УДК 538.975

МЕТОДЫ ПОДГОТОВКИ АТОМАРНО-ЧИСТЫХ ПОДЛОЖЕК Si

А. В. ПОЛЯКОВ, Д. В. ФОМИН, И. О. ШОЛЫГИН
Амурский государственный университет
Благовещенск, Россия

Атомарно-чистая поверхность подложек Si часто используется для эпитаксиального роста новых материалов [1–3]. Один из методов её подготовки – двухэтапная дегазация. Первая – 2 ч при 650 °С, а вторая – 3 с при 1 250 °С. Предварительная дегазация СВВ камеры составила в одном случае 6 ч, а в другом – 12 ч. На рис. 1 представлены результаты в виде спектров ЭОС.

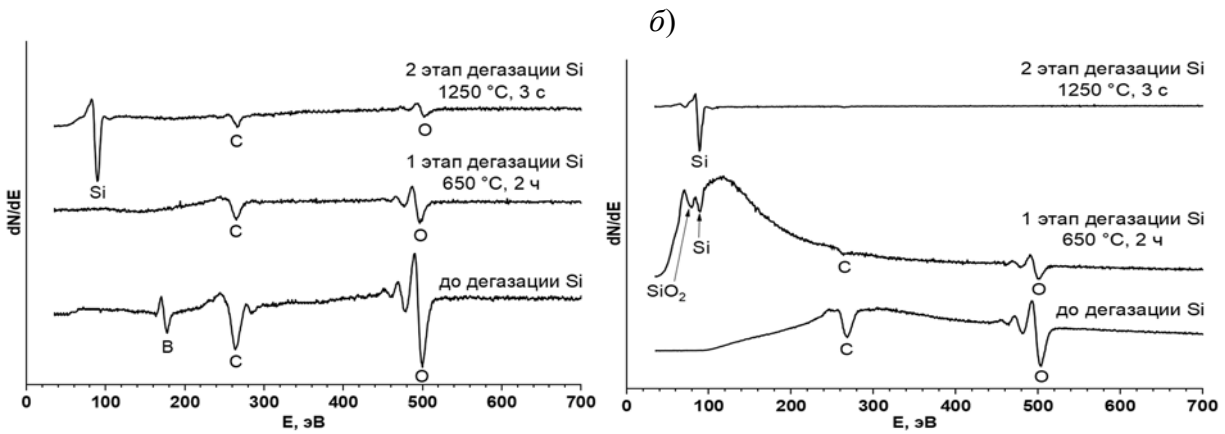


Рис. 1. Спектры ЭОС этапов дегазации подложки Si, включая дегазацию СВВ камеры в течение 6 ч (*а*) и 12 ч (*б*)

Анализ графиков показал, что на нижних спектрах видны пики при 272 (С), 503 (О) и 179 эВ (В). Причина появления последнего – боросиликатные смотровые стекла СВВ камеры. Установлено, что выделение бора происходит при её дегазации от 200 °С до 250 °С. При последующем отжиге камеры стекла были закрыты фольгой, что привело к отсутствию В на поверхности подложек (см. рис. 1, *б*).

На первом этапе дегазации подложек Si (см. рис. 1, средние спектры) задавали температуру 650 °С, что привело к десорбции атомов бора (см. рис. 1, *а*) и получению SiO_2 и Si (см. рис. 1, *б*, пики при 76 и 92 эВ соответственно). При этом на спектрах ЭОС первого этапа в обоих случаях наблюдаются пики углерода и кислорода (272 и 503 эВ), что свидетельствует о недостаточной дегазации подложек. Поэтому на втором этапе проводили дополнительный отжиг при 1 250 °С в течение 3 с (см. рис. 1, верхние спектры). При 6-часовой предварительной дегазации СВВ камеры этот отжиг привел к частичной десорбции атомов С и О и к появлению пика, соответствующего Si (см. рис. 1, *а*), тогда как при 12-часовой дегазации камеры произошла полная десорбция примесей (см. рис. 1, *б*).

