[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G02F 1/1335 (2006.01)

[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200680016855.7

[43] 公开日 2009 年 12 月 30 日

[11] 公开号 CN 101617263A

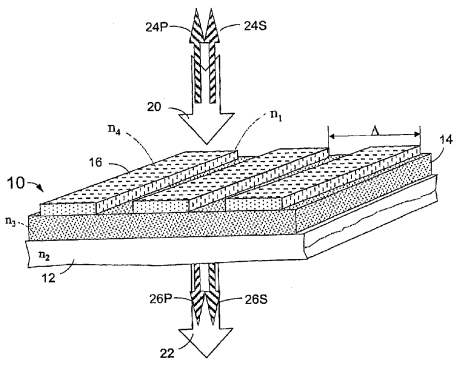
[22] 申请日 2006.5.18
[21] 申请号 200680016855.7
[30] 优先权
[32] 2005. 5.18 [33] US [31] 60/682,049
[86] 国际申请 PCT/US2006/019618 2006.5.18
[87] 国际公布 WO2006/125196 英 2006.11.23
[85] 进入国家阶段日期 2007.11.16
[71] 申请人 道格拉斯·S·霍布斯
地址 美国马萨诸塞
[72] 发明人 道格拉斯·S·霍布斯
[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所
代理人 杜 娟
权利要求书 2 页 说明书 23 页 附图 34 页

[54] 发明名称

用于偏振和波长滤波的微结构光学装置

[57] 摘要

描述了一种基于微结构的偏振器。 该装置用作光谱光学区域内的电磁波滤波器，滤波多个波长波段和偏振态。 该装置包括具有表面浮雕结构的基板，该表面浮雕结构包含物理尺寸小于经滤波的电磁波波长的介电体，所述结构以至少涂覆基板表面的一部分的阵列形式重复。 该揭示的结构作为液晶显示器中的反射型偏振器、或显示器中每个像素的偏振型滤色器元件特别有用。 通过该装置实现了其它应用，例如偏振编码的安全标记、偏振室内照明和用于电子成像系统的滤色器阵列。



1. 一种用于滤波和偏振电磁波的装置，该装置包括:

具有表面浮雕结构的第一基板，该表面浮雕结构包含至少一个物理尺寸小于经滤波的电磁波波长的介电体，该结构以至少覆盖第一基板表面的一部分的一维或二维阵列形式重复，并且

所述基板的表面浮雕结构由足以形成波导模态谐振滤波器的材料组成或浸入所述材料，并且

所述介电体被配置为在与包含基板的平面平行的平面内观察时具有并不相等的尺寸，或所述介电体在二维阵列的一个方向上的重复周期不等于在正交方向上的重复周期。

2. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于表面浮雕结构的尺寸被调整，以滤波和偏振多于一个的电磁波波长范围。

3. 如权利要求 2 所述的装置，其特征在于经滤波的电磁波的波长范围对应于冷阴极荧光灯的波长分布。

4. 如权利要求 2 所述的装置，其特征在于经滤波的电磁波的波长范围对应于 LED 光源的波长分布。

5. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于在表面纹理中的各个介电体是在基板表面上以阵列形式重复的线。

6. 如权利要求 5 所述的装置，其特征在于各个介电体具有圆锥形、椭圆形、正方形、矩形、正弦、六边形或八边形的截面轮廓。

7. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于在表面纹理中的各个介电体是在基板表面上以阵列重复的矩形或椭圆形的柱或孔。

8. 如权利要求 7 所述的装置，其特征在于各个介电体具有圆锥形、椭圆形、正方形、矩形、正弦、六边形或八边形的截面轮廓。

9. 如权利要求 1 所述的装置，还包括:

一个或多个包括如权利要求 1 中的表面浮雕结构的基板，在每个基板上的表面浮雕结构被配置为滤波和偏振来自照明电磁波的不同波长区域，并且

所述基板被叠加以使照明电磁波连续地被每个基板滤波。

10. 如权利要求 1 所述的装置，还包括:

在包含如权利要求 1 中的表面浮雕结构的每个基板上的局部化区域，在每一局部化区域内的表面浮雕结构被配置为滤波和偏振来自照明电磁波的不同波长区域，和

所述局部化区域以覆盖基板的阵列形式重复，以使照明电磁波的不同区域并行地同时被不同的局部化区域滤波。

11. 一种 LCD 显示器，包括:

光源;

反射偏振器，选择性地以一个偏振态透射来自光源的光并反射具有正交偏振态的光；和

液晶模块，接收被反射偏振器透射的光，该液晶模块包括包含权利要求 1 的装置的偏振阵列。

12. 一种包括权利要求 1 的装置的激光腔镜。

13. 一种光学编码装置，包括:

光源；和

权利要求 1 的装置，所述权利要求 1 的装置接收来自光源的光并反射至少一个波长的且具有一个偏振态的光，透射至少一个其它波长的且具有正交偏振态的光。

14. 一种偏振滤色器，包括:

分离像素的阵列，每个像素包括多个分立的滤色器窗，每个滤色窗透射可见光谱的不同窄部分，每个窗包括权利要求 1 的装置。

15. 一种包括权利要求 1 的装置的偏振滤波器，其具有由具有第一折射率的材料的均匀层定义的波导和由具有第二折射率的材料制成的表面浮雕结构，其中第一折射率大体上大于第二折射率。

用于偏振和波长滤波的微结构光学装置

技术领域

本发明涉及一种滤波光波长和滤波光偏振的光学装置。波长和偏振滤波器在显示器、室内照明、视频和静态成像照相机及安全标记和标签中是常用的光学装置。本发明特别地用作在通讯和安全系统中使用的激光和LED光源的偏振器件，最重要地，用作液晶显示背光或彩色滤色器阵列的廉价、高效率的偏振滤波器。

背景技术

基于液晶技术的薄、平的信息和视频显示器专门用于便携式计算机和诸如移动电话和个人数据助理（PDA）的手持装置。正在台式计算机和家用庭视频市场中，液晶显示器或LCDs快速替代了阴极射线管（CRT）显示器。

用于膝上型计算机或电视的典型LCD包括两个主要模块：液晶面板，以及称为背光的光源和分布系统。液晶面板被分成百万个独立图像器件或像素，其在施加电子信号时用作快门以阻断或透过来自背光的光。将吸收除了窄范围的颜色，典型的红色、绿色和蓝色之外的所有颜色的染料集成在白光光源和每个像素之间以生成全色显示器。

为了产生快门效果，将可作为有机、长链、圆柱形分子的溶剂的液晶材料夹在偏振滤波膜的片或偏振器之间。每个偏振器具有唯一的轴，其仅仅通过电场振动与该轴平行的光，吸收所有其它的光。通过对两个偏振器定向使它们的轴正交—旋转90度—没有光透射。当长链液晶分子在正交的偏振器之间配向时，经过第一偏振器的光的偏振能被旋转到配向为第二偏振器的透射轴－允许光透射。液晶分子的旋转通过在片状偏振器之间、沿液晶分子配向的方向施加电场而起作用。当施加电场时，快门关闭，光被阻断。

滤色染料和偏振片两者中的吸收限制了透射过液晶像素的光量。经过一对配向的标准偏振片膜的白光的透射率小于20％，而单个滤色器的透射率最多是70％。单个彩色像素的组合透射率小于来自背光的可用光的12％。该弱的光透

射率很多年限制了 LCD 的市场接受。

迫切需要更高透射率的偏振和滤色膜以提高 LCD 的亮度。近年来，3M 公司推出了一种具有高透射率的反射偏振膜用于替代 LCD 中的第一偏振器（见 2003 年 4 月 8 日公开的 US6,543,153）。这种与其它亮度增强膜（BEF）组合的单个 3M 膜使 LCD 透射的光加倍，其允许显示器在更广范围的环境中可见。另外，3M 膜通过将没有透过的光反射回到包括背光的光分布膜而循环该光。

由 3M 生产的反射型偏振膜高度复杂和昂贵。3M 偏振器由涂覆在塑料片上的超过 6 百层薄膜的叠层组成。一旦涂覆，薄膜叠层在一个或更多个方向上拉伸以产生对于生成偏振效果所需的各向异性。

表面浮雕微结构可被配置为产生对偏振光进行操作的相位延迟装置。已使用表面浮雕光栅说明了半波片和 1/4 波片。使用现代复制技术可大量低价地生产这样的结构。当仅在光栅线的顶部上（或在光栅线之间的凹部内）选择性地淀积薄金属层时，偏振器件能由表面浮雕光栅制成。这样的装置称为线－栅格偏振器。线－栅格偏振器普遍用于偏振红外光，但尚未被接受利用可见光来使用，这是由于金属线的吸收损耗和产生极小光栅线宽度（典型地在 60 到 75 纳米（nm）的数量级）的需求，该极小光栅线宽度被图案化在例如显示器应用中的大面积上。线－栅格偏振器可利用投影系统中使用的微显示器来使用。

现有技术中已知有两种类型表面浮雕微结构能起到光学波长滤波器作用。第一种类型在文献中被称为“Aztec”结构，由 Cowan 在美国专利 4,839,250、4874,213 和 4,888,260 中公开和完整描述。Aztec 表面结构类似于台阶状金字塔，其中每个台阶高度对应于在反射时将相干地添加的光波长的一半。Aztec 结构将从宽波长的光源中反射窄范围波长。Aztec 结构通常在光偏振时表现出很小的效果，且实际上常常被专门设计为如美国专利 6,707,518 和 6,791,757 所讨论的对偏振不敏感的。

用于从表面浮雕微结构产生光学滤波功能的第二种技术是利用表面结构波导效应。这里，Aztec 结构或诸如孔或柱的结构的简单阵列能被嵌入高折射率区域以产生波导谐振腔。这样的三维或二维结构滤波器已经在最近的光通信和光计算的文献中受到了很大关注，其中它们被称作“光子带隙”装置。使用二维和三维波导模态的波导谐振器作为滤波器在现有技术中几乎不为人所知，但已在文献中描述过。（见 Magnusson 美国专利 5,216,680、 5,598,300 和 6,154,480。

还有 S. Peng 和 G.M.Morris, "Resonant Scattering from two-dimensional gratings", J. Opt. Soc. Am. A, Vol.13, No.5, p.993, May 1996; R. Magnusson 和 S. S. Wang, "New Principle for optical filters", Appl. Phys. Lett., 61, No. 9, p. 1022, August 1992.)

为了产生谐振效应，波导模态的表面结构滤波器由具有小于在照明光中使用的光波长的尺寸（高度、宽度和间隔）的元件组成。因为该结构由具有比周围介质更高密度的材料组成，所以波导在垂直于传播方向的方向上产生。照明光中的波长范围将被限制并在结构平面内放射状地传播短距离，在该构中照明光将经受反射。在平面内向外放射状地传播的波将与从结构反射的光干涉，允许所限制的光束泄漏到平面外，在与入射方向相反的方向上传播。在阵列中该结构的大小、形状和组成决定了滤波器带宽、滤波带通分布和中心波长。

波导谐振结构易于产生在反射时操作的滤波器。为了产生透射式滤波器，将波导谐振结构置于在传统的 Fabry-Perot 谐振腔配置中的宽带高反射镜结构之间。这一概念直接类似于在激光腔内放置固体标准具以产生窄线宽，长相干长度或如现有技术中已知的"单频"操作。薄膜透射滤波器使用非吸收介电材料的叠层来生成 Fabry-Perot 腔。对于在纵向方向上传播的光得到了腔谐振。相反的，结构化的波导谐振滤波器被配置为在纵向和横向方向上都生成谐振，有效地减少了实现窄带透射所需要的层数。波导谐振透射滤波器由 Magnusson 在美国专利5,598,300 中公开，且所有的结构化的波导谐振透射滤波器设计由 Hobbs 在参考文献（Hobbs, D.S. "Laser-Line Rejection or Transmission Filters Based on Surface Structures Built on Infrared Transmitting Materials", Proceedings SPIE Vol. 5786, Window and Dome Technologies and Materials IX, March 2005）中示出

当表面结构波导滤波器中的元件被配置为高度圆形对称时，在结构化的波导中传播的光将在所有方向上遇到相同的反射，并且将使光反射出波导而与照明光的偏振态无关。这种偏振独立性是由 Hobbs 和 Cowan 在美国专利 6,707,518、6,791,757 和 6,870,624 中公开的装置的主要方面之一。

对偏振光操作的表面结构波导滤波器可由此通过使用非对称结构如一维线阵列（光栅）或矩形元件的二维阵列来构造。在美国专利 5,598,300 中，Magnusson 声称公开的波导谐振滤波器可用作偏振滤波器和非 Brewster 角偏振的激光反射

镜。Magnusson 没有教示表面结构波导滤波器如何对偏振光操作，也没有教导滤波器如何用作包括宽光谱范围的非偏振光源的偏振器。

发明内容

在以下描述中，公开了偏振表面结构波导滤波器。该滤波器用来当反射正交偏振态时透射波长给定范围的特定偏振态。该效果是通过由诸如线阵列的非对称元件组成的表面结构波导产生的。结构化波导的元件将在平行于光栅线偏振的光的一个波长上谐振，且在垂直于光栅线的方向上偏振的光的另一波长上谐振。用结构的二维阵列会产生同样的效果，其中各个元件是例如矩形的非对称的，或者其中在一个方向上的阵列的结构间隔不同于在正交方向上的结构间隔。当照明光源包括如激光或发光二极管（LED）光源的窄范围波长时，偏振表面结构波导滤波器可被配置为透射或反射与激光或 LED 波长匹配的偏振光。由随机偏振的宽带光源照明的同一滤波器将反射或透射以正交状态偏振的两个窄带光谱区域。通过设计同时对多个波长波带操作的非对称表面结构波导滤波器，能实现偏振多波带滤波器，其有能够偏振用于照明液晶显示器的典型的荧光灯和 LED 光源的分立的光谱范围。该发明装置组合了在表面浮雕微结构光学延迟器和波导谐振滤波器中可见的简单低价的制造与在拉伸的介电膜叠层中可见的低损耗大面积偏振功能的优点。

多波带匹配的滤波装置对照明光的入射角特别敏感。依赖于结构化波导配置，照明角度的范围可以象偏离设计轴几度那样小。对于需要宽角度传播或光锥形的照明的应用，透射滤波器会是更好的选择。当结构化波导层位于结构化的或均匀的高反射层之间产生 Fabry-Perot 腔时，生成了波导谐振表面结构透射滤波器。仅在由高反射结构化和/或均匀的波导层形成的腔内谐振的光将被透射。利用形成波导的非对称结构，仅在窄范围波长内的 S 偏振光将满足谐振条件并被透射。具有在腔内不谐振的波长的 S 偏振光将在与照明光方向相反的方向上被反射回去。对于 P 偏振光不生成谐振腔，且宽带 P 偏振光将被透射。对于在波长的窄范围内的 P 偏振光，生成了在表面结构波导内的谐振，且这些波长被叠加在 S 偏振反射光束上而反射回去。不通过微结构或由微结构配置设置的谐振腔谐振的照明光在波长的宽范围上偏振。因此与前述的产生具有与特定照明源的光谱范围匹配的谐振波带的偏振滤色器的偏振匹配拒波滤波器相比，透射滤波器设计要求将谐振波带定位在光源不发射的光波长上。作为产生基于微结

构的宽带反射偏振器的结果，期望使利用微结构谐振的光的带宽最小化，并且甚至引入波导缺陷，该波导缺陷有效地抑制或最小化谐振而仅留下宽带偏振功能。利用由在微结构的波导层之间的最小化的相干性，三维结构可预见为具有随所有三个轴变化的平均折射率的松散材料（bulk material）。微结构波导的特性产生了大的折射率变化，其允许很少量的层执行与具有用大量层和小折射率变化构建的装置等同的功能。

在用于照明LCD的背光中发现非吸收宽带微结构反射偏振器的大量应用。如上所述，LCD采用选择性地吸收一个偏振态的所有光的吸收偏振器。基于微结构的非吸收反射偏振器会通过将有效偏振器替代吸收偏振器来提供在LCD亮度上的大幅提高，该有效偏振器将不想要的偏振态反射回光源，在光源中偏振态会经受偏振转换并被作为透射光循环。微结构会允许低成本大容量地制造这种偏振膜，该偏振膜能在当前被3M公司用它们的DBEF产品独占地享有的十亿美元的反射偏振器市场上有效竞争。

本发明的一方面包括对包含在宽带光源中的窄范围光波长同时滤波和偏振的波导模态的谐振表面结构光学滤波器。该表面结构偏振滤波器提供对于偏振光的高效反射或透射，没有如在常规偏振装置和滤色器中发现的由于吸收所导致的损耗。还通过复制包括偏振滤波器的表面浮雕结构而获得低成本的制造。

本发明的另一方面旨在偏振光学滤波器阵列，该阵列具有多个波导模态表面结构以反射或透射在入射光的宽光谱中的一个或多个分立的光波长波带中的偏振光。表面结构滤波器被限定于预定区域，每个区域被以预定距离在空间上隔开，且在二维阵列中重复上述区域。阵列中的每个滤波区域或“窗”被配置为偏振且反射或透射不同的光波长。例如，由分别透射偏振的红光（R）、绿光(G)和蓝光(B)的三个滤波窗的重复组构成的阵列会形成RGB滤色器阵列，与在大多数液晶显示器中使用的类似。这样的偏振RGB滤色器阵列会替代在现代LCD中使用的标准吸收型染料滤色器阵列和反射式偏振膜两者。偏振透射滤波阵列的可替换实施方案会反射偏振的RGB光以产生用于大多数数字摄像机系统中的青色（C）、洋红（M）、黄色（Y）或CMY彩色图式。偏振滤波阵列的另一可替换实施方案会从红外光宽光谱中反射窄波长范围内的偏振光，以产生用于夜视应用的彩色和偏振分辨成像检测器。

本发明的另一方面旨在偏振光学滤波器，该滤波器具有一个或多个波导模

态表面结构以反射或透射在从入射光的宽光谱中的一个或多个分立的光波长的波带中的偏振光。表面结构被设置或层叠为使得照明宽带光随着其传播依次遇到每个滤波器。叠层内的每个滤波器被设计为偏振且反射或透射与照明源的光谱成分匹配的窄带波长。叠层内的每个滤波器覆盖至少与照明光源一样大的面积。例如，分别偏振和反射或透射红光（R）、绿光(G)和蓝光(B)的三个偏振表面结构滤波器能被分层，以形成RGB滤色器片，其中RGB滤波器被设置为与在大多数液晶显示器中使用的光源的光谱范围相匹配。这样的偏振滤波片层会是上述3M反射型偏振膜的低成本竞争者。

本发明的另一方面旨在偏振光学滤波器，该滤波器具有同时反射或透射在从入射光的宽光谱中的两个或多个分立的光波长的波带中的偏振光的单个波导模态表面结构。在该实施方案中，形成波导模态滤波器的结构的维度被调整，以支持多于一个谐振波长。通常，在两个和五个分立的波带之间能进行从单个表面浮雕结构的偏振和反射或透射。通过将照明光源的光谱分布与表面结构滤波器的谐振相匹配，提供了能在典型地于液晶显示器中采用的光源上操作的高效偏振片。以同样的方式，偏振表面结构滤波器能被配置为反射或透射与感兴趣的目标特征相匹配的特定光谱分布，该目标特征例如火箭喷流或喷气式飞机发动机的红外光特征、或例如用在激光通讯系统中的处于分立波长和/或分立偏振态中的携带信息的特意编码的光源的红外光特征。

这些方面通常通过提供由各种预定形状的介电体(如在基板表面上重复的、并以例如具有光栅或矩形或直角三角形阵列的预定非对称图案设置的线、或者椭圆或矩形柱或孔）形成的波导模态表面结构滤波器而获得。要注意的是在这里使用的术语“体”可包括充满空气或某些其它介电材料的“孔”。

在另一应用中，反射式偏振表面结构光学滤波器能用作激光腔镜，或者透射式滤波器能设在激光介质的表面上。两个滤波器都会提供与激光窄带反射相结合的泵浦光照明的高透射率的特定优点。另外，滤波器能由激光介质本身构造，以减少热透镜问题和在使用大功率激光器的多层薄膜滤波器上常常看到的热损伤。

在另一应用中，能提供包括偏振和非偏振两种结构的表面结构滤波器。能在透过以预定波长和偏振态编码的滤波器的宽带光束上承载信息。能利用多个预定波带。

在又一个应用中，能提供偏振表面结构滤波器来提高激光通信系统中的信号分辨。调幅信息能在激光光源的一个或多个偏振态上编码。例如，当火星相对于地球的轨道使来自太阳的背景光增强时，在地球和火星之间的自由空间激光通信系统能利用偏振光和偏振窄带滤波器，以对于扩展的时间支持通信。

本发明特征在于用于滤波和偏振电磁波的装置，该装置包括：具有表面浮雕结构的第一基板，该表面浮雕结构包含至少一个物理尺寸小于经滤波的电磁波波长的介电体，该结构以至少覆盖第一基板表面的一部分的一维或二维阵列形式重复，并且所述基板的表面浮雕结构由足以形成波导模态谐振滤波器的材料组成或浸入所述材料，并且所述介电体被配置为在与包含基板的平面平行的平面内观察时具有并不相等的尺寸，或所述介电体在二维阵列的一个方向上的重复周期不等于在正交方向上的重复周期。

表面浮雕结构的尺寸可被调整，以滤波和偏振多于一个的电磁波波长范围。经滤波的电磁波的波长范围可对应于冷阴极荧光灯的波长分布，或对应于LED光源的波长分布。在表面纹理中的各个介电体可以是在基板表面上以阵列形式重复的线。各个介电体可具有圆锥形、椭圆形、正方形、矩形、正弦、六边形或八边形的截面轮廓。在表面纹理中的各个介电体可以是在基板表面上以阵列重复的矩形或椭圆形的柱或孔。各个介电体可具有圆锥形、椭圆形、正方形、矩形、正弦、六边形或八边形的截面轮廓。

该装置可进一步包括一个或多个包括这种表面浮雕结构的基板，在每个基板上的表面浮雕结构被配置为滤波和偏振来自照明电磁波的不同波长区域，并且所述基板被叠加以使照明电磁波连续地被每个基板滤波。可替换地，该装置还可包括在包含这种表面浮雕结构的每个基板上的局部化区域，在每一局部化区域内的表面浮雕结构被配置为滤波和偏振来自照明电磁波的不同波长区域，并且所述局部化区域以覆盖基板的阵列形式重复，以使照明电磁波的不同区域并行地同时被不同的局部化区域滤波。

特征还在于LCD显示器，其包括：光源；反射偏振器，选择性地以一个偏振态透射来自光源的光并反射具有正交偏振态的光；和液晶模块，接收被反射偏振器透射的光，该液晶模块包括如上所述的偏振阵列。特征还在于包括上述装置的激光腔镜。更进一步的，本发明的特征在于光学编码装置，其包括：光源；和上述的装置，该装置接收来自光源的光并反射至少一个波长的且具有

一个偏振态的光，透射至少一个其它波长的且具有正交偏振态的光。

本发明的另一方面的特征在于偏振滤色器，包括：分离像素的阵列，每个像素包括多个分立的滤色器窗，每个滤色窗透射可见光谱的不同窄部分，每个窗包括如上所述的装置。又一方面构想了包括上述装置的偏振滤波器，其具有由具有第一折射率的材料的均匀层定义的波导和由具有第二折射率的材料制成的表面浮雕结构，其中第一折射率大体上大于第二折射率。

