



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106525775 A

(43)申请公布日 2017. 03. 22

(21)申请号 201610914769.3

(22)申请日 2016.10.20

(71)申请人 重庆三峡学院

地址 400020 重庆市万州区沙龙路780号

(72)发明人 魏勇 刘春兰 张永慧 聂祥飞

余先伦 许刚 金敦军 周治明

(74)专利代理机构 北京华仲龙腾专利代理事务

所(普通合伙) 11548

代理人 李静

(51) Int. Cl.

G01N 21/552(2014.01)

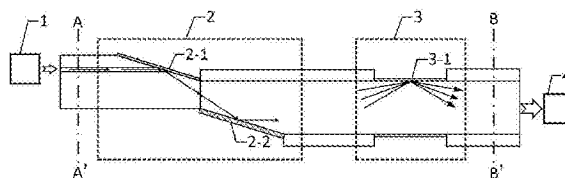
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54)发明名称

一种单模光纤和多模光纤级联应用的多通道SPR传感器

(57)摘要

本发明提供一种特种单模光纤和多模光纤级联应用的多通道表面等离子体共振(SPR)传感器,包括连续谱光源1、偏芯单模光纤SPR传感器2、多模光纤SPR传感器3、锥角结构的传感膜2-1、多模光纤的反射膜2-2、多模光纤的传感膜3-1、光谱仪4。在偏芯单模光纤端面利用光纤研磨技术与纳米金膜镀制技术制成锥角结构SPR传感器;对多模光纤进行腐蚀并镀金膜形成透射式多模光纤SPR传感器;单模光纤与多模光纤的连接是通过在多模光纤一端进行磨锥并镀反射膜2-2来实现光场的传输。本发明涉及的单模光纤与多模光纤级联应用的多通道SPR传感器具有波分复用的特性,且级联后灵敏度不降低,因而能够实现双通道液体折射率测量,对多分析物检测、消除背景折射率干扰、温度自参考等有重要意义。



1. 一种单模光纤和多模光纤级联应用的多通道SPR传感器,包括超连续谱光源1、偏芯单模光纤SPR传感器2、多模光纤SPR传感器3、锥角结构的传感膜2-1、多模光纤的反射膜2-2、多模光纤的传感膜3-1、光谱仪4;其特征在于:光源1发出的光由单模光纤2接收,利用单模光纤镀有金膜的锥角结构产生SPR现象构成单模光纤SPR传感器,用一段特殊设计的反锥角多模光纤与该单模光纤错芯对接使单模光纤锥角结构的反射光进入多模光纤内并进行光束传输角度调制,调制后的光束在满足相应条件下即能够在多模光纤镀有金膜的位置产生SPR现象,即构成透射式多模光纤SPR传感器,传输信号光最终送至光谱仪4及计算机进行信号采集与解调,实现基于波分复用技术的双通道光纤SPR传感器。

2. 根据权利要求1所述的一种单模光纤和多模光纤级联应用的多通道SPR传感器,其特征在于:所述的偏芯单模光纤SPR传感器2可以是利用光纤研磨技术调节研磨角度从而调节共振波段的光纤SPR传感器,也可以是利用金属膜厚调制来调节共振波段的光纤SPR传感器。

3. 根据权利要求1所述的一种单模光纤和多模光纤级联应用的多通道SPR传感器,其特征在于:所述的锥角结构的传感膜2-1和多模光纤的反射膜2-2和多模光纤的反射膜3-1为金属薄膜,可以是金膜也可以是银膜,其中锥角结构的传感膜2-1和多模光纤的反射膜2-2厚度为50nm,多模光纤的反射膜3-1厚度为300nm。

4. 根据权利要求1所述的一种单模光纤和多模光纤级联应用的多通道SPR传感器,其特征在于:所述的多模光纤SPR传感器3可以由玻璃包层阶跃折射率多模光纤经过腐蚀制成,也可以由塑料包层阶跃折射率多模光纤机械剥除包层制成。

5. 根据权利要求1所述的一种单模光纤和多模光纤级联应用的多通道SPR传感器,其特征在于:为了使单模光纤SPR传感器2的反射光尽可能平行的进入多模光纤,将多模光纤入射端加工成锥角结构,通过锥角结构的研磨角度控制多模光纤入射光的入射角度。

