



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101477044 B

(45) 授权公告日 2011. 11. 02

(21) 申请号 200910095702. 1

(22) 申请日 2009. 01. 19

(73) 专利权人 浙江大学

地址 310027 浙江省杭州市西湖区浙大路
38 号

(72) 发明人 王晓萍 孙博书 赵光灿

(74) 专利代理机构 杭州天勤知识产权代理有限
公司 33224

代理人 胡红娟

(51) Int. Cl.

G01N 21/41 (2006. 01)

G02B 1/10 (2006. 01)

G02B 5/04 (2006. 01)

审查员 汪磊

权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种表面等离子共振传感器

(57) 摘要

本发明公开了一种抛物柱面反射棱镜耦合的表面等离子共振传感器,包括光发射组件、光接收组件和用于接收光发射组件发出的光线并将其反射至光接收组件的光反射组件。所述的光发射组件沿光线方向依次设有光源、扩束镜、准直镜、滤光片和矩形光阑;所述的光反射组件由抛物柱面反射棱镜和位于抛物柱面反射棱镜的焦线部位的金属薄膜组成;所述的光接收组件由接收光反射组件发出的光线的偏振分光棱镜、用于接收偏振分光棱镜发出 s 光的第一 CCD 阵列和用于接收偏振分光棱镜发出 p 光的第二 CCD 阵列组成。本发明表面等离子共振传感器结构简单紧凑,光束汇聚准确,制作与调试简便,有效提高了角度调制型表面等离子共振传感器的检测稳定性。

1. 一种表面等离子共振传感器,包括光发射组件、光接收组件和用于接收光发射组件发出的光线并将其反射至光接收组件的光反射组件,其特征在于:

所述的光发射组件沿光线方向依次设有光源(1)、扩束镜(9)、准直镜(10)、滤光片(11)和矩形光阑(12);

所述的光反射组件由抛物柱面反射棱镜(13)和位于抛物柱面反射棱镜(13)的焦线(18)部位的金属薄膜(4)组成,其中金属薄膜(4)的反光面朝向抛物柱面反射棱镜(13),被测液体(5)流经金属薄膜(4)背向抛物柱面反射棱镜(13)一侧;

所述的光接收组件由接收光反射组件发出的光线的偏振分光棱镜(14)、用于接收偏振分光棱镜(14)发出s光的第一CCD阵列(15)和用于接收偏振分光棱镜(14)发出p光的第二CCD阵列(16)组成;

来自光发射组件的光线从抛物柱面反射棱镜(13)的焦线(18)一侧入射后被汇聚到焦线(18)部位的金属薄膜(4),经金属薄膜(4)反射到焦线(18)的另一侧的抛物柱面上后光线被抛物柱面反射进入光接收组件。

2. 如权利要求1所述的表面等离子共振传感器,其特征在于:所述的抛物柱面反射棱镜(13)的抛物柱面镀有增反膜(17)。

3. 如权利要求1所述的表面等离子共振传感器,其特征在于:所述的抛物柱面反射棱镜(13)的焦线(18)位于抛物柱面反射棱镜(13)的底面上。

4. 如权利要求3所述的表面等离子共振传感器,其特征在于:所述的金属薄膜(4)位于抛物柱面反射棱镜(13)的底面上。

5. 如权利要求3或4所述的表面等离子共振传感器,其特征在于:所述的光发射组件发射出的光线与抛物柱面反射棱镜(13)的底面垂直。

一种表面等离子共振传感器

技术领域

[0001] 本发明涉及工业测试技术领域,尤其涉及一种表面等离子共振传感器。

背景技术

[0002] 以棱镜耦合为例,表面等离子共振(surface plasmon resonance, SPR)是p偏振光在玻璃与金属薄膜界面处发生全反射时产生的倏逝波引发金属表面的自由电子产生表面等离子,并在表面等离子与倏逝波频率和波数相同的情况下产生的一种共振现象。共振时,入射光被吸收,反射光的能量突然下降,反射光谱上出现反射强度最小值。当金属薄膜另一侧介质的折射率发生微小变化时,最小值位置会产生偏移。因此,可以根据最小值位置与介质折射率之间的关系,通过测量反射光强来确定最小值位置,进而求出被测介质的折射率。SPR技术可用于检测样品浓度,并且具有灵敏度高、所需试样少、样品无需标记及检测速度快等特点,因此被广泛用于生化、医疗、环境等检测领域。

