

非晶硅在硅片吸除技术中的应用研究

刘 莉 秦 福

(北京有色金属研究总院 北京 100088)

摘要 本文研究了一种新的、具有实际应用价值的硅片吸除技术。该技术包括利用 PECVD 法在腐蚀硅片背面沉积 400~800nm 厚的非晶硅膜,再经过 650~680 温度的热处理,使沉积膜与硅片结合更牢固,之后,把硅片进行抛光。结果表明,该技术能有效地消除硅抛光片表面的雾缺陷,同时硅片表面层少子寿命可提高 2~4 倍。

PACC: 6140, 7220, 7280N

1 引言

人们从七十年代初就开始了对于硅片表面吸除技术的研究。目前吸除技术可分为三类:外吸除、内吸除和综合吸除。

我们在参考国内外的研究成果^[1~3]的基础上,提出了一种新的吸除技术的构想,即采用 PECVD 法在硅片背面沉积非晶硅薄膜,利用该膜在后续器件制备过程中使沉积膜进一步晶化时对硅片产生吸除作用,研究结果表明,该技术工艺简便,吸除效果很好。由于沉积非晶硅(a-Si:H)膜时衬底温度低(300℃),因而在其沉积过程中不影响硅片的性能。沉积的 a-Si:H 膜在后续器件工艺中逐渐转化为微晶,进而转化为多晶膜,在膜中形成大量的晶粒间界和高密度的氧化诱生堆垛层错,由此引入的应力场具有很强的吸除作用。

2 实验

2.1 样品的准备

实验中选用直径为不同晶向的研磨硅片的腐蚀硅片。

2.2 极板的设计和制作

采用高纯度石墨板,在其正反两面根据硅片直径的尺寸各做几个半圆形的槽,使硅片刚好能斜插在槽内。极板在使用前经高温煅烧。

刘 莉 女,1969 年出生,工程师,从事半导体材料与器件工作
秦 福 男,1932 年出生,教授,从事半导体材料工作
1997-05-19 收到,1997-07-30 定稿

2.3 淀积 a-Si H 膜的工艺参数

沉积 a-Si H 膜的衬底温度为 300 , 炉室压力为 100~ 120Pa, SiH₄ 流量为 30~ 100sccm, H₂ 流量为 250~ 300sccm, 沉积时间视所需膜的厚度而定, 一般为 45~ 60 分钟, 极板间距为 2.8cm.

3 实验结果与讨论

3.1 过渡层和 a-Si H 的膜的沉积

a-Si H 是无序的非晶态结构, 其在 300 下的热膨胀系数与硅片的热膨胀系数有较大的差别 如果直接在硅片上沉积 a-Si H 膜, 则 a-Si H 膜与硅片结合得不牢固, 容易发生脱落现象 因而应首先在硅片上沉积一层具有微晶结构的膜, 即过渡层 它能起到非晶硅与晶体硅在结构上的衔接作用, 之后再沿过渡层沉积所需厚度的 a-Si H 层 采用上述工艺沉积的 a-Si H 膜, 其结构致密, 并与硅片结合比较牢固 过渡层的获得主要靠控制 SiH₄ 的流量和提高辉光功率

3.2 影响 a-Si H 膜质量的因素

影响 a-Si H 膜质量的因素很多, 但主要为下列因素:

(1) 硅研磨腐蚀片的表面状态: 处理后的硅片表面应有很高的洁净度 如果硅片表面上有水印、尘埃颗粒等, 则在 a-Si H 膜沉积过程中会夹在硅片与薄膜之间, 其结果是 a-Si H 膜表面上会出现斑点、花纹, 严重时薄膜还会脱落

(2) 沉积参数的选择: SiH₄ 和 H₂ 流量以及辉光功率等因素是控制 a-Si H 膜沉积速度的关键 沉积 a-Si H 薄膜辉光区的均匀性直接影响 a-Si H 膜的均匀性

3.3 a-Si H 膜的晶化行为

原生 a-Si H 膜是没有吸除作用的, 只有经过热处理使 a-Si H 时发生晶化, 方有吸除作用 晶化过程也就是逐渐增强吸除作用的过程, 研究 650~ 1050 范围内 a-Si H 的晶化形态, 对了解其吸除机制是十分重要的

SEM 观测结果表明, 原生的 a-Si H 膜是一个单一的均匀相 它经 650~ 680 热处理后, 便出现许多孤立的小岛状物质, 随机地分布于薄膜中, 如图 1 所示(见图版 D). 此时的 a-Si H 已成为非晶态和晶态的混合相 随着热处理温度的升高有些小岛互相连接, 尺寸进一步增大, 如图 2 所示(见图版 D).

