

DLC膜作为Ge片减反射膜的研究*

毛友德 刘声雷 杨国伟

(合肥工业大学应用物理系, 合肥)

摘要: 本文采用rfPCVD方法, 以甲苯为工作气体, 制备出DLC膜, 研究了它的光学性能, 以及作为激光窗口材料Ge片的减反射膜的应用。

A study of DLC films for antireflection films of Ge

Mao Youde, Liu Shenglei, Yang Guowei

(Department of Applied Physics, Hefei Polytechnic University)

Abstract: In the present paper, diamondlike carbon films have been formed by rfPCVD from C_7H_8 gas. The optical properties of DLC films are investigated, the experiment results show that DLC films are suitable for antireflection coatings of laser window.

一、引 言

DLC膜即类金刚石碳膜 (Diamondlike Carbon Film, DLC) 也称氢化非晶碳膜 ($a-C:H$), 是近年来引起人们广泛重视的一种新的功能薄膜材料。它具有一系列类似金刚石的特性: 硬度高 (努氏硬度 $>2800\text{kg}/\text{m}^2$), 耐酸碱腐蚀, 绝缘性好 (电阻率 $>10^{11}\Omega\cdot\text{cm}$), 红外光区透明, 折射率为 $1.8\sim 2.3$, 空气中膜间的摩擦系数约为 0.2 。这些独特而优异的性能, 使它可以作为金属表面的防护层, 高频振荡膜涂层, 半导体器件的表面钝化膜, 太阳能电池的减反射膜等。由于DLC膜与Ge片的粘附性很好, 红外透明, 所以极适合于作激光窗口材料Ge片的减反射膜。并且DLC膜硬度高, 耐腐蚀, 因而又是很好的保护膜。

DLC膜的制备方法简单, 成本低, 是在低温低压下形成, 因此具有广泛的应用前景。目前, DLC膜的制备方法很多, 大致可分为两类^[1~4]: 一类是物理气相沉积法 (PVD) 如蒸发镀膜、溅射和离子束镀膜等; 一类是化学气相沉积法 (CVD) 如等离子体CVD和激光CVD等。

本文采用高频辉光放电等离子体化学气相沉积法 (rfPCVD) 制备DLC膜, 研究膜的光学性质和在激光窗口上的应用。

二、DLC 膜的制备

制备DLC膜的设备如图1所示: 由反应室、排气系统、进气系统、高频功率源等组成。DLC膜的沉积受许多工艺参数的影响^[5~9]。本工作表明: 高频功率、工作气体压强、衬底

*机电部机械工业技术发展基金项目, 编号: 86J7720。

温度等三个参数是最主要的,只要严格控制这些参数,就可以按设计要求制备出性能稳定的

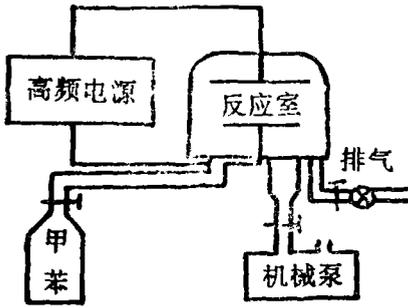


图1 沉积装置示意图

DLC膜。本实验选择甲苯(C_7H_8)为工作气体,在高频功率 $100\sim 200W$,工作气体压强为 $2\times 10^{-1}\sim 5\times 10^{-1}Torr$,衬底温度为室温的条件下,在抛光的单晶Si片、Ge片、玻璃、金属等衬底上制备了一定厚度、粘附性较好的DLC膜。

DLC膜与衬底的粘附性是影响其实际应用的一个重要问题。本工作表明: DLC膜与Si片、Ge片粘附性极好,而与玻璃、金属的粘附性就差一些,这主要与衬底的种类和表面状态,以及膜的本征应力有关。DLC膜的本征应力产生的原因还不十分清楚,但其大小与工艺参数密切相关。研究表明^[7]: DLC膜的本征应力随着膜厚的增加而增加,对于一定的衬底材料和一定的工艺条件, DLC膜有一个临界厚度存在,超过此值,膜就要龟裂、剥落。一般情况下,膜厚不大于 $2\mu m$ 。

三、DLC膜的光学性能

本实验在玻璃样品上沉积数千埃的DLC膜,研究了包括可见、紫外光区内的光吸收性能。图2a、图2b分别为两个沉积有DLC膜的玻璃样品的光吸收曲线(单面有DLC膜)。测试仪器为UV-260型紫外-可见分光光度计,波长范围 $2000\sim 9000\text{ \AA}$ 。可以看到 DLC膜在短紫外、红外光区都是透明的,很适合于作为可见和红外光学膜层。