6. 根据权利要求1所述的一种单模光纤和多模光纤级联应用的多通道SPR传感器,其特征在于:所述的多模光纤SPR传感器3调节共振波长范围的方式为膜厚调制。

一种单模光纤和多模光纤级联应用的多通道SPR传感器

技术领域

[0001] 本发明属于光纤SPR传感器领域,特别涉及一种单模光纤和多模光纤级联应用的多通道SPR传感器。

背景技术

[0002] SPR传感器通常基于Kretschmann (Z.Naturforsch,1968,2135-2136) 结构,由薄的高导电金属层覆盖在棱镜表面组成。其反射光谱的特性对临近金属层外侧介质的折射率是高度敏感的。SPR传感器的基本原理决定了这种传感器所测得的响应是由多种因素引起的,在其最常用的生物医学测量领域,除了待测分子与探针相结合改变敏感膜的介电常数,从而改变共振角或共振波长(特异性响应)外,样液中其他成份及其浓度变化、温度变化会引起额外响应,而且样液中非待测分子与敏感膜的相互作用也会改变敏感膜介电常数,这些不可避免的误差变化最终都将引起共振角或共振波长的变化(非特异性响应)。非特异性响应的存在严重影响SPR传感器的测量精度,必须从实际测得的响应中剔除非特异性响应。针对这一问题,引入参考通道,通过不同通道之间的比较,提取出特异性响应,可真正意义上实现对生物分子相互作用的实时、动态检测。同时,随着待测目标参量种类和特性的多样化,如实际应用中,需要在少量血液中同时监测血糖,胆固醇,血红蛋白,尿素和PH等血液的各种有用指标,使得常规单通道SPR传感机构已逐渐无法满足实际检测的需要。多通道的SPR传感器被亟待开发。传统棱镜式SPR传感器传感区域面积大、入射光角度调节容易,诸多多通道方案已经实用化。如G.G.Nenninger等 (Sens. Actuators B,1998,38-45) 提出了一种基于平面光波导的双通道SPR传感器。而光纤由于纤芯较细,很难将传感面积再划分成不同区域;光源的光一旦注入光纤中,入射光角度就不容易调节等因素限制,光纤SPR传感器多通道测量实现困难。

[0003] 与传统的基于棱镜材料的SPR传感器相比,光纤SPR传感器耦合器件是光纤,具备体积小,不需供样系统,所需样品少,便于集成阵列化、适合遥测等一系列优点。研制具备高集成度、高通量、多位点同时测定的新型分布式光纤SPR传感器正成为人们日益关注的焦点。由于光纤纤芯较细,时分复用困难。光纤多通道SPR传感器主要以波长调制的波分复用型为主,一般是光纤上制作多个具有传感功能的部位,利用各个传感部位的共振波长不一致,实现同一检测结构上多点的同时测量。所以对于光纤级联分布式多通道SPR传感器来说,关键工作在于寻找简单有效的方法调节单级SPR动态响应范围,级联后在有限波长检测范围内产生两个易于区分的共振谷。可以调节光纤SPR动态响应范围的因素有入射角度、金属膜种类、共振基体折射率、调制层折射率及金属膜厚度。Liu等 (Optics Letters,2015,4452-4455) 利用特种单模光纤锥角结构制作了分布式多通道光纤SPR传感器,但存在特种光纤较难获得的困难。文献 (Sens. Actuators B,2012,269-273) 则采用在一根光纤的不同位置分别镀制金膜及银膜配置两个表面等离子体波传感器,这种离散型传感结构理论上可以实现两个参量和位点的同时检测。但由于共振范围调节较为困难,对于特定检测通道会出现缺损。通过共振基体折射率调节光纤SPR动态响应范围,R.C.Jorgenson等 (Sensors

and Actuators A,1994,44-48) 通过使用蓝宝石光纤,将光纤SPR的动态响应范围整体向短波长调整,并使其测量范围上限扩展到1.70。但是蓝宝石光纤价格昂贵,对于光纤型SPR传感器改变纤芯材质较为困难。

[0004] 基于此,本发明提出了一种单模光纤与多模光纤级联应用的多通道SPR传感器。利用偏芯单模光纤制作角度调制的单模光纤SPR传感器,然后通过单模光纤与多模光纤错芯对接,将单模光纤的反射光经角度调制后在多模光纤中传输,构成膜厚调制的多模光纤SPR传感器。两种SPR传感器的级联应用在保证灵敏度不降低的情况下实现了双通道检测。在生物医学、食品安全检测及化学领域将得到广泛的研究与应用,对多分析物检测、消除背景折射率干扰、温度自参考等有重要意义。

发明内容

[0005] 发明的目的在于提供一种基于光纤、结构紧凑、操作方便的单模光纤与多模光纤级联应用的多通道SPR传感器。本发明利用单模光纤制作锥角结构并镀膜构成角度调制的单模光纤SPR传感器,利用多模光纤部分腐蚀镀膜构成膜厚调制的多模光纤SPR传感器,然后将单模光纤与多模光纤错芯对接,实现双通道光纤SPR传感器。

