



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102053288 A

(43) 申请公布日 2011. 05. 11

(21) 申请号 201010545117. X

(22) 申请日 2010. 11. 16

(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 130033 吉林省长春市东南湖大路  
3888 号

(72) 发明人 申振峰 高劲松 韩志武 任露泉

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 王淑秋

(51) Int. Cl.

G02B 1/10 (2006. 01)

B32B 9/04 (2006. 01)

B32B 15/00 (2006. 01)

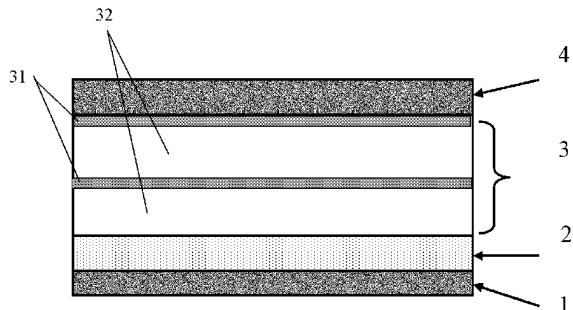
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 6 页

(54) 发明名称

用于视频仿生隐身的变色膜

(57) 摘要

本发明涉及一种用于视频仿生隐身的变色膜，该变色膜主体部分由介质-吸收金属膜系和反射膜构成，介质-吸收金属膜系的介质膜层和吸收金属膜层交叠在一起共2~8层，最下层为介质膜层，材料选用 $\text{SiO}_2$ ，最上层为吸收金属膜层，材料选用金属Cr或金属Ti；反射膜层镀制于介质-吸收金属膜系下面，材料选用Al或Ag。本发明能够得到多种不同的结构色变色效果，变色范围大、反射光色饱和度高，可以非常有效的模拟周围环境的颜色和色度，实现模拟蝴蝶翅膀鳞片变色功能的应用目的；由于是利用光学干涉原理产生颜色变化的，不是靠所谓的“色素”显色，不会象普通颜料那样容易随时间和环境变化而发生变质褪色现象，因此性能稳定，环境适应性更强。



1. 一种用于视频仿生隐身的变色膜，其特征在于包括介质膜层（32）、吸收金属膜层（31）及反射膜层（2）；介质膜层（32）和吸收金属膜层（31）交叠在一起共2～8层，最下层为介质膜层，最上层为吸收金属膜层，构成介质-吸收金属膜系（3）；反射膜层（2）镀制于介质-吸收金属膜系（3）下面，厚度大于等于40nm；介质膜层材料选用SiO<sub>2</sub>，总厚度为400～2000nm；吸收金属膜层材料选用金属Cr，总厚度为3～12nm。

2. 根据权利要求1所述的用于视频仿生隐身的变色膜，其特征在于所述的反射膜层（2）材料选用Al或Ag。

3. 一种用于视频仿生隐身的变色膜，其特征在于包括介质膜层（32）、吸收金属膜层（31）及反射膜层（2）；介质膜层（32）和吸收金属膜层（31）交叠在一起共4～8层，最下层为介质膜层，最上层为吸收金属膜层，构成介质-吸收金属膜系（3）；反射膜层（2）镀制于介质-吸收金属膜系（3）下面，材料选用Al或Ag，厚度大于等于40nm；介质膜层材料选用SiO<sub>2</sub>，总厚度为1000～1600nm；吸收金属膜层材料选用金属Ti，总厚度为8～15nm。

