红外研究，5(1986)，5 A 19

N-$Hg_{1-x}Cd_xTe$的电子有效质量

郑国珍　郭少令　梁　勇
(中国科学院上海技术物理研究所红外物理开放实验室)

本文用输运测量方法，获得了不同电子浓度、不同组分($x=0.16\sim0.31$)的样品的电子有效质量。

对浓度较高的样品，亦即简并较强的样品，可以用 Shubnikov-de Haas 效应求出费密面所在的电子有效质量 $m^*(E_F)/m_0$。对于各向同性的非抛物型能带，简并化电子弹性散射和有碰撞加宽的情况，纵向和横向磁阻的振荡部分分别表示为

$$\Delta\rho_{/\!/}/\rho_0=\sum_{r=1}^{\infty}b_r\cos\left(\frac{2\pi F}{B}r-\frac{\pi}{4}\right); \tag{1}$$

$$\Delta\rho_{\perp}/\rho_0=\frac{5}{2}\sum_{r=1}^{\infty}b_r\cos\left(\frac{2\pi F}{B}r-\frac{\pi}{4}\right)+R, \tag{2}$$

$$b_r=\frac{(-1)^r}{\sqrt{r}}\left(\frac{B}{2F}\right)^{1/2}\cos\left(\pi r\frac{g^*}{2}\frac{m^*}{m_0}\right)\frac{r\beta Tm^*/m_0B}{\mathrm{sh}(r\beta Tm^*/m_0)}e^{-r\beta T_0\frac{m^*}{m_0B}}。 \tag{3}$$

如果在两个温度 T_1, $T_2(T_2>T_1)$测量磁阻振荡，其振幅之比应为

$$\frac{A(T_1)}{A(T_2)}=\frac{T_1}{T_2}\frac{\mathrm{sh}x_2(T_2)}{\mathrm{sh}x_1(T_1)}, \tag{4}$$

其中 $$x=\frac{2\pi^2kT}{hw_0},\quad w_0=\frac{eB}{m^*}。$$

这样测量不同温度下的磁阻振荡的波形，由任一个波峰在两个温度的振幅之比，可用式(4)解得 x 从而得到 m^*，注意这是费密面所在的电子有效质量。有很多实验证明，Kane 能带模型对 $Hg_{1-x}Cd_xTe$ 是适用的。

对于非简并的材料，我们用磁声子效应的测量方法。由于此效应在液氮温度下就能实现，因此它在一个宽的温度范围内比回旋共振更适合于研究有效质量，实验是用调制磁场加锁相放大技术，记录了磁声子的微分信号。由振荡周期，可以求出电子的有效质量，它与载流子浓度无关。

$$\frac{m^*}{m_0}=\frac{e}{m_1w_0}\frac{1}{\Delta\left(\frac{1}{B}\right)}。 \tag{5}$$

但是上式给出的电子有效质量要作非抛物带修正和极化子效应的修正。考虑上述两个因素后，电子有效质量写成：

$$\frac{m^*}{m_0}=\frac{e}{m_0\omega_0\left(1+0.83\frac{\alpha}{2}\right)}\exp\left(-\frac{h\omega_0}{E_g}\right)\frac{1}{\Delta\left(\frac{1}{B}\right)} \tag{6}$$

取纵光学声子的能量 $h\omega_0=17.1$ mev，得到实验值。

进一步考虑 $Hg_{1-x}Cd_xTe$ 的三带模型，可以从磁声子振荡极值所在的磁场位置计算出导带底的有效质量与温度关系。理论与实验较符合，证明了三带模型能很好地描述 HgCdTe 的性质。