



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 106596474 B

(45) 授权公告日 2020. 11. 06

(21) 申请号 201611102492.0

(22) 申请日 2016.12.05

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106596474 A

(43) 申请公布日 2017.04.26

(73) 专利权人 重庆三峡学院
地址 404100 重庆市万州区沙龙路780号

(72) 发明人 魏勇 刘春兰 张永慧 许刚
聂祥飞 罗映祥 周治明 犹杰

(74) 专利代理机构 重庆乐泰知识产权代理事务
所(普通合伙) 50221

代理人 刘敏

(51) Int. Cl.

G01N 21/552 (2014.01)

G01N 21/41 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 105954236 A, 2016.09.21

CN 102735654 A, 2012.10.17

CN 103608708 A, 2014.02.26

CN 103630515 A, 2014.03.12

ZhiHai Liu et al..Twin-core fiber SPR sensor.《Optics Letters》.2015,第40卷(第12期),第2826页第1段-第2828页第2段, Fig 1-Fig 3、Fig 6.

Jing Han et al..Seven-core Fiber SPR sensor.《2016 Progress In Electromagnetic Research Symposium (PIERS)》.2016,第596页.

刘佩坤 等.反射式双芯光纤锥角结构表面等离子体共振传感器.《光学精密工程》.2015,第23卷(第10期),第205-209页.

审查员 刘佳伦

权利要求书1页 说明书4页 附图3页

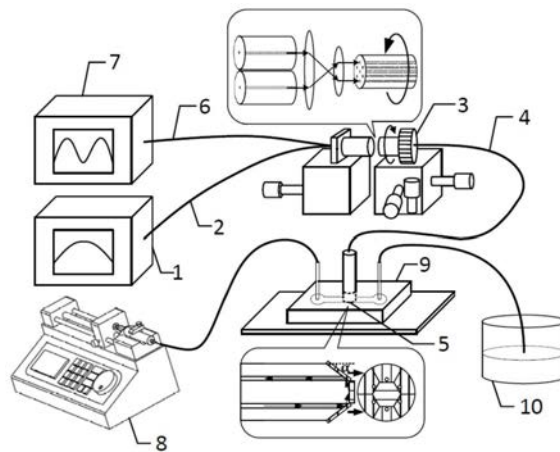
(54) 发明名称

一种基于七芯光纤的三通道SPR传感器

(57) 摘要

本发明提供一种基于七芯光纤的三通道表面等离子体共振 (SPR) 传感器,包括超连续谱光源、注光光纤、七芯光纤耦合装置、七芯光纤、七芯光纤 SPR 传感探针、接收光纤、光谱仪、微量注射泵、微流芯片、废液池,光源光进入注光光纤,七芯光纤耦合装置将光注入七芯光纤一组对称芯的注光芯,通过耦合装置的精密旋转器可实现对七芯光纤中三组对称纤芯的切换,光在七芯光纤端部的 SPR 探针对称锥角结构处发生三次全反射,并发生表面等离子体共振,探针的反射光进入本组纤芯反射芯,再次通过耦合装置进入接收光纤,送入光谱仪从而采集反射衰减光谱,用微量注射泵向微流芯片中注入待测溶液,测量后的废液流入废液池。本发明涉及的基于七芯光纤的三通道 SPR 传感器可以实现多通道检测,可解决在同一传感区对混合物进行多种分析物同时检测的问题。通过七芯光纤三组不同研磨角度的锥角结构实现 SPR 分段检测技术,可构造超灵敏型

光纤 SPR 分段传感器,在生物、化学和医疗领域具有很好的应用前景。



CN 106596474 B

1. 一种基于七芯光纤的三通道SPR传感器,包括超连续谱光源、注光光纤、七芯光纤耦合装置、七芯光纤、七芯光纤SPR传感探针、接收光纤、光谱仪、微量注射泵、微流芯片、废液池,光源光进入注光光纤,七芯光纤耦合装置将光注入七芯光纤一组对称芯的注光芯,光在七芯光纤端部的SPR探针对称锥角结构处发生三次全反射,并发生表面等离子体共振,探针的反射光进入本组纤芯反射芯,再次通过耦合装置进入接收光纤,送入光谱仪从而采集反射衰减光谱,通过微量注射泵夹持针筒,微流芯片的一端与针筒前端密封相连,另一端与废液池相连;七芯光纤SPR传感探针设置在七芯光纤端部,并插入微流芯片中;用微量注射泵向微流芯片中注入待测溶液,测量后的废液流入废液池,通过耦合装置的精密旋转器可实现对七芯光纤中三组对称纤芯的切换从而实现三通道检测,三组对称纤芯可检测不同类型的分析物;七芯光纤端面包括三组对称的锥角结构且三对对称锥角研磨角度不同;