本发明的这些优点将由下述说明书和权利要求而变得更加清楚。

附图说明

图 1 是根据本发明特定原理的被设计为对近红外光进行操作的偏振光学滤波装置的示意图。

图 2 是图 1 所示的偏振光学滤波器模型的预测反射的图表。

图 3 示出根据图 1 所示的模型制造的原型偏振光学滤波装置的扫描电子显微镜（SEM）图像。

图 4 是图 3 所示的偏振光学滤波装置的测量反射的图表。

图 5 是被构造为与图 1 示出的设计严密匹配的改进的偏振光学滤波装置的测量反射的图表。

图 6 是根据本发明特定原理的被设计为对绿光进行操作的偏振光学滤波装置的示意图。

图 7 是图 6 所示的偏振光学滤波器模型的预测反射的图表。

图 8 是示出根据本发明特定原理的被设计为对蓝光和红光进行操作的两个偏振光学滤波装置的预测反射的合成图表。

图 9 是示出根据本领域公知原理的滤色器的重复阵列的平面视图的图。

图 10 是示出典型用于液晶显示装置中的分立滤色器的透射率的图表。

图 11 是描述背侧照射的液晶显示器的截面图的图表。

图 12 示出用来照明液晶显示器的光源的光谱分布的两个图表。

图 13a 和 13b 示出根据图 6 所示模型制造的原型偏振光学滤波装置的 SEM 图像。

图 14a 是图 13a 示出的偏振光学滤波装置的测量反射率的图表。

图 14b 是图 13b 示出的偏振光学滤波装置的测量反射率的图表。

图 15a 是说明了根据本发明特定原理的形成一个颜色的一个像素的分立偏振滤色器和偏振分辨装置的设计的图。

图 15b 是说明使用本领域公知方法连续复制图 15a 的偏振滤色器的示意图。

图 16 是根据本发明特定原理的被设计为同时对蓝光和绿光进行操作的偏振光学滤波装置的示意图。

图 17 是图 16 示出的偏振光学滤波器模型的预测的透射率的图表。

根据本发明特定原理的被设计为同时对红光、绿光和蓝光进行操作的滤波装置。

图 19 是图 18 示出的偏振光学滤波器模型的预测反射率的图表。

图 20 是说明本发明特定原理的现有技术非偏振光学滤波器的测量反射率的图表。

图 21 是根据本发明特定原理的被设计为对可见光进行操作的偏振光学滤波装置的示意图。

图 22 是图 21 示出的偏振光学滤波器模型的预测反射率的图表。

图 23 示出根据本发明特定原理的被设计为对可见光进行操作的可替换配置的偏振光学滤波装置的多个示意图。

图 24 是根据本发明特定原理的被设计为同时对蓝光和绿光的多个波带进行操作的偏振光学滤波装置的示意图。

图 25 是图 24 所示的偏振光学滤波器模型的预测的透射率的图表。

图 26 是说明持续大容量复制图 24 所示的偏振光学滤波器的方法的示意图。

图 27 是根据本发明特定原理的被设计为同时对红光和绿光的多个波带进行操作的偏振光学滤波装置的示意图。

图 28 是图 27 所示的偏振光学滤波器模型的预测的透射率的图表。

图 29 是根据本发明特定原理的被配置为对蓝光进行操作的如图 27 所示的偏振光学滤波器模型的预测的透射率的图表。

图 30a 是通过插入的截面图说明的涂覆有三个均匀材料层的塑料膜的预测的透射率的图表。

图 30b 是说明持续大容量复制图 27 所示的偏振光学滤波装置的方法的示意图。

图 31 是基于图 27 所示的模型的改进偏振光学滤波器模型的预测的透射率

的图表。

图 32 是基于图 27 所示的模型的改进偏振光学滤波器模型的预测反射率的图表。

图 33 是通过根据本发明特定原理的图 27 的设计的两个偏振光学滤波器的预测的透射率的图表。

图 34 是通过根据本发明特定原理的图 27 的设计的两个偏振光学滤波器的预测的透射率的图表。

本发明的前述及其它目的、特色和优点将通过下面的如附图所说明的本发明优选实施方案的更具体的描述而显而易见，其中，在不同视图中相同的参考字符指代同一部分。附图不必成比例，取而代之，其重点在于说明本发明的原理。

具体实施方式

图 1 示出表面结构偏振光学滤波器 10 的截面的透视图，该滤波器能反射宽光谱中的、以直角入射而撞击装置的随机偏振的光束 20 中的特定波长范围和特定电场配向 24P 和 24S 或偏振态的光。透射光束 22 包含与入射光束 20 相同的随机偏振宽光谱光，除了以正交于反射光 24P 和 24S 的电场配向传播的波长 26P 和 26S。注意，在下文中，标识符“S”和“P”的使用指代正交电场方向，S 意指平行于表面结构的长度方向振动的电场，P 表示在正交方向上或垂直于表面结构的长度方向的方向上振动的电场。

偏振表面结构光学滤波器 10 设在具有光学折射率 n2 的平台或基板 12 上。滤波器由折射率为 n3 的均匀材料层 14 和表面浮雕结构 16 组成，表面浮雕结构 16 被配置为线阵列，该线阵列由折射率为 n4 的材料制成并那具有常规矩形截面轮廓。在线 16 之间的空间填充有折射率为 n1 的材料。线 16 在基板 12 上的均匀材料层 14 的表面上以周期间隔或间距为 Λ 的阵列形式重复。线 16 的阵列在现有技术中公知为光栅。为了起到光学滤波器的作用，光栅间距必须小于要滤波的光波长。这样的光栅在现有技术中被称为“子波长“。另外，偏振滤波器 10 必须用形成波导的材料制成。这需要材料层的折射率是 $n2<n3>n1$，且 $n3\geq n4$。

使用严格矢量衍射计算来模拟偏振表面结构光学滤波器设计 10 的性能。该软件模拟通过由多个构造的均匀材料组成的由用户定义的三维表面纹理，预

测宽光谱光的光谱反射率和透射率。该计算考虑了任意偏振态和光入射角。包括材料库的光学常数的测量数据。图 2 示出图 1 所示的偏振滤波器设计的预测性能的图表。该模型采用了用作材料层 14 的 n3=2.1 的五氧化钽（Ta2O5），用作光栅线 16 的 n4=1.62 的感光聚合物，n2=1.48 的玻璃基板和 n1=1 的空气环境。光栅间距 Λ 设为 550nm，光栅线的宽度和高度分别设为 275nm 和 90nm。Ta2O5 层 14 的厚度设为 150nm。当宽带光束 20 垂直于滤波器结构的平面入射时，模型预测到 850nm 波长的 P 偏振光将作为光束 24P 被反射，925nm 波长的 S 偏振光将作为光束 24S 被反射。透射的宽带光束 22 将包含波长分别在 850nm 和 925nm 波长的 S 和 P 偏振光谱成分 26P 和 26S。装置 10 起到波长和偏振滤波器的作用。图 2 说明了偏振函数的潜在效率达到 100％，也就是说包含在光束 20 内的 850nm 波长的 P 偏振光的 100％将被反射。当光束 20 没有偏振时，装置 10 将 850nm 的光的 50％反射为 P 偏振态，将 850nm 的光的 50％透射为 S 偏振态。在 925nm 波长，光的一半将被反射成 S 偏振态，另一半将以 P 偏振态透射。

制造图 1 的偏振滤波器设计的原型以说明偏振效应。涂覆有 150nm 的 Ta2O5 层的玻璃基板被 80nm 厚的作为光刻胶所公知的感光聚合物层所涂覆。光刻胶使用干涉光刻技术用间距 530nm 的光栅图案来曝光。在标准湿式显影处理后，光刻胶包含由线阵列组成的表面结构。所制造结构的正视图和截面视图被示在图 3 的扫描电子显微镜（SEM）图像中。基板 12、均匀材料层 14 和光栅线 16 在显微图中示出。

图 4 是图 3 所示的偏振滤波器原型的测量反射率的图表。示出了两条曲线，其中虚线示出当用以直角入射的 S 偏振宽带光照明时装置的反射率，实线示出当用也以直角入射、P 偏振宽带光照明时装置的反射率。使用光纤耦合光源和称为铝反射镜的基于光栅的光谱仪来进行测量。偏振效率对于两偏振波长波带都是大约 80％，波带间隔是 75nm。偏振滤波器波带的形状、位置和间隔与由图 2 计算所预测的紧密匹配。

图 5 是紧密匹配图 1 设计的被配置为具有光栅结构的偏振滤波器原型的测量反射率的图表。如图 4 中所示，示出了两条曲线，其中虚线示出当用以直角入射的 S 偏振宽带光照明时装置的反射率，实线示出当用也以直角入射的 P 偏振宽带光照明时装置的反射率。光谱仪测量示出对于以 925nm 为中心的 S 偏振光的偏振效率为 102％，并且对于以 860nm 为中心的 P 偏振光的效率为大约 95

%。(在效率测量时的误差是由于用于偏振白光源的常规吸收型偏振器的透射率变化。)偏振滤波器波带的形状、位置和间隔与通过图 2 的计算而预测的非常匹配，偏振效率高度显示了从滤波材料散射或被滤波材料吸收而导致的最小光损耗。

对于很多应用，例如用于 LCD 的滤色器阵列和反射偏振器，期望在更宽的波长波带上产生滤波响应，以与光源的光谱范围匹配。另外，与主流反射偏振器技术需要的几百个材料层相关联的成本相比，用更少的材料层来产生偏振滤波功能将显著降低制造成本。图 6 示出被设计为对以 540nm 为中心的绿光进行操作的偏振滤波结构 30，其中 540nm 是用于 LCDs 中的冷阴极荧光灯（CCFL）和发光二极管（LED）发射的常用波长。装置 30 由单一材料层 34 组成，该单一材料层 34 由基板 12 支撑且包含表面浮雕结构 36。这样的结构能容易地通过使用常规的、大容量辊到辊的复制方法在弹性塑料基板上制成。与装置 10 同样起到偏振滤波器作用的装置 30 由符合关系 n1<n3>n2 的材料构成，表面浮雕结构 36 的间距 Λ 必须小于经滤波的光的波长，表面浮雕结构 36 必须被配置为高度非对称的以产生偏振效应。

图 7 示出来自图 6 的偏振滤波设计的预测反射率。与前面的图表和所有下面随后的图表一样，示出了两条曲线，其中虚线示出当用以直角入射的 S 偏振宽带光照明时图 6 模型的预测反射率，实线示出当用也以直角入射的 P 偏振宽带光照明时图 6 模型的预测反射率。该模型采用用于组合材料以及结构层 34 和 36 的 Ta2O5（n3=2.1），具有 n2=1.48 的玻璃基板，具有 n1=1 的空气环境。光栅间距 Λ 设为 350nm，光栅线 36 的宽度和高度分别设为 175nm（间距的一半或 50％占空比）和 75nm。Ta2O5 层 34 的厚度设为 75nm。当宽带光束 20 垂直于滤波器结构的平面入射时，该模型预测 585nm 波长的 S 偏振光将作为光束 24S 被反射，540nm 波长的 P 偏振光将作为光束 24P 被反射。透射的宽带光束 22 将包含分别在波长 585nm 和 540nm 处的 S 和 P 偏振光谱成分 26P 和 26S。

装置 30 起到用于在半高全宽（ full-width half-maximum FWHM）点测得的 15 到 20nm 宽、间隔 45nm 的两个波长波带的有效偏振器的作用。偏振波带的中心波长被光栅线的间距支配性地确定。图 8 示出改变光栅间距来使偏振滤波器波带以蓝色的 430nm 为中心和以红色的 610nm 为中心的预测效果，这两个波长都是 CCFL 发射的标准波长。示出了四条曲线，其中两条是针对光栅间

距设为 400nm 的红色滤波器模型，两条是针对光栅间距设为 250nm 的蓝色滤波器模型。所有其它的装置参数如图 6 模型所示的设定。模型结果表明由固定的材料集合组成的一种类型的结构，该结构能用于产生在大多数 LCD 和数码相机中使用的滤色器阵列的典型红、绿和蓝偏振滤波器波带。然后能产生像素化的主结构，其中像素阵列由三个子区域构成，每个子区域包含不同的光栅间距。主阵列能使用标准点阵干涉光刻工具而制成。使用标准辊到辊复制技术能一次将包含几十万像素的偏振滤色器阵列复制到弹性塑料片上。

图 9 示出了典型滤色器阵列 120 的平面视图，该阵列被配置为具有 C1 到 C1024 的 1024 列和 R1 到 R768 的 768 行的图像元件（像素）121，每个像素包含一组透射对应于红色 R、绿色 G 和蓝色 B 的可见光谱的窄部分的三个滤色器窗。阵列 120 是例如在膝上型计算机、台式计算机监视器和电视机中使用的平板 LCDs 的典型组件。

图 10 示出了可见光到近红外光（覆盖 380nm－780nm 波长范围）透过由日本 Dai Nippon 打印公司生产的吸收型染料滤色材料的公开透射率。示出了与用于大多数 LCD 滤色器阵列的红色（点化线）、绿色（实线）和蓝色（虚线）材料的透射率对应的三条曲线。三种材料中的每一种由硬化聚合物的均匀层组成，上述硬化聚合物包含以最小吸收来透射窄带波长、同时强烈吸收具有该通带以外波长的光的染料。每种染料的通带被优化为具有峰值透射率，以匹配用于 LCDs 的典型 CCFL 灯的光谱分布。本发明的目的是替代通常在阵列 120 中采用的、具有非吸收和偏振滤色器的吸收型染料滤波器，该非吸收和偏振滤色器透射或反射窄范围的波长、并且循环反射滤色带以外的所有波长。

为了进一步说明本发明装置的应用，图 11 示出了显示典型的背侧照明 LCD 截面的示意图。LCD 由液晶模块 100，光成形、分布和偏振膜 130，以及光源 140 组成。光源 140 包含 CCFL 灯 146（或可替换地，LEDs 阵列）和耦合到光反射和散射表面 144 的光波导 142。非偏振光 122 被 142 和 144 的组合展开，以覆盖显示器的区域并向液晶模块 100 传播。在到达模块 100 之前，在大角度范围发射的非偏振光 122 遇到了用于减少照明传播的角度以产生光 124 的窄光锥的光准直膜 134 和 133。膜 134 和 133 典型地形成为以截面配置设置的三角形轮廓光栅 132。可替换的设计采用微透镜阵列。这些光准直或棱镜膜通常在现有技术中被称为亮度提高膜或 BEF。

当照明光124遇到反射偏振器136时，照明光124是非偏振的，该反射偏振器136选择性地透射具有线性偏振态的光128且反射具有正交偏振态的光126。这样的反射偏振器136用于通过消除对不沿着液晶模块100的透射轴偏振的光的吸收（如上所述）并在从133、134、142和144的多次反射后被转换为偏振光128的反射光126的最终透射率(作为现有技术中光循环的公知的操作)，来提高透过模块100的光。反射型偏振器136的功能应极少依赖于照明光的色彩，应有效地对轴上和上至离轴30度入射的光进行操作。如上解释的，3M公司对LCD市场提供了占主导性的反射型偏振膜。3M的膜已知为DBEF。本发明更进一步的目的是提供基于能以低成本大量生产的微结构的可替换、非吸收型、光循环宽带偏振膜。

接下来偏振光128入射到由基板106和液晶材料114构造的液晶模块100上。偏振光128的偏振轴配向与常规吸收型偏振层103的透射轴一致。接着，光128通过包含透明导电膜116的窗阵列传播，所述窗连接到个体的晶体管以允许施加如上所述的电信号。层118用于将液晶分子配向在基态，该基态能通过电子信号改变。在通过层114和118后，光128入射到包含分立的红色108、绿色110和蓝色112滤波窗的滤色器阵列120上。具有变化的光谱范围的偏振光透过阵列120，且通过透明导电层105和上基板106传播。依靠施加的电信号，透过滤色器阵列120的光将沿着吸收型偏振器层104的透过轴或消光轴而被偏振。平行于层104的透过轴而偏振的光将透过抗反射层102，在那里可被观察到。

本发明的进一步目标是提供基于微结构的偏振阵列的改进滤色器阵列120，上述微结构能由还提供透明导电层105、外偏振器104和潜在配向层118功能的材料制成。

本发明的进一步目标是提供基于微结构的可替换的、非吸收型、光循环的宽带偏振膜136，该微结构能以低成本大容量制造并且还能提供足以允许去除吸收型偏振器103的偏振效率。

本发明的特别目标是提供能运作对利用LCD使用的照明光源进行操作的偏振滤波器。图12a和12b示出通常被采用来照明LCD的两个光源的光谱分布。图12a是示出在610nm、540nm和430nm处的三条窄带发射线的CCFL背光的输出的图表。荧光发射线的光谱宽度对于蓝线和红线小于3nm FWHM，对于绿线大约10nm FWHM。图12b是使用中心在630nm、535nm和465nm处

的三个 LED 光源构造的背光的光谱分布的组合图。每个 LED 的光谱宽度在 25nm 到 40nm FWHM 之间。

用于使滤色器偏振的图 6 设计被简化，以在被设计为从白光源中提取偏振的红光的几个原型的制造中实践。涂覆有 150nm 的 Ta2O5 层的玻璃基板被 385nm 厚的光刻胶层所涂覆。使用干涉光刻技术以具有 405nm 间距的光栅图样对光刻胶曝光。在标准湿式显影工艺后，光刻胶层包含了由线阵列组成的表面结构。然后光刻胶层被用作牺牲掩模，通过该牺牲掩模，使用已知为活性离子蚀刻（active ion etching）或 RIE 的干式蚀刻技术，蚀刻下面的 Ta2O5 层。在图 13a 的 SEM 图像中示出在 RIE 后但在去除剩余的光刻胶掩模层之前的所制造结构的正视图和截面图。以显微图示出基板 12、均匀材料层 34 和光栅线 36。图 13b 示出以与图 13a 原型相似的方式制造的偏振滤色器原型，除了剩余的光刻胶掩模材料被去除。

图 14a 是图 13a 示出的偏振滤色器原型的测量反射率的图表。示出了两条曲线，其中虚线示出当用以直角入射的 S 偏振宽带光照明时装置的反射率，实线示出当用也以直角入射的 P 偏振宽带光照明时装置的反射率。使用光纤耦合的光源和以铝反射镜为参考的基于光栅的光谱仪来进行测量。偏振效率对于中心在 633nm 的 P 偏振光是 90％以上，633nm 波长是对应于普通氦氖气体激光器的发射的波长。观测到对于中心在 675nm 的 S 偏振光，偏振效率为 100％。在两波带上，偏振消光比或对比度充分超出 200：1，记录的实际值被测量系统所限制。图 14a 原型可产生有效的激光腔反射镜，提供能用于稳定激光频率和减少对典型 Brewster 窗的需要的偏振反馈。

图 14b 示出图 13b 原型的偏振效率。在该原型中，带宽被明显地增加，波带以 610nm 为中心以匹配来自 CCFL 光源的红色发射光。注意，波带以外的反射率是极小的——意味着蓝光和绿光的高透射率。这样的滤波器将对应于 CMY 色彩方案中的青色。

图 15 说明可采用来产生基于微结构的偏振滤色器阵列 120 的简单制造方法。该阵列的一个像素 121 被示出为由包括对应于红色、绿色和蓝色反射（或青色、洋红、黄色透射）的三个子像素窗组成。该结构的截面 150 被示出，其中被折射率 n1 的环境所包围的、具有折射率 n3 的材料层由具有折射率 n2 的基板支撑，使得 n1<n3>n2。滤波器的设计遵循图 6 模型，其中结构化层以均匀材

料层制成，以使得结构的深度小于材料层厚度的一半。n3 折射率材料层可由具有在 1.7 到 1.9 范围内的折射率 n3 的高温聚合物树脂组成。基板可是具有在 1.4 到 1.65 范围内的折射率的玻璃或塑料，聚乙烯或 PET 片塑料膜是显示膜的常规选择（n3=1.6）。系统 160 可用于在采用包含突出部 162 的滚筒辊 164 的一次通过（single pass）复制工艺中实现对滤色器阵列的连续构图，突出部 162 用于将 120 和 150 中示出的图案压印到高折射率材料中。可替换地，高折射率材料可包含使得暴露于光源 146 的材料硬化（固化）的光引发剂，该光源 146 典型地发射在紫外到蓝色光谱范围的光。

在许多 LCD 应用中，偏振滤波器必须在由照明光源发射的多至五个的分立波带上操作。通过改进本发明装置的结构，偏振滤波器可被制作为同时在多个波带上工作。图 16 示出被设计为同时反射和偏振蓝光和绿光的偏振光学滤波装置 40。由正弦轮廓线组成的表面浮雕光栅结构 46 被构建在由基板 12 支撑的材料层 44 的表面内。材料的折射率又被设置为 n1<n3>n2，其是产生波导谐振效果必需的条件。光栅结构 46 的深度和间距及均匀层 44 的厚度被调整为容纳多个谐振波带。通过将层 44 和光栅 46 的厚度从如图 6 设计中的大约四分之一谐振波长增加到大约四分之三谐振波长，可产生了两个偏振滤波器波带。

图 17 示出透过装置 40 的透射率的计算结果，该装置 40 是利用玻璃基板 12（n2=1.48）和被空气 n1=1 包围的硫化锌 44，46（n3=2.4）结构层而构成的。均匀 ZnS 层 44 的厚度被设为 180nm，光栅深度被设为 195nm，光栅间距被设为 253nm。图 9 中的实线示出 P 偏振光将被以 540nm 和 440nm 为中心的两波长从宽光谱光束 20 反射，分别如图 16 的 24P 和 25P 所示。仅仅如图 8 的 26S 和 27S 所示的 S 偏振光在波长 540nm 和 440nm 处被透射。图 17 中的虚线示出 S 偏振光将以 550nm 和 450nm 为中心的两波长从宽光谱光束 20 发射，分别如图 16 中的 24S 和 25S 所示。仅仅如图 16 的 26P 和 27P 所示的 P 偏振光在波长 550nm 和 450nm 处被透射。以波长 550nm、540nm、450nm 和 440nm 为中心的偏振滤波器波带被图 17 中的阴影区域高亮显示，并且在该图中表示为 G2、G1、B2 和 B1。

通过将均匀材料层厚度增加谐振波长的另外四分之一，可产生第三偏振的滤波器波带。图 18 示出用与装置 40 相同材料设计的、但包含具有矩形轮廓线的表面浮雕结构 56、并且层 54 的厚度增加到 240nm 的偏振滤波装置 50。光栅

线的宽度被减少到仅为本示例中的被设为 280nm 的光栅间距的 40％。

图 19 示出透过装置 50 的透射率的计算结果。图 19 中的实线示出 P 偏振光将被以 595nm、490nm 和 425nm 为中心的三个波长从宽光谱光束 20 反射出，分别如图 10 的 23P、24P 和 25P 所示。仅仅如图 18 的 28S、26S 和 27S 所示的 S 偏振光在波长 595nm、490nm 和 425nm 处被透射。图 19 中的虚线示出 S 偏振光将被以 610nm、520nm 和 430nm 为中心的三个波长从宽光谱光束 20 反射出，分别如图 18 中的 23S、24S 和 25S 所示。仅仅如图 18 的 26P 和 27P 所示的 P 偏振光在波长 610nm、520nm 和 430nm 处被透射。以波长 610nm、595nm、520nm、495nm、440nm 和 430nm 为中心的偏振滤波器波带被图 19 中的阴影区域高亮显示，并且在图中表示为 R2、R1、G2、G1、B2 和 B1。

在图 20 中示出来自被设计为对近红外光进行操作的三槽口、非偏振波导谐振滤波器的测得的反射率数据。滤波器是使用淀积在玻璃基板上的 ZnS 层制造的。在 ZnS 层内以大约二分之一谐振波长的厚度制造台面结构（蜂窝图案）的圆形对称阵列。该数据表明波导谐振滤波器能被设计和制造为使大多数光源的发射光谱与比同样性能的多层薄膜滤波器薄的简单结构相匹配。

