

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G02F 1/136 (2006.01)

G01J 9/00 (2006.01)

H01L 29/786 (2006.01)



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410011218.3

[43] 公开日 2006年2月1日

[11] 公开号 CN 1727967A

[22] 申请日 2004.11.10

[21] 申请号 200410011218.3

[71] 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130031 吉林省长春市东南湖大路16号

[72] 发明人 宣丽 刘永军 胡立发 李大禹
曹召良 穆全全 鲁兴海

[74] 专利代理机构 长春科宇专利代理有限责任公司

代理人 李恩庆

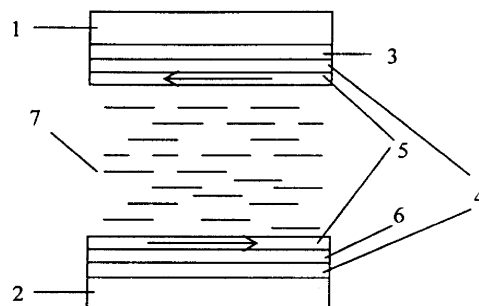
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

[54] 发明名称

一种纯位相透射式 TFT 液晶波前校正器的制备方法

[57] 摘要

本发明属于光学技术领域，是一种纯位相调制的透射式 TFT 液晶波前校正器的制备方法。在上基板镀制 ITO 透明导电薄膜，制作 TFT 薄膜晶体管阵列层。在上基板制备黑矩阵，镀制 ITO 透明导电薄膜。分别在上下基板印刷聚酰亚胺取向膜，并进行反平行摩擦处理后制成屏。向屏中注纯向列相液晶，层厚为 5~10 微米。偏振片需置于液晶屏的入射光一侧，使偏振片的透光轴与液晶屏上的取向膜的摩擦方向平行。依据液晶位相延迟与灰度级的关系编制驱动软件。本发明是纯位相调制，调制光程可达 1 微米以上，精度优于 1/10 波长，无衍射干扰，稳定性优于传统的变形镜校正器，可在 5~40℃ 温度区间保持正常工作状态。



1、一种纯位相透射式 TFT 液晶波前校正器的制备方法，其特征是：

1) 制备 TFT 液晶屏；选取两块透明基板，其中一块基板作为下基板(2)，下基板(2)上首先镀制 ITO 透明导电膜(4)，然后制作 TFT 薄膜晶体管阵列，形成 TFT 薄膜晶体管阵列层(6)；另一块基板作为上基板(1)，在上基板(1)上对应下基板(2)上的 TFT 薄膜晶体管阵列制备黑矩阵(3)，然后镀制 ITO 透明导电膜(4)；分别在下基板(2)的 TFT 薄膜晶体管阵列(6)侧和上基板(1)的 ITO 透明导电膜(4)侧印刷聚酰亚胺取向膜(5)，并对上下两基板上的取向膜(5)进行反平行摩擦处理；将下基板(2)上的 TFT 薄膜晶体管阵列(6)与上基板(1)上的黑矩阵(3)对准制成屏；向屏中注入折射率各向异性差值为 0.15~0.4 的纯向列相液晶(7)，液晶(7)呈平行取向排列，液晶层厚为 5~10 微米；

2) 偏振片(8)需置于液晶屏的入射光一侧，与有黑矩阵(3)的上基板(1)紧邻相互平行放置，并使偏振片(8)的透光轴与液晶屏上的取向膜(5)的摩擦方向平行；

3) 依据液晶位相延迟与灰度级的关系编制驱动控制软件，所述的液晶位相延迟是非寻常光与寻常光的光程差，与波前畸变光程量等数值；灰度级对应的是驱动电压。

2、根据权利要求 1 所述的纯位相透射式 TFT 液晶波前校正器的制备方法，其特征是所述的偏振片(8)的平行度与平整度优于 1/8 波长、消光比优于 500:1。

3、根据权利要求 2 所述的纯位相透射式 TFT 液晶波前校正器的制备方法，其特征是 TFT 薄膜晶体管阵列版图的设计为：单元 TFT 所占面积为 25 微米×55 微米，象素单元 85 微米×300 微米，象素间距 25 微米。

4、根据权利要求 3 所述的纯位相透射式 TFT 液晶波前校正器的制备方法，其特征是偏振片(8)与液晶屏中有黑矩阵(3)的上基板(1)紧邻，相互平行放置；偏振片(8)的透光轴与液晶屏取向膜(5)的摩擦方向平行。