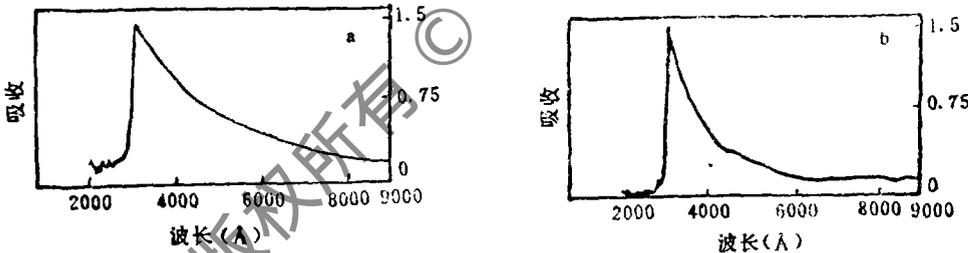


图2 a、b分别为两个沉积有DLC膜样品的吸收曲线

四、DLC膜作为Ge片的减反射膜

DLC膜的折射率在 $1.8\sim 2.3$ 之间,随制备方法和工艺参数而变,所以适合作为激光窗口材料Ge片的减反射膜。本实验制备了两个Ge片样品: a为单面沉积有DLC膜, b为双面沉积DLC膜。图3a、图3b为这两个样品的透过率曲线。样品Ge片厚度为 $2.5mm$,测量仪器AR 170SX傅里叶分光光度计。Ge片上的DLC膜的折射率用Tolansky法测得为 2.24 。从图中可以看到a样品的透过率最大可达 80% , b样品的透过率最大可达 90% 。这些结果表明在Ge片上沉积DLC膜有明显的减反射作用。

本实验测试了在连续波 CO_2 激光(波长 $10.6\mu m$)照射下沉积有DLC膜的Ge片样品的透

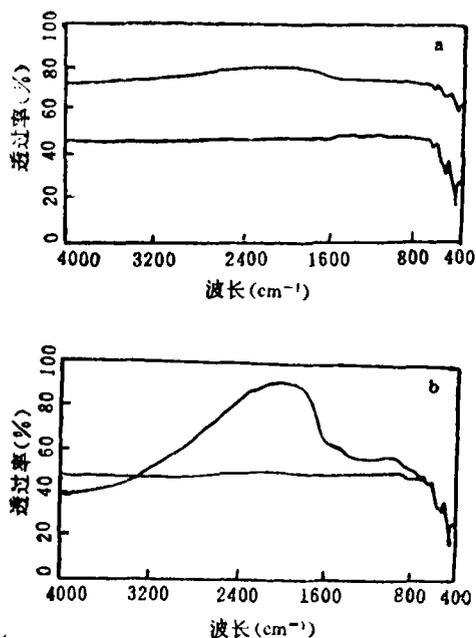


图3 DLC膜Ge片的透射曲线

a—单面有DLC膜Ge片透射曲线

b—双面有DLC膜Ge片透射曲线

作为激光窗口和红外元件的减反射膜, DLC膜与其它介质膜或金属膜相比, 无论在光学性能上或机械性能上都是优越的, 因而是一种新的、很好的减反射膜材料。

表1 表面有DLC膜的Ge片透过率

	入射功率 (W)	透过功率 (W)	透过率 (%)
无膜Ge片	8.1	3.6	44
单面有膜Ge片	8.1	4.6	57
双面有膜Ge片	8.1	5.3	66

透过率, 结果如表1所示。Ge片样品厚2.5mm, 测试中激光器输出功率8.1W, 激光束直径1.5mm。这表明DLC膜可以经受约500W/cm²功率密度的连续激光照射。表中结果显示: 沉积DLC膜的Ge片, 对于CO₂激光的透过率有明显的增加, 非常适合作为Ge片的单层减反射膜。

五、结 论

DLC膜的独特性能和实验结果表明,

参 考 文 献

- [1] Whitmell D S, Williamson R. *Thin Solid Films*, 1976; 35 (2): 255
- [2] Weissmantel C, Bewilogna K, Breuer K *et al.* *Thin Solid Films*, 1982; 96(1): 31
- [3] Mirtich M J, Swec D M. *Thin Solid Films*, 1985; 131(3,4): 245
- [4] Zarowin C B, Kataramanan N Ven, Poole R R. *A P L*, 1986; 48 (12): 759
- [5] Nishikawa S, Kakinuma H, Fukuda H *et al.* *Japan J A P*, 1986; 25 (4): 511
- [6] Grill A, Meyerson B S, Pater V V *et al.* *J A P*, 1987; 61(8): 2874
- [7] Enke K. *Appl Opt*, 1985; 24(4): 508

作者简介: 毛友德*, 男, 1939年2月出生。副*教授。现从事功能薄膜*以及非晶态半导体的研究工作。

刘声雷, 男, 1947年出生。讲师。现从事功能薄膜以及非晶态半导体的研究工作。

杨国伟, 男, 1964年出生, 硕士研究生。从事DLC和金刚石薄膜研究工作。

收稿日期: 1990年11月24日。