

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СВОЙСТВ  
ТЕРМООБРАБОТАННОГО ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛА**

**Потапов М.А. (СПбГЭТУ ЛЭТИ), Адамович Д.С. (СПбГЭТУ ЛЭТИ)**

**Научный руководитель – кандидат химических наук, доцент Хмельницкий И.К.  
(СПбГЭТУ ЛЭТИ)**

**Введение.** Развитие техники за последние годы в области создания средств автоматизации, управления информацией выдвинуло перед электроникой повышенные требования к надежности, миниатюризации, быстродействию, стабильности параметров и другим свойствам электронных устройств. Особое внимание уделяется поиску новых материалов, обладающих уникальными свойствами для создания более эффективных и инновационных устройств [1]. Одним из перспективных классов материалов являются полимерные органические полупроводники, которые объединяют в себе преимущества полимеров и полупроводников. Для развития гибкой и органической электроники необходимы новые углеродные материалы с заданными физико-химическими свойствами. Их можно получить, например, путем синтеза при термообработке полиакрилонитрила (ПАН). Перспективы развития и применения полупроводникового полиакрилонитрила представляют интерес для электроники, медицины и биоинженерии.

**Основная часть.** Основной механизм регуляции свойств полупроводникового полиакрилонитрила заключается в подборе условий синтеза материала. Пленки ПАН были получены с использованием прекурсоров: волокна полиакрилонитрила «Нитрон» и растворителей, в частности, диметилформамид (ДМФА). Синтез материала включает в себя три основных этапа: получение пленки из раствора, термостабилизация полимера и пиролиз, нагрев в бескислородной среде для исключения протекания реакций в ходе обработки. В результате совершения последовательности данных действий материал приобретает полупроводниковые свойства, представляющие интерес для изучения, становится пригодным к созданию различных электронных устройств, сенсоров, датчиков [2]. Полупроводниковые пленки ПАН представляют собой пористый черный материал с характерным блеском.

Изначально пленка полиакрилонитрила не является проводящей структурой. В процессе нагрева (термостабилизации) в кислородной среде и последующем пиролизе происходят внешне- и внутримолекулярные процессы, приводящие к приобретению пленкой полупроводниковых свойств. Измерение сопротивления пленки, полученной при пиролизе ПАН, проводилось контактным 4-зондовым методом в различных областях полупроводникового образца. Результаты измерения сопротивления составляют в среднем 0,9 Ом·см, и изменяются в диапазоне от 0,5 до 1,3 Ом·см в зависимости от точки измерения.

Поверхностный анализ полученных пленочных образцов проводился при помощи сканирующего электронного микроскопа (СЭМ). Исходная пленка ПАН имеет несколько поверхностных дефектов в виде небольших проколов и отверстий. Данные дефекты возникают в ходе неравномерного распределения раствора по поверхности подложки при проведении выпаривания растворителя. В дальнейшем такие разрывы цепочки полимера могут частично заполняться при проведении термической обработки, однако крупные дефекты остаются, нарушая целостность материала [3].

Для определения одного из ключевых параметров полупроводникового материала – ширины запрещенной зоны, был проведен спектральный анализ образцов. Оценить приближенно ширину запрещенной зоны возможно по началу роста линии поглощения. Зная длину волны излучения, на которой происходит значительный рост поглощения, можно вычислить ширину запрещенной зоны материала, используя соотношение  $hc/\lambda_0$  [4]. В результате проведенного спектрального анализа был обнаружен пик поглощения с последующим переходом в область длинноволнового диапазона, который составил 675 нм. В результате расчетов была определена ширина запрещенной зоны пленки 1,83 эВ. Полученное значение входит в диапазон ширины запрещенной зоны полупроводниковых материалов.

**Выводы.** Исследование опытных образцов проведено посредством различных методик анализа. Поверхностный анализ проведен с помощью метода сканирующей электронной микроскопии. Теоретический расчет оптической ширины запрещенной зоны проведен с помощью спектроскопии на установке для анализа DR6000 – спектрофотометр лабораторный. Измерение сопротивления полученных пленок осуществлено с использованием четырехзондового метода анализа. Полученные результаты подтверждают теоретические сведения и дополняют известные факты о термических превращениях материала. В результате работы опытные образцы являются доступным материалом к исследованию применения его в области электротехники и сенсорики, открывая новые пути к использованию и усовершенствованию широкого спектра устройств и элементов.

#### **Список использованных источников:**

1. Пищухин А. М., Ахмедьянова Г. Ф. Технологизация и автоматизация-два аспекта совершенствования техники. //ОГУ. Оренбург. – 2019. – С. 6-10.
2. Земцов Л. М., Карпачева Г. П. Химические превращения полиакрилонитрила под действием некогерентного инфракрасного излучения //Высокомолекулярные соединения. Серия А. – 1994. – Т. 36. – №. 6. – С. 919-924.
3. Fritzsche A. K. et al. The surface structure and morphology of polyacrylonitrile membranes by atomic force microscopy //Journal of membrane science. – 1993. – Т. 81. – №. 1-2. – С. 109-120.
4. Гончаров В. К. и др. Определение оптической ширины запрещенной зоны алмазоподобных углеродных пленок, полученных лазерно-плазменным осаждением //Журнал прикладной спектроскопии. – 2007. – Т. 74. – №. 5. – С. 637-641.