

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 6 月 25 日 (25.06.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/124451 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01J 3/46 (2006.01) **G01N 21/27** (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2018/122140
- (22) 国际申请日: 2018 年 12 月 19 日 (19.12.2018)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (71) 申请人: 深圳先进研究院 (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。
- (72) 发明人: 唐永炳 (TANG, Yongbing); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。 周小龙 (ZHOU, Xiaolong); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。
- (74) 代理人: 深圳市科进知识产权代理事务所 (普通合伙) (SHENZHEN KEJIN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE); 中国广东省深圳市南山

区粤兴三道二号虚拟大学园产业化基地 A701室, Guangdong 518055 (CN)。

- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,

(54) **Title:** THIN-FILM COATING CHROMA ANALYSIS DEVICE AND APPLICATION THEREOF, AND THIN-FILM COATING CLASSIFICATION METHOD

(54) 发明名称: 薄膜涂层色度分析设备及其应用、薄膜涂层分类方法

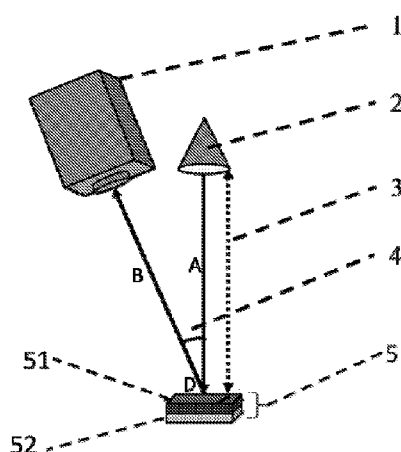


图 1

(57) **Abstract:** A thin-film coating chroma analysis device and an application thereof, and a thin-film coating classification method, relating to the technical field of thin-film coating chroma analysis. The thin-film coating chroma analysis device comprises a spectrophotometer (1), a light source (2), and a sample to be tested (5). Said sample (5) comprises a substrate (52) and a thin-film coating (51) provided on the upper surface of the substrate (52). The spectrophotometer (1) and the light source (2) are provided above said sample (5). The distance between the light source (2) and said sample (5) is 15-35 cm. An angle between straight line A and straight line B is 1-15°. By means of the thin-film coating chroma analysis device, chroma values of different types of thin-film coatings can be obtained, and a database is established based on the obtained chroma values, so that the type of the thin-film coating can be simply and quickly determined by measuring the chroma values of the thin-film coatings to be measured and combining the database. The classification method is simple, quick and practical. Therefore, applying the classification method to classification of diamond-like films can greatly simplify the classification process of diamond-like films, thereby facilitating the practical application in production.



RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布：

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要：一种薄膜涂层色度分析设备及其应用、薄膜涂层分类方法，属于薄膜涂层色度分析技术领域。一种薄膜涂层色度分析设备，包括分光色度计（1）、光源（2）和待测样品（5）；待测样品（5）包括基材（52）和设置在基材（52）的上表面处的薄膜涂层（51）；分光色度计（1）和光源（2）设置在待测样品（5）的上方；光源（2）与待测样品（5）的距离为15-35cm；直线A与直线B的夹角为1-15°。通过薄膜涂层色度分析设备获得不同种类薄膜涂层的色度值并基于所获得色度值建立数据库，使得能够通过测定待测薄膜涂层色度值，结合数据库简单快速地判断薄膜涂层的种类。这种分类方法简单、快捷且实用，因此将其应用于类金刚石薄膜分类，可大幅度简化类金刚石薄膜分类过程，从而为实际应用于生产带来极大便利。

薄膜涂层色度分析设备及其应用、薄膜涂层分类方法

技术领域

本申请属于薄膜涂层色度分析技术领域，具体涉及一种薄膜涂层色度分析设备及其应用、薄膜涂层分类方法。

背景技术

类金刚石薄膜（Diamond-Like Carbon，下文简称 DLC）是一种由金刚石结构的 sp^3 杂化碳、 sp^2 杂化碳和键合于上述结构中少量氢元素构成的非晶亚稳态碳膜的统称。它具有高硬度、高弹性模量、耐摩擦磨损、耐腐蚀、表面光洁度高等诸多优异特性，可广泛用于机械、电子、光学、热学、声学、医学等领域，具有良好的应用前景。根据 DLC 薄膜中碳的 sp^2/sp^3 比例和氢含量的不同，DLC 薄膜可以分为不同种类，例如：非氢四面体碳膜（ta-C）、含氢四面体碳膜（ta-C:H）、非氢碳膜（a-C）、含氢碳膜（a-C:H）、类高聚物碳膜（PLC）和类石墨碳膜（GLC）等，且并非所有种类 DLC 薄膜都具备高硬度、高弹性模量、耐摩擦磨损、耐腐蚀、表面光洁度高等优异特性。随着技术的不断发展和工业应用条件及使用场合的日益复杂，尤其是当前精密机械、航空航天、汽车零部件、手机和手表等便携式智能化设备、以及体育器材等其他高端装饰等对镀膜领域的要求越发苛刻，为提高产品观赏性和用户体验度，颜色和外观也越来越重要，因此，如何快速且简便地判断 DLC 薄膜的种类就变得越来越重要。

国际上，对于 DLC 薄膜的分类最早是由英国剑桥大学 J. Robertson 教授在 2002 年前后提出的 DLC 薄膜种类三元图。虽然这一方案至今仍有较高的学术意义，但仅限于 DLC 薄膜定性分类，缺乏实际应用价值。2005 和 2012 年德国工程师协会和日本钻石论坛分别提出了各自的 DLC 薄膜分类方案。尤其是 2012 年日本提出的利用基于同步辐射光源的近边 X 射线精细结构和基于静电加速器的卢瑟福背散射精确分析 DLC 薄膜中碳的 sp^2/sp^3 比例和氢含量 H wt.% 来分类 DLC 薄膜的方案，具有一定的实际应有潜力。但是，此方案必须使用同步辐射光源和静电加速器等大型设备，对于实际生产的指导意义仍然存在诸多不便。

