

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G02B 5/28

G02B 5/30 G02B 5/22

G02B 5/26



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 01814387.3

[43] 公开日 2004年8月4日

[11] 公开号 CN 1518671A

[22] 申请日 2001.2.6 [21] 申请号 01814387.3

[30] 优先权

[32] 2000. 8. 21 [33] US [31] 09/642,717

[86] 国际申请 PCT/US2001/003830 2001.2.6

[87] 国际公布 WO2002/016976 英 2002.2.28

[85] 进入国家阶段日期 2003.2.20

[71] 申请人 3M 创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

[72] 发明人 迈克尔·F·韦伯

罗杰·J·斯特哈斯基

蒂莫西·J·内维特

安德鲁·J·乌德科克

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责
任公司

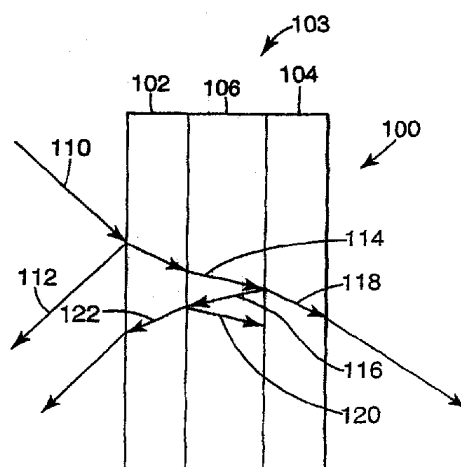
代理人 丁业平 王维玉

权利要求书5页 说明书24页 附图15页

[54] 发明名称 损耗增强的反射式滤光片

[57] 摘要

描述了滤光片及其制造，以及滤光片在光学装置比如偏振器和反射镜中的使用。该滤光片一般包括第一反射多层膜、第二反射多层膜、以及置于第一和第二反射多层膜之间的损耗性元件。



ISSN 1008-4274

1. 一种滤光片，包括：

第一反射元件；

5 第二反射元件，其中第二反射元件的谱带边缘在第一反射元件谱带边缘的大约 25nm 之内，以及

 损耗性元件，位于第一和第二反射元件之间，其中该损耗性元件在第一和第二反射元件中至少一个的谱带边缘内导致至少一些光损耗。

10

2. 根据权利要求 1 的滤光片，其中损耗性元件的谱带边缘在第一和第二反射元件中至少一个的谱带边缘的 25nm 内。

3. 根据权利要求 1 的滤光片，其中第一和第二反射元件的谱带边缘从光学密度为 0.3 延伸到光学密度为 2。

15

4. 根据权利要求 1 的滤光片，其中第一和第二反射元件的谱带边缘重叠。

5. 根据权利要求 1 的滤光片，其中损耗性元件的谱带边缘与第一和第二反射元件中至少一个的谱带边缘重叠。

20

6. 根据权利要求 1 的滤光片，其中损耗性元件叠压到第一反射元件上。

25

7. 根据权利要求 6 的滤光片，其中第二反射元件叠压到损耗性元件上。

8. 根据权利要求 1 的滤光片，其中在一个波长范围内，第一和第二多层反射膜基本上反射第一偏振方向的光，并且基本上透射第二

30

偏振方向的光。

9. 一种滤光片，包括：

第一多层反射膜；

5 第二多层反射膜，其中对于非偏振光，第一和第二多层反射膜各自的光学密度在相同的第一波长范围内至少为 1，该第一波长范围的宽度至少为 50 nm；以及

 损耗性元件，位于第一和第二多层反射膜之间，其中在没有第一和第二多层反射膜的情况下，该损耗性元件在第一波长范围内平均导致至少 5%的光损耗。

10

10. 根据权利要求 9 的滤光片，其中第一和第二多层反射膜各自包括聚合物多层光学膜。

15 11. 根据权利要求 10 的滤光片，其中第一和第二多层反射膜的聚合物多层光学膜每个都是多间距胆甾液晶膜。

 12. 根据权利要求 9 的滤光片，其中第一和第二多层反射膜各自包括无机多层光学膜。

20

 13. 根据权利要求 9 的滤光片，其中第一和第二多层反射膜基本上相同。

 14. 根据权利要求 13 的滤光片，其中第一和第二多层反射膜在第一波长范围内平均反射至少 95%的光。

25

 15. 根据权利要求 13 的滤光片，其中损耗性元件是吸收元件。

 16. 根据权利要求 15 的滤光片，其中吸收元件在第一波长范围内平均吸收至少 20%的光。

30

17. 根据权利要求 15 的滤光片，其中吸收元件在第一波长范围内的吸收率至少为 0.2。

5 18. 根据权利要求 15 的滤光片，其中吸收元件在第一波长范围内的吸收率至少为 0.5。

19. 根据权利要求 15 的滤光片，其中第一和第二多层反射元件反射红外光，吸收元件吸收红外光。

10

20. 根据权利要求 15 的滤光片，其中第一和第二多层反射元件反射紫外光，吸收元件吸收紫外光。

21. 一种滤光片，包括：

15

第一多层反射膜；

第二多层反射膜；以及

损耗性元件，位于第一和第二多层反射膜之间；

20

其中第一和第二多层反射膜限定反射波长范围，对于非偏振光，在没有损耗性元件的情况下，第一和第二多层反射膜各自的光学密度在该反射波长范围内至少为 1.5，以及，对于非偏振光，在没有第一和第二多层反射膜的情况下，损耗性元件的光学密度在该反射波长范围内至少为 0.1。

22. 一种滤光片，包括：

25

第一多层反射膜；

第二多层反射膜；以及

损耗性元件，位于第一和第二多层反射膜之间；

30

其中光学膜的光学密度在至少 50nm 的第一波长范围内为至少 2，在至少 50nm 的第二波长范围内不超过 0.3，并且其中，在没有第一和第二多层反射膜的情况下，损耗性元件在第一波长范围内平均导致至

少 5%的光损耗。

23. 一种产品，包括：

至少一个透明基片；以及

5 光学膜，位于所述至少一个透明基片的主表面之上，该光学膜包括：

第一多层反射膜；

第二多层反射膜；以及

损耗性元件，位于第一和第二多层反射膜之间。

10

24. 根据权利要求 23 的产品，其中所述至少一个透明基片包括至少一个透镜。

25. 根据权利要求 23 的产品，其中所述第一和第二多层反射膜
15 反射至少一部分红外光。

26. 根据权利要求 25 的产品，其中所述损耗性元件导致至少一部分红外光的损耗。

20

27. 根据权利要求 25 的产品，其中所述产品在从 700 至 1180nm 的波长范围内具有至少为 3 的光学密度。

28. 根据权利要求 24 的产品，其中透镜包括抗冲击塑料材料。

25

29. 一种滤光方法，包括：

通过滤光片进行滤光，该滤光片包括：

第一多层反射膜；

第二多层反射膜，其中对于非偏振光，第一和第二多层反射膜各自的光学密度在相同的第一波长范围内至少为 1，该第一波长范围的
30 宽度至少为 50 nm；以及

损耗性元件，位于第一和第二多层反射膜之间，其中在没有第一和第二多层反射膜的情况下，该损耗性元件在第一波长范围内平均导致至少 5%的光损耗。

损耗增强的反射式滤光片

5 发明的技术领域

本发明涉及滤光片以及制造和使用滤光片的方法。此外，本发明涉及既含有反射式元件也含有损耗性元件的滤光片以及制造和使用这种滤光片的方法。

10 发明背景

滤光片，包括，例如，光学反射镜和偏振器，能够用于多种装置中实现多种功能。在许多滤光片中，入射到装置上的部分入射光被反射或吸收，另一部分光透射。例如，IR 滤光片反射或吸收 IR 光，透射可见光。再例如，偏振器反射特定波带内具有一个偏振方向的光，
15 并透射具有垂直偏振方向的光。

许多参数可以用于描述滤光片的光学性能。被吸收或反射的波长或波长范围的透射率 T （或吸收率或反射率）可描述漏过滤光片的光量。光学密度定义为 $-\log_{10}T$ ，对比较低透射率的滤光片特别有用。在
20 某些应用中，希望或需要光学密度为 4（对应于 0.01%的透射率）或更大。

另一个参数为谱带边缘锐度（例如，从高透射率波长范围到低透射率波长范围的变化）。对于至少某些应用来说，希望或需要在 5、10、
25 或 20 nm 以下的波长范围内光学密度变化 2.5 以上。

吸收光学体已经用于许多这些应用。特别地，这些光学体包括沉积在基片（例如，玻璃基片或聚合物基片）上或沉积在基片内的吸收材料。通常这些吸收光学体的特征在于它们的吸收率百分比，指的是
30 沿穿过光学体的单一路径被吸收的光的百分比。令人遗憾的是，吸收

材料一般不具有尖锐的宽带吸收光谱。通常，吸收材料至少部分地吸收在所需透射波长范围内的光或者偏振光，并且其波长选择性不强。例如，吸收式 IR 或 UV 滤光片一般也吸收部分可见光。提高 IR 或 UV 吸收率导致可见光更高的吸收率。对于如护目镜或视窗处理等应用，
5 这一现象根据可见度要求会限制能够获得多大的 IR 或 UV 保护。此外，可见光吸收率一般不均匀，这会导致彩色外观。

宽带反射光学体能够使用例如多层薄膜技术制成。这些光学体的波长范围一般是膜层厚度范围的函数。光学体的反射率通过使用更多具有一定厚度的膜层而得到提高。为了获得高反射率，宽带光学体通常
10 需要控制形成很多薄膜。由于需要更多膜层来获得所需的光学参数，因而增加了制造光学体的成本和难度。

发明概述

15 一般地说，本发明涉及滤光片及其制造，以及滤光片在光学装置比如偏振器和反射镜中的使用。一个实施方案中，滤光片包括第一反射多层膜，第二反射多层膜，以及置于第一和第二反射多层膜之间的损耗性元件。对于非偏振光，第一和第二多层反射膜各自的光学密度在相同的波长范围内至少为 1。波长范围的宽度至少为 50nm。在没有
20 第一和第二多层反射膜的情况下，损耗性元件平均导致该波长范围内至少 5%的光损耗。此外，本发明涉及通过该滤光片以及下面描述的其他滤光片和产品进行滤光的方法。

在另一种实施例中，滤光片包括第一反射元件，第二反射元件，
25 以及置于第一和第二反射元件之间的损耗性元件。第二反射元件的谱带边缘在第一反射元件谱带边缘的大约 25 nm 范围内。损耗性元件在第一和第二反射元件中至少一个的谱带边缘内产生至少一定光损耗。在某些情况下，损耗性元件的谱带边缘在第一或第二反射元件谱带边缘的至少 25nm 内。在某些情况下，两个或多个所述谱带边缘重叠。

30

在另一种实施例中，滤光片包括第一反射多层膜，第二反射多层膜，以及置于第一和第二反射多层膜之间的损耗性元件。第一和第二多层反射膜限定了反射波长范围，对于非偏振光，在没有损耗性元件的情况下，第一和第二多层反射膜的光学密度在该波长范围内至少为 1.5。对于非偏振光，在没有第一和第二多层反射膜的情况下，损耗性元件的光学密度在反射波长范围内至少为 0.1。

在另一种实施例中，滤光片包括第一反射多层膜，第二反射多层膜，以及置于第一和第二反射多层膜之间的损耗性元件。光学膜的光学密度在至少 50nm 的第一波长范围内至少为 2，在至少 50nm 的第二波长范围内不超过 0.3。在没有第一和第二多层反射膜的情况下，损耗性元件平均吸收第一波长范围内至少 5%的光。

在另一种实施例中，一种产品包括至少一个透明基片和置于基片主表面上的光学膜。光学膜有第一多层反射膜，第二多层反射膜，以及置于第一和第二多层反射膜之间的损耗性元件。

上述本发明的概要并非用于描述本发明公开的每个实施例或每种实施例。附图和下面的详细描述只是举例说明了几种实施例。

20

附图简述

本发明可以通过下面结合附图对各实施例的详细描述得到更完全地理解。附图中：

25

图 1 是依照本发明一个实施例的滤光片的剖面图；

图 2 是依照本发明一个实施例的多层光学膜的剖面图；

图 3 是依照比尔定律 (Beer's law) 入射光小数吸收率 (y-轴) 与吸收材料折射率的虚部 (x-轴) 之间的关系曲线图，其中吸收元件的厚度为 2.1mm，光波长为 900nm， n'' 在 0 到 8×10^{-5} 之间变化；