4. 根据权利要求3所述的用于视频仿生隐身的变色膜，其特征在于所述的反射膜层（2）材料选用Al或Ag。

5. 根据权利要求1或2所述的用于视频仿生隐身的变色膜，其特征在于所述的介质-吸收金属膜系（3）的上表面加镀保护膜（4），保护膜（4）的厚度为80～120nm。

## 用于视频仿生隐身的变色膜

### 技术领域

[0001] 本发明属于可见光隐身技术领域,涉及一种应用于视频仿生隐身的变色膜。

[0002] 本发明属于薄膜沉积技术领域中涉及的用光学薄膜理论和制备方法设计并制备出一种应用于视频仿生隐身领域的变色膜的方法。

### 背景技术

[0003] 视频隐身技术 (Video Stealth Technology),又称可见光隐身技术,是使武器装备不易被人的眼睛或可见光探测设备发现的一种技术。随着军事领域隐身技术研究的不断深入和现代战争环境条件下对武器系统较高生存能力的迫切需求,人们对视频隐身技术的渴望愈加强烈。八十年代以来,国外雷达隐身技术已发展到很高的水平,红外隐身技术也取得了长足的进展,使相关武器装备的生存能力显著提高。但是,仅采用雷达和红外隐身技术还不能使武器装备具备全天候和全频谱的隐身能力。采用雷达隐身技术的美国 F-117 战斗轰炸机黑夜隐身性能好,但在白天,用肉眼或光学仪器就能看到这种以天空为背景的黑色飞行物却逃不过肉眼或光学设备的观察,由此可见视频隐身的重要性。为此,美国等发达国家极其重视视频隐身技术的研究,在继续发展雷达和红外隐身技术的同时,亦在积极探索视频隐身技术新途径。目前正在大力开展特殊照明系统、适宜的涂色、奇异的蒙皮、电致变色材料和烟幕伪装等视频隐身技术的研究工作。

[0004] 通过对大自然的不懈探索,人们发现,自然界中的某些生物为了实现自身的繁衍和生存,经过亿万年的进化,形成了保护自己的体色,而且,为适应不同的生存环境,一些生物的体色甚至进化成了可以实时变色的效果。这些大自然中的生命现象也为人类实现视频隐身的愿望提供了有力的指导。因此,为解决实时变色的问题,我们可以从仿生学角度出发,从自然界中获得灵感之源来帮助我们实现视频隐身的宿愿。

[0005] 人类很早就观察到蝴蝶翅膀上存在的亮丽颜色并对之产生浓厚的兴趣,但由于技术手段有限,当时还无法解开蝴蝶翅膀亮丽颜色的奥秘。随着科学技术的高速发展,人类终于可以借助先进的技术手段揭开蝴蝶翅膀上那个神秘的面纱。对于蝴蝶翅膀的结构色,近些年来国内外许多的学者和团体都在对之进行潜心研究,证明了其翅膀上结构色的存在并解释了结构色形成的机理,在该领域得到了较为丰硕的研究成果。

[0006] 通过蝴蝶鳞片微观形态结构观察发现,某些蝴蝶鳞片的横截面具有连续的平行分布的多层薄片层结构。其中有的多层结构近似水平平行分布,有的多层结构呈一定角度曲面平行分布。根据工程仿生设计理论可以将此类层状结构优化为多层薄膜的结构模型。

[0007] 因此,从以上分析可以看出,结合光学薄膜理论,可以设计并制备出模拟蝴蝶翅膀结构色变化的多层膜系结构,用于实现相关性能的仿生学设计研究和应用。

### 发明内容

[0008] 本发明要解决的技术问题是提供一种变色范围大、反射光色饱和度高、性能稳定、环境适应性强的用于视频仿生隐身的变色膜。

[0009] 为了解决上述技术问题,本发明的用于视频仿生隐身的变色膜可以采用下述两种技术方案。

[0010] 技术方案一:

[0011] 本发明的用于视频仿生隐身的变色膜包括介质膜层、吸收金属膜层及反射膜层;介质膜层和吸收金属膜层交叠在一起共2~8层,最下层为介质膜层,最上层为吸收金属膜层,构成介质-吸收金属膜系;反射膜层镀制于介质-吸收金属膜系下面,反射膜层厚度大于等于40nm;介质膜层材料选用 $\text{SiO}_2$ ,总厚度为400~2000nm;吸收金属膜层材料选用金属Cr,总厚度为3~12nm。

[0012] 技术方案二:

[0013] 本发明的用于视频仿生隐身的变色膜包括介质膜层、吸收金属膜层及反射膜层;介质膜层和吸收金属膜层交叠在一起共4~8层,最下层为介质膜层,最上层为吸收金属膜层,构成介质-吸收金属膜系;反射膜层镀制于介质-吸收金属膜系下面,反射膜层厚度大于等于40nm;介质膜层材料选用 $\text{SiO}_2$ ,总厚度为1000~1600nm;吸收金属膜层材料选用金属Ti,总厚度为8~15nm。