鉴于此，特提出本申请。

发明内容

本申请的第一个目的在于提供一种薄膜涂层色度分析设备，能够克服上述问题或者至少部分地解决上述技术问题。

本申请的第二个目的在于提供上述薄膜涂层色度分析设备在薄膜涂层色度分析中的应用。

本申请的第三个目的在于提供一种薄膜涂层色度分析方法。

本申请的第四个目的在于提供上述薄膜涂层色度分析方法在薄膜涂层分类中的应用。

本申请的第五个目的在于提供一种薄膜涂层分类方法。

根据本申请第一个方面，提供了一种薄膜涂层色度分析设备，包括分光色度计、光源和待测样品；

所述待测样品包括基材和设置在基材的上表面处的薄膜涂层；

所述分光色度计和光源设置在待测样品的上方；

所述光源与待测样品的距离为 15-35cm；

所述光源的中心点到待测样品的垂足为交点 D；

所述光源的中心点到交点 D 的直线为直线 A，所述分光色度计的中心点到交点 D 的直线为直线 B；

所述直线 A 与直线 B 的夹角为 1-15°。

优选地，所述色度分析设备还包括样品台，所述待测样品放置在样品台表面；

优选地，所述分光色度计和光源平齐，所述待测样品位于光源正下方。

优选地，所述直线 A 与直线 B 的夹角为 5-10°，优选为 10°。

优选地，所述光源为白色 LED 光源；

优选地，所述分光色度计能够实现 CIELAB 和/或 CIELUV 颜色空间测试要求。

优选地，所述基材包括单晶硅、石英、透明导电玻璃或硬质合金中的至少一种，优选为单晶硅。

优选地，所述薄膜涂层的粗糙度小于 10 nm，所述薄膜涂层的厚度为 20-3000nm；

优选地，所述薄膜涂层包括无机非金属薄膜，优选为类金刚石薄膜或钻石薄膜，进一步优选为类金刚石薄膜。

根据本申请第二个方面，提供了上述薄膜涂层色度分析设备在薄膜涂层色度分析中的应用。

根据本申请第三个方面，提供了一种薄膜涂层色度分析方法，包括以下步骤：

S1：将上述薄膜涂层色度分析设备置于黑暗环境中，放置待测样品，打开光源和分光色度计；

S2：利用分光色度计得到 L^* 、 a^* 和 b^* ，或，利用分光色度计得到 L^* 、 v^* 和 u^* ；

S3：根据公式（1）和公式（2）得到色度 C_{ab} 和全色度 C_T ：

$$C_{ab} = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2} \quad (1),$$

$$C_T = [(L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2} \quad (2),$$

或，根据公式（3）和公式（4）得到色度 C_{uv} 和全色度 C_T ：

$$C_{uv} = [(u^*)^2 + (v^*)^2]^{1/2} \quad (3),$$

$$C_T = [(L^*)^2 + (u^*)^2 + (v^*)^2]^{1/2} \quad (4)。$$

根据本申请第四个方面，提供了在薄膜涂层分类中的应用；

优选地，所述薄膜涂层包括无机非金属薄膜，优选为类金刚石薄膜或钻石薄膜，进一步优选为类金刚石薄膜。

根据本申请第五个方面，提供了一种薄膜涂层分类方法，包括以下步骤：

(a1) 根据上述薄膜涂层色度分析方法得到已知种类的薄膜涂层的 L^* 、 a^* 、 b^* 、 C_{ab} 和 C_T ，建立数据库；

(b1) 根据上述薄膜涂层色度分析方法得到待测薄膜涂层的 L^* 、 a^* 、 b^* 、 C_{ab} 和 C_T ，结合步骤 (a1) 得到的数据库，对待测薄膜涂层进行分类；

或者，

(a2) 根据上述薄膜涂层色度分析方法得到已知种类的薄膜涂层的 L^* 、 v^* 、 u^* 、 C_{uv} 和 C_T ，建立数据库；

(b2) 根据上述薄膜涂层色度分析方法得到待测薄膜涂层的 L^* 、 v^* 、 u^* 、 C_{uv} 和 C_T ，结合步骤 (a2) 得到的数据库，对待测薄膜涂层进行分类；

优选地，所述薄膜涂层包括无机非金属薄膜，优选为类金刚石薄膜或钻石薄膜，进一步优选为类金刚石薄膜。

本申请提供了一种薄膜涂层色度分析设备，该设备包括分光色度计、光源和待测样品。该设备通过光源照射到待测样品时产生散射光，利用分光色度计对散射光进行分析，得到薄膜涂层的色度值，得到不同种类的薄膜涂层与色度值之间的定量关系，建立数据库，之后只需要利用薄膜涂层色度分析设备对薄膜涂层色度进行分析，即可判断薄膜涂层的种类，利用薄膜涂层色度分析设备对薄膜涂层进行分类的方法简单、快捷、实用，大幅度简化了薄膜涂层分类过程，为实际应用于生产带来了极大的便利。

薄膜涂层色度分析设备可应用于类金刚石薄膜的分类。通过薄膜涂层色度分析设备收集不同品相和不同种类类金刚石薄膜的颜色及色度信息，获得不同种类类金刚石薄膜的色度值，建立类金刚石薄膜色度值与类金刚石薄膜种类之间的定量关系，从而通过测定待测类金刚石薄膜色度值，简单快速地判断类金刚石薄膜的种类，这种利用薄膜涂层色度分析设备对类金刚石薄膜进行分类的方法简单、快捷、实用，大幅度简化了类金刚石薄膜分类过程，能够缓解当前类金刚石薄膜分类需要依赖大型设备，操作复杂，实际应用困难等问题。为实际应用于生产带来了极大的便利。

本申请提供了一种薄膜涂层色度分析设备，利用该薄膜涂层色度分析设备可对薄膜涂层色度进行分析，进而对类金刚石薄膜进行分类，这种分类方法简单快捷，无需使用同步辐射光源和静电加速器等大型设备。

本申请提供了一种薄膜涂层色度分析设备，利用该薄膜涂层色度分析设备可对薄膜涂层色度进行分析，进而对类金刚石薄膜进行分类，采用国际照明协会 CIELAB 或 CIELUV 颜色空间，即利用最近接肉眼的测试方式对 DLC 薄膜外观颜色进行测试，非常适合生产一线实际操作，具有巨大的应用前景。

本申请提供了一种薄膜涂层色度分析设备，利用该薄膜涂层色度分析设备可对薄膜涂层色度进行分析，进而对类金刚石薄膜进行分类，根据色度 C_{ab} 和全色度 C_T 或色度 C_{uv} 和全色度 C_T 来分析 DLC 薄膜的种类，对薄膜外观颜色分析更全面，更接近于实际值。

本申请提供了一种薄膜涂层色度分析设备，利用该薄膜涂层色度分析设备可对薄膜涂层色度进行分析，进而对类金刚石薄膜进行分类，区别于传统 DLC 薄膜分类方法，不仅适用于小规模小试及中试实验，也适用于大规模量产过程中对 DLC 薄膜进行有效初选。

本申请提供了一种薄膜涂层色度分析设备，利用该薄膜涂层色度分析设备可对薄膜涂层色度进行分析，进而对类金刚石薄膜进行分类，薄膜涂层色度分析设备不仅适用于 DLC 薄膜体系，也适用于其他满足本申请预设条件的其他任意种类薄膜涂层材料。

附图说明

为了更清楚地说明本申请具体实施方式或现有技术中的技术方案，下面将对具体实施方式或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图是本申请的一些实施方式，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 为薄膜涂层色度分析设备；

图 2 为有样品台的薄膜涂层色度分析设备；

图 3 为实施例 1 中 DLC 薄膜色度值分布图；

图 4 为实施例 1 中 DLC 薄膜全色度与薄膜厚度关系；

图 5 为实施例 1 和 2 中 DLC 薄膜样品外观颜色；

图 6 为实施例 2 中 DLC 薄膜全色度值分布图。

图标：1-分光色度计；2-光源；3-距离；4-夹角；5-待测样品；51-薄膜涂层；52-基材；6-样品台。

具体实施方式

下面将结合实施例及附图对本申请的实施方案进行详细描述，但是本领域技术人员将会理解，下列实施例仅用于说明本申请，而不应视为限制本申请的范围。实施例中未注明具体条件者，按照常规条件或制造商建议的条件进行。所用试剂或仪器未注明生产厂商者，均为可以通过市售购买获得的常规产品。

需要说明的是：

本申请中，如果没有特别的说明，本文所提到的所有实施方式以及优选实施方法可以相互组合形成新的技术方案。

本申请中，如果没有特别的说明，本文所提到的所有技术特征以及优选特征可以相互组合形成新的技术方案。

本申请中，除非有其他说明，数值范围“a-b”表示 a 到 b 之间的任意实数组合的缩略表示，其中 a 和 b 都是实数。例如数值范围“15-35”表示本文中已经全部列出了“15-35”之间的全部实数，“15-35”只是这些数值组合的缩略表示。

本申请所公开的“范围”以下限和上限的形式，可以分别为一个或多个下限，和一个或多个上限。

本申请中，除非另有说明，各个反应或操作步骤可以顺序进行，也可以按照顺序进行。优选地，本文中的反应方法是顺序进行的。

除非另有说明，本文中所用的专业与科学术语与本领域熟练人员所熟悉的意义相同。此外，任何与所记载内容相似或均等的方法或材料也可应用于本申请中。

如图 1 所示，提供了一种薄膜涂层色度分析设备，包括分光色度计（1）、光源（2）和待测样品（5）；

待测样品包括基材（52）和设置在基材的上表面处的薄膜涂层（51）；

分光色度计（1）和光源（2）设置在待测样品的上方；

光源与待测样品的距离（3）为 15-35cm；

光源的中心点到待测样品的垂足为交点 D；

光源的中心点到交点 D 的直线为直线 A，分光色度计的中心点到交点 D 的直线为直线 B；

直线 A 与直线 B 的夹角（4）为 1-15°。

对分光色度计的来源和型号不作限定，例如，可以是能够实现 CIELAB 或 CIELUV 颜色空间测试要求的分光色度计。

对光源的种类和来源不作限定，例如，可以是白色 LED 光源。

白色 LED 光源是指半透明或者不透明，其表面颜色是指白浊色、乳白色、淡黄色、奶油色或它们的中间色中的任一种颜色。或者，是指色调为从 5R 经由 5YR 到 5Y 的范围，色彩饱和度为 C6 以下，光亮度为 V8.5 以上。

