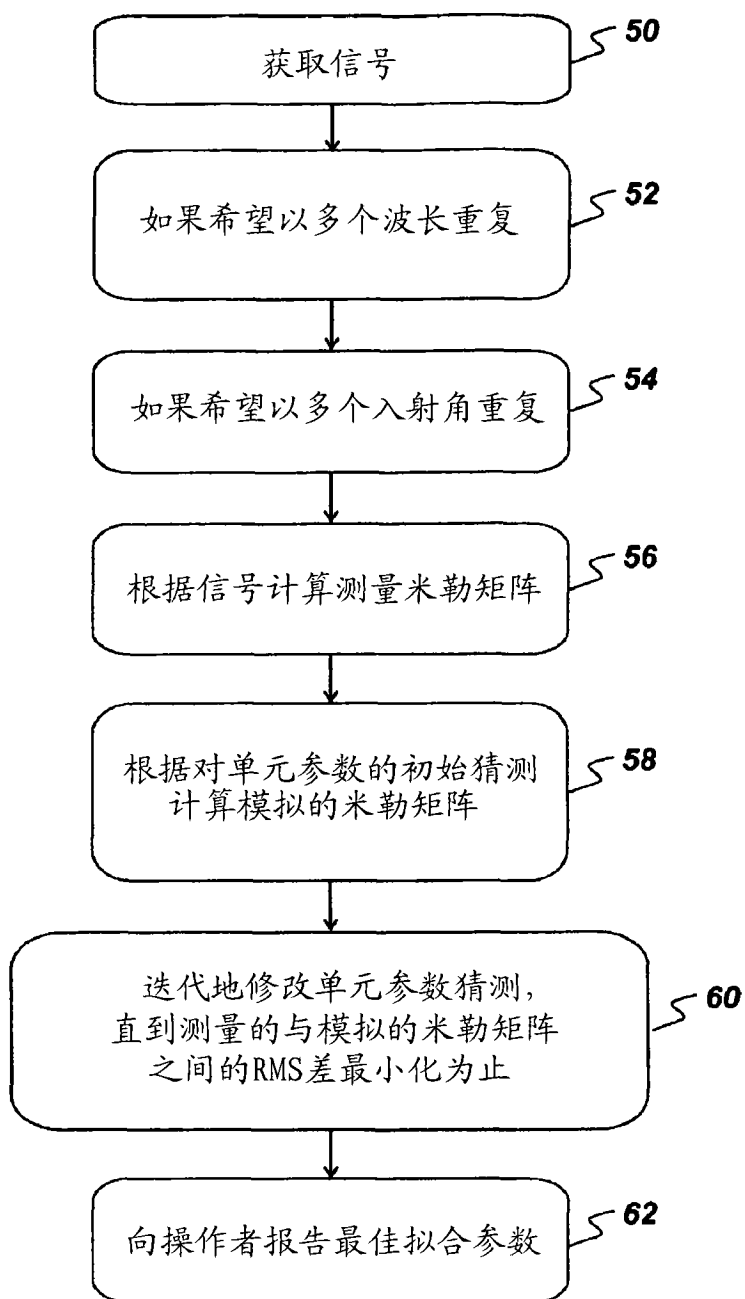


图 7

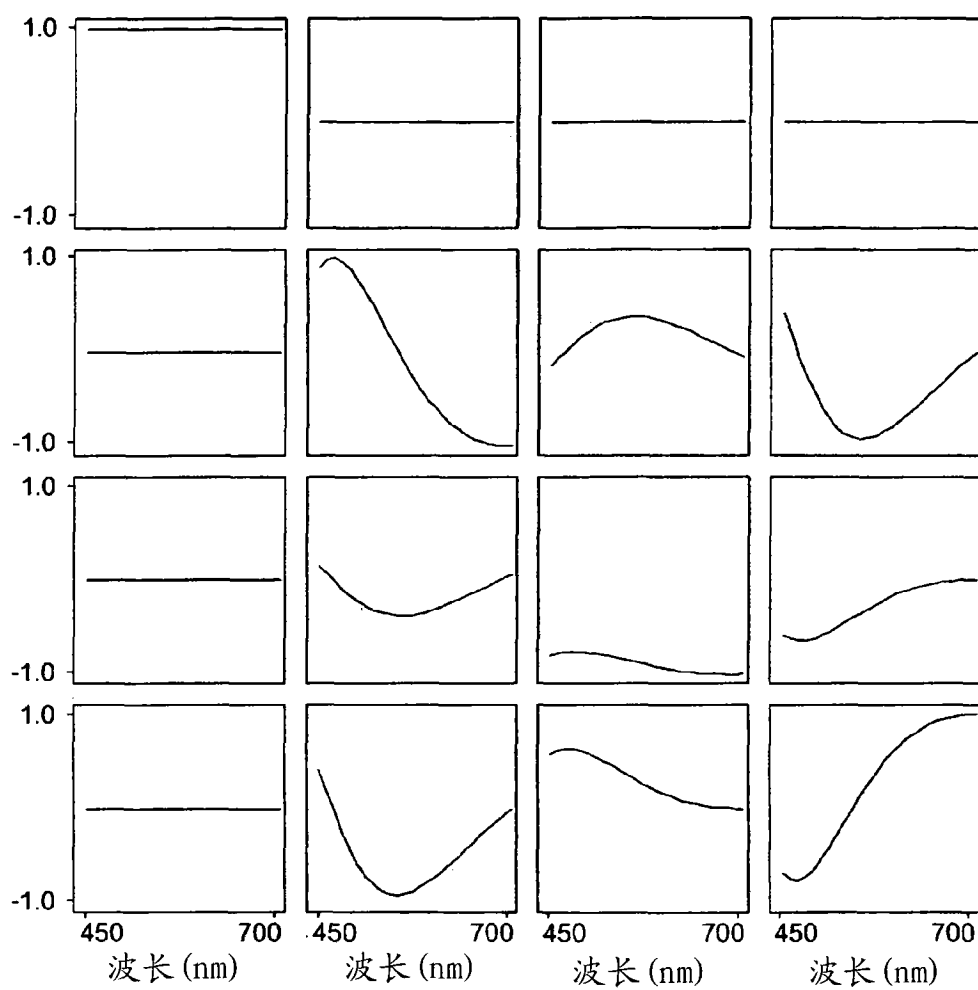


图 8

