

15-17

⑤ 文章编号: 1000-2243(2000)06-0015-03

氮化硅薄膜的 PECVD 沉积工艺与绝缘耐压性能

0484.1

于映, 陈跃

(福州大学电子科学与应用物理系, 福建 福州 350002)

~~1000-2243(2000)06-0015-03~~
TQ174.758

摘要: 用 PECVD 法制备氮化硅介质薄膜, 分析了沉积温度、本底真空度及气体流量比等工艺参数对氮化硅薄膜绝缘耐压性能的影响, 制备出 $0.4 \mu\text{m}$ 的性能良好的氮化硅介质绝缘膜。

关键词: 氮化硅; 薄膜; PECVD; 绝缘性; 耐压性能

中图分类号: O484.1

文献标识码: A

氮化硅薄膜的研究已开展得较多, Dun Haiping^[1]详细研究了等离子体增强化学气相沉积(PECVD)氮化硅薄膜的机理; Volkov V T^[2]分析了氧对氮化硅薄膜成份和性能的影响; Hsieh S W^[3]讨论了采用不同稀释气体用 PECVD 法沉积氮化硅薄膜的性能; 柳襄怀等^[4]用离子束增强沉积氮化硅薄膜, 其介质击穿场强为 1 MV/cm , 电阻率为 $100 \text{ P}\Omega \cdot \text{cm}$ 。本文采用 PECVD 法分别在金属基片和 P 型硅基片上沉积具有高绝缘耐压性能的氮化硅薄膜, 分析了在制备过程中各工艺参数如沉积温度、本底真空度、气体流量比等对氮化硅薄膜性能的影响。

1 实验

氮化硅薄膜是在 PECVD 氮化硅沉积台上制作的, 薄膜沉积在经过抛光加工、表面光洁度 R_a 为 $0.8 \sim 1.0 \mu\text{m}$ 的 40 Cr 钢金属基底上。高纯氨和硅烷为反应气体, 氮气作为稀释气体。用 X 射线光电子能谱分析所制备的氮化硅薄膜中 N、Si、O 的含量及比例; 用椭圆偏振仪测量薄膜的厚度。载物台旋转以保证所制备薄膜的均匀性。实验装置如图 1 所示。

为了测试氮化硅薄膜的电学性能, 在氮化硅薄膜上蒸镀 $1 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ 的纯铝方块电极, 在铝电极上加 200 V 直流电压, 用于测量薄膜的 $I-V$ 特性, 以计算薄膜的电阻率; 击穿场强是以流过样品的电流小于 $0.1 \mu\text{A}$ 时, 铝电极上所加的电压值来计算的。

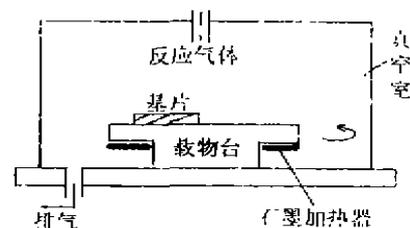


图 1 PECVD 反应装置图

2 实验结果及分析

2.1 沉积温度对氮化硅薄膜性能的影响

图 2 为不同沉积温度时薄膜的 Si/N 比值, 图 3 为沉积温度与薄膜的绝缘耐压性能的关系, 表征绝缘耐压性能的主要参数是电阻率和击穿场强。

收稿日期: 2000-01-24

作者简介: 于映(1968-), 女, 副教授

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目(E9810004)

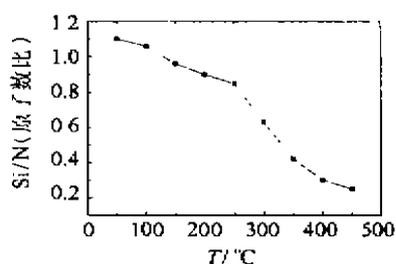


图 2 沉积温度与薄膜成份的关系

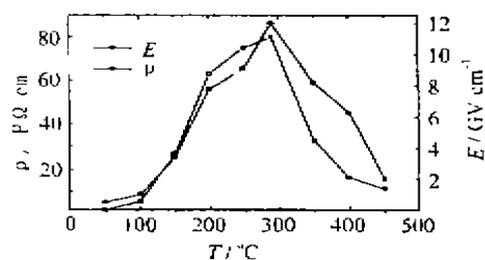


图 3 沉积温度与薄膜绝缘耐压性能的关系

从图 2 可以看出,当沉积温度低于 150℃ 时,氮化硅薄膜的 Si/N 比值大于 0.9,其电阻率和击穿场强都较小.这是由于当沉积温度较低时, NH_3 、 SiH_4 等气体分子分解成 N 离子及原子团、Si 离子及原子团等活性粒子的几率较小,并且活性粒子的能量较低,因此在基片上和放电区合成的氮化硅分子的能量也较低,由于氮化硅分子的分解反应也同时存在,并且温度低时, Si 在基片表面的吸附大于 N 的吸附,因此薄膜中 Si/N 比值大,薄膜富 Si,在基片上形成的氮化硅薄膜附着力小,厚度薄,强度低,其电阻率和击穿场强小.随着沉积温度的升高,气体分子分解成活性粒子的几率增大,活性粒子的能量增加,基片温度的升高使得在基片上合成的氮化硅分子能量增强,提高了粒子在基片表面的迁移率,分解反应的几率减小,同时由于 N 吸附的增加,使得薄膜的 Si/N 比值趋于标准计量比 0.75,薄膜的电阻率和击穿场强增大,在 290℃ 时达到最大,并且薄膜的致密度得到提高.当沉积温度高于 400℃ 时,薄膜的绝缘耐压性能下降,这表明沉积温度过高,使得活性粒子的能量大大增加,活性粒子间的反应加剧,制备薄膜的真空室粉尘增多,薄膜的针孔和缺陷增多,因而电阻率和击穿场强下降,同时由于 Si 在基片上的吸附率低于 N 的吸附率,致使薄膜中 N 的含量增加,薄膜的结构变差.并且沉积温度的升高,薄膜的热应力增加,当温度降至室温时,薄膜出现龟裂甚至脱落的现象.