可以理解的是，薄膜涂层的厚度不影响光源和分光色度计到光源在待测样品垂足的夹角，即在基材的上表面处设置薄膜涂层前后，光源和分光色度计到光源在待测样品垂足的夹角应当基本一致。若光源与待测样品的距离为 15-35cm，则薄膜涂层的厚度可以是 20-3000nm；此时，在基材的上表面处设置该厚度的薄膜涂层前后，光源和分光色度计到光

源在待测样品垂足的夹角基本一致。

典型但非限制性的，薄膜涂层的厚度为 20nm、40nm、60nm、65nm、80nm、100nm、200nm、300nm、400nm、500nm、600nm、700nm、800nm、900nm、1000nm、1100nm、1200nm、1300nm、1400nm、1500nm、1600nm、1700nm、1800nm、1900nm、2000nm、2100nm、2200nm、2300nm、2400nm、2500nm、2600nm、2700nm、2800nm、2900nm 或 3000nm。

可以理解的是，薄膜涂层的表面粗糙度应较小，例如，可以是粗糙度小于 10 nm 的薄膜涂层。

对于基材的上表面处的薄膜涂层的设置方式不作限定，例如，可以是利用磁控溅射、等离子化学气相沉积（PECVD）、离子束辅助沉积、脉冲激光沉积或过滤阴极真空电弧（FCVA）沉积等真空镀膜设备在基材的上表面处设置薄膜涂层。

对于薄膜涂层的种类不作限定，可以是无机非金属薄膜，无机非金属薄膜包括但不限于类金刚石薄膜或钻石薄膜。

对于基材的种类不作限定，例如，可以是单面抛光的单晶硅、石英、透明导电玻璃或硬质合金。应当理解的是，薄膜涂层设置在基材的抛光面。

应当理解的是，光源与待测样品的距离可以是 15-35cm 范围内的任一个固定值，并不选用每次测量前都重新调节光源与待测样品的距离。

典型但非限制性的，光源与待测样品的距离为 15cm、16cm、17cm、18cm、19cm、20cm、21cm、22cm、23cm、24cm、25cm、26cm、27cm、28cm、29cm、30cm、31cm、32cm、33cm、34cm 或 35cm。

应当理解的是，直线 A 与直线 B 的夹角可以是 1-15°范围内的任一个固定值，并不选用每次测量前都重新调节光源和分光光度计到光源在待测样品垂足的夹角。

典型但非限制性的，直线 A 与直线 B 的夹角为 1°、2°、3°、4°、5°、6°、7°、8°、9°、10°、11°、12°、13°、14°或 15°。

本申请提供了一种薄膜涂层色度分析设备，该设备包括分光光度计、光源和待测样品。该设备通过光源照射到待测样品时产生散射光，利用分光光度计对散射光进行分析，得到薄膜涂层的色度值，得到不同种类的薄膜涂层与色度值之间的定量关系，并建立数据库。之后，只需要利用薄膜涂层色度分析设备对薄膜涂层色度进行分析，即可判断薄膜涂层的种类。利用薄膜涂层色度分析设备对薄膜涂层进行分类的方法简单、快捷且实用，大幅度简化薄膜涂层分类过程，为实际应用于生产带来极大的便利。

在一种实施方式中，如图 2 所示，色度分析设备还包括样品台（6），待测样品放置在样品台表面。

对于样品台的来源不作限定，可以是表面平整的试验平台，以光学平台为优。

在一种实施方式中，分光色度计和光源平齐，待测样品位于光源正下方。

在一种实施方式中，直线 A 与直线 B 的夹角为 5-10°。

直线 A 与直线 B 的夹角为 5-10°时，这一夹角范围首先包括了国际照明协会指定的最接近人眼的 2°和/或 10°视角，同时也适合于不同操作人员和操作环境。

在一种实施方式中，直线 A 与直线 B 的夹角为 10°。

在一种实施方式中，基材为单晶硅。

根据本申请第二个方面，提供了上述薄膜涂层色度分析设备在薄膜涂层色度分析中的应用。

将上述薄膜涂层色度分析设备应用于薄膜涂层色度分析中，可使得薄膜涂层色度的分析方便快捷，将待测薄膜涂层设置在基材表面，放置在光源下方，即可得出待测薄膜涂层的色度。

对于薄膜涂层的种类不作限定，可以是无机非金属薄膜，无机非金属薄膜包括但不限于类金刚石薄膜或钻石薄膜。

在一种实施方式中，薄膜涂层为类金刚石薄膜。

根据本申请第三个方面，提供了一种薄膜涂层色度分析方法，包括以下步骤：

S1：将上述薄膜涂层色度分析设备置于黑暗环境中，放置待测样品，并打开光源和分光色度计；

S2：利用分光色度计得到 L^* 、 a^* 和 b^* ，或，利用分光色度计得到 L^* 、 v^* 和 u^* ；

S3：若步骤 S2 得到了 L^* 、 a^* 和 b^* ，根据公式 1 和公式 2 得到色度 C_{ab} 和全色度 C_T ：

$$C_{ab} = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2} \quad (\text{公式 1}),$$

$$C_T = [(L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2} \quad (\text{公式 2}),$$

若步骤 S2 得到了 L^* 、 v^* 和 u^* ，根据公式 3 和公式 4 得到色度 C_{uv} 和全色度 C_T ：

$$C_{uv} = [(u^*)^2 + (v^*)^2]^{1/2} \quad (\text{公式 3}),$$

$$C_T = [(L^*)^2 + (u^*)^2 + (v^*)^2]^{1/2} \quad (\text{公式 4}).$$

应当理解的是，薄膜涂层色度分析设备置于黑暗环境中，黑暗环境是指不受外界光源影响。

应当理解的是，放置待测样品指的是，将待测样品放置在我们预先设定的位置上，例如，在光源的正下方。

应当理解的是，打开光源和分光色度计指的是，打开电源后使其能够正常工作，即包括开启开关，调节各项参数，确定夹角等操作，即做好开始测量前的所有准备工作。

“ L^* 、 a^* 和 b^* ” 是使用国际照明协会 CIELAB 颜色空间读取各样品色度信息；“ L^* 、 v^* 和 u^* ” 是使用国际照明协会 CIELUV 颜色空间读取各样品色度信息。

应当理解的是，步骤 S2 中， L^* 、 a^* 和 b^* 对应的分光色度计能够实现 CIELAB 颜色空间测试要求，步骤 S2 中， L^* 、 v^* 和 u^* 对应的分光色度计能够实现 CIELUV 颜色空间测试要求。

应当理解的是，若分光色度计能够实现 CIELAB 颜色空间测试要求，结合公式 1 和公式 2，得到色度 C_{ab} 和全色度 C_T 。若分光色度计能够实现 CIELUV 颜色空间测试要求，结合公式 3 和公式 4，得到色度 C_{uv} 和全色度 C_T 。

应当理解的是，为了确保得到的薄膜涂层色度信息的准确性，可以重复测试 2-4 次，通过每次获得的 L^* 、 a^* 和 b^* ，或者 L^* 、 v^* 和 u^* ，求得样品色度参数平均值记录结果，然后再根据公式 1-4 得到色度 C_{ab} 和全色度 C_T ，或者，得到色度 C_{uv} 和全色度 C_T 。

公式 1 通过平面内色度值 a^* 和 b^* 得到色度 C_{ab} ，公式 2 考虑到了明暗度 L^* ，得到全色度 C_T ，全色度 C_T 能够更好地分析薄膜涂层颜色的色度值。

公式 3 通过平面内色度值 v^* 和 u^* 得到色度 C_{uv} ，公式 4 考虑到了明暗度 L^* ，得到全色度 C_T ，全色度 C_T 能够更好地分析薄膜涂层颜色的色度值。

