

p 型锑化铟中的噪声*

吴自强 汤定元

(中国科学院)

提 要

测量了几个高纯的 p 型 InSb 样品在液氮温度下的噪声频谱, 一般由产生复合噪声及调制噪声组成, 前者与热平衡载流子浓度 p_0 的二次方成反比, 后者与 p_0 成反比. 因此, 材料愈纯, 产生复合噪声所占的比重就愈大. 产生复合噪声的数值与频谱与已有的理论符合. 由此频谱可确定多数载流子寿命 τ , 得到 $\tau p_0 \approx 1.1 \times 10^9$ 秒/厘米³, 并给予理论解释.

一、引 言

在半导体的光电探测器中, 噪声参数与光电导参数具有同等重要的地位. 因此在均匀半导体中, 噪声的机构问题是一个具有实际意义的课题.

在均匀半导体中, 噪声的来源主要有三种类型^[1]: (1) 热噪声, 来自半导体中载流子热运动的涨落. 仅与样品的温度 T 和电阻值 R 有关, 与测量的频率 f 无关, 是所谓“白噪声”. 对电阻值为 R 的样品, 其热噪声电流的均方值为 $4kT/R$, 其中 k 为波尔兹曼常数. (2) 产生-复合 (G-R) 噪声, 来自半导体内部载流子的产生率与复合率 (包括复合中心与陷阱的作用) 的涨落, 其噪声电流的均方值与通过样品的直流电流的平方成正比, 一般具有 $\frac{1}{1 + (2\pi f\tau)^2}$ 频谱; 其中 f 为测量频率, τ 为载流子寿命. (3) 调制 (或 $\frac{1}{f^\alpha}$) 噪声, 这种噪声的来源, 至今尚不清楚. 很多实验证明, 它可能与半导体表面状态、接触现象以及体内缺陷如位错等等有关, 其噪声电流的均方值一般与频率具有 $f^{-\alpha}$ 的关系 (α 大都在 1 附近, 也可能有其他数值), 它也与通过样品的直流电流的平方成正比.

在同一样品中, 上述三种噪声成分可以在不同的测量条件下表现出来. 当没有电流通过样品时, 仅出现热噪声, 有电流通过样品时, 则出现产生-复合噪声和调制噪声, 可以调节电流的大小, 使热噪声小到可以忽略, 有时在不同的频率范围, 可以分别出现产生-复合噪声或调制噪声. 锑化铟是一种很有用的光电探测器材料, 因此有关它的噪声问题也受到人们的注意, 特别是 p 型锑化铟在低于室温至液氮温区的噪声的研究.

Klaassen 等^[2]曾测量了均匀的 p 型锑化铟在 175°K 至 275°K 温区内 (两种载流子的混合导电区) 的噪声频谱, 并从产生-复合噪声频谱定出载流子寿命随温度变化的关系, 从而讨论了载流子的复合过程. 然而他们所用的样品都是掺杂较高的晶体.

Goodwin^[3]在液氮温度下测量了不同电阻率的 p 型锑化铟的噪声频谱, 并研究了样品在不同的气氛和不同的表面处理的情况下, 表面电势对调制噪声的影响. 但他是以电

* 1964 年 12 月 21 日收到.

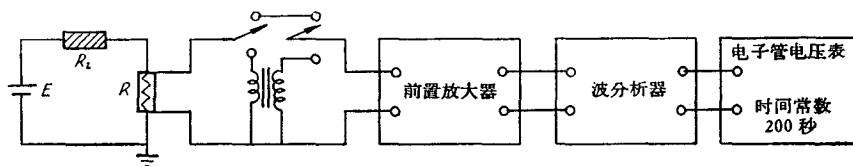
阻率,而不是以空穴浓度作为变数的,因而得不到明确的理论解释.

本文用空穴浓度从 10^{13} 至 10^{15}cm^{-3} 的 P 型锑化铟晶体,在 77°K 下测量其电流噪声频谱,以研究均匀锑化铟晶体的噪声特性.结果表明,测量所得的调制噪声的规律基本上与 Klaassen 等的结果一致,但它与空穴浓度的关系则与 Goodwin 的结果迥然不同.分析所得的产生-复合噪声的频谱以及它与空穴浓度的关系,可以用现有理论来解释.文中还探讨了由产生-复合噪声频谱所定出的空穴寿命与空穴浓度的关系.