图 21 示出被设计为偏振来自 CCFL 背光的分立发射波带的偏振光学滤波装置 60。三个未偏振波长波带 72、74、76 以正交入射照明装置 60。在本实施方案中，由光栅线组成的具有正弦轮廓和线间距 Λ 的表面浮雕结构 68 被制造成基板 12 的表面。这能通过将该结构凹凸印刷到塑料基板中，或通过在涂覆到基板上的聚合物层中复制所述结构来实现，这两个技术均使用与图 15 中所示相似的低成本、大容量、辊到辊复制工艺来进行。然后，基板 12 中的表面结构 68 被材料层 64 所涂覆，材料层 64 复制如同在层 64 顶表面的表面结构 66 一样的表面结构 68。材料的折射率又被设置为使得 n1<n3>n2，其中对于空气 n1=1，对于 ZnS n3=2.4，对于玻璃 n2=1.48。光栅结构 66、68 的深度和间距及均匀层 64 的厚度被调整为产生匹配 CCFL 发射线的三个谐振波带。所建模的图案间距是 230nm，光栅深度是 80nm，层 64 的厚度是 335nm。

图 22 示出当用可见光谱内的 S（虚线）和 P（实线）偏振光两者照明时偏振滤波器 60 的预测的透射率。四个偏振波带被以波长 615nm、545nnm、480nm 和 430nm 为中心而预测，并被通过标注为 R、G、B2 和 B 的叠加灰色波带所高亮显示。在这些波带中，S 偏振光被反射回光源，如图 21 中的 72S、74S 和

76S 所示。仅仅 P 偏振光在这些波长处被透射，如图 21 中的 72P、74P 和 76P 所示。来自 CCFL 光源的发射光谱也叠加在该图中。注意仅仅在 540nm 的光谱线被装置 60 适当地偏振。通过与层 64 的厚度一起调整光栅 66、68 的间距、线宽和深度，在 435nm 和 610nm 的 CCFL 光谱线能被有效地偏振。

图 23 示出可替代实施方案的偏振滤波结构的俯视、正视和截面图。示出了两种类型的结构，其中在前述实施方案中可见的线结构阵列被矩形或正方形结构的二维阵列所取代。在图的左半部分，示出了矩形阵列，其中阵列中矩形的间隔在两个方向上是相等的。用来获得偏振效应所需要的矩形结构的非对称性能被视为如截面视图中所示的线与间隔的比例或占空比的显著差异。在方向 1 上偏振的光遇到不同的谐振条件，将以与正交方向上偏振的光不同的波长反射。这样的矩形阵列能使用常规的双光束干涉光刻技术制造，在该技术中通过使光刻胶层在曝光之间旋转 90 度并在一次曝光内改变曝光能量以产生更宽特征，从而进行两光栅图案曝光。

图 23 的右半部分示出二维偏振滤波阵列的又一实施方案。在本例中，均匀和结构化层被组合在单个波导结构中。使用通过改变正交方向上结构的间距而产生的对称特征，来产生需要的非对称性。这还呈现出对于在一个方向上偏振的光与对于在正交方向上偏振的光所不同的谐振条件。二维阵列提供额外参数的优势以改变能允许对于滤波带位置的增加的控制的图案对称性。

很多其它类型的非对称结构适合于生产偏振滤波器。可使用诸如具有垂直或锥形侧壁和椭圆基底的锥或孔的结构。使用直角三角形排列形式的三光束干涉光刻，易于产生在正方形栅格上的椭圆孔阵列。

前述实施方案的一个方面是当用宽光谱范围的光照明时，在反射光束中隔离出偏振波带。在透射中，偏振波带叠加在非偏振宽带光束上。这样的装置在现有技术中公知为拒波滤波器。在某些滤色器阵列应用中，期望偏振和隔离透射光束中的波带以及反射所有其它波长。这些装置在现有技术中公知为透射滤波器。通常，透射滤波器对于以大角度入射的光具有更大的容许限度，在 LCD 例子中，当被偏振滤波器反射时，未滤波和未偏振的光能在背光准直（图 11 中的 130、140）和分布膜中循环。这种循环允许更多的光透过 LCD，产生更明亮的显示。

偏振表面结构透射滤波器能被设计为循环非偏振光。图 24 示出被设计为

同时偏振从CCFL背光发射的蓝光和绿光的偏振光学透射滤波器90。对于前述实施方案，该装置由建在基板12上的材料层中的表面结构组成，其中材料遵循关系 n1<n3>n2。在装置90中，均匀层94被淀积在基板12上，由矩形轮廓线的阵列组成的结构层95建在以折射率近似n2的材料制成的材料层94的顶部。然后结构层95被折射率为n3的另一材料层涂覆，以使表面结构95被如同表面结构96那样复制。在本配置中，结构化波导层位于高反射层之间，即一个结构化层96和一个均匀层94之间，以产生Fabry-Perot腔。仅仅在由结构化波导层和均匀波导层94、95形成的腔内谐振的光将被透射。对于形成波导的非对称结构，仅仅在波长的窄范围内的S偏振光将满足谐振条件并被透射。具有波长不在腔内谐振的S偏振光将被反射到图中所示的束92S。对于P偏振光，不能产生谐振腔，宽带P偏振光作为束92P被透射。对于在波长窄范围内的P偏振光，产生在均匀波导94内的谐振，这些波长与S偏振反射光束92S相叠加地被反射回来。

对于图24的设计，利用微结构或由微结构配置设置的谐振腔没有谐振的光在波长的宽范围上偏振。因此与所有前面的产生具有与特定照明源的光谱范围匹配的谐振带的偏振滤色器的实施方案相比，图24设计要求将谐振带安置在光源不发射的光波长处。因此为了产生基于微结构的宽带反射偏振器，期望最小化与微结构谐振的光的带宽，甚至引入波导缺陷，所述波导缺陷有效地抑制或最小化仅留下宽带偏振功能的谐振。利用微结构波导层之间的最小化的相干性，可预见三维结构为具有随所有三个轴变化的平均折射率的松散材料。微结构波导的特性产生大的折射率变化，这允许很小数量的层来执行与以大量层和小折射率变化构建的装置同等的功能。

图25示出对于以正交撞击到装置的S（虚线）和P（实线）偏振光的通过装置90的预测的透射率。模拟设置基板12的折射率n2对于玻璃来说等于1.5，均匀波导层94的折射率对于ZnS为2.4、厚度为280nm。结构层95的折射率n3也被设为1.5、总厚度为110nm，其中的80nm被矩形截面的光栅所调制。ZnS还被设为涂覆材料96的折射率，厚度为80nm，空气被设为光在撞击装置之前在其中传播的介质。光栅间距Λ被设为275nm，光栅占空比被设为50％。包含从400nm到800nm的波长范围的宽带白光92以正交入射撞击装置。

如上所述，由模型预测的透射光的特性对于S和P偏振光是明显不同的。

对于S偏振光，两个窄带被透射，但对于P偏振光，预测的透射率在宽带上较高，仅仅几个窄波长波带被反射。该实施方案示出位于比前述实施方案覆盖得宽得多的波长范围的谐振波带之外的有效偏振波带。对于前述图，偏振波带被标注未G、B2、B和B3的灰色条所高亮显示。CCFL光谱在图25中再次被叠加。注意，六个CCFL发射线中的四个被装置90有效地偏振。

图26示出说明普通大容量制造方法的示意图180，采用该方法在柔性塑料片膜12的辊上产生图24的发明性装置。塑料片膜12是PET、聚碳酸酯或其它满足图24设计规范的材料，其被涂覆有诸如ZnS的更高折射率材料的均匀层。涂覆有ZnS的塑料片膜由于其用于安全全息图和身份证而能从多种来源购买。经涂覆的塑料片膜通过一系列的圆柱形辊186、188和184被馈送经过系统180。辊184包含围绕其圆周的一系列突出线182，该突出线被成形和定位为使得当辊转动时，浮雕结构的重复阵列能在塑料层的表面内产生。塑料层最初作为液体194从漏斗192分布在辊184和塑料片之间，然后通过暴露于紫外光185（或可替换地通过暴露于热或电子束）而转化成固体。剥离辊186用于从滚筒辊184释放硬化塑料。然后微结构片膜被引入涂覆室198，在涂覆室198中另一层诸如ZnS的高折射率材料196以共形的方式淀积在峰部并填充表面浮雕光栅线之间的谷部。

图27表示被设计用于宽带操作和减小的谐振波带数量的偏振微结构滤波器170。模型包括：具有折射率n2=1.62以模拟PET膜的基板12、以高折射率材料（n3=2.4以模拟ZnS）构成并且嵌入PET膜基板表面中的微结构光栅，该微结构具有320nm的光栅周期Λ，60％的光栅占空比和85nm的调制深度。被设置为n4=1.5以模拟硬化聚合物或环氧树脂的低折射率材料175层以共形的方式被涂覆在结构174的顶部，使总厚度达到170nm以使光栅结构174在层175表面内被复制。第二高折射率材料（再次n3=2.4以模拟ZnS）以共形的方式被淀积85nm厚度，以产生被对于空气为n1=1的外部介质包围的光栅结构176。包含从400nm到800nm范围波长的宽带白光172以正交入射撞击装置。

图28示出对于S（虚线）和P（实线）偏振光的通过装置170的预测的透射率。在可见光谱的绿光和红光区域中预测两个宽偏振波带，并且该两个宽偏振波带被标注为R和G的叠加灰色波带所高亮显示。在这些波带中，S偏振光被反射回光源，如图27中的172S所示。仅仅P偏振光在这些波长被透射，如

图 27 中的 172P 所示。来自 CCFL 光源的光谱发射也在图中被叠加。该模型显示了装置 170 将以绿色中的超过 90: 1 和对于红色发射线的超过 100: 1 的偏振对比度，有效地偏振由 CCFL 源发射的绿光和红光。偏振带以外的蓝光将以平均大约 70％被透射，剩余的 30％反射回光源。注意由于结构波导层的减小的厚度，消除了对于 S 偏振光的谐振带，对于 P 偏振光的谐振带被有效地窄化和压缩。

仅利用从 320nm 到 260nm 周期的光栅间隔的简单改变，图 28 中所示的偏振波带被预测为转换到如图 29 中所示的蓝绿光谱范围，图 29 与在前的图表一样，对于 S 和 P 偏振光的通过装置 170 的预测的透射率分别由虚线和实线所显示。两个宽偏振波带和一个更不有效的偏振波带被在可见光谱的绿色和蓝色区域中预测，且被标注为 B1、B2 和 G 的叠加灰色波带所高亮显示。在这些波带中，S 偏振光被反射回光源，如图 27 中的 172S 所示。仅仅 P 偏振光在这些波长处被透射，如图 27 中的 172P 所示。来自 CCFL 光源的光谱发射也叠加在图中。模型显示了装置 170 将以超过 90: 1 的偏振对比度有效地偏振大多数由 CCFL 光源发射的蓝光。

图 30a 和 30b 表示一种制造图 27 的反射型偏振滤波器设计的手段。该工艺开始于涂覆有由 ZnS（n3=2.4）和 SiO2（n4=1.5）或丙烯酸（n4=1.48）组成的三层薄膜叠层的柔性塑料片膜（PET，n2=1.62）的辊。ZnS 层的厚度 d1 被设为 85nm，丙烯酸层的厚度 d2 为 170nm。将膜叠层和基板的截面图示出为插入到通过经涂覆的膜片的可见波带光的正交入射透射率的图。注意，对于 S 和 P 偏振光的透射率是相等的——意味着没有偏振效应。

图 30b 表示用于直接将图 27 光栅结构压印到经涂覆的 PET 膜中的辊到辊制造系统 200。经涂覆的 PET 膜通过圆柱状辊 188、186 和 204 被馈送经过系统。辊 188 以足够使表面突出部 202 被压进三薄膜层的力向着辊 204 按压经 PET 涂覆的膜，以使正方形截面凹槽的重复序列被复制在每个薄膜层内和在 PET 膜的表面内。剥离辊 186 用于从主辊 202 释放压印膜。

通过图 30b 的制造工艺，期望与图 27 设计的较小改动，例如对于临近 PET 膜的材料层的倾斜的凹槽侧壁和降低的结构深度。这些结构缺陷中的每个将用于抑制产生的窄带谐振，而不减少偏振对比度。图 31 示出通过被改进以包括倾斜侧壁凹槽和不等的层厚度的图 27 结构的可见波带光的预测的透射率。所有其

它参数与图 29 模型保持相同。在蓝色光谱区域内的有效偏振带宽被增加到接近 100nm 以强烈抑制 P 偏振光的谐振之一。偏振波带以阴影灰色区域显示，并被标注为 BB。叠加的 CCFL 光谱发射还示出能获得所有发射的蓝－紫色光的有效偏振。为了阐明通过图 31 模型预测的性能，图 32 示出根据本发明结构的可见光的预测的反射的图表。在该图表中，用虚线表示的 S 偏振光将对于蓝－紫色波长被强烈地反射，而 P 偏振蓝－紫色光（实线）将经历很小的反射。在该图表中普通蓝色 LED 的发射光谱也被叠加，以说明能获得的用于 LCD 的典型光源的有效偏振。图 32 示出与图 31 中所示曲线颠倒的曲线，证实了当用于背光 LCD 应用时本发明装置的无损特性和循环光的潜能。

作为来自反射型偏振器 136 的反射结果，在 LCD 背光中循环的光的概念依赖反射的偏振态从 S 到 P 态或从 P 到 S 态的旋转。期望在来自 BEF 133、134 和散射膜 144 的多次反射后，偏振态将从被反射型偏振器 136 反射的状态转化为被透射的状态。某些反射光可能仅仅需要几次反射来将偏振态从被阻挡态转化到通过态，而其它的光可能进行了几百次反射，增加了系统孔和壳体使光损耗的可能性。为了促进来自反射型偏振器装置的反射光的偏振态的更快转化，可采用相位延迟器件。在仅仅两次通过其非常光折射率晶轴相对于本发明装置的光栅方向转动 45 度配向的单轴晶体四分之一波长相位延迟器件，将产生光偏振态 90 度的转动，将 S 偏振光转化到 P 偏振光或从 P 到 S。本发明的另一个目的是提供通过并入位于反射型偏振器和背光 LCD 的照明源之间的四分之一波长相位延迟器件而透过该公开的反射型偏振器装置的偏振光的增强透射率。该目的能通过使用标准拉伸的薄膜四分之一波长塑料片或将子波长周期、高纵横比光栅压印到诸如 PET 的合适塑料膜的表面中来完成。所发明的装置 170 能在于优选实施方案中使用的 PET 基板背侧上并入这种经压印的四分之一波长延迟结构。

再一次参考图 28、图 29 和图 31，注意到偏振波带外的透射率很高，这暗示着图 28 装置的功能能依序地与图 29 或图 30 装置组合，以产生有效偏振整个可见光谱的宽带反射型偏振器装置。图 28 装置能与图 29 或图 30 装置组合的一种方式是将两侧上涂覆的 PET 膜与图 30a 膜叠层压印，然后分离地或同时地在膜的一侧上压印图 28 装置和在膜的相对侧上压印图 29 或 30 装置。

图 33 示出了透过在膜两侧上的如图 27 中示出的 PET 膜支撑结构的可见

光的预测的透射率。图 28 和图 29 模型被模拟以产生图 33 的结果。P 偏振光的透射率用实线表示，S 偏振光的透射率用虚线表示。CCFL 光源的光谱再一次包括在图中。该图示出由 CCFL 光源发射的光的整个光谱将被本发明的装置偏振，对于强的红色、绿色和蓝色发射线将产生高度有效的偏振。这些有效的偏振带由图中的灰色区域表示，并标注为 B1、B2、G 和 R。注意在光谱的蓝色区域中的减小透射率不表示光损耗。在该区域中没有透射的光将被反射回 LCD 光源，在那里它将如上所述地被循环。

图 34 也示出了透过在膜两侧上的如图 27 中示出的 PET 膜支撑结构的可见光的预测的透射率。为了示出对组合结构的谐振的抑制效应，图 30 的模型与图 28 的模型组合，以产生图 34 的结果。P 偏振光的透射率用实线表示，S 偏振光的透射率用虚线表示。CCFL 光源的光谱再次包括在图中。该图示出由 CCFL 源发射的光的整个光谱将被本发明的装置偏振，对于强的红色、绿色和蓝色发射线将产生高度有效的偏振。这些有效的偏振带由图中灰色区域表示，并被标注为 B1、B2、G 和 R。利用该设计，P 偏振光透射率中的谐振槽口宽度在蓝色区域中被减小和抑制。S 偏振光的透射率也在 200nm 带宽上大大地减少，仅有由于谐振光导致的较小峰值。特别地，可见光的平均偏振对比度超过 80: 1。

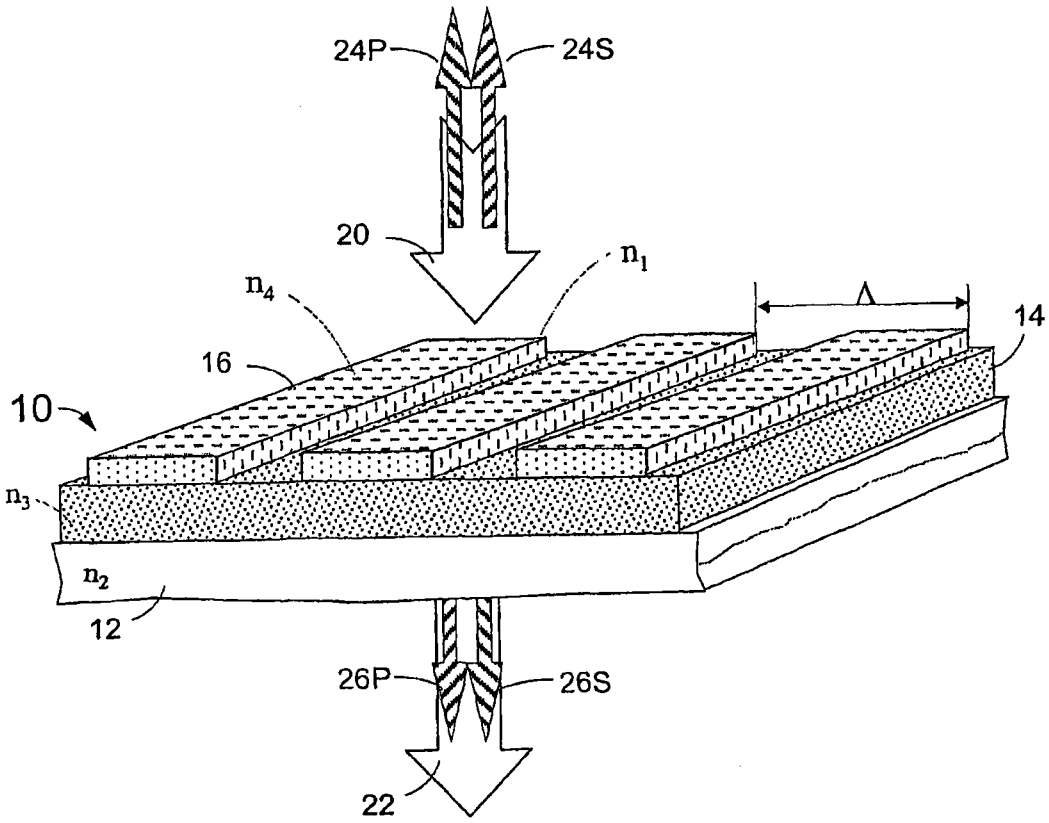


图1

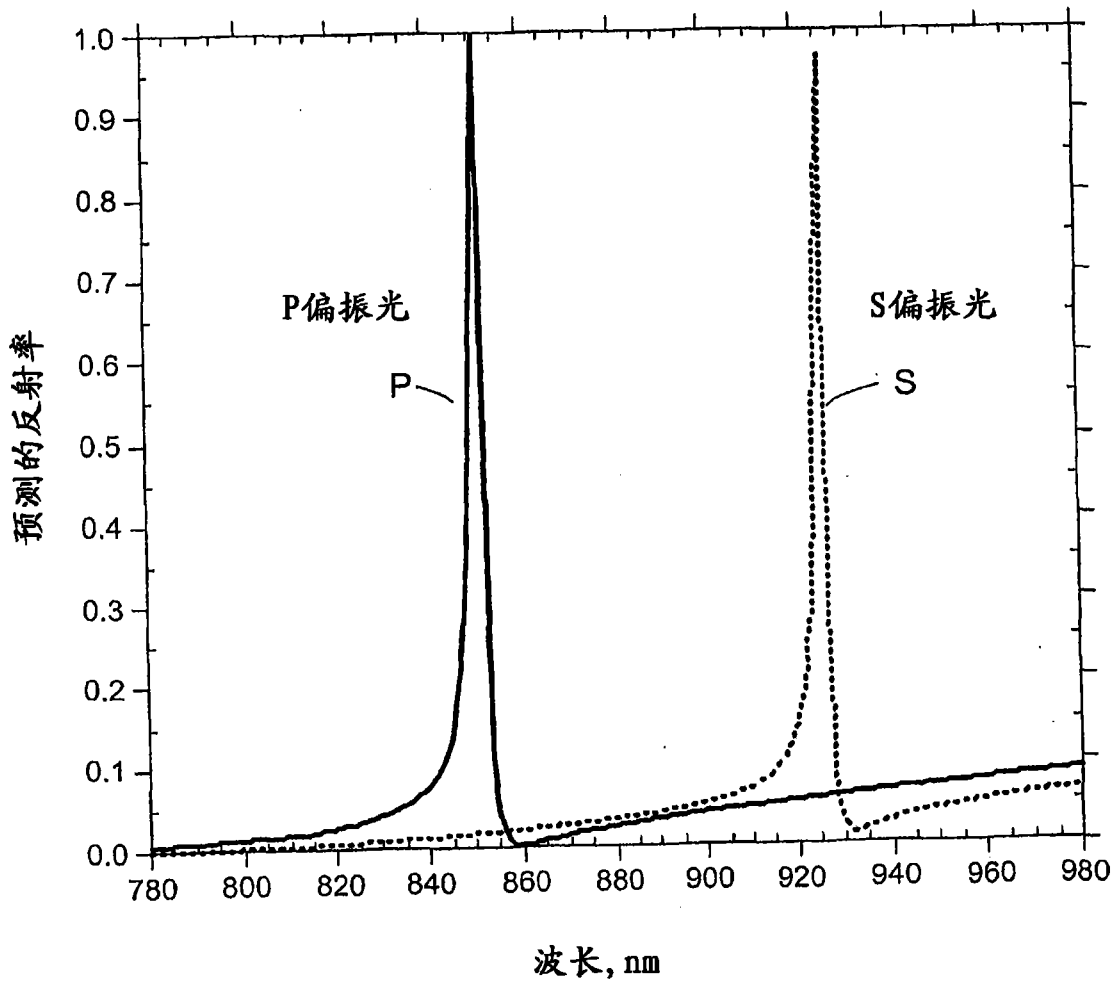

1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
预测的反射率
P偏振光
P
S偏振光
S
780
800
820
840
860
880
900
920
940
960
980
波长, nm