该薄膜涂层色度分析方法利用薄膜涂层色度分析设备对薄膜涂层的色度进行分析，进而对类金刚石薄膜进行分类，采用国际照明协会 CIELAB 或 CIELUV 颜色空间，即利用最近接肉眼的测试方式对 DLC 薄膜外观颜色进行测试，非常适合生产一线实际操作，具有巨大的应用前景。

根据本申请第四个方面，提供了上述薄膜涂层色度分析方法在薄膜涂层分类中的应用。

薄膜涂层色度分析方法应用于分析薄膜涂层时，对于薄膜涂层的种类不作限定，可以是无机非金属薄膜，无机非金属薄膜包括但不限于类金刚石薄膜或钻石薄膜。

在一种实施方式中，薄膜涂层为类金刚石薄膜。

薄膜涂层色度分析设备应用于薄膜涂层的中，简单、快捷且实用，大幅度简化薄膜涂层分类过程，为实际应用于生产带来极大的便利。

上述薄膜涂层色度分析方法应用在类金刚石薄膜分类中，是通过薄膜涂层色度分析方法收集不同品相和不同种类类金刚石薄膜的颜色及色度信息，获得不同种类类金刚石薄膜的色度值，建立类金刚石薄膜色度值与类金刚石薄膜种类之间的定量关系，从而通过测定待测类金刚石薄膜色度值简单地判断类金刚石薄膜的种类，这种利用薄膜涂层色度分析设备对类金刚石薄膜进行分类的方法简单、快捷且实用，大幅度简化类金刚石薄膜分类过程，为实际应用于生产带来极大的便利。

根据本申请第五个方面，提供了一种薄膜涂层分类方法，包括以下步骤：

(a1) 根据上述薄膜涂层色度分析方法得到已知种类的薄膜涂层的 L^* 、 a^* 、 b^* 、 C_{ab} 和 C_T ，并建立数据库；

(b1) 根据上述薄膜涂层色度分析方法得到待测薄膜涂层的 L^* 、 a^* 、 b^* 、 C_{ab} 和 C_T ，结合步骤 (a1) 得到的数据库，对待测薄膜涂层进行分类；

或者，

(a2) 根据上述薄膜涂层色度分析方法得到已知种类的薄膜涂层的 L^* 、 v^* 、 u^* 、 C_{uv} 和 C_T ，并建立数据库；

(b2) 根据上述薄膜涂层色度分析方法得到待测薄膜涂层的 L^* 、 v^* 、 u^* 、 C_{uv} 和 C_T ，结合步骤 (a2) 得到的数据库，对待测薄膜涂层进行分类。

薄膜涂层分类方法对于薄膜涂层的种类不作限定，可以是类金刚石薄膜、钻石薄膜分类等。

利用薄膜涂层色度分析设备得到不同种类的薄膜涂层与色度值之间的定量关系，并建立数据库。之后，只需要利用薄膜涂层色度分析设备对薄膜涂层色度进行分析，即可判断薄膜涂层的种类。利用薄膜涂层色度分析设备对薄膜涂层进行分类的方法简单、快捷且实用，因此大幅度简化薄膜涂层分类过程，为实际应用于生产带来极大的便利。

类金刚石薄膜分类方法是利用薄膜涂层色度分析设备和薄膜涂层色度分析方法得到不同种类类金刚石薄膜的颜色及色度信息，收集数据，建立数据库，然后建立类金刚石薄膜色度值与类金刚石薄膜种类之间的定量关系，从而通过测定待测类金刚石薄膜色度值简单快速地判断类金刚石薄膜的种类，这种利用薄膜涂层色度分析设备对类金刚石薄膜进行分类的方法简单、快捷、实用，大幅度简化了类金刚石薄膜分类过程，为实际应用于生产带来了极大的便利。

下面将结合实施例对本申请的技术方案进行进一步地说明。

实施例 1

一、我们通过不同的制备方法得到不同的 PLC 薄膜，然后对得到的不同薄膜利用薄膜涂层色度分析设备结合薄膜涂层色度分析方法进行色度值分析，若不同方法制备得到的 PLC 薄膜的色度值不同，也就是说，通过薄膜涂层色度分析方法能够将不同的 PLC 薄膜区分开来，则证明本申请的薄膜涂层色度分析设备能够应用于薄膜涂层色度分析，且利用薄膜涂层色度分析方法能够对类金刚石薄膜进行分类，类金刚石薄膜分类方法可行。

二、验证类金刚石薄膜分类方法

(1) 样品制备

首先将单面抛光的衬底材料单晶硅片分别依次放入蒸馏水、丙酮、无水乙醇溶液中超声清洗 15 min，然后用干燥氮气将衬底表面吹干，最后再将样品放入 80℃ 鼓风干燥箱中烘干。

并将烘干后的样片，固定在 PECVD 设备中的衬底固定架上。

关闭真空腔室，抽真空。当真空室压强抽到 5.0×10^{-3} Pa 以后，使用质量流量计向真空室内通入氩气（纯度 99.99%）流量 50 sccm，施加脉冲偏压-100 V，开启微波电源功率 50 W，产生等离子体，对基底进行清洗，清洗时间 10 min。

之后导入乙炔气体（纯度 99.8%）流量 30 sccm 和氩气流量 20 sccm，在脉冲偏压-0 V，微波功率 50 W 条件下，控制沉积时间制备不同厚度的 DLC 薄膜。在沉积时间依次为 10 min、20 min、30 min、40 min、50 min、60 min、70 min、80 min 的条件下，依次得到样品#01、#02、#03、#04、#05、#06、#07、#08。

同样的，在脉冲偏压-500 V，微波功率 50 W 条件下，控制沉积时间制备不同厚度的 DLC 薄膜。在沉积时间依次为 5 min、10 min、15 min、20 min、25 min、30 min、35 min、40 min 的条件下，依次得到样品#09、#10、#11、#12、#13、#14、#15、#16。

（2）色度值测量

如图 1 或图 2 所示，图 1 为薄膜涂层色度分析设备，图 2 为有样品台的薄膜涂层色度分析设备。在暗室中将 DLC 测试样品垂直放置于光源正下方，分光色度计的白色 LED 光源，对准放置样品的水平光学平台。确定光源与样品台高度为 25 cm，分光色度计与光源平齐，光源中心、分光色度计、样品三者之间形成夹角为 8° 的固定值后，对所制备 DLC 样品按照沉积时间不同依次进行三点测量，使用国际照明协会 CIELAB 颜色空间得到各自色度信息 L^* 、 a^* 、 b^* 。

（3）色度值分析

利用公式 1 和 2 通过计算求得 DLC 样品色度值 C_{ab} 和全色度值和 C_T ，如图 3 所示，图 3 为实施例 1 中 DLC 薄膜色度值分布图。未施加偏压的 DLC 薄膜外观颜色鲜艳（图 5 中样品#01~#08）。通过图 3a 可知，样品#01~#08 的 C_{ab} 值广泛分布在色度空间色度值高位，随着沉积时间的增加薄膜厚度逐渐递增，色度值围绕中心呈现顺时针周期性环绕，出现 DLC 薄膜色度值干涉色厚度依赖的现象。

与之相对，施加偏压-500 V 的样品虽然厚度和色度值都出现类似顺时针环绕分布的情况（如图 3b），但色度值明显处在未施加偏压样品的内部（图 3b 中样品#09~#16 的数据点对应于图 3a 内部的未标号的数据点），表现出弱的干涉色厚度依赖现象。

图 4 为实施例 1 中 DLC 薄膜全色度与薄膜厚度关系，由图 4 可知，4a 中 DLC 薄膜（样品#01~#08）颜色呈现周期性变化，并且这一周期性和干涉条纹很好的对应良好，此时的颜色来源于薄膜的无定型结构与光的相互作用而产生的结构色，色度值及全色度都较大；对比 4b 中施加偏压的 DLC 薄膜（样品#09~#16），如前所述，色度值明显降低，薄膜厚度处于同样（样品#01~#08）范围内时，全色度没有出现明显周期性变化，DLC 薄膜种类与前者有明显区别。