[0003] 对于SPR传感器内部的光路结构,人们提出了很多设计方案,目前国际上比较流行的是kretschmann结构。在这种结构中,如图1,光线在棱镜6中以大于全反射角的角度入射到镀有金属膜4的棱镜面上,产生的倏逝波透过金属膜在金属膜与被测介质5界面处引起SPR。所选择的棱镜一般为等腰直角棱镜或半圆柱棱镜,同时,为了使小面积的金属膜表面上有一定入射角范围的光线入射,通常先用平行光整形透镜2和柱面透镜3使从LED光源1发出的不规则形态光整形为汇聚的楔形光束,然后再入射到棱镜面上。携带SPR共振信息的光线再经过整形透镜组7调整,发散入射至接受CCD8上。由于要使入射光束汇聚点与棱镜面重合,并且令经过整形透镜组出射至接受CCD的发散光均匀易测,故这种结构的SPR光路调整往往存在着一定困难,不利于SPR传感器的小型化和大规模生产。

[0004] 另外,在目前的传感器中,为了消除光源光强分布不均匀、透镜及金属膜表面缺陷、环境条件等因素对被测信号的影响,使用时一般要先测量传感器表面为干燥空气时的光强信号,将它作为参考光,然后再测量传感器表面为被测液时的光强信号,作为信号光,

并进行归一化处理: $I_{SPR} = \frac{I_{Sam} - I_{BakSam}}{I_{Air} - I_{BakAir}}$ (其中: I_{SPR} 为归一化后的SPR信号; I_{Sam} , I_{BakSam}

分别为传感器表面为被测液时的光强信号和此时关闭LED所得的暗电流值; I_{Air} , I_{BakAir} 分别为传感器表面为干燥空气时的光强信号和此时关闭LED所得的暗电流值)。虽然这种方法可以在一定程度上改善最后所得的SPR信号,提高检测精度,但由于空气信号是在测量刚开始时获得的,因此所做的归一化处理有着一定的时间局限性,它无法消除检测过程中光源光强、环境条件变化对被测信号的影响,所以这种方法并不十分理想。同时,由于每次测量前一定要获得传感器表面为空气时的光强信号,并且要保证金属膜表面干燥无液体,这使得传感器的使用变得不是很方便。

发明内容

[0005] 本发明提供一种光线汇聚理想、光路装调简便、测量性能稳定的抛物柱面反射棱

镜耦合的表面等离子共振传感器。

[0006] 一种表面等离子共振传感器,包括光发射组件、光接收组件和用于接收光发射组件发出的光线并将其反射至光接收组件的光反射组件。

[0007] 所述的光发射组件沿光线方向依次设有光源、扩束镜、准直镜、滤光片和矩形光阑;

[0008] 所述的光反射组件由抛物柱面反射棱镜和位于抛物柱面反射棱镜的焦线部位的金属薄膜组成,其中金属薄膜的反光面朝向抛物柱面反射棱镜,被测液体流经金属薄膜背向抛物柱面反射棱镜一侧;

[0009] 所述的光接收组件由接收光反射组件发出的光线的偏振分光棱镜、用于接收偏振分光棱镜发出 s 光的第一 CCD 阵列和用于接收偏振分光棱镜发出 p 光的第二 CCD 阵列组成;

[0010] 来自光发射组件的光线从抛物柱面反射棱镜的焦线一侧入射后被汇聚到焦线部位的金属薄膜,经金属薄膜反射到焦线的另一侧的抛物柱面上后光线被抛物柱面反射进入光接收组件。