[0014] 本发明将介质膜层和吸收金属膜层交叠在一起构成介质-吸收金属膜系,根据光学干涉原理,可见光由最上层的吸收金属膜层表面入射到该膜系,随着入射角的变化,反射光能够发生颜色变化,变化范围大、反射光色饱和度较高。应用光学薄膜理论合理设计并优化膜系结构,能够得到多种不同的结构色变色效果,从而可以非常有效的模拟周围环境的颜色和色度,实现模拟蝴蝶翅膀鳞片变色功能的应用目的,其成果可以为我国相关视频隐身仿生技术的开发和应用提供有力的技术支持。本发明的用于视频仿生隐身的变色膜是利用光学干涉原理产生颜色变化的,不是靠所谓的“色素”显色,因此不会象普通颜料那样容易随时间和环境变化而发生变质褪色现象,性能稳定,环境适应性更强,而这也正满足了野外工程应用对高可靠性、高环境适应性的需求。

[0015] 作为本发明技术方案一的进一步改进是介质-吸收金属膜系的上表面加镀保护膜,保护膜的厚度为60~130nm。

[0016] 作为本发明技术方案二的进一步改进是介质-吸收金属膜系的上表面加镀保护膜,保护膜的厚度为80~120nm。

[0017] 本发明的用于视频仿生隐身的变色膜的制备方法:首先在洁净基底上镀制连接层;然后在连接层上镀制反射膜层;在反射膜层之上制备介质-吸收金属膜系;最后在介质-吸收金属膜系的上表面镀制保护膜。

[0018] 为得到较好的光学性能,降低总膜层数,介质膜层和吸收金属膜层应尽量选用折射率相差较大的两种材料,还要在其下加镀一层金属高反射膜。大量研究表明,变色膜的色度与吸收金属膜层的选择密切相关,吸收金属材料的折射率n和吸收系数k越接近效果越好;选择膜层材料时还需综合考虑材料的蒸发特性、制备工艺等因素。本发明中介质膜层选择蒸发特性好,制备工艺成熟,性能稳定的低折射率材料 $\text{SiO}_2$ ,吸收金属膜层选择蒸发特性好、制备工艺成熟、性能稳定的高折射率金属材料Cr或Ti。另外,为得到较高的反射率,在介质-吸收金属膜系下面加镀一层高反射膜层。为提高膜系与基底间牢固度,在高反射膜下面镀制一层连接层。最后,在膜系的最外层镀制保护膜。

## 附图说明

- [0019] 下面结合附图和具体实施方式对本发明做进一步详细说明。
- [0020] 图 1 为本发明的用于视频仿生隐身的变色膜的结构示意图。
- [0021] 图 2 为本发明实施例 1 的反射率测试曲线图。
- [0022] 图 3 为本发明实施例 2 的反射率测试曲线图。
- [0023] 图 4 为本发明实施例 3 的反射率测试曲线图。
- [0024] 图 5 为本发明实施例 4 的反射率测试曲线图。
- [0025] 图 6 为本发明实施例 5 的反射率测试曲线图。
- [0026] 图 7 为本发明实施例 6 的反射率测试曲线图。
- [0027] 图 8 为本发明实施例 7 的反射率测试曲线图。
- [0028] 图 9 为本发明实施例 8 的反射率测试曲线图。
- [0029] 图 10 为本发明实施例 9 的反射率测试曲线图。
- [0030] 图 11 为本发明实施例 10 的反射率测试曲线图。

## 具体实施方式

[0031] 如图 1 所示,本发明的用于视频仿生隐身的变色膜包括反射膜层 2、介质膜层 32 和吸收金属膜层 31 交叠在一起构成的介质 - 吸收金属膜系 3、保护膜 4;连接层 1 镀制在基底上,反射膜层 2 镀制在连接层 1 上,介质 - 吸收金属膜系 3 镀制在反射膜层 2 上,保护膜 4 镀制在介质 - 吸收金属膜系 3 的上表面。

[0032] 连接层材料选用 Cr, 厚度  $8 \sim 12\text{nm}$ 。反射膜层材料选用 Al, 厚度  $60 \sim 100\text{nm}$ ;反射膜层材料还可以选用银等。吸收金属膜层材料为 Cr 时,Cr 总厚度为  $3 \sim 12\text{nm}$ ,  $\text{SiO}_2$  总厚度  $400 \sim 2000\text{nm}$ ,  $\text{SiO}_2$  和 Cr 间隔镀制,共  $2 \sim 8$  层;保护膜材料选用  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,依据参考波长,厚度选择  $60 \sim 130\text{nm}$ ;保护膜材料还可以选用  $\text{TiO}_2$  或  $\text{SiO}_2$ 。吸收金属膜层材料为 Ti 时,Ti 总厚度为  $8 \sim 15\text{nm}$ ;  $\text{SiO}_2$  总厚度  $1000 \sim 1600\text{nm}$ ,  $\text{SiO}_2$  和 Ti 间隔镀制,共  $4 \sim 8$  层。保护膜材料选用  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,依据参考波长,厚度选择  $80 \sim 120\text{nm}$ 。保护膜材料还可以选用  $\text{TiO}_2$  或  $\text{SiO}_2$ 。