根据文献 X.L. Zhou, et al., Diam. Relat. Mater., 73 (2017) 232-240 可知, 未偏压样品(样品#01~#08)属于 PLC 薄膜(类高聚物碳膜), 而施加偏压-500 V 的样品(样品#09~#16)属于 a-C:H 薄膜(含氢碳膜), 由此可知, 类金刚石薄膜分类方法能够区分 PLC 薄膜和 a-C:H 薄膜, 即类金刚石薄膜分类方法验证可行。

实施例 2

实施例 2 与实施例 1 的不同之处在于, 以 FCVA 沉积设备代替 PECVD 沉积设备, 以碳靶为碳源代替乙炔气体, 以施加脉冲偏压-800 V 代替脉冲偏压-0 V 或-500 V, 在沉积时间依次为 45 min、50 min、55 min、60 min、65 min、70 min、75 min、80 min 的条件下, 依次得到样品#17、#18、#19、#20、#21、#22、#23、#24。

如图 5 所示, 通过对比未施加偏压(样品#01~#08), 偏压-500 V(样品#09~#16)所制备样品, 与偏压-800 V 的样品(#17~#24)比较, 外观颜色明显不同, #01~#08 样品外观颜色鲜艳, 样品#09~#16 外观颜色鲜艳度较之前者明显减弱, 样品#17~#24 只有墨绿和灰褐两种鲜艳度很弱的颜色。

同时, 如图 6 所示, 图 6 为实施例 2 中 DLC 薄膜全色度值分布图, 图 6b 为样品#17~#24 的全色度值, 图 6a 中, 位于#09~#16 内部的未标号的点值对应于样品#17~#24 的全色度值, 偏压-800 V 所制备出样品(#17~#24)的色度值都分布在 a^* 、 b^* 绝对值小于 10 的范围内且都位于样品#09~#16 内部, 说明两种样品同样属于不同种类 DLC 薄膜。

根据文献 X.L. Zhou, et al., Appl. Phys. Lett., 110 (2017) 201902 可知, 未偏压样品属于 PLC 薄膜(类高聚物碳膜), 而施加偏压-500 V 的样品属于 a-C:H 薄膜(含氢碳膜), FCVA 施加偏压得到的样品为 ta-C: (H) 薄膜(含氢四面体碳膜), 由此可知, 类金刚石薄膜分类方法能够区分 PLC 薄膜、a-C:H 薄膜和 ta-C: (H) 薄膜, 即类金刚石薄膜分类方法验证可行。

实施例 3

与实例 1 的不同之处在于, 以磁控溅射技术代替 PECVD 技术制备 DLC 薄膜, 且脉冲偏压为-0 V。

在沉积时间依次为 10 min、20 min、30 min、40 min、50 min、60 min、70 min、80 min 的条件下, 依次得到样品的 L^* 、 a^* 、 b^* 分别为 (59.0, -23.0, -34.1)、(109.5, -7.6, 39.8)、(74.2, 29.0, 7.5)、(76.0, -40.2, 10.5)、(86.0, -17.2, 43.5)、(64.2, 3.7, 12.3)、(53.4, -4.5, -27.8)、(57.6, -28.4, 14.3)。

实施例 4

与实例 1 的不同之处在于, 以脉冲激光沉积技术代替 PECVD 技术制备 DLC 薄膜, 且脉冲偏压为-0 V。

在沉积时间依次为 10 min、20 min、30 min、40 min、50 min、60 min、70 min、80 min

的条件下,依次得到样品的 L*、a*、b*分别为 (109.0, -12.9, -4.1)、(89.0, -10.6, 35.8)、(51.2, 36.0, -48.5)、(75.0, -13.2, 30.5)、(60.0, -8.7, 14.5)、(59.2, -46.7, 15.3)、(70.1, -40.5, 12.8)、(60.6, 15.4, -6.9)。

实施例 5

与实例 1 的不同之处在于,以射频 CVD 沉积技术代替 PECVD 技术制备 DLC 薄膜,且脉冲偏压为-0 V。

在沉积时间依次为 10 min、20 min、30 min、40 min、50 min、60 min、70 min、80 min 的条件下,依次得到样品的 L*、a*、b*分别为 (91.0, -17.9, -4.1)、(89.5, -9.6, 36.8)、(61.2, 33.0, -50.5)、(86.0, -16.2, 35.5)、(62.0, -9.7, 12.5)、(57.2, -53.7, 13.3)、(73.1, -47.5, 17.8)、(68.6, 19.4, -6.9)。

由实施例 1、实施例 3-实施例 5 可知,利用薄膜涂层色度分析设备,可对不同制备方法制备得到的 DLC 薄膜进行分类。

实施例 6

与实例 1 的不同之处在于,以石英玻璃衬底代替单晶硅衬底制备 DLC 薄膜,且脉冲偏压为-0 V。

在沉积时间依次为 10 min、20 min、30 min、40 min、50 min、60 min、70 min、80 min 的条件下,依次得到样品的 L*、a*、b*分别为 (71.0, -19.9, -5.1)、(80.5, -10.6, 39.8)、(55.2, 35.0, -54.5)、(81.0, -19.2, 37.5)、(63.0, -16.7, 17.5)、(46.2, -50.7, 16.3)、(76.1, -42.5, 19.8)、(49.6, 21.4, -10.9)。

实施例 7

与实例 1 的不同之处在于,以透明导电玻璃衬底代替单晶硅衬底制备 DLC 薄膜,且脉冲偏压为-0 V。

在沉积时间依次为 10 min、20 min、30 min、40 min、50 min、60 min、70 min、80 min 的条件下,依次得到样品的 L*、a*、b*分别为 (71.0, -19.9, -5.1)、(79.5, -10.6, 38.8)、(41.2, 30.0, -59.5)、(66.0, -13.2, 39.5)、(42.0, -10.7, 15.5)、(39.2, -59.7, 16.3)、(53.1, -49.5, 25.8)、(48.6, 23.4, -9.9)。

实施例 8

与实例 1 的不同之处在于,以硬质合金衬底代替单晶硅衬底制备 DLC 薄膜,且脉冲偏压为-0 V。

在沉积时间依次为 10 min、20 min、30 min、40 min、50 min、60 min、70 min、80 min 的条件下,依次得到样品的 L*、a*、b*分别为 (100.0, -10.9, -5.1)、(85.0, -11.6, 30.8)、(50.2, 35.0, -45.5)、(79.0, -12.2, 29.5)、(56.0, -7.7, 13.5)、(63.2, -45.7, 14.3)、(71.1,

-36.5, 10.8)、(56.6, 13.4, -7.9)。

由实施例 6-8 可知, 基材选择单晶硅、石英玻璃、透明导电玻璃或硬质合金时, 利用薄膜涂层色度分析设备得到的 L^* 、 a^* 、 b^* 不同, 因此, 我们在检测已知类金刚石薄膜种类用于建立数据库时, 应当采用相同的基材, 并且, 建立数据库后, 检测待测类金刚石薄膜种类时, 使用的基材应当与建立数据库使用的基材相同。

实施例 9

与实例 1 的不同之处在于, 以 CIELUV 颜色空间代替 CIELAB 颜色空间获取 DLC 薄膜色度信息。

在沉积时间依次为 10 min、20 min、30 min、40 min、50 min、60 min、70 min、80 min 的条件下, 依次得到样品的 L^* 、 u^* 、 v^* 分别为 (90.0, -17.5, -4.2)、(88.5, -9.3, 36.5)、(60.2, 32.0, -52.5)、(83.0, -15.2, 36.5)、(61.0, -10.7, 11.5)、(55.2, -50.7, 14.3)、(70.1, -46.5, 15.8)、(65.6, 20.4, -6.5)。

由实施例 9 可知, 不论是利用 CIELUV 颜色空间, 还是利用 CIELAB 颜色空间, 都可用于获取 DLC 薄膜色度信息, 都可用于对类金刚石薄膜进行分类。