5、根据权利要求4所述的纯位相透射式 TFT 液晶波前校正器的制备方法，其特征是液晶（7）是折射率各向异性值为 0.198 的纯向列相液晶 RDP-92975。

6、根据权利要求1所述的纯位相透射式 TFT 液晶波前校正器的制备方法，其特征是在光谱型椭偏仪 UVISEL 上测量 TFT 液晶屏的位相延迟与驱动电压关系，用多项式模拟测得的相位延迟与灰度级的关系曲线，再用相位延迟与灰度级的多项式关系编写驱动控制软件，并根据探测器测得的波面对 TFT 液晶屏位相延迟在波面区域的分布进行计算机控制，使位相延迟在波面区域的分布与波前畸变互补，实现波前校正功能。

7、根据权利要求6所述的纯位相透射式 TFT 液晶波前校正器的制备方法，其特征是所用的多项式为：

$$Y = -0.00407 + 0.00642X - 4.92111 \times 10^{-4} X^2 + 2.99085 \times 10^{-5} X^3 - 7.12419 \times 10^{-7} X^4 + 6.06207 \times 10^{-9} X^5$$

其中，X 表示灰度级，Y 表示位相延迟。

一种纯位相透射式 TFT 液晶波前校正器的制备方法

技术领域

本发明属于光学技术领域，涉及自适应光学系统，具体地说是一种纯位相调制的透射式 TFT 液晶波前校正器的制备方法。

技术背景

光在大气中传输时由于受到大气湍流的影响，波前会发生畸变，从而影响正常传输信息。液晶波前校正器可以有效地校正波前畸变，因而在激光通讯、天文成像等领域有重要的应用前景。

能够实时校正波前畸变的光学系统称为自适应光学系统。自适应光学系统的核心是波前传感器和波前校正器。自适应光学系统的应用迄今仍限于世界上少数几个天文观察站，没有广泛应用的主要原因之一是传统自适应光学的波前校正集光、机、电、算于一体，结构复杂，控制困难，价格昂贵。液晶波前校正器成本低，分辨率高，体积小，重量轻，控制、运算简单，驱动电压低，可与集成电路（IC）匹配，极具应用前景。

液晶波前校正器的工作介质是向列相液晶。向列相液晶呈细长棒状，介电常数和折射率有明显的各向异性，在电场作用下液晶分子很容易发生转动，趋向电场方向。首先使液晶分子平行排列，然后在垂直于排列的方向上加电场，那么不同强度的电场会使液晶分子的倾斜角度不同。如使偏振光垂直入射液晶介质，且光偏振方向与液晶初始的取向方向平行，随着电场增加偏振矢量与液晶取向之间产生夹角，入射光在液晶层中的有效折射率就会发生变化，使光束在液晶层中的有效光程不同。因此通过给液晶施加电压的方法可控制入射光的光程。如果将液晶屏划分成许多小单元，即像素，就可逐点控制入射光的位相，进而校正畸变的波前。

波前校正器要求至少有一个波长量级的调整量和优于 $1/10$ 波长的校正精度。根据前者要求，应该选择折射率各向异性差值较大的液晶材料，且在满足响应速度的情况下增加液晶层厚度，另外要尽量消除构成液晶波前校正器的基板和偏振片的不平度；对于后者精度方面的要求，要调整液晶像素尺寸，