图 4 是小数吸收率 (星号) 和归一化吸收率 (正方形) 与光学体吸收元件的反射率 (x-轴) 之间的关系曲线图，光学体具有置于吸收

元件之前的反射元件，其中吸收元件的厚度为 2.1mm，光波长为 900nm，吸收元件折射率的虚部为 2.4×10^{-5} ；

5 图 5 是光学密度（左侧 y-轴，正方形）和归一化吸收率（右侧 y-轴，星号）与光学体中第二反射元件的反射率（x-轴）之间的关系曲线图，光学体中第一反射元件的反射率为 0.95，在第一和第二反射元件之间没有吸收元件；

图 6 是光学密度（左侧 y-轴，正方形）和归一化吸收率（右侧 y-轴，星号）与图 1 滤光片中第二反射元件 104 的反射率（x-轴）之间的关系曲线图，滤光片中第一反射元件 102 的反射率为 0.95，吸收元件 106 的吸收率为 0.50；

图 7 是对于吸收元件 106 具有不同吸收率时光学密度（y-轴）与图 1 中滤光片的反射元件 102、104 的反射率（x-轴）之间的关系曲线图（正方形=0%的吸收率，X=15%的吸收率，圆=30%的吸收率，星号=45%的吸收率，三角=60%的吸收率）；

15 图 8 是对于吸收元件 106 具有不同吸收率时归一化吸收率（y-轴）与图 1 中滤光片的反射元件 102、104 的反射率（x-轴）之间的关系曲线图（正方形=0%的吸收率，X=15%的吸收率，圆=30%的吸收率，星号=45%的吸收率，三角=60%的吸收率）；

图 9 是三种商用的 UV 吸收体的光学密度（y-轴）与波长（x-轴）之间的关系曲线图，三种商用的 UV 吸收体为：Corning 8510 滤光片（Corning 有限公司，Corning, NY）（实线）；UF-5 丙烯酸 1/8"滤光片（ELF-Atochem, Philadelphia,PA）（虚线）；以及 UVNUL 3050（BASF, Portsmouth, VA）（点划线）；

25 图 10 是原 10.6 μm 的多层光学膜的模拟透射率（实线）和反射率（点划线）与波长（x-轴）之间的关系曲线图，该多层光学膜有 180 个聚对苯二甲酸乙二醇酯和乙烯-醋酸乙烯酯共聚物的交替层，具有 103.5 至 125.7nm 的厚度梯度；

图 11 是下面元件的光学密度（y-轴）与波长（x-轴）之间的关系曲线图，这些元件为：(a)UF-5 丙烯酸 1/8"滤光片（ELF-Atochem, Philadelphia, PA）（实线）；(b)图 10 所示两个多层光学膜的组合（虚线

30

/点划线); 以及(c)图 10 所示两个多层光学膜之间具有 UF-5 丙烯酸滤光片的组合(点划线), 其中线(b)和(c)均为基于模型计算得出的;

图 12 是下面元件的光学密度(y-轴)与波长(x-轴)之间的关系曲线图, 这些元件为: (a)UF-5 丙烯酸 1/8"滤光片(ELF-Atochem, Philadelphia, PA)(实线); (b) UF-5 丙烯酸滤光片与一个多层介电 UV 截止滤光片(截止波长 420nm, 特别订购, Unaxis Optics Deutschland, Germany)的组合(虚线); (c) 两个多层介电 UV 截止滤光片之间具有 UF-5 丙烯酸滤光片的组合(点划线);

图 13 是本发明第一实施例透镜组件的剖面示意图;
图 14 是本发明第二实施例透镜组件的剖面示意图;
图 15 是本发明第三实施例透镜组件的剖面示意图;
图 16 是本发明第四实施例透镜组件的剖面示意图;
图 17 是本发明第五实施例透镜组件的剖面示意图;
图 18 是本发明第六实施例透镜组件的剖面示意图;
图 19 是本发明第七实施例透镜组件的剖面示意图;
图 20 是本发明第八实施例透镜组件的剖面示意图;

图 21 是聚合物多层光学膜的测量光学密度(y-轴)和波长(x-轴)之间的关系曲线图, 聚合物多层光学膜包括 448 个聚萘二甲酸乙二醇酯共聚物(一种共聚物, 包括 90wt.%萘二甲酸酯单元和 10wt.%对苯二甲酸酯单元用于聚酯的羧酸酯部分)和聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)的交替层, 每一对层具有在大约 0.2 至 0.35 μm 范围内变化的近似线性的厚度梯度;

图 22 是三个吸收元件的折射率的虚部(y-轴)和波长(x-轴)之间的关系曲线图, 这三个吸收元件是: (a)Optifloat™ Blue 21, (b) Optifloat™ Green 58, 和(c) Optifloat™ Green 90, 均可从 Pilkington 公司(St. Helens, Great Britain)得到, 厚度为 2.1mm;

图 23 是图 22 所示三个吸收元件的光学密度(y-轴)和波长(x-轴)之间的关系曲线图;

图 24 是滤光片的测量光学密度(y-轴)和波长(x-轴)之间的关系曲线图, 这种滤光片由两个图 21 所示的聚合物多层光学膜叠压为

单个光学体而成；

5 图 25 是滤光片的测量光学密度（黑线）和计算光学密度（圆）（y-轴）与波长（x-轴）之间的关系曲线图，这种滤光片包括两个图 21 所示的聚合物多层光学膜及置于其间的图 22 所示的吸收元件 Optifloat™ Blue 21；

图 26 是滤光片的测量光学密度（黑线）和计算光学密度（圆）（y-轴）与波长（x-轴）之间的关系曲线图，这种滤光片包括两个图 21 所示的聚合物多层光学膜及置于其间的图 22 所示的吸收元件 Optifloat™ Green 58；

10 图 27 是滤光片的测量光学密度（黑线）和计算光学密度（圆）（y-轴）与波长（x-轴）之间的关系曲线图，这种滤光片包括两个图 21 所示的聚合物多层光学膜及置于其间的图 22 所示的吸收元件 Optifloat™ Green 90；

15 图 28 是滤光片的计算光学密度（y-轴）与波长（x-轴）之间的关系曲线图，这种滤光片中具有图 22 所示的吸收元件 Optifloat™ Green 90 位于两个图 21 所示的聚合物多层光学膜之前（圆）或之后（实线）。

20 本发明可以有多种改型和变化形式，其中的详细内容已经通过图中的实例示出，并将要进行详细描述。然而应当理解，本发明并不限于所描述的特定实施例。相反，本发明包括所有落在本发明的精神和范围内的改型、等同和替代。

示例性实施例的详细说明

25 本发明可用于滤光片及其制造，以及滤光片在诸如偏振器和反射镜等光学装置中的使用。但本发明并不限于此，通过下述实例讨论可以获得对本发明各方面的理解。

30 比如图 2 所示多层膜中各层的折射率 n_x 、 n_y 、 n_z 与选定的彼此垂直的轴相对应，使得 x 轴和 y 轴位于膜层所在平面，z 轴垂直于该平面。

5 不管光的偏振状态（例如，沿 x-、y-、或 z-轴线性偏振，右-或左-圆偏振，或特定取向的椭圆偏振）而具有相同折射率的材料称为“各向同性”。否则，材料称为“双折射”。如果材料的折射率 n_x 、 n_y 、和 n_z 中刚刚有两个相等，则这种材料称为“单轴双折射”。如果这三个折射率都不相等，则这种材料称为“双轴双折射”。

术语“面内双折射率”理解为面内折射率 n_x 和 n_y 之差的绝对值。

10 术语“聚合物”理解为包括聚合物和共聚物（用两种或多种单体形成），以及通过如共挤出或反应，包括转酯作用，可形成可混掺合物的聚合物或共聚物。除非另外指出，否则也包括嵌段共聚物和无规共聚物。

15 除非另有说明，否则术语“谱带边缘”是指滤光片的如下部分光学密度谱，其中在从高透射率到低透射率的过程中光学密度基本上稳定增大，或者从低透射率到高透射率时光学密度基本上稳定减小。应该了解，在与谱带边缘相关联的光学密度增大或减小的过程中可以出现一些波动。

20

谱带边缘的透射率范围通常随应用场合以及滤光片元件所使用的材料而变化。例如，对于许多反射元件，低透射率的值（按光学密度单位）可以为 0.1、0.3、0.5、0.7、或 1。高透射率的值（按光学密度单位）可以为例如 1、2、或 4。谱带边缘范围的实例包括 0.1 到 1，0.3 25 到 2，或 0.3 到 4。对于吸收元件和其他损耗性元件，低透射率的值（按光学密度单位）可以为，例如 0、0.05、0.1、或 0.3。高透射率的值（按光学密度单位）可以为，例如 0.5、1、1.5、2、或 4。对于吸收元件和其他损耗性元件，谱带边缘范围的实例包括 0 到 0.5，0 到 1，0.05 到 1，0.1 到 1，0.3 到 1，以及 0.3 到 2。

30

所有双折射和折射率的值均针对 632.8nm 光，除非另外指出。

这里描述的滤光片用作例如反射镜和偏振器，其至少在某种程度上取决于滤光片所选用的材料和滤光片中元件的结构。通常，滤光片包括损耗性元件，置于两个反射元件之间。图 1 示出滤光片 100 的一个实施例，并画出了其基本元件。可以增加其他元件或更改基本元件。滤光片 100 包括第一反射元件 102、第二反射元件 104，以及吸收元件 106。第一和第二反射元件 102、104 可以相同或不同。

吸收元件 106 是一种损耗性元件。吸收元件可以用其他损耗性元件代替或与这些损耗性元件一起使用，这些损耗性元件包括例如利用诸如散射原理以增加消光的损耗性元件。应当理解，这里讨论的关于使用吸收元件的设计考虑可以由本领域技术人员用于其他损耗性元件。

如图 1 所示，第一和第二反射元件以及吸收元件能作为一个整体结构形成。例如，三个元件（或其中的任何两个元件）能够固定、用光学粘合剂粘在一起、共同挤出成型、同时或顺次覆盖在基片（未示出）上，或用其他方式耦合。替代地，一个或多个元件可以与其他元件间隔开。

一般地，当光 110 射向滤光片 100 时，一部分光 112 被第一反射元件 102 反射，其余光 114 透射。透射光 114 透过吸收元件 106，其中一部分光被吸收。然后未吸收的光到达第二反射元件 104，一部分光 116 被反射，其余光 118 透射。反射光 116 向回传播通过吸收元件 106，再次有一部分光被吸收。然后光 116 到达第一反射元件 102，其中一部分光 120 被反射，一部分光 122 透射，如此下去。

通常，第一和第二反射元件 102、104 选取为反射特定反射带宽内的光或者具有特定反射偏振方向的光。然而，这些反射元件确实可

以使反射带宽内的一些光或者具有该反射偏振方向的一些光透射（例如泄漏）通过这些元件。吸收元件一般选取为吸收至少一部分漏过这些元件的光。

- 5 通常，与仅使用反射元件或吸收元件，或两个元件的组合（例如，两个反射元件或者一个反射元件和一个吸收元件），或除了吸收元件置于两反射元件之间以外的三个元件组合所获得的光学密度（OD）相比，图 1 的结构产生更高的光学密度。

10 光学密度定义为

$$OD = -\log_{10} I_t / I_0,$$

其中 I_t 是透过滤光片的光强， I_0 是入射到滤光片的光强，所述光具有所需带宽或位于特定波长处。图 1 的结构导致吸收元件吸收更多的光，原因是光被反射元件往回反射到吸收元件引起延伸的光路（例如，光路 116、120）。