[0033] 本发明的用于视频仿生隐身的变色膜采用工艺方法已经相当成熟的物理气相沉积方法制备,以保证其制备具有较高的可靠性。其中,介质膜层 32、吸收金属膜层 31、保护膜 4、连接层 1 选用电子束热蒸发方法制备;为保证反射膜层的性能,Al 材料选用传统的电阻热蒸发方法制备。

[0034] 实施例 1:

[0035] 蓝紫光短波段变色膜,膜层结构如图 1 所示,首先在洁净基底上镀制 Cr 连接层 1,厚度  $10\text{nm}$ ;然后镀制 Al 反射膜,厚度  $40\text{nm}$ ;之后在 Al 高反射膜之上制备介质 - 吸收金属膜系,  $\text{SiO}_2$  和 Cr 各 1 层,  $\text{SiO}_2$  厚度  $439\text{nm}$ , Cr 厚度  $3.97\text{nm}$ ;最后在介质 - 吸收金属膜系的上表面镀制  $\text{Al}_2\text{O}_3$  保护膜,厚度依据参考波长,  $70.13\text{nm}$ 。其反射率测试曲线如图 2 所示。

[0036] 实施例 2:

[0037] 黄绿光中波段变色膜,膜层结构如图 1 所示,首先在洁净基底上镀制 Cr 连接层,厚度  $10\text{nm}$ ;然后镀制 Al 反射膜,厚度  $40\text{nm}$ ;之后在 Al 反射膜之上制备介质 - 吸收金属膜系,  $\text{SiO}_2$  和 Cr 间隔镀制,各 2 层,  $\text{SiO}_2$  总厚度  $507.52\text{nm}$ , Cr 总厚度  $5.37\text{nm}$ ;最后在最外层镀制

$\text{Al}_2\text{O}_3$  保护膜, 厚度依据参考波长, 81. 33nm。其反射率测试曲线如图 3 所示。

[0038] 实施例 3 :

[0039] 黄绿光中波段变色膜, 膜层结构如图 1 所示, 首先在洁净基底上镀制 Cr 连接层, 厚度 10nm; 然后镀制 Al 反射膜, 厚度 60nm; 之后在 Al 反射膜之上制备介质 - 吸收金属多层膜,  $\text{SiO}_2$  和 Cr 间隔镀制, 各 2 层,  $\text{SiO}_2$  总厚度 1220nm, Cr 总厚度 6nm; 最后在最外层镀制  $\text{Al}_2\text{O}_3$  保护膜, 厚度依据参考波长, 95. 98nm。其反射率测试曲线如图 4 所示。

[0040] 实施例 4 :

[0041] 黄绿光中波段变色膜, 膜层结构如图 1 所示, 首先在洁净基底上镀制 Cr 连接层, 厚度 10nm; 然后镀制 Al 反射膜, 厚度 60nm; 之后在 Al 反射膜之上制备介质 - 吸收金属多层膜,  $\text{SiO}_2$  和 Cr 间隔镀制, 各 3 层,  $\text{SiO}_2$  总厚度 1060. 89nm, Cr 总厚度 6. 76nm; 最后在最外层镀制  $\text{Al}_2\text{O}_3$  保护膜, 厚度依据参考波长, 83. 79nm。其反射率测试曲线如图 5 所示。

[0042] 实施例 5 :

[0043] 紫红光波段变色膜, 膜层结构如图 1 所示, 首先在洁净基底上镀制 Cr 连接层, 厚度 10nm; 然后镀制 Al 反射膜, 厚度 80nm; 之后在 Al 反射膜之上制备介质 - 吸收金属多层膜,  $\text{SiO}_2$  和 Cr 间隔镀制, 各 3 层,  $\text{SiO}_2$  总厚度 1819. 01nm, Cr 总厚度 7. 64nm; 最后在最外层镀制  $\text{Al}_2\text{O}_3$  保护膜, 厚度依据参考波长, 114. 06nm。其反射率测试曲线如图 6 所示。

[0044] 实施例 6 :

