

采用 PC 机作为数据采集与处理系统的 光调制反射光谱测量装置*

王 椿 张春平 张光寅
(南开大学物理系)

我们采用了 PC 机作为光调制反射光谱测量装置的数据采集与处理系统,实现了数据采集与处理的自动化;对原模拟测量方法进行了多点改进,简化了电路设计,提高了信噪比;测量了高纯 GaAs 样品的光调制反射光谱,验证了系统的可靠性与灵敏度。

光调制反射光谱 (PR), 是 70 年代初发展起来的研究半导体能带跃迁的一种十分灵敏的探测技术。它具有设备简单, 对样品无损伤的优点。特别是它所具有的微分线型大大压制了背景, 突出了带间跃迁邻界点附近局域的性质, 使得在普通透射反射光谱中看不到的一些很弱的结构得到了大大增强。近年来, PR 谱已成为研究半导体超晶格、量子阱结构中子能带结构最有效的工具之一^[1]。

早期的 PR 谱测量装置采用模拟电路, 随着微型电子计算机的普及推广, PR 谱测量装置也存在着计算机化的问题。特别是对于高纯半导体材料, 其光调制光谱信号很小, 原有模拟电路单次测量信噪比已不能满足要求。我们在自己建立的一套 PR 谱装置上采用了 PC 微机作为数据采集处理系统, 实现了数据采集与处理的自动化, 通过多次扫描叠加大大提高了 PR 谱的信噪比。

采用 PC 机做为数据采集处理系统是基于如下考虑。首先, 利用 PC 机构成一个数据采集处理系统最方便。利用 PC 机的高级 BASIC 语言中机器级 I/O 指令与单一 BASIC 语言编程实现数据采集与过程控制^[2], 排除了非计算机专业用户使用汇编语言的难点。近年来, 国内外都为 PC 机开发了丰富的各种数据采集与过程控制模板, 为开发 PC 机实际应用系统提供了便利条件。其次, PC 机比目前普

遍采用的 Apple-II 及 Z-80 系列八位微机具有更大的内存容量与数据处理速度, 对 PR 谱测量这样需要存贮大量数据和对数据进行复杂的理论拟合的情况具有更大的优越性。

图 1 是 PR 谱测量装置的框图。一个 250W 碘钨灯发出的白光通过一台单色仪, 输出的单色光经聚焦后照射在样品上作为探测光, $I_0(\lambda)$ 是照射在样品上探测光的强度。一台 30mW 线偏振 He-Ne 激光器输出的 6328 Å 激光照射在样品的同一个点上作为泵浦光。激光的强度受到斩波器周期性调制(频率 Ω_m)。从样品上反射的探测光由一个光电倍增管接收。射到光电倍增管上的光包含两个成分: 直流成分 $I_0(\lambda)R(\lambda)$, 其中 $R(\lambda)$ 是样品的反射率; 具有频率为 Ω_m 的交流成分 $I_0(\lambda)\Delta R(\lambda)$, 其中 $\Delta R(\lambda)$ 是样品受到泵浦光调制而引起的反射率的变化。能够直接与理论进行比较的量是光谱反射比 $\Delta R/R$ 。在模拟测量方法中需对交流成分进行锁相放大, 直流成分进行直流放大。然后, 或者是经模拟除法器将两个信号相除, 或者是用直流放大器的输出控制光电倍增管高压, 保持直流输出不变, 从而使得锁相放大器输出直接对应于 $\Delta R/R$ 。采用计算机作为数据采集系统后, 我们对上述测量方法进行了改进。我们用计算机分别采集存贮 R 与 ΔR , 然后进行

* 国家自然科学基金资助项目

数值除法,从而,免去了模拟除法器或光电倍增管高压伺服电源。另外,我们在测量样品反射率 $R(\lambda)$ 时,将斩波器放在探测光路中,使得 $I_0(\lambda)R(\lambda)$ 变成可以用锁相放大器接收的交流信号,又免去了为测量 $I_0(\lambda)R(\lambda)$ 所需的直流放大器。这两点改进使电路设计得到了最大程度的简化,提高了系统的可靠性与灵敏度。

