

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G02B 5/18 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510026557.3

[45] 授权公告日 2007 年 6 月 20 日

[11] 授权公告号 CN 1322339C

[22] 申请日 2005.6.8

[21] 申请号 200510026557.3

[73] 专利权人 中国科学院上海光学精密机械研究所

地址 201800 上海市 800-211 邮政信箱

[72] 发明人 周常河 张妍妍

[56] 参考文献

CN1588134A 2005.3.2

JP2002-214455A 2002.7.31

CN1564050A 2005.1.12

US5363238A 1994.11.8

US6545808B1 2003.4.8

JP2000-187109A 2000.7.4

审查员 郑颖

[74] 专利代理机构 上海新天专利代理有限公司
代理人 张泽纯

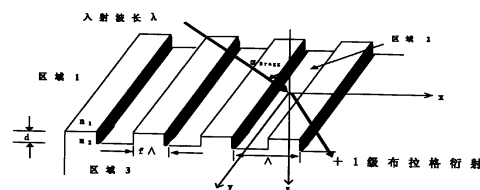
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 2 页

[54] 发明名称

532 纳米波长的高衍射效率石英透射光栅

[57] 摘要

一种 532 纳米波长的高衍射效率石英透射光栅，为高密度矩形深刻蚀石英光栅，该光栅的线密度为 1700~1920 线/毫米，光栅的深度为 0.9~1.1 微米，光栅的占空比为 1/2，本发明对 532 纳米波长可以同时使 TE、TM 偏振方向的 +1 级布拉格透射衍射效率实现高于 85%，特别是当光栅密度为 1830 线/毫米，光栅深度为 1 微米时，TE 和 TM 偏振模式的效率均大于 94%；当光栅密度为 1870 线/毫米，光栅深度为 0.9 微米时，TE 偏振模式下 +1 级布拉格透射衍射效率有最大值 97.99%。本发明石英透射光栅由微电子光刻工艺、深刻蚀工艺加工而成，低成本、可以大批量生产。



1、一种532纳米波长的高衍射效率石英透射光栅，是高密度矩形深刻蚀石英光栅，其特征在于该石英透射光栅的线密度为1700~1920线/毫米，光栅的深度为0.9~1.1微米，光栅的占空比为1/2。

2、根据权利要求1所述的532纳米波长的高衍射效率石英透射光栅，其特征在于所述的石英透射光栅的线密度为1830线/毫米，光栅的深度为1微米。

532 纳米波长的高衍射效率石英透射光栅

技术领域

本发明涉及光栅，特别是一种 532 纳米波长的高衍射效率石英透射光栅。

背景技术

全息光栅和闪耀光栅是两种传统的光栅：全息光栅通过将两束光的干涉条纹记录在感光膜层上而形成；闪耀光栅通过机械刻划而形成。这两种光栅都是表面光栅，不具备体光栅的布拉格效应，因此衍射效率较低，在表面镀上金属反射膜后，效率会有一些量的提高，但金属膜层的反射率是固定有限的，所以不可能无限提高。

矩形深刻蚀光栅是利用微电子深刻蚀工艺，在基底上加工出的具有较深槽形的光栅。由于这种表面刻蚀光栅的刻蚀深度较深，所以衍射性能类似于体光栅，具有高效率的体光栅布拉格衍射效应，这一点与普通的表面浅刻蚀的平面光栅完全不同。高密度矩形深刻蚀光栅的衍射理论，不能由简单的标量光栅衍射方程来解释，而必须采用矢量形式的麦克斯韦方程并结合边界条件，通过编码的计算机程序精确地计算出结果。Moharam 等人已给出了严格耦合波理论的算法，参见在先技术 1：M. G. Moharam et al., J. Opt. Soc. Am. A. **12**, 1077 (1995)，可以解决这类深刻蚀光栅的衍射问题。但据我们所知，没有人针对常用波长 532 纳米给出高密度深刻蚀矩形光栅的设计参数。