[0045] 红橙光长波段变色膜, 膜层结构如图 1 所示, 首先在洁净基底上镀制 Cr 连接层, 厚度 10nm; 然后镀制 Al 反射膜, 厚度 80nm; 之后在 Al 反射膜之上制备介质 - 吸收金属多层膜,  $\text{SiO}_2$  和 Cr 间隔镀制, 各 4 层,  $\text{SiO}_2$  总厚度 1203. 96nm, Cr 总厚度 11. 17nm; 最后在最外层镀制  $\text{Al}_2\text{O}_3$  保护膜, 厚度依据参考波长, 95. 22nm。其反射率测试曲线如图 7 所示。

[0046] 实施例 7 :

[0047] 橙黄光长波段变色膜, 膜层结构如图 1 所示, 首先在洁净基底上镀制 Cr 连接层, 厚度 10nm; 然后镀制 Al 反射膜, 厚度 80nm; 之后在 Al 反射膜之上制备介质 - 吸收金属多层膜,  $\text{SiO}_2$  和 Cr 间隔镀制, 各 4 层,  $\text{SiO}_2$  总厚度 1157. 38nm, Cr 总厚度 10. 86nm; 最后在最外层镀制  $\text{Al}_2\text{O}_3$  保护膜, 厚度依据参考波长, 91. 94nm。其反射率测试曲线如图 8 所示。

[0048] 实施例 8 :

[0049] 粉黄光波段变色膜, 膜层结构如图 1 所示, 首先在洁净基底上镀制 Cr 连接层, 厚度 10nm; 然后镀制 Al 反射膜, 厚度 80nm; 之后在 Al 反射膜之上制备介质 - 吸收金属多层膜,  $\text{SiO}_2$  和 Cr 间隔镀制, 各 4 层,  $\text{SiO}_2$  总厚度 1297. 05nm, Cr 总厚度 6. 4nm; 最后在最外层镀制  $\text{Al}_2\text{O}_3$  保护膜, 厚度依据参考波长, 102. 86nm。其反射率测试曲线如图 9 所示。

[0050] 有些波段的变色膜, 吸收金属膜层材料用 Cr 时会出现变色膜的色度不高的情况, 这时选用 Ti 膜替代 Cr 膜会得到更好的变色效果。

[0051] 实施例 9 :

[0052] 红橙光长波段变色膜, 膜层结构如图 1 所示, 首先在洁净基底上镀制 Cr 连接层, 厚度 10nm; 然后镀制 Al 反射膜, 厚度 80nm; 之后在 Al 反射膜之上制备介质 - 吸收金属多层膜,  $\text{SiO}_2$  和 Ti 间隔镀制, 各 4 层,  $\text{SiO}_2$  总厚度 1168. 86nm, Ti 总厚度 13. 86nm; 最后在最外层镀制  $\text{Al}_2\text{O}_3$  保护膜, 厚度依据参考波长, 92. 68nm。其反射率测试曲线如图 10 所示。实施例 9 与实施例 6 相比色度较差, 此种情况用 Cr 材料效果较好。

[0053] 实施例 10：

[0054] 黄绿光中波段变色膜，膜层结构如图 1 所示，首先在洁净基底上镀制 Cr 连接层，厚度 10nm；然后镀制 Al 反射膜，厚度 80nm；之后在 Al 反射膜之上制备介质 - 吸收金属多层膜， $\text{SiO}_2$  和 Ti 间隔镀制，各 2 层， $\text{SiO}_2$  总厚度 1037.45nm，Ti 总厚度 8.81nm；最后在最外层镀制  $\text{Al}_2\text{O}_3$  保护膜，厚度依据参考波长，83.04nm。其反射率测试曲线如图 11 所示。实施例 10 与实施例 2 相比色度较好，此种情况用 Ti 材料效果较好。

[0055] 虽然上述实施例给出了各膜层的具体厚度，但这并不能限制本发明的保护范围。反射膜层厚度范围没有严格的要求，厚度只要大于等于 40nm 即能够起到很好的反射效果。而连接层只起到提高反射膜与基底之间的牢固度的作用。保护膜层是为了保证变色膜的可靠性和使用寿命，防止变色膜受到磨损、摩擦和化学腐蚀的破坏而进行改进的技术特征。介质膜层和吸收金属膜层的厚度在本发明权利要求 1、3 所述的范围内连续变化，即可实现可见光全波段变色功能。