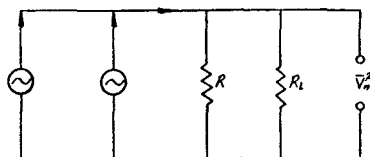
二、测 量 方 法

测量所用的样品是从经过区域提纯后的锑化铟锭上切下来的平行六面体,大都是由两三个晶粒组成的多晶体,只有 1.4P 13 号样品是单晶体.样品经过研磨及 C-P_4 溶液腐蚀处理后,尺寸约为 $8 \times 1 \times 0.2\text{mm}^3$. 在其两端焊上以铟为焊剂的电极,再把它固定在玻璃衬底上,然后放在一个铜容器内,直接浸入盛有液氮的杜瓦瓶中.

样品通过串联负载电阻 R_L 接入偏压电路,如图 1(a) 所示.出现在样品两端的噪声电压经过放大系统的放大,由指示仪器读下.放大系统由低噪声输入变压器、前置放大器和频率分析器组成.低噪声输入变压器装有四层电磁屏蔽和防振装置,其升压比为 100,短路输入噪声电压在 $f > 1\text{kc/s}$ 时,小于 $2 \times 10^{-10}\text{V}/\sqrt{\text{c/s}}$.前置放大器的放大倍数约为 10^5 ,其短路输入噪声电压在 $f > 1\text{kc/s}$ 时,小于 $4 \times 10^{-9}\text{V}/\sqrt{\text{c/s}}$.频率分析器在 $10-18,000\text{c/s}$ 的频率范围内可以连续调节,带宽 Δf 固定为 4c/s .指示仪器是经过改装的电子管电压表,其时间常数约为 200 秒,能够很好地数平噪声电压的颤动,使仪器指针的相对摆动小于 6%.



(a) 偏压电路及测量系统的方框图.



$$S_f = 4kT/R_{||} \quad S_{fz}(f) = S \frac{1}{f^a} + S_{g-r}$$

(b) 偏压电路的等效电路.

图 1

在样品通有电流测量其噪声频谱时,由于噪声水平较高,可以不用输入变压器直接接到前置放大器的输入端.从前置放大器至指示仪器的整个系统的频率响应特性用一个大电阻的热噪声来校准,其放大倍数的绝对值则用样品本身的热噪声来标定,标定时加用输入变压器,其放大倍数是已知的.

在分析测量数据时,样品所产生的噪声可用一等效短路电流噪声发生器来代表.因

为样品的电阻均低于 $10\text{k}\Omega$, 放大器输入端的并联电阻 ($\approx 10\text{M}\Omega$) 与分布电容 ($< 100\text{pF}$) 对测量数据的影响可以忽略。因此等效电路如图 1(b) 所示, 其中 S_t 表示热噪声, R_n 为 R 与 R_L 的并联电阻; $S_{1/f}$ 表示调制噪声, S_{g-r} 表示产生-复合噪声, 两者之和用 $S_{i^2}(f)$ 来表示。

显然, 当通过样品的电流为零时, 从放大系统输入端测到的噪声电压即为热噪声, 其均方值(单位带宽)为

$$\begin{aligned}\overline{V_n^2} &= S_t \left(\frac{RR_L}{R + R_L} \right)^2 \\ &= 4kT \frac{RR_L}{R + R_L}.\end{aligned}\quad (1)$$

图 2 表示测量得到的几个样品的热噪声电压与电阻值的关系。可以看到, 热噪声电压的均方根值是与样品电阻的平方根成正比的。

当样品通有直流电流 I_{dc} 时, 如果略去热噪声, 则放大系统输入端的均方噪声电压为

$$\overline{V_n^2} = S_{i^2}(f) \left(\frac{RR_L}{R + R_L} \right)^2 = (S_{1/f} + S_{g-r}) \left(\frac{RR_L}{R + R_L} \right)^2, \quad (2)$$