使其尽可能小，还要保证足够的透过率，不产生衍射影响，同时驱动电压分度值要足够精细。

Rensheng Dou 在专利(U.S. Pat. No. 5,684,545, 1995年7月)中提到自适应光学系统的液晶波前校正器，但没有具体描述液晶波前校正器的结构，更没有描述制备方法。G. D Love 在专利(U.S. Pat. No. 6,107,617, 1998年6月)中描述了一种透射式液晶波前校正器，由 127 个六角形象素组成，由于没有采用 TFT，像素数很少，校正精度不高。1998年 Samuel T.Thurman(Samuel T.Thurman *et al*, *opt. lett.* **23**, 969(1998)) 报道了 128×128 像素的液晶波前校正器，也没有采用 TFT，所以像素数仍较少，校正精度不高。1999年 Jeffrey A. Davis 等人(Jeffrey A. Davis, *et. al.*, *Optical Engineering*, Vol.38(6), 1051(1999)) 发表了对透过式平行排列的液晶波前校正器的衍射、折射效果的研究，他们实验使用的波前校正器为 640×480 像素，精度应该较高，但报道中没有描述液晶校正器的制备方法。2003年四川大学的李大海(李大海等, *中国激光*, **30**, 614(2003)) 报道了扭曲型液晶波前校正器，特点是两基板间的液晶呈 90 度扭曲排列，这是一种非纯位相波前校正器，不但校正范围小，不到半个波长，而且校正时有局部亮度变化。2004年美国 Kent 大学制作了 LCOS 液晶波前校正器(Xinghua Wang, *et al.*, *SID Tech. Digest*, 1522(2004))，还有其它一些公司也可制作 LCOS 液晶波前校正器，像素尺寸很小，分辨率高，但由于后基板为硅基板，只能形成反射式波前校正器，另外 LCOS 液晶波前校正器的口径都很小，目前直径都在 20mm 以下，这在远程大口径成像系统中应用困难。在有些场合，需要透射式波前校正器，但目前还未见这方面的公开报道。

发明内容

本发明利用 TFT 液晶屏的生产技术并加以改造，目的是提供一种制备纯位相透射式 TFT 液晶波前校正器的方法。

本发明所述的纯位相透射式 TFT 液晶波前校正器由 TFT 液晶屏、偏振片、驱动软件三部分组成。

第一部分 TFT 液晶屏的制作方法是：选取两块透明基板，在其中一块基板上首先镀制 ITO 透明导电薄膜，然后制作 TFT 薄膜晶体管阵列，形成 TFT

薄膜晶体管阵列层，将这块基板作为下基板。在另一块基板上，对应下基板上的 TFT 薄膜晶体管阵列制备黑矩阵，然后镀制 ITO 透明导电薄膜，将这块基板作为上基板。分别在下基板的 TFT 薄膜晶体管阵列侧和上基板的 ITO 透明导电薄膜侧印刷聚酰亚胺取向膜，并对上下两基板上的取向膜进行反平行摩擦处理。将下基板上的 TFT 薄膜晶体管阵列与上基板上的黑矩阵对准制成屏。向屏中注入折射率各向异性差值较大的纯向列相液晶，液晶呈平行取向排列，液晶层厚为 5~10 微米。

第二个部分偏振片需置于液晶屏的入射光一侧，与有黑矩阵的上基板紧邻相互平行放置，并使偏振片的透光轴与液晶屏上的取向膜的摩擦方向平行。

第三部分驱动软件依据液晶位相延迟与灰度级的关系编制，所述的液晶位相延迟是非寻常光与寻常光的光程差，与波前畸变光程量等数值。灰度级对应的是驱动电压。

为更好理解本发明内容，下面详述纯位相透射式 TFT 液晶波前校正器的制备过程：

(1) 如图 1 所示，选择透射光束面积上平行度与平整度优于 $1/5$ 波长的两片透明基板；

(2) 在一片透明基板上镀制 ITO 透明导电薄膜 4 作为下基板 2，然后制作 TFT 薄膜晶体管阵列层 6，TFT 薄膜晶体管阵列版图的设计为：单元 TFT 所占面积为 25 微米×55 微米，象素单元 85 微米×300 微米，象素间距 25 微米；

(3) 在另一片透明基板上，对应下基板 2 上的 TFT 薄膜晶体管阵列 6 镀上黑矩阵 3 作为上基板 1，以使液晶屏在接受入射光时 TFT 薄膜晶体管阵列中不产生光电流，之后在黑矩阵 3 上镀制 ITO 透明导电薄膜 4；

(4) 分别在上、下基板 1、2 的 ITO 透明导电薄膜 4 侧和 TFT 薄膜晶体管阵列层 6 侧印刷聚酰亚胺 (PI) 膜作为取向膜 5，按液晶显示器工艺进行热处理后，在 PI 膜即取向膜 5 上沿一基板边作平行摩擦，且上、下基板 1、2 上的摩擦方向互相反平行；