[0006] 一种单模光纤和多模光纤级联应用的多通道SPR传感器,包括超连续谱光源1、偏芯单模光纤SPR传感器2、多模光纤SPR传感器3、锥角结构的传感膜2-1、多模光纤的反射膜2-2、多模光纤的传感膜3-1、光谱仪4;其特征在于:光源1发出的光由单模光纤接收,利用单模光纤镀有金膜的锥角结构产生SPR现象构成单模光纤SPR传感器,用一段特殊设计的反锥角多模光纤与该单模光纤错芯对接使单模光纤锥角结构的反射光进入多模光纤内并进行光束传输角度调制,调制后的光束在满足相应条件下即能够在多模光纤镀有金膜的位置产生SPR现象,即构成透射式多模光纤SPR传感器,传输信号光最终送至光谱仪4及计算机进行信号采集与解调,实现基于波分复用技术的双通道光纤SPR传感器。

[0007] 所述的一种单模光纤和多模光纤级联应用的多通道SPR传感器,其特征在于:所述的偏芯单模光纤SPR传感器2可以是利用光纤研磨技术调节研磨角度从而调节共振波段的光纤SPR传感器,当入射角增大时,单模光纤SPR探针在相同折射率溶液中的共振波长会向长波长移动并且平均灵敏度增加;也可以是利用金属膜厚调制来调节共振波段的光纤SPR传感器,随着膜厚的增加光纤SPR探针在相同折射率溶液中的共振波长会向长波长移动且平均灵敏度增加。

[0008] 所述的一种单模光纤和多模光纤级联应用的多通道SPR传感器,其特征在于:所述的多模光纤SPR传感器3能够实现膜厚调制,并且随着膜厚的增加多模光纤SPR探针在相同折射率溶液中的共振波长会向长波长移动且平均灵敏度增加。

[0009] 一种单模光纤和多模光纤级联应用的多通道SPR传感器,其特征在于:之上所述的单模光纤SPR传感器与多模光纤SPR传感器错芯对接,光源发出的光经过单模光纤锥角结构产生SPR现象,其反射光通过单模光纤与多模光纤连接处进入多模光纤后在传感膜处产生SPR现象,即构成双通道光纤SPR传感器。可实现SPR工作动态范围的连续调节。

[0010] 本发明涉及的单模光纤与多模光纤级联应用的多通道SPR传感器具有波分复用的特性,且级联后灵敏度不降低,因而能够实现双通道液体折射率测量,对多分析物检测、消除背景折射率干扰、温度自参考等有重要意义。

附图说明

[0011] 图1为多通道光纤SPR传感器工作系统示意图。

[0012] 图2为单模光纤与多模光纤级联应用的多通道SPR传感器结构图。

[0013] 图3为图1中AA'、BB'平面对应的剖面图,其中图(a)为偏芯单模光纤剖面图,对应于AA'平面;图(b)为塑料包层多模光纤剖面图,对应于BB'平面。

具体实施方式

[0014] 以下结合实施案例和附图对本发明作进一步说明,但不应以此限制本发明的保护范围。

[0015] 本发明可以通过如下的方式实现:如图1、图2所示。

[0016] 图1中1为单模光纤输出的超连续谱光源,2为单模光纤SPR传感器,3为多模光纤SPR传感器,4为光谱仪,5为微量注射泵,6为微量反应池,7为废液池。图2中2-1为单模光纤SPR传感器2的传感膜,2-2为多模光纤SPR传感器2的反射膜,3-1为多模光纤SPR传感器3的传感膜。光源发出的光通过偏芯单模光纤传输进入,在锥角结构处发生全反射即构成单模光纤SPR传感器,多模光纤将单模光纤中的反射光经角度调节后在其腐蚀并镀膜的位置产生SPR现象即构成多模光纤SPR传感器,从而实现多通道检测和SPR动态范围连续调节。

[0017] 单模光纤与多模光纤级联应用的多通道SPR传感器的制作。步骤如下:

[0018] 1、首先取一段偏芯单模光纤,将其端面切平整后夹装在光纤研磨系统上,在偏芯单模光纤中通光,端面观测转动定位准确后,下压光纤至研磨盘,并使其与研磨盘成研磨角度。先用8000目砂纸将光纤锥角结构研磨到设计深度,然后用12000目抛光砂纸抛光2小时,保证单模光纤锥角结构斜面完全平整。