因此测量不同频率的噪声电压的均方根 $\sqrt{\overline{V_n^2}}$, 按(2)式就可求出等效噪声电流频谱 $S_{i^2}(f)$ 来。

通常 $S_{i^2}(f)$ 与通过样品的直流电流 I_{dc} 的平方成正比, 因此从(2)式可有

$$\overline{V_n^2} \propto I_{dc}^2 \frac{R_L^2}{(R + R_L)^2}, \quad (3)$$

或

$$\sqrt{\overline{V_n^2}} \propto I_{dc} \frac{R_L}{R + R_L}. \quad (4)$$

三、测量结果

1. 噪声电压随偏压电流 I_{dc} 及负载电阻的变化。

图 3 的下半部表示一个 p 型锑化钢样品 ($p_0 = 1.1 \times 10^{14}\text{cm}^{-3}$) 的噪声电压与偏压电流的关系, 测量时取 $R = R_L$ 。两条曲线代表两个不同的测量频率: $f = 2 \times 10^3\text{c/s}$ 和 $f = 5 \times 10^3\text{c/s}$ 。从图中可以看到, 在偏压电流小于 7mA 的范围内, 噪声电压与偏压电流有良好的直线关系。增大偏压电流后, 噪声电压开始偏离这种线性关系, 先是增长缓慢, 随后竟随 I_{dc} 增大而下降! 直到一个极小值后, 又缓慢上升。对于两种频率, 下降程度也不一样。我们同时测量了样品的伏安特性, 发现就在偏离线性关系的附近, 样品的电阻开始下降, 如图 3 的上部曲线。这就表明, 噪声电压对线性关系的偏离可能与样品电阻的减小有关。样品电阻的下降, 显然是因为电流密度过大引起样品的温度升高所致。在液氮

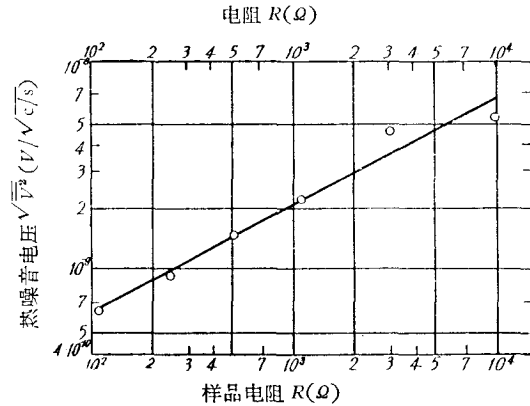


图 2 在 77°K 热噪声电压与电阻的关系
○ 实验数值, — 计算曲线。

温区,随着样品温度的上升,多数载流子寿命迅速下降,使产生-复合噪声降低,因而测量得到的噪声电压也减小,这一问题将在第五节中讨论。

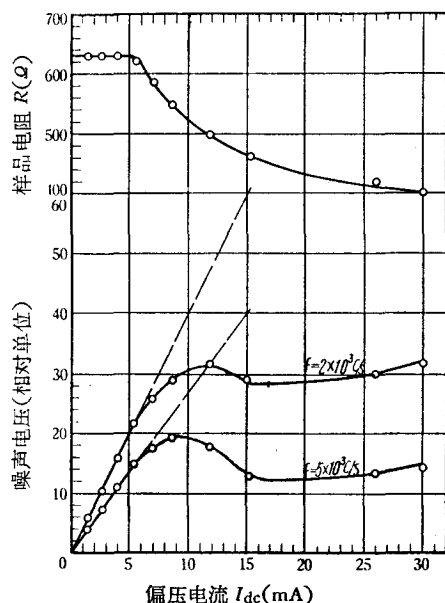


图3 噪声电压、样品电阻与偏压电流的关系

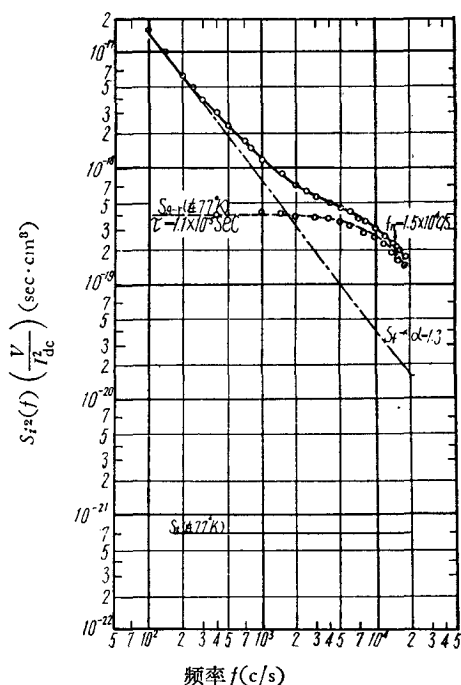


图5 $p_0 = 1.1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3} \text{ InSb}$ 在 77°K 的噪声频谱