(5) 在上基板 1 上喷洒上 5~10 微米直径的玻璃球隔垫物，以控制液晶

层厚；

(6) 在有 TFT 薄膜晶体管阵列层 6 的下基板 2 上印刷封屏胶框，并留有液晶注入口；

(7) 将有隔垫物的上基板 1 与有 TFT 薄膜晶体管阵列层 6 的下基板 2 对准对叠，并使上、下基板 1、2 上的取向膜 5 摩擦方向互为反平行，平压上、下基板 1、2，并使胶框固化，形成屏；

(8) 向屏中注入折射率各向异性值为 0.15~0.4 的纯向列相液晶 7，封口，完成 TFT 液晶屏的制作；

(9) 选择平行度与平整度优于 1/8 波长、消光比优于 500:1 的偏振片 8；

(10) 将偏振片 8 置于液晶屏的入射光一侧，与液晶屏中有黑矩阵 3 的上基板 1 紧邻，相互平行放置，并且偏振片 8 的透光轴与液晶屏取向膜 5 的摩擦方向平行；

(11) 在光谱型椭偏仪上测量液晶屏的相位延迟与灰度级的关系曲线，灰度级选用 64 级以上；

(12) 用多项式模拟测得的相位延迟与灰度级的关系曲线，再用相位延迟与灰度级的多项式关系编写驱动控制软件，并根据探测器测得的波面对 TFT 液晶屏位相延迟在波面区域的分布进行计算机控制，使位相延迟在波面区域的分布与波前畸变互补，实现波前校正功能。

本发明制备的这种透射式液晶波前校正器是纯位相调制，调制的光程量可达 1 微米以上，调制精度优于 1/10 波长，衍射干扰造成的透过率在工作电压范围内的波动小于 1.5%，稳定性优于传统的变形镜校正器，可在 5~40℃ 温度区间保持正常工作状态。与 IC 电路匹配，很容易进行计算机控制。器件制作成本低。

附图说明

图 1 是本发明中 TFT 液晶屏的结构示意图：1 为上基板，2 为下基板，3 黑矩阵，4 为 ITO 透明导电膜，5 为取向膜，箭头方向代表取向膜上的摩擦方向，6 为 TFT 薄膜晶体管阵列层，7 为液晶。

图 2 是检测液晶波前校正器性能的实验光路图：8 为偏振片，9 为畸变介

质, 10 为 TFT 液晶屏, 具有黑矩阵 3 的上基板 1 面向入射光, 11 为平面反射镜, 12 为计算机, 13 为 ZYGO 干涉仪。

图 3 是实验制得的液晶波前校正器的位相延迟和透过光强随灰度级变化的关系曲线: 图中的 Δ 和 \circ 是位相延迟与灰度级的依赖关系, 分别为相隔 3 天的两次测量结果, 可以看出液晶屏的电光特性很稳定, 畸变校正范围 0.717 微米, 超过 1 个波长 0.633 微米, 可控步长 0.050 微米, 各位置不重复度小于 1%; 图中 \blacksquare 是测得的透过率与灰度级的关系, 确认透过率随灰度级变化范围的波动小于 1.5%。

图 4 是在 ZYGO 干涉仪 13 上测得的液晶波前校正器对波前的校正效果, 其中 (a) 为校正前的畸变波前, 波面最大峰谷差值为 0.291 波长, 峰谷差值的方均根值为 0.059 波长; (b) 为校正后的无畸变波前, 波面峰谷差值为 0.098 波长, 即小于 1/10 波长, 峰谷差值的方均根值为 0.017 波长。可见液晶波前校正器的校正精度很高。

具体实施方式

(1) 使用平行度与平整度优于 1/5 波长、尺寸为 160 毫米 \times 210 毫米的玻璃基板作为下基板 2, 在下基板 2 上镀制 ITO 透明导电薄膜 4, 然后加工 a-Si TFT 薄膜晶体管阵列 (彩晶数码公司, 长春), 形成 TFT 薄膜晶体管阵列层 6。单元 TFT 薄膜晶体管所占面积为 25 微米 \times 55 微米, TFT 阵列对角线尺寸为 10.4 英寸, 1920 \times 480 象素, 象素单元 85 微米 \times 300 微米, 象素间距 25 微米;

(2) 使用平行度与平整度优于 1/5 波长的玻璃基板作为上基板 1, 按照彩晶数码公司显示屏工艺在上基板 1 上加工 Cr 黑矩阵 3, 并在黑矩阵 3 上镀上 ITO 透明导电薄膜 4;