用简单模型来说明多次反射，这里相位关系忽略或者平均化，并假设反射元件是无吸收性的，则对于特定波长 λ ，滤光片的透射 T 由下式给出：

$$T = \frac{(1 - R_1)(1 - R_2) \exp(-\alpha h)}{1 - R_1 R_2 \exp(-2\alpha h)}$$

其中 R_1 是第一反射元件对 λ 的反射率， R_2 是第二反射元件对 λ 的反射率， h 是吸收元件的厚度， α 是吸收元件的吸收率并根据比尔定律给出：

$$I = I_0 e^{-\alpha h}$$

其中 I_0 是入射到吸收元件的光强， I 是通过吸收元件传播距离 h 后的光强，

$$\alpha = \frac{4\pi n''}{\lambda},$$

以及， n'' 是吸收元件对波长 λ 的复折射率的虚部。对于滤光片的反射率 R 可以导出类似的表达式：

$$R = \frac{R_1 + R_2(1 - 2R_1)\exp(-2\alpha h)}{1 - R_1R_2\exp(-2\alpha h)}。$$

5

滤光片的吸收率 A 由下式给出：

$$A = 1 - R - T。$$

利用这种简单模型，能够估算各种滤光片的透射率、反射率和吸收率。例如，对于特定波长，反射元件的反射率为 98%，吸收元件的吸收率为 50%（即， $\exp(-\alpha h) = 0.5$ ），则两个反射元件的组合具有 1.01% 的透射率，一个反射元件和一个吸收元件的组合具有 1% 的透射率。在这两种情况中，光学密度约为 2。相反，根据该模型，图 1 中滤光片的透射率约为 0.02%，对应的光学密度约为 3.7。

15

吸收元件在两个反射元件之间的增强组合导致光学密度和吸收性能的增强，这是通过仅用一种元件或者用其他元件结构实现不了的。应该注意到，通过最好以其它方式（例如，在第二反射元件和第三反射元件之间增加第二吸收元件）增加附加的吸收元件或反射元件，可实现进一步的增强。

20

比尔定律预测了一层中吸收的效果。当反射元件 102、104 从图 1 所示的结构中去除时，只留下单一的吸收元件 106。图 3 中提供了一个例子，说明增大折射率的虚部 n'' 如何影响沿单一路径穿过层而被吸收的光的百分比。

25

为了在数量上描述滤光片中得到增强的吸收率的程度，其中滤光片包含吸收元件和反射元件，首先进行对这种系统中吸收效率的测量是非常有用的。当滤光片包括反射元件 102 和吸收元件 106，而不包括另一个反射元件 104 时，可被吸收的入射光量减少了由反射元件 102

30

所反射的光量。因此，对吸收元件吸收效率的较好测量方法是定义归一化吸收率 A_{norm} ，其为通过反射元件的透射能力 T 使滤光片的吸收率 A 归一化（即， $A_{norm} = A/T$ ），其中反射元件位于吸收元件之前。这里假定反射元件中没有吸收损耗。根据该定义，为确定吸收元件的吸收效率，将反射元件阻止光到达吸收元件的效果进行归一化。这示于下面图 4 中，其中吸收元件厚度为 2.1mm， $n'' = 2.4 \times 10^{-5}$ ，反射元件 102 具有如图 4 的 x 轴给出的反射率。

图 5 和图 6 示出对于图 1 中的滤光片，有效吸收率和光学密度怎样取决于反射元件 102 和 104 的反射率以及吸收元件 106 的性能。图 5 说明没有吸收元件时，随着第二反射元件反射率增大，两反射元件的组合仅仅在边缘增大光学密度。在这种情况下，归一化吸收率当然为零。然而，如图 6 所示，当吸收元件以例如 50% 的吸收率吸收光时，第二反射元件 104 反射率的增大对光学密度和归一化吸收率具有显著的影响。对于反射率为 0.95（反射元件 102）和反射率为 0.99（反射元件 104）的反射元件组合，光学密度增大到 4 时，归一化吸收率接近 90%。

图 7 和图 8 表示图 1 中滤光片在吸收元件 106 具有不同吸收能力时的一系列估算性能曲线，其中反射元件 102，104 具有一系列反射率。图 7 表示光学密度性能，而图 8 表示夹在两反射元件之间的吸收元件的归一化吸收率。

滤光片可用于多种用途，特别是用于滤除不需要的光。例如，滤光片可以用作 IR、UV、或可见光滤光片或偏振器。能从这些滤光片的使用中获益的产品实例包括下列各项，如，UV 或 IR 感光膜或其他物体、偏振护目镜和视窗、激光保护护目镜、以及用于电子信息显示器的高消光偏振器。

反射元件

虽然通常可以使用任何反射元件，但是对于多种应用优选的反射元件是多层光学膜。适当的多层光学膜的实例包括无机多层光学膜、聚合物多层光学膜、以及多间距胆甾液晶膜，这些多层光学膜具有一个或多个下面的特性，这些特性使它们特别适合于各种应用：重量轻、可弯曲、可成型、良好的斜角色彩、低模糊度、以及反射波长范围之外的高透射率。

图 2 示出一种多层光学膜 10，如聚合物多层光学膜或无机多层光学膜，能用作例如光学偏振器或反射镜。膜 10 包括一个或多个第一光学层 12，一个或多个第二光学层 14，以及，可选地，一个或多个非光学层 18。非光学层 18 可以置于光学膜的表面，例如作为表层，或置于两光学层之间，例如用以在制造过程中或其后提供支承。

第一和第二光学层 12、14 选取为使得第一光学层 12 的至少一个面内折射率不同于第二光学层 14 的（相同方向的）折射率。特别地，光学层 12、14 以及，可选地，一个或多个非光学层 18 交替插入以形成叠层 16。光学层 12、14 通常排列为交替的层对，如图 2 所示，从而在不同光学性能的层之间形成一系列交界面。特别地，光学层 12、14 不超过 $2\mu\text{m}$ 厚，在一些实施例中，不超过 $1\mu\text{m}$ 厚。

尽管图 2 仅示出六个光学层 12、14，但是多层光学膜 10 可以有很多光学层。适当的多层光学膜的实例包括具有大约 2 至 5000 个光学层。通常，多层光学膜有大约 25 至 2000 个光学层，典型有大约 50 至 1500 个光学层或大约 75 至 1000 个光学层。尽管图 2 仅示出一个单独的叠层 16，但是应当理解，多层光学膜 10 可以由多个叠层制成，它们顺次组合形成膜 10。另外的光学层组合，与第一和第二光学层 12、14 类似，也可以用在多层光学膜 10 中。这里公开的适于第一和第二光学层组合的设计原理也适用于任何其他的光学层组合。

一般地，特定交界面的最高反射率发生在等于形成交界面的一对

光学层 12、14 的组合光学厚度为两倍的波长处。光学厚度描述了从一对光学层的下表面和上表面反射的光束之间的光程差。对于以 90 度入射到光学膜平面的光（垂直入射光），两层的光学厚度为 $n_1d_1+n_2d_2$ ，其中 n_1 、 n_2 是两层的面内折射率， d_1 、 d_2 是对应层的厚度。

5 该式可用于根据每层的面内折射率为垂直入射光调整光学层。在其他角度，光程取决于穿过层所经的距离（大于层的厚度）以及层的三个光轴中至少两个的折射率。关于倾斜入射光的详述可以在 Weber 等人（科学，287，5462（2000））一文中获得。层 12、14 各自都可以是四分之一波长厚度，或者层 12、14 可以具有不同的光学厚度，只要

10 其光学厚度之和是波长的一半（或者是其奇数倍）。多于两个光学层的膜可以包括具有不同光学厚度的光学层，用以在波长范围内提高膜的反射率。例如，膜可以包括成对或者成组的层，这些层单独调整从而使特定波长的垂直入射光实现最佳反射。在一些实施例中，多层反射元件的各层具有厚度梯度。厚度梯度可以单调递增或递减，或者该

15 梯度可以具有厚度增大和减小的区域。

反射元件的反射波长范围可以根据应用场合进行选取。反射波长范围的特征在于其波长范围，对于该波长范围，大多数波长对应的光学密度（仅有反射元件的）超过临界值。优选地，在反射波长范围内

20 至少 80%，更优选地，至少 90%，最优选地，至少 95% 的波长对应的光学密度超过临界值。在一些实施例中，例如，在至少一些激光保护应用中，反射波长范围内 100% 的波长对应的光学密度超过临界值。特别地，光学密度的临界值，至少部分地，取决于应用场合和滤光片的其他部件（例如，吸收元件）。例如，光学密度的临界值可以选取

25 为至少是 1、1.5、2、2.5、3 或更大。波长范围的大小取决于用作制造反射元件和吸收元件的材料，也取决于它们的厚度和层的排列。滤光片可以制造成具有至少 50、100、200、和 400nm 的反射波长范围。

一般地，用于 IR 滤光片中的反射膜的反射波长范围包括 700 至

30 5000nm 范围的某一部分，优选地包括 780 至 1200nm 范围的某一部分。

对于 UV 滤光片，特别地，反射波长范围包括至少从 200 至 410nm 范围的一部分。

5 当滤光片构造为反射两种偏振光时，第一光学层的面内折射率一般基本上不同于第二光学层的相应面内折射率。在一个实施例中，第一和第二光学层具有不同的各向同性折射率。在另一个实施例中，第一光学层、第二光学层、或者第一和第二光学层均为双折射，且第一光学层的面内折射率不同于第二光学层的相应面内折射率。

10 另一方面，滤光片可以构造为优先反射一种偏振光（例如，滤光片基本上反射一种偏振光，并基本上透射与该偏振方向正交的偏振光）。在该实施例中，第一光学层、第二光学层，或者第一和第二光学层均为双折射。特别地，对于这些滤光片，第一光学层的一个面内折射率基本上等于第二光学层相应的面内折射率。

15

无机多层滤光片在例如，H.A.Macleod, 薄膜滤光片, 第二版, Macmillan 出版公司 (1986) 和 A.Thelan, 光学干涉滤光片的设计, McGraw-Hill, 有限公司 (1989) 中有描述。

20 用于滤光片中的聚合物多层光学膜在, 例如 PCT 公开 WO95/17303; WO95/17691; WO95/17692; WO95/17699; WO96/19347; 和 WO99/36262 中有描述。一种商业可获得形式的多层反射偏振器由 3M (St.Paul, Minnesota) 作为双重亮度增强膜 (DBEF) 进行销售。聚合物多层光学膜通常利用具有不同折射率的聚合物材料的交替层形成。
25 通常可采用任何聚合物, 只要聚合物在透射波长范围内比较透明。对于偏振应用, 用聚合物形成的第一光学层、第二光学层、或两者由双折射聚合物或者能使之双折射的聚合物制成。双折射聚合物也可以用在非偏振应用中。

30 包括许多聚酯的某些聚合物, 例如在 PCT 公开 WO95/17303;

WO95/17691; WO95/17692; WO95/17699; WO96/19347; 和
WO99/36262 中描述的那些聚合物, 能通过例如向所需的一个或多个
方向拉伸由聚合物制成的层(或者更典型地, 整个光学膜)而使之发生
5 双折射。聚合物层可以通过例如向单一的方向拉伸层或膜而成为单
轴取向。一般地, 双折射膜、单轴取向膜表现出两种光束的透射率和/
或反射率之间的差异, 这两种光束分别为偏振面平行于取向方向(即,
拉伸方向)的入射光束和偏振面平行于横向方向(即与拉伸方向正交
10 的方向)的光束。例如, 当可取向的聚酯膜沿 x 轴拉伸时, 典型的结
果是 $n_x \neq n_y$, 其中 n_x 和 n_y 分别是在一个平面内偏振光平行于“x”和
“y”轴的折射率。沿拉伸方向折射率的变化程度取决于下面的因素,
例如, 拉伸量、拉伸速度、拉伸过程中膜的温度、膜的厚度、膜厚度
的变化、以及膜的成分。在其他实施例中, 通过向两个不同方向拉伸
膜而使第一光学层 12 成为双轴取向。向两个方向拉伸光学膜导致在
两个选定垂直轴上的网状对称或不对称拉伸。

15

偏振光学膜可以由单轴取向的第一光学层 12 和具有各向同性折
射率的第二光学层 14 组合制成, 第二光学层的各向同性折射率约等
于取向层的一个面内折射率。另外, 光学层 12、14 都可以由双折射
20 聚合物形成, 并通过多次拉伸处理而取向, 从而使得沿一个面内方向
的折射率近似相等。反射率可通过增加层数或增大第一和第二光学层
12、14 之间的折射率差而得到提高。

构成非偏振光学膜的实例是双轴取向的光学层 12 与第二光学层
14 的组合, 其中第二光学层 14 的折射率与双轴取向层的两个面内折
25 射率都不同。由于两光学层 12、14 之间折射率失配, 光学膜通过反
射具有任一偏振方向的光进行工作。这种光学膜也能由面内折射率明
显不同的各单轴取向层的组合来获得。也可以使用其他已知的用于生
产反射镜和偏振器的方法和层的组合。上面讨论的那些特定组合只是
例子。

