

УДК 661.66:620.5

ГРАФЕН. ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ. СФЕРА ПРИМЕНЕНИЯ

Пинчук Т.В.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Сизиков С.В.

Графен, что же это такое и зачем стоит развивать сферу исследований его свойств и области применения его в ближайшем будущем?

Графен – это форма кристаллического углерода, формирующая тонкую кристаллическую сетку атомов. Собственно, именно поэтому он является самым тонким материалом в мире, невидимым невооружённым глазом, но при этом очень прочным и эластичным. Это впервые было выделено в 2004 году российскими учёными Андрей Гейм и Константин Новосёлов, которые работали тогда в Манчестерском университете. И только шесть лет спустя опыты физиков были удостоены Нобелевской премии.

У графена очень много интересных, своеобразных физических свойств и явлений, таких как: электронные свойства, которые позволяют использовать графен для конструирования сложных электронных наноустройств. Существуют исследования, в которых его используют для защиты наночастиц от окисления. Его необычные свойства позволяют отводить тепло, преобразовывать его обратно в электрическую энергию.

Исследователи, работающие в Массачусетском технологическом институте, доказали на практике, что при помощи графена можно сделать эластичные, дешёвые и прозрачные солнечные элементы, превращающие практически любую поверхность в источник электроэнергии. Солнечные батареи из графена, из слов учёных, могут производить энергию даже в дождь.

В графене можно делать отверстия, выбивая атомы углерода, и получать регулируемые поры, которые могут использовать в виде мембраны в батареях и топливных ячейках. Также мембраны на основе графена могут удешевить значительно производство тяжёлой воды, которая является необходимой в атомной промышленности для получения относительно экологически чистой энергии. Тут снова присутствуют интересные и поистине уникальные свойства графена, которые позволяют быстрее разделять субатомные частицы, делая весь процесс очень экономичным. Многие технологические компании уже приступили к созданию литийионных аккумуляторов для смартфонов с использованием графена. Эта технология позволяет заряжать батарею быстрее и хранить заряд дольше, что является несомненно важным в наше время.

Графен может использоваться в качестве мембраны для фильтрации атомов водорода в воздухе и при получении биологически чистого топлива. К такому выводу пришли первооткрыватели графена. Андрей Гейм и Константин Новосёлов выяснив, что при высоких температурах и присутствии платины в качестве ускорителя реакции графен пропускает положительно заряженные ионы водорода (протоны) и задерживает практически всё остальное.

Были получены трехмерные (3 D, алмаз, графит), одномерные (1 D, нанотрубки) и нульмерные (0 D, фуллерены) аллотропные формы углерода. Долго не удавалось получить двумерные же формы углерода (или 2 D –

графит) экспериментальным путем согласно доводам Ландау и Пайерлса о том, что строго 2 D-кристаллы термодинамически неустойчивы [1].

Основная идея учёных заключалась в том, что графен становится видимым в оптический микроскоп, если его поместить на поверхности кремниевой подложки с определенной толщиной слоя SiO_2 [2].

Графен становится популярен и среди инженеров, и исследователей благодаря своим механическим, термическим, электрическим и оптическим свойствам. С каждым годом количество статей, посвященных графену непреодолимо растет [3].

Есть разные способы получения графена, один из них: преобразование графита в оксид графита, когда происходит процесс «окисление – расслоение – восстановление», в ходе которого базисные плоскости графита покрываются ковалентно-связанными функциональными группами кислорода. Окисленный графит становится гидрофильным (влаголюбивым) и легко может расслаиваться на отдельные графеновые листы под действием ультразвука, при этом находясь в водном растворе.

При получении графена химическими методами необходимо справиться с различного рода трудностями, чтобы добиться полного расслоения графита и сохранения формы листа, отслоенного в растворе графена. В журнале «Nature» опубликованы результаты получения графеновых листов хорошего качества [4,5].

Механическое отслоение с помощью скотча даёт возможность получать графеновые слои высокого качества для исследований.