图2

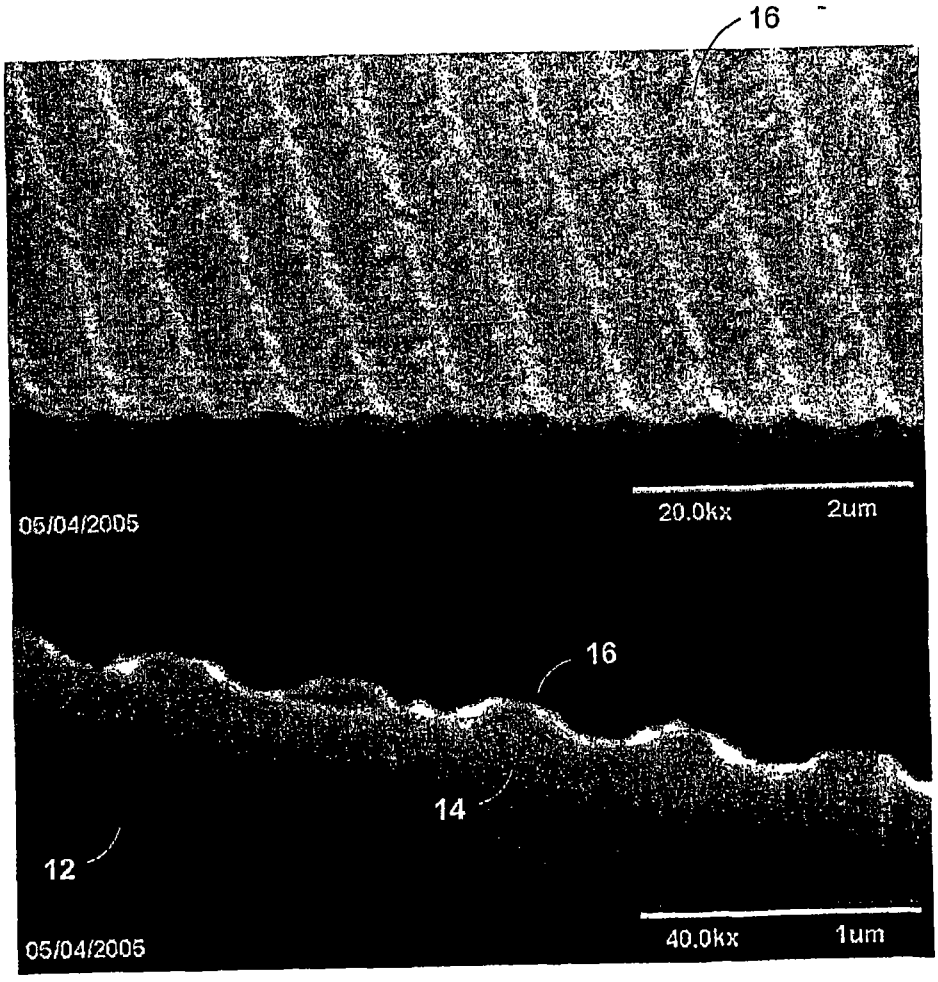


图3

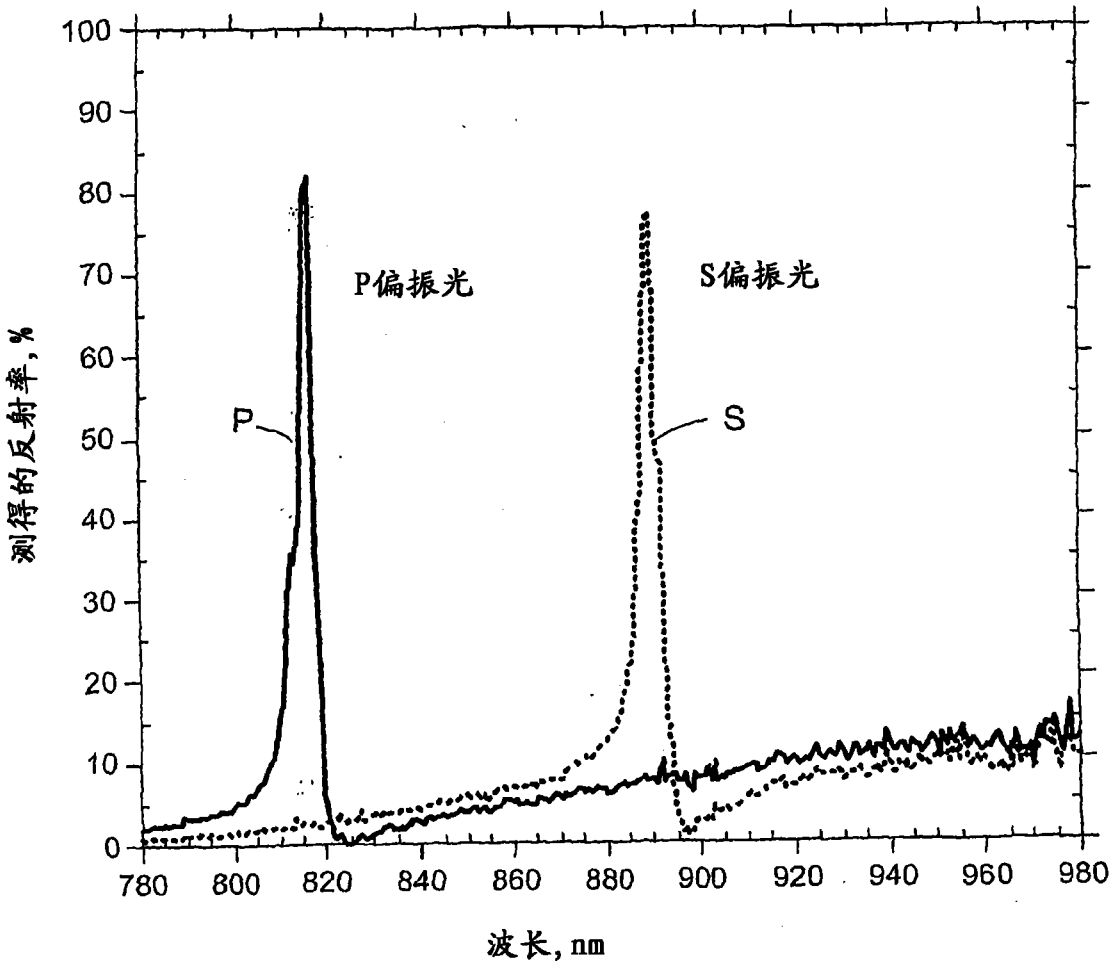

100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
测得的反射率,%
P偏振光
S偏振光
P
S
780
800
820
840
860
880
900
920
940
960
980
波长,nm

图4

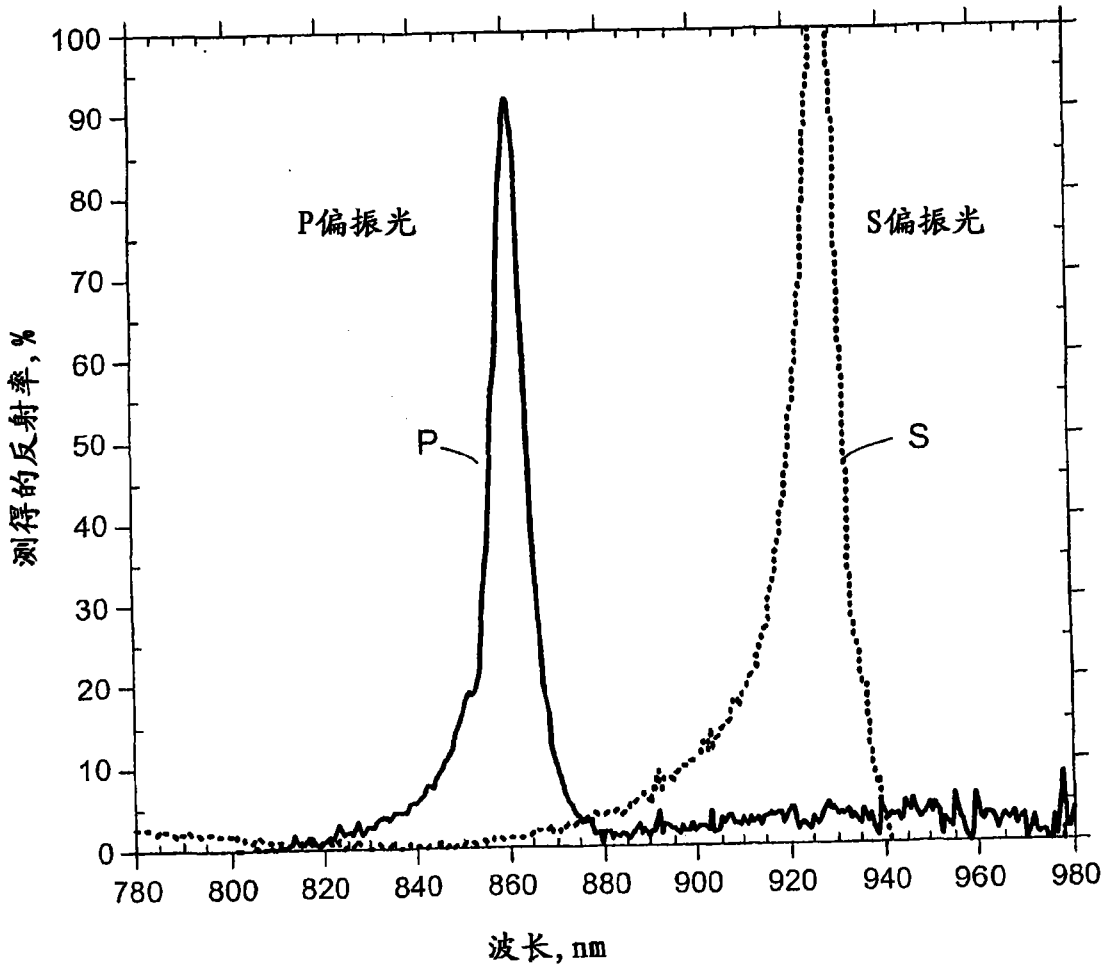

100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
测得的反射率,%
P偏振光
S偏振光
P
S
780
800
820
840
860
880
900
920
940
960
980
波长,nm

图5

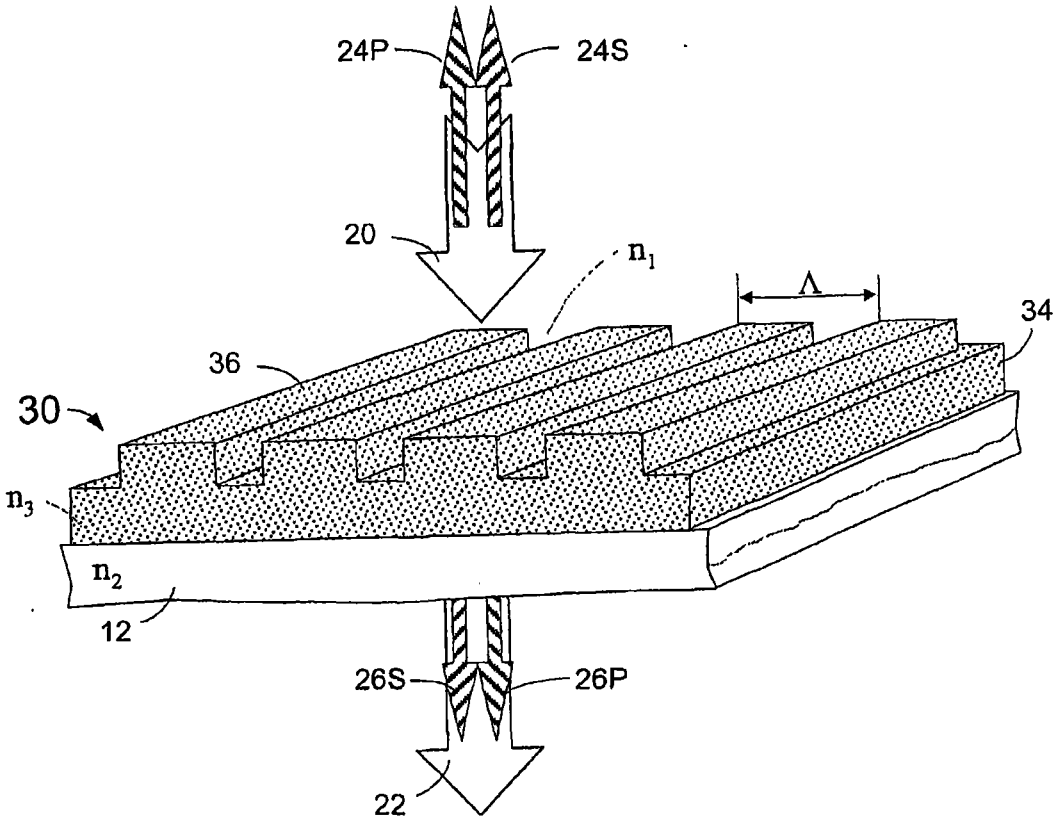


图6

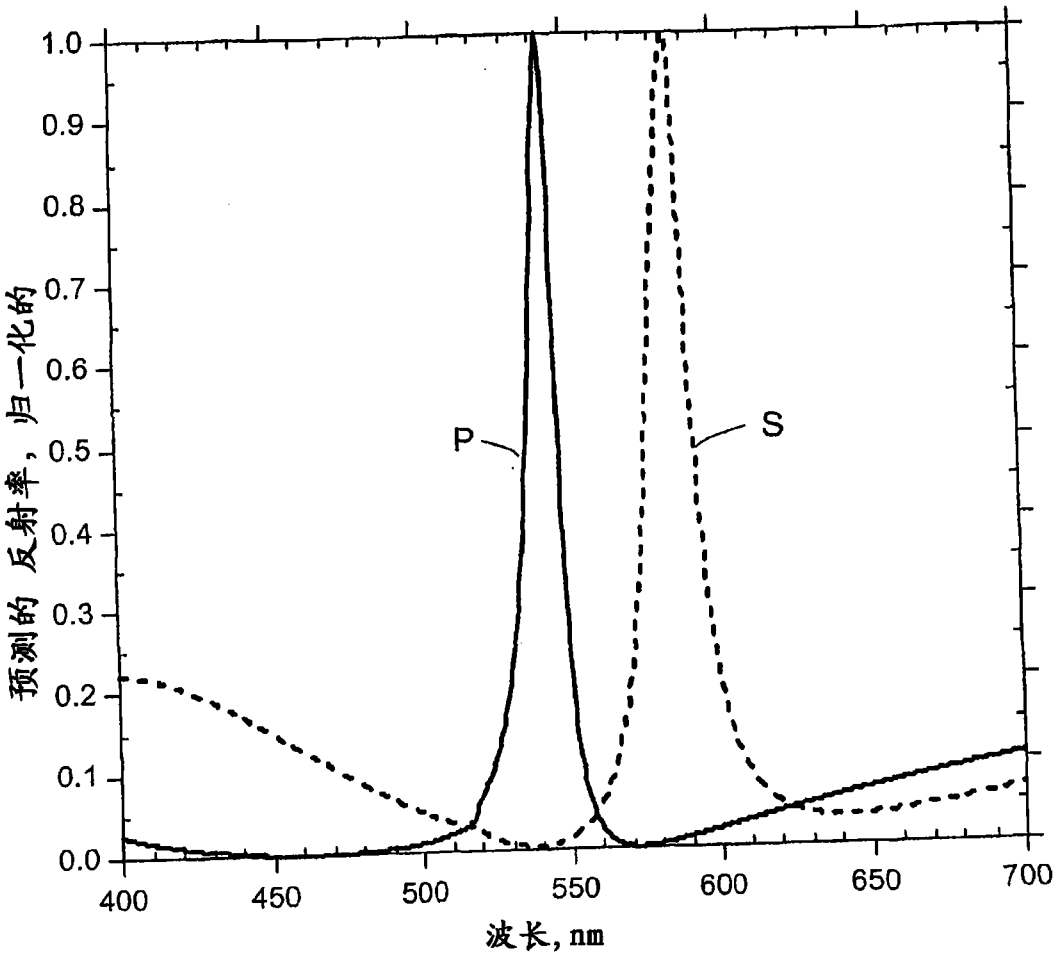

1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
预测的 反射率，归一化的
P
S
400
450
500
550
600
650
700
波长，nm

图7

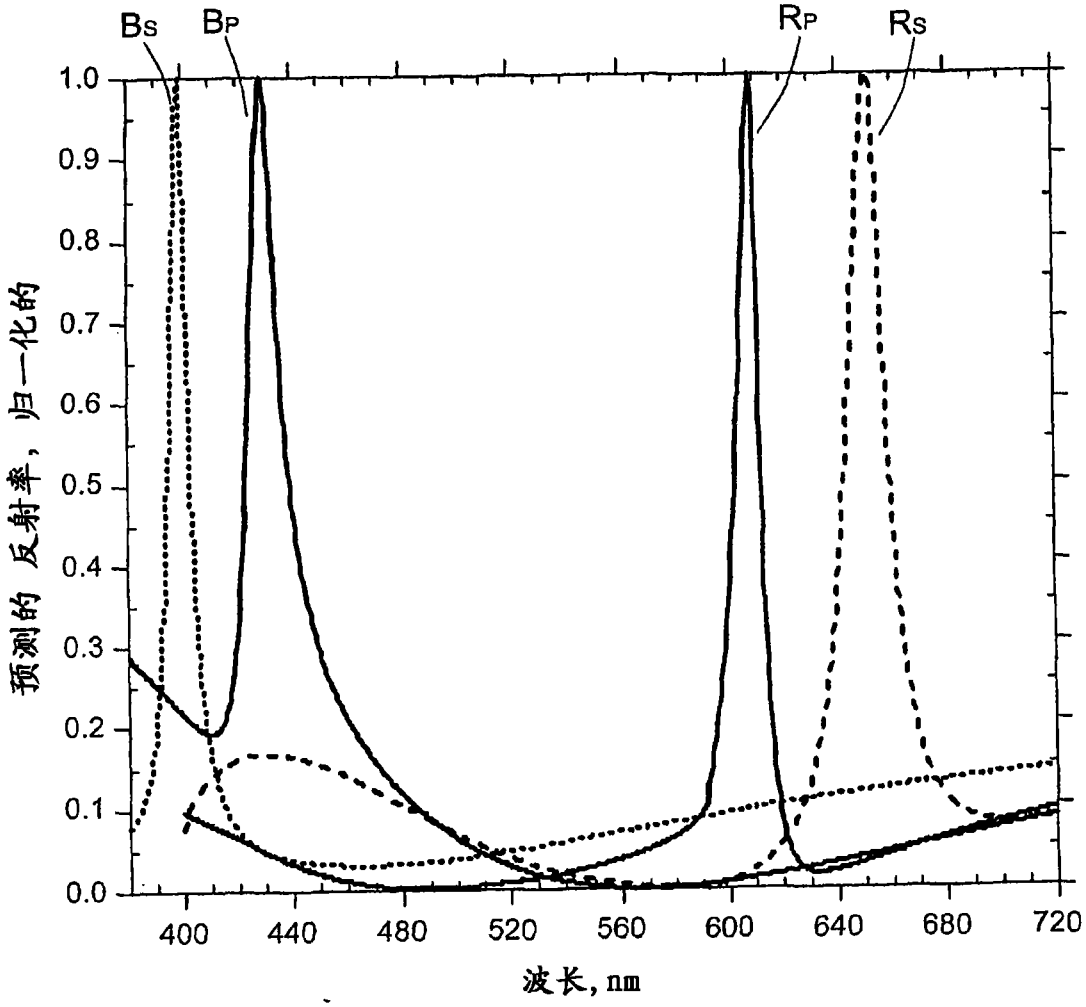
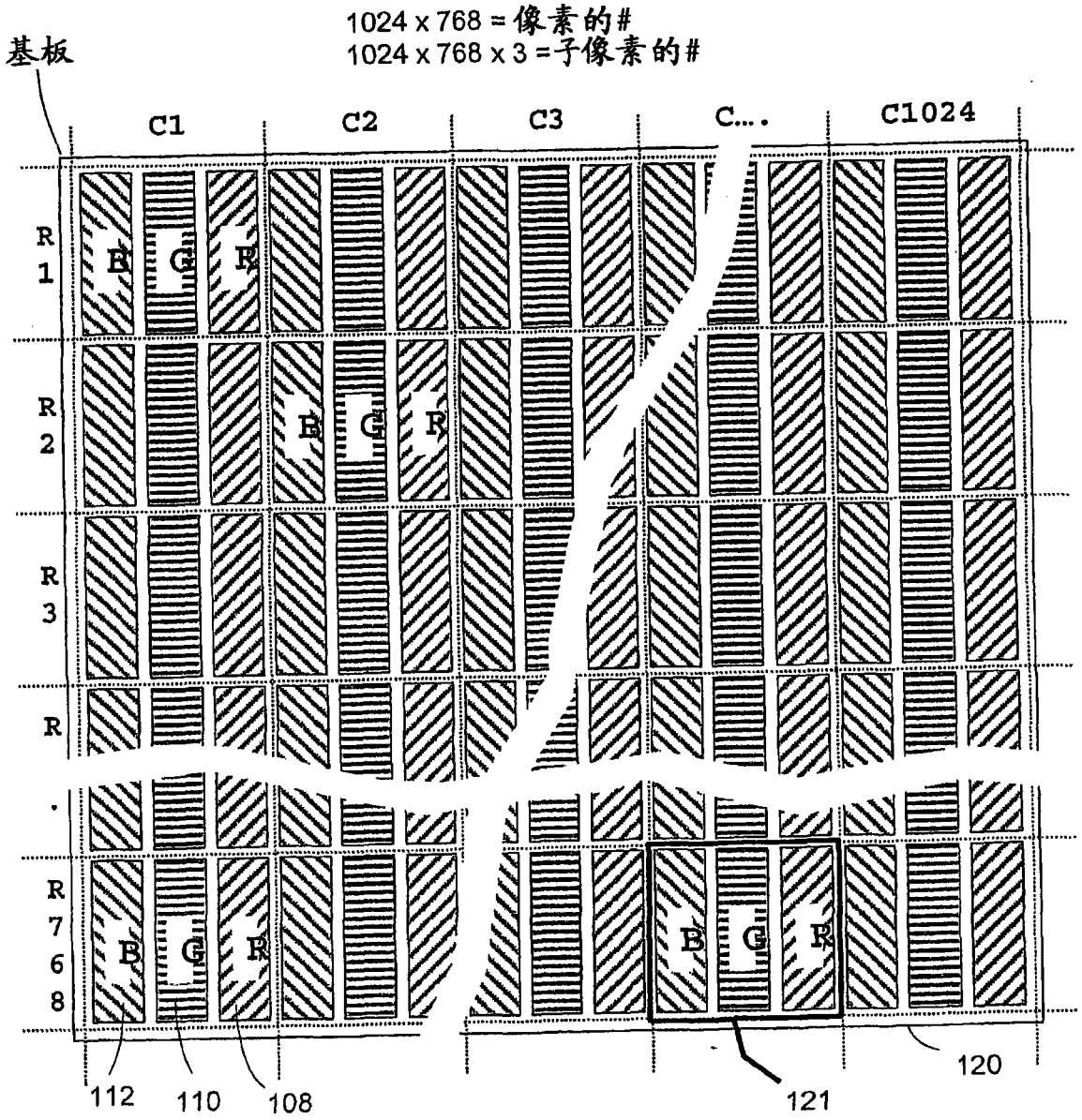

Bs
Bp
Rp
Rs
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
预测的 反射率，归一化的
400
440
480
520
560
600
640
680
720
波长，nm

图8


1024 x 768 = 像素的#
1024 x 768 x 3 = 子像素的#
基板
C1
C2
C3
C....
C1024
R 1
R 2
R 3
R
R 768
B
G
R
112
110
108
121
120

