

硅中注入氢后形成的稳定性缺陷

李 建 明

(中国科学院半导体研究所,北京)

1988年6月8日收到

本文对硅中注入质子(氢离子)所形成的缺陷进行了研究,发现注入氢的硅先经600℃处理较长时间后,再经高温处理可形成热稳定性很大的缺陷,而同样条件的样品直接经高温处理后,则看不到形成的稳定性缺陷,这说明600℃的长时间退火对形成的稳定性缺陷起着关键的作用。

主题词: 硅, 氢离子注入, 二步退火, 缺陷的热稳定性

氢原子在所有元素中体积和质量都是最小,因此,它在硅中的热运动速度最快,所以注入氢的硅在热处理时,氢很容易向外扩散,许多人对注入氢的硅进行了研究,发现在超过1000℃的温度处理后,硅中的氢已经全跑掉,所以在人们的心目中,与氢有关的缺陷热稳定性极差。

本实验采用N型〈111〉CZ硅片,电阻率为 $40\sim60\Omega\cdot\text{cm}$,向硅中注入氢离子的能量为180keV,剂量为两种; $2\times10^{16}\text{H}^+/\text{cm}^2$ 和 $5\times10^{16}\text{H}^+/\text{cm}^2$,经600℃处理后剂量为 $5\times10^{16}\text{H}^+/\text{cm}^2$ 的样品表面处有密密麻麻的亮点,用光学显微镜观察时发现表面有无数破裂的小区域,这是由于剂量较大,使得过多的氢在向外扩散的过程中会聚成气泡的原因,气泡较大,并且离表面很近,气泡膨胀应力使表面破裂。对剂量为 $2\times10^{16}\text{H}^+/\text{cm}^2$ 的样品,经600℃一段时间后,没有出现上面现象,然后经1180℃的高温处理,处理后把样品一边磨成斜面,用Sirtl液腐蚀后用800倍光学显微镜观察斜面上的缺陷如图1所示。

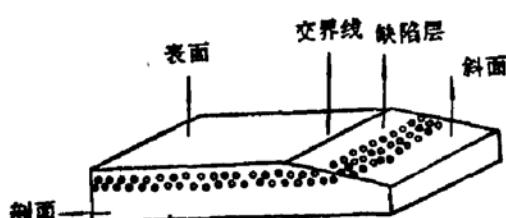


图1 磨角示意图

图2, 图3(见图版I)分别为600℃处理时间为8小时和1小时, 高温为1180℃1小时二步退火后斜面腐蚀的照片, 白的粗竖线指出表面和斜面的交界线, 坚线右面为斜面。

由图2明显看出在斜面上有一与交界线平行的腐蚀坑带, 这是由于缺陷导致择优腐蚀的结果, 这说明在表面下面埋入了一层很重的缺陷层(斜面上的直线为磨制时的划线), 由图3看出斜面上的腐蚀坑不是很明显, 并且表面也有一些腐蚀坑, 这说明表面下形成的缺陷不很重, 离表面也较近, 并且表面上也有。

Stein^[1]对注入氢的硅进行了开创性的研究,他发现在600℃时大部分硅氢键已经断开,由于温度不是很高,所以氢向外扩散的不是很严重,这时很多氢原子就会聚成气泡,由于气泡是原子集团,体积大,这就使得气泡在硅中很难运动,气泡的存在导致了热稳定性很大的缺陷,这就解释了图2和图3,并可判断,在600℃1小时处理后,氢气泡会聚的效果

差，并且有一些已存在于表面，而600℃8小时处理后，氢气泡会聚的效果很好，表面也没有气泡所致的腐蚀坑，这说明长时间的600℃处理能形成体积更大的气泡，这对氢气泡的会聚是有利的。对同样条件的注氢硅片进行1180℃的一步退火处理，在腐蚀斜面上没有发现腐蚀坑，这说明要想使氢大量稳定在硅里，需要先经较低的温度处理。

为了进一步研究注入氢的硅片，采用高压透射电子显微镜对样品进行了观察，样品的退火条件为600℃8小时然后再经1180℃处理1小时，图4，图5（见图版I）分别为样品的结构照片和晶格衍射图。

由图4看到腐蚀制成的样品有许多空洞，这是体积大的气泡所导制的，由图5看到样品为多晶结构，这是由于大量气泡的存在阻止了单晶的恢复，导致最后形成了多晶结构。

稳定性缺陷的一个重要应用方面是器件工艺的吸杂效应，金属杂质对器件有着致命的影响，而在高温中，硅里的金属杂质到处游动，这些杂质碰到缺陷后就会被缺陷俘获，这样就可在硅片的背面形成缺陷，把金属杂质从表面吸到背面，如果要在做器件前吸杂，那么背面形成的缺陷必须具备热稳定性，否则在生产器件的高温中缺陷消失，被缺陷俘获的杂质又放出，回到器件里。而目前人们采用离子注入形成的缺陷热稳定性很不好，所以人们只好做完器件后，在硅片背面形成缺陷，然后经不太高的温度处理，这样既吸收了一些杂质，又不影响器件的结构。但这时，一些杂质已粘在器件上无法除掉，所以离子注入损伤吸杂还没有进入实用化。邮电部五〇八厂在做完器件后，对硅片背面注入氢后，经900℃处理对器件进行测试，发现提高了器件质量^[2]。

本文通过注入氢后形成稳定的缺陷层，这样就可以在做器件前进行吸杂，而使在做器件的高温中，金属杂质被牢牢地俘获在缺陷处，这对器件的质量是很有利的，这一结果对VLSI的生产有着可喜的应用前景。

参 考 文 献

- [1] H. J. Stein, *J. Electron. Mater.*, 4, 159 (1975).
- [2] 杨宝山等，第三届全国三束会议文集(1984)。

Stable Defects in Silicon Implanted With Hydrogen Ions

Li Jianming

(Institute of Semiconductors, Academia Sinica, Beijing)

Abstract

Thermal stability of defects in silicon implanted with H^+ has been studied. Stable defects were found in samples implanted with H^+ , which were annealed at 600°C for long time before annealing at high-temperature. Stable defects were not found in samples which were directly annealed at high-temperature. This shows that annealing of samples at 600°C for long time play a key role for the stability of defects.

KEY WORDS : Silicon, Hydrogen implantation, Two step annealing, Stability of defects