

文章编号: 1000-7032(1999)04-0368-04

非线性迭层光栅的光学限制特性

刘大力, 李公羽, 何晓东, 孙雅东, 赵 昱, 祁 雷

(长春邮电学院, 吉林 长春 130012)

林久令, 范俊清, 徐 迈, 范希武

(中国科学院激发态物理开放研究实验室, 吉林 长春 130021)

摘要: 首次报导了在具有非线性响应的 ZnS/ZnSe 迭层光栅中实现的光学限制效应, 其光学限制阈值大约为 140mW ($1.42 \times 10^6 \text{W/cm}^2$), 限幅阈值 24mW . 理论分析表明, 这种迭层光栅的光学限制机理是来自双光子吸收产生的自由载流子引起的自散焦效应对材料折射率的贡献, 产生了非线性折射率的结果. 我们发现这种由半导体多层结构制成的光功率限制器不但具有较低的阈值和较宽的频谱响应, 而且具有其阈值强度依赖于器件的各种参数的特点. 因此, 它比单层结构的功率限制器的适应性更强.

关键词: 迭层光栅; 光学限制; 自散焦

中图分类号: O437, TN256 **文献标识码:** A

1 引 言

在研究具有非线性响应的多层系统的光学透射的过程中, 出现了许多吸引人的特征. 例如: 在没有光学镜面对称性的非线性系统中, 光学的可逆性被破坏了(不成立了)^[1]. 这就意味着光通过这种材料时, 沿一个方向的透射不同于沿反方向的透射. 而且, 也出现了光学限制现象, 即当输入强度超过某一临界值时, 输出接近于一个常数, 产生光功率限制.

功率限制器是由 Siegman^[2]在 1962 年首先提出的. 他在研究工作中, 把参量共振器用作光学限制器保护仪器以防止过载. Leite, Porto 和 Damen 等人^[3]在 1967 年首次对由自散焦引起的无源限制作了论述. 还有许多文章讨论了在半导体、有机材料和铁电液晶中的光学限制效应. 对于半导体材料, 其光学限制的主要物理机制是多光子吸收和自散焦^[4].

2 原 理

我们研究了具有周期性多层结构材料的光学限制, 这种多层结构是由具有较宽带隙和良好光学非线性的 II - VI 族材料 ZnS、ZnSe 交替蒸镀构成的. 每层介质都呈现光学非线性, 这种非线性, 通常称为 Kerr 非线性, 其透射系数随入射光强及波长而变化. Yoo 和 Alfano^[5]曾经利用近似的方法探讨过这种多层结构的非线性效应, 但这项工作已超出

收稿日期: 1999-04-19; 修订日期: 1999-09-29

基金项目: 国家自然科学基金资助项目

作者简介: 刘大力(1965-), 女, 吉林松原人, 理学博士, 副研究员, 从事非线性集成光学工作.

他们的均匀强度的近似范围. Leonard 等人^[7]的研究发现, 这种系统最一般的特征就是具有阈值强度依赖于各种参数的光学限制. 阈值强度被定义为使输出强度达到饱和的最小输入强度, 那就是光学限制的开始.

如图 1 所示, 入射的横向电磁波沿垂直于多层介质界面方向传播.

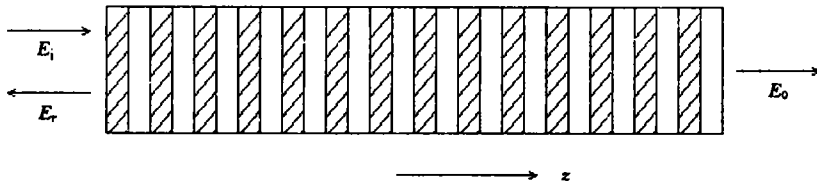


图 1 非线性迭层光栅结构示意图

Fig. 1 Schematic diagram of nonlinear stratified grating structure.