实施例 10

与实例 1 的不同之处在于, 以钻石薄膜涂层代替 DLC 薄膜进行上述分析。

在沉积时间依次为 10 min、20 min、30 min、40 min、50 min、60 min、70 min、80 min 的条件下, 依次得到样品的 L^* 、 a^* 、 b^* 分别为 (59.0, -25.0, -39.1)、(95.5, -17.6, 30.8)、(70.2, 35.0, 9.5)、(62.0, -41.2, 12.5)、(89.0, -19.2, 40.5)、(69.2, 5.7, 14.3)、(50.4, -8.5, -29.8)、(70.6, -35.4, 17.3)。

由实施例 10 可知, 利用薄膜涂层色度分析设备也可检测钻石薄膜涂层的 L^* 、 a^* 、 b^* , 即我们同样可以利用薄膜涂层色度分析设备对钻石薄膜涂层进行分类。

应当理解的是, 上述制备方法的说明中未详细描述的内容, 均是本领域技术人员容易想到的常用参数, 因此可以省略对其的详细说明。

最后应说明的是: 以上各实施例仅用以说明本申请的技术方案, 而非对其限制; 尽管参照前述各实施例对本申请进行了详细的说明, 本领域的普通技术人员应当理解: 其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改, 或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换; 而这些修改或者替换, 并不使相应技术方案的本质脱离本申请各实施例技术方案的范围。

权利要求书

1. 一种薄膜涂层色度分析设备，其特征在于，包括分光色度计、光源和待测样品；
 所述待测样品包括基材和设置在所述基材的上表面处的薄膜涂层；
 所述分光色度计和光源设置在待测样品的上方；
 所述光源与待测样品的距离为 15-35cm；
 所述光源的中心点到待测样品的垂足为交点 D；
 所述光源的中心点到交点 D 的直线为直线 A，所述分光色度计的中心点到交点 D 的直线为直线 B；
 所述直线 A 与直线 B 的夹角为 1-15°。
2. 根据权利要求 1 所述的薄膜涂层色度分析设备，其特征在于，所述色度分析设备还包括样品台，所述待测样品放置在样品台表面；
 优选地，所述分光色度计和光源平齐，所述待测样品位于光源正下方。
3. 根据权利要求 1 所述的薄膜涂层色度分析设备，其特征在于，所述直线 A 与直线 B 的夹角为 5-10°，优选为 10°。
4. 根据权利要求 1-3 任一项所述的薄膜涂层色度分析设备，其特征在于，所述光源为白色 LED 光源；
 优选地，所述分光色度计能够实现 CIELAB 和/或 CIELUV 颜色空间测试要求。
5. 根据权利要求 1-3 任一项所述的薄膜涂层色度分析设备，其特征在于，所述基材包括单晶硅、石英、透明导电玻璃或硬质合金中的至少一种，优选为单晶硅。
6. 根据权利要求 1-3 任一项所述的薄膜涂层色度分析设备，其特征在于，所述薄膜涂层的粗糙度小于 10 nm，所述薄膜涂层的厚度为 20-3000nm；
 优选地，所述薄膜涂层包括无机非金属薄膜，优选为类金刚石薄膜或钻石薄膜，进一步优选为类金刚石薄膜。
7. 权利要求 1-6 任一项所述的薄膜涂层色度分析设备在薄膜涂层色度分析中的应用。
8. 一种薄膜涂层色度分析方法，其特征在于，包括以下步骤：
 S1：将权利要求 1-6 任一项所述的薄膜涂层色度分析设备置于黑暗环境中，放置待测样品，并打开光源和分光色度计；
 S2：利用分光色度计得到 L^* 、 a^* 和 b^* ，或，利用分光色度计得到 L^* 、 v^* 和 u^* ；
 S3：根据公式（1）和公式（2）得到色度 C_{ab} 和全色度 C_T ：

$$C_{ab} = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2} \quad (1),$$

$$C_T = [(L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2} \quad (2),$$

或, 根据公式 (3) 和公式 (4) 得到色度 C_{uv} 和全色度 C_T :

$$C_{uv} = [(u^*)^2 + (v^*)^2]^{1/2} \quad (3),$$

$$C_T = [(L^*)^2 + (u^*)^2 + (v^*)^2]^{1/2} \quad (4)。$$

9. 权利要求 8 所述的薄膜涂层色度分析方法在薄膜涂层分类中的应用;

优选地, 所述薄膜涂层包括无机非金属薄膜, 优选为类金刚石薄膜或钻石薄膜, 进一步优选为类金刚石薄膜。

10. 一种薄膜涂层分类方法, 其特征在于, 包括以下步骤:

(a1) 根据权利要求 8 所述的薄膜涂层色度分析方法得到已知种类的薄膜涂层的 L^* 、 a^* 、 b^* 、 C_{ab} 和 C_T , 并建立数据库;

(b1) 根据权利要求 8 所述的薄膜涂层色度分析方法得到待测薄膜涂层的 L^* 、 a^* 、 b^* 、 C_{ab} 和 C_T , 结合步骤 (a1) 得到的数据库, 对待测薄膜涂层进行分类;

或者,

(a2) 根据权利要求 8 所述的薄膜涂层色度分析方法得到已知种类的薄膜涂层的 L^* 、 v^* 、 u^* 、 C_{uv} 和 C_T , 并建立数据库;

(b2) 根据权利要求 8 所述的薄膜涂层色度分析方法得到待测薄膜涂层的 L^* 、 v^* 、 u^* 、 C_{uv} 和 C_T , 结合步骤 (a2) 得到的数据库, 对待测薄膜涂层进行分类;

