

УДК 62-03

ДИОД ШОТКИ, ФОТОДИОД И ТРАНЗИСТОР, ПОЛУЧЕННЫЕ НАПЫЛЕНИЕМ НАНОРАЗМЕРНЫХ ПЛЁНОК В ВАКУУМЕ

Медведев Эрик Эдуардович

Республика Северная Осетия – Алания, г. Владикавказ, МБОУ СОШ № 26, 10 класс, МАУ ДО «Центр дополнительного образования г. Владикавказ»

Научные руководители: Радченко Татьяна Ивановна, Республика Северная Осетия – Алания, г. Владикавказ, муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение средняя общеобразовательная школа № 26, учитель физики, МАУ ДО «Центр дополнительного образования г. Владикавказ», педагог дополнительного образования; Силаев Иван Вадимович, Республика Северная Осетия – Алания, г. Владикавказ, Северо-Осетинский государственный университет, заведующий кафедрой физики и астрономии, канд. техн. наук

Полупроводниковые приборы – основа современной электроники, а это – один из ключевых вопросов импортозамещения. **Проблема исследования:** данные приборы хорошо описаны теоретически, но без акцента на способы изготовления, тогда как стратегические принципы обучения специалистов должны заключаться не только в подготовке грамотных пользователей, ремонтников и изготовителей, но и конструкторов, которые способны разбираться в тонкостях технологии. **Цель** данного проекта – разработать обучающую технологию изготовления полупроводниковых приборов. **Задачи** – изучение основ конструирования данных приборов, разработка конструкций действующих моделей, их изготовление с применением нанотехнологий и исследование характеристик полученных изделий. **Новизна работы:** разработана технология изготовления действующих моделей диода Шоттки, фотодиода и биполярного транзистора адаптированная к учебному процессу. Процесс изготовления шёл с применением вакуумной техники и основ нанотехнологии.

Использование установки термовакuumного напыления плёнок

Процесс нанесения тонкопленочных покрытий в вакууме состоит из нескольких этапов. Это – получение вакуума; очистка поверхности подложки; контролируемое создание потока частиц для осаждения; перенос частиц от испарителя до подложки; конденсация частиц на подложке; её отжиг для снятия термических напряжений; остывание подложки с пленкой в вакууме для предотвращения термического удара перед извлечением из установки. Вакуум: 10^{-4} Па. Процесс напыления: 7-10 секунд [1].

Изготовление полупроводниковых структур, используя контактные маски

1. Получение выпрямительной полупроводниковой структуры с барьером Шоттки

Процесс изготовления: на полированную пластину низкоомного кремния (10 Ом) p - типа (Si, легированный бором), диаметром 60 мм методом термовакuumного испарения нанести контакты через контактные маски. Контакты: омический – слой серебра и выпрямляющий – слой никеля (толщиной по 0.06 мкм). Внешний вид изделия и схема внутренней структуры представлены на рисунках 1 а-в [2, 3].

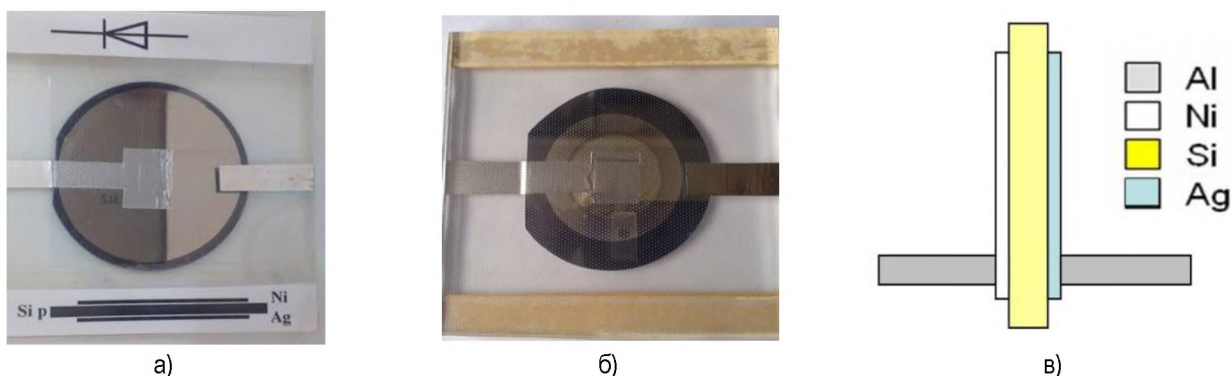


Рис. 1 а, б) изготовленный диод Шоттки (вид со стороны омического контакта и выпрямляющего контакта);
в) структура Ni, Si-p, Ag

Вывод: После помещения полупроводниковой структуры в корпус с нее снята вольтамперная характеристика (ВАХ) [4]. Установлено, что полученная структура обладает односторонней проводимостью. Прямой и обратный ток отличались в 4 раза.