Одна из групп учёных – из Стэнфордского университета (США) и Пекинского института физики (Китай) – вносила азотную и серную кислоты между слоями графита, затем нагревала образец до 1000°C , в итоге взрывное испарение молекул-интеркалянтов давало тонкие графитовые «хлопья», содержащие множество графеновых слоев. После, между графеновыми слоями вносили олеум и гидроокись тетрабутиламмония (ГТБА). Обработанный ультразвуком раствор содержал как графит, так и графеновые листы. Потом отделение графена. Уже проводилось методом центрифугирования.

Другая группа ученых – из Дублина, Оксфорда и Кембриджа – для получения графена из многослойного графита предложила для использования методику без внедрения интеркалянтов. Авторы говорят о необходимости использования «правильных» органических растворителей, например, таких как N-метил-пирролидон. При этом важно подобрать такие растворители, чтобы энергия поверхностного взаимодействия между растворителем и графеном соответствовала энергии, что и для системы графен-графен. Исследователи из Калифорнии [6], которым удалось получить изображение атомной структуры графена высокой четкости, где можно рассмотреть сеточную структуру графена.

Успеха добились исследователи из Корнеллского университета [7], которым удалось из листа графена создать мембрану толщиной в всего лишь один атом углерода. Мембрана способна выдерживать давление газа в несколько атмосфер. Мембрану использовали для измерения частоты её

вибраций при изменении давления. По словам ученых подобные мембраны могут найти применение в различных сферах в частности, использоваться для изучения помещенных в раствор биологических материалов. Вполне достаточно накрыть материал графеном и изучать его под микроскопом сквозь прозрачную мембрану.

Важнейшее достижение ученых из состоит в том, что они приблизились к созданию одноатомных сенсоров, которые, по мнению ученых, смогут обнаруживать отдельные молекулы вещества, вступившего с ними в контакт. Похожие сверхчувствительные приборы будут востребованы не только химиками для очистки веществ от примесей, но также парфюмерами, криминалистами и тестерами пищевых продуктов.

Исследователи обещают и другие масштабные перспективы использования графена [2, 8, 9, 12]. Со временем это вещество полностью вытеснит кремний из сферы производства компьютерных процессоров, так как графеновые процессоры смогут в сотни раз быстрее обрабатывать информацию. Многообещающими представляются и другие сферы использования графена. Так, предполагается, что в смеси с пластмассами графен даст возможность создавать композитные проводящие материалы, устойчивые к действию высоких температур. Прочность графена позволяет конструировать новые механически устойчивые материалы, сверхтонкие, легкие и эластичные. В ближайшем будущем из композитных материалов на основе графена возможно будет делать автомобили, самолеты и спутники. На данный момент предполагается использовать графен в устройствах для хранения энергии – аккумуляторах и суперконденсаторах, а также топливных элементах, вырабатывающих электроэнергию от соединения кислорода с водородом.

Высокая подвижность электронов, минимальная толщина в один атом, низкое удельное сопротивление открывают возможности для создания разнообразных биологических и химических датчиков, а также разноплановых вариантов тонких плёнок, которые могут найти применение в фотоэлектрических устройствах для преобразования солнечной энергии или в сенсорных экранах [10].

Графен можно использовать как основу для создания высокочувствительных фотоплёнок. Плазменные волны в графене дают возможность создания источников и приемников терагерцового диапазона. Особое поведение спина в графене может привести к созданию новых приборов спинтроники, а благодаря свойству высокой теплопроводимости графен может быть использован в качестве теплоотвода в современных интегральных схемах, в которых разогрев является серьёзной проблемой [11].

На сегодняшний день одни из самых продвинутых серийных электромобили на литиевых аккумуляторах требуют для зарядки всего лишь несколько часов, при этом хватает заряда едва ли на 300 километров, что очень мало для современного темпа жизни. Так как сейчас весь мир заинтересован в создании электромобилей и полном вытеснении привычного нам транспорта, для поддержания более безвредного аналога – электромобиля. В сравнении с ними, новые графен-полимерные аккумуляторы испанской компании

Graphenano, разработанные совместно с учеными и исследователями из Национального университета Кордовы, выглядят как революционный чудоисточник, с полностью устраненными недостатками традиционных литий-ионных батарей.

