离子注入后氧化层BOE腐蚀工艺优化

商亚峰

（厦门吉顺芯微电子有限公司，福建 厦门 361000）

摘　要：半导体器件制备过程中，SiO_2牺牲氧化层经常作为离子注入的阻挡层，用来避免Si材料本身直接遭受离子轰击而产生缺陷，牺牲氧化层在注入完成之后，氧化层的性质和结构会发生较大变化，在被腐蚀去除过程中，腐蚀速率不确定性较大，本文研究了牺牲氧化层的腐蚀工艺选择过程。

关键词：牺牲氧化；BOE腐蚀；氧化

中图分类号：TG17　　**文献标志码：**A

DOI:10.13612/j.cnki.cntp.2018.11.038

0 前言

在标准的硅基半导体工艺中，SiO_2氧化层在光刻掩蔽和钝化过程中起到了不可替代的作用，而氧化层的生长可以通过多种方式形成，并按照其形成的原因分为自然氧化层、热氧化层、CVD淀积氧化层等等，这些氧化层在SiO_2腐蚀液中表现出的腐蚀速率是不相同的，热氧化层在这些氧化层中结构最为致密，所以腐蚀速率最慢，而其他类别的氧化层由于生长方式导致氧化层结构中排列的矩阵被打乱，所以表现为更容易被腐蚀。

离子注入也是半导体工艺中的基础工艺，研究表明氧化层经过离子注入以后，其氧化层的腐蚀速率都将增加，在N沟道VDMOS器件制备的过程中，场氧化是保证器件耐压的关键工艺之一，在场氧化工艺之后，需要进行P^+离子注入工艺，而在注入之前生长的阻挡氧化层，通常称之为牺牲氧化层，因为在注入完成之后，该氧化层需要被腐蚀去除，同时要保证场氧化层的厚度在工艺范围之内，否则会对器件耐压带来致命的影响。

1 衬底片准备

选取P型100晶向单晶片18片，在热氧化生长氧化层之前，单晶片的清洗步骤是相同的，具体清洗过程如下：激光打标（1#~18#）→擦片→超生清洗→SC-1清洗（60℃ 5min）→1：1000HF 10min；所用设备为Wafer Mark ™ II激光打标机，AIO-88擦片机，TEMPRESS超声波清洗机，MERCURY FSI全自动清洗机，SC-1清洗剂的配比为：NH4OH:30% H2O2:DI water（1：1：5）。

2 热氧化工艺

用热氧化工艺生长SiO_2，我们选择了两种热氧化工艺，其中1#~6#片，采用的是1050℃湿氧工艺，氧化层厚度目标值为10500 Å的场氧化工艺，7#~18#片选择的是900℃氢氧合成工艺，氧化层厚度目标值是500 Å的牺牲氧化工艺，该氧化工艺均是在THERMCO SYSTEM扩散炉设备上完成的。

3 氧化层厚度测试

热氧化工艺完成以后，通过NANOSPEC膜厚测试仪进行SiO2厚度测试，每片上中下左右测试五点，测试数据见表1。

4 腐蚀

将1#-12#做完热氧化的片子，进行离子注入，工艺条

表1 氧化层厚度测试数据及分批实验计划（单位Å）

Tox	WFR No.	T	C	B	L	R	AVG	P+IMP 1E15 80KeV B	6：1 BOE（20sec）	20:1BOE（60sec）
场氧化工艺 Tox=10500Å	1	10503	10520	10510	10511	10559	10520.6	√	√	
	2	10506	10504	10486	10480	10499	10495.0	√	√	
	3	10525	10498	10510	10487	10508	10505.6	√	√	
	4	10523	10511	10528	10494	10518	10514.8	√		√
	5	10510	10488	10490	10479	10508	10495.0	√		√
	6	10501	10492	10489	10497	10503	10496.4	√		√
牺牲氧化工艺 Tox=500Å	7	493	485	493	494	496	493	√	√	
	8	491	485	496	476	480	491	√	√	
	9	476	467	455	459	460	476	√	√	
	10	468	469	464	463	459	468	√		√
	11	467	469	460	467	468	467	√		√
	12	469	455	464	465	475	469	√		√
	13	473	458	462	455	477	473		√	
	14	477	476	468	462	468	477		√	
	15	467	478	474	467	478	467		√	
	16	474	467	460	476	470	474			√
	17	478	461	462	463	468	478			√
	18	483	472	473	481	476	483			√