[0019] 2、用相同的方法将多模光纤端面研磨到一定的研磨角度。

[0020] 3、将单模光纤和多模光纤的光纤锥角放入光纤焊接机中并偏移至图2中所示位置时进行焊接。

[0021] 4、在载玻片上转动焊接好的探针,使单模光纤锥角结构斜面竖直朝上后用光胶固定探针左右两侧,使其不能转动。

[0022] 5、利用离子溅射真空镀膜技术,装载金靶后,在 2×10^{-1} mbar稳定真空度下,加载5mA溅射电流对单模光纤锥角结构斜面镀膜3.5分钟,此时即在单模光纤锥角结构斜面上镀制了一层50nm厚的金膜。用解胶剂解光胶,反转 180° ,在多模光纤斜面上镀制300nm厚反射金膜。

[0023] 6、在塑料包层阶跃多模光纤一侧,采用机械剥除的方法剥除 $125\mu\text{m}$ 塑料包层光纤的包层和涂覆层,放在等离子溅射仪中镀制50nm厚度的金膜。即完成单模光纤与多模光纤级联应用的多通道SPR传感器的制作。

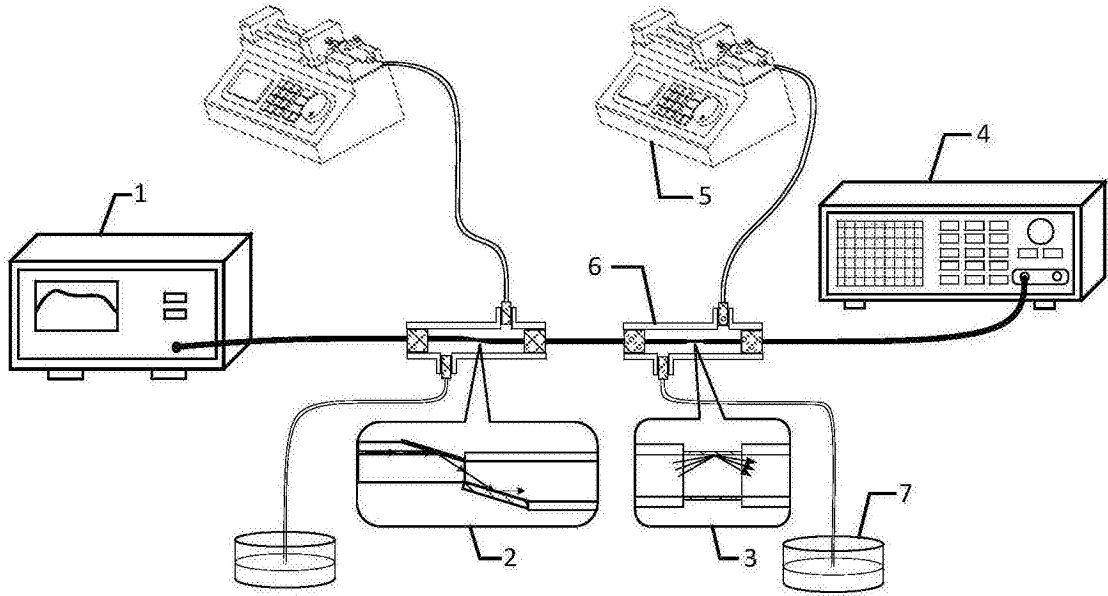


图1

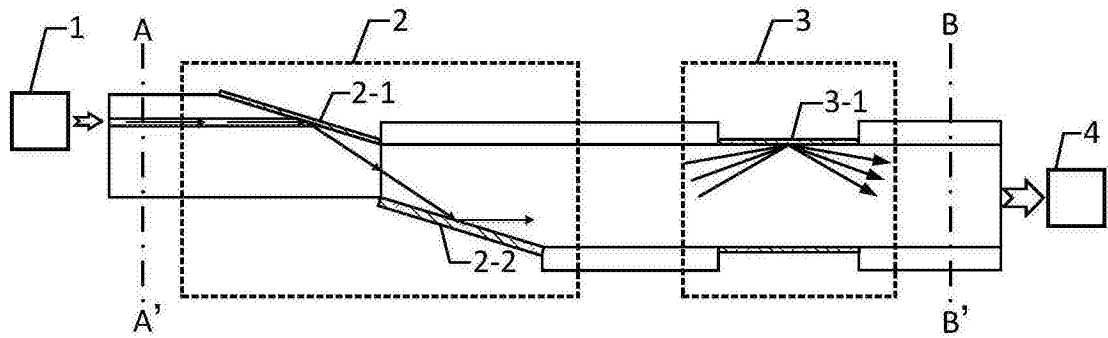


图2



图3