优选地, 所述薄膜涂层包括无机非金属薄膜, 优选为类金刚石薄膜或钻石薄膜, 进一步优选为类金刚石薄膜。

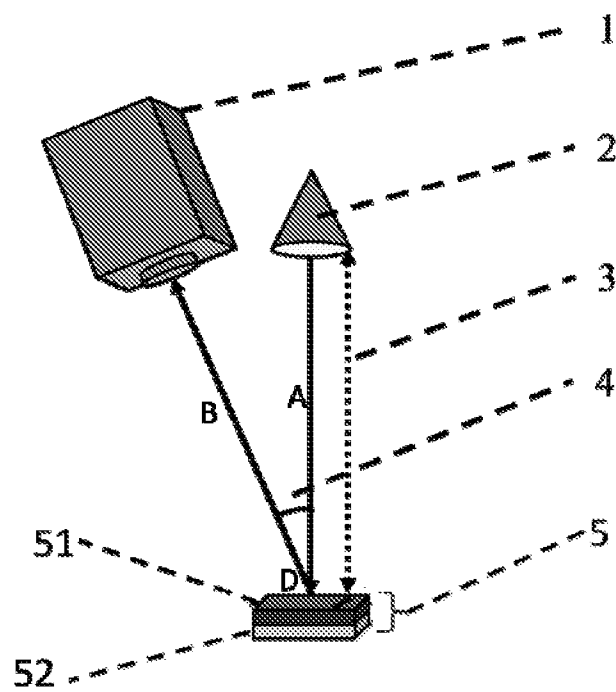


图 1

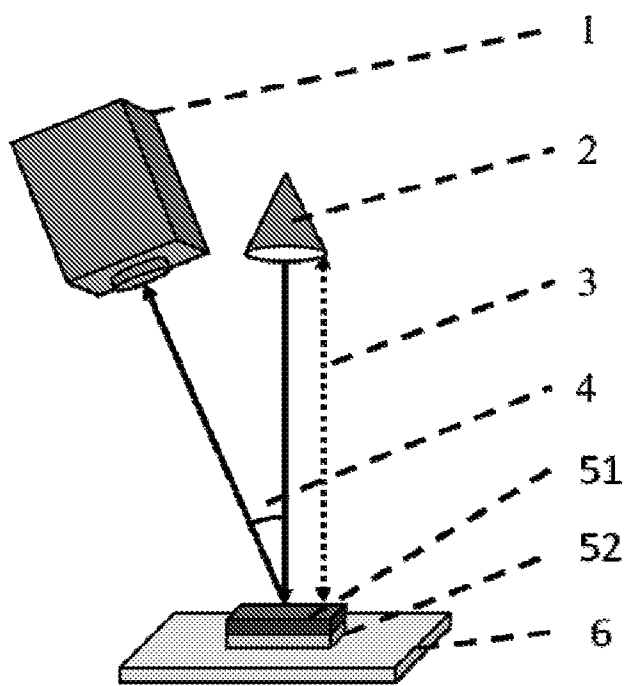


图 2

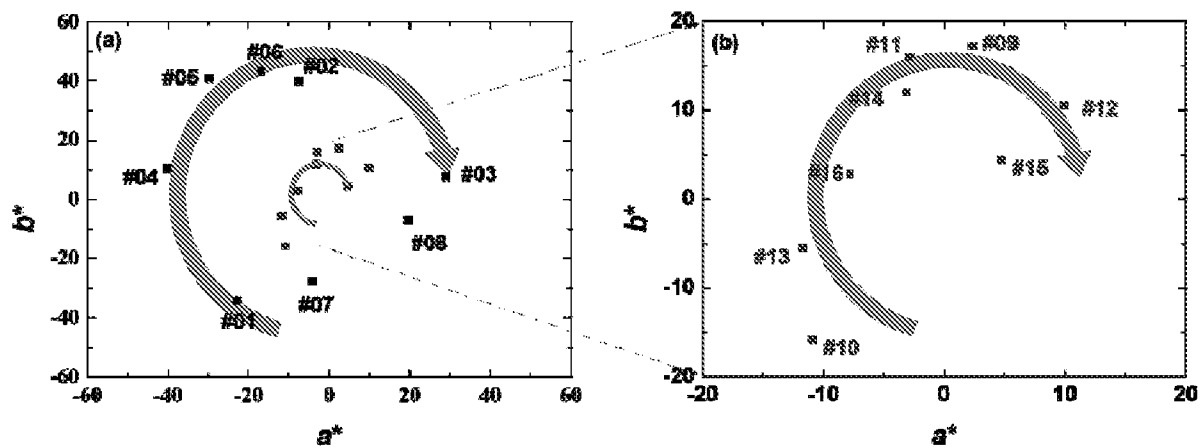


图 3

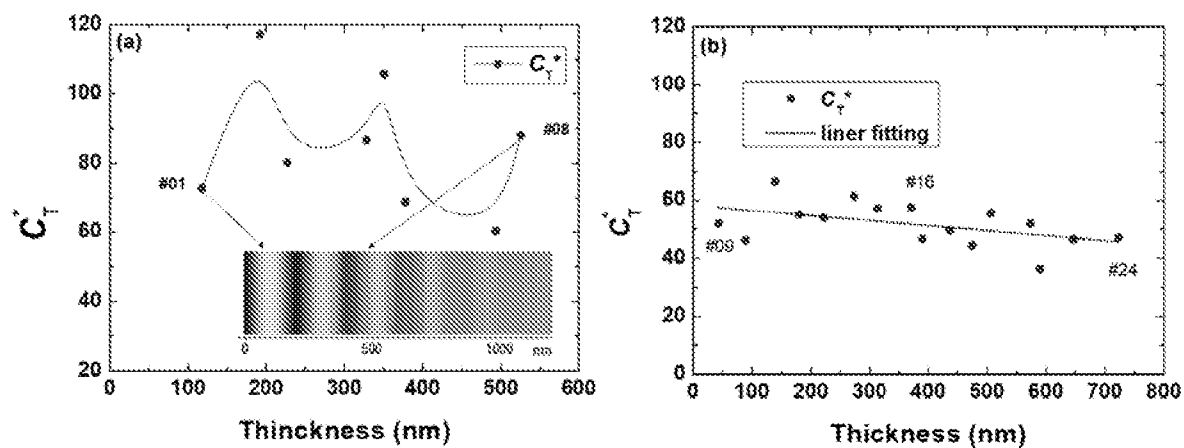


图 4

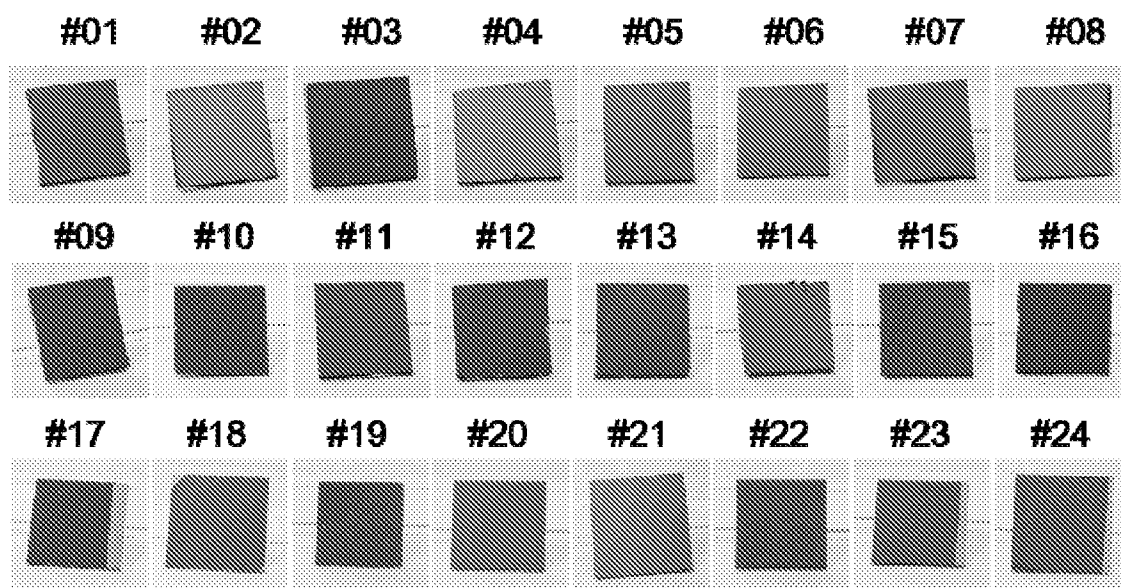


图 5

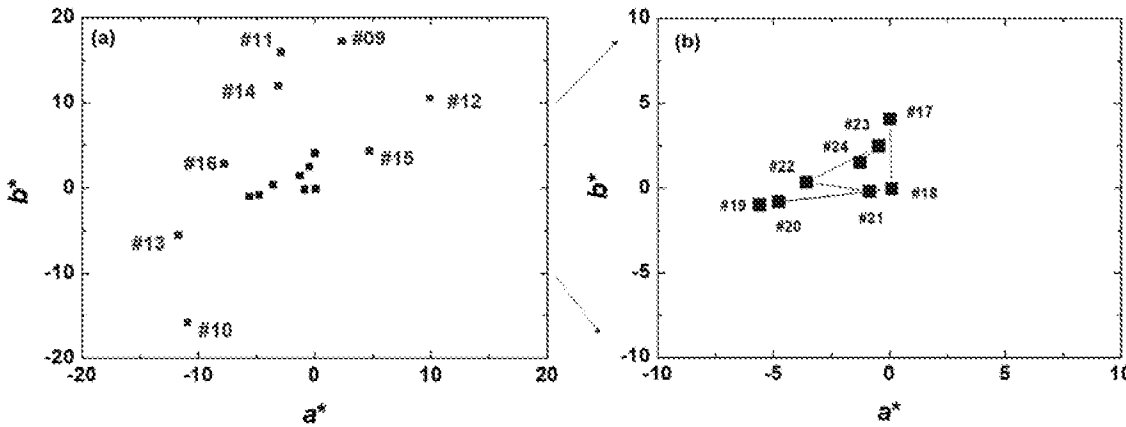


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2018/122140

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01J 3/46 (2006.01) i; G01N 21/27 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01J, G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS; CNTXT; DWPI; SIPOABS; CNKI: 色度分析, 薄膜, 涂层, 分析, 类金刚石薄膜, 色度, 颜色, 钻石薄膜, 光源, 分类, light, colorimeters, membrane, film, colour