设入射波振幅 E_i , 透射波振幅 E_o , 则透射系数可表示为

$$|T|^2 = \frac{|E_o|^2}{|E_i|^2} \quad \text{即} \quad |E_o|^2 = |T|^2 |E_i|^2 \quad (1)$$

在普遍情况下, E_o , T 和 E_i 都是变量, 出现光学限制过程的物理表述如图 2 所示.

即当输入光强超过阈值时, 透射波振幅不再随入射波振幅变化, 透射率 $|T|^2$ 在这个区域内从 $|T_h|^2$ 到 $|T_l|^2$ 以直线方式下降, 出现光学限制, 此时 $|E_o|^2$ 是常数, 可表示为:

$$|T_h|^2 |E_{th}|^2 = |T_l|^2 |E_{th}|^2 = |E_o|^2 \quad (2)$$

所以, 在达到阈值强度 $|E_{th}|^2$ 后, $|T(E_i)|^2$ 仅为 $|E_i|^2$ 的函数, 输出强度不再随输入强度的变化而变化, 这就是理想的光学限制效应.

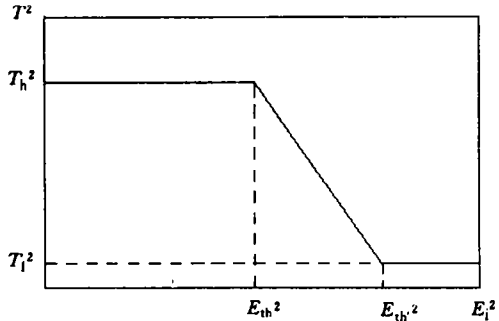


图 2 透射率随入射光强的变化关系

Fig. 2 Relation of transmission with input intensity.

3 实 验

在我们的实验中, 样品是 ZnS/ZnSe 迭层光栅, 即在 BK₇ 玻璃衬底上交替蒸镀 ZnS、ZnSe 共 20 层 10 个周期. 蒸镀的真空度为 4×10^{-3} Pa, 沉积速率为 0.05~0.6 nm/s. 每层厚度均由布拉格条件和激发波长决定, 这里每层厚度为 150 nm. 实验装置如图 3 所示.

采用脉冲锁模 Ar⁺ 激光器作为光源, 激发波长 514.5 nm, 脉宽 240 ps, 重复频率 82 MHz. 激光输出功率 500 mW, 激光经中性滤光片 P 和透镜 L 后, 由 50% 的分光镜 S 分束, 一束作为控制光束, 经由光电探测器 D1 测出其功率作为输入功率 P_{in} ; 另一束垂直照在被测样品上, 透射光功率 P_{out} 由另一探测器 D2 测出, 我们利用中性滤光片改变光

强,测得的输入和输出功率的关系曲线如图 4 所示.

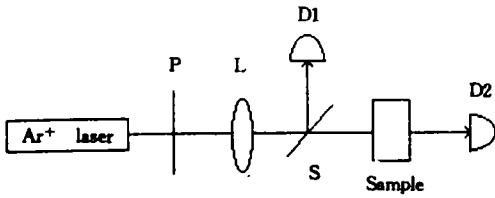


图 3 光功率限制装置图

Fig. 3 Experimental setup of optical limiting.

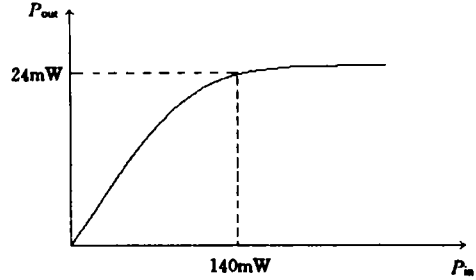


图 4 迭层光栅的输出与输入关系曲线

Fig. 4 Output of the stratified grating as a function of the input.