由于高密度光栅往往是偏振相关的，而实用化则希望与偏振无关，因此能够实现偏振模式自由选择的情况下的高效率的衍射效果，在实际使用中是非常需要的。

发明内容

本发明要解决的技术问题是提供一种532纳米波长的高衍射效率石英透射光栅，该光栅可以同时运行在TE和TM偏振模式下，衍射效率大于85%。

本发明的技术解决方案如下：

一种532纳米波长的高衍射效率石英透射光栅，是高密度矩形深刻蚀石英光栅，其特征在于该光栅的线密度为1700~1920线/毫米，光栅的深度为0.9~1.1微米，光栅的占空比为1/2。

所述的光栅的线密度为1830线/毫米，光栅的深度为1微米。

本发明的依据如下：

图1显示了本发明矩形光栅的几何结构。区域1, 3都是均匀的，分别为空气和石英（折射率 $n=1.46$ ）。光栅部分在区域2，其中介质1, 3周期性地交替分布。 d 代表光栅的厚度； Λ 代表光栅的空间周期，是光栅空间线密度 l 的倒数，即 $\Lambda=1/l$ ； f 代表占空比，其大小为凸脊与凹槽的长度之比。一线性偏振的光波 λ 以任意角 α 入射到光栅上：当电场矢量沿 y 轴方向振动时，为TE波；当磁场矢量沿 y 轴方向振动时，为TM波。

在如图1所示的光栅结构下，本发明采用严格耦合波理论【在先技术1】计算了石英光栅（占空比为1/2）在532纳米波长光入射下，光栅密度、深度在TE、TM偏振情况下的+1级布拉格透射衍射效率（对应的入射角 α 满足 $\alpha = \sin^{-1}(\lambda / (2*\Lambda))$ ），我们得到如下结论：

高空间频率衍射光栅，线密度高于400线/毫米，具有很强的偏振相关性。通过对光栅深度、光栅形状以及光栅周期的优化设计，可以实现光栅某一级（如+1级）闪耀，即衍射效率出现极大值（在90%以上）。

本发明依据理论计算得到高衍射效率矩形光栅的数值优化结果，即当光栅密度在1830线/毫米~1920线/毫米之间、光栅深度在0.9微米~1.1微米之间时，无论TE模还是TM模，光栅的一级布拉格透射衍射效率在532纳米波长下能达到85%以上，实现了对偏振模式的自由选择。

特别是当光栅密度为 1830 线/毫米，光栅深度为 1 微米时，TE 和 TM 偏振模式的效率均大于 94%。特别当光栅密度为 1870 线/毫米，光栅深度为 0.9 微米时，TE 偏振模式下 +1 级透射衍射效率有最大值 97.99%。

附图说明

图 1 是本发明高密度矩形深刻蚀光栅的几何结构示意图。

图 2 是本发明高密度矩形深刻蚀光栅（熔融石英的折射率取 1.46）当光栅深度 1 微米，占空比为 1/2，TE/TM 模式 532 纳米波长入射的一级布拉格透射衍射效率与光栅线密度的关系曲线图。

图 3 是用于本发明全息记录方式记录光栅的装置结构示意图，字母 H 代表 He-Cr 激光器，S' 代表快门，R 代表反射镜，S 代表分光镜，C 代表滤波准直装置，SB 代表基片。

具体实施方式

利用微光学技术制造高密度矩形光栅，首先采用全息记录方式记录光栅（见图 3）：利用 He-Cd 激光器（波长为 $0.441\ \mu\text{m}$ ）发出两束平面波以 2θ 夹角在基片上形成干涉场。我们采用涂覆有 MICROPOSIT 系列 1818 光刻胶的玻璃片作为记录基片， Λ 代表光栅的空间周期，即相邻条纹的间距，其大小为 $\Lambda = \lambda / (2 \cdot \sin \theta)$ ，其中， λ 为记录光波长，在实验中采用 $0.441\ \mu\text{m}$ 。记录角 θ 越大，则 Λ 越小，通过改变 θ 的大小，可以控制光栅的周期，周期值根据表 1 进行设计，记录高密度光栅。接着，把光刻胶上的图案通过微电子刻蚀技术（湿化学或反应离子干法刻蚀）转移到石英基片上，洗去光刻胶后得到深刻蚀（深度值根据表 1 设计）的高密度光栅。