[0011] 所述的光发射组件发射出的光线与抛物柱面反射棱镜的底面垂直。

[0012] 所述的抛物柱面反射棱镜,其抛物柱面镀有增反膜,并且抛物柱面的焦线在抛物柱面反射棱镜的底面上。

[0013] 由于抛物柱面反射棱镜具有无球差的特点,因此它可以准确地实现平行光与楔形光之间的光束形态转换,调整光束走向,同时使光路调整变得简单。而通常使用的柱面透镜都存在着一一定的球差,较难实现平行光与楔形光的准确转换,并且在与镀有金属膜的等腰直角棱镜或半圆柱棱镜配合时,光路调整比较困难。而本发明中,在制作传感器时只需使出入射光路的光轴与抛物柱面反射棱镜的底面垂直即可调整好光路;平行光在经过抛物柱面反射棱镜的抛物柱面的第一次反射后,变成包含一定角度范围的形状理想的楔形光,该楔形光的汇聚处为抛物柱面的焦线,而焦线正处在抛物柱面反射棱镜的底面上,并且其所在区域镀有金属膜,反射后携带表面等离子共振信息的光经抛物柱面二次反射,再次成为平行光垂直于抛物柱面反射棱镜的底面出射。

[0014] 所述的偏振分光棱镜置于镀有金属膜的抛物柱面反射棱镜之后,携带表面等离子共振信息的光经偏振分光棱镜后分为参考光 s 光和信号光 p 光,并由两个 CCD 分别接收。由于参考光 s 光和信号光 p 光都携带有某一时光源光强分布不均匀、透镜及金属膜表面缺陷等信息,因此可以在后续数据分析中通过使用归一化方法实时消除上述因素对被测信号的影响。

$$[0015] \quad I_{SPR} = \frac{I_p - I_{Black}}{I_s - I_{Black}}$$

[0016] 其中: I_{SPR} 为归一化后的 SPR 信号; I_s 、 I_p 分别为传感器表面为被测液时的参考光 s 光和信号光 p 光的光强信号, I_{Black} 为此时关闭 LED 所得的暗电流值。

[0017] 本发明通过使用抛物柱面反射棱镜来实现光束形态的转换,从而代替了传统的柱面透镜,使得传感器的光路变得更加简单,光束汇聚准确,调整也更为方便。通过将偏振分光棱镜置于镀有金属膜的抛物柱面反射棱镜之后,使用归一化的方法消除了一些干扰因素对 SPR 信号的影响,提高了传感器的检测稳定性。

附图说明

[0018] 图 1 为现有技术结构示意图；

[0019] 图 2 为本发明的表面等离子共振传感器的结构示意图；

[0020] 图 3 为本发明的表面等离子共振传感器中抛物柱面反射棱镜的剖面图。

具体实施方式

[0021] 如图 2 所示,本发明的表面等离子共振传感器,包括光发射组件、光接收组件和用于接收光发射组件发出的光线并将其反射至光接收组件的光反射组件；

[0022] 光发射组件沿光线方向依次设有光源 1、扩束镜 9、准直镜 10、滤光片 11 和矩形光阑 12；

[0023] 光反射组件由抛物柱面反射棱镜 13 和位于抛物柱面反射棱镜 13 的焦线 18 部位的金属薄膜 4 组成,其中金属薄膜 4 背向抛物柱面反射棱镜 13 一侧用于流经被测液体 5；

[0024] 光接收组件由接收光反射组件发出的光线的偏振分光棱镜 14、用于接收偏振分光棱镜 14 发出 s 光的第一 CCD 阵列 15 和用于接收偏振分光棱镜 14 发出 p 光的第二 CCD 阵列 16 组成；

