

Hg_{1-x}Cd_xTe MIS 器件电学特性的研究

黄河 童斐明

(中国科学院上海技术物理研究所)

MIS 器件是研究窄禁带半导体材料碲镉汞(Hg_{1-x}Cd_xTe)体内及其界面特性的有效工具。我们主要对一种由双层介质组成的 Hg_{1-x}Cd_xTe MIS 器件的电学特性进行了研究。对 Hg_{1-x}Cd_xTe 材料表面作适当的物理化学处理之后, 利用阳极氧化的方法, 在 Hg_{1-x}Cd_xTe 衬底上生长一层阳极氧化层(厚约 600~1200 Å), 再利用蒸发或溅射方法在阳极氧化层上淀积一层介质 ZnS(厚约 1000~2000 Å), 组成双层介质结构。而金属栅电极则通过蒸发金属来完成, 面积为 $1 \times 10^{-3} \sim 5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$ 。在 77~300 K 范围内, 对组份 $x=0.2 \sim 0.3$ (对应于截止波长 $\lambda_c=4.9 \sim 13.5 \mu\text{m}$, 77 K) 的 N 型 Hg_{1-x}Cd_xTe MIS 器件作了电容-电压($C-V$)和电导-电压($G-V$)测量。测量信号频率 $f=10 \text{ KHz} \sim 10 \text{ MHz}$, 信号幅度 $V_s=1 \sim 10 \text{ mV}$ 。在 $C-V$ 测量中明显地观察到由于窄禁带半导体 Hg_{1-x}Cd_xTe 材料的导带非抛物性和载流子简并所特有的积累区电容的慢饱和效应。并在偏压扫描过程中观察到由于阳极氧化层中慢界面陷阱造成的 $C-V$ 曲线上的滞后现象, 这显然是由于偏压从正到负或从负到正的扫描过程中, 慢界面陷阱与半导体表面进行电荷交换而具有不同的带电状态所造成的。从滞后平带电压的变化算得 Hg_{1-x}Cd_xTe 阳极氧化层界面慢界面陷阱密度为 $1 \sim 5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ 。在实验的基础上, 考虑 Hg_{1-x}Cd_xTe 导带非抛物性, 利用 Kane 模型和费密-狄拉克统计对 Hg_{1-x}Cd_xTe 理想 MIS 器件的 $C-V$ 特性进行了理论计算。和实验 $C-V$ 曲线进行比较, 计算得出 Hg_{1-x}Cd_xTe-阳极氧化层界面的快界面态密度为 $10^{11} \sim 10^{13} \text{ cm}^{-2} \text{ eV}^{-1}$, 而且和材料的表面处理以及制作工艺密切相关。这种双层介质组合的固定正电荷密度为 10^{11} cm^{-2} 量级。在 $G-V$ 测量中, 明显地观察到由于快界面态而引起的电导尖峰值。通过进行变温 $G-V$ 测量, 对 Hg_{1-x}Cd_xTe MIS 器件在反型状态时的少数载流子暗电流作了初步的探讨, 发现在温度较高时, 少子暗电流主要由扩散机理决定; 而在温度较低时, 隧道电流(主要是通过禁带态的间接隧道电流)决定器件少子暗电流的大小, 随着禁带的变窄, 这种隧道效应更加明显, 这从反型状态时电导值的大小直接反映出来。从实验中发现, 这种双层介质结构的 MIS 器件的击穿电压一般为 10~20 V, 视介质的厚薄而定。此外, 我们还进行了由其它绝缘层(如 SiO₂、ZnS 等)构成的 Hg_{1-x}Cd_xTe MIS 器件的电学特性的初步研究。