30

胆甾液晶光学膜在例如美国专利 5,793,456, 美国专利 5,506,704, 美国专利 5,691,789, 以及欧洲专利申请公开 EP940705 中有描述。一种商标为 TRANSMAX™ 的胆甾反射偏振器由 Merck 公司销售。胆甾液晶光学膜在特定带宽的光波长范围内基本上反射一种圆偏振光（例如，左或右圆偏振光），并基本上透射其他圆偏振光（例如，右或左圆偏振光）。这一特性描述了垂直入射到胆甾液晶材料导向器上的光的反射或透射。特别地，以其他角度入射的光由胆甾液晶材料进行椭圆偏振。

胆甾液晶光学膜的间距是确定胆甾液晶反射的光的中心波长和光谱带宽的重要因素。在聚合物和无机多层光学膜中，这些光学膜的间距类似于层厚度。特别地，使用一定范围内的多个间距值可增大光学膜的带宽。具有多个间距值（例如，用以增大带宽）的胆甾液晶光学膜可以通过叠压胆甾液晶光学膜来形成，这些胆甾液晶光学膜用不同材料或相同材料的不同组合制成。另一种可选的方案为通过改变通过一个或多个层中每层的间距来形成光学膜。不同的间距值充当反射不同波长光的不同光学层，使得多间距胆甾液晶光学膜类似于多层光学膜。

此外，特定间距的胆甾液晶光学层的厚度类似于聚合物多层光学膜和无机多层光学膜的层数。一般地，较厚的胆甾液晶光学层产生较高的反射率。

吸收元件

通常，任何光学吸收结构都可用作吸收元件，这取决于，至少部分取决于吸收和透射的所需波长。吸收元件的实例包括光吸收材料，例如，置于支承基体中或支承基片上的染料、颜料、或墨水。例如，光吸收材料可以置于聚合物基体或玻璃基体中，或者置于聚合物基片或玻璃基片上。

30

适合的吸收元件包括玻璃滤光片，如可从 Schott Glass Technologies 有限公司 (Duryea, PA)，获得的那些滤光片，包括 KG 系列热控制滤光片，它强烈地吸收近红外线，但是对可见光是比较透明的。Gentex 公司 (Carbondale, PA) 制造有商标为 Filtron™ 的塑料滤光片。此外，掺杂染料的聚碳酸酯或丙烯酸薄片吸收覆盖可见光和 IR 的各种波长。多种 IR 和可见光吸收染料可从 Epolin 有限公司 (Newark, NJ) 获得。Epolite™ 系列包括具有良好热稳定性的染料，可利用例如聚碳酸酯注射成型。其他染料具有广泛的溶解度，推荐作为溶液涂层。可选的吸收材料包括染料，如炭黑和氧化铁。这些可以掺入玻璃或者聚合物宿主基体中。实例包括掺入氧化铁的玻璃，如 Optifloat™ Blue 21, Optifloat™ Green 58, Optifloat™ Green 90 玻璃，可从 Pilkington 公司 (St.Helens, Great Britain) 获得。

光吸收材料的选择依据下面参数进行，如光吸收材料的吸收光谱、成本、处理能力、稳定性、以及与滤光片中其他元件的兼容性。优选地，选择在需要反射/吸收的波长范围内平均吸收率至少约为 5%、10%、20%、30%、或 50% 的光吸收材料。更优选地，光吸收材料在希望被透射的波长范围内具有相对低的平均吸收率（例如，不超过 40%、20%、10%、5%、或 1%）。然而，应意识到适用于宽带吸收元件的许多光吸收材料在相对广的波长范围内具有实际的吸收率，或者在部分透射和反射波长范围内具有相对恒定的吸收率。与仅使用吸收元件或者吸收元件和一个反射元件同时使用相比，吸收元件位于两反射元件之间的这种组合允许使用更少的掺入物。特别地，图 1 示出的组合在希望被透射的波长处产生较低的吸收率。

25

对于偏振应用场合，偏振吸收元件是有用的。偏振吸收元件优先透过一种偏振光。特别有用的偏振吸收元件是具有取向的、包含染料的聚乙烯醇 (PVA) 膜。这种膜及其用作偏振吸收元件的实例在例如美国专利 4,895,769 和 4,659,523 和 PCT 公开 WO95/17691 中有记载。特别地，为了发挥吸收偏振器的作用，可以拉伸聚乙烯醇膜使膜具有

30

一定取向。当膜用偏振染料或颜料着色时，膜的取向决定了膜的光学性能（例如，消光轴）。

其他损耗性元件

5 可以使用其他损耗性元件，包括，例如利用散射或者散射与吸收组合的损耗性元件。例如，根据颗粒大小，用于滤光片中的颜料或其他颗粒能够散射光束。尽管这可能导致附加的模糊，但是散射损耗一般相当于吸收损耗。通常，散射只与慢波长相关，对于较短的波长散射一般更强。根据散射颗粒的形状，散射可以与偏振相关。

10

其他元件和涂层

 各种可使用的层或涂层可以添加到本发明的滤光片以改变或提高它们的物理或化学性能，特别是沿滤光片的表面。这种层或涂层包括例如润滑剂、低粘结力背底材料、导电层、抗静电涂层或膜、阻挡层、
15 阻燃剂、UV 稳定剂、抗磨损材料、光学涂层、和/或基片，它们设计为提高膜或装置的机械特性或强度，如 WO97/01440 中所述。其他涂层和层包括防雾化涂层（例如，UV 固化硅聚合物，如 3M 公司（St. Paul, MN）的 Photogard™）以及全息反射器，如在美国专利 4,830,441 和 5,198,911 中所述。

20

滤光片

 滤光片用于吸收/反射特定波长范围内或具有特定偏振方向的光。这种滤光片可以用于，例如，滤除有害的 IR 或 UV 光而通过可见光。滤光片的低透射波长范围根据应用场合选择。低透射波长范围的特征在于其波长范围，对于该波长范围，大多数波长对应的光学密度
25 （仅有反射元件的）超过临界值。优选地，在反射波长范围内至少 80%，更优选地，至少 90%，最优选地，至少 95% 的波长对应的光学密度超过临界值。在一些实施例中，例如，在至少一些激光保护应用中，低透射率波长范围内 100% 的波长对应的光学密度超过临界值。
30 例如，光学密度的临界值可以选取为至少 1、1.5、2、2.5、3 或更大。

低透射率波长范围的大小取决于制造反射元件和吸收元件的材料，也取决于它们的厚度和层的排列。滤光片可以制造成具有至少 50、100、200、和 400nm 的反射波长范围。

5 为了获得这里的增强滤光效果，第一和第二反射元件 102、104 的反射波长区域至少有部分重叠。重叠宽度一般至少为 50nm。在某些实施例中，重叠宽度为 100nm、300nm、500nm、或 1000nm 或更宽。通常，吸收元件 106 吸收反射波长中至少部分重叠区域的光，并且至少在某些实施例中，吸收整个重叠区域的光。在反射波长的重叠区域
10 中，一般地，每个反射元件在该重叠区域中具有例如 1、1.5、2、或更大的光学密度。吸收元件在重叠区域中具有 0.1、0.3、0.5、1、或更大的光学密度。这些元件的光学密度一般取决于应用场合和用于特定元件的材料。下面的实施例说明滤光片的某些应用。

15 尖锐谱带边缘滤光片

 光学膜的某些应用，例如，滤光应用，需要或者能够得益于尖锐的反射或吸收谱带边缘（例如，在窄波长范围内，如 10、20、或 30nm，从高反射或高吸收到高透射过程中的急剧变化）。如所示的实施例，
20 红外光纤装置要求滤光片选择性地反射和透射间隔例如 5、10、或 20nm 波长的光。这将苛刻的负担施加在滤光片上，因为它要求在某波长处具备高消光或高反射性能，并要求在紧密间隔的波长处具备高透射性能。

 在另一个示出的实施例中，紫外光（UV）滤光片用于阻挡 UV
25 光，例如用以防止本底材料的退化。优选地，UV 滤光片阻挡至少 99%（以及，更优选地，至少 99.99%）的 410nm 以下波长的光。许多能够实现这一目标的传统滤光片带有吸收/反射的尾部，延续至少 10 到 40nm 而进入可见光波长范围内。图 9 说明几种商用 UV 吸收滤光片的吸收光谱，画出了吸收尾部。尽管蓝色波长中吸收率/反射率低，但是正是这个量使滤光片具有黄色外观，在某些情况下，这既不美观，
30

在功能上也有害。

尖锐谱带边缘滤光片可以通过选择谱带边缘延伸部分互相接近（例如，在 50、20、或 10nm 内）的第一和第二反射元件而形成。特别地，吸收元件在接近（例如，在 50、20、或 10nm）所需谱带边缘处具有至少 5%、10%、30%、50%、或 60%的吸收率。术语“谱带边缘”指的是滤光片的一部分光学密度谱，从低透射率到高透射率的过程中光学密度基本上均匀增大，或者从高透射率到低透射率的过程中光学密度基本上均匀减小。应当理解与谱带边缘有关的光学密度增大或减小的过程中也可以有一些波动。

一般地，谱带边缘的透射率范围根据应用场合和元件所用的材料而发生变化。例如，对于许多反射元件，低透射率的值通常为 0.1、0.3、0.5、0.7 或 1。高透射率的值例如为 1、2、或 4。透射率范围的实例包括 0.1 至 1，0.3 至 2，或 0.3 至 4。对于吸收和其他损耗性元件，低透射率通常为 0、0.05、0.1、或 0.3。高透射率为 0.5、1、1.5、2、或 4。透射率范围的实例包括 0 至 0.5，0 至 1，0.05 至 1，0.1 至 1，0.3 至 1，和 0.3 至 2。

在某些实施例中，谱带边缘处的光学密度在 20、10、5、或 1 nm 发生 1 个单位的平均变化。作为替代，谱带边缘可以限定为透射率例如为 50%或 10%的波长。

不同元件的谱带边缘（单位 nm）之间的距离与两谱带边缘的波长最小差值相对应。通常，为了获得尖锐的谱带边缘，两个反射元件 102、104 的谱带边缘彼此都在 10、25、或 50nm 内。在某些情况下，两谱带边缘在两谱带边缘的波长范围重叠处重叠。优选地，至少一个反射元件的谱带边缘（以及，更优选地，两反射元件的谱带边缘）与吸收元件的谱带边缘间隔不超过 10、25、或 50 nm，或者谱带边缘重叠。

图 10 示出多层聚合物光学膜的模拟透射率和反射率光谱，这种多层聚合物光学膜具有聚双苯二甲酸乙二醇酯（PET）和乙烯-醋酸乙烯酯共聚物（EVA）制成的交替层。图 11 示出以下元件的模拟消光光谱：a)商业滤光片，b)两个叠压在一起的图 10 中的模拟多层聚合物光学膜，以及 c)商业滤光片位于两个多层聚合物光学膜之间的这种组合。如上所述，滤光片/多层聚合物光学膜组合具有明显更尖锐的谱带边缘（例如，光学密度从 2 变为 0.3 的过渡区）。

如另一个实施例所示，图 12 示出下面元件的吸收光谱 a)商业滤光片，b)商业滤光片和一个商业反射膜的组合，以及 c)商业滤光片位于两个商业反射膜之间的组合。并且，滤光片位于两个反射膜之间的这种组合的谱带边缘明显更窄了（例如，光学密度从 2 变为 0.1 的过渡区）。

激光滤光片应用

大功率激光装置在工业、研究、运输、瞄准、鉴定、商业、以及其他定位领域的应用日益普遍。这些激光给激光器附近的人眼造成严重的危害。许多方法已经用于防止有害的激光辐射到达人眼。其中一种方法是使用一种透明聚合物，该聚合物中掺有吸收激光辐射的染料或其他材料。尽管激光滤光片设计为阻挡指定的窄波带，但是可调激光器或其他类型激光器的使用仍需要宽带防护。然而，宽带吸收滤光片的使用通常也降低了可见光的透射率。例如，光学密度大于 4 的宽带 IR 吸收膜其可见光透射率 T_{vis} 低于 40%。