[0025] 由 LED 光源 1 发出的光束经扩束镜 9、准直镜 10 扩束准直后成为平行光,该平行光经滤光片 11、矩形光阑 12 后垂直入射至抛物柱面反射棱镜 13 的底面,经镀有增反膜 17 的抛物柱面反射后,以不同入射角汇聚到抛物柱面的焦线 18 上,焦线所在底面区域镀有几十纳米厚的金属薄膜 4,由焦线处反射回来的光经抛物柱面二次反射,变回平行光后再经抛物柱面反射棱镜的底面出射,然后垂直入射到偏振分光棱镜 14 上,第一 CCD 阵列 15 和第二 CCD 阵列 16 分别接收 s 光和 p 光。

[0026] 排除抛物柱面两次反射对光强的影响,s 光由于无法引起表面等离子共振,其光强分布基本保持不变,将它作为参考光,而 p 光中包含了表面等离子共振信息,将它作为信号光。同时,因为无论是 s 光或 p 光都携带有某时刻光源光强分布不均匀、透镜及金属膜

表面缺陷等信息,因此可以在后续数据分析中通过使用归一化方法 $I_{SPR} = \frac{I_p - I_{Black}}{I_s - I_{Black}}$ (其中:

I_{SPR} 为归一化后的 SPR 信号; I_s 、 I_p 分别为传感器表面为被测液时的参考光 s 光和信号光 p 光的光强信号, I_{Black} 为此时关闭 LED 所得的暗电流值) 实时消除上述因素对被测信号的影响。

[0027] 如图 3 所示,抛物柱面反射棱镜的抛物柱面镀有增反膜 17,并且抛物柱面的焦线 18 在抛物柱面反射棱镜的底面上。平行光从抛物柱面反射棱镜的底面垂直入射,在经过其抛物柱面的第一次反射后,由于抛物柱面的特性,变成包含一定角度范围的形状理想的楔形光,该楔形光的汇聚处为抛物柱面的焦线 18,而焦线 18 正处在抛物柱面反射棱镜的底面上,并且其所在区域镀有金属膜 4,反射后携带表面等离子共振信息的光经抛物柱面二次反射,再次成为平行光垂直于抛物柱面反射棱镜的底面出射。反射光路与入射光路关于抛物柱面的中心面对称。另外,为了减少光束在抛物柱面两次反射时对光强的影响,所镀的增反膜 17 应尽可能使抛物柱面的反射率达到最高,同时使反射率对光线的入射角不敏感。

