

用激光光声光谱法研究窗材料锗的光吸收

王桂芬 李增发 张光寅

(南开大学物理系)

提要: 用激光光声光谱法测量了具有不同电阻率的窗材料锗的光吸收, 同时对这项技术本身的一些问题进行了研究, 得到了锗的光吸收和光声光谱检测方法的一些实验数据。

Investigation of optical absorption of window material germanium by photo-acoustic spectroscopy

Wang Gueifen Li Zengfa Zhang Guangyin

(Department of Physics, Nankai University)

Abstract: Optical absorption of Ge with different resistivity has been measured using photo-acoustic spectroscopic method and some problems of this technique have been investigated. Experimental data of optical absorption of Ge and photo-acoustic spectroscopy have been obtained.

我们曾试图用传统光谱法去测量锗的吸收系数。但是, 由于锗材料在 10.6 微米附近的吸收系数很低, 而且光通过片状样品时存在着很强的干涉现象, 所以实验中无法获取正确的数据。因此当时未能得到锗材料的吸收系数的实验数据。现在我们以 CO_2 激光作为光源, 用光声光谱法就很容易地测到了锗的很低的吸收系数。

所谓固体中的光声效应, 是指任何一个固体样品(粉末、流体等)被一个以一定频率斩波了的光束(或具有一定频率的脉冲光束)照射时, 样品必然吸收该光束一部分能量(多至全部, 少至 10^{-5} , 甚至更低)而被激发。被激发了的样品又以无辐射方式消激发, 这样就在样品中形成了一个具有光束斩波频率的热流波或弹性波。这个热流波或弹性波可用各种形式的声接收器检测。检测到的这个声

讯号与样品对光束的吸收等特性有关。

当照射光源是一固定波长的光束时, 所测光声讯号标志了固体样品在该波长上的吸收。用光声光谱法可测量极低的吸收系数(例如 10^{-5} 厘米 $^{-1}$)。

如光束波长可调, 则可得到固体样品随波长变化的吸收谱。用传统光谱法不便研究的某些样品(如粉末、液晶等), 用光声光谱法可很容易地得到它的吸收谱。

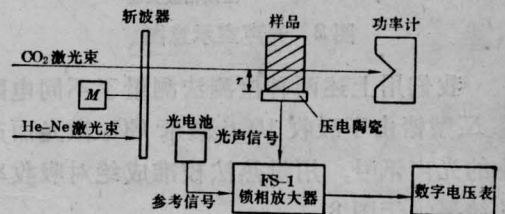


图1 实验装置图

收稿日期: 1980年3月10日。

我们用光声光谱技术研究了锗窗材料对 10.6 微米 CO₂ 激光吸收的有关问题, 以及与该项技术有关的若干具体实验问题。实验装置示于图 1。CO₂ 激光器功率为 4 瓦。普通 1 毫瓦 He-Ne 激光和光电池用来得到锁相放大器的参考讯号。光声讯号放大器是国产 FS-1 型锁相放大器。锗样品尺寸为 15×20×5 毫米³。CO₂ 激光束垂直照射样品的 20×15 毫米² 面。压电传感器粘接在样品的 5×15 毫米² 面上, 其尺寸稍大。光声讯号经锁相放大后用数字电压表显示。功率计用来检测 CO₂ 激光束透射功率。用这种压电检测法, 我们得到了毫伏量级的光声讯号。

为了加以对比, 我们又设计了一种气体光声室用来检测固体样品的光声讯号。其结构如图 2 所示。在这个设计中, 我们把样品置于通常低吸收系数的窗口的位置上, 而不是置于封闭的光声室内。锗样品中由于吸收了光能而产生的弹性波, 传给封闭室内的气体, 再传给电容式声接收器而被检测。这种设计的探测效率虽然比样品置于光声室内要低一些, 但是却省掉了一个光声室的窗片, 而且加工好的锗窗片可直接进行测量, 不必单独加工测量样品。在我们的条件下, 气体光声室声探测器测到的光声讯号是微伏量级。