(3) 分别在上基板 1 的 ITO 透明导电薄膜 4 侧和下基板 2 的 TFT 薄膜晶体管阵列层 6 侧印刷聚酰亚胺 (PI) 膜, 即取向膜 5, 按显示器工艺进行热处理后, 在取向膜 5 上作定向摩擦;

(4) 在上基板 1 喷洒上 5 微米直径的玻璃球隔垫物;

(5) 在有 TFT 薄膜晶体管阵列层 6 的下基板 2 上印刷封屏胶框, 并留有液晶注入口;

(6) 将上基板 1 的黑矩阵 3 与下基板 2 的 TFT 薄膜晶体管阵列层 6 对准对叠, 并使上基板 1 和下基板 2 上的取向膜 5 摩擦方向互为反平行, 平压上、下基板 1、2, 并使胶框固化, 形成屏;

(7) 向屏中注入由大日本油墨公司生产的折射率各向异性值为 0.198 的纯向列相液晶 RDP-92975, 封口, 完成液晶屏的制作;

(8) 选择平行度与平整度优于 1/8 波长的石英偏振片 8, 直径 40mm, 厚 5mm, 消光比为 1000:1, P 光成分大于 95%;

(9) 将石英偏振片 8 置于液晶屏的入射光一侧, 与液晶屏有黑矩阵 3 的上基板 1 紧邻, 相互平行放置, 并使偏振片 8 的透光轴与液晶屏的取向膜 5 摩擦方向平行;

(10) 采用 64 灰度级控制模块驱动液晶波前校正器;

(11) 在光谱型椭偏仪 UVISEL (法国 JOBIN YVON 公司) 上测量液晶波前校正器的位相延迟—灰度级关系: 测试光束直径为 1 毫米, 选 7 个不同位置, 每个位置分别测量 5 次取平均值, 得到的结果如图 3 所示, 图中的 Δ 和 \circ 是位相延迟与灰度级的依赖关系, 分别为相隔 3 天的两次测量结果, 可以看出液晶屏的电光特性很稳定, 畸变校正范围 0.717 微米, 超过 1 个波长 0.633 微米, 可控步长 0.050 微米, 各位置不重复度小于 1%; 图中 \blacksquare 是透过率与灰度级的关系, 确认透过率随灰度级的变化小于 1.5%;

(12) 用多项式模拟图 3 中位相延迟与灰度级的关系曲线, 如图 3 中实线:
$$Y = -0.00407 + 0.00642X - 4.92111 \times 10^{-4}X^2 + 2.99085 \times 10^{-5}X^3 - 7.12419 \times 10^{-7}X^4 + 6.06207 \times 10^{-9}X^5$$

其中, X 表示灰度级, Y 表示位相延迟。依据上述多项式编写驱动控制软件, 并根据 ZYGO 干涉仪 13 测得的波面对液晶屏进行灰度级分布的计算机控制, 使通过液晶屏的波前得到校正。

检测液晶屏的波前校正功能:

按图 2 所示的方法布置好光路; 校正器以入射光的偏振方向为轴转 2 度, 以克服上下基板表面的反射光对干涉条纹的干扰, 使干涉条纹对比度增强; 在液晶波前校正器上选择 10mm \times 10mm 的被校正面积, 用 ZYGO 干涉仪 13

进行波前探测，并使校正器上的象素与 CCD 象素位置对准；根据图 4 测得的波面进行校正，校正前的波面如图 4 (a) 所示峰谷差值为 0.291 波长，校正后的波面如图 4 (b) 所示峰谷差值减小到 0.098 波长，即小于 1/10 波长，方均根值由校正前的 0.059 波长达到校正后的 0.017 波长，可见本发明的液晶波前校正器具有很高的校正精度。