这里 T_{vis} 定义为对于标准的 1931 CIE 2-度观察者计算的适光透射率。透射率光谱 $T(\lambda)$ 与适光加权函数 $V(\lambda)$ （由 CIE 在 1931 年为 2-度视场的观察者定义的）相乘，并且与 CIE 定义的 D65 光源的光谱密度 $S(\lambda)$ 相乘，并在所有可见光波长范围内（380-780nm）积分： $T_{vis} = \int T(\lambda)V(\lambda)S(\lambda)$ 。然后所得的结果除以无滤光片计算的适光透射率，即

$T(\lambda)=1$ ，进行归一化处理。 T_{vis} 的其他定义也可利用，并根据特定应用场合进行使用。

上述多层反射元件，包括聚合物多层光学膜和胆甾液晶光学膜，
5 可用于激光保护护目镜和其他应用中，如视窗和飞行器罩。图 13-20
示出许多用于激光保护护目镜和其他应用的可能的透镜组合结构。特别地，护目镜包括置于基片 302 上的多层反射元件 301。基片 302 可以用任何透镜材料或其他透明表面形成，包括能够提供抛射保护的抗冲击材料，如聚碳酸酯。多层反射元件 301 使用例如光学粘合剂设置在透镜或多个透镜或其他透明表面上。反射元件使用聚合物多层光学
10 膜的优点在于这些膜通常能够形成并设置在曲面透镜上。

其他光学层、膜、以及涂层，例如，抗雾化层 303（图 13-20）、
抗划痕层 304（图 13-20）、吸收层 305（图 14 和 19）、无机多层光学
15 膜 306（图 15）、全息反射层 307（图 16），以及其他层、膜、和涂层，
都能够应用于透镜或多个透镜或其他透明表面。

在某些情况下，可以不用基片而使用多层反射元件 301，如图 18
所示。在其他实施例中，如图 17、19 和 20 所示，第二多层反射元件
20 311 置于第一多层反射元件 301 上，可选地，吸收元件 305 或非吸收
空腔（未示出）置于两反射元件 301、311 之间。可选地，第二基片 312
用于提供更大的支承或附加的抛射防护，如图 20 所示。除护目镜比
如眼镜、防护镜、遮光板、以及面罩之外，图 13 至 20 示出的组件适于
和视窗、飞行器罩、以及其他类似的产品一起使用。

25

如上所述，吸收元件置于两反射元件之间的这种组合，可用于获得高光学密度和良好的可见光透射率。图 21 至 28 示出几个滤光片的测量光学密度谱和计算光学密度谱以及其他性能。反射元件是带有 448
个聚萘二甲酸乙二醇酯共聚物（一种共聚物，包括 90wt.% 萘二甲酸
30 酯单元和 10wt.% 对苯二酸酯单元用于聚酯的羧酸酯部分）和聚甲基

丙烯酸甲酯 (PMMA) 交替层的聚合物多层光学膜。这些层分成两组，每组包括 224 层。第二组的厚度约为第一组的 1.3 倍。两组均具有线性厚度梯度，最后一个聚萘二甲酸乙二醇酯共聚物层的厚度是第一个聚萘二甲酸乙二醇酯共聚物层的 1.4 倍，且层对的厚度范围在约 0.2 到 0.35 μm 。这种聚合物多层光学膜在从大约 750 到 1200nm 的波长范围内光学密度大于大约 1.5。这些反射元件的测量光学密度谱示于图 21。

三种不同的吸收元件用于下面的实例中：可从 Pilkington 公司 (St. Helens, Great Britain) 获得的玻璃 Optifolat™ Blue 21, Optifolat™ Green 58, 和 Optifolat™ Green 90。每个吸收元件的色散值 n'' (折射率的虚部) 和光学密度谱分别示于图 22 和 23。

图 24 示出图 21 中两反射元件组合的测量光学密度谱，这两个反射元件叠压成单个滤光片。在这种情况下，两反射元件组合的光学密度相对单个反射元件 (参见图 21) 仅有稍微提高。

图 25 示出对图 1 所示结构的测量光学密度谱和计算光学密度谱的比较结果，其中吸收元件 106 是 Optifolat™ Blue 21。在这种情况下，Optifolat™ Blue 21 吸收元件在 900 至 1500nm 波长范围内的中等吸收率对该波长范围的光学密度提供了显著增长，同时使可见光区域的透射率相当高 ($T_{\text{vis}} = 70\%$)。

图 26 示出对图 1 所示结构的测量光学密度谱和计算光学密度谱的比较结果，其中吸收元件 106 是 Optifolat™ Green 58。这里，Optifolat™ Green 58 吸收元件的损耗增大 (与 Optifolat™ Blue 21 吸收元件相比) 导致在反射元件的高反射区域内有大致更高的光学密度。可见光透射率保持相当高 ($T_{\text{vis}} = 66\%$)。

图 27 示出对图 1 所示结构的测量光学密度谱和计算光学密度谱

的比较结果，其中吸收元件 106 是 Optifolat™ Green 90。这里，在高反射区域内光学密度平均值约为 4，表明与没有吸收层的两个叠压反射器相比光学密度增大了约 1.5 至 2。在从 750 到 1180nm 延伸的波长范围内测量光学密度大于 3.5。伴随 IR 透射率显著降低的好处，可见光透射率仅有轻微的降低，但仍保持相当高 ($T_{vis} = 64\%$)。如图 25、26、和 27 所示的那些宽范围吸收颜料与 IR 特定染料相比成本更低，并且与反射元件形成组合时为获得所需的光学密度需要较少的颜料。

图 1 所示滤光片结构的特点可从图 28 看出。这里，三个元件按两种其他的结构排列，吸收/反射/反射（用圆圈表示）和反射/反射/吸收（用线表示）。这两种结构的计算光学密度谱与两个反射元件没有吸收元件的情况几乎没有区别。

本发明不应理解为局限于上述特定实施例，而应当理解为覆盖了本发明如所附权利要求书中准确给出的所有方面。各种改型、等同方法，以及本发明适用的多种结构对本领域技术人员来说，在本发明的教导下考虑了本说明书之后则是显而易见的。