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

件为注入剂量：1E15，注入能量：80keV，注入杂质 B11，注入设备为 GDS-200。13#-18# 片，不做注入处理，然后分别用 6 ： 1BOE SiO_2 腐蚀液腐蚀 20s，用 20 ： 1BOE SiO_2 腐蚀液腐蚀 60s，工艺试验分批情况见表 1。

其中 6 ： 1 BOE 配比为 HF（氢氟酸）:NH_4F（氟化铵）6 ： 1，20 ： 1 BOE 配比为 HF（氢氟酸）:NH_4F（氟化铵）20 ： 1；腐蚀后氧化层测试设备为 NANOSPEC 膜厚测试仪。

5 腐蚀速率测试

腐蚀速率 ER=（五点平均初始氧化层厚度—腐蚀后五点平均氧化层厚度）/ 腐蚀时间，单位为 Å/min。其中平均腐蚀速率 ER AVG 是同一条件下，每片的平均腐蚀速率的加权平均值。腐蚀速率测试数据见表 2。

6 数据分析

6.1 腐蚀速率整理见表3。

6.2 经 P^+ 注入的栅氧腐蚀速率大于不经 P^+ 注入的栅氧腐蚀速率

6.3 由于注入后的牺牲氧化层腐蚀速率过快，从工艺可控性角度考虑，选择 20 ： 1BOE 腐蚀液是比较理想的。

6.4 根据以上数据看出，用 20 ： 1BOE 腐蚀液，腐蚀时间 1min 即可将 500 Å 牺牲氧化层腐蚀净，考虑到工艺窗口的宽度，结合场氧化层工艺允许的剩余厚度，最终确定腐蚀时间为 3min。

7 实验结论

本文从理论上分析了离子注入对热氧化层结构的影响，并以 N 沟道 VDMOS 产品的实际工艺作为案例，对比了注入前后氧化层后的腐蚀速率，并结合产品实际设计要求，对 P^+ 离子注入牺牲氧化层的腐蚀工艺进行优化，最后确定了 20 ： 1BOE 腐蚀液，腐蚀时间 3min 的最优工艺条件。

参考文献

[1] 王慧泉，郑阳明，金仲和，等 . 基于 BOE 硅腐蚀现象的硅纳米线制作 [J]. 传感技术学报，2007，20（10）:2187-2190.
[2] 肖步文 .VDMOS 产品牺牲氧化层 BOE 腐蚀工艺确定 [J]. 军民两用技术与产品，2014（13）：179.

表 2 腐蚀速率数据（单位 Å/min）

Tox	WFR No.	T	C	B	L	R	Remove Tox AVG	平均ER（Å/min）	ER AVG（Å/min）	P+IMP 1E15 80Kev B
6:1BOE（20sec）	1	808	831	837	779	845	820.0	2460	2544	√
	2	877	884	856	909	835	872.2	2617		√
	3	849	857	852	892	809	851.8	2555		√
20:1BOE（60sec）	4	534	533	542	505	543	531.4	531	531	√
	5	541	540	519	512	552	532.8	533		√
	6	526	536	504	521	555	528.4	528		√
6:1BOE（20sec）	7	493	485	493	494	496	492.2	1477	1441	√
	8	491	485	496	476	480	485.6	1457		√
	9	476	467	455	459	460	463.4	1390		√
20:1BOE（60sec）	10	468	469	464	463	459	464.6	465	465	√
	11	467	469	460	467	468	466.2	466		√
	12	469	455	464	465	475	465.6	466		√
6:1BOE（20sec）	13	315	309	305	299	320	309.6	929	921	
	14	333	325	302	283	317	312.0	936		
	15	285	302	298	290	321	299.2	898		
20:1BOE（60sec）	16	231	257	235	250	247	244.0	244	245	
	17	244	246	248	226	245	241.8	242		
	18	245	252	254	237	252	248.0	248		

表 3

腐蚀液	热氧化工艺	注入	ER（Å/min）
6:1 BOE	10500 Å	P+IMP	2544
	500 Å		1441
		NO IMP	921
20:1 BOE	10500 Å	P+IMP	531
	500 Å		465
		NO IMP	245

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net