

УДК 533.93:537.525

DOI: 10.17223/00213411/63/10/157

А.И. РЯБЧИКОВ, А.И. ИВАНОВА, О.С. КОРНЕВА, Д.О. СИВИН

ОСОБЕННОСТИ ВЫСОКОИНТЕНСИВНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ ИОНОВ НИЗКОЙ ЭНЕРГИИ *

Проведены численное моделирование и экспериментальные исследования для определения реальных температур поверхностных и приповерхностных слоев различных материалов в зависимости от режимов высокоинтенсивного ионного облучения. Интегральная температура мишени измерялась с помощью электрически изолированной термопары. Для измерения динамического изменения локальной температуры на облучаемой поверхности мишени использовался высокотемпературный импульсный пирометр KLEIBER 740-LO. Исследован вклад ударно-волнового механизма в массоперенос имплантируемой примеси при высокоинтенсивном ионном облучении и закономерности накопления имплантируемой примеси при горячей высокоинтенсивной имплантации ионов.

Ключевые слова: плазма вакуумной дуги, ионный пучок высокой импульсной плотности мощности, ионная имплантация, радиационно-стимулированная диффузия, глубокое ионное легирование.

Введение

Ионная имплантация является важным инструментом при модификации поверхностей широкого круга материалов для значительного спектра применений в областях фундаментальных исследований и прикладных технологий [1–4]. Метод ионной имплантации обладает уникальными свойствами и обеспечивает возможность управляемого изменения элементного состава, микроструктуры и свойств различных материалов, включая полупроводники, металлические и диэлектрические материалы. Высокая чувствительность проводимости полупроводников к легирующей примеси даже при малых флюенсах облучения способствовала широкомасштабному применению метода в полупроводниковой промышленности. Развитие исследований по модификации структуры и свойств металлов и сплавов потребовало создания нового класса ионных источников и даже методов ионной обработки, обеспечивающих флюенсы облучения на несколько порядков большие, чем для полупроводников, с возможностью однородной имплантации ионов в детали сложной формы.

Обычная ионная имплантация реализуется при облучении поверхности образцов металлическими или газовыми ионами с энергией ионов в диапазоне 10–100 кэВ при плотностях токов 1–100 мА/см² [5–7]. Это обеспечивает формирование ионно-легированного приповерхностного слоя материала с измененным элементным составом на глубинах, не превышающих несколько долей микрометра. Эффект дальнего действия способствует модификации дефектной структуры металлов и сплавов на глубинах, многократно превышающих проективный пробег ионов [8]. Однако изменение дефектной структуры материалов даже на глубинах до нескольких десятков микрометров слабо влияет на изменение макроскопических эксплуатационных свойств изделий различного назначения. В случае ионной имплантации в материалы с высокой исходной плотностью дислокаций этот эффект практически не оказывает заметного влияния на изменение как микроструктуры, так и свойств материалов.

Для решения основной проблемы ионной имплантации, связанной с малой толщиной легированного ионами слоя, в зависимости от технологических задач развивалось несколько подходов. Применительно к задачам формирования глубоко легированных слоев в полупроводниковых материалах разрабатывались методы имплантации ионов с высокой (несколько мегаэлектронвольт) и сверхвысокой (несколько сотен мегаэлектронвольт) энергией ионов [9].

Для модификации свойств и структуры металлов и сплавов ионной имплантацией аналогичный подход оказался экономически нецелесообразен. Низкая стоимость изделий требовала малозатратной технологии, а очень слабая чувствительность металлов к наличию примесей предопределила необходимость увеличения флюенса ионного облучения на несколько порядков по сравнению с полупроводниковыми материалами. Увеличение энергии ионов до десятков и сотен мега-

* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 17-19-01169П).

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>