По данным [4], дегазация в сверхвысоком вакууме при температуре выше 1 000 °С приводит к формированию встроенного *p–n*-перехода с двух сторон подложки. В [3] описана другая методика дегазации кремниевых подложек (при 900 °С). На основе этой методики авторы провели эксперименты при 870 °С и 910 °С в течение 20 мин после предварительной 12-часовой дегазации камеры. Результаты представлены в виде спектров ЭОС на рис. 2.

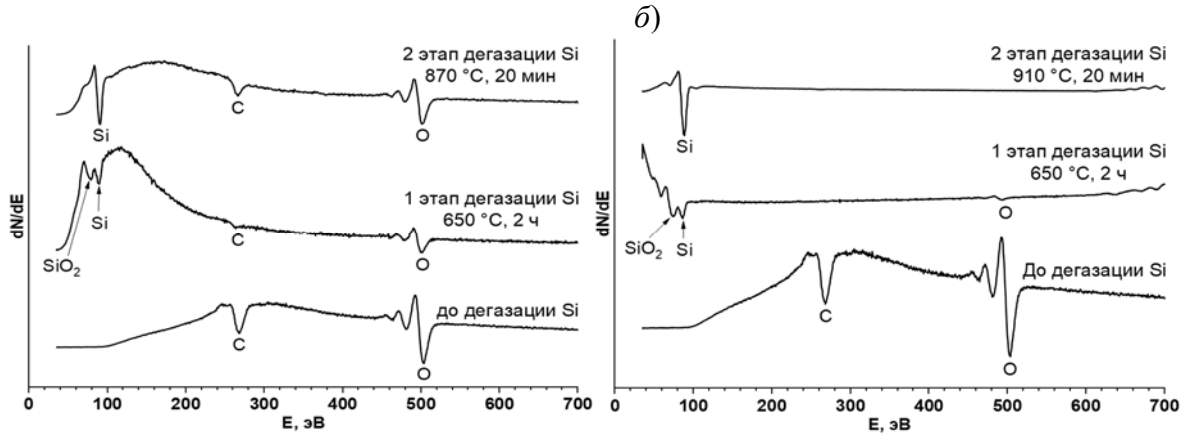


Рис. 2. Спектры ЭОС подложки Si после её дегазации: при 870 °С (*а*) и 910 °С (*б*)

Анализ спектров показал, что дегазация при 870 °С не позволяет получить атомарно-чистую поверхность подложки Si. Об этом свидетельствует наличие, помимо обратного пика Si (92 эВ), минимумов C (272 эВ) и O (503 эВ). Дегазация при 910 °С приводит к получению атомарно-чистой поверхности Si.

Таким образом, в работе представлены методы подготовки атомарно-чистой поверхности подложек Si, различающиеся назначением их дальнейшего использования. В первом случае это связано с формированием *p–n*-перехода, что может быть использовано при получении диодных структур [1, 2]. Во втором случае – формирование Si *n*-типа, который интересен для решения материаловедческих задач в области фотоники и термоэлектроники [3].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фотоэлектрические свойства диодов на основе полупроводникового силицида магния / Д. В. Фомин, И. О. Шолыгин, А. В. Поляков [и др.] // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Физико-математические науки. – 2026. – Т. 19, № 1. – С. 19–29.

2. FeSi and $CrSi_2$ Thin Films as Transparent Conductive Layers for VIS/SWIR Sensitive Mg_2Si Films Grown on Si / I. M. Chernev, A. S. Gouralnik, E. Yu. Subbotin [et al.] // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. – 2023. – Vol. 87, № S3. – P. S370–S374.

3. Si-Fe composites with embedded α-$FeSi_2$ nanocrystals: formation and thermoelectric properties / N. G. Galkin, K. N. Galkin, O. V. Kropachev [et al.] // St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Physics and Mathematics. – 2025. – Vol. 18, № S4.1. – P. 9–14.

4. Electrical properties of vacuum annealed Si surface / M. Liehr, M. Renier, R. A. Wachnik [et al.] // Journal of Vacuum Science and Technology A. – 1987. – Vol. 5, № 4. – P. 2131–2134.