[0056] 为得到较高的色度和实现可见光全波段变色功能，本发明应用介质 - 吸收金属多层膜系的设计方案，以得到较窄的反射峰，提高反射光谱的色度，并实现了红橙光较长波段的变色；第二，为提高变色膜的反射率同时降低膜系的层数，在基底与膜系之间加镀一层金属高反射膜；第三，为提高这层金属高反射膜与基底之间的牢固度，还要在二者之间加镀连接层；第四，能够实现变色功能，但其最外层为吸收金属膜层，很容易受到磨损、摩擦和化学腐蚀的破坏，而且，对于工程伪装应用而言，大多是在野外恶劣条件环境下应用，因此为保证变色膜的可靠性和使用寿命，还必须在吸收金属膜层外加镀环境适应性能好的保护膜来加以防护。第四，结合已有的适宜大口径基底制备工艺的电子束热蒸发 PVD 镀膜设备（真空室内径可达 2500mm）进行制备。

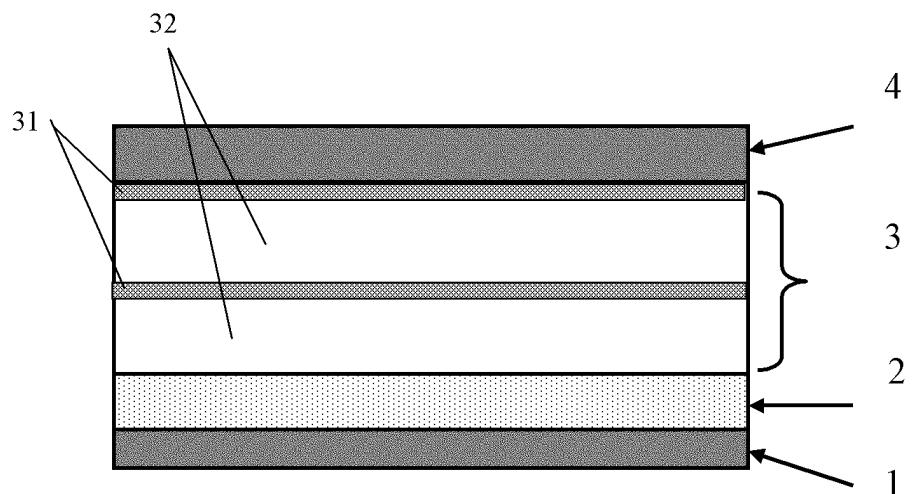


图 1

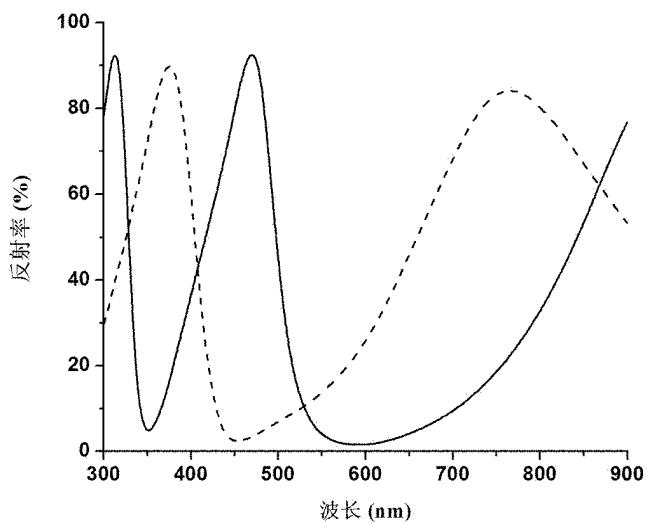


图 2

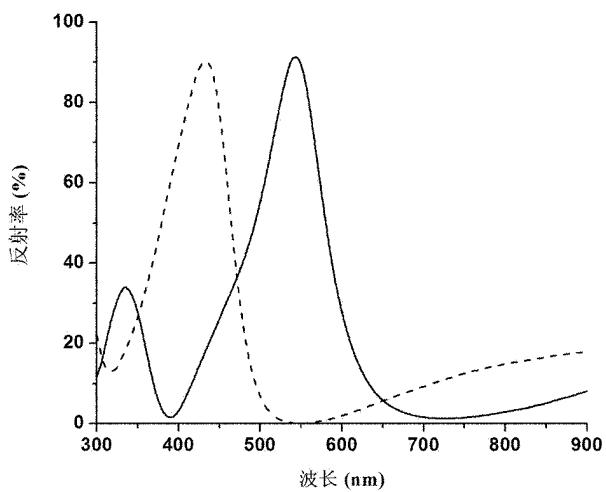


图 3

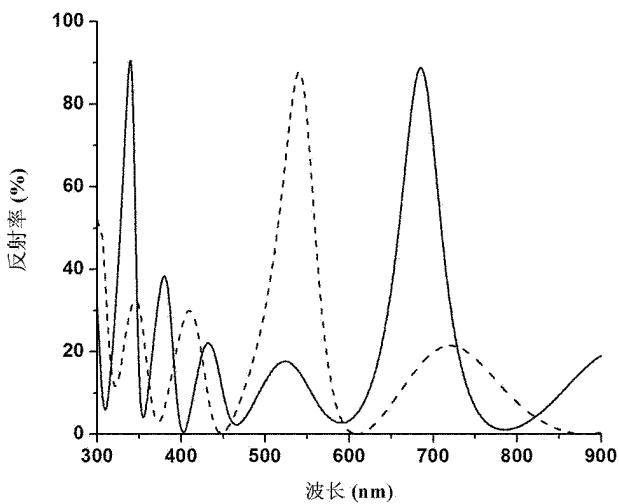


图 4

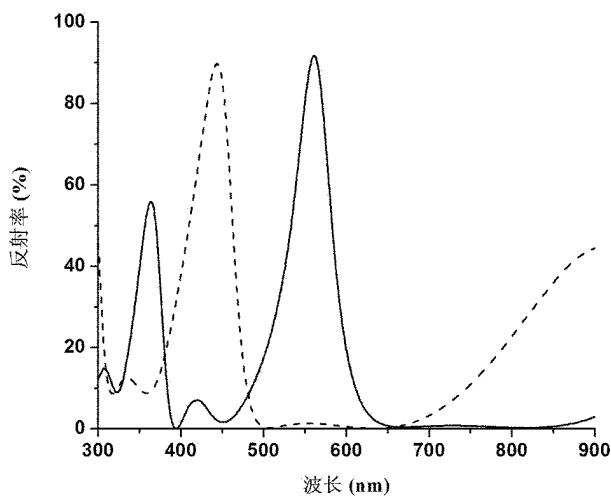


