

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТРАВЛЕНИЯ КРЕМНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПЛАСТИН МО- НОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ

В производстве приборов и интегральных схем используют полупроводниковые материалы, легированные различными примесями, что дает возможность существенно изменить свойства этих материалов. Однако основным материалом для изготовления интегральных микросхем (ИМС) и микросистем до настоящего времени остается кремний. Он обладает рядом свойств, позволяющих легко создавать на нем диэлектрические слои для придания нужных функциональных свойств.

В блоке технологических операций в изготовлении пластин монокристаллического кремния выделяют четыре основных стадии: резка, шлифовка, травление и полировка пластины.

Тема исследования инициирована руководством предприятия СП «КамСил». В силу большого ассортимента и разнообразия пластин, выпускаемых на предприятии и большего охвата потребителей на рынке, назрела необходимость в расширении номенклатуры травителей. Высокая скорость травления кремния с помощью кислотного травителя позволяет стравить большой слой кремния на операции травления, что позволит уменьшить затраты при операции полирования.

Целью эксперимента, проведенного на территории предприятия СП «КамСил», является травление кремниевых пластин в смеси кислот, состоящей из  $\text{HF}$  (45%),  $\text{HNO}_3$  (65%),  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , имеющей различное соотношение компонентов. Определить зависимость съема и визуальное качество поверхности в зависимости от применяемых травителей.

### 1.1 Методика эксперимента

Для проведения эксперимента использовались кремниевые пластины №1-6 КДБ 100 с сопротивлением 1–5 Ом см и диаметром 50 мм и кремниевая пластина №7 КДБ 100 с сопротивлением 6–7 Ом см и диаметром 100 мм после стадии шлифования.

Травление слоя кремния проводили с использованием травителя, состоящего из смеси кислот  $\text{HF}_{(45\%)}$ ,  $\text{HNO}_3_{(65\%)}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , с различным объёмным соотношением компонентов:

- 1) 1:3:8 ( $\text{HF}$ :  $\text{HNO}_3$  :  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) [1]
- 2) 5:3:2 ( $\text{HF}$ :  $\text{HNO}_3$  :  $\text{CH}_3\text{COOH}$ )

3) 2:3:2 (HF: HNO<sub>3</sub> : CH<sub>3</sub>COOH) [2]

Второй состав апробировали согласно рекомендации собственника предприятия.

В качестве рабочей ёмкости использовали контейнер, состоящий из полиэтилена, имеющий объём 3,5 л. Объём травителя был равен 1,5 л, однако в процессе проведения эксперимента вносились корректировки, в связи с чем один из составов имел 1,8 л травителя. Данные о количестве загружаемых компонентов приведены в таблице 1.1.

**Таблица 1.1. – Количество компонентов в кислотном травителе**

Наименование данные о компонентах травителя		Наименование компонента		
		HF <sub>(45%)</sub>	HNO <sub>3</sub> (65%)	CH <sub>3</sub> COOH
Плотность компонента, г/см <sup>3</sup>		1,150	1,413	1,0492
№1	Объёмное соотношение, %	1	3	8
	Объём компонента, см <sup>3</sup>	125	375	1 000
	Суммарный объём, см <sup>3</sup>	1 500		
	Массовое соотношение, %	8,34	30,76	60,90
	Масса компонента, г	143,75	529,88	1049,2
	Суммарная масса, г	1 722,83		
№2	Объёмное соотношение, %	5	3	2
	Объём компонента, см <sup>3</sup>	750	450	300
	Суммарный объём, см <sup>3</sup>	1 500		
	Массовое соотношение, %	47,57	35,07	17,36
	Масса компонента, г	862,5	635,85	314,76
	Суммарная масса, г	1 813,11		
№2'	Объёмное соотношение, %	5	3	4
	Объём компонента, см <sup>3</sup>	750	450	600
	Суммарный объём, см <sup>3</sup>	1 800		
	Массовое соотношение, %	40,53	29,88	29,59
	Масса компонента, г	862,5	635,85	629,52
	Суммарная масса, г	2 127,87		
№3	Объёмное соотношение, %	2	3	2
	Объём компонента, см <sup>3</sup>	428,57	642,86	428,57
	Суммарный объём, см <sup>3</sup>	1 500		
	Массовое соотношение, %	26,63	49,08	24,29
	Масса компонента, г	492,86	908,36	449,66
	Суммарная масса, г	1 850,88		

После травления в приготовленном кислотном травителе проверялась толщина стравленного слоя кремния с помощью индикатора

МИГ-1. Визуально оценивается качество поверхности в зависимости от используемого кислотного травителя.

### 1.2 Результаты и их обсуждение

В результате экспериментов пластины №1-6 КДБ 100 с сопротивлением 1–5 Ом см и диаметром 50 мм были обработаны в травителях №1, 2, 2', 3. Пластина №7 КДБ 100 с сопротивлением 6–7 Ом см и диаметром 100 мм была обработана предварительно в щелочном 49% растворе NaOH при  $T = 116^{\circ}\text{C}$ , после чего обработана в травителе №3.

Данные по толщине стравившегося кремния, времени травления, температурой до и после травления приведены в таблице 1.2.

**Таблица 1.2. – Результаты измеряемых величин при кислотном травлении пластин кремния**

№ пластины	№ травителя	Толщина пластины, мкм			Время травления, с	Температура, °С		Скорость травления, мкм/мин
		до травления	после травления	$\Delta$		до травления	после травления	
1	1	321	320	1	60	18,2	18,4	1
		320	319	1	660	18,2	18,2	
2	2	321	97	224	60	16,4	23,0	224
3	2'	321	238	83	60	20,7	22,4	93,5
4	2'	321	295	26	15	22,0	22,4	
5	3	320	278	42	60	17,0	18,7	50
6	3	320	291	29	30	18,2	19,3	
7	Р-р NaOH	572	–	32	16	116,0		26
	3	–	540		30	18,0	18,8	50

По результатам исследования установлено, что среди использованных травителей лучший результат показал травитель № 3, имеющий объёмное соотношение  $\text{HF} : \text{HNO}_3 : \text{CH}_3\text{COOH}$ , равное 2:3:2. Данный травитель имеет удовлетворительную скорость по сравнению с другими составами, а также визуально обеспечивает удовлетворительное качество поверхности пластины. Скорость кислотного травления заметно больше щелочного, что позволяет за одинаковый промежуток времени стравить больший слой кремния (вместо 13 мкм 30 мкм). Это позволит уменьшить съём при полировке с 30 мкм до 10–15 мкм, что позволит снизить затраты сырья и электроэнергии на стадии полирования.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Isotropic Silicon Etch Using HNA [Electronic resource] / Kern W., 1998. – Mode of access: <https://www.inrf.uci.edu/wordpress/wp-content/uploads/sop-wet-isotropic-si-etch-using-hna.pdf>. – Data of access: 14.12.2020.

2 Анохин, В. З. Практикум по химии и технологии полупроводников: учеб. пособие для студ. вузов / В. З. Анохин, Е. П. Кострюкова, Е. Г. Гончаров; под ред. Я. А. Угая. – Москва: Высшая школа, 1998. – 191 с.

Работа выполнена при финансовой поддержке СП «КамСил», г. Пинск.