现有技术

图9

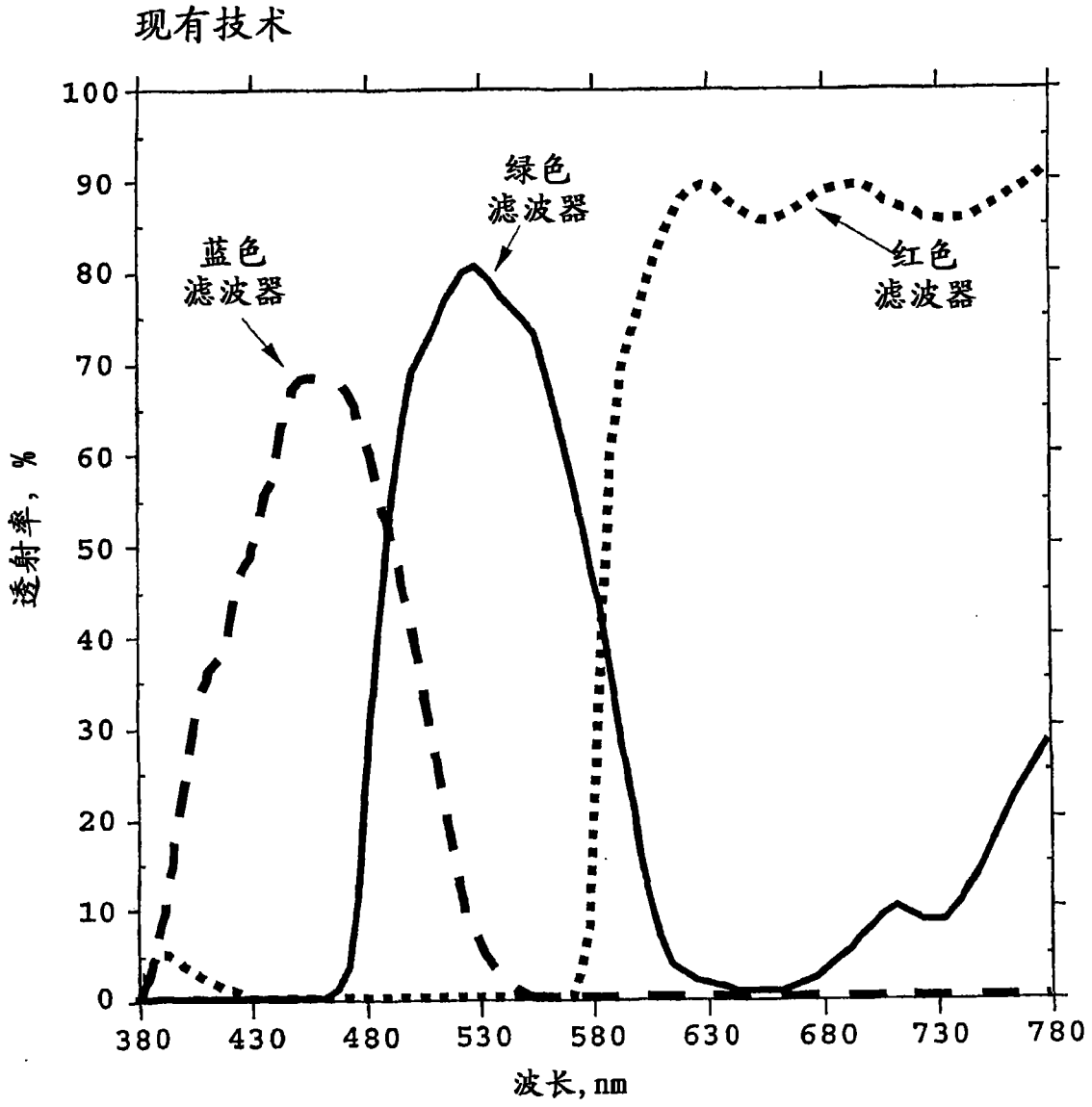

现有技术
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
透射率，%
380
430
480
530
580
630
680
730
780
波长，nm
蓝色
滤波器
绿色
滤波器
红色
滤波器

图10

现有技术

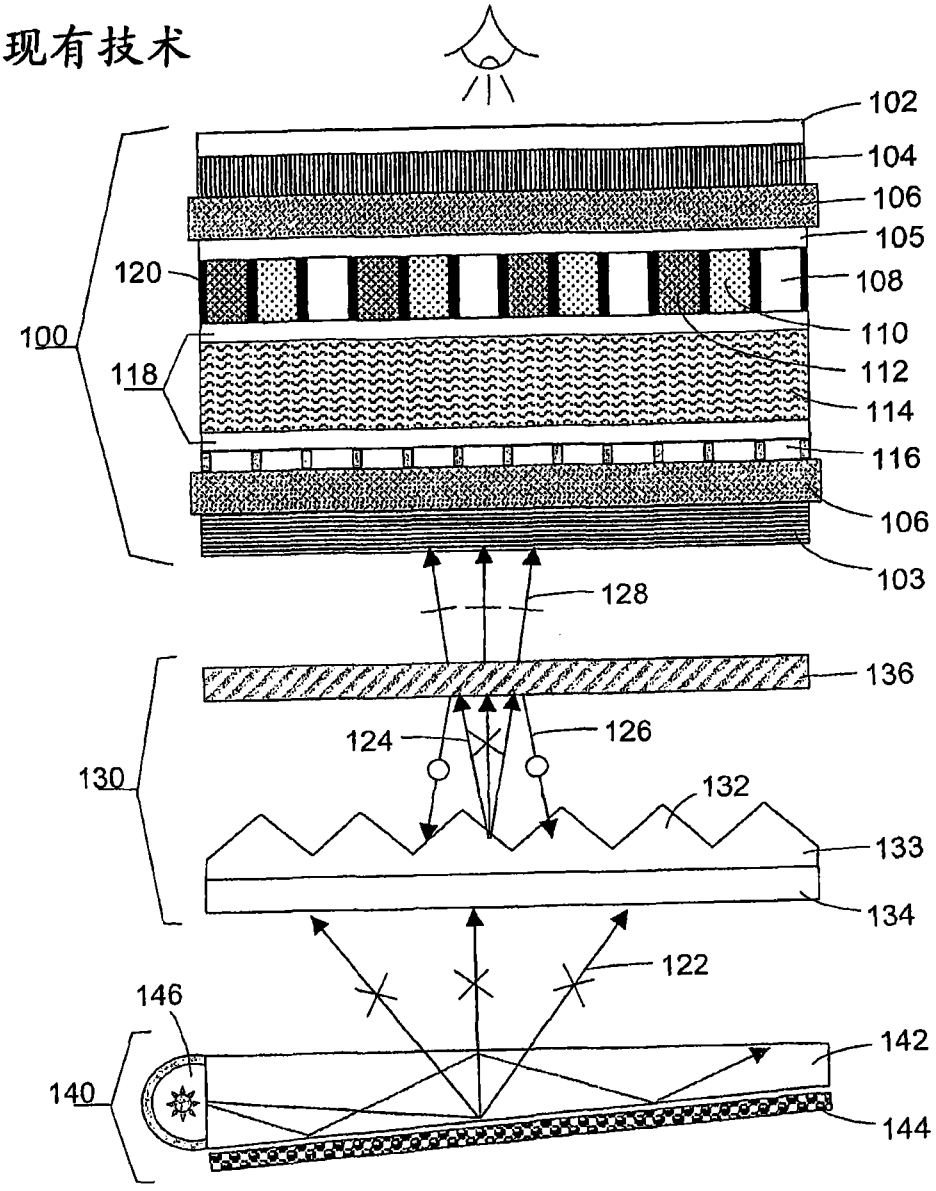
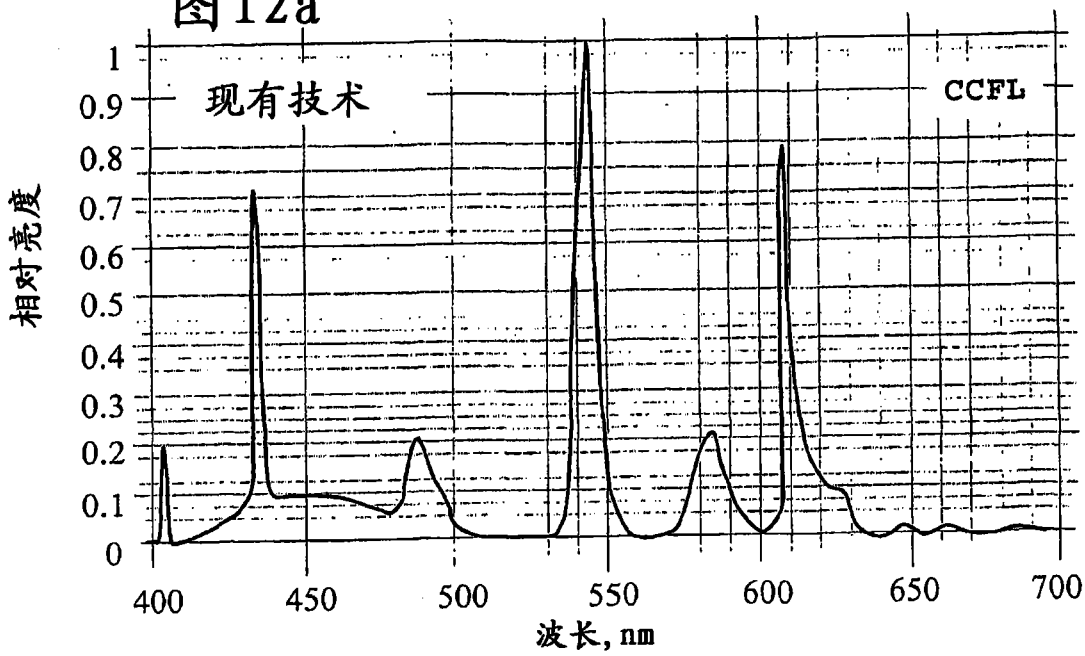

102
104
106
105
120
108
100
110
118
112
114
116
106
103
128
136
124
126
130
132
133
134
122
146
142
140
144

图11

图12a


现有技术
CCFL
相对亮度
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
400
450
500
550
600
650
700
波长, nm

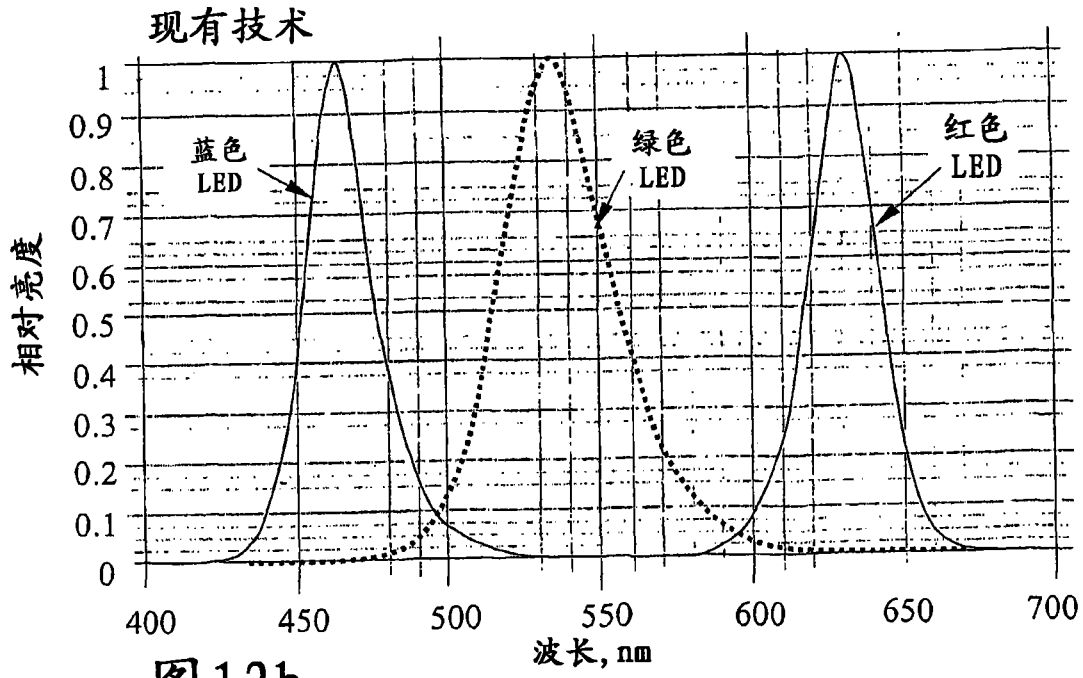

现有技术
蓝色 LED
绿色 LED
红色 LED
相对亮度
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
400
450
500
550
600
650
700
波长, nm

图12b

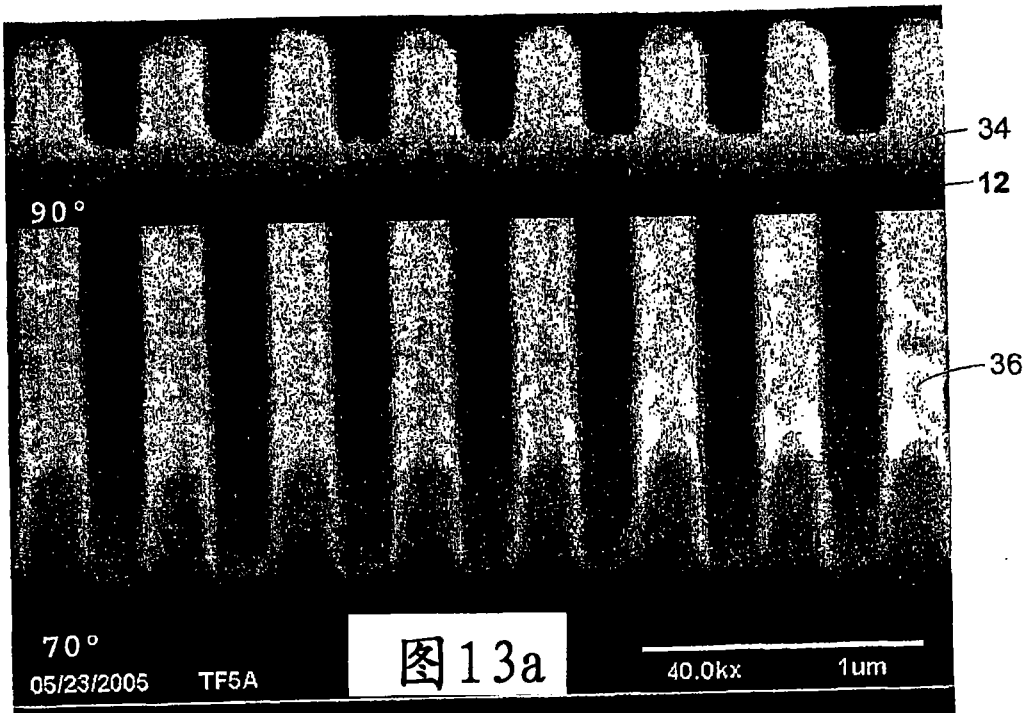

34
12
90°
36
70°
05/23/2005
TF5A
40.0kx
1um

图13a

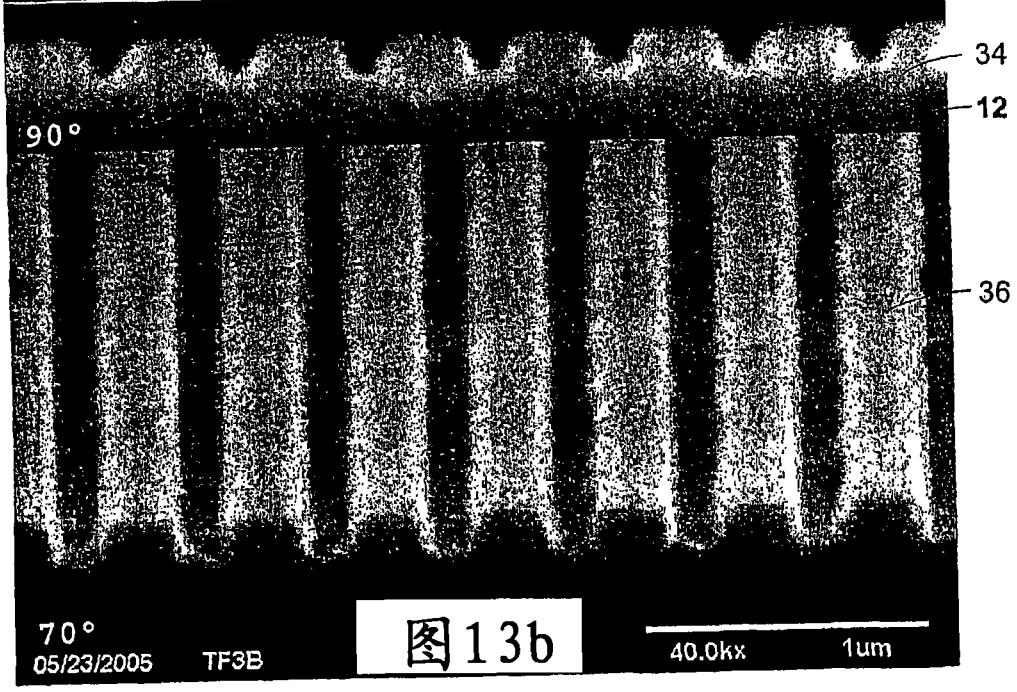

34
12
90°
36
70°
05/23/2005
TF3B
40.0kx
1um

图13b

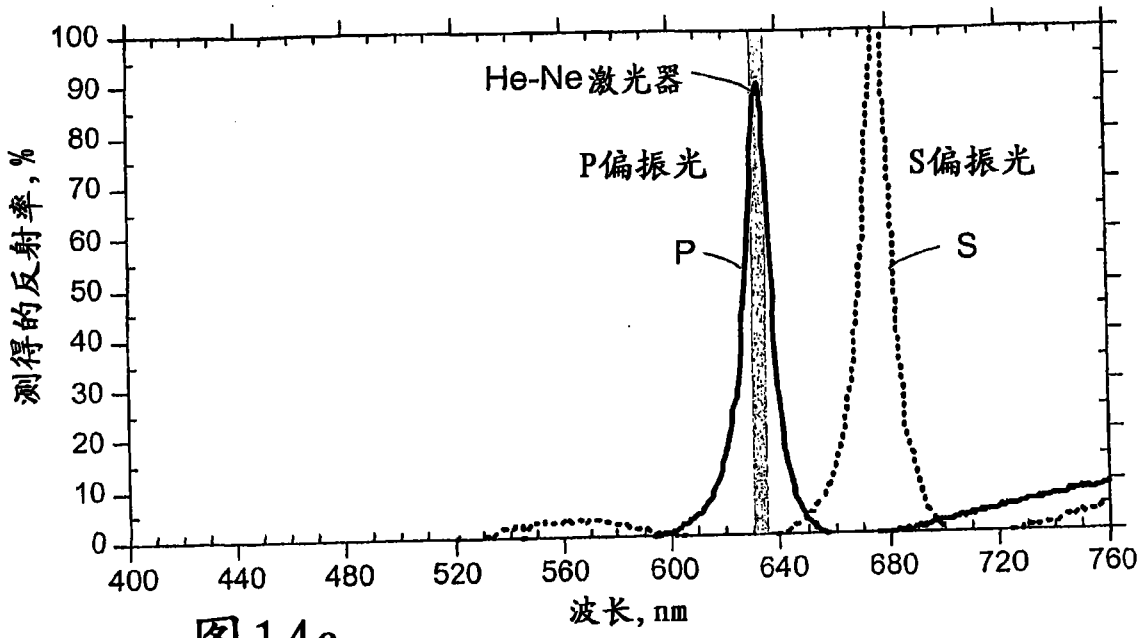

He-Ne激光器
P偏振光
S偏振光
P
S
测得的反射率，%
波长，nm
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
400
440
480
520
560
600
640
680
720
760

图14a

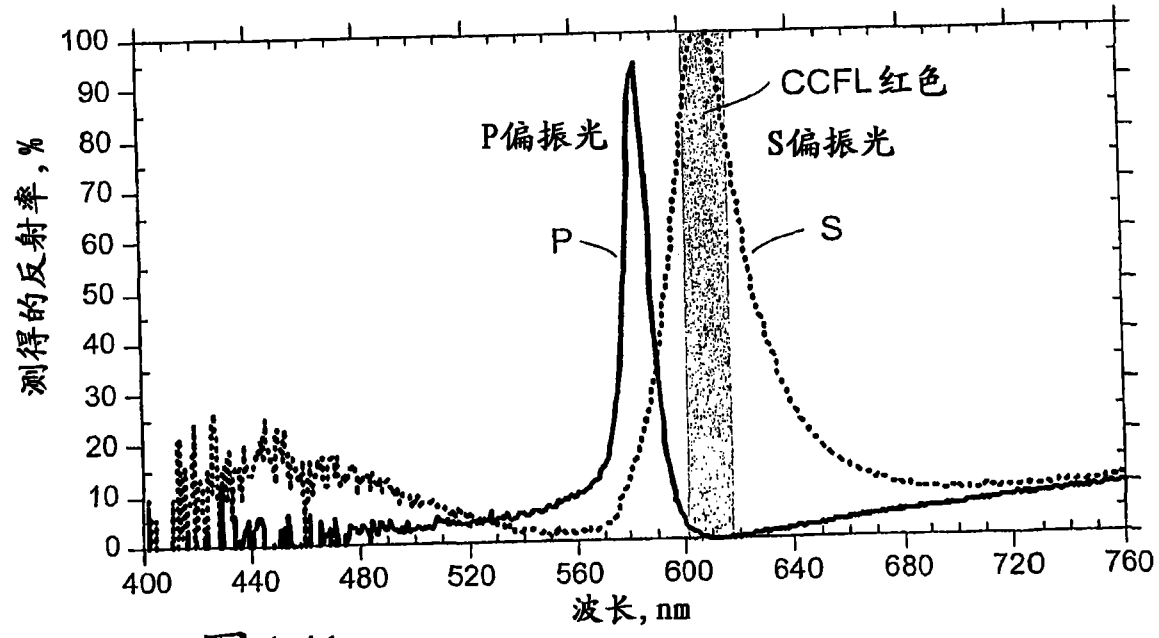

CCFL红色
P偏振光
S偏振光
P
S
测得的反射率，%
波长，nm
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
400
440
480
520
560
600
640
680
720
760