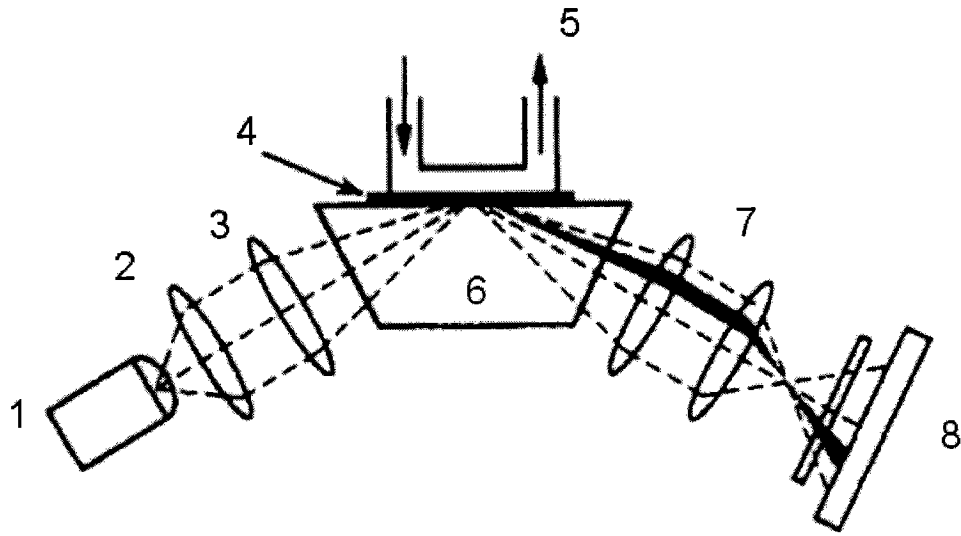


图 1

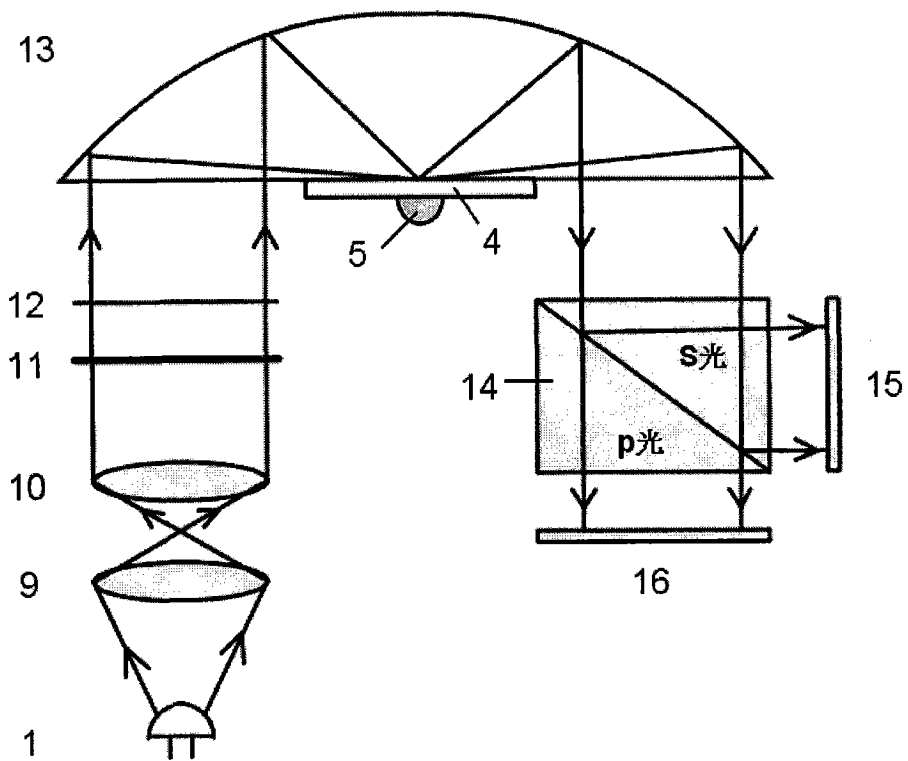


图 2

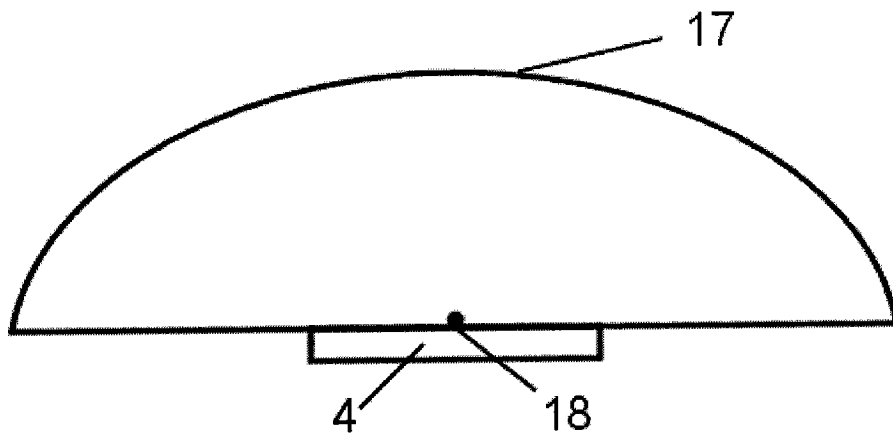


图 3