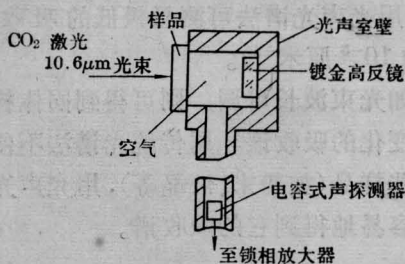


图 2 光声室示意图

我们用上述两种检测法测量了不同电阻率 N 型锗由于吸收 10.6 微米 CO₂ 激光而产生的光声讯号, 用量热法校准成绝对吸收率的结果示于图 3。

另外, 在用压电传感器的情况时, 根据固体样品吸收释放能量的波方程的解, 可得到

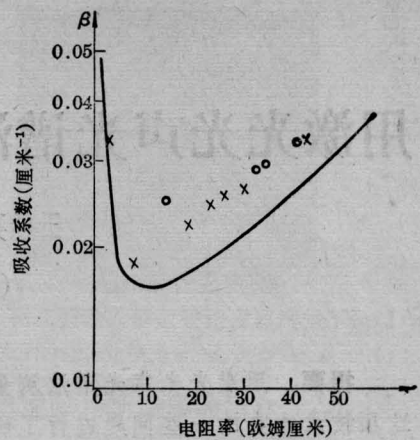


图 3 用光声法测得的 N 型锗对 10.6 微米的吸收

— 理论曲线^[1]; × 气体光声室测得的数据;
o 压电传感器测得的数据

探测到光声讯号的定性表达式^[2]为

$$V \sim \frac{\beta P \alpha (1 + \sigma) t}{2\pi c \rho (1 - \sigma) r^2}$$

其中, β 是样品的吸收系数; P 是入射功率; c 是样品的比热; ρ 是样品密度; α 是热扩散系数; r 是压电传感器与光束的垂直距离; V 是压电传感器光声讯号。

从实验上说明了如下几个问题:

(1) 光声光谱法比较简单, 某些常规光谱法不便研究的样品, 特别是测量固体样品的低吸收系数(有的低至 $10^{-5} \sim 10^{-6}$ 厘米⁻¹), 最适于采用光声光谱方法。在压电检测情况下, 功率为瓦量级的照射光束, 在 10^{-2} 厘米⁻¹ 量级吸收系数的锗中产生的光声讯号接近毫伏量级。所以在现有条件下可测量固体样品 10^{-5} 厘米⁻¹ 量级低吸收系数。

(2) 在我们的实验中, 发现压电传感器检测法要比气体光声室检测法灵敏数百倍。这是因为, 尽管气体光声室可设计到声谐振状态, 但仍不如压电传感器检测法声阻匹配得好。这一点特别有利于固体样品的研究。

(3) 如上所述, 我们用光声光谱法测量了不同电阻率 N 型锗的吸收。正如图 3 所示, 测量结果与理论曲线^[1] 基本一致。这就

(下转第 46 页)

Xe-CCl₄ 混合系统中首次观察到 Xe₂Cl 准分子的激光, 其激光中心波长为 518 毫微米。在蓝、绿波段中可以调谐。日本电通讯大学 Hara 教授及荷兰 Twente 技术大学 Oomen 教授对 KrF 准分子激光器在高电流密度及短脉冲下的性质进行了研究, 获得了最大输出为 24 焦耳/立升的能量输出或 500 兆瓦/立升的功率, 效率为 10%。

在远红外可调激光器方面, 麻省理工学院国家磁学实验室 Lax 教授等研究了分子气体如 CH₃F 在 CO₂ 激光的泵激下可以获得千瓦级输出, 可调范围在 150~1200 微米之间。

C. 其他激光器

对于在 16 微米附近的激光器, 由于对于六氟化铀的选择激发的需要, 所以也仍受到重视。南加里福尼亚大学 Wittig 教授提出了氮-硫-氟(NSF)分子在可调 CO₂ 激光的泵激下可以获得 618~658 厘米⁻¹的谱线, 英国

原子能局的 Culham 实验室提出了氟化高氯氧 (FCIO₃) 分子在光泵下可获得从 16.3 到 17.7 微米的 34 条新谱线, 其输出功率在 4 毫瓦左右。

在半导体激光器方面, 大阪大学获得了 13 微微秒到 25 微微秒的短脉冲激光, 贝耳实验室的 Van Der Ziel 进行了半导体激光的锁模以获得微微秒脉冲输出, 采用了外腔装置, 脉宽为 6.9 微微秒。加州理工学院及麻省理工学院都进行了外腔锁模技术方面的研究。

这一次国际量子电子学会议中的论文, 涉及到各个方面的进展, 以上只是我们参加分组会及与其他学者讨论中所了解到的一些进展, 所以并不是十分全面的。但是根据我们的体会以及与其他学者的交换意见中都认为在这几年中激光的研究工作只是向纵深方面发展而没有突破性的巨大成就。

(上接第 34 页)

从实验上证明: 10~20 姆欧·厘米的 N 型锗对 10.6 微米光的吸收系数可低至 2×10^{-2} 厘米⁻¹; 20~50 欧姆·厘米的 N 型锗的吸收可高至 3×10^{-2} 厘米⁻¹; 低于 10 姆欧·厘米的 N 型锗的吸收系数则高得多。所以, 作为窗材料, 20~50 欧姆·厘米的 N 型锗可以选用, 但最好选用 10~20 欧姆·厘米的 N 型

锗; 而低于 10 欧姆·厘米的 N 型锗则不宜选用。

参 考 文 献

- [1] E. D. Capron, O. L. Brill; *Appl. Opt.*, 1973, **3**, 569.
- [2] A. Hardvik *et al.*; *Appl. Opt.*, 1977, **16**, No. 1, 101.