4 结果与讨论

从图 4 中可以看出,在较低的输入功率时,输出功率随输入功率呈线性变化,当输入功率达到大约 140mW(功率密度为 $1.42 \times 10^5 \text{W/cm}^2$)后,输出功率不再随输入功率线性变化,出现了非线性拐点,表现出明显的光学限制特性。众所周知^[7,8],在半导体多层系统中,其光学限制的主要非线性机制是来自双光子吸收产生的自由载流子引起的自散焦效应,产生了非线性折射率的结果^[8]。此文正是采用 III-V 族体系 ZnS/ZnSe 迭层光栅,因此,引起光学限制的根源是由于随光强增加构成光栅的半导体迭层结构折射率降低。所以,当入射光强超过一定阈值后建立了新的光强下光栅的 Bragg 反射条件,造成相位失配使透射光强不再增长,而保持为常数。利用半导体材料构成多层结构制备的光功率限制器具有比单层系统适应性更强的特点^[8]。这主要是由于半导体材料具有较大光学非线性,从而具有较低的阈值和较宽的频谱响应。而且我们发现这种系统作为光学限制器的一个一般性特征是其阈值强度依赖于器件的各种参数,如多层介质的层厚及激发波长等。因此,我们可根据所需要的阈值和它所工作的波段(频率)设计出相应的多层系统,使其满足所需要的功率限制器的要求。同时,这种多层系统的光学限制器在避免光学器件超载而受损伤方面是非常有用的。

参 考 文 献

- [1] Geusic J E, Singh S, Tipping D W. Phys. Rev. Lett., 1967, 19:126.
- [2] Siegman A E. Appl. Opt., 1962, 1:739.
- [3] Leite R C C, Proto S P S, Damen T C. Appl. Phys. Lett., 1967, 10:100.
- [4] Ralston J M, Chang K R. Appl. Phys. Lett., 1969, 15:164.
- [5] Yoo K M, Alfano R R. Opt. Lett., 1991, 16:1823.
- [6] Leonard M. Kahn. Phys. Rev., 1996, B 53:1429.
- [7] Hagan D J, Van Stryland E W, Soileau M J. Opt. Lett., 1988, 13:315.
- [8] Van Stryland E W, Wu Y Y, Hagan D J. J. Opt. Soc. Am., 1988, B 5(9):1980.

CHARACTERISTIC OF OPTICAL LIMITING IN NONLINEAR STRATIFIED GRATING

LIU Dali, LI Gongyu, HE Xiaodong,
SUN Yadong, ZHAO Yu, QI Lei

(*Changchun Institute of Post and Telecommunications, Changchun 130012, China*)

LIN Jiuling, FAN Junqing, XU Mai, FAN Xiwu,

(*Changchun Institute of Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130021, China*)

(*Laboratory of Excited State Processes, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130021, China*)

Abstract

For solving "bottlenecks effects" in a computer and improving its calculation rates, optical interconnections within a computer are now well investigated in the world. And as one of the basis of optical digital computer, all-optical interconnections are also extensively studied in recent years. All-optical interconnections within digital optical computing systems require that light beam carrying information be deflected to another position required from one position to realize real-time, optical addressing. In this paper we proposed a new method for solving such a problem, namely stratified grating composed of nonlinear media characterized by light intensity-dependent refractive indices was used as a basic optical interconnection device, so Bragg reflecting condition of incident signal light in the grating is changed by means of refractive index change of the nonlinear media caused by the change of external controlling light intensity, then the signal beam is deflected to a position required. The optical limiting effect realized in ZnS/ZnSe stratified grating is reported in this paper for the first time, and the nonlinear threshold is about 140mW, the limiting threshold is 24mW. It shows that the dominant mechanisms of the optical limiting in the experiment is the large photogenerated free-carrier defocusing contribution to the linear refractive index of the material from the two-photon absorption (2PA). The optical limiter fabricated by multiple layers structure of semiconductor materials has not only lower threshold and wider frequency response, but also the characteristics of which the threshold of the limiter is dependent on all kinds of parameters of the device. So its adaptability is superior to single layer structure limiter's.

Key words: stratified grating; optical limiting; self-defocusing.