$S_{1/2} \circ$ 实验数值; S_{g-r} --- 产生复合噪声;
 S_{f-a} - · - 调制噪声; S_t — 热噪声。

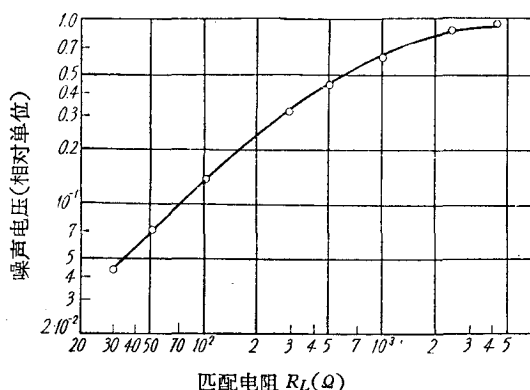


图4 噪声电压与匹配电阻 R_L 的关系
(固定偏电流 $R = 630 \Omega$)

— 计算曲线; $\circ$ 实验数值。

图4表示同一样品的噪声电压与负载电阻的关系,测量时固定偏电流为 4 mA ,频率为 $2 \times 10^3 \text{ c/s}$ 。根据(3)式,噪声电压应与 $\frac{R_L}{R + R_L}$ 成正比,图4中实线即为按照 $\frac{R_L}{R + R_L}$ 计算所得的结果。可以看到,实验值(圈点)与计算曲线符合得很好。这表明图1(b)的简单的等效电路能代表实际的测量条件。

2. 噪声功率频谱。
我们在液氮温度下测量了七个 P 型 InSb 的噪声频谱,测量频率从 100 c/s 到 18 kc/s 。测量时偏电流都限制在噪声与偏压的直线性范围内。各个样品在液氮温度下的空穴浓度都是已知的(铋化锑样品的载流子浓度是用在液氮温度下的霍尔系数测得的),在 $1.4 \times 10^{13} - 3 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 之间。

2. 噪声功率频谱。

我们在液氮温度下测量了七个 P 型 InSb 的噪声频谱,测量频率从 100 c/s 到 18 kc/s 。测量时偏电流都限制在噪声与偏压的直线性范围内。各个样品在液氮温度下的空穴浓度都是已知的(铋化锑样品的载流子浓度是用在液氮温度下的霍尔系数测得的),在 $1.4 \times 10^{13} - 3 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 之间。

由于产生-复合噪声和调制噪声的噪声电流都与通过样品的电流成正比,而且还都与样品的体积的平方根成反比(在通过样品的电流不变的条件下)。为了比较各个样品的噪声水平,我们把测量所得的 $S_{1/2}(f)$ 除以 I_{dc}^2 ,乘以体积 V ,即归一化到单位电流及单位体积(以 1 cm^3 为单位),作为样品的归一化噪声功率水平。