图 5

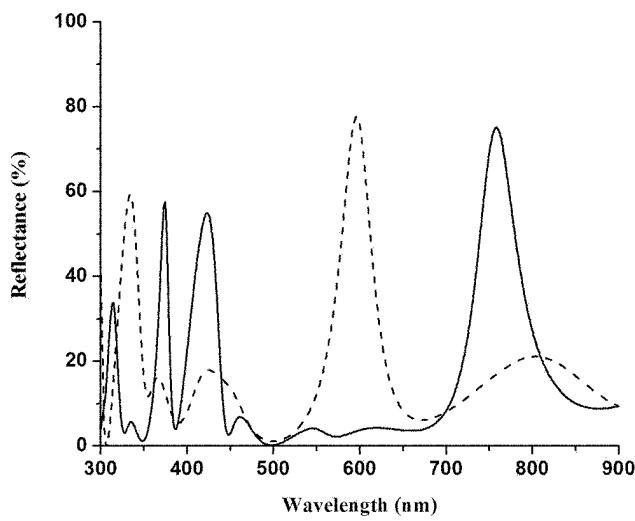


图 6

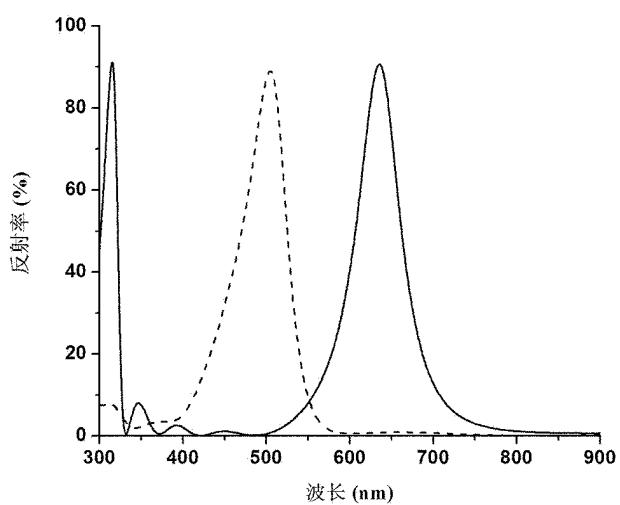


图 7

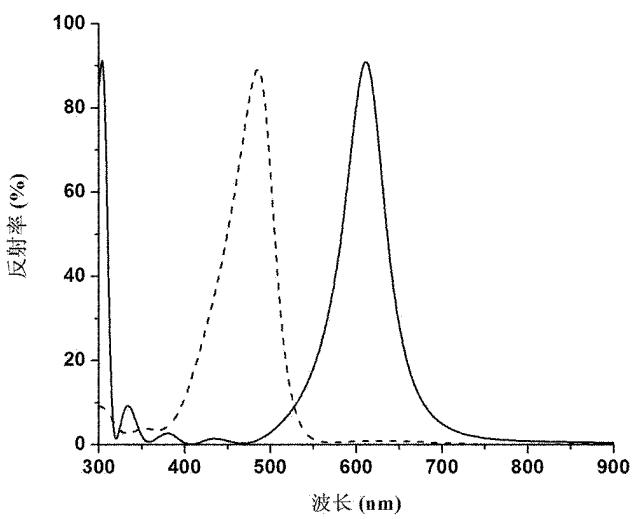


图 8

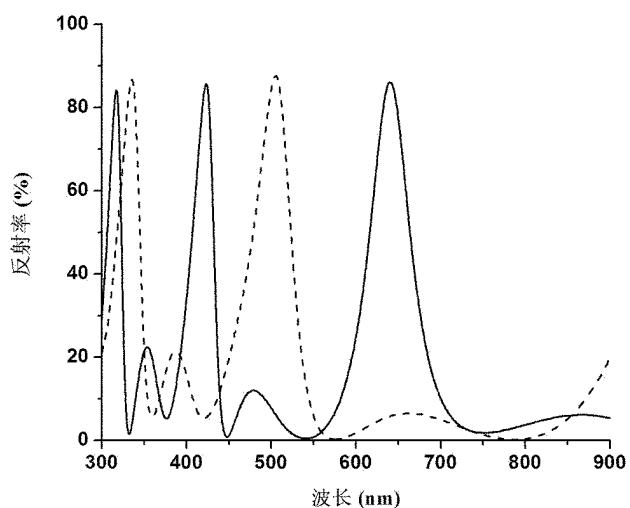


图 9

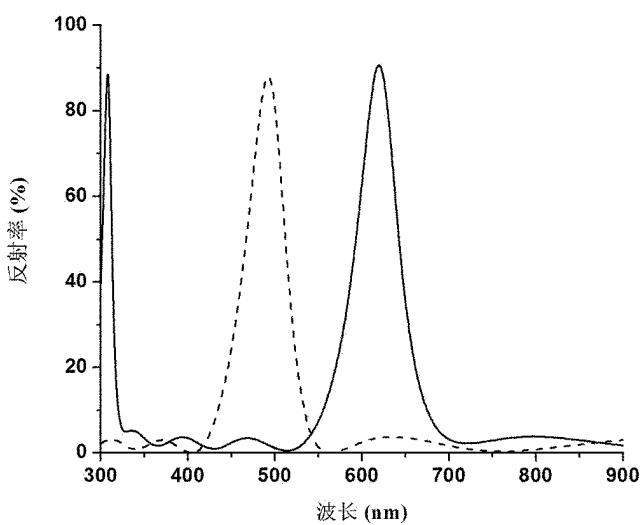


图 10

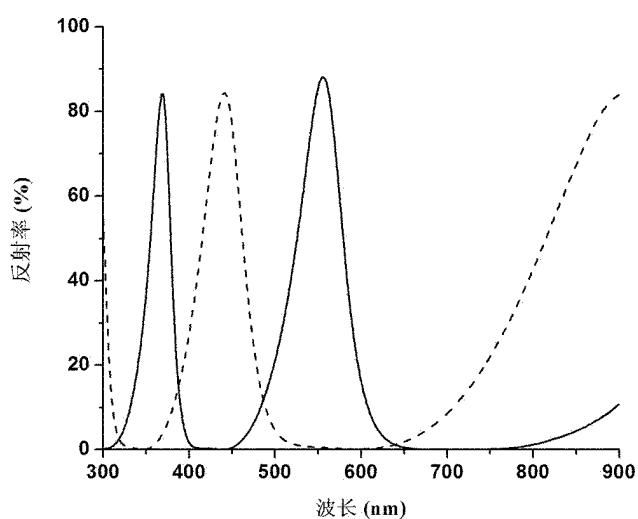


图 11