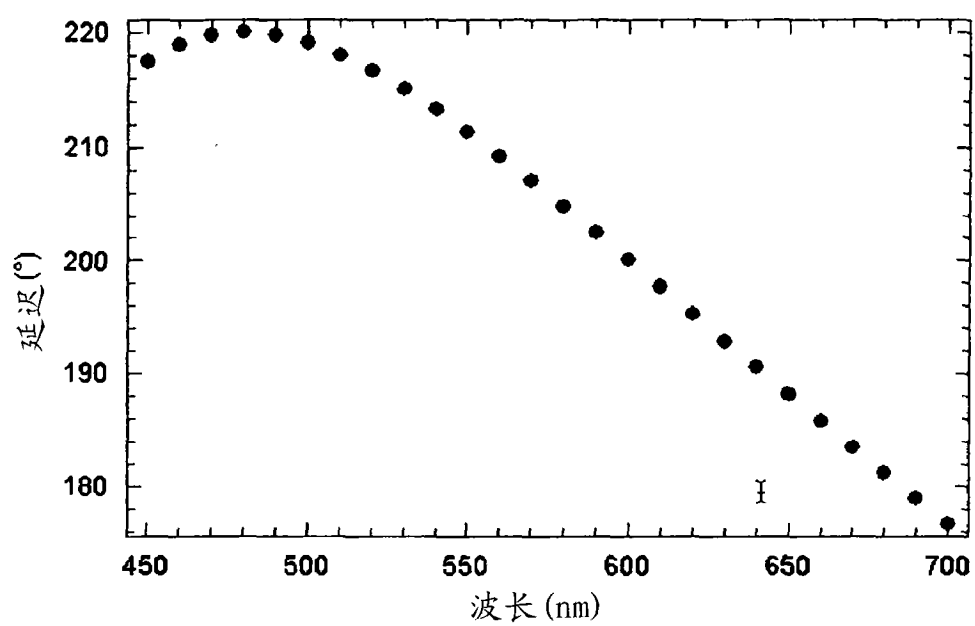


图 9a

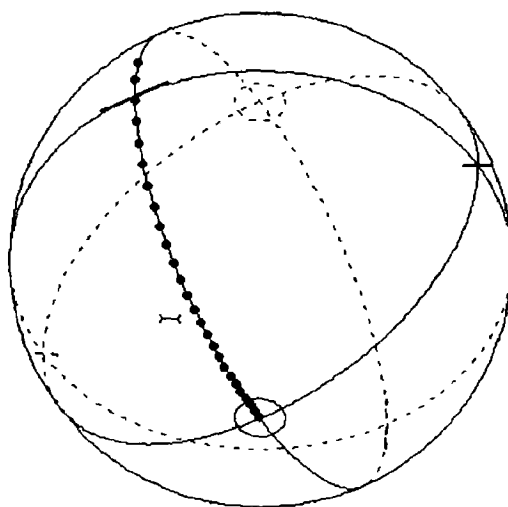


图 9b

