

состав волокнообразующего полимера проходит через электрическое поле при выходе из фильеры, что позволяет получить ультратонкое волокно. Полотно из него изготавливается саржевым типом плетения нити. Жидкий состав для производства состоит из полиметилметакрилата ($C_5H_8O_2$). Он предпочтителен, так как по сравнению с полипропиленом (C_3H_6) показал себя лучше при облучении гамма-излучением в диапазоне энергий от 100 до 150 кэВ. В процессе ткачества была добавлена проволока из свинца и вольфрама не более 5 % от объема. Такая модификация позволила образцу со свинцом (плотность ткани 320 г/м²) в диапазоне энергий от 140 до 210 кэВ сопротивляться излучению лучше, чем образцу с добавлением вольфрамовой проволоки при тех же условиях. Исследование образцов проводилось с помощью конструкции на базе источника ионизирующего излучения ⁶⁰Co. Установка для исследования состоит из находящихся под землей источников ионизирующего излучения и 16 каналов, расположенных вокруг облучательной камеры. Камера перемещается вверх для размещения образцов и вниз для облучения [1]. Как видно из проведенного опыта, сопротивление излучению повысилось при введении добавочного компонента. Помимо этого, исследуемые образцы материала были покрыты слоями полиэтилентерефталата ($C_{10}H_8O_4$) из-за образовавшегося в процессе получения ткани брака в виде небольших отверстий. Изделия, сформированные из подобных материалов, используются медиками, спасателями, учеными и в прочих профессиях, где есть контакт с гамма-излучением [2].

Также существует материал без добавления металла – демрон. Демрон – полимерный наноматериал на основе поливинилхлорида (C_2H_3Cl), расположенный между дополнительными слоями ткани. Молекула полимера воспроизводит характерные особенности строения атомов тяжелых материалов. В сравнении со свинцом защитные свойства немного ниже, но положительное качество заключается в механической гибкости. Демрон закрепился в сфере создания палаток, тентов, комбинезонов для длительной работы в областях с высокой радиацией [3].

Таким образом, ткани на основе полимеров с добавлением металлов имеют больше разнообразных вариаций изделия, чем демрон, поэтому их применение более перспективно. Инновации в области материаловедения и нанотехнологий позволят создавать более эффективные и доступные решения для защиты от радиации, обеспечивая безопасность работников и населения в условиях повышенной радиационной опасности, а также помогут лучше изучить природу гамма-излучения.

Литература

1. Стенд для испытаний на радиационную стойкость// eLibrary [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54961259/>. – Дата доступа: 19.02.2025.
2. A novel radiation protection material: BaPbO₃/Al composite // sciencedirect [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261306908002288/>. – Дата доступа: 19.02.2025.
3. Демрон// ultratkan [Электронный ресурс]. – Режим доступ <https://www.ultratkan.ru/entsiklopediya/demron>. – Дата доступа: 20.02.2025.

УДК 681

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПРИМЕНЕНИЯ ГРАФЕНА В МЭМС И НЭМС

Студент гр. 11310223 Надумович Н. А.

Кандидат техн. наук, доцент Балохонов Д. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В настоящее время главным направлением повышения технического уровня элементной базы нанoeлектроники становится выбор функционального материала (увеличение быстродействия носителей заряда, снижение инерционности среды). Один из самых перспективных материалов является графен. В обзоре рассмотрены актуальные и перспективные области применения графена и материалов на его основе.

У графена есть много достоинств с точки зрения нанoeлектроники: это высокая подвижность электронов, электропроводность на 70 % выше, чем у меди, теплопроводность при комнатной температуре, которая более чем в два раза выше, чем у пиролитического графита, и прочность, которая в 200 раз выше, чем у стали (при весе в шесть раз меньше). Но есть и недостаток, который

мешает его использованию в электронике: графен в своем исходном состоянии не является полупроводником, а современные электронные приборы конструируются именно из полупроводников. Чтобы решить проблему создания запрещенной зоны в графене, была выбран дителлурид молибдена — вещество, чья молекула состоит из одного атома молибдена и двух атомов теллура. При деформации на 8 % в графене открывается щель 0,8 эВ [1, 3].

К перспективным направлениям применения графена можно отнести прототип натриево-графеновой батареи [2], полевые транзисторы (FET), прозрачные дисплеи из-за его превосходной проводимости и гибкости графена, датчики в медицинских приборах из-за своей высокой чувствительности, в частности, для обнаружения определенных вирусов, таких как COVID-19 и малярия, защитные покрытия для металлов из-за его стойкости к коррозии и окислению (скорость коррозии серебряных пленок, покрытых графеном, была снижена в 66 раз. Обнаружили, что покрытая графеном медь показала скорость коррозии в 7 раз ниже, чем у чистой меди в растворе сульфата натрия), использование в качестве электродного материала для электрохимических устройств хранения энергии, таких как суперконденсаторы, из-за большой площади поверхности и негорючести для улучшения производительности устройств по сравнению с теми, которые используют традиционный углерод в качестве электродных материалов.

Графен на основе чернил становится новой технологией для масштабируемого производства микросуперконденсатора, который показал объемную емкость $3,25 \text{ Ф/см}^3$ при плотности тока 20 мА/см^2 с сохранением емкости — 80 % после 10 000 циклов. Используя аналогичный подход, разработаны графеновые чернила для печати чрезвычайно гибкого и долговечного суперконденсатора. Этот микросуперконденсатор показал плотность мощности — $1,13 \text{ кВт/кг}$ и удельную емкость — 22 Ф/г при скорости сканирования 100 мВ/с . Кроме того, его можно подключать к силовым электронным устройствам, таким как носимые датчики кожи, которые можно использовать для удаленного медицинского мониторинга и диагностики [4].

Если технология графена пойдет такими же стремительными темпами, то случится новый виток научно-технического прогресса уже в этом веке, а страна, которая будет способна к практическому применению графена, станет ведущей технической державой.

Литература

1. Graphene, beyond lab benches [Electronic resource]. — Mode of acces: <https://www.science.org/ doi/ abs/ 10.1126/ science.ads4149>. — Date of access: 20.02.2025.
2. Белорусский способ получать графен [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://belta.by/ tech/ view/ dve-sluchajnosti-i-idei-na-million-kak-pridumali-belorusskij-sposob-poluchat-grafen-563783-2023/>. — Дата доступа: 20.02.2025.
3. Десятилетие науки и технологий [Электронный ресурс]. — 2025. — Режим доступа: <https://наука.рф/ news/ grafen-sdelali-unikalnym-poluprovodnikom/>. — Дата доступа: 20.02.2025.
4. Akanksha R. Urade, Indranil Lahiri & K. S. Suresh. Graphene Properties, Synthesis and Applications: A Review. — P. 614–630.

УДК 541

ОСОБЕННОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ ПУЗЫРЬКОВОГО РАСПАДА СЛОЯ ВОДЫ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛН ПАРА

Студент гр. 11310223 Новосельский М. А.

Кандидат тех. наук, доцент Колонтаева Т. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной научной работы является изучение методики исследования пузырькового распада слоя воды и распространения волн пара. В работе проведен обзор литературы по термохимии. Особое внимание направлено на оптическую методику регистрации зародышеобразования, вскипания и динамики образующейся паровой плоскости приведен пример схемы экспериментальной установки.

В качестве экспериментальной установки (рис. 1) используется многослойный тонко пленочный нагреватель. Резистором является четырехслойная пленка на подложке из стекла. Изолированный от воды нагреватель представляет собой пленку TaAl толщиной 500 нм, а также используются нагреватели, покрытые слоем тантала, содержащие большое количество центров кипения