

ФОТОДЕСОРБЦИЯ МИКРОЧАСТИЦ С ПОВЕРХНОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКА В ЖИДКОСТЬ

Е.Ю. А с с е н д е л ь ф т, В.И. Б е к л е м ы ш е в,
И.И. М а х о н и н, Ю.Н. П е т р о в,
А.М. П р о х о р о в, В.И. П у с т о в о й

Фотоактивация процессов сорбции представляет интерес как с точки зрения физики поверхности, так и прикладных задач микроэлектроники. Так, например, фотостимулирование поверхности полупроводника в жидкости изменяет адсорбционные свойства поверхности, что влияет на количество ионов металлов на ней [1]. В отличие от лазерного отжига и травления полупроводников [2] облучение поверхности излучением малой интенсивности, не приводящим к разрушению и модификации полупроводника, приводит к активации кинетических процессов на поверхности. Эти эффекты могут быть использованы как для очистки поверхности, так и для формирования определенных поверхностных структур. Исследования в этом направлении проводились в основном для систем полупроводник - разреженный газ или вакуум [3, 4]. В системах полупроводник - электролит роль адсорбированных частиц в фото процессах изучалась для выяснения их влияния на изменение электрофизических свойств поверхности или фотопотенциала [5, 6]. Вопрос о воздействии излучения на сорбцию частиц из электролита на поверхность полупроводника остается открытым. Это объясняется сложностью объекта исследования, представляющего собой неоднородную гетероструктуру, состоящую из многих слоев с различными электрофизическими свойствами.

Граница раздела фаз полупроводник-электролит представляет собой двойной электрический слой, формируемый с одной стороны носителями заряда в приповерхностном слое полупроводника, а с другой - ионами электролита. Существенно то, что наибольшее падение потенциала происходит в тонком приповерхностном слое, определяемом адсорбированными на поверхности ионами - слое Гельмгольца. В результате действия электрических сил и диффузионных процессов в полупроводнике устанавливается динамическое равновесие между ионами в растворе и на его поверхности. Изменение распределения потенциала в двойном слое, например, в результате фотовозбуждения, может привести к нарушению этого равновесия и изменению количества адсорбированных ионов [1]. Кроме ионов, на поверхностные свойства полупроводника оказывают влияние трудноудаляемые микрочастицы с характерным размером 0,1-1 мкм. Взаимодействие между ними и поверхностью обусловлено балансом сил притяжения и отталкивания, имеющим молекулярную и электростатическую природу. Поэтому воздействовать на количество поверхностных микрочастиц можно, в принципе, изменением электрофизических свойств границы раздела фаз.

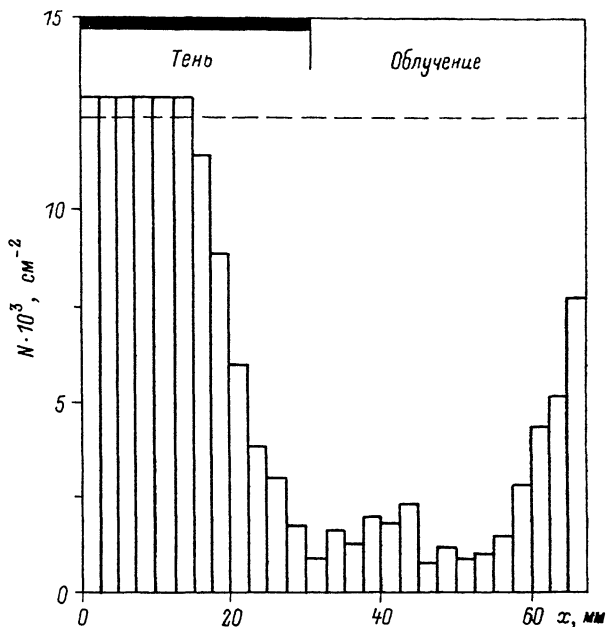


Рис. 1. Изменение поверхностной концентрации микрочастиц на предварительно загрязненной кремниевой пластине в результате лазерного облучения (кремний КЭФ 4,5 n -типа, диаметр пластины 76 мм, $\lambda=488$ нм, экспозиция 10 мин, площадь измерения количества микрочастиц $0,4 \times 2,5$ мм², исходный уровень загрязнений более $1,5 \cdot 10^4$ частиц/см² - пунктирная линия).