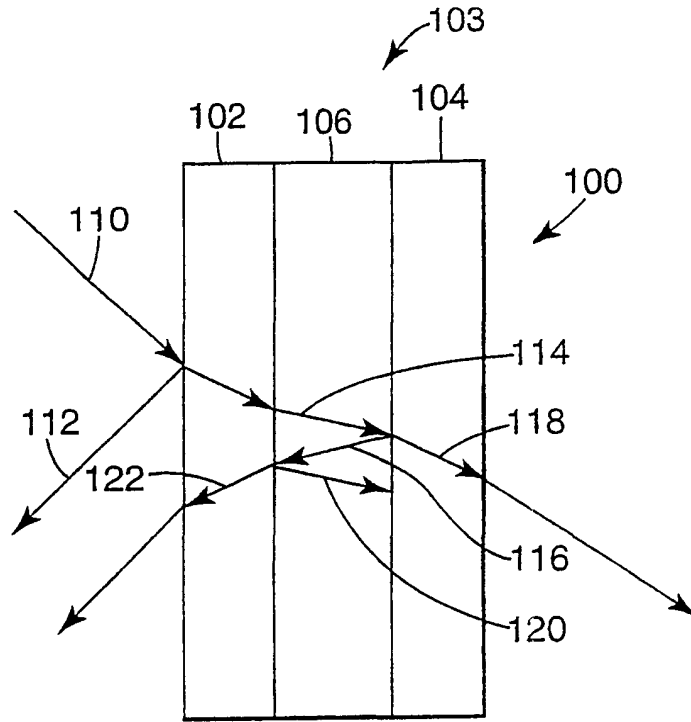


图1

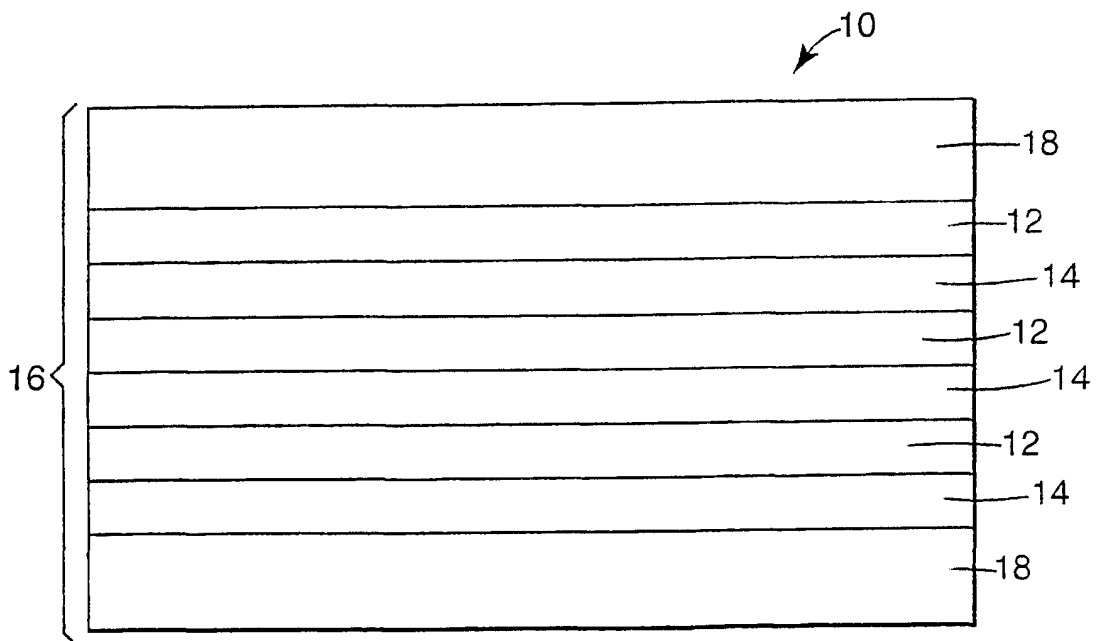


图2

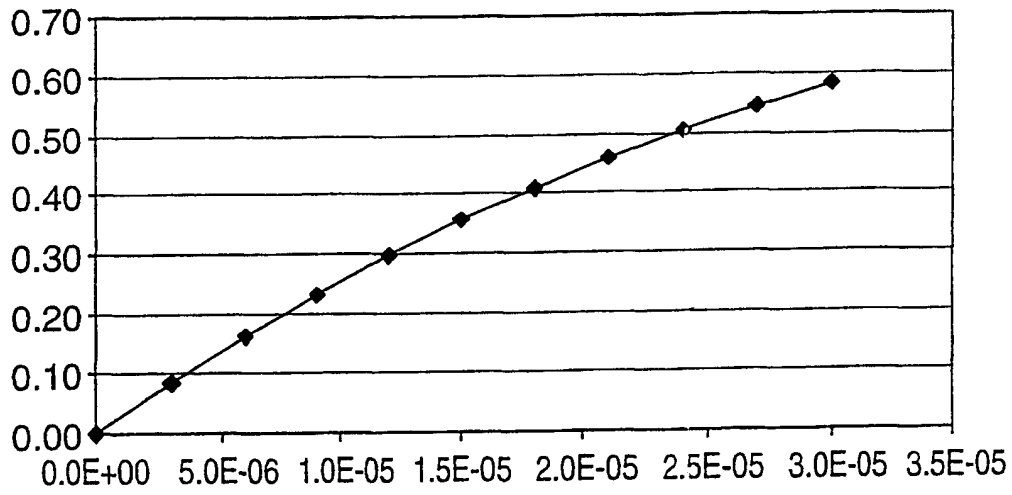


图3

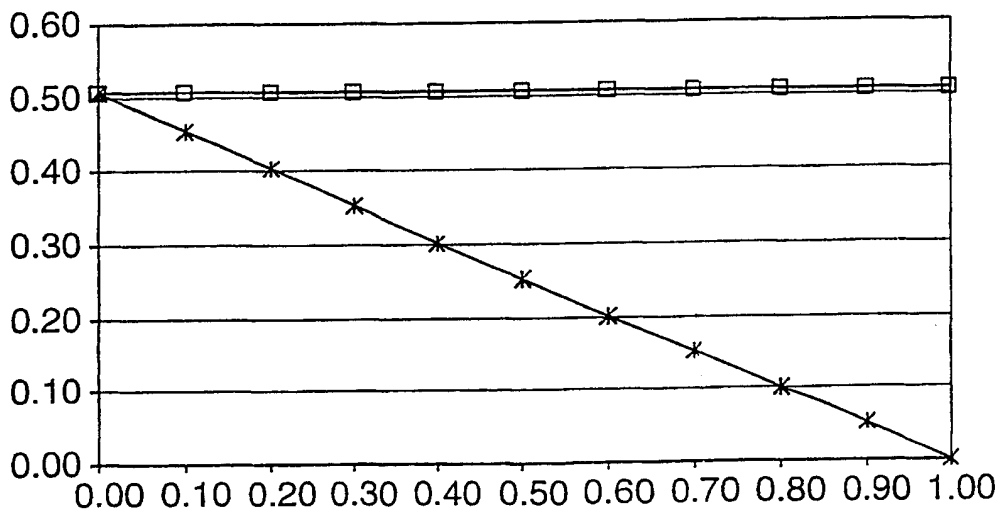


图4

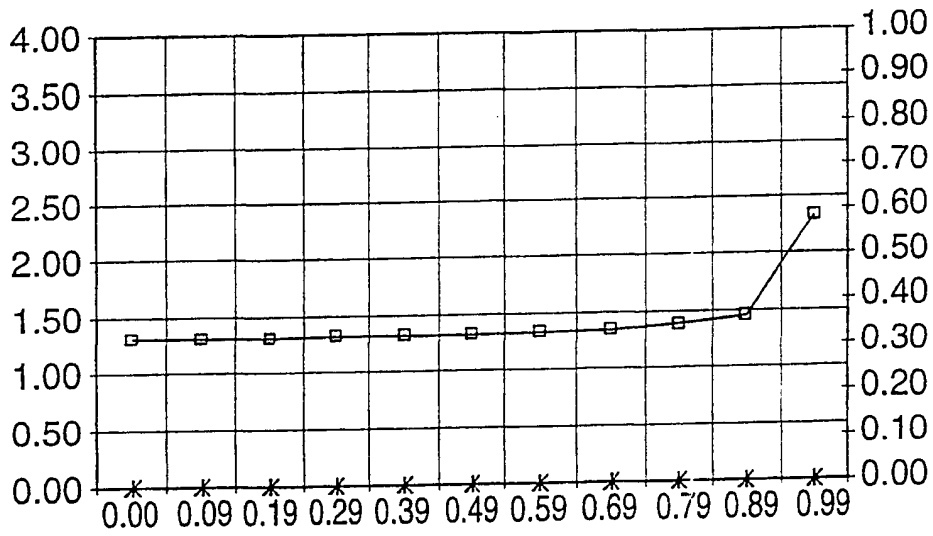


图5

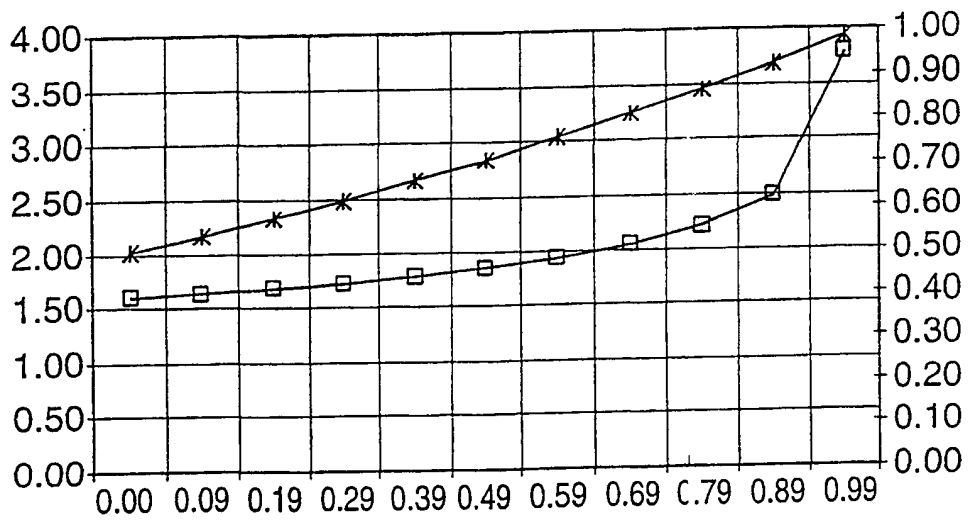


图6

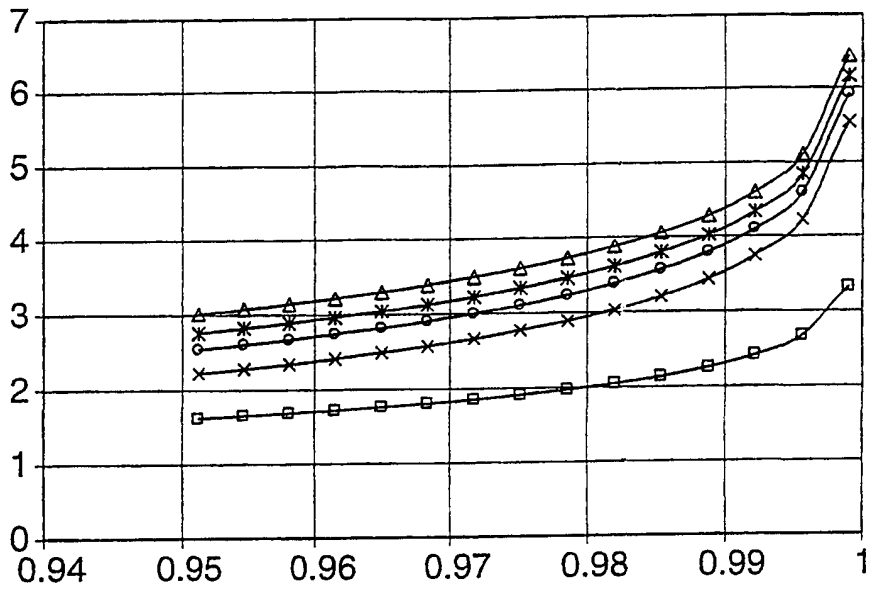


图7

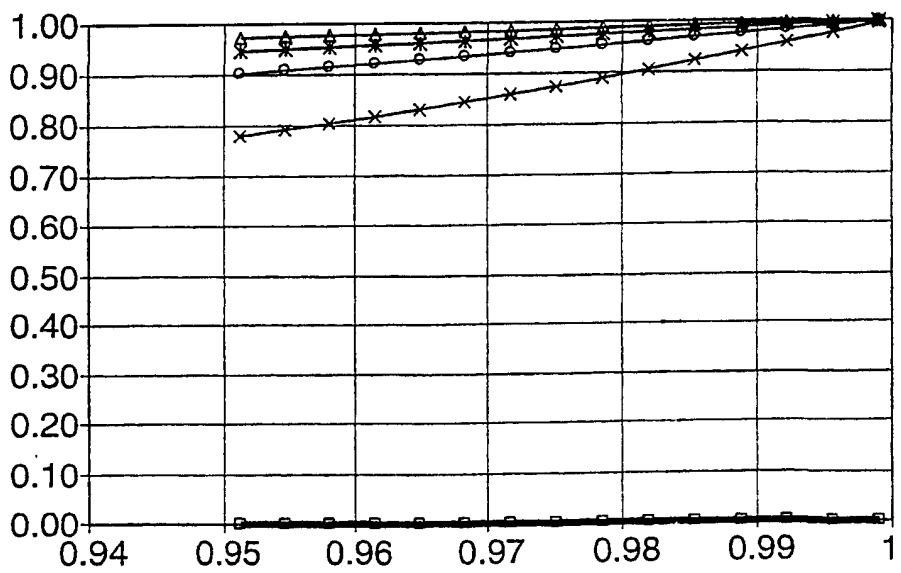


图8

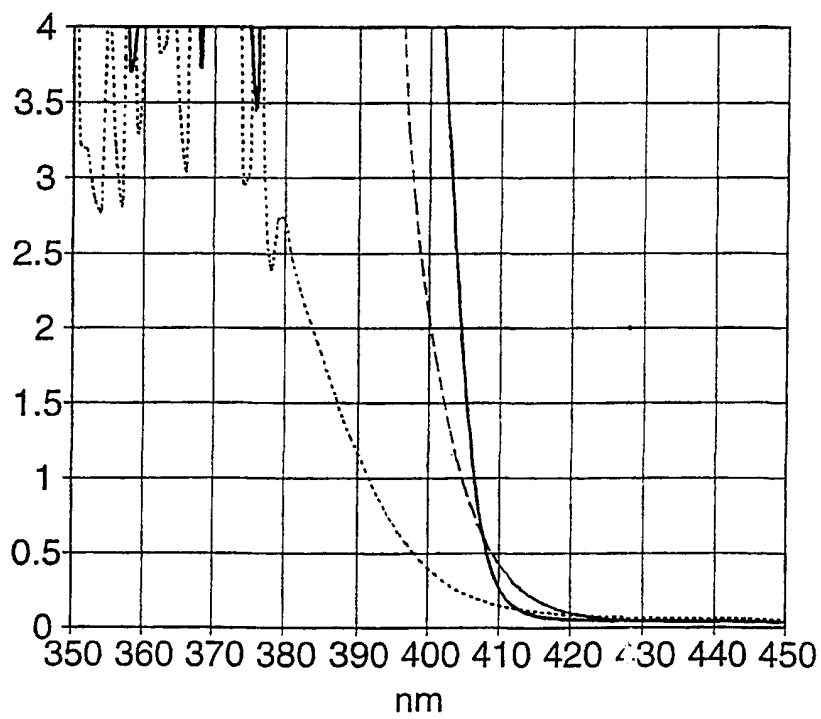
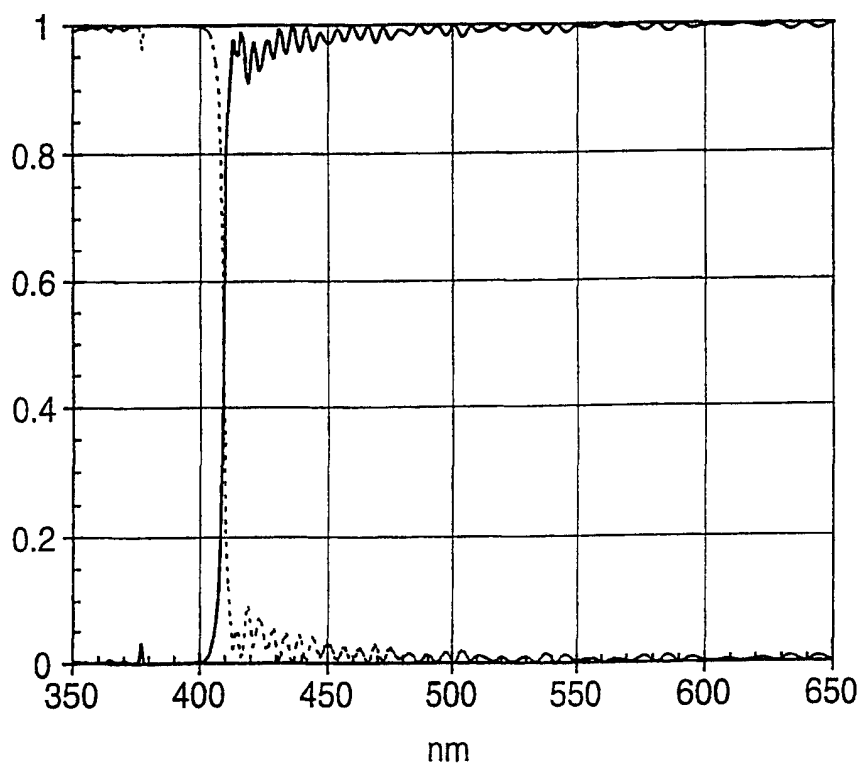
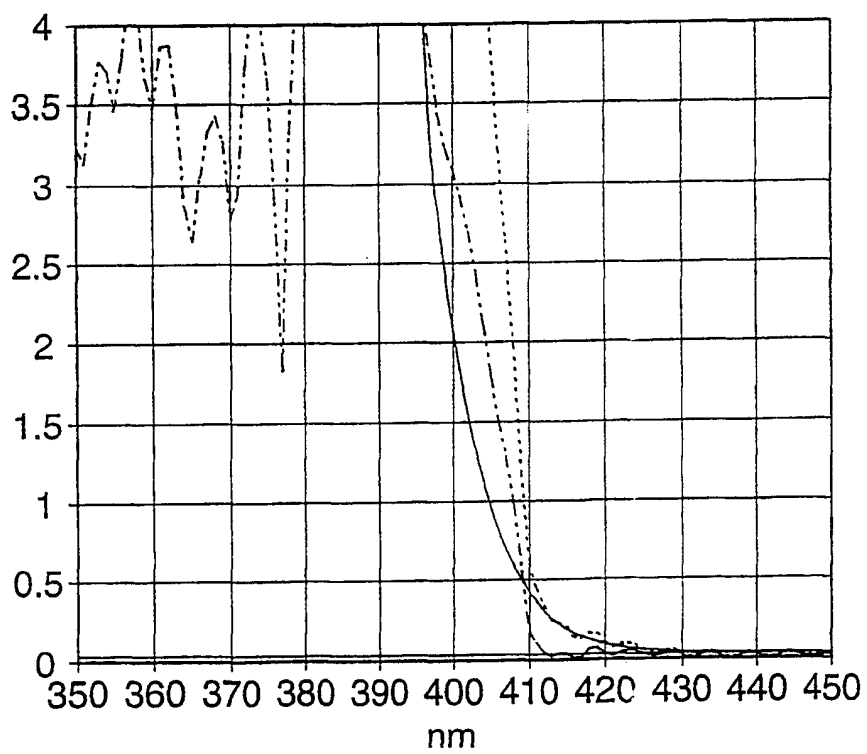
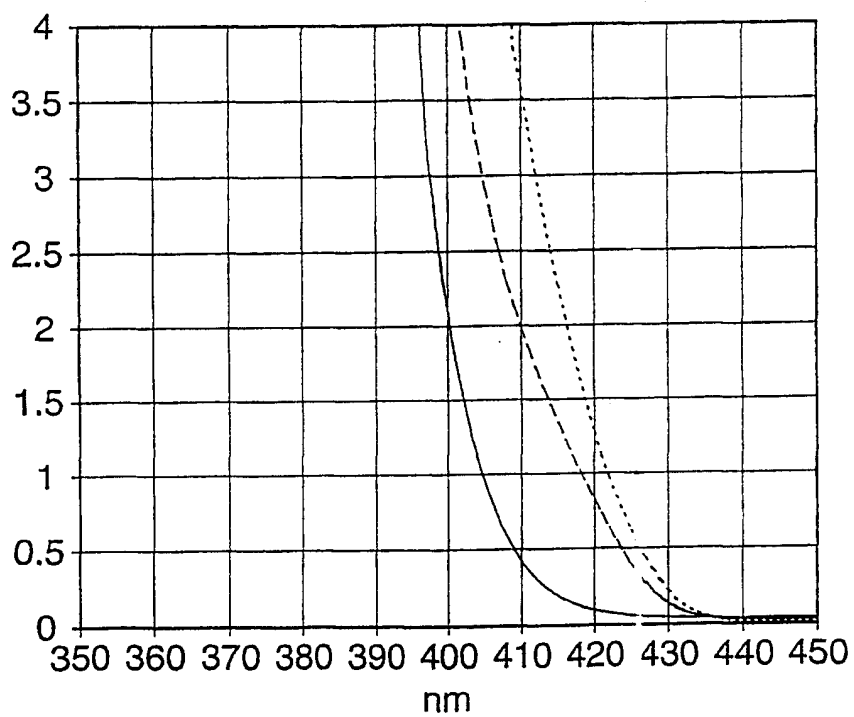


