

碲镉汞光导器件与材料的对应关系

曾光丽 史向华*

(昆明物理研究所)

本文通过 $3\sim 5\ \mu\text{m}$ 多元光导器件的制备和实验, 探讨了器件平均电阻 \bar{R}_D 与材料电阻率 ρ 的关系, 对器件和材料之间出现的不对应性进行了分析和研究。

1. 前言

器件阻值影响到表征器件优劣的重要参数——探测率 D^* 。我们在制备 $3\sim 5\ \mu\text{m}$ 碲镉汞 (以下简称 CMT) 12 元光导器件的实践中, 发现用固态再结晶 N 型 CMT 材料制成的器件, 平均电阻 \bar{R}_D 与材料电阻率 ρ 有对应关系的往往有较好的性能。而 70% 以上的器件, \bar{R}_D 与 ρ 无明显对应关系, 电阻值比 $300\ \Omega$ (196 K) 规范值偏高, 这类器件往往具有响应率低、光电性能不稳定、有极化效应等问题。我们结合 CMT 12 元光导器件的制备工作, 讨论了器件平均电阻 \bar{R}_D 与电阻率 ρ 的关系, 对材料与器件间的不对应关系进行了分析。

2. 实验和结果

我们制作的 12 元光导器件的工作温度为 196 K, 光敏面尺寸为 $75\times 75\ \mu\text{m}^2$, 间距为 $75\ \mu\text{m}$, 结构有单排和交错双排两种。所用的 CMT 材料主要为快速淬火固态再结晶料, 为了对比, 也用少量 Te 熔剂和布里奇曼料, 片料厚度 $\sim 1\ \text{mm}$ 。在我们考察的 122 片实验片子中, 有 88% 的片子, 其 77 K 的霍尔系数表明材料是 N 型的。在认定多元器件制备工艺基本稳定、重复性较好的情况下, 统计了 175 支 12 元器件 (截止波长 $\lambda_c\sim 5\ \mu\text{m}$) 室温平均阻值 \bar{R}_D , 其中 60 支还在低于 196 K 的温度下作了测量, 结果见图 1。

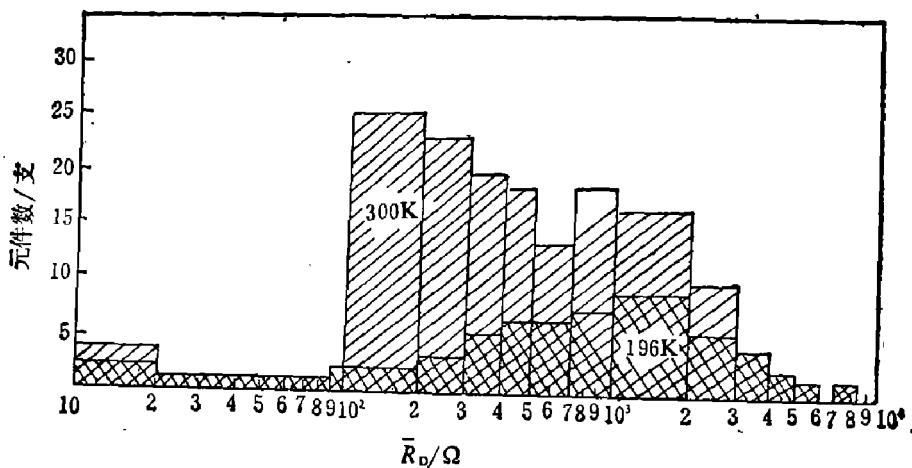


图 1 175 支 12 元光导器件 ($\lambda_c\sim 5\ \mu\text{m}$) 的平均电阻直方图

*史向华现在株州南方动力机械公司 332 部设计所工作。

表1列出几种典型器件 \bar{R}_D 与 ρ 的对应值。性能好的器件阻值接近设计规范值,而阻值偏高或过高的器件性能不好,且都有极化效应,也就是阻值和噪声都有方向性。