所述的七芯光纤耦合装置通过透镜系统将两根单模光纤的出射光场间距 $125\mu\text{m}$ 平行压缩至 $70\mu\text{m}$,能够进入七芯光纤对称的一组纤芯中,并且耦合装置的精密旋转器可实现对七芯光纤中三组对称纤芯的选择和切换;

所述的七芯光纤为包层直径为 $125\mu\text{m}$ 的多芯特种光纤,每根纤芯直径为 $6\mu\text{m}$ 至 $9\mu\text{m}$,圆心处有一根纤芯,其余六根纤芯围绕圆心对称分布,每相邻两根纤芯间距为 $35\mu\text{m}$ 。

2. 根据权利要求1所述的一种基于七芯光纤的三通道SPR传感器,其特征在于:所述的注光光纤为普通单模光纤,接收光纤为普通单模光纤、渐变折射率多模光纤或阶跃折射率多模光纤。

3. 根据权利要求1所述的一种基于七芯光纤的三通道SPR传感器,其特征在于:七芯光纤SPR传感探针通过裸光纤端面精密研磨技术将七芯光纤端面研磨成三组对称锥角结构,每组锥角角度根据检测需求由计算机仿真确定,并利用在线监测研磨技术加工,锥角结构上所镀的SPR传感膜厚度为 $40\text{--}60\text{nm}$,反射膜厚度大于 300nm ,镀膜材料为金或者银。

4. 根据权利要求1所述的一种基于七芯光纤的三通道SPR传感器,其特征在于:为了使待测溶液折射率和浓度可以实时改变,采用微量注射泵和微流芯片以及废液池精确控制微量待测液体。

一种基于七芯光纤的三通道SPR传感器

技术领域

[0001] 本发明属于SPR传感器领域,特别涉及一种基于七芯光纤的三通道SPR传感器。

背景技术

[0002] 表面等离子体共振 (SPR) 生物传感器已被越来越多地用于生物分子相互作用,化学和生物分析物反应检测。在这些领域中,SPR生物传感器可对分析物(例如抗原,DNA)及固定在SPR传感器金属膜上的特异性结合体(例如抗体,互补DNA)之间的相互作用进行实时灵敏的无标记测量。SPR生物传感器可以检测分析物结合导致的折射率变化。但无法有效区分特异性结合和非特异性结合导致的折射率变化,分析物结合引发的折射率变化和背景介质(样品)折射率的变化也不能区分。为了弥补背景折射率的干扰及对特异性结合进行有效测量,多通道的SPR传感器亟待开发。随着待测目标参量种类和特性的多样化,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。对被测量监测的可靠性和实时性提出较高要求,如何进一步提高系统效率,降低检测成本以及克服环境因素干扰的影响都成为亟待解决的关键问题。因此研制具备高集成度、高通量、多通道同时测定能力的新型表面等离子体波传感器正成为人们日益关注的焦点。

[0003] 棱镜式多通道SPR传感器已发展了一些多通道技术,但棱镜式SPR传感器的缺点是系统小型化受限,不易实现远程测量和不能减少感测系统的成本,光纤型多通道SPR传感器是SPR技术发展的自然趋势。WeiPeng等(Optics Letters,2218-2220,2005)设计了双通道的SPR光纤传感器,可以用同一个探头的两侧面来探测两个独立的SPR信号,但由于使用的是普通多模光纤,存在灵敏度低,波分复用共振谷不易区分等问题。Yinquan Yuan等(Sens. Actuators B,269-273,2012)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。

