

ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ

УДК 621.375.826

DOI: 10.17223/00213411/68/1/10

**Ионная очистка поверхностей Ge-подложек
перед ионно-лучевым напылением тонких пленок***

В.С. Кузнецов^{1,2}, М.М. Зиновьев^{1,2}, Н.Н. Юдин^{1,2}, С.Н. Подзывалов^{1,2},
Е.С. Слюнько^{1,2}, А.Б. Лысенко^{1,2}, А.Ю. Кальсин^{1,2}, Х. Баалбаки^{1,2},
А.И. Грибенюков^{1,2}, А.Ш. Габдрахманов^{1,2}, М.М. Кулеш¹, О.Л. Антипов³

¹ Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

² ООО «Лаборатория оптических кристаллов», г. Томск, Россия

³ Институт прикладной физики РАН, г. Нижний Новгород, Россия

На базе вакуумно-напылительной установки Аспира-200 определены оптимальные параметры ионной очистки для обработки поверхности полупроводниковых материалов на примере монокристалла Ge. Определены характерные размеры кратеров пробоев на полупроводниковой поверхности при недостаточной (0.8–1.8 мкм) и избыточной (12–25 мкм) компенсации заряда от источника ионной очистки. Из вольт-амперных характеристик найден коэффициент компенсации, при котором не наблюдается пробоев на поверхности монокристалла Ge. Установлено, что при оптимальных параметрах нагрев подложки не влияет на результат ионной очистки.

Ключевые слова: ионная очистка, полупроводниковые материалы, система вакуумного осаждения.

Введение

Изменение светопропускающих и светотражающих свойств оптических элементов при помощи технологии нанесения тонкопленочных оптических покрытий в настоящее время стало необходимым атрибутом при изготовлении высокоточного, качественного оптического оборудования. Вместе с этим с каждым годом повышаются стандарты качества при изготовлении таких оптических элементов и, в частности, при нанесении оптических покрытий [1, 2]. Это может выражаться как в оптимизации технических процессов подготовки оптических элементов и нанесения покрытий, так и в добавлении новых подготовительных этапов, влияющих на адгезию поверхности подложки и наносимой пленки [3]. Так, к примеру, разрабатывают и сравнивают между собой системы оптического контроля, необходимые для высокоточного отслеживания толщины и скорости нанесения слоя [4], используют преимущества различных методов нанесения покрытий [5].

Перед нанесением тонкопленочных покрытий на подложки их обычно отправляют на несколько подготовительных процедур. Одной из таких процедур является отмычка подложек химикатами. Чаще всего используют спиртосодержащие жидкости (органические растворители), кислоты и воду. Отмычка является кропотливым процессом, требующим определенных навыков от исполнителя, так как в конечном результате на поверхности могут оставаться капли и разводы отмывающих жидкостей. Следующим этапом подготовки подложек к напылению является их нагрев. При помощи нагрева подложек обычно удается избавиться от большого количества остаточных органических и химических соединений, которые остаются после отмычки. Однако у большинства оптически прозрачных материалов температура нагрева, при которой не происходит значительных повреждений, сильно ограничена. Так, например, монокристалл Ge (ZGP) повреждается уже при температурах свыше 150 °С. При этом оптимальной температурой, при которой происходит качественная очистка поверхности является 300 °С (при данной температуре органические загрязнения удаляются путем разложения и испарения). Таким образом, не все материалы можно эффективно очищать термическим методом. Для решения этой проблемы существует еще одна подготовительная процедура – ионная очистка [6, 7]. Она часто используется как метод обработки

* Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 22-12-20035, <https://rscf.ru/ru/project/22-12-20035>, дата обращения 25 марта 2022 г.) и Министерства образования и науки Нижегородской области (соглашение 316-06-16-11/24 от 21.03.2024).