2.2 本底真空度的影响

图 4 为系统的本底真空度与薄膜的电阻率、击穿场强的关系曲线.从图 4 可以看出,当系统的本底真空度低时,薄膜的电阻率、击穿场强都较低,这是由于系统的真空度低,系统所含有的杂质气体分子较多,在反应和沉积过程中或者参与反应或者成为杂质粒子进入薄膜,使薄膜的缺陷增多,质量变差,从而影响薄膜的绝缘耐压性能.随着本底真空度的提高,薄膜的绝缘耐压性能呈上升趋势.这说明本底真空度的提高,使真空室的杂质气体减少,薄膜的纯度提高,缺陷减少,薄膜的绝缘耐压性能得到提高.

2.3 气体流量比对薄膜的影响

沉积氮化硅薄膜时,反应气体流量比影响薄膜的成份和绝缘耐压性能.由图 5 可见,随着气体中 $V_{\text{SiH}_4}/V_{\text{NH}_3}$ 比的增加,薄膜的绝缘耐压性能上升到一个最大值后呈下降趋势,这是因为随着 $V_{\text{SiH}_4}/V_{\text{NH}_3}$ 比值的增大,薄膜中 Si/N 比逐渐趋于 Si_3N_4 的标准配比,当 Si/N 比接近于 Si_3N_4 的标准配比时,薄膜的绝缘耐压性能达到最大值.之后,随着 $V_{\text{SiH}_4}/V_{\text{NH}_3}$ 的继续增加,使 PECVD 过程中富 Si,而富余的 Si 无法与 N 键合,它们自身键合成 Si—Si 键,使沉积膜中 Si 含量增加,绝缘耐压能力减弱.此外, SiH_4 的流量过大会使膜层中引入较多的 H,导致膜层的缺陷增多,降低了薄膜的绝缘耐压性能.

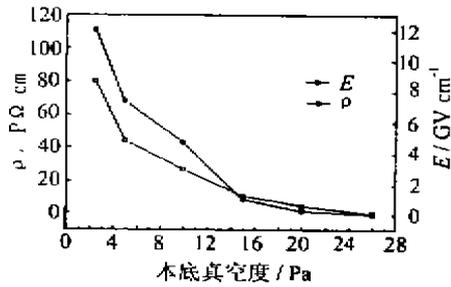


图4 本底真空度与薄膜绝缘耐压的关系

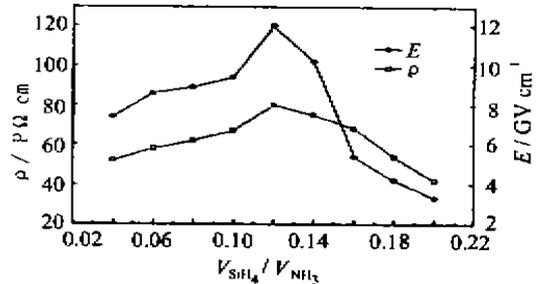


图5 反应气体流量比与薄膜绝缘耐压的关系

3 结论

用 PECVD 法制备氮化硅薄膜时, 沉积温度、沉积时系统的本底真空度以及气体流量比是影响薄膜绝缘耐压性能的重要因素, 当沉积温度为 290 ℃, 本底真空度为 2.0 Pa, 气体流量比 V_{SiH_4} / V_{NH_3} 为 0.12 时, 可以制作出电阻率为 80 PΩ·cm, 击穿场强为 12 MV/cm, 厚度为 0.4 μm 的性能良好的氮化硅介质薄膜。

参考文献:

- [1] Dun Haiping. Mechanisms of plasma - enhanced and structural properties of ion - assisted deposited Al_2O_3 thin films[J]. Vacuum, 1994, 45: 97.
- [2] Volkov V T. Influence of oxygen on the composition and some properties of the films obtained by r.f. sputtering from a Si_3N_4 [J]. Thin Solid Films, 1994, 247: 145.
- [3] Hsieh S W. Properties of plasma - enhanced chemical - vapor - deposited a - $SiNx:H$ by various dilution gases [J]. J Appl Phys, 1994, 76: 3 645.
- [4] 柳襄怀, 薛滨, 郑志宏. 离子束增强沉积氮化硅薄膜生长及其性能研究[J]. 半导体学报, 1989, 10: 457.

Study on the processing and properties of silicon nitride films by plasma enhanced chemical vapor deposition

YU Ying, CHEN Yue

(Department of Electronic Science and Applied Physics, Fuzhou University, Fuzhou, Fujian 350002, China)

Abstract: The silicon nitride dielectric thin films were prepared by plasma enhanced chemical vapor deposition. The influences of deposition parameters such as temperature, basic pressure and reactant gas ratio on the insulating abilities of silicon nitride thin films were studied. High quality silicon nitride thin films with 0.4 μm thickness were fabricated.

Keywords: silicon nitride; thin films; PECVD; insulation ability