[0004] 基于此,本发明提出了一种基于七芯光纤的三通道SPR传感器,实现了光纤SPR时分复用技术,可实现多通道测量及超灵敏分段测量SPR传感器。利用七芯光纤耦合装置实现七芯光纤与两根单模光纤的注光与收光,耦合装置的精密旋转器可实现对七芯光纤中三组对称纤芯的切换,通过七芯光纤端部的三组研磨角度不同的锥角结构构成光纤SPR探针对待测区域液体折射率进行检测,输出光纤将反射光束的光信号传输进入光谱仪并进行反射光谱的采集和数据解调。有效解决在同一传感区对混合物进行多种分析物同时检测的问题,七芯光纤直径仅有125 μm 且采用反射式结构,可以方便的将此传感器插入血管中进行活体在线监测。可通过多路参考测量有效弥补背景折射率的干扰及非特异性结合、物理吸收等造成的干扰。通过光纤研磨技术磨制不同角度的锥角结构,即可实现光源入射角的调整,从而有效调节传感器的动态范围及灵敏度,对于不同折射率范围的溶液,可以选择使用最合适灵敏度、工作动态范围的通道进行测量,从而构建超灵敏分段测量SPR传感器。

发明内容

[0005] 发明的目的在于提供一种基于七芯光纤、结构紧凑、操作方便的三通道超灵敏SPR传感器。本发明利用七芯光纤绕圆心均匀分布的三组对称纤芯制作三组研磨角度不同的SPR锥角传感结构,调节研磨角度,可以调节SPR共振角,从而调节共振波长及灵敏度。光源发出的光通过光纤耦合装置传输进入七芯光纤一组对称纤芯中的注光芯,利用锥角结构所镀的传感膜产生SPR现象对待测区域液体折射率进行检测,然后通过锥角结构所镀的反射膜将反射光反射进入对称纤芯的反射芯中并通过光纤耦合装置与收光光纤将光信号传输到光谱仪,实现反射光谱的采集。通过光纤耦合装置的精密旋转器实现光路切换,进而构成三通道及分段测量超灵敏SPR传感器。

[0006] 一种基于七芯光纤的三通道SPR传感器,包括超连续谱光源1、注光光纤2、七芯光纤耦合装置3、七芯光纤4、七芯光纤SPR传感探针5、接收光纤6、光谱仪7、微量注射泵8、微流芯片9、废液池10,光源1光进入注光光纤2,七芯光纤耦合装置3将光注入七芯光纤4一组对称芯的注光芯,光在七芯光纤端部的SPR探针对称锥角结构处发生三次全反射,并发生表面等离子体共振,探针的反射光进入本组纤芯反射芯,再次通过耦合装置进入接收光纤6,送入光谱仪7从而采集反射衰减光谱,用微量注射泵8向微流芯片9中注入待测溶液,测量后的废液流入废液池10,通过耦合装置的精密旋转器可实现对七芯光纤中三组对称纤芯的切换从而实现三通道检测。

[0007] 所述的一种基于七芯光纤的三通道SPR传感器,其特征在于:所述的注光光纤2为普通单模光纤,接收光纤6为普通单模光纤、渐变折射率多模光纤或阶跃折射率多模光纤。

[0008] 所述的一种基于七芯光纤的三通道SPR传感器,其特征在于:所述的七芯光纤耦合装置3通过透镜系统将两根单模光纤的出射光场间距 $125\mu\text{m}$ 平行压缩至 $70\mu\text{m}$,能够进入七芯光纤对称的一组纤芯中,并且耦合装置的精密旋转器可实现对七芯光纤中三组对称纤芯的选择和切换。

[0009] 所述的一种基于七芯光纤的三通道SPR传感器,其特征在于:所述的七芯光纤4为包层直径为 $125\mu\text{m}$ 的多芯特种光纤,每根纤芯直径为 $6\mu\text{m}$ 至 $9\mu\text{m}$,圆心处有一根纤芯,其余六根纤芯围绕圆心对称分布,每相邻两根纤芯间距为 $35\mu\text{m}$ 。

[0010] 所述的一种基于七芯光纤的三通道SPR传感器,其特征在于:七芯光纤SPR传感探针5通过裸光纤端面精密研磨技术将七芯光纤端面研磨成三组对称锥角结构,每组锥角角度根据检测需求由计算机仿真确定,并利用在线监测研磨技术加工,锥角结构上所镀的SPR传感膜5-1、5-3厚度为 $40\text{--}60\text{nm}$,反射膜5-2厚度大于 300nm ,镀膜材料为金或者银。

[0011] 所述的一种基于七芯光纤的三通道SPR传感器,其特征在于:为了使待测溶液折射率和浓度可以实时改变,可采用微量注射泵8和微流芯片9以及废液池10精确控制微量待测液体。