为了进一步验证 a-Si H 的晶化温度和晶粒取向, 测试了经 650 和 1050 热处理后的 X 射线衍射谱 结果表明, a-Si H 膜经 650 1 小时热处理后, 已转化为微晶硅($\mu\text{c-Si}$)膜, 晶粒在(111)面优先生长 经 1050 1 小时热处理后已转变成多晶硅

3.4 背面沉积有 a-Si H 膜的硅片的吸除效果

为观察 a-Si H 薄膜对“雾”缺陷的吸除效果, 将同一直径为 76.2mm 的 P 型 111 硅抛光片背面划分为 A 和 B 两个区, 用碳膜掩蔽 A 区后, 在背面沉积 0.6 μm 厚的 a-Si H 膜, 取下碳膜, 获得没有 a-Si H 膜的 A 区和沉积 0.6 μm 厚的 a-Si H 的 B 区, 该片经清洗后, 按 ASTM 标准检测“雾”缺陷, 结果如图 3、4 所示(见图版 D), A 区对应的抛光表面“雾”缺陷严重, 而 B 区对应的抛光表面光亮, 无“雾”缺陷, 从 A 区向 B 区过渡部分的缺陷密度逐渐减

少.

a-Si H 薄膜吸除的持久性: a-Si H 膜吸除持久性是检验该吸除工艺能否得到实际应用的重要指标. 为观察其持久性, 把整个硅片分成 A、B、C、D 四个部分, 每个部分又分为背面沉积有 a-Si H 膜的区和未有 a-Si H 膜的区, 然后把 A、B、C、D 依次进行一次、二次、三次、四次 1100 °C 热氧化处理. 结果经过四次热氧化过程, 累积在 1100 °C 达六个小时, 区对应的硅抛光片表面一直光亮, 无“雾”缺陷, 而区对应的硅抛光片表面则产生高密度的氧化诱生堆垛层错. 从而说明 a-Si H 膜在上述热过程中具有很强的吸除效果, 而且还具有很好的吸除持久性.

3.5 吸除硅片表面层的少子寿命

实验结果表明, 经过吸除的硅片表面层少子寿命均高于未吸除硅片表面层的少子寿命. 下面给出的是统计的平均比较值:

热氧化处理	吸除片表面层少子寿命/未吸除片表面层少子寿命
一次热氧化处理	1.8~ 2.0
二次热氧化处理	2.0~ 2.3
三次热氧化处理	1.8~ 4.0
四次热氧化处理	4.0~ 4.3

3.6 吸除机理的探讨

沉积在硅片上的原生 a-Si H 膜并没有吸除作用. 经过热处理, a-Si H 向微晶, 进而向多晶转化, 吸除作用也逐渐增强. 其吸除机理可做如下解释: 如图 5、6 所示 (见图版 D), a-Si H 膜在热处理的晶化过程中会产生大量晶粒间界和高密度的氧化诱生堆垛层错, 它们便成为初始吸除源. 随着热氧化的进行, 晶粒迅速长大, 晶粒间界不断减小, 但高密度的氧化诱生堆垛层错会不断长大, 从而提供新的吸除位置. 这就是 a-Si H 具有很强的吸除能力和吸除持久性的原因.

4 讨论

- 1) 非晶硅吸除技术工艺简单, 吸除效果强, 且吸除持久性好;
- 2) 非晶硅薄膜的沉积温度低, 在其沉积过程中不影响硅片的性能;
- 3) 非晶硅薄膜的吸除工艺与整个硅片的精加工工艺兼容性很好.

参 考 文 献

- [1] R. L. Meek and T. E. Selder, J. Phys. Chem. Solids, 1975, **36**: 731.
[2] J. S. kang and D. K. Schroder, J. Appl. Phys., 1989, **65**(8): 2974
[3] 陈畅生, 半导体学报, 1992, **13**(3): 174

A Study on Gettering Technique of Amorphous Silicon

Liu Li, Qing Fu

(General Research Institute for Non-Ferrous Metals, Beijing 100088)

Received 19 May 1997, revised manuscript received 30 July 1997

Abstract A novel back-side gettering technique is studied. The technique consists of applying a film of a-Si₃H₄ with thickness of 400~800nm to the back side of a silicon wafer, annealing at 650~680 °C and then polishing the surface of the silicon wafer. The technique is found to be effective for eliminating the defects of "fog", meanwhile the minority carrier lifetime can be improved 2~4 times.

PACC: 6140, 7220, 7280N