

УДК 691.791.024

## МЕТОДЫ ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ КРЕМНИЕВЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПЛАСТИН ДЛЯ ДИФФУЗИОННОЙ СВАРКИ

Юлия Александровна Курочкина, Роман Сергеевич Михеев

*Студент 6 курса <sup>(1)</sup>,  
кафедра «Сварка, диагностика и специальная робототехника»  
Московский государственный технический университет*

*Научный руководитель: Р.С. Михеев,  
доктор технических наук, профессор кафедры «Сварка, диагностика и специальная  
робототехника»*

Прогресс в области микроэлектромеханических систем (МЭМС), в частности производство инерциальных датчиков – акселерометров и гироскопов, требует обеспечения высокого качества неразъемных соединений функциональных элементов из полупроводниковых материалов. Диффузионная сварка является базовым технологическим процессом, применяемым для соединения элементов МЭМС. При этом качество получаемых соединений в значительной степени определяется состоянием контактирующих поверхностей, что обуславливает необходимость совершенствования методов их предварительной подготовки [2, 3].

Цель работы заключалась в экспериментальном исследовании влияния различных подходов к жидкостной химической обработке на совокупность характеристик поверхности кремниевых пластин, значимых для последующего формирования неразъемного соединения методом диффузионной сварки.

Исследования проводились на образцах монокристаллического кремния с кристаллографической ориентацией (100). Использовались образцы двух типов: фрагменты размером 25×25 мм и целые пластины диаметром 100 мм при стандартной толщине 525 мкм.

Обработка поверхности выполнялась по четырем различным технологическим схемам, включающим следующие комбинации химических реагентов: 1) раствор Каро ( $H_2SO_4 : H_2O_2 = 3:1$ ) с последующим удалением оксидного слоя в плавиковой кислоте (HF); 2) раствор Каро ( $H_2SO_4 : H_2O_2 = 3:1$ ) с последующим удалением оксидного слоя в плавиковой кислоте (HF) и пероксидно-аммиачный раствор ( $H_2O : H_2O_2 : NH_4OH = 5:1:1$ ); 3) раствор Каро ( $H_2SO_4 : H_2O_2 = 3:1$ ) с последующим удалением оксидного слоя в плавиковой кислоте (HF), пероксидно-аммиачный ( $H_2O : H_2O_2 : NH_4OH = 5:1:1$ ) и пероксидно-кислотный растворы ( $H_2O : H_2O_2 : HCl = 6:1:1$ ); 4) раствор Каро ( $H_2SO_4 : H_2O_2 = 3:1$ ) с последующим удалением оксидного слоя в плавиковой кислоте (HF), пероксидно-аммиачный раствор ( $H_2O : H_2O_2 : NH_4OH = 5:1:1$ ), пероксидно-кислотный ( $H_2O : H_2O_2 : HCl = 6:1:1$ ) и пероксидно-аммиачный растворы ( $H_2O : H_2O_2 : NH_4OH = 5:1:1$ ).

Лазерный анализ количества частиц показал, что применение плавиковой кислоты и пероксидно-кислотного раствора сопровождается увеличением количества частиц. Данный эффект является допустимым поскольку обеспечивается удаление исходных органических загрязнений, способных вызывать образование макродефектов в зоне соединения.

Исследование смачиваемости позволило установить, что максимальная гидрофильность достигается при использовании четвертой комбинации обработки. Данный результат объясняется формированием развитого слоя силанольных групп Si-OH, обеспечивающих эффективное межмолекулярное взаимодействие при первичном контакте пластин.

Профилометрические исследования не выявили ухудшения морфологии поверхности после всех рассмотренных вариантов обработки. Значения параметра шероховатости сохранялись в интервале 3,0–4,5 Å, что полностью соответствует требованиям, предъявляемым к поверхностям, предназначенным для диффузионной сварки.

В результате наиболее эффективной является четвертая комбинация, включающая обработку в растворе «пиранья», плавиковой кислоте, пероксидно-аммиачном, пероксидно-кислотном и повторном пероксидно-аммиачном растворах.

### **Литература**

1. Harendt, C., Graf, H. G., Hofflinger, B., Penteker, E. Silicon fusion bonding and its characterization // Journal of Micromechanics and Microengineering. 1992. P. 113-116. DOI:10.1088/0960-1317/2/3/001
2. Kern W. The evolution of silicon wafer cleaning technology //Journal of the Electrochemical Society. 1990. P. 1887-1892. DOI: 10.1149/1.2086825