[0012] 本发明涉及的七芯光纤的三通道SPR传感器具有时分复用的特性,复用后每路灵敏度不降低,避免了时分复用技术时两种测量溶液折射率使得两个共振谷波长接近时,会产生交叉干扰,导致两个共振谷重合,不易识别的问题。三通道研磨角度可调,具有可将待测物分段检测的功能,可构建超灵敏型SPR传感器。对多分析物检测、消除背景折射率干扰、温度自参考等具有重要意义。

附图说明

- [0013] 图1为基于七芯光纤的三通道SPR传感器工作系统示意图。
- [0014] 图2为七芯光纤耦合装置原理示意图。
- [0015] 图3为为图2中、平面对应的剖面图,其中图(a)为注光与收光光纤剖面图,对应于平面;图(b)为七芯光纤剖面图,对应于平面。
- [0016] 图4为七芯光纤端面SPR传感探针示意图。
- [0017] 图5为不同研磨角度时各折射率溶液对应的SPR共振波长计算机仿真计算结果。
- [0018] 图6为不同研磨角度时各折射率溶液对应的灵敏度计算机仿真计算结果。

具体实施方式

[0019] 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。

[0020] 本发明可以通过如下的方式实现:如图1所示。

[0021] 图1中1为超连续谱光源,2为注光光纤,3为七芯光纤耦合装置,4为七芯光纤,5为基于七芯光纤的SPR微传感探针、5-1和5-3为探针表面传感膜、5-2为探针表面反射膜、5-4和5-5分别为探针的入射纤芯和反射纤芯、6为收光光纤、7为光谱仪、8为微量注射泵、9为微流芯片、10为废液池。光源1发出的光通过注光光纤2传输进入七芯光纤耦合装置3,七芯光纤耦合装置3将注光光纤2中传输的光耦合进入七芯光纤4,即SPR微传感探针5中一组对称纤芯中的入射纤芯5-4,入射光通过探针表面的传感膜5-1和5-3产生SPR现象对待测液体折射率进行检测,且光束通过反射膜5-2将反射光反射进入反射纤芯5-5,从而利用收光光纤6将反射光信息传输进入光谱仪7进行反射光谱的采集,并且可通过微量注射泵8、微流芯片9和废液池10对待测液体进行控制。

[0022] 实施案例:基于七芯光纤的三通道SPR传感器的实验装置的制作。步骤如下:

[0023] 1、首先取一段七芯光纤,将其端面切平,夹持在光纤研磨系统上,在七个纤芯中同时通入白光,便于通过研磨系统的CCD定位光纤的研磨位置。沿轴向转动七芯光纤,使对称两纤芯及中央芯所在直线垂直于研磨盘,下压光纤,使其与研磨盘成设计角度,进行研磨。当研磨至设计深度时,上抬光纤,沿轴向将光纤旋转180度,再次下压光纤至与研磨盘成该角度进行研磨。第二次研磨时,在已经磨制完一侧纤芯中通入单频激光,在另一侧纤芯中监测光强,当光强达到最大值时,停止研磨,光在双芯光纤端面研磨成的锥角结构处经过三次反射,从入射纤芯回到了反射光收集纤芯。依次将三组对称纤芯研磨成三组不同的研磨角度。

[0024] 2、将磨制完毕的七芯光纤锥角探针端面向上放置在离子溅射仪金靶下方,镀制500nm厚金膜形成反射膜,保证在水溶液中光可以由入射纤芯反射至出射纤芯。用光纤研磨系统小心磨除三对锥角探针斜面的金膜,将探针夹持在真空电机转轴上,将探针水平置于等离子溅射仪金靶下方,镀制50nm金膜时通过真空电机的旋转保证各个斜面镀制的金膜厚度是一致的。在锥角探针各个斜面上同时镀制50nm厚金膜,作为表面等离子体共振膜。为保证旋转镀膜厚度的精度,镀制时在真空电机转轴上稍靠后的地方固定一片玻璃片,镀膜时玻璃片随七芯光纤一起转动,随时检测玻璃片上的金膜厚度,从而实时监测光纤SPR传感膜的镀制厚度。

[0025] 3、取两段普通单模光纤,将其中一根的一端经过涂覆层剥除、清洗、切割后接入超连续谱光源,将另一根一端经过涂覆层剥除、清洗、切割后接入光谱仪。将两单模光纤的另一端对齐后一起切平,并排固定在耦合装置透镜系统大透镜3-1外侧精密三维调整架上。对七芯光纤SPR传感探针尾部进行涂覆层剥除、清洗、切割,将处理好端面的七芯光纤固定在精密旋转装置上,再将精密旋转装置固定在耦合装置透镜系统小透镜3-2外侧的精密三维调节架上,仔细调节两个精密三维调整架及透镜,使两根单模光纤的出射光场间距 $125\mu\text{m}$ 平行压缩至 $70\mu\text{m}$,能够进入七芯光纤对称的一组纤芯中。