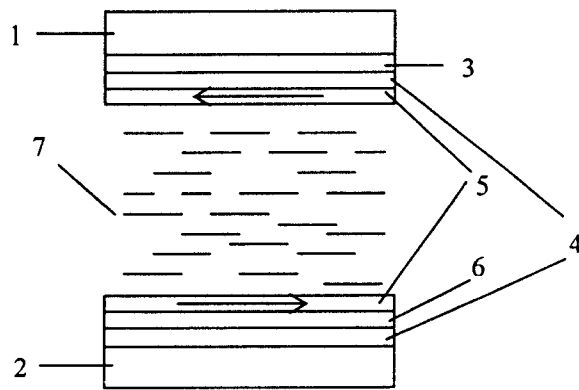


图 1

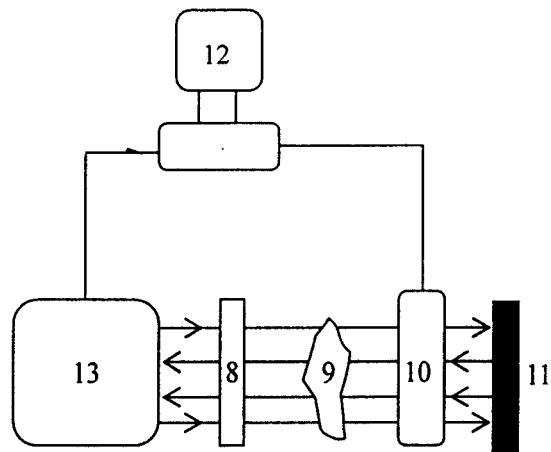


图 2

