

单晶硅的光吸收与样品厚度的关系

王桂芬 马根源 张光寅

(南开大学物理系)

本文研究用压电陶瓷做声接收器, 单晶硅的光声(PA)信号与样品厚度的关系。首先对劈形样品进行实验。将样品竖直粘着在压电陶瓷上, 并使压电陶瓷的平面与光束方向平行。当激光束在样品上由薄到厚(或由厚到薄)移动时, 测出对应每一厚度位置时的光声信号。最初PA信号随样品厚度增加, 在样品厚度为0.5mm处, 曲线出现一峰值, 然后再随样品厚度的增加, PA信号又逐渐减小。为进一步验证实验结果的可靠性, 我们又对厚度不同的均匀样品逐块进行了测试(对于每一种厚度的样品, 均让光束照在样品中心点上), 可看出, 对于厚度均匀、厚为0.5mm的样品, PA信号也最大。但其相对变化幅度要小得多。为了进一步弄清光束在样品上的照射位置对PA信号的影响, 我们又用一块厚度均匀的样品, 逐渐改变照光位置(和劈形样品扫描相同)进行了测试, 当光束照在样品中心时, PA信号也出现一极大值, 不过其幅度的相对变化也比劈形样品幅度的相对变化小得多。说明劈形样品出现的信号变化有一部分是由于横向热流效应所致, 但主要还是由于样品厚度不同引起的。

当调制频率为100Hz时, 无论是劈形样品, 还是不同厚度的均匀样品, 均在样品厚度为0.5mm时, 信号出现一极大值。已知调制频率为100Hz时, 硅的热扩散长度为0.529mm, 为了验证PA信号极大值与热扩散长度的关系, 我们又对不同的调制频率(f 分别取为50、100、1000、2000Hz, 它们所对应的热扩散长度分别为0.748、0.529、0.168、0.118mm)反复进行了实验。结果发现, 尽管不同调制频率时的热扩散长度所对应样品上的位置(劈形样品)相差很远(多到十几毫米), 但PA信号峰值位置并不改变。从而说明, PA信号的峰值位置与热扩散长度无关, 而只与光吸收本身有关。

对于我们所选用的单晶硅样品, 其 $\beta=0.2\text{mm}^{-1}$, $l=0.5\text{mm}$ 时PA信号最大, $\beta l=0.2\times 0.5=0.1$, 可以看出, PA信号出现极大值时的样品厚度为 $l=(1/10)(1/\beta)$ 。

我们改用ZnS重复进行了上述实验, 也得到了同样的结果。

当 $l=(1/10)\mu_{\beta}$ ($\mu_{\beta}=(1/\beta)$ 为光吸收长度)时, PA信号出现一极大值。其主要原因是: 当光束入射在吸收的固体上时, 被照明的部分温度增加, 引起那个区域膨胀, 同时被照明区的热随着样品厚度的增加而衰减, 因此使样品的前部比后部膨胀得多些, 引起样品弯曲。弯曲压缩固体的背面, 对抗因加热引起的膨胀。在样品比较薄时, 随着样品厚度增加, 样品吸收的热增加, 则样品产生的应变也增加, 但此时弯曲并不太厉害, 所以合应力的结果是增加的, 因而PA信号也增加。到 $l=(1/10)\mu_{\beta}$ 时, 信号达到最大。随后厚度再增加, 弯曲已经比较大了, 对抗膨胀的力也就大了, 而照明区域的热随着厚度的增加已衰减的比较小了, 因而合应力的结果是逐渐减小的, 则PA信号也逐渐减小。