图9

**图10**

**图11**

**图12**

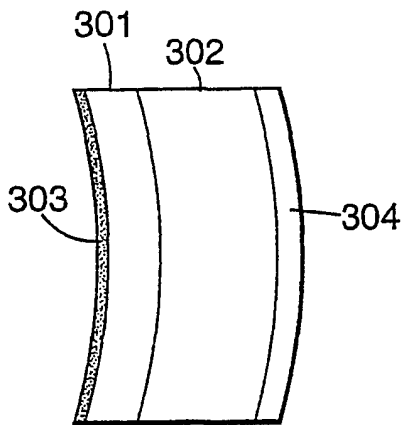


图13

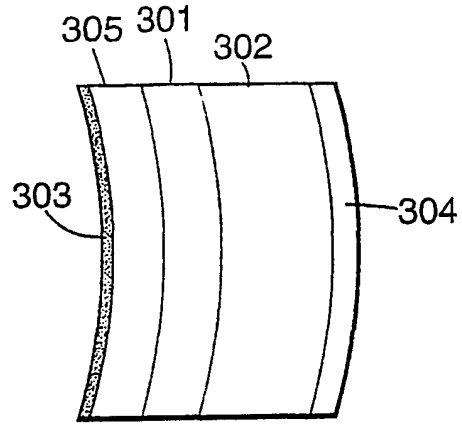


图14

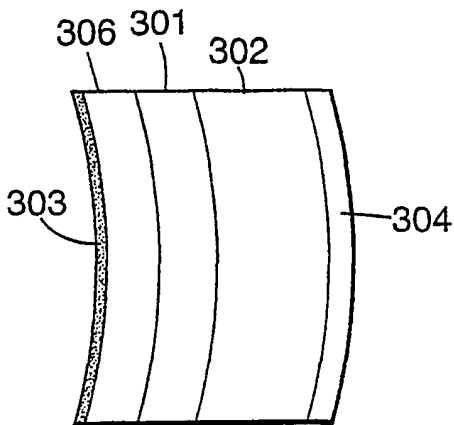


图15

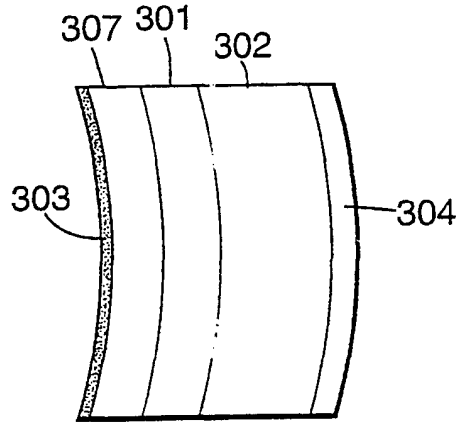


图16

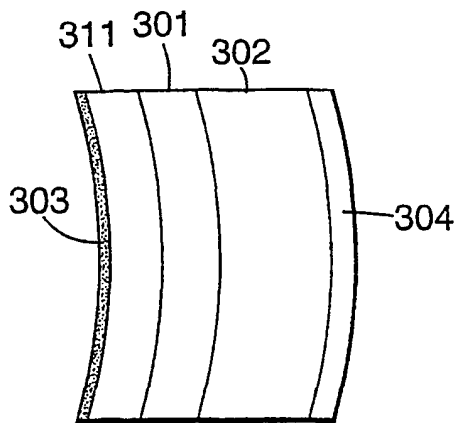


图17

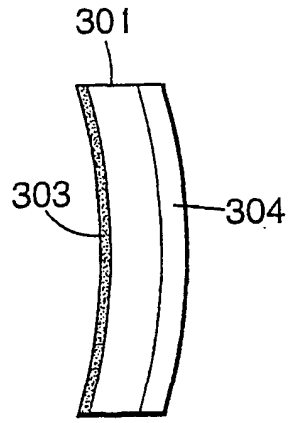


图18

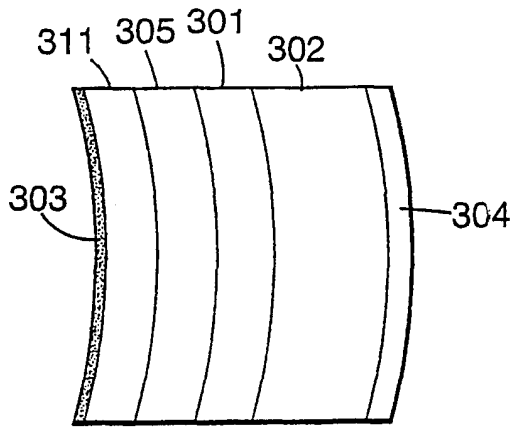


图19

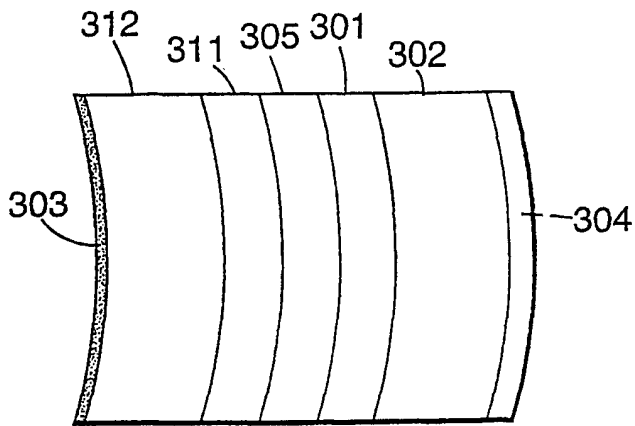
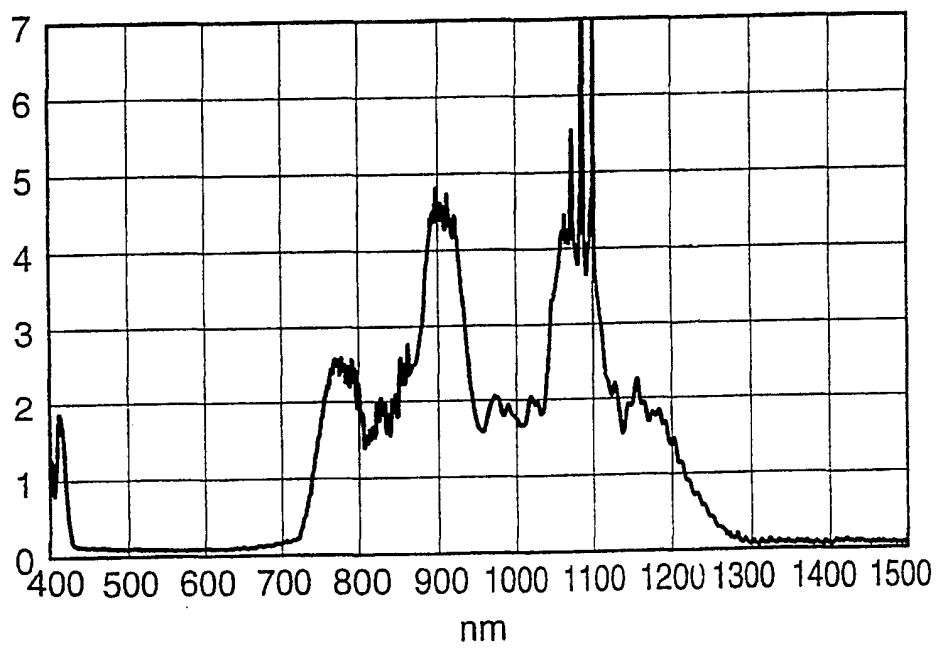