[0026] 4、用可编程微量注射泵向微流芯片中注入待测溶液,控制微流芯片微流通道中的待测溶液匀速流动,溶液流过测量区后由废液区的导管流入废液池。用阿贝折射率分析仪标定不同浓度待测溶液的折射率,并用微量注射泵依次注入微流芯片,采集测量光谱。

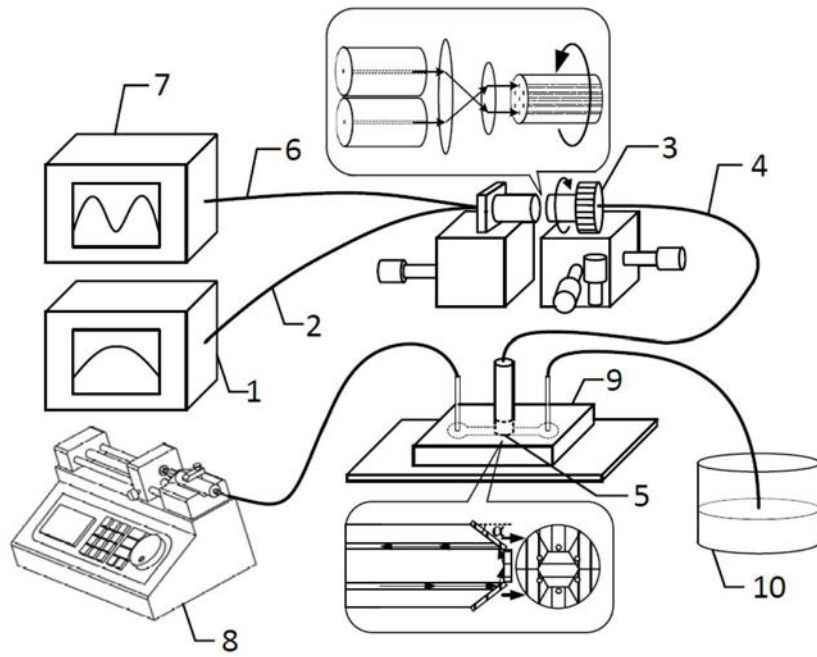


图1

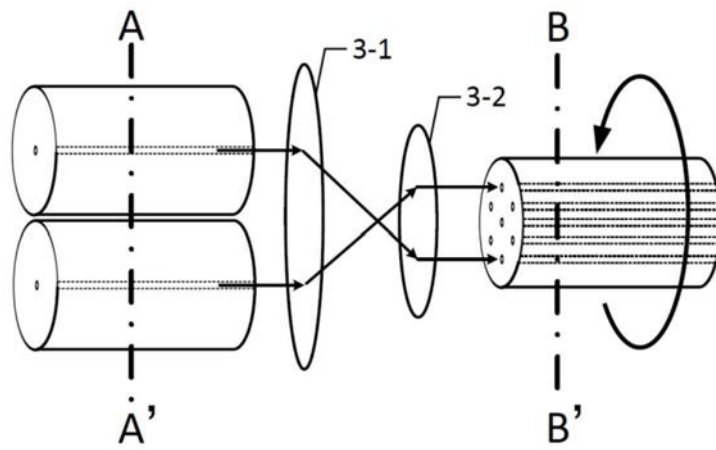