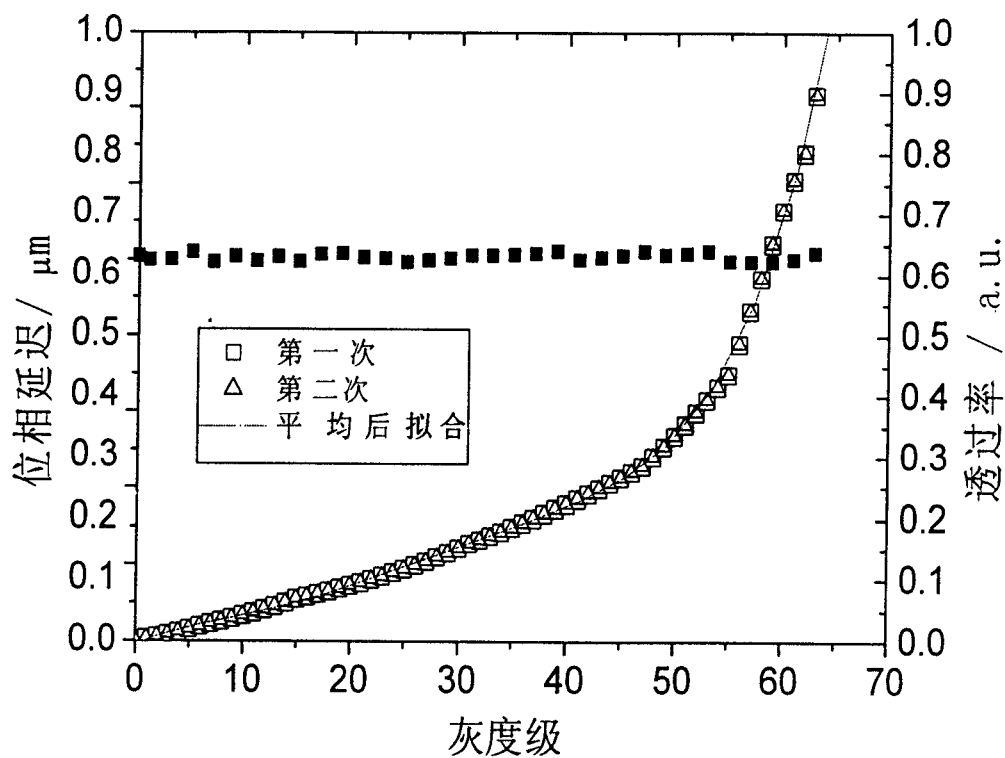


图 3

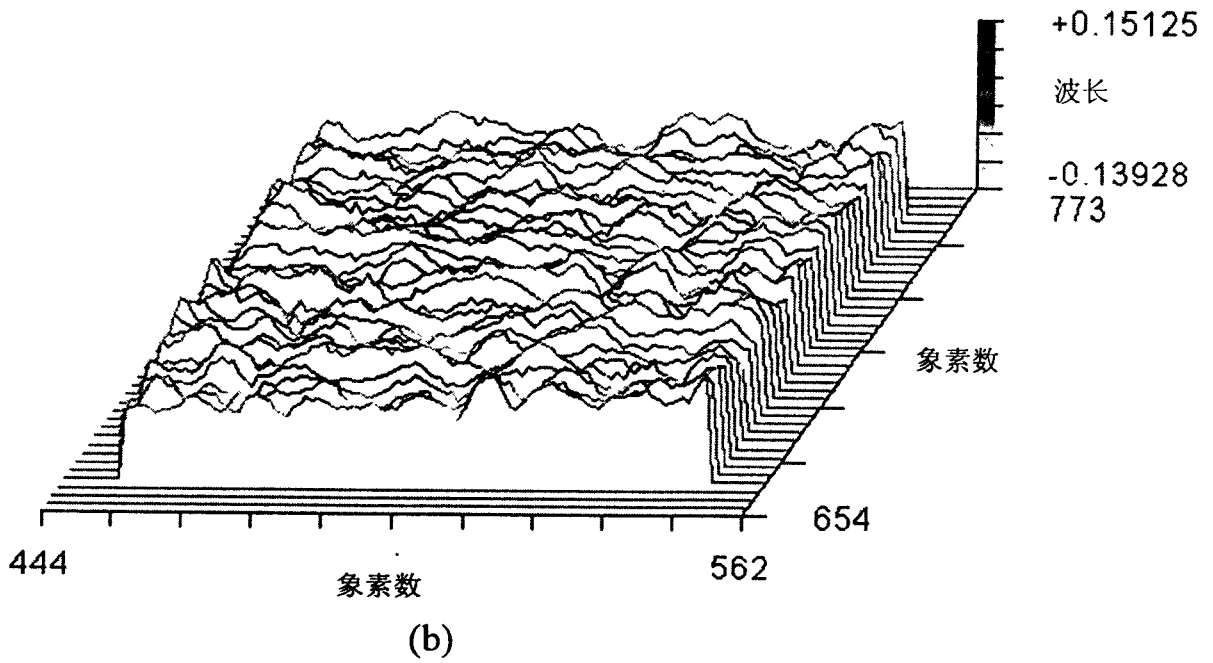
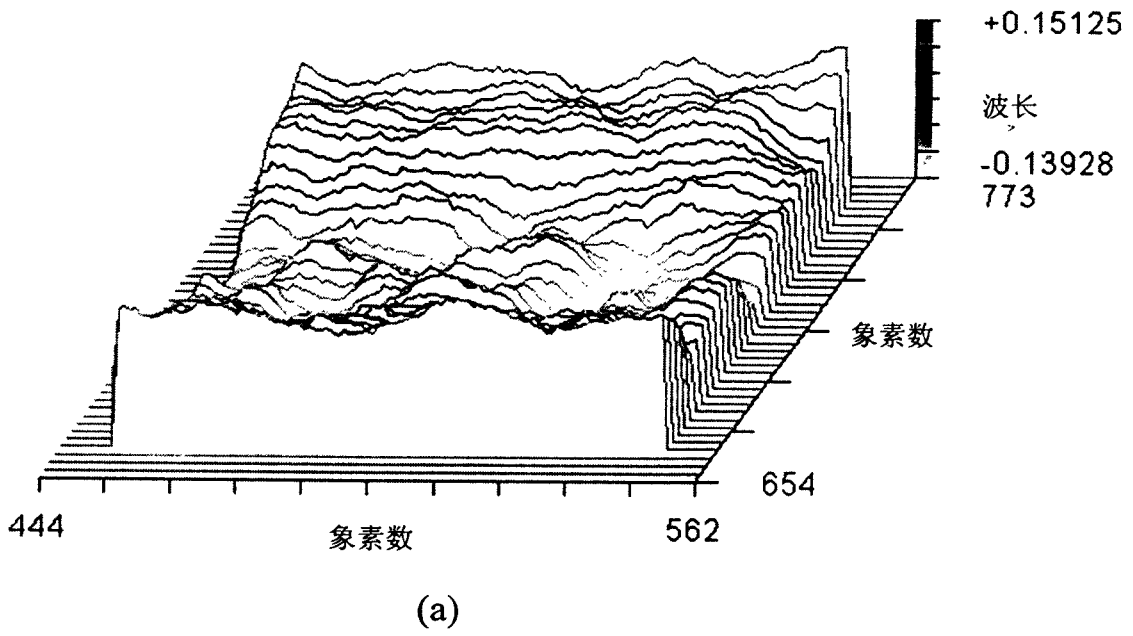


图 4