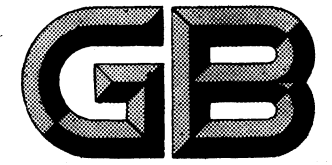


(京)新登字 023 号

UDC 669.782-172-415
: 621.317.33(083.5)
H 21



中华人民共和国国家标准

GB/T 13389—92

GB/T 13389—92

掺硼掺磷硅单晶电阻率 与掺杂剂浓度换算规程

中华人民共和国
国家标准
掺硼掺磷硅单晶电阻率
与掺杂剂浓度换算规程
GB/T 13389—92

*

中国标准出版社出版
(北京复外三里河)

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
版权专有 不得翻印

*

开本 880×1230 1/16 印张 1¼ 字数 34 000
1992年8月第一版 1992年8月第一次印刷
印数 1—2500

*

书号:155066·1-8898 定价13.00元

*

标目 194—15

1992-02-19发布

1992-10-01实施

国家技术监督局 发布



GB/T 13389-1992

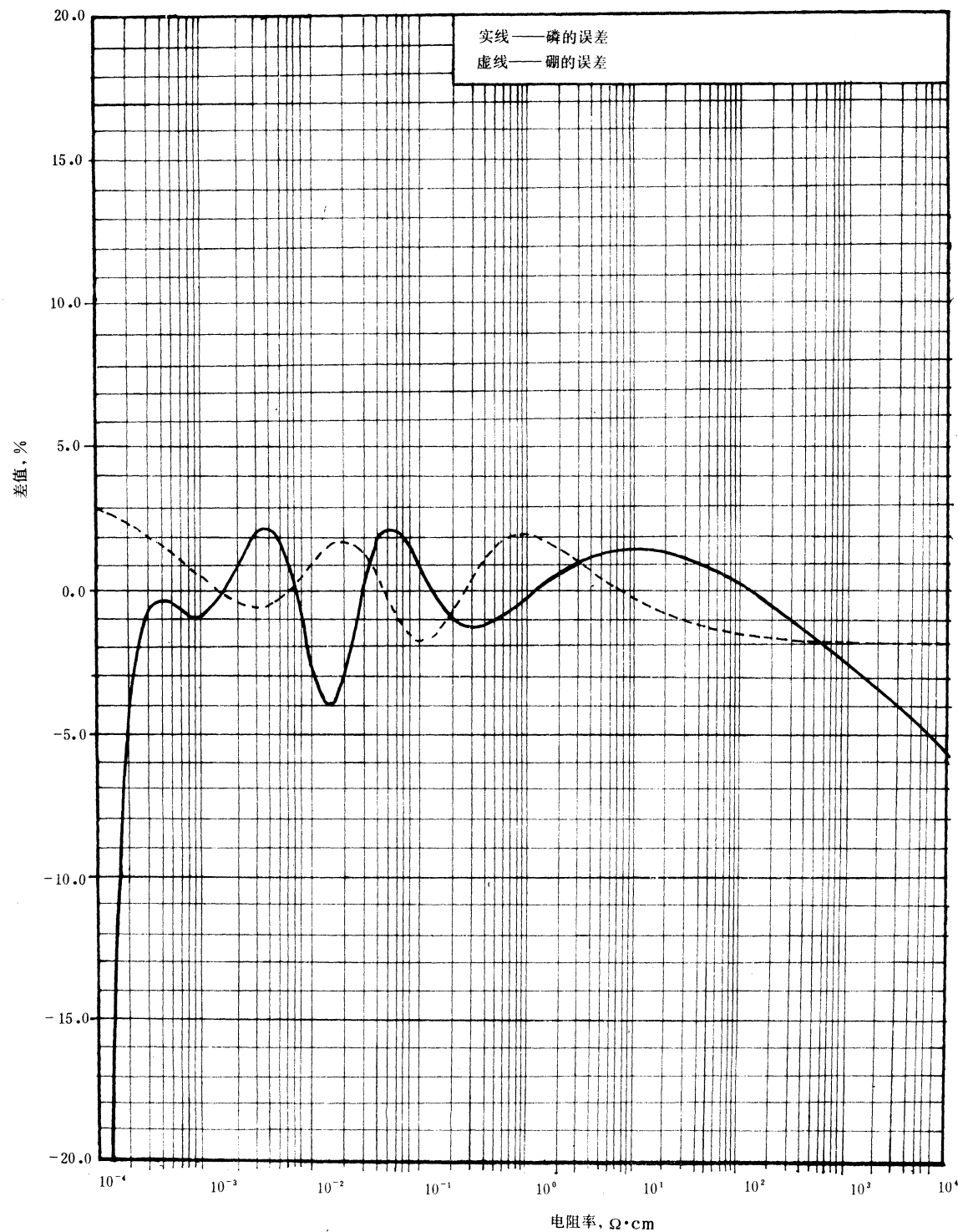


图 B1 由换算分度引起的自相容性误差(%)

中华人民共和国国家标准

掺硼掺磷硅单晶电阻率
与掺杂剂浓度换算规程

GB/T 13389—92

Practice for conversion between resistivity
and dopant density for boron-doped
and phosphorus-doped silicon

1 主题内容与适用范围

本标准规定了 23℃ 时掺硼掺磷硅单晶电阻率和掺杂剂浓度间的换算方法。
本标准适用于掺杂剂浓度 $10^{12} \sim 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ (电阻率 $0.0001 \sim 10,000 \Omega \cdot \text{cm}$) 掺硼硅单晶和 $10^{12} \sim 5 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ (电阻率 $0.0002 \sim 4,000 \Omega \cdot \text{cm}$) 掺磷硅单晶电阻率与掺杂剂浓度的换算,也可扩展到硅中激活能与硼、磷相似的其他掺杂剂。

2 引用标准

GB 6615 硅片电阻率的直排四探针测试方法

3 方法提要

用公式、表格或曲线图形进行电阻率和掺杂剂浓度之间的换算。