图2

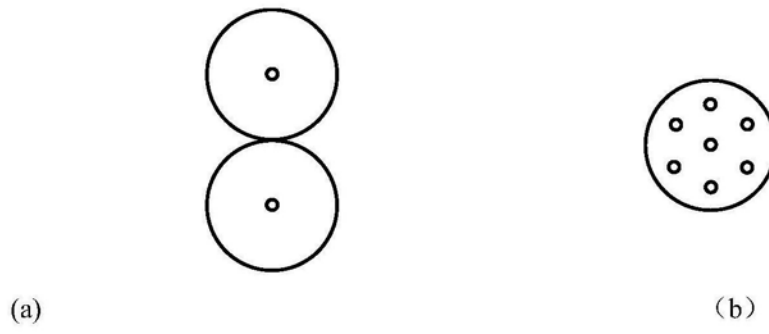


图3

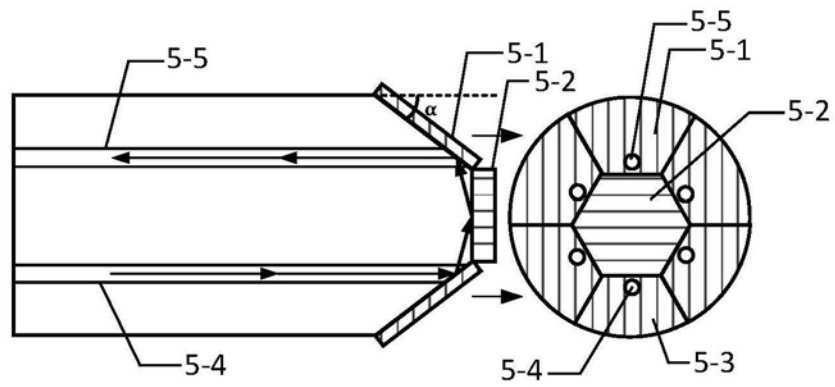


图4

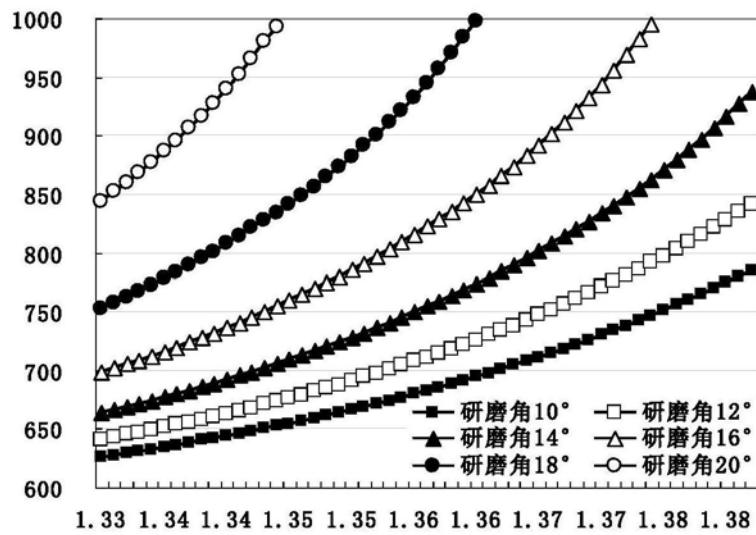


图5

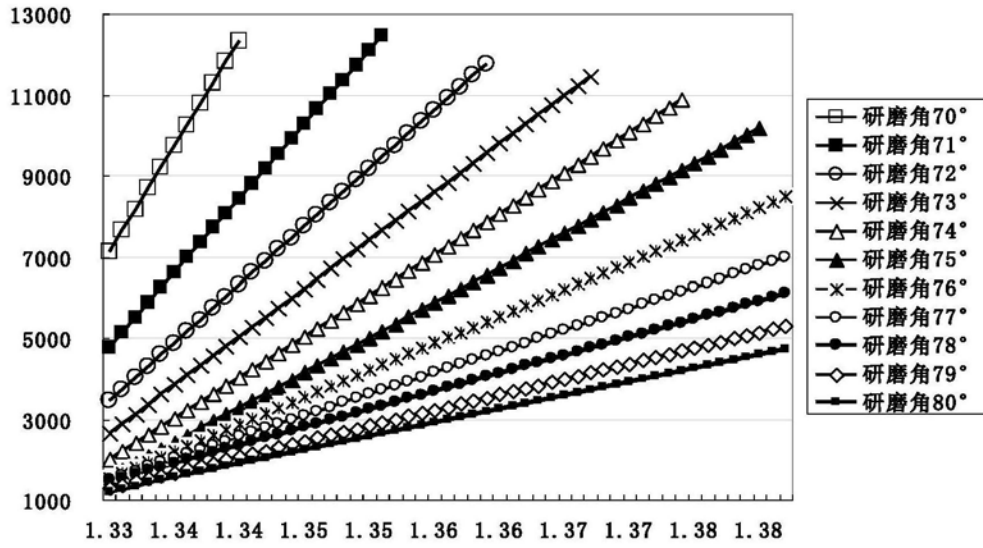


图6