2. Изготовление фотодиода

Изготовление аналогично. На рисунках 2 а–г показаны процессы подготовки к напылению, структура изделия и его внешний вид.

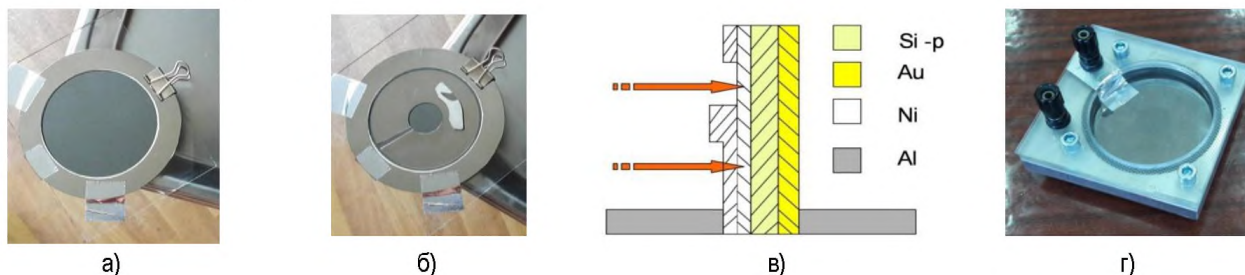


Рис. 2 а, б) установка о-образной и с-образной масок для напыления никеля; в) структура фотодиода; г) фотодиод в корпусе

Двойной слой Ni необходим для обеспечения обязательных условий: 1) оптическая прозрачность; 2) возможность съема тока с никелевой плёнки. Условию № 1 отвечает тонкий слой равномерного запыления Ni в окно о-образной маски. Условие № 2 обеспечивает второй слой Ni, напыляемый с использованием с-образной маски. Внешние контакты из фольги алюминиевой. **Вывод:** фотодиод Шоттки реагирует на изменение освещенности перехода металл – полупроводник с учётом процессов в металлической наноплёнке.

3. Изготовление транзистора и исследование его электрических характеристик

После проведения подготовительных работ (изготовления диодов Шоттки и фотодиодов) была продолжена работа уже по изготовлению биполярного транзистора, имеющего 2 перехода. Технология изготовления аналогична: термовакуумное напыление с использованием масок. На рис. 3 а, б изображены структура транзистора и готовое изделие.



Рис. 3 а) сэндвич-структура транзистора; б) транзистор

Выводы: Установлено влияние света на электрическое сопротивление переходов. Наиболее сильно реагирует эмиттер. ВАХ соответствуют структурам с односторонней проводимостью.

Опыты показали работоспособность приборов, предназначенных для наглядной демонстрации их устройства и принципов действия.

Список литературы:

1. *Силаев И. В., Радченко Т.И., Гергиева Б.Э., Магкоев Т.Т.* Физико-химические основы и технология получения тонких плёнок резистивным испарением: Учеб. пособие. Владикавказ: Изд-во СОГУ, 2016. 136 с.
2. *Силаев И. В., Магкоев Т.Т., Радченко Т. И.* Технология экономного расходования напыляемых материалов при использовании установок термовакuumного испарения. //Международный журнал экспериментального образования. 2016. № 6 (часть 2). С. 95.
3. *Костржицкий В.Ф., Карпов М.П., Кабанченко О.Н., Соловьёва А. И.* Справочник оператора установок по нанесению покрытий в вакууме. М.: Машиностроение, 1991. 120 с.
4. *Бутенко Д.В., Созинов Б.Л., Черкасова Г.С.* Исследования полупроводниковых приборов: Электронное учебное пособие. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. 64 с.