



中华人民共和国国家标准

GB/T 13389—2014
代替 GB/T 13389—1992

掺硼掺磷掺砷硅单晶电阻率与 掺杂剂浓度换算规程

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

2014-12-31 发布

2015-09-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 13389—1992《掺硼掺磷硅单晶电阻率与掺杂剂浓度换算规程》，参照 SEMI MF723-0307《掺硼掺磷掺砷硅单晶电阻率与掺杂剂浓度换算规程》对 GB/T 13389—1992 进行修订。

本标准与 GB/T 13389—1992 相比，主要有以下变化：

- 增加了公式(5)、(6)、(7)，即砷的掺杂剂浓度换算电阻率、掺硼硅单晶电阻率换算空穴浓度和掺磷硅单晶电阻率换算电子浓度的公式以及相应的适用范围；
- 由于所有公式都是经验公式或是试验结果，因此本标准中给出了公式的试验依据以便于使用者更好地了解和使用这些换算规程；
- 增加干扰因素(见第 6 章)；
- 增加了附录和参考文献。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由全国半导体设备和材料标准化技术委员会(SAC/TC 203)和全国半导体设备和材料标准化技术委员会材料分会(SAC/TC 203/SC 2)共同提出并归口。

本标准起草单位：有研半导体材料股份有限公司、四川新光硅业科技有限责任公司、中国计量科学研究院、浙江省硅材料质量检验中心、杭州海纳半导体有限公司、浙江金瑞泓科技股份有限公司、西安隆基硅材料股份有限公司。

本标准主要起草人：孙燕、梁洪、高英、楼春兰、张静、王飞尧、曹孜、何良恩、张海英、张群社。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 13389—1992。

掺硼掺磷掺砷硅单晶电阻率与 掺杂剂浓度换算规程

1 范围

本标准规定了掺硼、掺磷、掺砷硅单晶电阻率与掺杂剂浓度之间的换算关系,该换算关系也适用于掺锑硅单晶,还可扩展至硅中激活能与硼、磷相似的其他掺杂剂。

本标准适用于掺硼浓度 $10^{14} \text{ cm}^{-3} \sim 1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$,掺磷浓度 $3 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3} \sim 1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$,掺砷浓度 $10^{19} \text{ cm}^{-3} \sim 6 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 。对掺硼、掺磷的硅单晶掺杂剂浓度可扩展到 10^{12} cm^{-3} 。

本标准也可用于在 $23 \text{ }^\circ\text{C}$ 下从硅单晶电阻率到载流子浓度的换算,但不包括对砷掺杂剂的载流子浓度换算,或任何其他载流子浓度的换算。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注明日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 1550 非本征半导体材料导电类型测试方法

GB/T 1551 硅单晶电阻率测定方法

GB/T 4326 非本征半导体单晶霍尔迁移率和霍尔系数测量方法

GB/T 14264 半导体材料术语

3 术语和定义

GB/T 14264 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

自相容性误差 the self-consistency errors

电阻率与掺杂剂浓度之间的换算公式或表格,是以其中一个为变量,拟合实验数据推导出另一个变量,当使用不同的变量时会产生两个互为补充的公式,例如公式(1)和(2),公式(3)和(4)。由于这些公式在数学上并不完全等价,因此在使用由此推导出来的公式或表格时将产生微小的差异,该差异称为自相容性误差。

4 方法提要

电阻率与掺杂剂浓度之间的相互换算是基于掺硼、掺磷硅单晶中两者间的综合经验数据得到的,并将其扩展到硅中具有相似激活能的其他掺杂剂,根据相同的方法也给出了电阻率与载流子浓度的换算关系。本标准中将该换算关系表示为公式、曲线以及表格的形式,应用时请特别注意不同公式的适用范围以及相应的误差。

注 1: 本标准掺硼、掺磷的换算最初是基于 Thurber et al^{1,2,3} 的数据,是在 $(3 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3} \sim 1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3})$ 的掺磷硅单晶和 $(10^{14} \text{ cm}^{-3} \sim 1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3})$ 的掺硼硅单晶中获得的。磷数据基于 Esaki 和 Miyahara⁴ 的两个块状样品数据, Fair 和 Tsai⁵ 的磷扩散样品数据被用于将数据点扩展到 10^{20} cm^{-3} 以上。在 10^{12} cm^{-3} 以下增加的虚线部