图14b

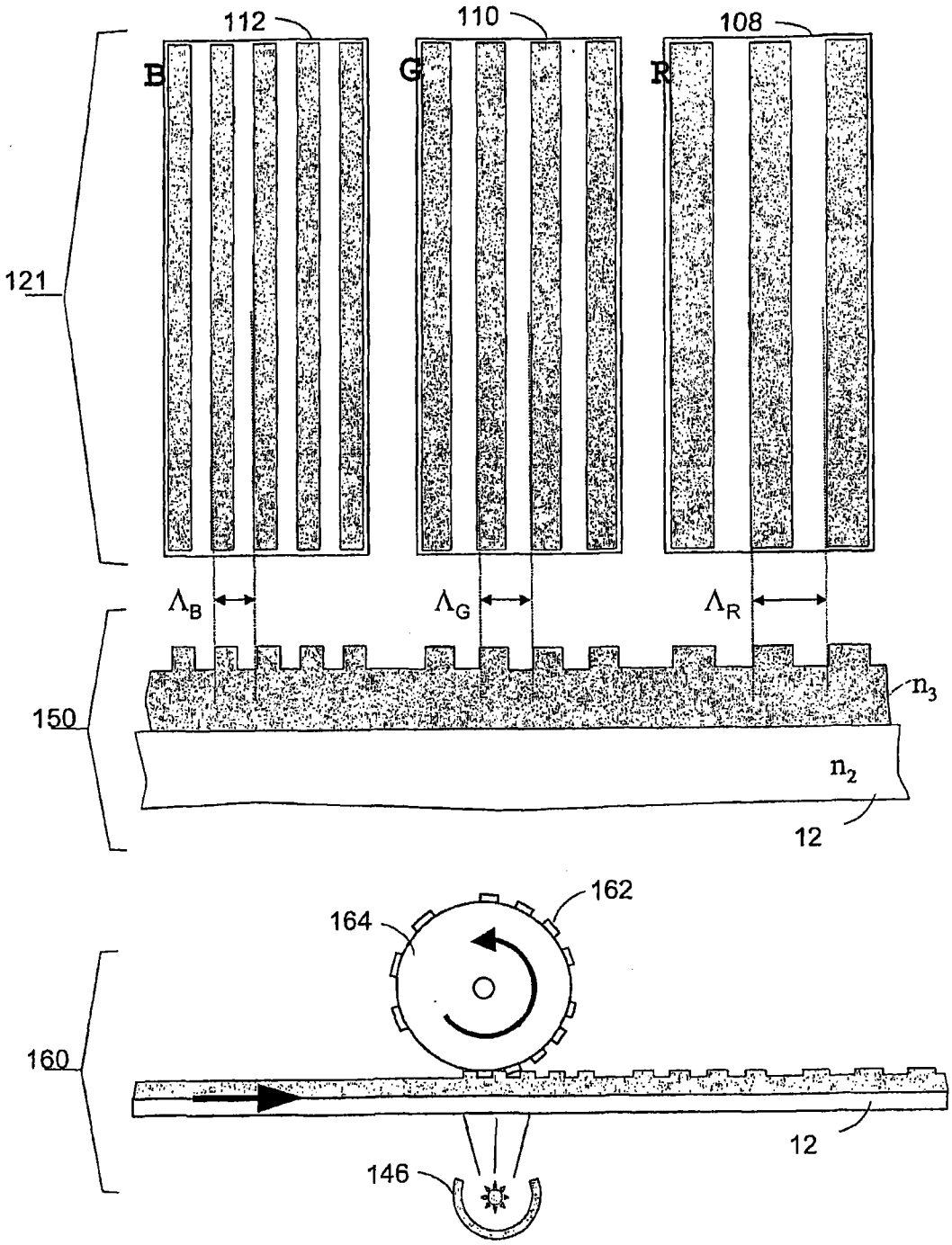

112
110
108
B
G
R
121
Λ_B
Λ_G
Λ_R
150
n_3
n_2
12
162
164
160
12
146

图15

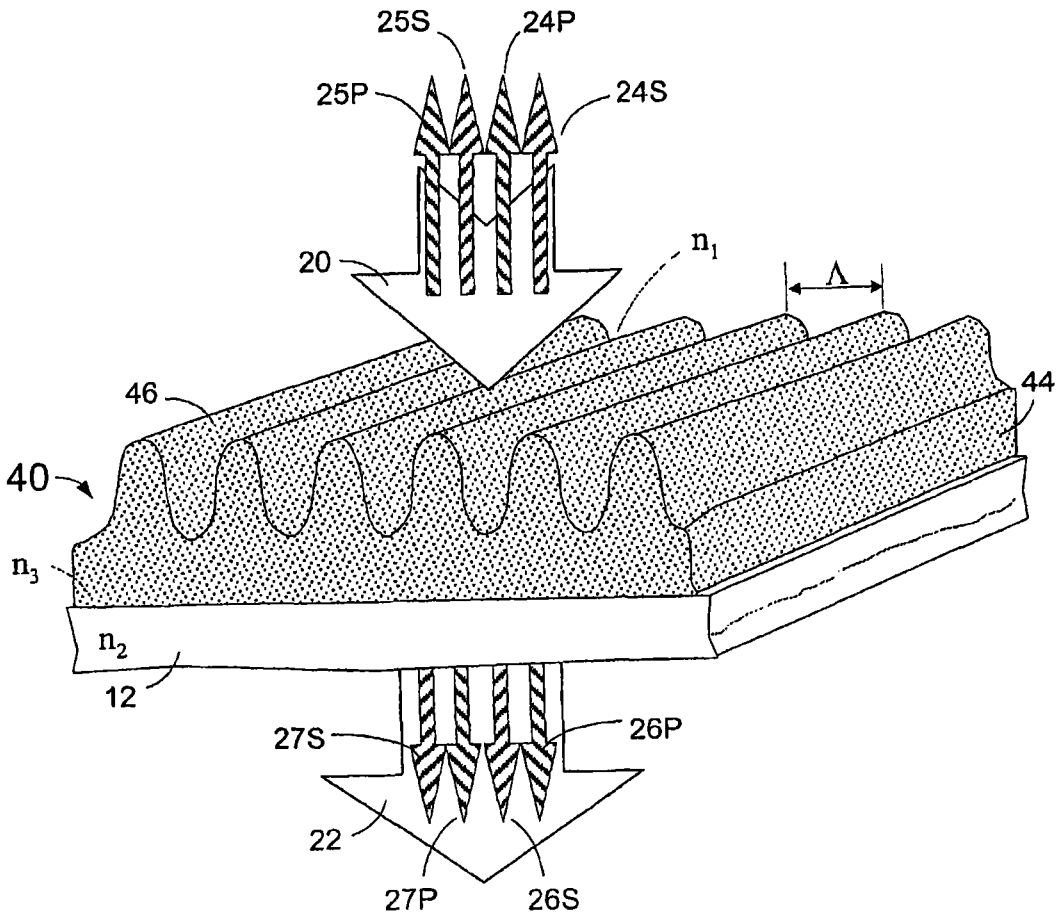


图16

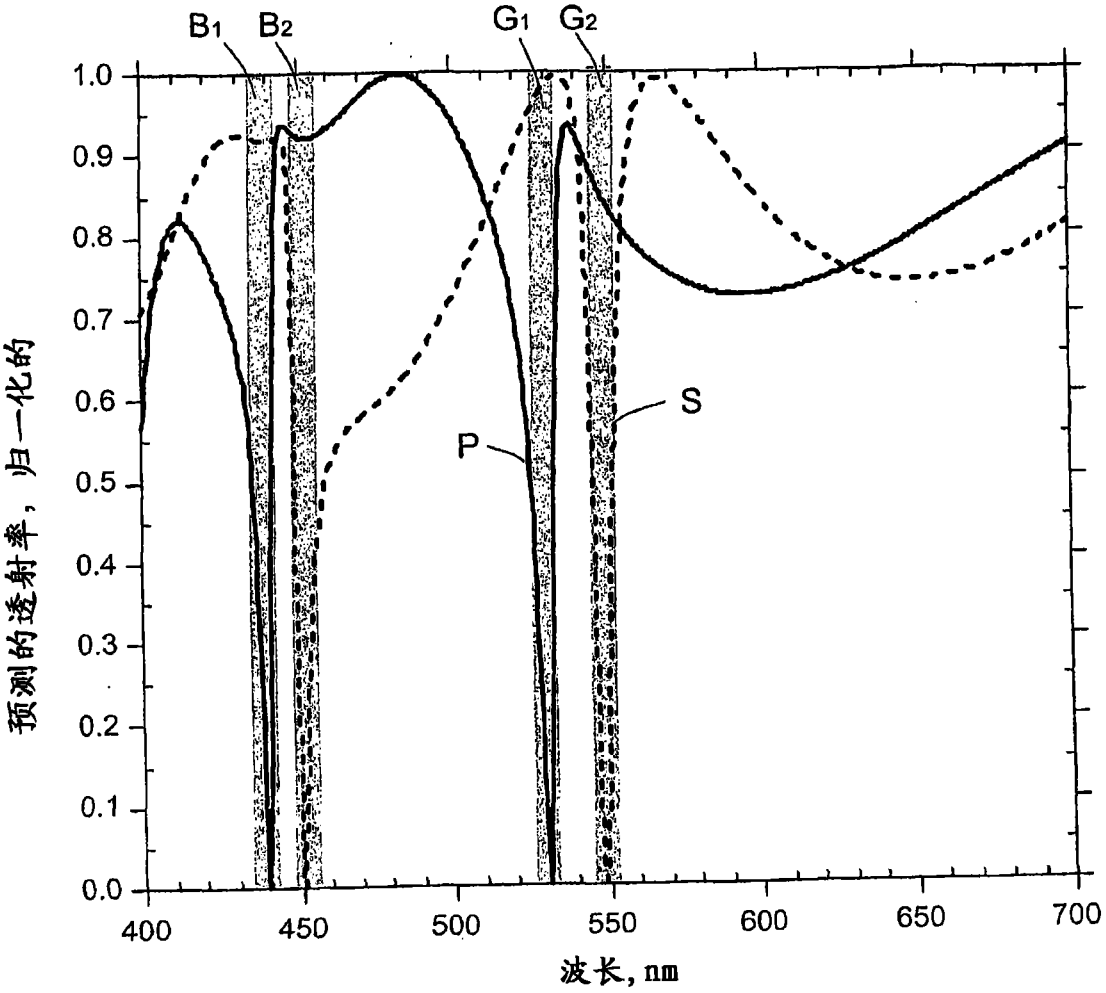

B1
B2
G1
G2
S
P
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
400
450
500
550
600
650
700
预测的透射率，归一化的
波长，nm

图17

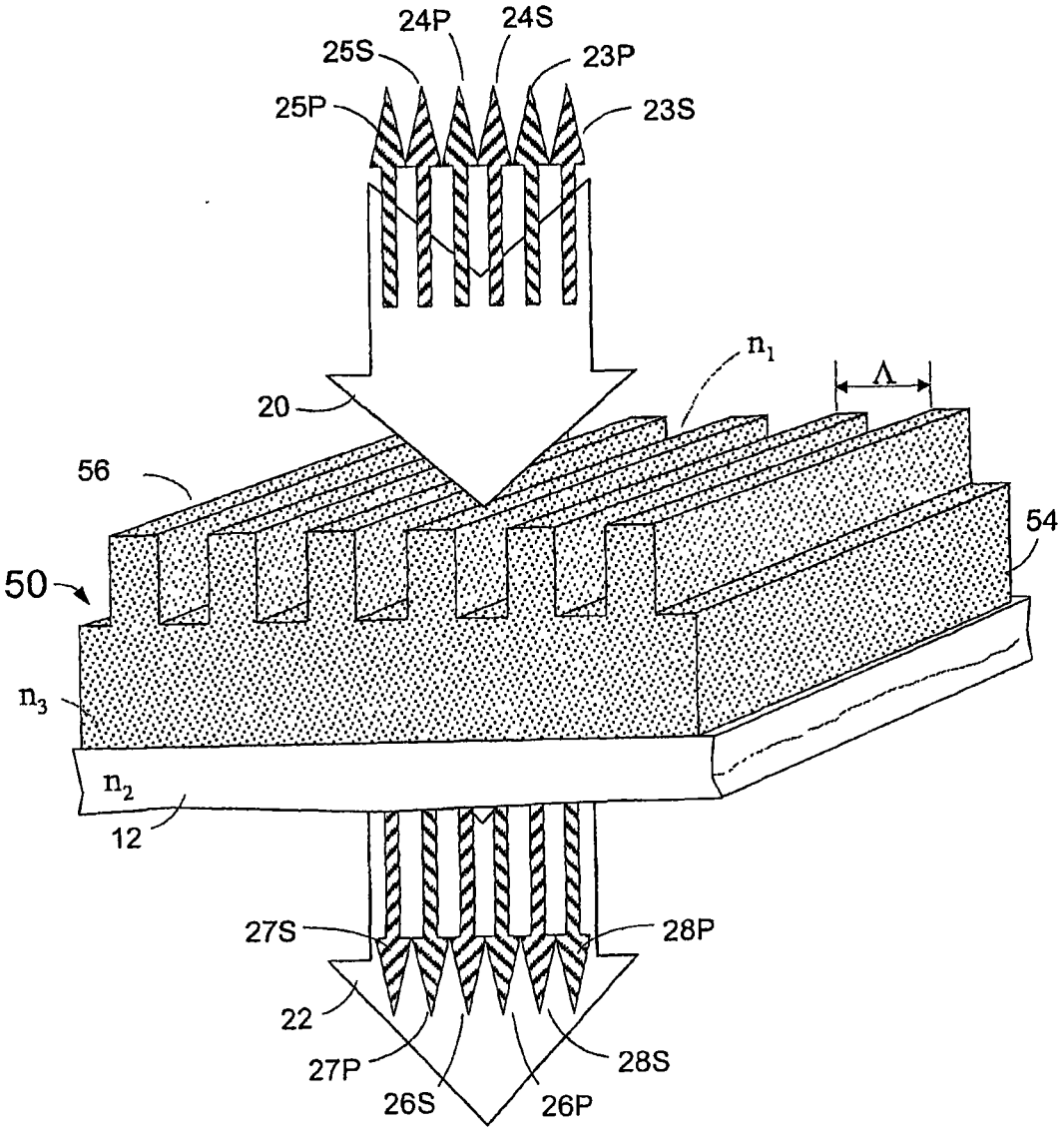

24P
24S
25S
23P
25P
23S
n_1
Λ
20
56
54
50
n_3
n_2
12
27S
28P
22
27P
28S
26S
26P

图18

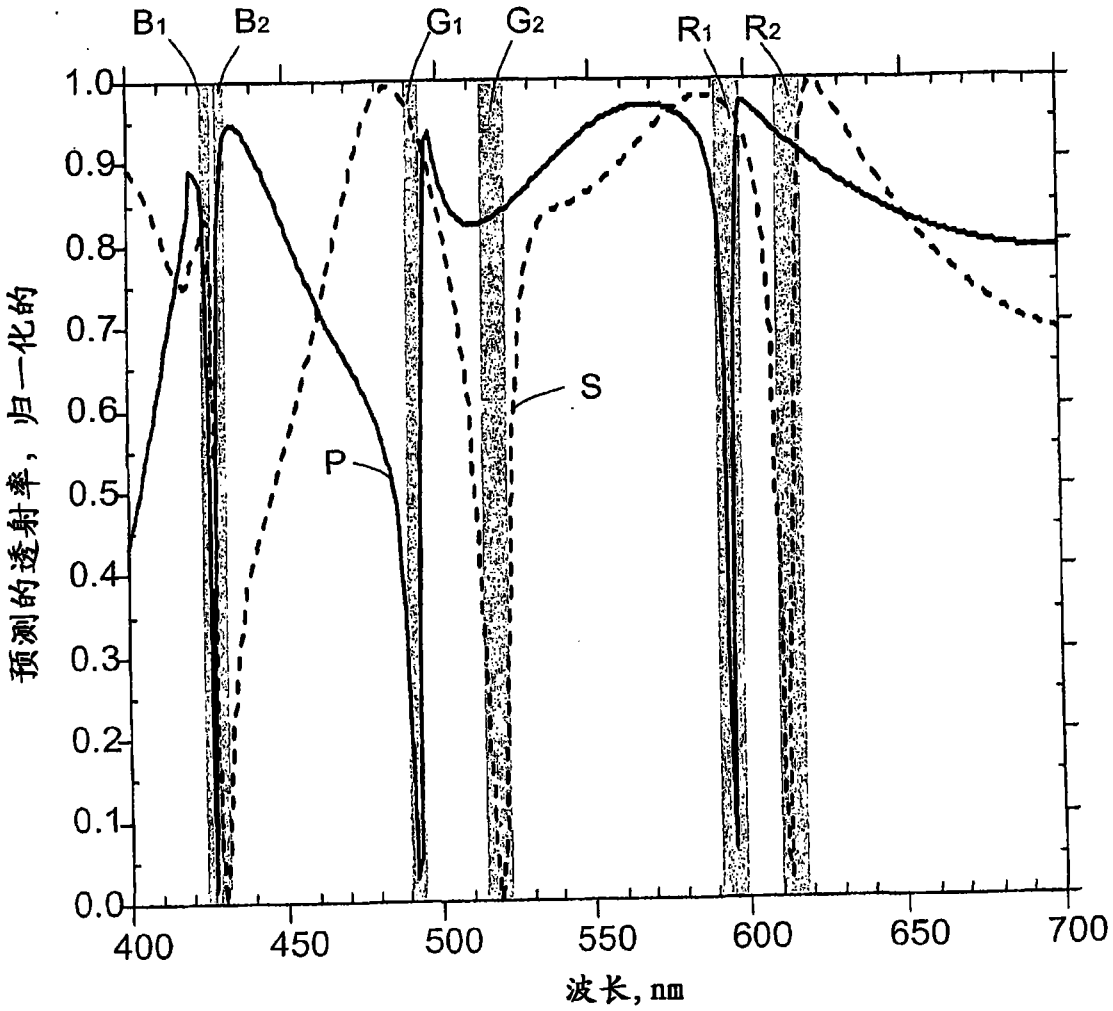

B1
B2
G1
G2
R1
R2
S
P
预测的透射率，归一化的
波长，nm
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
400
450
500
550
600
650
700

图19

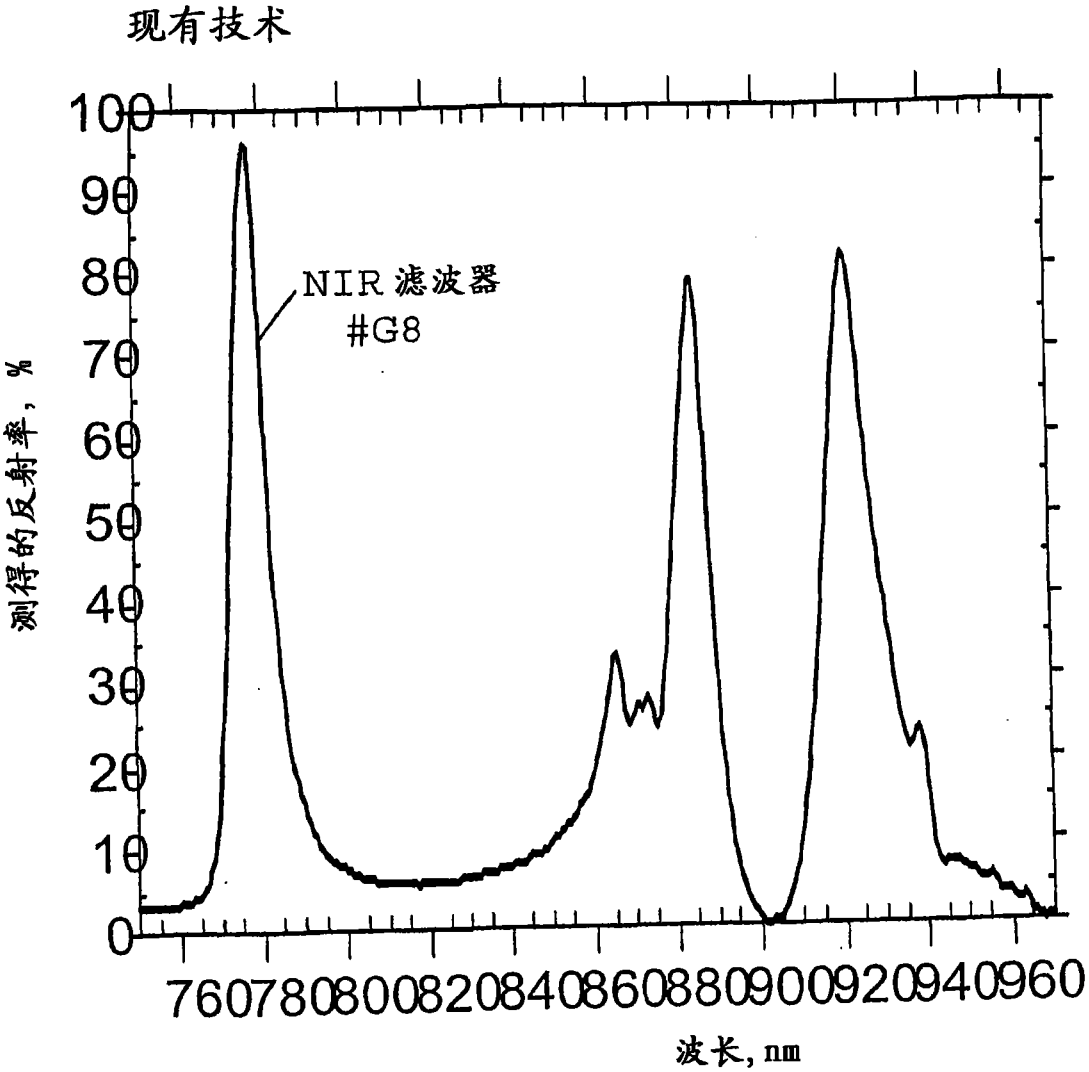

现有技术
NIR 滤波器
#G8
测得的反射率，%
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
760780800820840860880900920940960
波长，nm