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 101568821 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.), 28 October 2009 (28.10.2009), claims 1-8, description, page 9, paragraph 5, and figures 1-2	1-7
A	CN 102667444 A (E. I. DU PONT DE NEMOURS AND COMPANY), 12 September 2012 (12.09.2012), entire document	1-10
A	CN 103459976 A (NIRECO CORPORATION), 18 December 2013 (18.12.2013), entire document	1-10
A	CN 102269622 A (BEIOPITCS TECHNOLOGY CO., LTD.), 07 December 2011 (07.12.2011), entire document	1-10
A	CN 108195469 A (PENG, Zhongxiang), 22 June 2018 (22.06.2018), entire document	1-10
A	US 5550632 A (HARADA, H. et al.), 27 August 1996 (27.08.1996), entire document	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 04 September 2019	Date of mailing of the international search report 16 September 2019
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer LI, Peng Telephone No. (86-10) 53962735

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2018/122140

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 101568821 A	28 October 2009	EP 2124037 A1 US 2010067010 A1 JP 4241843 B2 JP 2008205189 A EP 2124037 A4 WO 2008102484 A1 CN 101568821 B US 7907276 B2	25 November 2009 18 March 2010 18 March 2009 04 September 2008 10 April 2013 28 August 2008 26 December 2012 15 March 2011
CN 102667444 A	12 September 2012	US 8771785 B2 EP 2513627 A1 US 8999429 B2 MX 2012006870 A US 2014127395 A1 US 2012225190 A1 EP 2513627 A4 WO 2011075212 A1 MX 317315 B	08 July 2014 24 October 2012 07 April 2015 27 June 2012 08 May 2014 06 September 2012 04 March 2015 23 June 2011 21 January 2014
CN 103459976 A	18 December 2013	US 8736851 B2 WO 2012140693 A1 TW 201243271 A JP 4871435 B1 EP 2698597 A4 EP 2698597 A1 JP WO 2012140693 A1 KR 20140014191 A US 2014022564 A1	27 May 2014 18 October 2012 01 November 2012 08 February 2012 03 September 2014 19 February 2014 28 July 2014 05 February 2014 23 January 2014
CN 102269622 A	07 December 2011	WO 2011150673 A1 CN 102269858 A US 8767209 B2 CN 102269623 B US 2013070234 A1 CN 102297721 B CN 102269623 A CN 102297721 A CN 102269859 A CN 102338662 A CN 102338662 B CN 102269622 B	08 December 2011 07 December 2011 01 July 2014 06 March 2013 21 March 2013 05 June 2013 07 December 2011 28 December 2011 07 December 2011 01 February 2012 12 June 2013 03 July 2013
CN 108195469 A	22 June 2018	None	
US 5550632 A	27 August 1996	JP H0450714 A DE 4120289 A1 DE 4120289 C2	19 February 1992 09 January 1992 23 July 1998

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/122140

A. 主题的分类 G01J 3/46(2006.01)i; G01N 21/27(2006.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类																							
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) G01J, G01N 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNABS;CNTXT;DWPI;SIPOABS;CNKI:色度分析, 薄膜, 涂层, 分析, 类金刚石薄膜, 色度, 颜色, 钻石薄膜, 光源, 分类, light, colorimeters, membrane, film, colour																							
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 101568821 A (三菱重工业株式会社) 2009年 10月 28日 (2009 - 10 - 28) 权利要求1-8, 说明书第9页第5段, 图1-2</td> <td>1-7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102667444 A (纳幕尔杜邦公司) 2012年 9月 12日 (2012 - 09 - 12) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103459976 A (株式会社尼利可) 2013年 12月 18日 (2013 - 12 - 18) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102269622 A (北京智朗芯光科技有限公司) 2011年 12月 7日 (2011 - 12 - 07) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 108195469 A (彭忠祥) 2018年 6月 22日 (2018 - 06 - 22) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 5550632 A (HARADA, HIROAKI ET AL.) 1996年 8月 27日 (1996 - 08 - 27) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 101568821 A (三菱重工业株式会社) 2009年 10月 28日 (2009 - 10 - 28) 权利要求1-8, 说明书第9页第5段, 图1-2	1-7	A	CN 102667444 A (纳幕尔杜邦公司) 2012年 9月 12日 (2012 - 09 - 12) 全文	1-10	A	CN 103459976 A (株式会社尼利可) 2013年 12月 18日 (2013 - 12 - 18) 全文	1-10	A	CN 102269622 A (北京智朗芯光科技有限公司) 2011年 12月 7日 (2011 - 12 - 07) 全文	1-10	A	CN 108195469 A (彭忠祥) 2018年 6月 22日 (2018 - 06 - 22) 全文	1-10	A	US 5550632 A (HARADA, HIROAKI ET AL.) 1996年 8月 27日 (1996 - 08 - 27) 全文	1-10
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
X	CN 101568821 A (三菱重工业株式会社) 2009年 10月 28日 (2009 - 10 - 28) 权利要求1-8, 说明书第9页第5段, 图1-2	1-7																					
A	CN 102667444 A (纳幕尔杜邦公司) 2012年 9月 12日 (2012 - 09 - 12) 全文	1-10																					
A	CN 103459976 A (株式会社尼利可) 2013年 12月 18日 (2013 - 12 - 18) 全文	1-10																					
A	CN 102269622 A (北京智朗芯光科技有限公司) 2011年 12月 7日 (2011 - 12 - 07) 全文	1-10																					
A	CN 108195469 A (彭忠祥) 2018年 6月 22日 (2018 - 06 - 22) 全文	1-10																					
A	US 5550632 A (HARADA, HIROAKI ET AL.) 1996年 8月 27日 (1996 - 08 - 27) 全文	1-10																					
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																							
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																							
国际检索实际完成的日期 2019年 9月 4日		国际检索报告邮寄日期 2019年 9月 16日																					
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		受权官员 李鹏 电话号码 (86-10)53962735																					

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/122140

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	101568821	A	2009年 10月 28日	EP	2124037	A1	2009年 11月 25日
				US	2010067010	A1	2010年 3月 18日
				JP	4241843	B2	2009年 3月 18日
				JP	2008205189	A	2008年 9月 4日
				EP	2124037	A4	2013年 4月 10日
				WO	2008102484	A1	2008年 8月 28日
				CN	101568821	B	2012年 12月 26日
				US	7907276	B2	2011年 3月 15日
CN	102667444	A	2012年 9月 12日	US	8771785	B2	2014年 7月 8日
				EP	2513627	A1	2012年 10月 24日
				US	8999429	B2	2015年 4月 7日
				MX	2012006870	A	2012年 6月 27日
				US	2014127395	A1	2014年 5月 8日
				US	2012225190	A1	2012年 9月 6日
				EP	2513627	A4	2015年 3月 4日
				WO	2011075212	A1	2011年 6月 23日
				MX	317315	B	2014年 1月 21日
CN	103459976	A	2013年 12月 18日	US	8736851	B2	2014年 5月 27日
				WO	2012140693	A1	2012年 10月 18日
				TW	201243271	A	2012年 11月 1日
				JP	4871435	B1	2012年 2月 8日
				EP	2698597	A4	2014年 9月 3日
				EP	2698597	A1	2014年 2月 19日
				JP	WO2012140693	A1	2014年 7月 28日
				KR	20140014191	A	2014年 2月 5日
				US	2014022564	A1	2014年 1月 23日
CN	102269622	A	2011年 12月 7日	WO	2011150673	A1	2011年 12月 8日
				CN	102269858	A	2011年 12月 7日
				US	8767209	B2	2014年 7月 1日
				CN	102269623	B	2013年 3月 6日
				US	2013070234	A1	2013年 3月 21日
				CN	102297721	B	2013年 6月 5日
				CN	102269623	A	2011年 12月 7日
				CN	102297721	A	2011年 12月 28日
				CN	102269859	A	2011年 12月 7日
				CN	102338662	A	2012年 2月 1日
				CN	102338662	B	2013年 6月 12日
				CN	102269622	B	2013年 7月 3日
CN	108195469	A	2018年 6月 22日	无			
US	5550632	A	1996年 8月 27日	JP	H0450714	A	1992年 2月 19日
				DE	4120289	A1	1992年 1月 9日
				DE	4120289	C2	1998年 7月 23日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2015年1月)