表 1 给出了本发明一系列实施例，为了得到高衍射效率、偏振模式自由选择的矩形石英光栅，在制作光栅的过程中，根据表 1，适当选择光栅线密度 l （线/毫米）及光栅深度 d （微米），就可以得到高衍射效率 η 、偏振模式自由选择的矩形石英光栅。

由表 1 可知, 该光栅的线密度 l 为 1700~1920 线/毫米, 光栅的深度 d 为 0.9~1.1 微米, 光栅的占空比为 1/2, 光栅的一级布拉格透射衍射效率 η 在 TE 和 TM 模式下均大于 85%, 当光栅的深度为 1 微米, 光栅的线密度为 1830 线/毫米时, 光栅的一级布拉格透射衍射效率 η 在 TE 和 TM 模式下均大于 94%。这样此光栅的一级布拉格透射衍射效率无论对于 TE 模还是 TM 模, 都能保证在 94% 以上, 使得偏振模式可以自由选择。

本发明的矩形刻蚀石英光栅可以作为对于 532 纳米波长的增透射消反射器件, 通过充分利用全息光栅记录技术、微电子光刻技术和高密度等离子体干法深刻蚀技术, 可以大批量、低成本地生产, 经实验证明, 本发明光栅的性能稳定、可靠。

表1 TE 和 TM 偏振模式 532 纳米波长入射下, +1 级布拉格透射衍射效率 η , l 为 光栅线密度 (线/毫米), d 为光栅深度 (微米)

l	η	d		
		0.9	1.0	1.1
1700	TE	0.8922	0.8861	0.8548
	TM	0.8948	0.9427	0.9577
1720	TE	0.9015	0.8920	0.8569
	TM	0.8923	0.9425	0.9595
1740	TE	0.9110	0.8980	0.8591
	TM	0.8900	0.9425	0.9615
1760	TE	0.9207	0.9043	0.8615
	TM	0.8877	0.9425	0.9637
1780	TE	0.9310	0.9111	0.8645
	TM	0.8855	0.9427	0.9660
1800	TE	0.9428	0.9190	0.8686
	TM	0.8837	0.9433	0.9688
1820	TE	0.9586	0.9302	0.8763
	TM	0.8828	0.9452	0.9727
1830	TE	0.9785	0.9445	0.8892
	TM	0.8852	0.9498	0.9779
1840	TE	0.9793	0.9418	0.8830
	TM	0.8822	0.9483	0.9773
1860	TE	0.9799	0.9387	0.8741
	TM	0.8765	0.9451	0.9763
1880	TE	0.9799	0.9361	0.8660
	TM	0.8707	0.9415	0.9752
1900	TE	0.9796	0.9336	0.8584
	TM	0.8648	0.9375	0.9739
1920	TE	0.9790	0.9312	0.8510
	TM	0.8587	0.9332	0.9723