4 换算步骤

4.1 按照图解法、表格法或计算法把电阻率值换算成掺杂剂浓度值。

4.1.1 图解法

- 4.1.1.1 掺硼硅单晶使用图 1 中标有“硼”的曲线。
- 4.1.1.2 掺磷硅单晶使用图 1 中标有“磷”的曲线。

4.1.2 表格法

- 4.1.2.1 掺硼硅单晶使用表 1。
- 4.1.2.2 掺磷硅单晶使用表 2。

4.1.3 计算法

4.1.3.1 掺硼硅单晶按式(1)由电阻率值计算掺杂剂浓度值:

$$N = \frac{1.330 \times 10^{16}}{\rho} + \frac{1.082 \times 10^{17}}{\rho[1 + (54.56\rho)^{1.105}]} \dots\dots\dots(1)$$

式中: ρ ——电阻率, $\Omega \cdot \text{cm}$;

N ——掺杂剂浓度, cm^{-3} 。

4.1.3.2 掺磷硅单晶按式(2)、式(3)由电阻率值计算掺杂剂浓度值:

$$N = \frac{6.242 \times 10^{18}}{\rho} \times 10^z \dots\dots\dots(2)$$

$$Z = \frac{A_0 + A_1x + A_2x^2 + A_3x^3}{1 + B_1x + B_2x^2 + B_3x^3} \dots\dots\dots(3)$$

式中: $x = \log_{10}\rho$;

$$A_0 = -3.1083;$$

$$A_1 = -3.2626;$$

$$A_2 = -1.2196;$$

$$A_3 = -0.13923;$$

$$B_1 = 1.0265;$$

$$B_2 = 0.38755;$$

$$B_3 = 0.041833.$$

4.2 按照图解法、表格法或算法把掺杂剂浓度值换算成电阻率值。

4.2.1 图解法

4.2.1.1 掺硼硅单晶使用图1中标有“硼”的曲线。

4.2.1.2 掺磷硅单晶使用图1中标有“磷”的曲线。

4.2.2 表格法

4.2.2.1 掺硼硅单晶使用表3。

4.2.2.2 掺磷硅单晶使用表4。

4.2.3 算法

4.2.3.1 掺硼硅单晶按式(4)由掺杂剂浓度值计算电阻率值:

$$\rho = \frac{1.305 \times 10^{16}}{N} + \frac{1.133 \times 10^{17}}{N[1 + (2.58 \times 10^{-19}N)^{-0.737}]} \dots\dots\dots(4)$$