В настоящей работе представлены результаты исследования влияния фотовозбуждения полупроводника на количество адсорбированных микрочастиц. Объектом исследования были микрочастицы - остатки плазменно-химического травления фоторезиста на поверхности кремниевой пластины. Марки используемых образцов КЭФ-4,5 - полупроводник n -типа и КДБ-10 - p -типа. Исходная поверхностная концентрация частиц $>15 \cdot 10^3$ частиц/см². Засветка проводилась в кварцевой кювете через слой деионизованной воды. Использовалось излучение аргонового лазера ($\lambda=488$ нм) интенсивностью несколько мВт/см². Половина поверхности пластины затенялась экраном из кремния. После облучения пластина вынималась из раствора. Подсчитывалось количество микрочастиц на поверхности. Результаты представлены на рис. 1 и 2. Видно, что в области засветки количество микрочастиц резко уменьшилось как для полупроводников n -типа, так и p -типа. Распределение плотности микрочастиц повторяет распределение интенсивности лазерного излучения и минимально в области наибольшей интенсивности луча. Некоторая

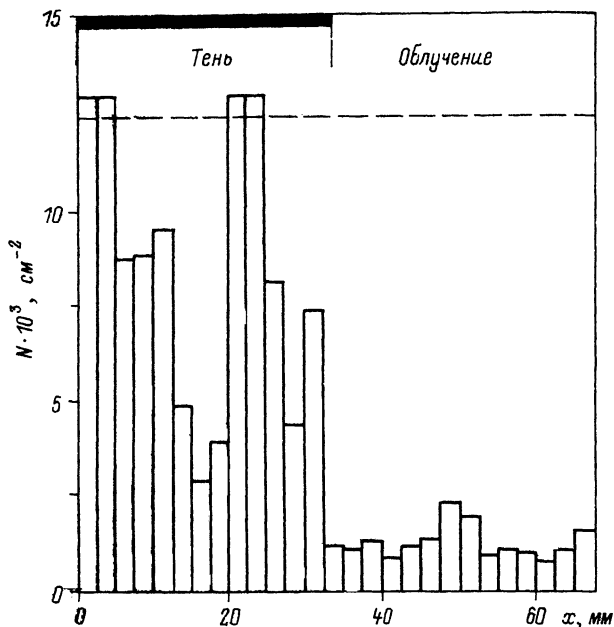


Рис. 2. То же, что и на рис. 1, но для кремния р-типа марки КДБ-10.

нестабильность в распределении концентрации на поверхности полупроводника р-типа связана с исходной неоднородностью загрязнений.

Для объяснения процесса фотодесорбции микрочастиц следует иметь в виду силы, действующие между частицей и поверхностью. Помимо дисперсионных и валентных сил на поверхности полупроводника действуют кулоновские силы притяжения между отрицательно (в случае *n*-типа) и положительно (в случае *p*-типа) заряженной поверхностью и электростатически заряженной частицей. Облучение полупроводника уменьшает заряд приповерхностного слоя. Это приводит к уменьшению силы притяжения частиц к поверхности, и, как следствие, увеличивает их десорбцию. Количество адсорбированных при облучении частиц уменьшается независимо от типа проводимости полупроводника. Отметим, что наилучший контраст концентраций в облученной и необлученной области получался при временах облучения больше, чем несколько минут. Это связано с характерными временами зарядки долгоживущих центров в приповерхностном слое полупроводника, а также временами десорбции и диффузии частиц.

Нами было также проведено исследование влияния засветки на качество стандартной очистки поверхности полупроводниковых пластин диаметром 76 мм от микрочастиц на стадии их отмывки в деионизованной воде после кислотной отмывки. Подсчитывалось об-

Общее количество микрочастиц на облученных и затененных поверхностях кремниевых пластин n - и p -типов и средний разброс их поверхностной концентрации по измерениям частиц на площадях 1×1 мм².

Режим обработки	Тип проводимости	Количество частиц	Среднее значение разброса, %
Тень	n	986	22,8
	p	1140	
Свет	n	371	3,1
	p	338	

щее количество частиц на пластине и средний разброс их поверхностной концентрации. Результаты представлены в таблице. Видно, что в результате засветки общее количество частиц как на образцах n -типа, так и p -типа уменьшилось примерно в 3 раза. Разброс их по поверхности пластины n -типа уменьшился в 7 раз.

Полученные результаты представляют интерес для лазерной технологии очистки полупроводниковых пластин в микроэлектронной промышленности.

Л и т е р а т у р а

- [1] Беклемышев В.И., Макаров В.В., Махонин И.И., Петров Ю.Н., Прохоров А.М., Пустовой В.И. - Письма в ЖЭТФ, 1987, т. 46, в. 7, с. 275-278.
- [2] Roate J.M., Mauger J.W. N.Y. Acad. Press, 1982.
- [3] Моисеенко И.Ф., Глебовский А.А., Лисаченко А.А. - Поверхность. Физика, химия, механика, 1987, № 7, с. 116-124.
- [4] Лазнева Э.Ф., Федоров И.Н. - Вестник ЛГУ, сер. 4, 1987, в. 1 (№ 4).
- [5] Vanmaekelbergh D. and Gommers W.P. - Semiconduc. Sci. Technol., 1987, p. 756-758.
- [6] Елецкий В.В., Плесков Ю.В. - Электрохимия, 1965, т. 1, с. 194.

Институт общей физики
АН СССР, Москва

Поступило в Редакцию
12 июня 1988 г.