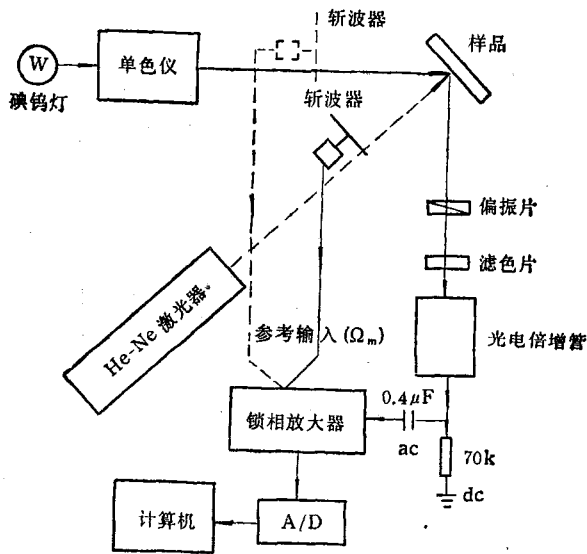


图 1

我们采用适用于 PC 总线的国产 HY-1232 12 位 AD/DA 转换模板作为数据采集部件,将该板直接插入主机总线扩展槽中。利用与 PC 机配套的高级 BASIC 语言具有的机器级 I/O 指令 INP <端口号>(读输入端口)和 OUT <端口号>(写输出端口),我们完全用 BASIC 语言实现了数据采集与处理的编程。数据采集程序框图如图 2 所示。

为了验证系统的可靠性与灵敏度,我们测量了高纯 GaAs 直接能隙 PR 谱。样品为气相外延 n 型 GaAs,载流子浓度 $3.4 \times 10^{14}/\text{cm}^3$,实验参数选择为:光栅扫描速度 $67 \text{ \AA}/\text{min}$,锁相放大器时间常数及积分时间均选为 3s,采样点为 400 点,两点间延时 0.45s。采集 ΔR 与 R 时采用相同的采样点数与延时,以保证 ΔR 与 R 每一对测量点在波长上一一对应。图 3(a) 与 (b) 分别对应单次扫描与扫描 75 次的结果。

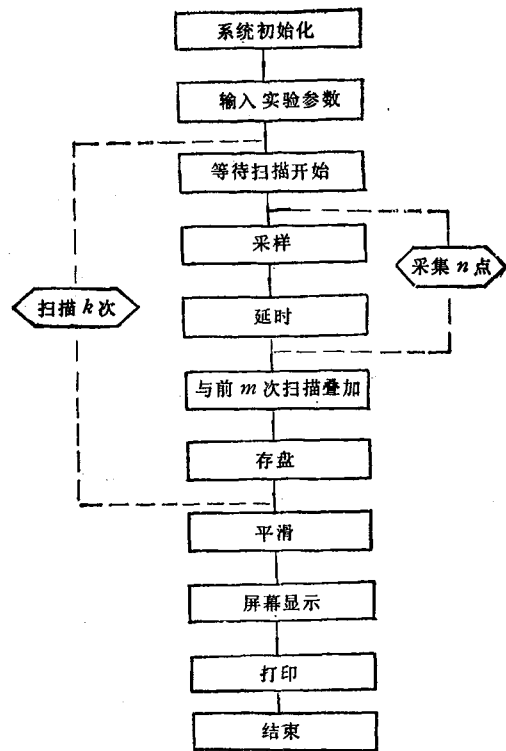


图 2

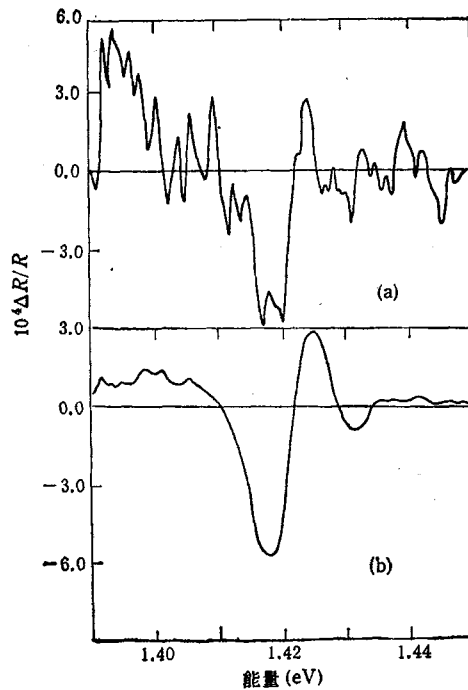


图 3 高纯 GaAs 外延片的 PR 谱
(a) 扫描 1 次的结果; (b) 扫描 75 次的结果。

信噪比随叠加次数 N 增加的变化关系由下式给出:

$$V_{\text{噪声}}/V_{\text{信号}} = \frac{1}{\sqrt{N}} \quad (1)$$

在单次扫描结果中, 噪声幅度几乎与信号幅度相等, 经 75 次扫描叠加后, 噪声仅在光谱变化较平缓的地方可见。图 3(b) 具有典型的电场调制的 Aspnes G_3 函数线型^[3]。我们可以肯