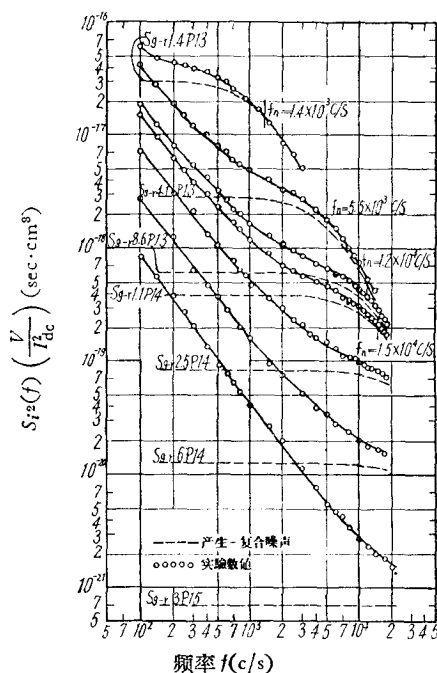


图 6(a) 不同空穴浓度的 p 型 InSb 在 77°K 的噪声频谱

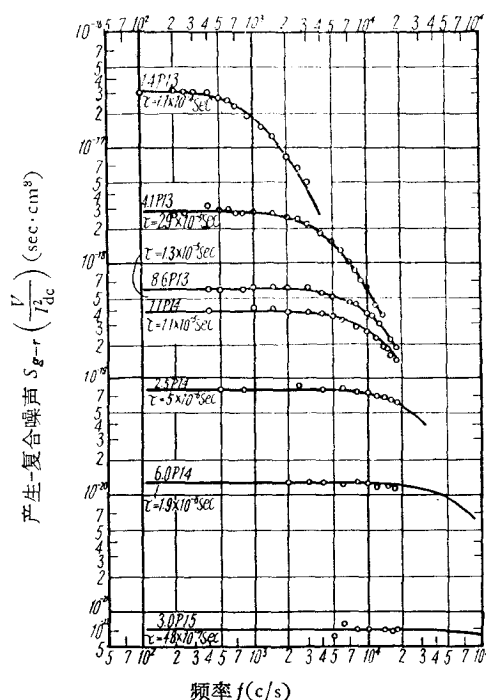


图 6(b) 产生-复合噪声频谱: 实验与理论比较

○ 为实验数据;

— $S_{f^2}(f) = \frac{4\tau}{P(1 + \omega^2 \tau^2)} \left(\frac{V}{I_{dc}^2} \right)$ 的计算曲线, 其中 V 都归一化为 1cm^3 .

图 5 是一个典型的噪声频谱。整个看来,这不是简单的 $f^{-1/2}$ 噪声,也不是单纯的产生-复合噪声。对于这个样品,其低频部分显然具有 $f^{-1/2}$ 的形式。我们把这部分的直线向高频部分延伸(如图中的点划线),作为这一样品 $f^{-1/2}$ 噪声成分。再从测量值中减去这一部分就得到图中的短线,这是典型的产生-复合噪声的频谱。低频部分的水平线就代表产生-复合噪声的水平。这一噪声下降到 $1/2$ 时的频率 f , 应适合 $2\pi f\tau = 1$, 其中 τ 为载流子的寿命。由此可求出载流子的寿命。

图 6(a) 是测量所得的七个样品的噪声频谱。对于其中的大部分样品,都可以采用图 5 的简化办法分离 $f^{-1/2}$ 部分及产生-复合部分。对于低频部分的 $f^{-1/2}$ 噪声不特别显著的频谱,则必需采用 Lummis 及 Petritz^[4] 的分析法分离 $f^{-1/2}$ 及产生-复合噪声。对分离所得的各个样品的产生-复合噪声频谱,都画在图 6(b) 中。100c/s 时的调制噪声与空穴浓度 p_0 的关系画在图 7 中。

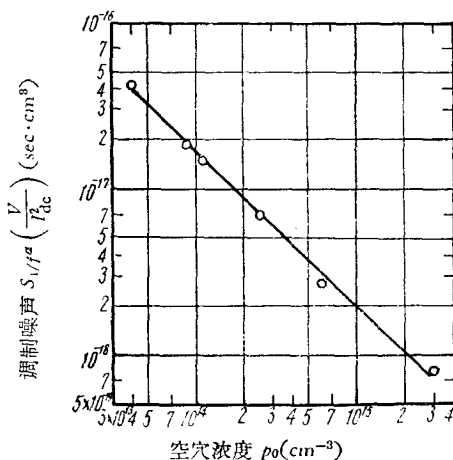


图 7 调制噪声与空穴浓度的关系

四、产生-复合噪声

半导体的产生-复合噪声应包括多数载流子及少数载流子的贡献。对于 p 型锑化铟, 定态光电导及光磁电的测量结果^[5-8]表明, 在低温下有电子的陷阱存在。对于 $(N_A - N_D) \leq 10^{15} \text{cm}^{-3}$ 的样品, 液氮温度下的电子寿命要比空穴寿命低三、四个数量级, 可以忽略少数载流子对噪声的贡献。因此 Van Vliet 和 Blok^[9] 的理论可简化成^[3]

$$S_{g-r} = \frac{4I_{dc}^2}{p_0 V} \frac{\tau}{1 + (2\pi f\tau)^2}, \quad (5)$$

其中 p_0 为空穴浓度, τ 为其寿命, I_{dc} 为通过样品的直流电流, V 为样品的体积, f 为测量频率。

图 5 及图 6(a) 的纵轴代表 1cm^3 体积的通过单位直流电流的噪声功率。图 6(b) 的纵轴代表相应的产生-复合噪声, 其低频部分 (相应 $2\pi f\tau \ll 1$) 的水平高度应为 $4\tau/p_0$ 。如果 p_0 为已知, 则从这一高度可得出空穴的寿命 τ 来。

