

# 硅化钡-P型硅肖特基势垒 二极管的红外响应\*

吴作良 梁平治 董亮初 凌裕农 董建民 王留福

(中国科学院上海技术物理研究所)

硅化钡-P型硅肖特基势垒二极管是短波红外 CCD 和焦平面的光敏元, 利用成熟的硅大规模集成电路工艺可以把它和信息处理电路做在同一芯片上, 因此, 易于做成高密度多象元的器件。近几年来, 这种器件发展很快, 性能有很大的提高。目前, 人们正在发展长波硅肖特基势垒红外 CCD, 因此, 对硅肖特基势垒二极管的光谱响应十分关注。本文对硅化钡-P型硅肖特基势垒二极管的红外响应进行仔细测量, 在长波方面, 首次观察到由于冷空穴注入对红外响应的贡献, 并由光谱响应的测量获得肖特基势垒高度的数据。

硅化钡-P型硅肖特基势垒二极管采用背面照射式结构。在 77K 温度下, 硅的禁带宽度为 1.166 eV, 波长大于 1.06  $\mu\text{m}$  的红外辐射除了一部分在硅表面上被反射掉之外, 能透过硅片而达到硅化钡, 在那里红外辐射被硅化钡吸收, 并在硅化钡中激发产生电子-空穴对。激发产生的空穴中, 能量高于势垒高度的称为“热空穴”; 能量低于势垒高度的称为“冷空穴”。根据量子力学原理, 热空穴和冷空穴都有一定的几率入射到硅衬底一侧, 而在硅化钡中留下多余的电子, 这些电子在电路中便形成了光电流。

在室温下, 响应率随波长急剧地下降, 并在 2.5  $\mu\text{m}$  附近截止。在 77K 温度下, 响应一直延伸到 5.2  $\mu\text{m}$ 。在这个波长上, 光信号为 0.65  $\mu\text{V}$ , 而暗信号(挡住光源之后系统的噪声)为 0.05  $\mu\text{V}$ 。在 1~3.5  $\mu\text{m}$  波长范围内, 光响应主要是由热空穴注入引起的。响应率随波长的变化关系与热空穴注入几率与波长的变化关系相一致。由响应率和波长的关系可以求得硅化钡-P型硅肖特基势垒高度  $\psi_{ms} = 0.37 \text{ eV}$ 。这个结果和激活能方法测得的结果比较接近。

通常肖特基势垒二极管的截止波长是由势垒高度  $\psi_{ms}$  决定的。在本实验中,  $\psi_{ms} = 0.37 \text{ eV}$ , 相应的截止波长  $\lambda_c = 3.35 \mu\text{m}$ 。对于波长大于 3.35  $\mu\text{m}$  的红外辐射, 硅化钡-P型硅肖特基势垒二极管仍有响应, 并且在 4.25  $\mu\text{m}$  处出现一个次峰。这部分红外响应是由于冷空穴穿越势垒的隧道效应引起的。本实验所用的 P 型 (100) 硅单晶的掺杂浓度  $N_A = 1.5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ , 在 77K 温度下, 满足热场发射条件, 长波次峰位于比  $\psi_{ms}$  低 0.1 eV 的位置上。

在  $\lambda = 2.0 \mu\text{m}$  处, 测量了响应率随温度的变化关系, 发现在 130~135 K 温度范围内, 响应率有最大值。温度高于 135K, 响应率随温度上升而指数下降。

\* 中国科学院科学基金资助课题。