图20

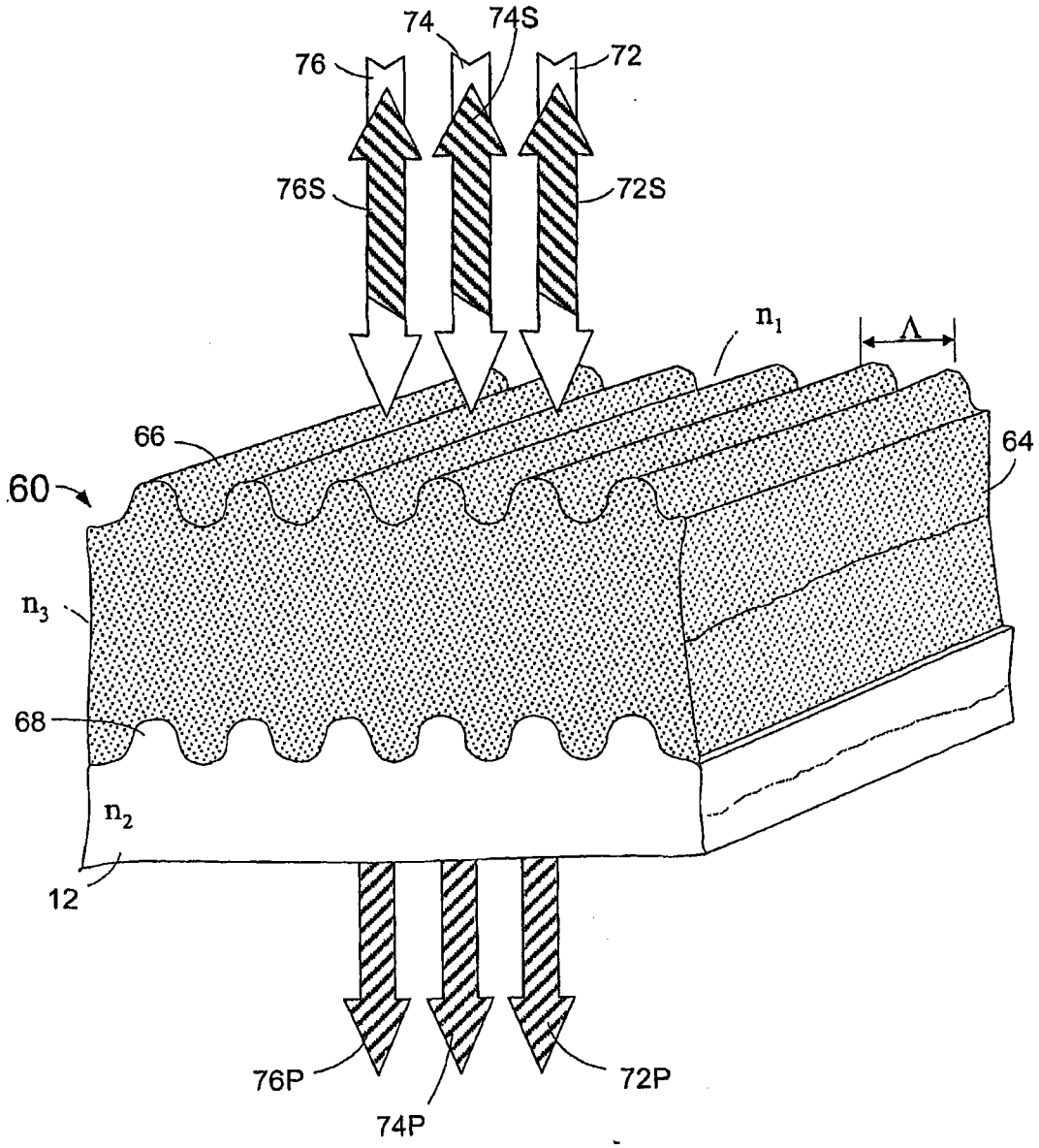


图21

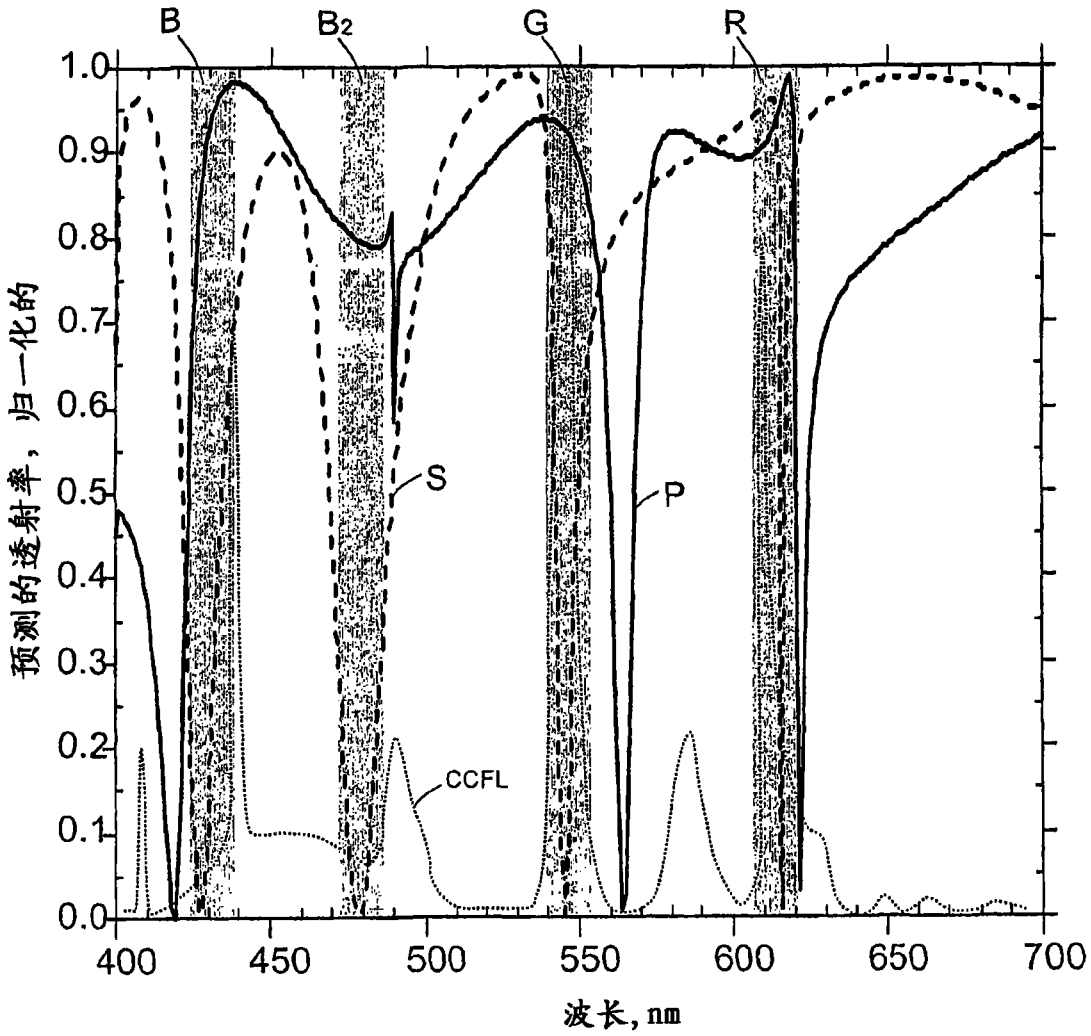

B
B2
G
R
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
预测的透射率，归一化的
S
P
CCFL
400
450
500
550
600
650
700
波长，nm

图22

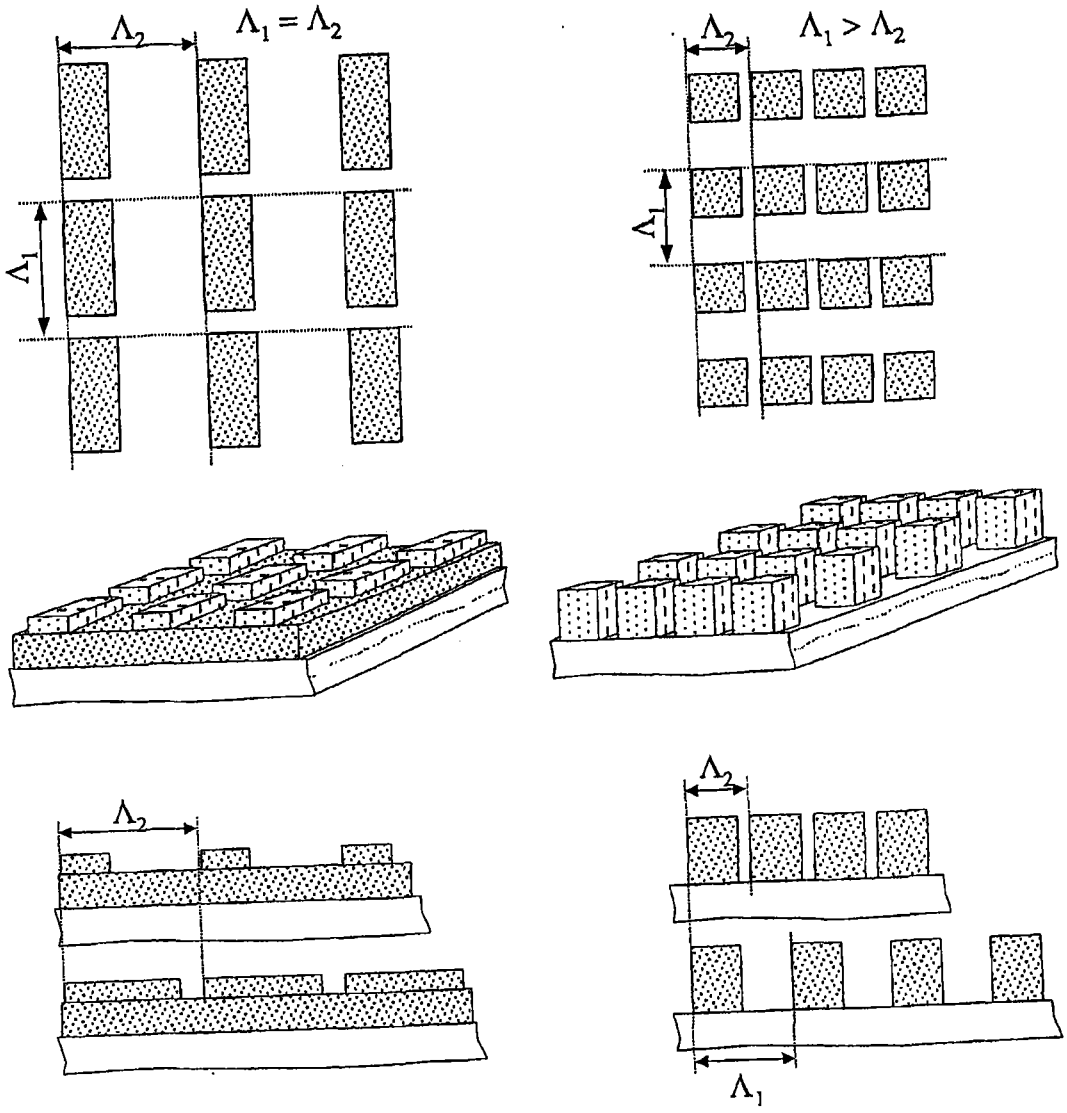


图23

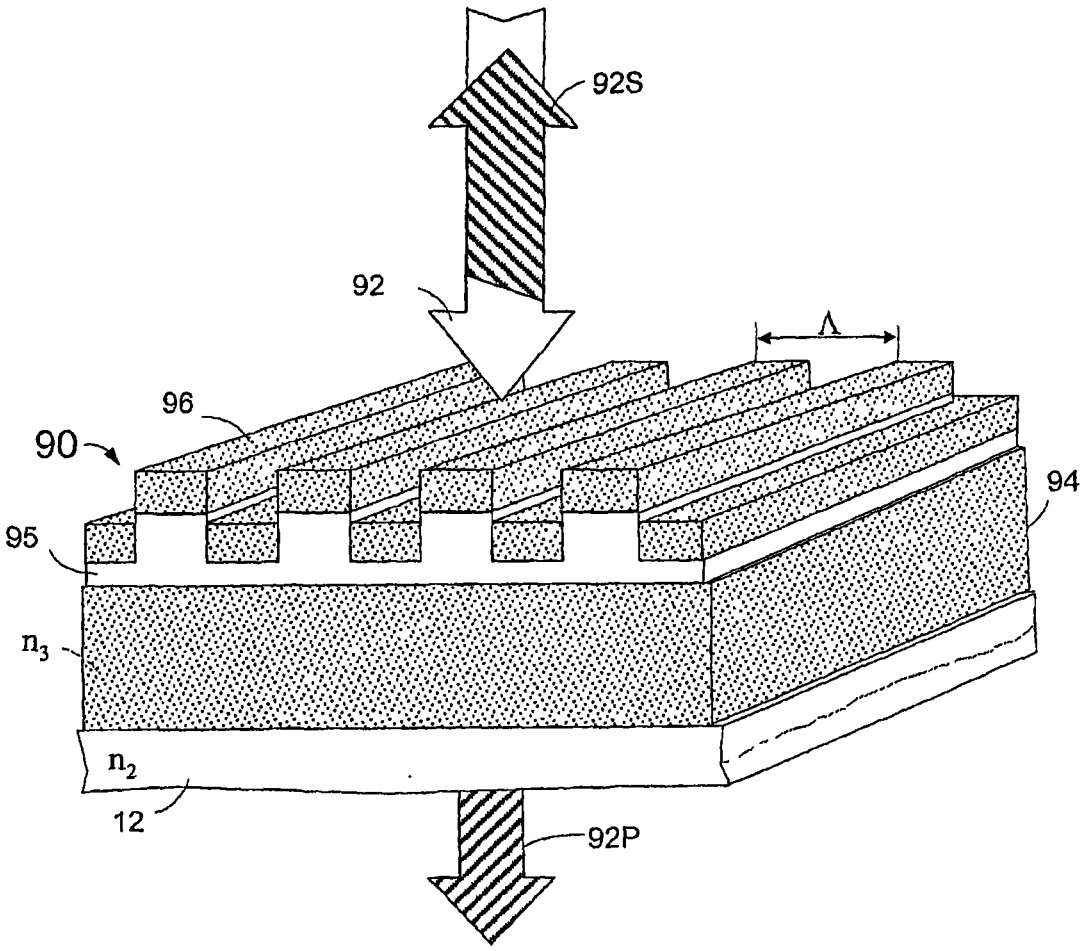


图24

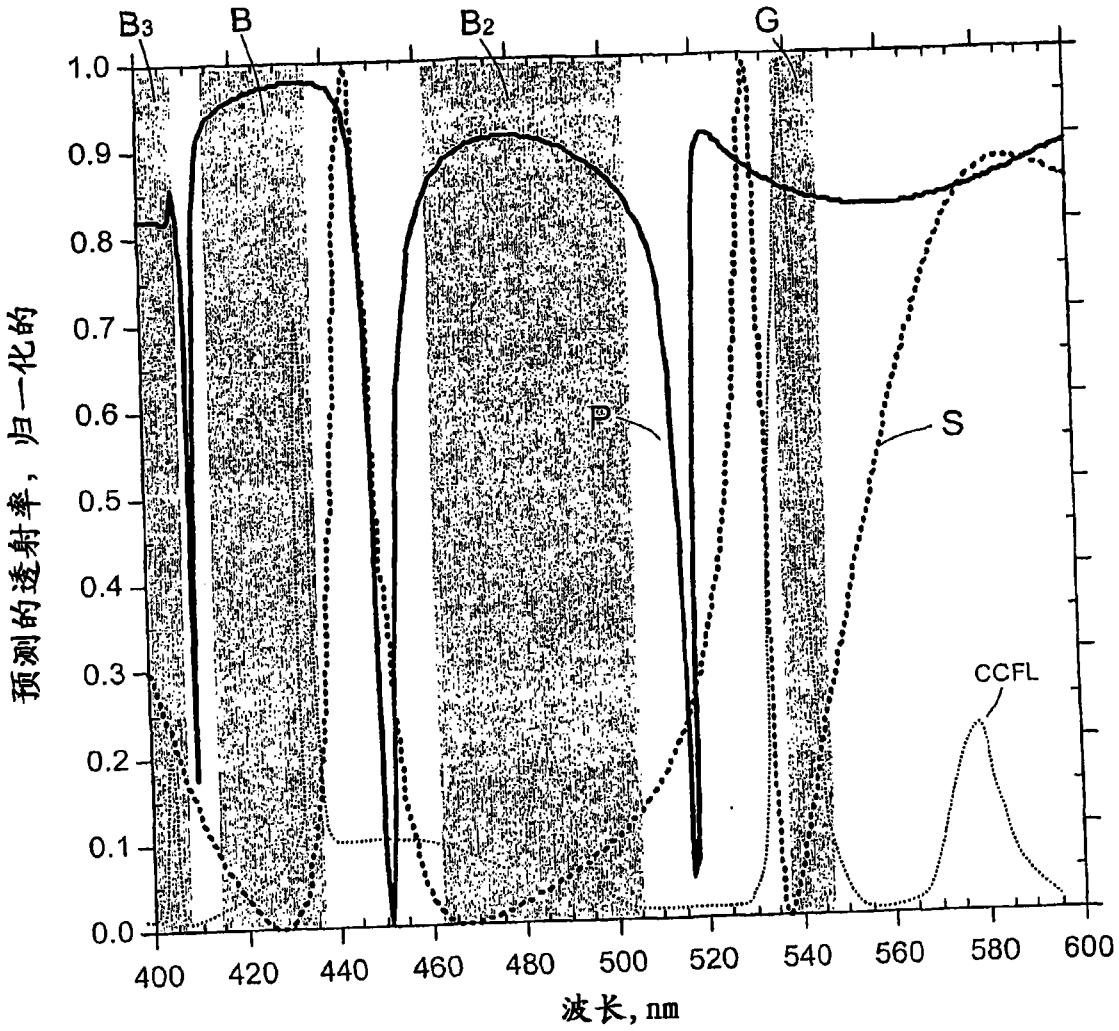

B3
B
B2
G
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
预测的透射率，归一化的
D
S
CCFL
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
波长，nm

图25

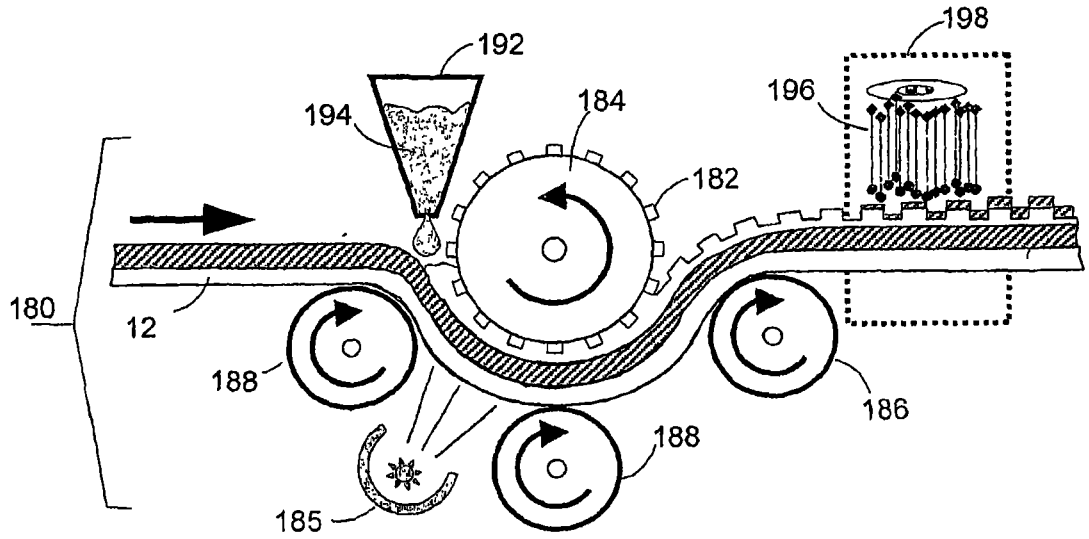


图26

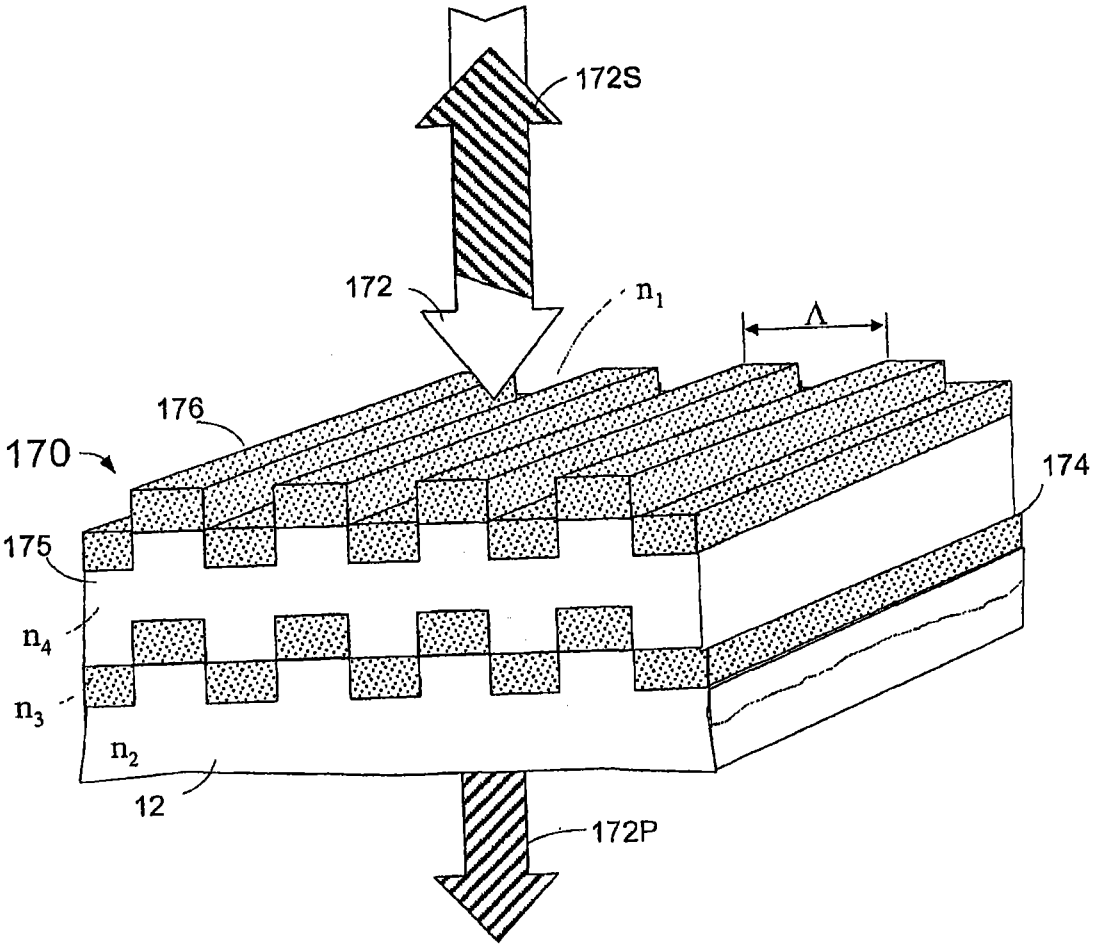


图27

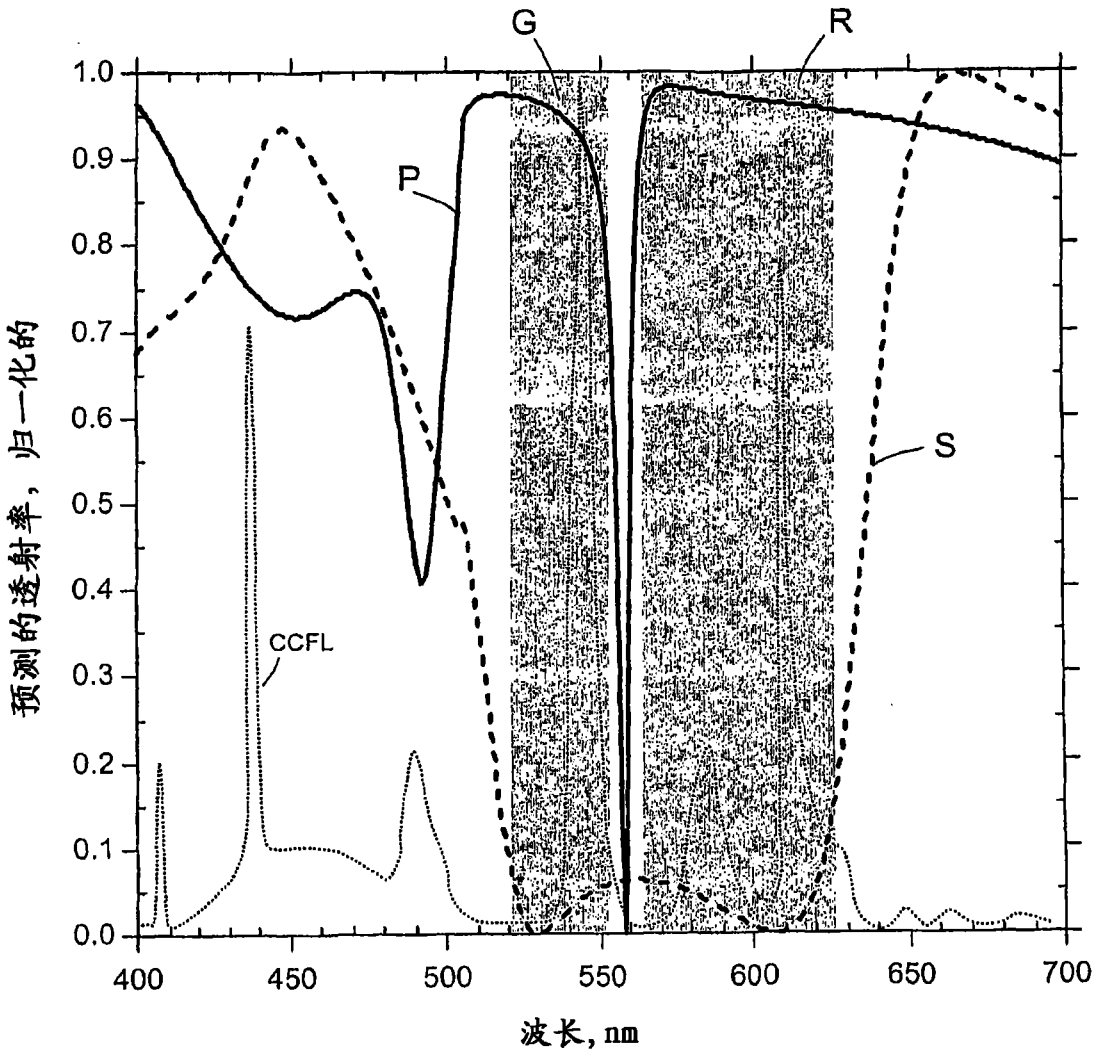

G
R
P
S
CCFL
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
400
450
500
550
600
650
700
预测的透射率，归一化的
波长，nm