На данный момент Graphenano — это одна из ведущих компаний в мире по производству графена в промышленных объемах, и уже наработанный инженерами опыт позволяет назвать их профессионалами на этом революционном пути.

Выпуск первых аккумуляторов с высокой добавочной стоимостью был запланирован на 2017 год. Эти аккумуляторы не будут производить газ и не будут пожароопасными, заявляет компания Graphenano, даже короткое замыкание им не будет страшно.

Таким образом, можно сказать, что даже относительно маленький список сферы применения графена впечатляет: микрочипы с плотностью более 10 миллиардов полевых транзисторов на квадратный сантиметр, квантовые компьютеры, датчики размером несколько нанометров — это только в электронике. А еще аккумуляторные батареи, фильтры для воды, которые задерживают любые примеси и т. д.

Своеобразные свойства графена дают возможность не только эффективно отводить тепло, но и преобразовывать его обратно в электрическую энергию. Учитывая, что графеновая решетка (плоскость) имеет толщину в один атомный слой, несложно догадаться, что плотность элементов на чипе резко возрастет и может достигнуть 10 миллиардов транзисторов на квадратный сантиметр. В наше время реализованы графеновые транзисторы и микросхемы, смесители частоты, модуляторы, работающие на частотах выше 10 ГГц.

Углеродные материалы не смогут заменить кремний в микроэлектронике в короткие сроки, но их развитие и исследование не стоит на месте. Создание гибридных микросхем, в которых используются преимущества обоих материалов, уже выходит на коммерческий уровень. Скоро нас не будет удивлять, когда в обычном мобильном устройстве появятся микропроцессоры, вычислительная мощность которых будет превышать производительность современных суперкомпьютеров.

Я считаю, что эти исследования нацелены не на далёкое-далёкое будущее, они ориентированы на ближайшие 10-15 лет, ибо гонку практической реализации научного открытия включились гиганты электронной индустрии - корпорация IBM, Samsung и множество коммерческих исследовательских лабораторий. По словам ведущих исследователей мира исследования, в сфере графена позволят получить действительно революционный материал как для энергетики, электроники, военного дела, биологии. Он станет решением различного рода проблем. Поможет развитию в различных сферах жизни человека.

Литература

1. Andre K. Geim, Philip Kim. Carbon Wonderland // Scientific American (2008). No. 4. P.90-97

2. [http:// ITC. UA /articles/grafen /mnogoobeshchay](http://ITC.UA/articles/grafen/mnogoobeshchay)
3. <http://elementary.ru/news>
4. [http://www.forbes.ru/techno/budushchee/13405-grafen – materiya- tolshchinoi –v-atom.](http://www.forbes.ru/techno/budushchee/13405-grafen-materiya-tolshchinoi-v-atom)
5. [http://www.otsuji.riec.tohoku.ac.jp/ CREST/ ISGD/?](http://www.otsuji.riec.tohoku.ac.jp/CREST/ISGD/)
6. [http://www.rsci.ru/ Science news/ 149013-php.](http://www.rsci.ru/Science%20news/149013.php)
7. <http://www.pravda.ru/science>
8. J. Scott Bunch et al. Impermeable Atomic Membranes from Graphene Sheets // NanoLetters V.8. No.8.P. 2458-2462 (2008).
9. Jannik C. Meyer et al. Direct Imaging of Lattice Atoms and Topological Defects in Graphene Membranes // NanoLetters (2008), doi: 10.1021/ nl801386m.
10. Xiaolin Li et al. Highly conducting graphene sheets and Langmuir – Blodgett films //Nature Nanotech (2008). V. 3. P. 538-542.
11. Yenny Hernandez et al. High – yield production of graphene by liquid – phase exfoliation of graphite // Nature Nanotech (2008). V. 3. P. 563-568.
12. Дьяконов, Г.С. Перспективы развития научных исследований в области наноматериалов и нанотехнологий в Казанском государственном технологическом университете/ Г.С. Дьяконов // Вестник Казан. технол.ун-та. – 2008. - № 6. – С. 428-433