在我们所测量的频率范围内, 在七个样品中, 只有四个纯度较高的样品可以用 $2\pi f\tau = 1$ 的频率求出 τ 来。图 6(b) 的上面四条曲线上都标出由此法求得的 τ 值。样品的编号也标在曲线上, 这一编号就代表样品在液氮温

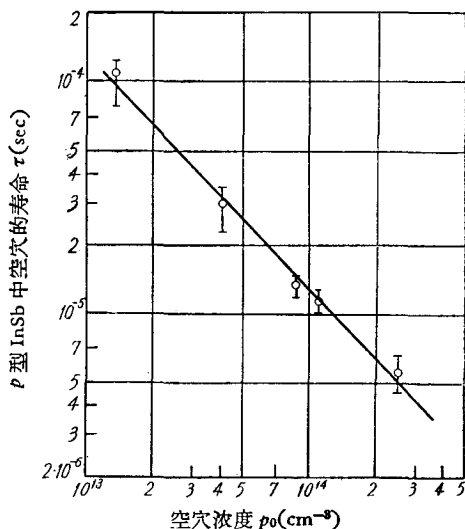


图 8 在 77°K , 空穴寿命与空穴浓度的关系

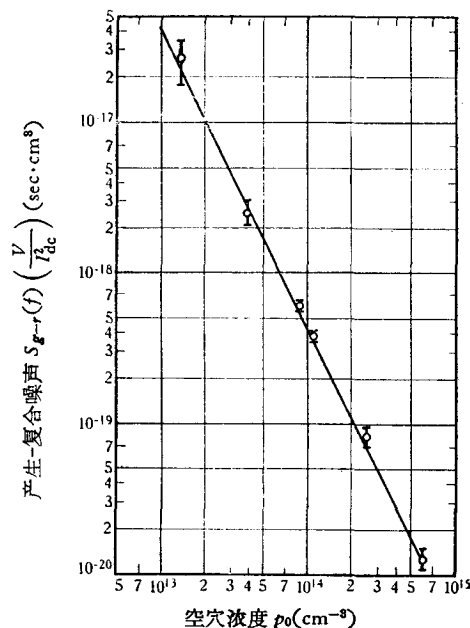


图 9 p 型 InSb 在液氮下的产生-复合噪声与空穴浓度的关系

度下的空穴浓度。例如 1.1P14 就代表 $p_0 = 1.1 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$ 。从这些数字可以看出, 这四条曲线的水平高度正好等于 $\frac{4\tau}{p_0}$ 。对于下面三条曲线, 可以倒过来从水平高度与 p_0 之值求出 τ 来。由此求得的 τ 值也标在曲线上。

从图 6(b) 的几条曲线可以看到, τ 与 p_0 之间有一定的联系。图 8 用对数坐标画出了 τ 与 p_0 的关系, 得到

$$\tau p_0 = 1.1 \times 10^9 \text{ sec/cm}^3. \quad (6)$$

别的作者在光电效应的测量中也得到相似的结果。例如 Zitter 等^[5]得到 $\tau p_0 \approx 1 \times 10^9 \text{sec/cm}^3$, Goodwin^[6] 得到 $\tau p_0 \approx 4 \times 10^8 \text{sec/cm}^3$, 而范绪筠等^[7]得到 $\tau p_0 \approx 1.5 \times 10^9 \text{sec/cm}^3$.