图28

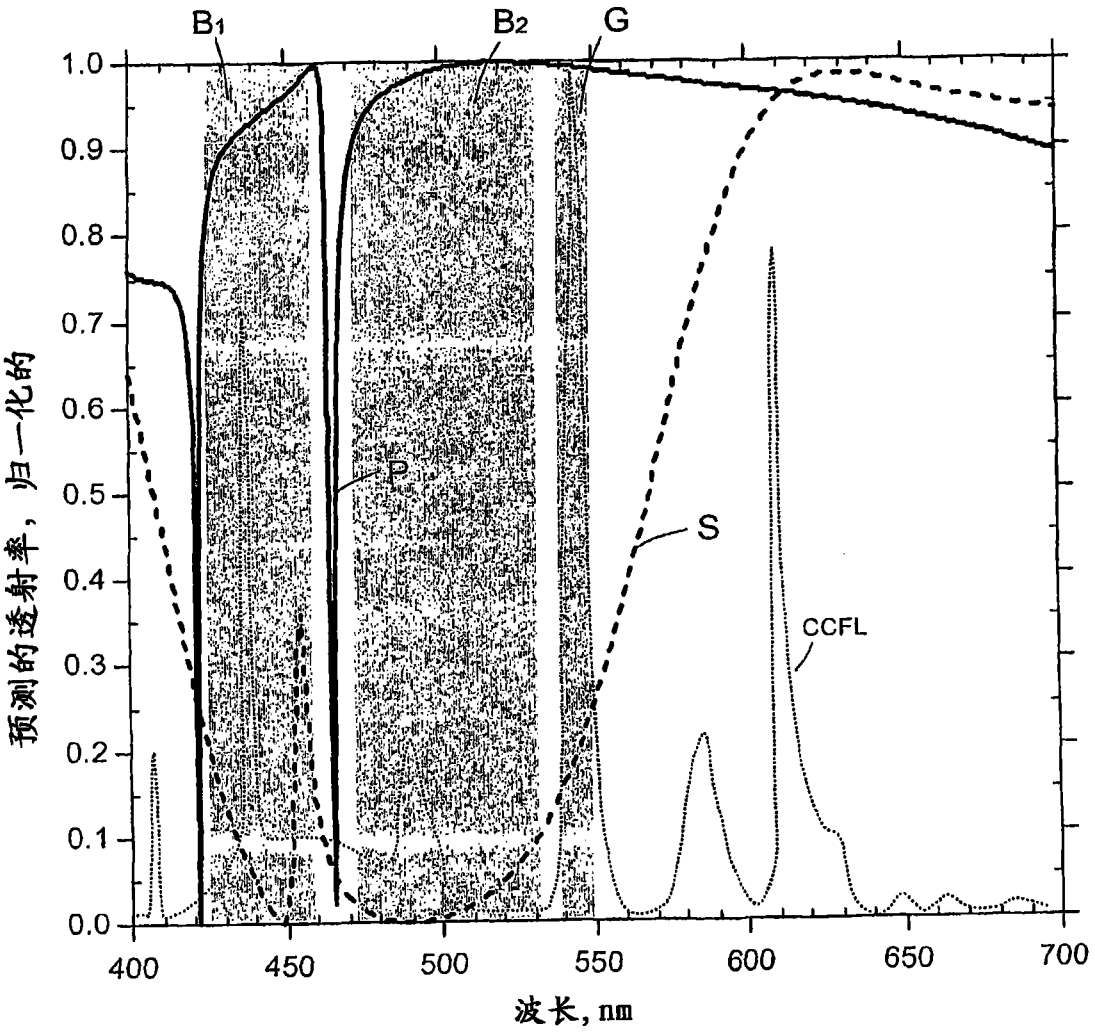

B1
B2
G
P
S
CCFL
预测的透射率，归一化的
波长，nm
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
400
450
500
550
600
650
700

图29

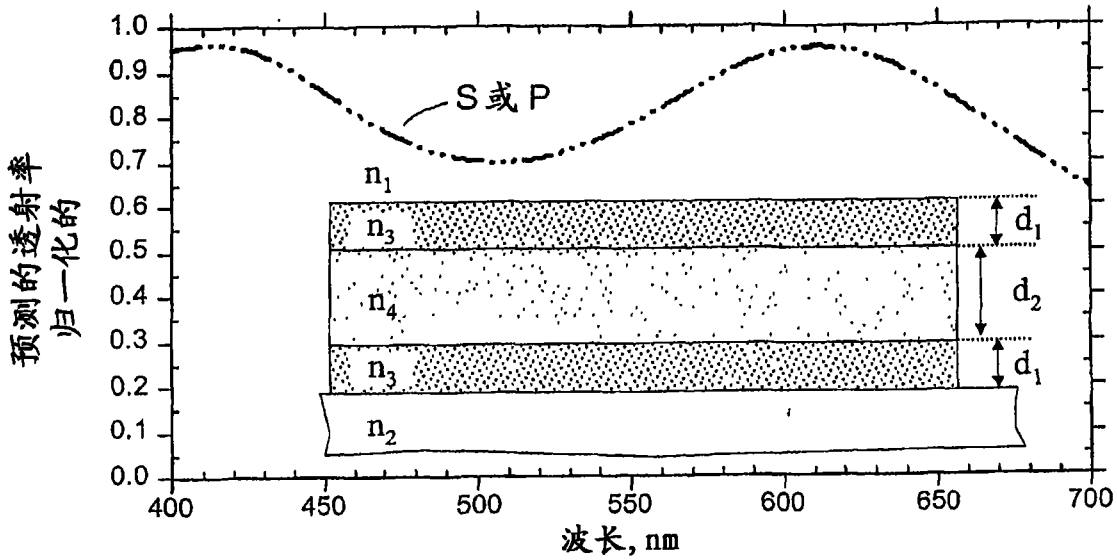

预测的透射率
归一化的
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
400
450
500
550
600
650
700
波长, nm
S或P
n1
n3
n4
n3
n2
d1
d2
d1

图30a

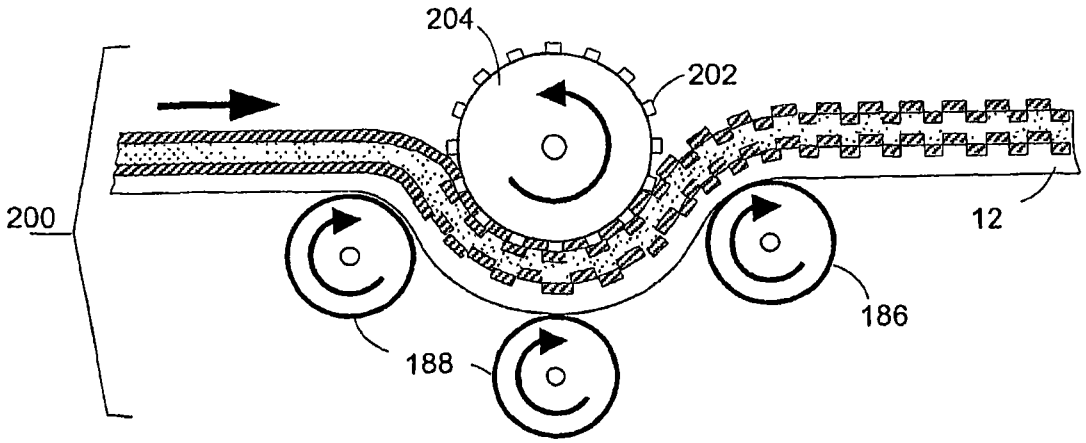

204
202
200
12
186
188

图30b

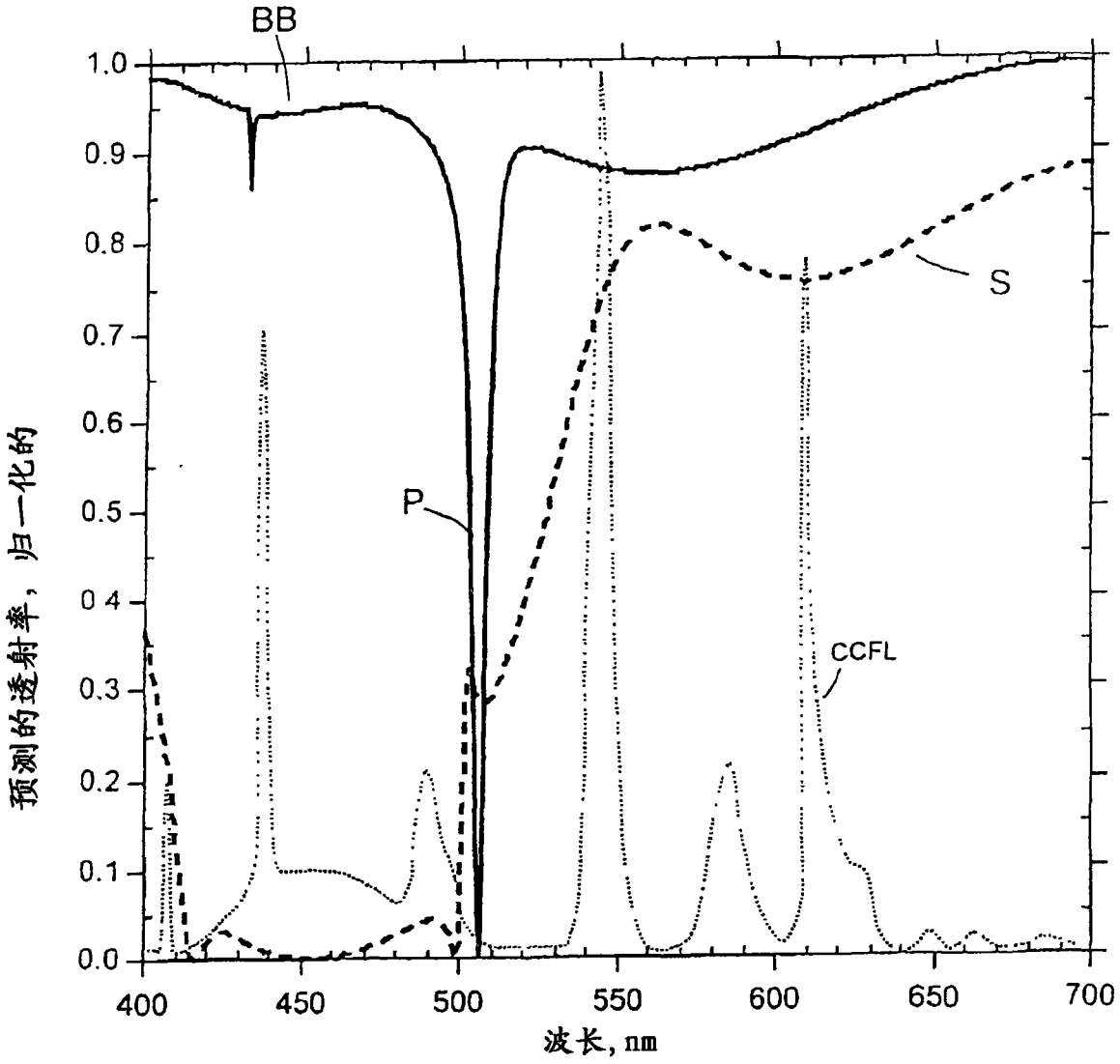

BB
P
S
CCFL
预测的透射率，归一化的
波长，nm
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
400
450
500
550
600
650
700

图31

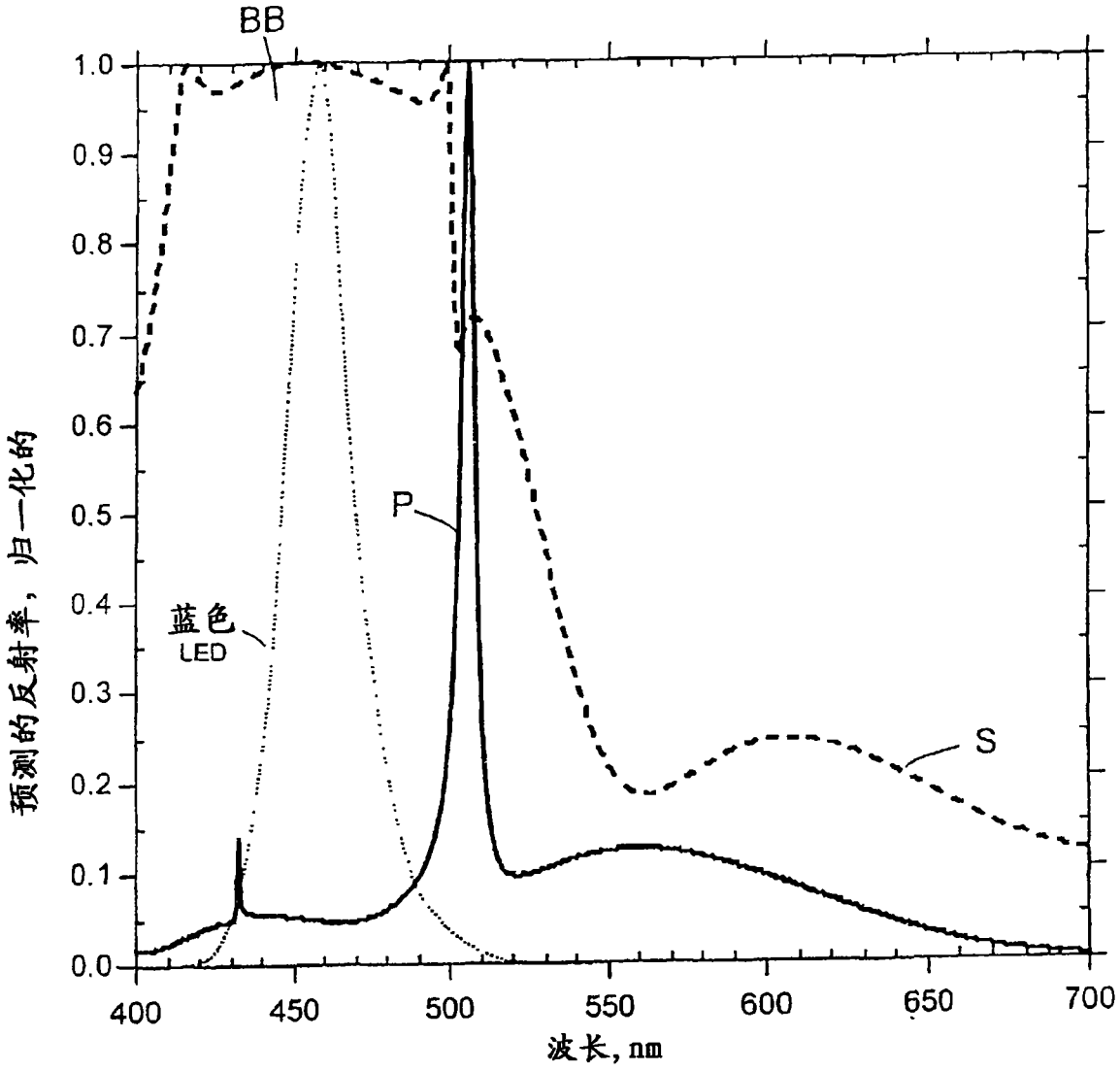

BB
P
S
蓝色
LED
预测的反射率，归一化的
波长，nm
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
400
450
500
550
600
650
700

图32

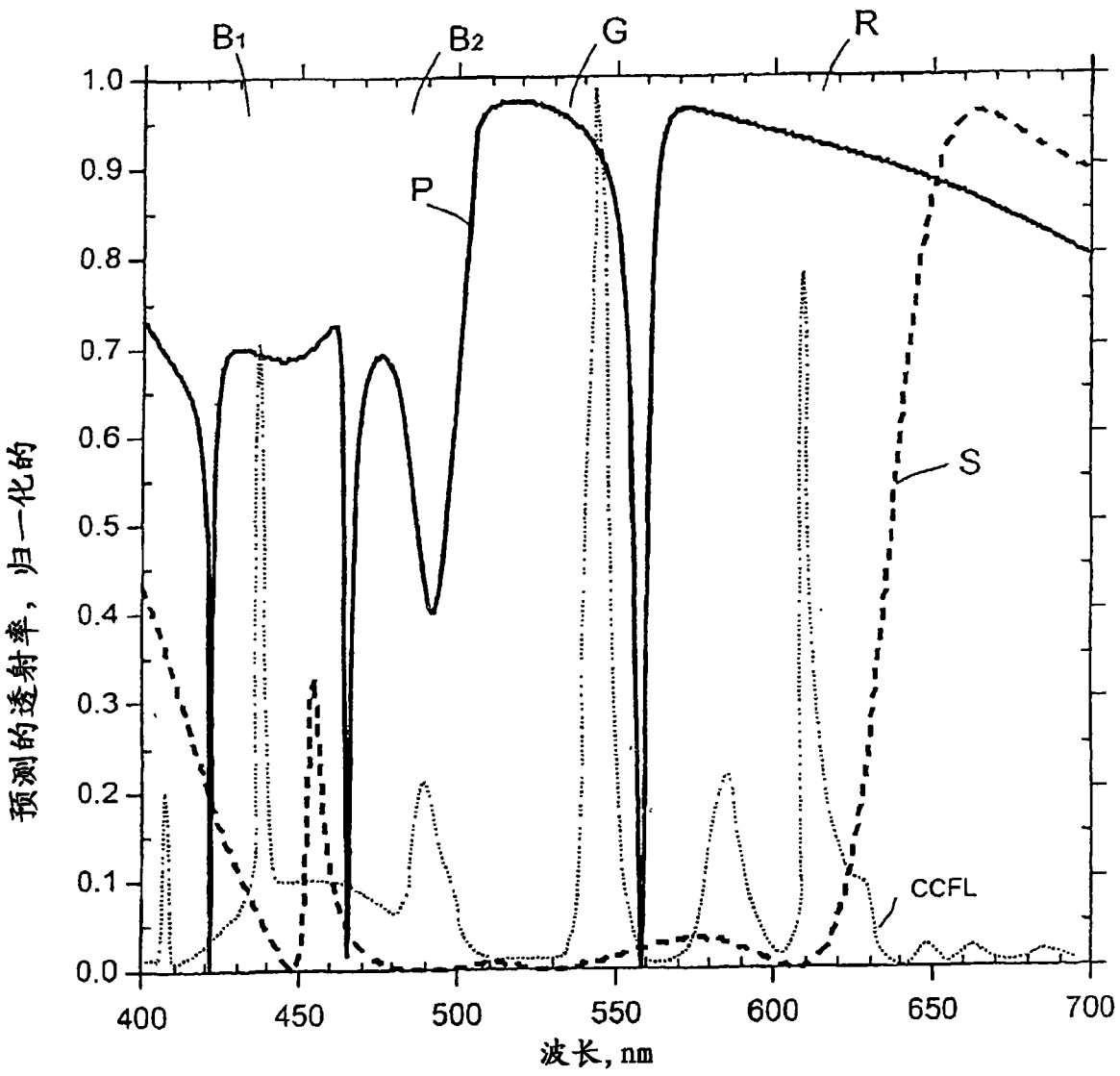

B1
B2
G
R
P
S
CCFL
预测的透射率，归一化的
波长，nm
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
400
450
500
550
600
650
700

图33

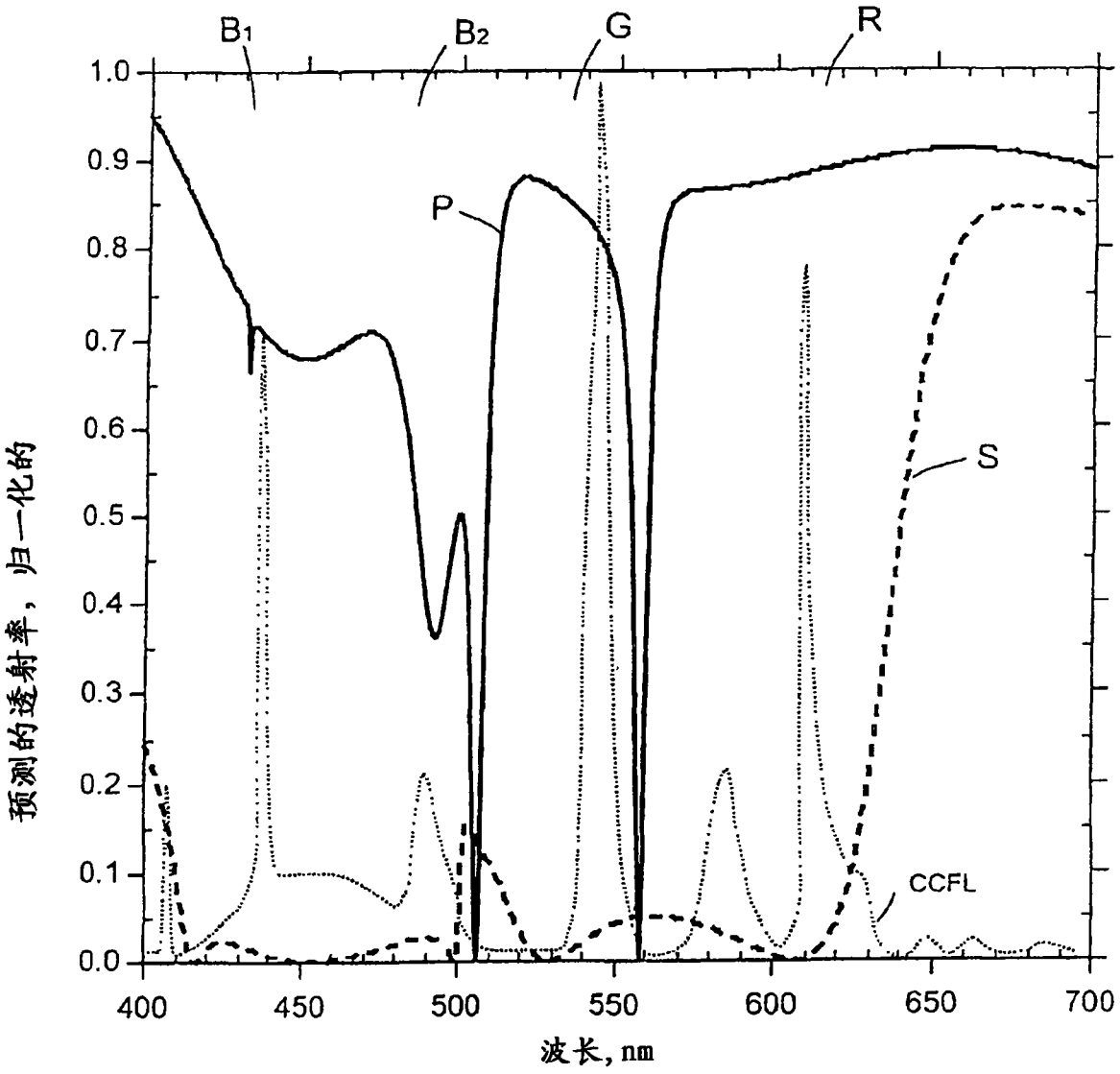

B1
B2
G
R
P
S
CCFL
预测的透射率，归一化的
波长，nm
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
400
450
500
550
600
650
700

图34