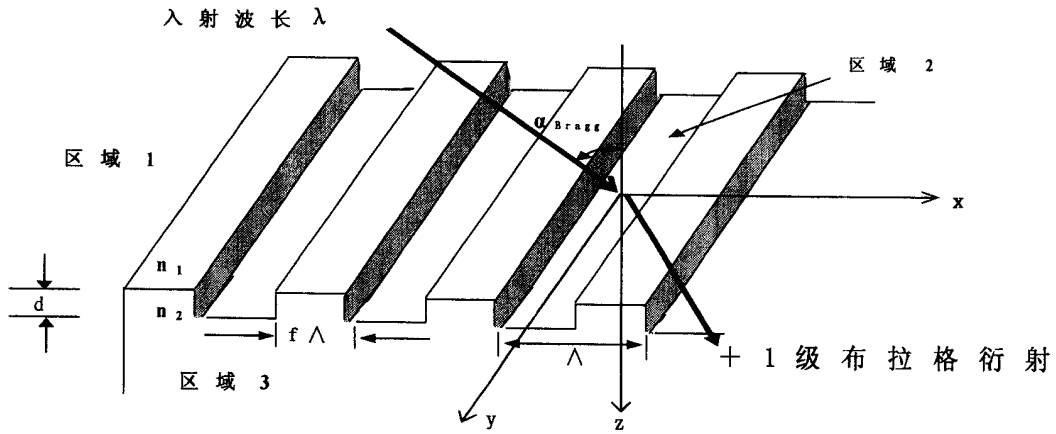


图 1

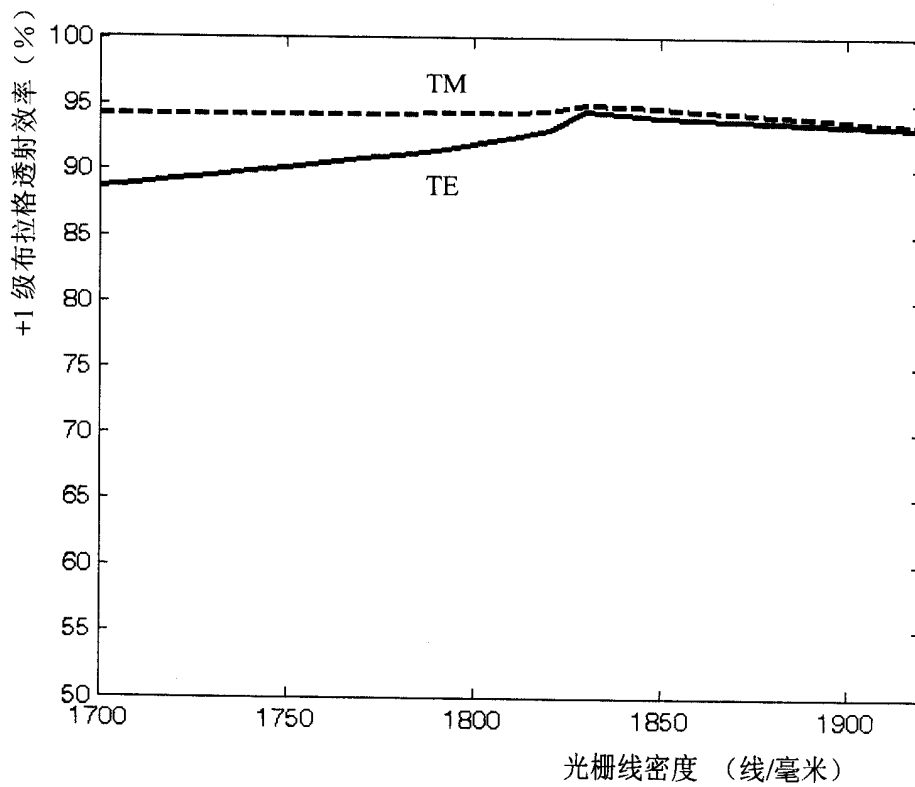


图 2

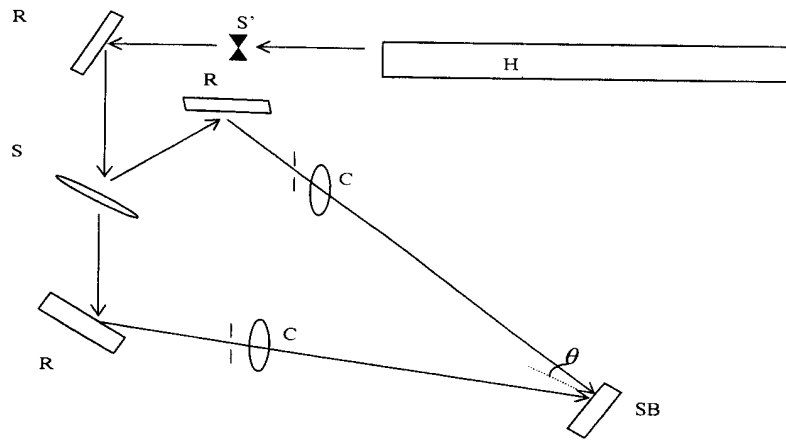


图 3