对于我们所用的样品,这一规律是可以理解的。这可用禁带中具有一种复合中心和一种电子陷阱的机构来解释^[8]。因为这里所用的高纯的样品,在液氮温度下的费密能级多半都位于复合中心能级及电子陷阱能级之间,文献[8]中的(13)式直接给出了 τp_0 为常数的关系,即

$$\tau_p = \tau_{n_0} \frac{N_2}{p_0} \frac{N_v}{N_c} e^{(\Delta E_2 - \Delta E_1)/kT}, \quad (7)$$

其中 τ_{n_0} 为复合中心对电子的俘获参数, N_2 为电子陷阱的密度, N_v , N_c 分别为价带及导带的有效能级密度, ΔE_2 为电子陷阱至导带底的距离, ΔE_1 为复合中心至价带顶的距离,在文献[6]中已经得到 $\tau_{n_0} \approx 2 \times 10^{-11} \text{sec}$, 在文献[7,8]中定出 $\Delta E_2 - \Delta E_1 \approx 0.06 \text{eV}$, 对于 InSb 有 $\frac{N_v}{N_c} \approx 52$. 如果以 $\tau p_0 \approx 1.1 \times 10^9 \text{sec/cm}^3$ 和以上参数代入(7)式,则得到电子陷阱密度为 $N_2 \approx 1 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$, 这与文献[7,8]中的估计值一致。

既然 $\tau \propto p_0^{-1}$, 则我们可以料到 $S_{g-r}(f) \left(\frac{V}{I_{dc}^2} \right)$ 应与 p_0 的平方成反比。图 9 的直线证实了这一点。

五、討 論

1. 调制噪声.

由图 6(a) 分离所得的调制噪声,可以写成如下的形式:

$$\left(\frac{V}{I_{dc}^2} \right) S_{1/f^\alpha} = \frac{A}{f^\alpha}, \quad (8)$$

其中 α 与 A 是两个常数,对所有样品, α 大致相等,约为 1.3.

从图 6(a) 可以看到, $f^{-\alpha}$ 成分的噪声似乎与载流子浓度 p_0 有关。在图 7 中,我们画出了六个样品在 100 c/s 的 $\left(\frac{V}{I_{dc}^2} \right) S_{1/f^\alpha}$ 与空穴浓度 p_0 的关系,直线表明调制噪声与空穴浓度成反比。这与 Goodwin^[3] 的结果很不一样,他得到调制噪声与电阻率的平方成正比,这两个结论是无法统一的,其原因目前还不清楚。但这两个结果似乎表明,调制噪声是多数载流子现象。

样品 1.4P13 是单晶,它的 $f^{-\alpha}$ 噪声特别低,没有画在图 7 中。由此可知,制造探测器时,应采用完整的单晶,这不仅对寿命要求有利,而且对噪声要求也有利。

我们也初步地观察了样品的表面处理对调制噪声的影响,发现样品在腐蚀前后, α 的变化不大,但常数 A 随样品的表面腐蚀有很大的下降,有些样品下降了两三倍,这表明表面条件对调制噪声有很大的影响。

我们这里所得到的 α 值及其随表面条件的变化与 Goodwin 的结果很不一样,他得到 α 都在 3 左右,而且与表面处理的条件有明显的依赖关系。

2. 对于我们的 *p* 型碲化鉍样品,它在 77°K 的噪声电流频谱 $S_{i^2}(f)$ 可以用以下公式来表示:

$$S_{i^2}(f) = \frac{I_{dc}^2}{V} \left[\frac{A}{f^{1.3}} + \frac{4\tau}{p_0} \frac{1}{1 + (2\pi f\tau)^2} \right], \quad (9)$$

或

$$S_{i^2}(f) = \frac{I_{dc}^2}{V} \left[\frac{B}{p_0 f^{1.3}} + \frac{4C}{p_0^2 [1 + (2\pi f\tau)^2]} \right], \quad (10)$$

其中 $A = \text{常数}$, $B = Ap_0$, $C = p_0\tau$. 由于调制噪声与 p_0 成反比, 而产生-复合噪声与 p_0 的平方成反比, 因而随着空穴浓度的增加, 在总的噪声频谱中, 产生-复合噪声的比重减少, 更多地表现为调制噪声, 从图 6(a) 可以清楚地看到这一变化. 对于 3P15 样品 ($p_0 = 3 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$), 在测量的频率范围内, 几乎完全表现为调制噪声的特性.

3. 现在我们对图 3 中噪声与偏电流的反常关系作一些定性的解释. 噪声电压在 15 mA 电流附近达到极小值, 显然这是两个相反因素变化的结果, 在这极值处, 两个因素的贡献应相等.

温度的升高既使空穴浓度增加, 又使寿命降低, 但空穴浓度仅有百分之几十的升高 (如图 3 上面的曲线), 而寿命则迅速下降^[6-8], 因而导致产生-复合噪声 ($\propto \frac{\tau}{p_0}$) 的下降. 这就是噪声电压在 15mA 以前下降的主要原因.