4.2.3.2 掺磷硅单晶按式(5)、式(6)由掺杂剂浓度值计算电阻率值:

$$\rho = \frac{6.242 \times 10^{18}}{N} \times 10^{Z'} \dots\dots\dots(5)$$

$$Z' = \frac{A'_0 + A'_1y + A'_2y^2 + A'_3y^3}{1 + B'_1y + B'_2y^2 + B'_3y^3} \dots\dots\dots(6)$$

式中: $y = (\log_{10}N) - 16$;

$$A'_0 = -3.0769;$$

$$A'_1 = 2.2108;$$

$$A'_2 = -0.62272;$$

$$A'_3 = 0.057501;$$

$$B'_1 = -0.68157;$$

$$B'_2 = 0.19833;$$

$$B'_3 = -0.018376.$$

附录 A 干扰因素 (参考件)

A1 用本标准从电阻率值推算载流子浓度会产生误差。在不大于 10^{17}cm^{-3} 的浓度范围内,掺杂剂浓度和载流子浓度在数值上是相等的;在 $10^{17} \sim 10^{19}\text{cm}^{-3}$ 的浓度范围内,由于杂质的不完全电离,掺杂剂浓度将大于载流子浓度;浓度超过 10^{19}cm^{-3} 时,杂质能带发生简并,载流子浓度一般等于掺杂剂浓度。但在这种浓度的上限,由于形成包含掺杂原子在内的化合物或络合物的可能性较大,将妨碍部分掺杂原子变为电活性。当掺杂剂浓度大于固溶度时,则产生沉淀。

A2 对于重掺磷硅单晶,假定试样的全部磷原子都是电活性的,则掺杂剂浓度等于由霍尔效应所测得的载流子浓度。但高浓度时,由于磷-空位对的存在,则霍尔测量浓度就不能充分反映重掺磷试样中总的掺杂剂浓度了。

A3 应用于硼或磷之外掺杂硅单晶的换算尚未建立。在浓度小于 10^{17}cm^{-3} 的掺杂范围内,对其他掺杂剂的换算预期有足够的准确性;在 $10^{17} \sim 10^{19}\text{cm}^{-3}$ 浓度范围内,由于不同种类掺杂剂的电离能不同,使相同的掺杂剂浓度测出不同的电阻率值。对于 P 型掺杂剂,由于电离能相差较大,所以测出的电阻率差值要比 N 型掺杂剂中的电阻率差值大;浓度超过 10^{19}cm^{-3} 时,由于形成包含掺杂原子、晶体缺陷或其他杂质的络合物,导致荷电载流子数目的变化。这种影响程度取决于特定的杂质种类,预期该影响同掺杂剂浓度与该掺杂剂在硅中固溶度之比有关。

A4 用于获得本换算基本数据的试样都假定是非补偿的。对于明显补偿的试样,换算不适用。

A5 由于电阻率随温度而变化,而掺杂剂浓度却与温度无关。故本方法规定以 23°C 的电阻率换算。

A6 由辐照(中子嬗变掺杂或离子注入)引起的晶格损伤、化学杂质(一般为重金属)引入的深能级中心以及电活性氧掺杂等都可能改变自由载流子的数目或迁移率。当上述一种或几种影响存在时,换算就不适用。

附录 B 使用本方法的表格或计算公式时 由换算分度引进的误差 (参考件)

B1 换算公式和表格,是以电阻率或掺杂浓度为独立变量拟合实验数据而推导出来的,这就产生了互为补充的公式(例如式(1)和式(4)两个公式)。这些公式在数学上并不完全是等价的,因此在使用由它们推导出来的公式和表格时有微小的差异。一个给定的电阻率值(例如 P 型, $1.00\Omega \cdot \text{cm}$)应换算为一个掺杂剂浓度值($1.46 \times 10^{16}\text{cm}^{-3}$);但是该掺杂剂浓度应用于互补公式(或表格)则得到一个与初始值不同的电阻率($1.02\Omega \cdot \text{cm}$)。在这种情况下,就产生了一个 2% 的自相容性误差值。

B2 图 B1 中给出了自相容性误差值。