表1 典型材料与器件参数对应表

材料编号	体霍尔值				器件编号	器件主要参数 (196K)		
	$\rho(\Omega\text{cm})$			77K 导电类型		\bar{R}_D (Ω)	$\bar{\lambda}_C$ (μm)	$\bar{D}^*(\lambda, 1\text{kHz}, 1)$ ($\text{cmHz}^{1/2}\text{W}^{-1}$)
	295 K	196 K	77K					
Tel1-(1)	0.13	1.13	1.58	N	M8376	339	5	8.7×10^9
SC7715	0.15		0.8	P	M8385	414	4.8	2.9×10^9
SC7820(1)	0.57	0.69	0.8	N	M8364	1300 (-1600)	5.1	2×10^9
SC7913	0.0023	0.062	0.022	N	M8369	2100 (-2400)	5	$10^7 \sim 10^8$

表2列出了考察材料组中编号为SC7820(2)的固态再结晶料的体霍尔(对厚度为1 mm的晶片而言)和片霍尔(对厚度为10~20 μm 的晶片而言)测量数据与器件跟踪参数之间的对应关系。器件阻值接近于片霍尔测量的计算值。表2中 \mathcal{R}_H 为霍尔系数, μ 为迁移率, \bar{R}_D 为响应率。

表2 SC7820(2)样品体、片霍尔测量数据比较表

测试温度 (K)	样品 类型	\mathcal{R}_H (cm^3/c)	N/P	μ ($\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$)	ρ (Ωcm)	λ_C (μm)	\bar{R}_D 计算值 (Ω)	\bar{R}_D 实测值		$\bar{R}_D(196\text{K})$ (V/W)
								正向	反向	
300	体	-3.73×10^8	1.68×10^{15}	2.12×10^3	1.145		573	332	-345	
	片	-3.63×10^8	1.72×10^{15}	2.95×10^3	1.23		615	1300	-1100	
194.7	体	-8×10^8	7.8×10^{14}	3.8×10^3	2.097	5.3	1050	692	-821	303
	片	-1.15×10^8	3.43×10^{15}	3.55×10^3	3.24	5.2	1620	3500	-2000	114
77	体	-1.89×10^4	3.31×10^{14}	1.11×10^4	1.696		847	674	-798	
	片	1.23×10^2	3.4×10^{16}	3.57×10	4.75		2370	3300	-2500	

3. 结果分析

(1) 体霍尔和片霍尔测量数据的比较

由表2可知,片霍尔测量数据能近似地反映材料性质,试验的大部分器件是由夹心P型材料制作,而不是所要求的N型。对编号为SC7820(2)的材料进行了体、片霍尔系数的变温测试,结果如图2和图3,表明体霍尔呈N型而片霍尔呈P型变化规律。

(2) 材料为P型和/或P、N夹杂

用特定退火工艺条件下制取的随机浓度夹心P⁻材料制作的器件阻值容易偏高,室温下常可测得较好的光电性能,而低温性能不一定好。为制备在196 K使用的优质器件,需要均匀性好的N型标准材料,本征激发温度应接近196 K。选择最佳退火条件以及采用薄片退火方法对消除材料的P型夹心是有利的。实验还表明,材料除P型夹心外还有P、N夹杂,P、N夹杂是形成器件高阻和极性效应的内在原因。选用不同的电极材料对消除极性效应、