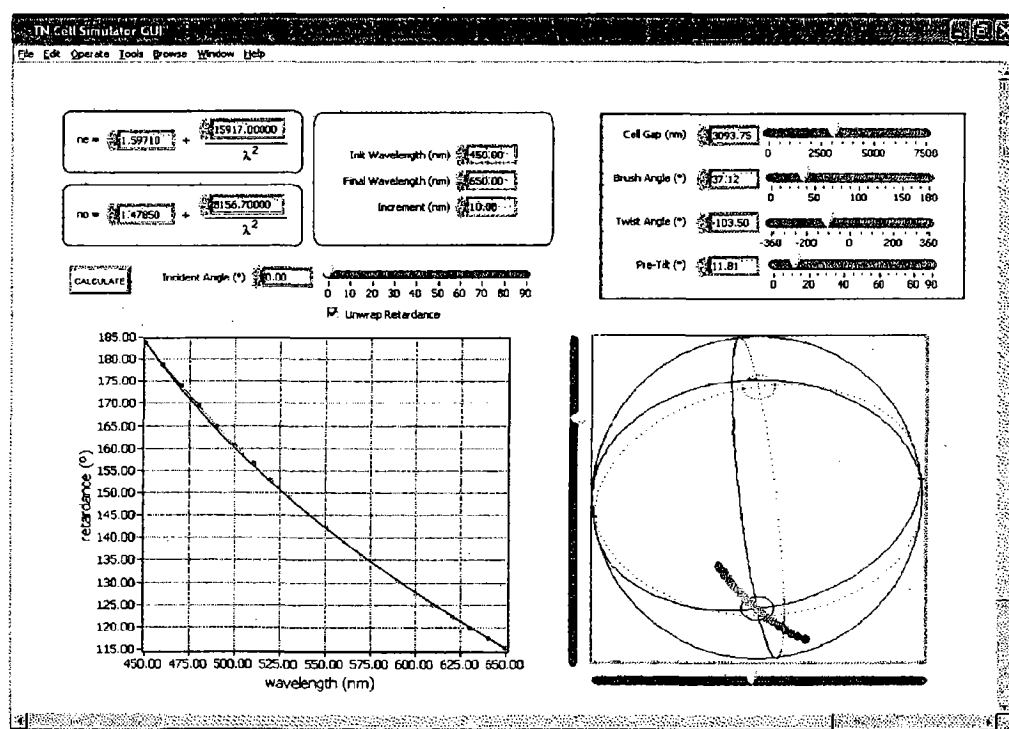


图 10

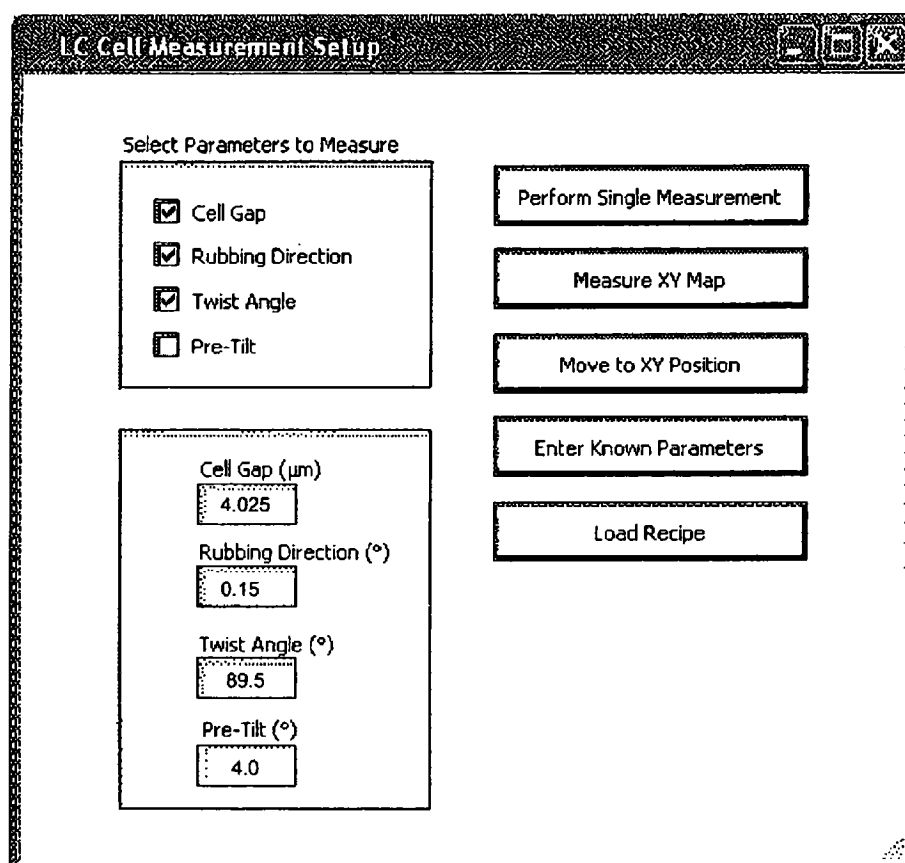


图 11