调制噪声一般与温度关系很小. 在 15mA 处产生-复合噪声应下降到与调制噪声相等. 从图 3 可以看到, 对 $f = 2 \times 10^3 \text{c/s}$ 的曲线, 实测噪声电压已降低到直线关系值的 $\frac{1}{2}$, 对 $f = 5 \times 10^3 \text{c/s}$ 的曲线则降低到 $\frac{1}{3}$. 而图 5 (图 5 与图 3 是同一样品的数据) 的曲线正好表明, 如果 $f = 2 \times 10^3 \text{c/s}$ 的实测噪声电流降低到原来的 $\frac{1}{2}$, $f = 5 \times 10^3 \text{c/s}$ 的实测噪声电流降低到原来的 $\frac{1}{3}$, 则产生-复合噪声就大约等于调制噪声.

基于以上的解释, 可以认为, 在 15mA 以后噪声的再升高, 主要是由于调制噪声随电流的增加所致.

六、总 结

1. 从噪声水平与偏电流、负载电阻的关系的测量以及噪声频谱的测量, 表明 (2) 式能够与实验条件相近似, 因而证明了在分析噪声数据时, 能够采用图 1(b) 的等效电路. 测量时, 通过样品的电流不应太大, 否则会使样品发热而升温, 导致产生-复合噪声的下降.

2. 从噪声功率谱的分析看到, 在样品通有电流时, 噪声由两部分组成: 调制噪声与产生-复合噪声. 热噪声可以忽略不计.

实验得到的调制噪声, 具有 $\frac{B}{p_0 f^\alpha}$ 形式, 其中 p_0 为空穴浓度, B 与 α 是常数, $\alpha \approx 1.3$. 表面处理对 α 的影响不大, 但对 B 却有很大的影响.

3. 对测量结果的分析表明, 噪声频谱中的产生-复合噪声代表多数载流子的贡献, 具有与理论一致的频谱 $S_{s-r} = \frac{4I_{dc}^2\tau}{p_0 V [1 + (2\pi f\tau)^2]}$, 其中 τ 为多数载流子寿命.

由噪声频谱得出的多数载流子的寿命与空穴浓度成反比, 与由光电效应 (光电导和光

磁電效應)的方法所得的結果一致。

劉振虎同志供給本實驗所用的碲化銻材料, 黃啟聖同志在本實驗的測量當中提出了改進意見, 謹此致謝。

參 考 文 獻

- [1] Van Der Ziel, A., *Fluctuation Phenomena in Semiconductors* (1959).
- [2] Klaassen, F. M., Blok, J. and Dehoog, F. J., *Physica*, **27** (1961), 185.
- [3] Goodwin, D. W., *J. Phys. Chem. Solids*, **22** (1961), 401.
- [4] Lummis, F. L. and Petritz, R. L., *Phys. Rev.*, **105** (1957), 502.
- [5] Zitter, R. N., Strauss, A. J. and Attard, A. E., *Phys. Rev.*, **115** (1959), 266.
- [6] Goodwin, D. W., *Solid state Physics in Electronics and telecommunications*, Vol. 2, Semiconductors Part II (1960), 759.
- [7] Laff, R. A. and Fan, H. Y. (范緒筠), *Phys. Rev.*, **121** (1961), 53.
- [8] 黃啟聖、湯定元, 物理學報, **21** (1965), 1038.
- [9] Van Vliet, K. M. and Blok, J., *Physica*, **22** (1956), 525.

THE NOISE OF THE *p*-TYPE INDIUM ANTIMONIDE

WU TZU-CHIANG TANG TING-YUAN

ABSTRACT

The noise power spectrum of a few high purity *p*-type InSb has been measured at 77°K. In general, it consists of the generation-recombination noise and the modulation noise. The magnitude of the former is proportional to p_0^{-2} , while the latter is proportional to p_0^{-1} , where p_0 is the equilibrium concentration of the majority carriers. The purer the sample is, the more important is the generation-recombination noise. The magnitude and the power spectrum of the G-R noise are in accord with the present theory. The lifetime τ of the majority carriers can be obtained from the G-R noise power spectrum; it is found that $\tau p_0 = 1.1 \times 10^9 \text{ sec/cm}^3$.