

## СЕКЦИЯ 2. Актуальные проблемы информационных технологий и автоматизации

release a national initiative on AI. Released in March 2017, Japan's AI Technology Strategy (Japanese Strategic Council for AI Technology, 2017) provides an industrialisation roadmap, including priority areas in health and mobility, important with Japan's ageing population in mind. Japan envisions a three-stage development plan for AI, culminating in a completely connected AI ecosystem, working across all societal domains [1].

In conclusion, in our country the use of artificial intelligence with automation in the development of industry will be improved in the future. But for this we need to train a narrow field of personnel who can work with new technologies such as artificial intelligence, in general, the Internet of Things, BigData, Block-chain, Cloud Computing and others.

### Literature

1. European Parliamentary Research Service. The ethics of artificial intelligence: Issues and initiatives. PE 634.452 – March 2020.
2. Mark Muro, Robert Maxim, Jacob Whiton. Automation and artificial intelligence. January, 2019.
3. United nations conference on trade and development. Technology and innovation report. 2018.

### РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

У.Б. Хамдамов, О.М. Уралов, С.А. Тачилин

*Ташкентский государственный технический университет*

*E-mail: [projectutilisingtablets@gmail.com](mailto:projectutilisingtablets@gmail.com)*

Разработана универсальная установка для комплексного измерения параметров полупроводниковых материалов на основе четырех зондового метода и эффекта Холла [1-5]. Преимущество четырехзондового метода состоит в том, что не требуется создание омических контактов к образцу, возможно измерение объемных образцов самой разнообразной формы и размеров, а также тонких слоев. Условием его применения является наличие плоской поверхности, линейные размеры которой превосходят линейные размеры системы зондов. Разработанная конструкция универсальной зондовой установки для измерения параметров полупроводников на основе метода эффекта Холла состоит из электромагнита, держателя с образцом, источника тока, переключателей

## СЕКЦИЯ 2. Актуальные проблемы информационных технологий и автоматизации

---

направления тока и приборов, регистрирующих величину тока и напряжения.

Измерение проводимости четырехзондовым методом проводят при следующих условиях: измерения проводятся на плоской поверхности однородного изотропного образца; инъекция неосновных носителей заряда в объем образца отсутствует из-за достаточно высокой скорости поверхностной рекомбинации, что достигается соответствующей обработкой поверхности образца; поверхностная утечка тока отсутствует; зонды имеют контакты с поверхностью образца в точках, которые расположены вдоль прямой линии; граница между токонесящими электродами и образцом имеет форму полусферы малого диаметра; диаметр контакта зонда мал по сравнению с расстоянием между зондами.

Измерения проводят при токе порядка 1 мА или меньше. Причем точное значение тока находят путем измерения падения напряжения на эталонном сопротивлении, включенном последовательно в цепь зондов 1 и 4. Наименьший рабочий ток определяется возможностью измерения малых напряжений; наибольший рабочий ток ограничивается нагревом образца, что наиболее существенно для низкоомных образцов. Расстояние между зондами 1,0 мм. Зонды монтируют в специальной четырехзондовой головке, где расстояния между зондами строго фиксированы. Для изготовления зондов используют вольфрамовую проволоку или проволоку из твердых сплавов ВК-10, ВК-15 и ВК-20. Концы зондов затачивают электролитически или путем электроэрозионной обработки и полировки с применением алмазных порошков так, чтобы диаметр контакта был значительно меньше расстояния между ними.

Надежный самоустанавливающийся контакт каждого зонда с поверхностью образца обеспечивается за счет пружин. Величина давления на контакт не оказывает существенного влияния на результаты измерений, однако большое давление может повредить образец или зонд. Четырехзондовая головка прикреплена к манипулятору обеспечивающему её плавное подведение к образцу. Погрешность измерения, обусловленная конечными размерами контактов, составляет менее 2%.

Измерения параметров полупроводниковых материалов на основе эффекта Холла в постоянном магнитном поле при постоянном токе проводят в несколько этапов. От источника тока ИТ через образец прямоугольной формы пропускают постоянный ток. Образец помещают между полюсами постоянного магнита или электромагнита, создающего в рабочем зазоре магнитную индукцию до 1 Т. Изменение величины магнитной индукции в рабочем зазоре магнита осуществляют, изменяя

## **СЕКЦИЯ 2. Актуальные проблемы информационных технологий и автоматизации**

---

расстояние между полюсами магнита, применяя магнитные концентраторы или регулируя величину тока электромагнита. Источник тока ИТ имеет высокое выходное сопротивление и протекающий через образец ток не изменяется за счет эффекта магнитосопротивления при включении магнитного поля. Протекающий через образец ток измеряют по падению напряжения на эталонном сопротивлении, включенном последовательно с образцом.

Измерение ЭДС Холла производят на прижимных контактах или точечных зондах, установленных на соответствующих гранях образца. Для большей надежности используют паяные или сварные контакты. Однако в этом случае электроды, имея достаточно большую площадь, могут значительно искажать токораспределение в образце, что особенно существенно для образцов с высоким сопротивлением. Чтобы исключить влияние контактных сопротивлений на результаты измерений, необходимо использовать компенсационный метод измерения ЭДС Холла. При наличии носителей заряда двух типов ток в направлении оси  $y$  может существовать за счет их рекомбинации на поверхности образца. Исследования влияния этого эффекта показали, что при соответствующей обработке поверхности образца поверхностная рекомбинация не сказывается на результатах измерений эффекта Холла.

Чувствительность измерительной схемы можно повысить, используя вместо гальванометра в качестве измерительного прибора электромметр. Но при этом к недостаткам метода измерения эффекта Холла при постоянном токе добавляются трудности работы с электрометрическими схемами и усилителями постоянного тока.

### **Использованная литература**

1. Щука А.А. "Электроника"// С-Петербург., "БХВ-Петербург", 2005, 800 с.
2. Суздальев И.П. "Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов"// М., "Ком Книга", 2006, 590 с.
3. Герасименко Н.Н. "Кремний – материал наноэлектроники"//М.:Техносфера,2007, 352 с.
4. Пасынков В.В., Сорокин В.С. Материалы электронной техники // М., Высшая школа, 1986.
5. Фистуль В.И. Введение в физику полупроводников // М., Высшая школа, 1984.