定 GaAs 直接能隙光调制光谱是由光注入载流子引起的表面势垒变化所导致的电场效应。其中位于 1.418eV 的负峰对应于自由激子跃迁能量。

- [1] S. H. Pan et al., *Phys. Rev. B*, **38** (1988)5:3375
 [2] 张如洲, 微型计算机数据采集与处理, 北京工业学院出版社, (1987), 189.
 [3] D. E. Aspnes, *Phys. Rev.* **147** (1966), 554.

二维可调平行分束器

许福运

李国华

(山东建筑工程学院基础部)

(山东曲阜师范大学激光研究所)

这是一种把单一激光束变成两束偏振方向相互垂直、距离和强度连续可调的平行光束的方法和装置。结构如图 1 所示。该装置由一个偏光镜、一个偏光分束镜、一个 45° 玻璃棱镜和一对可调两平行光束距离的光楔组成。旋转偏光镜, 即改变了入射到偏光分束镜上光的偏振面, 据马吕斯定律可知, 它使得经偏光分束镜出来的两束光强度比可为任意值。当偏光镜转到某一特殊位置时, 只有一束光出射, 移动一光楔, 即改变了两光楔的相对位置, 可改变两平行

出射光束的距离。两光楔同时绕以入射光为轴旋转, 可改变两平行光束的相对方位; 两种调节相结合, 可使其中一光束位置不动, 另一光束在二维内任意定位。由于棱镜、偏光镜、分束镜的不变的光学性质, 这个系统对机构失调相对不敏感。

实验中, 偏光镜为 $\phi 10\text{mm}$, 偏光分束镜为 $\phi 10\text{mm}$, 45° 玻璃棱镜为 $\phi 15\text{mm}$, 一对光楔为 $\phi 30\text{mm}$, 楔角为 37° , 光源为 He-Ne 激光器。单一激光束通过这一装置后, 被分成两相互垂直偏振光束, 其中沿原方向行进的光束为 o 振动, 另一光束为 e 振动。o 振动光束位置不变, e 振动光束在以入射光为中心的 $\phi 50\text{mm}$ 截面内连续可调, 任意定位, 两光束的强度比连续变化, 可为任意值, 经测量, 两光束的消光比均达 10^{-4} 以上。

对于传统的平行分束棱镜, 两束光只能分开几个毫米, 且不可调, 而这种装置由于它结构简单, 能量损耗小, 调节方便可靠, 非常适合于激光技术和其他各种光学技术中的分光应用。

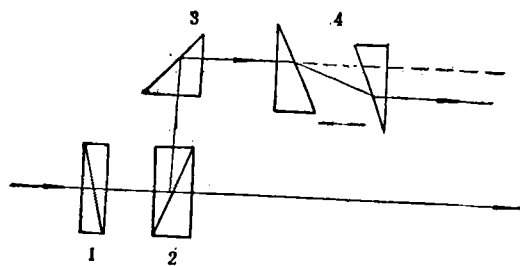


图 1

1. 偏光镜; 2. 偏光分束镜; 3. 45° 棱镜; 4. 对光楔

(上接第 382 页)

基本问题。

当理论家的争论还在继续的时候, 我们可以提出, 这个发现是否意味着物理学家、化学家、晶体生长专家和薄膜专家能赋予普通材料以奇特的性能并将陶瓷绝缘体转变为超导体呢? Cava 说, 过去两年他一直寻找新的方法

对 Cu-O 面用空穴进行掺杂。他说: “我可能已经试验过上万个样品, 现在看来, 我们还有上万个样品需要试验。” Houston 大学的 P. Chu (朱经武) 说: “我们关心的是烧出 90K 的电子超导体”。

(卫崇德根据 *Physics Today* 1989 年第 4 期第 17—19 页编译)