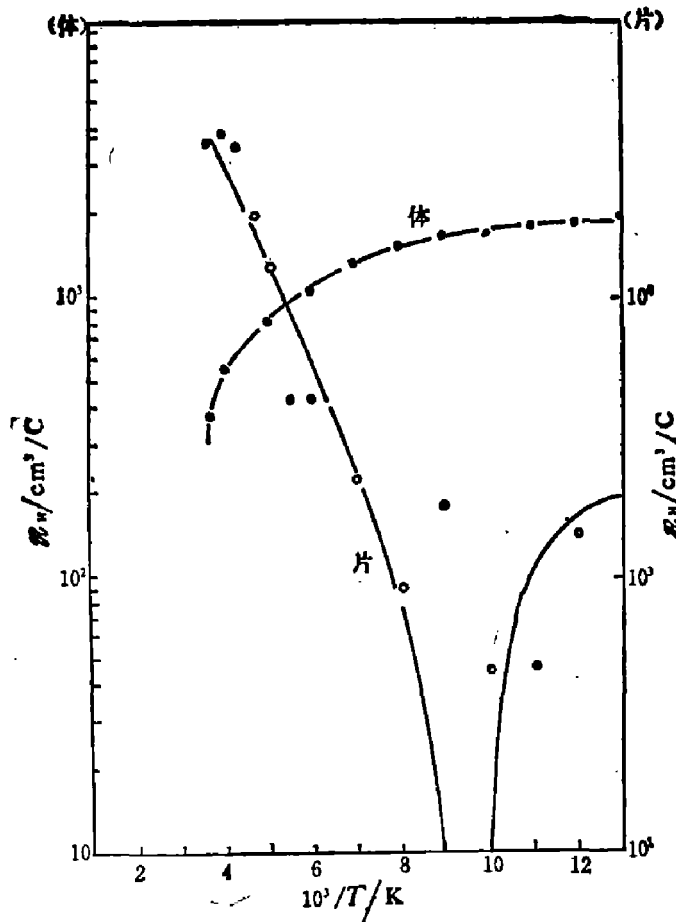


图2 $x=0.27$ 样品 SC7820(2) 的霍尔系数与温度关系曲线
 ×: 体材料 ○: 片材料

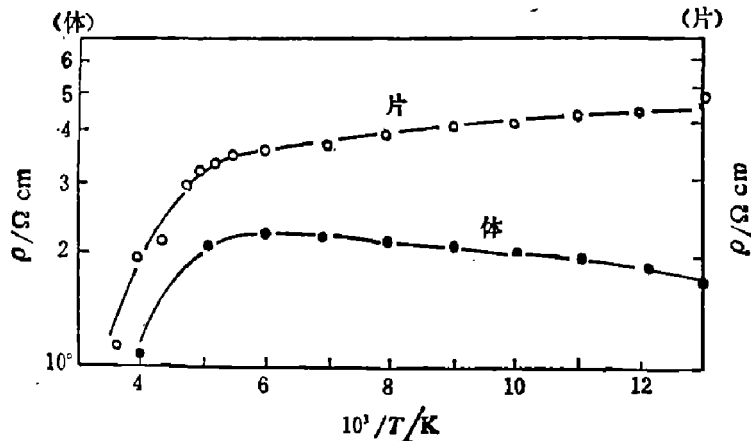


图3 $x=0.27$ 样品 SC7820(2) 电阻率与温度的关系曲线
 ×: 体材料 ○: 片材料

以及采用宽范围的低温退火条件对消除夹杂都是无效的。

(3) 响应波长不存在偏短问题

对组分 $x=0.27$ 的 CMT 材料, 计算其 300 K 的对应截止波长 λ_c 为 $4.98 \mu\text{m}$, 196 K 时为 $5.5 \mu\text{m}$ 。196 K 时测得 90% 以上的实验器件的截止波长 λ_c 为 $5\sim 6 \mu\text{m}$, 器件阻值偏高或过高不是由于材料组分 x 的变大而引起的。

(4) 电极蒸镀和接触点可靠性考察

现行的器件工艺采用延伸电极结构,通过一些特殊的加工方法,电极失效率已大大降低。我们进行了批量考察和对比实验,结果已证明器件电极的可靠性和测试数据的可重复性,这是本文讨论的基础。

4. 结论

通过对 $\text{Hg}_{0.73}\text{Cd}_{0.27}\text{Te}$ 材料与器件对应关系的实验和分析,认为在良好的器件工艺前提下,材料性质决定着器件的最终性能。结构和电学性质均匀性好的材料,器件和材料参数有对应性。晶体的不均匀性——夹心 P 型以及 P、N 夹杂导致器件阻值偏高或过高。

致谢——感谢张景韶、梁宏林、杨雄超、高仲侠等同志对本工作的支持和帮助。

参 考 文 献

- [1] 汤定元,红外物理与技术, (1976), 4/5: 53~87.
- [2] 徐国琴等,红外物理与技术, (1976), 4/5: 46~52.
- [3] N78-13876, Section 5.
- [4] Syllaios A. J., *J. Vac. Sci. Technol.*, 21 (1982), 201~204.

(本文 1985 年 9 月 13 日收到。最后修改稿 1986 年 5 月 5 日收到。)