

УДК 621.384

DOI: 10.17223/00213411/63/10/166

А.С. БУГАЕВ¹, А.В. ВИЗИРЬ¹, В.И. ГУШЕНЕЦ¹, А.Г. НИКОЛАЕВ¹, А.В. НИКОНЕНКО^{1,2}, Е.М. ОКС^{1,2},
К.П. САВКИН¹, В.П. ФРОЛОВА^{1,2}, М.В. ШАНДРИКОВ¹, Г.Ю. ЮШКОВ¹

МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ МАТЕРИАЛОВ ИОНАМИ БОРА НА ОСНОВЕ РАЗРЯДНЫХ СИСТЕМ ВАКУУМНОЙ ДУГИ И ПЛАНАРНОГО МАГНЕТРОНА *

Рассмотрен принцип работы и приведены характеристики экспериментального оборудования, разработанного для генерации пучков и плазмы ионов бора: источника ионов бора на основе вакуумной дуги с сепарацией изотопов бора в магнитном поле и генератора плазмы для нанесения борсодержащих покрытий на основе планарного магнетрона. Общим для данного оборудования является использование катодов, выполненных из гексаборида лантана. В случае планарного магнетрона также использовался катод из кристаллического бора, нагреваемый в разряде. Показано, что при имплантации кремния пучками ионов изотопов бора $^{10}\text{B}^+$ и $^{11}\text{B}^+$ с дозами 10^{14} – 10^{16} ион/см² наблюдается изотопический эффект диодных свойств легированной поверхности. Представлены результаты исследований свойств полученных борсодержащих покрытий на модельных материалах: нержавеющей стали 12Х18Н10Т, монокристаллическом кремнии и реакторном сплаве Э110.

Ключевые слова: ионы бора, плазма, вакуумная дуга, планарный магнетрон, изотопический эффект.

Введение

Актуальность исследования процессов генерации плазмы, содержащей ионы бора, обусловлена не только интересом к этой проблеме как к задаче физики плазмы, но и практическим применением плазмы и ионных пучков бора в технологиях модификации поверхности [1, 2]. В способах изготовления полупроводниковых кремниевых пластин широко используют имплантеры ионов бора, способные обеспечить дозы внедренных ионов в поверхность кремния уровня 10^{12} – 10^{14} ион/см² при энергии ионов от десятков до сотен килоэлектронвольт [3]. Для генерации пучков ионов бора в имплантерах в настоящее время чаще всего используют ионные источники типа Фримана [4], в которых плазма образуется при ионизации борсодержащих газообразных веществ. Вместе с тем такой подход к генерации пучков ионов бора имеет ряд негативных моментов. Используемые в ионных источниках газообразные соединения бора достаточно активны, что приводит к интенсивному разрушению термоэмиссионного катода. Они, как правило, токсичны, что затрудняет их применение для широкого круга практических задач. При высокодозной имплантации легируемая поверхность полупроводника может загрязняться посторонними примесями, образованными как при разложении борсодержащих газов, так и при травлении ими электродов ионного имплантера.

В работе [5] для генерации пучка ионов бора было предложено использование вакуумного дугового разряда с катодом из чистого бора. Поскольку удельное сопротивление чистого бора при нормальных условиях ~ 1 МОм·см, для стабильного инициирования и горения дугового разряда требуется нагрев катода до температуры ~ 800 °С, при котором удельное сопротивление бора снижается примерно до 1 Ом·см. Такой метод генерации плазмы бора на основе вакуумной дуги был реализован в работах [6, 7] и представляется перспективным для использования в технологиях модификации поверхности материалов. Вместе с тем, поскольку при имплантации кремния для задач микроэлектроники необходима высокая чистота пучка ионов бора, которая обеспечивается его сепарацией в поворотном магните имплантера, возможен альтернативный подход – использование в качестве материала катода вакуумного дугового источника гексаборида лантана (LaB_6), имеющего при нормальных условиях низкое удельное сопротивление ~ 10 мкОм·см [7]. В этом случае общая доля ионов бора в пучке соответствует их доле в материале катода и составляет около 85 % [8], а ионы лантана, масса которых более чем на порядок превышает массу ионов бора, легко сепарируются в поворотном магните имплантера. Данный подход позволил осуществить отдельную ионную имплантацию поверхности кремния с дозами 10^{14} – 10^{16} ион/см² ионами изотопов бора $^{10}\text{B}^+$ и $^{11}\text{B}^+$ и изучить её влияние на диодные свойства имплантированного кремния.

* Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда в рамках проекта № 16-19-10034.

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>