图20

**图21**

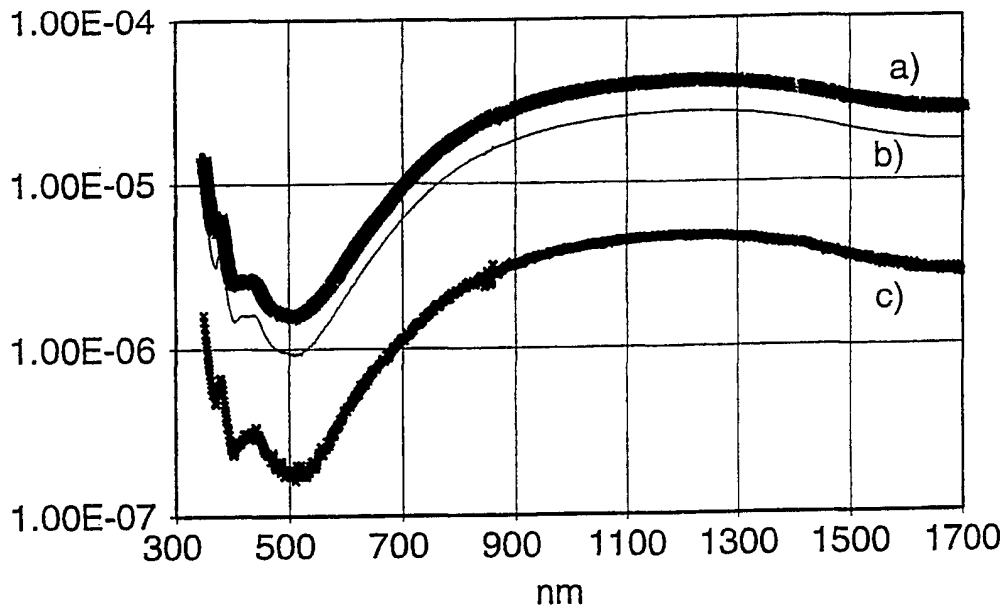


图22

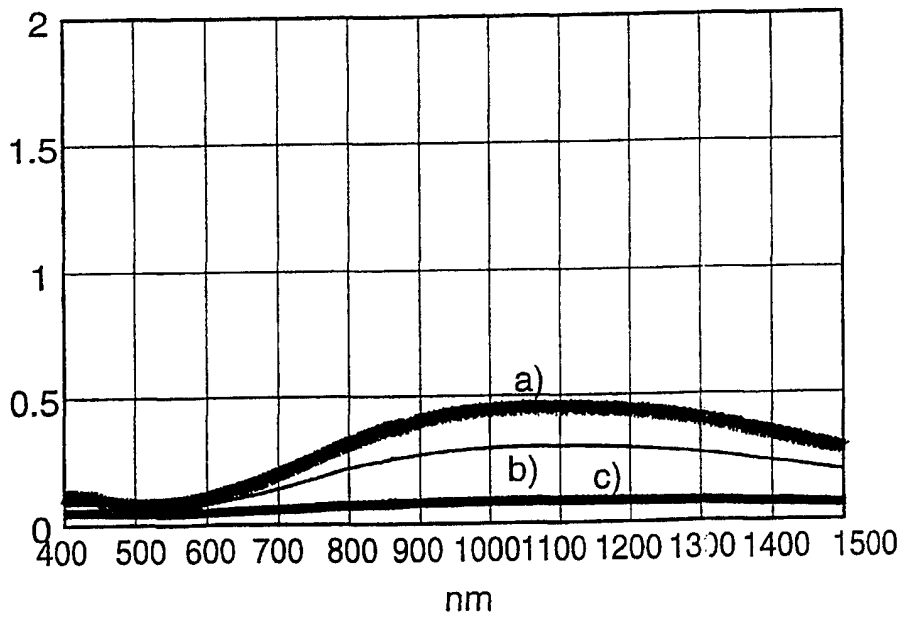


图23

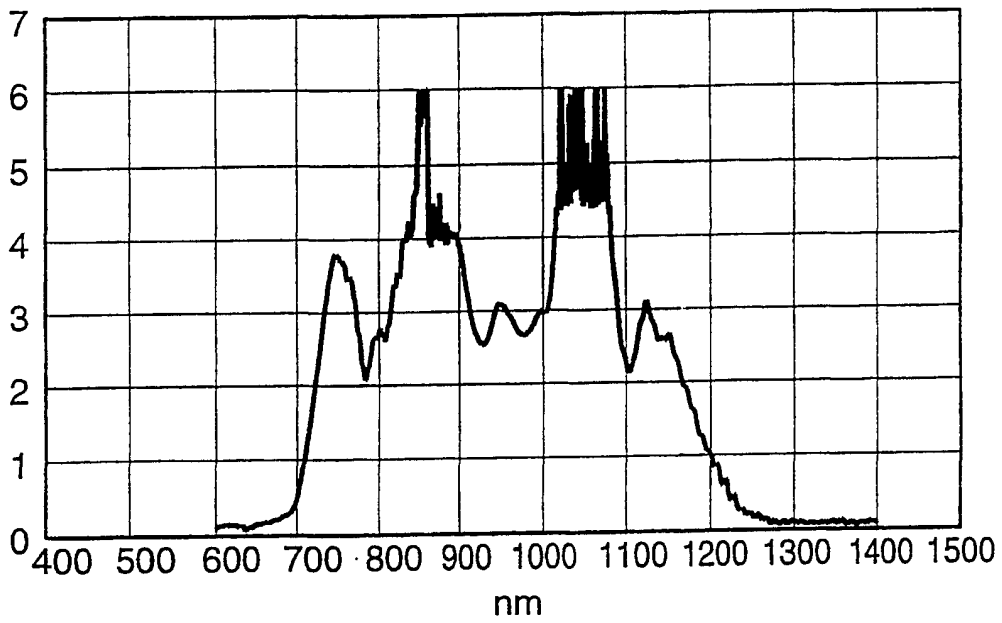


图24

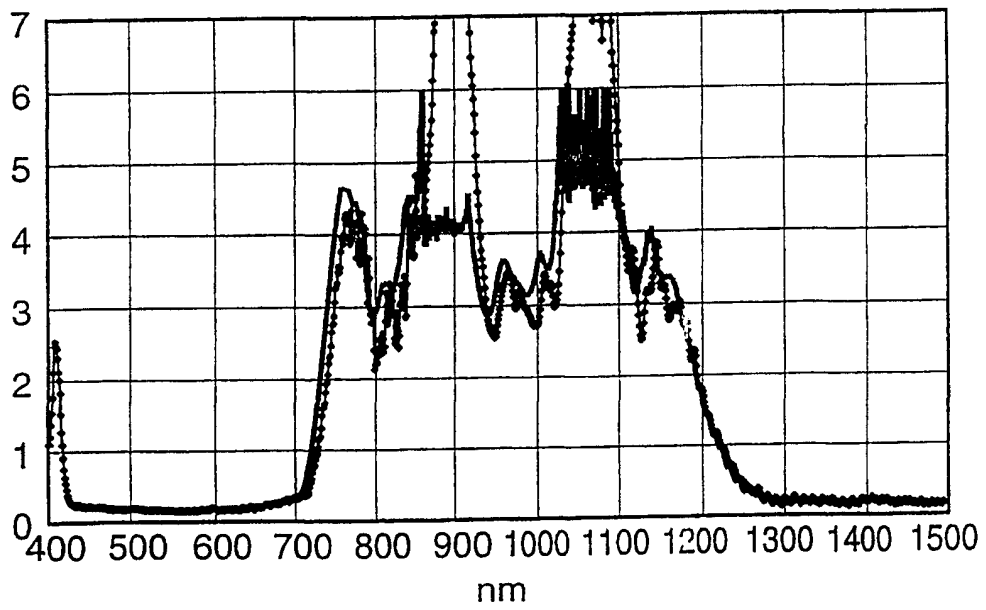


图25

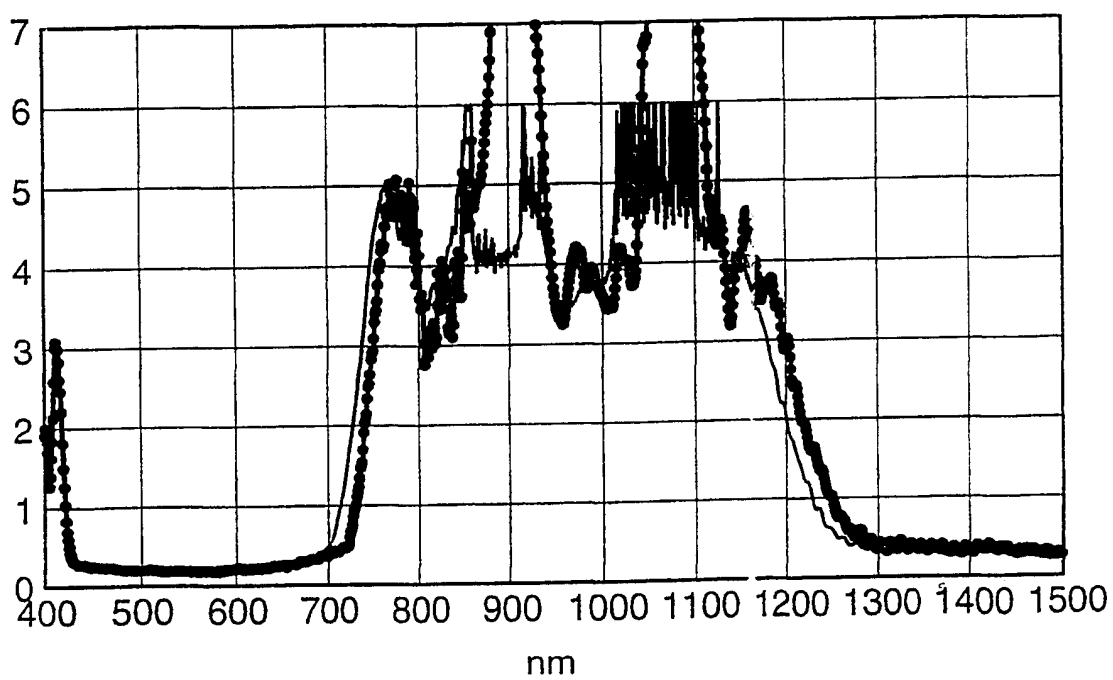


图26

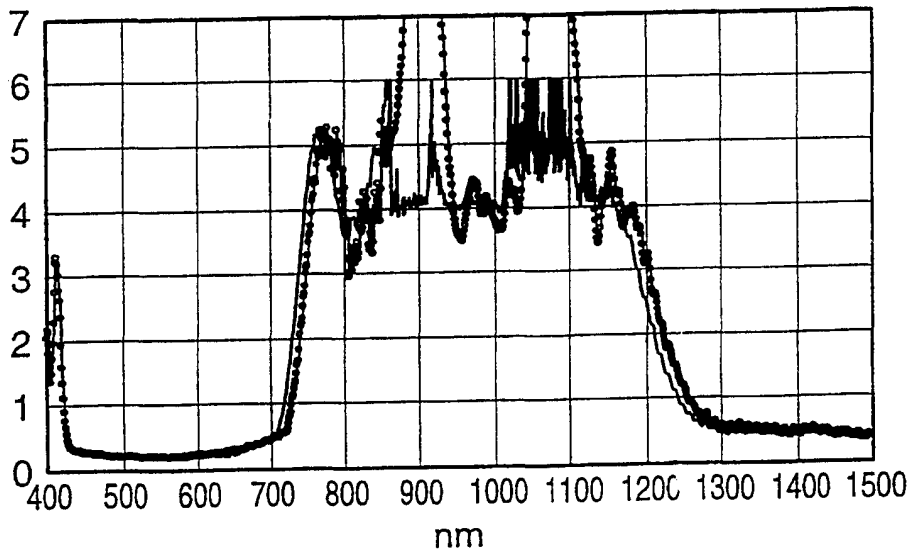


图27

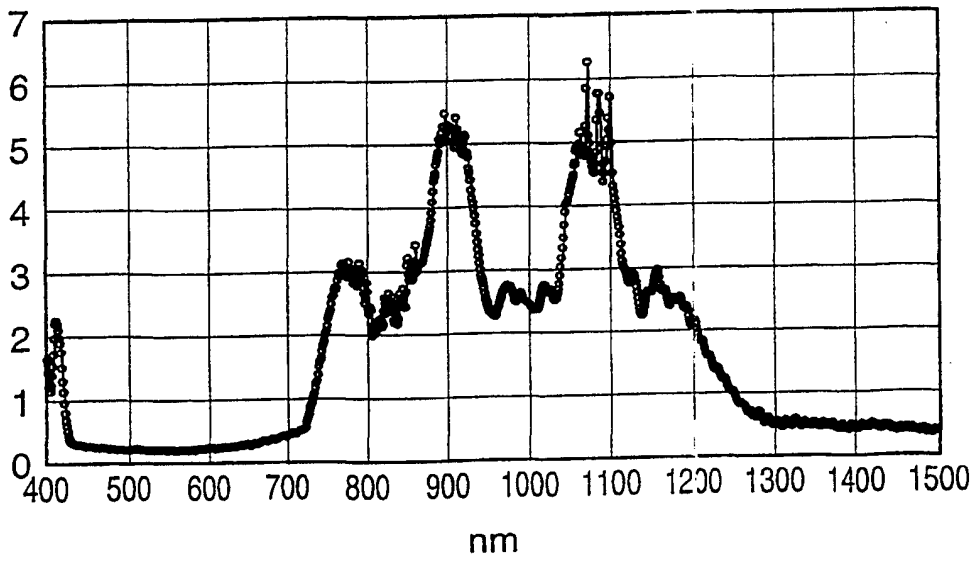


图28