

Эта часть работы выложена в ознакомительных целях. Если вы хотите получить работу полностью, то приобретите ее воспользовавшись формой заказа на странице с готовой работой:

<https://stuservis.ru/statya/163171>

**Тип работы:** Статья

**Предмет:** Биотехнология

-

Аннотация

Графен — это слой углерода толщиной в один атом, состоящий из конденсированных шестичленных колец. Атомы углерода в графене соединены  $sp^2$ -связями в гексагональную двумерную (2D) решетку. В рамках данной статьи автор анализирует особенности получения графена и его производных углеродных структур.

Ключевые слова: графен, графеноподобные углеродные структуры, оксид графена, измерение

Abstract

Graphene is a one atom thick layer of carbon, composed of condensed six-membered rings. Carbon atoms in graphene are  $sp^2$ -linked into a hexagonal two-dimensional (2D) lattice. Within the framework of this article, the author analyzes the features of obtaining graphene and its derivatives of carbon structures.

Keywords: graphene, graphene-like carbon structures, raphene oxide, measurement

Введение

С материаловедческой точки зрения однослойный графен — это не материал, а вещество; больше того, это отдельная молекула и, надо сказать, не самая большая из известных. С химической точки зрения однослойный графен — это полимер, причём всего одна молекула полимера с массой около 1-го пикограмма.

С этой точки зрения графит — это типичная «стопочная» структура, где отдельные графеновые слои (полимерные молекулы) объединены в 3D кристалл.

Открытие графена пробудило повышенный интерес к другим наночастицам углерода; это — наночастицы углерода, углеродные микрогранулы, в том числе — пустотелые, ультрадисперсный графит — чешуйки графита в несколько сотен слоёв, дисперсный окисленный графит и т.п. Мы сочли необходимым изложить этот материал «в связке» с графеном, имея в виду их явное родство. Такой анализ указывает на возможность появления новых наночастиц углерода с необычным комплексом свойств.

Вышеизложенное обусловило актуальность выбранной темы.

Целью данной статьи является исследование современных методов получения графена и графеноподобных углеродных структур.

В соответствии с поставленной целью необходимо решить ряд задач, таких как:

- рассмотреть оптические свойства графена и оксида графена;
- раскрыть получение оксида графена и методику измерений;
- охарактеризовать методы для определения степени восстановления оксида графена.

Объектом исследования являются наноконпозиты графена и оксид графена, предметом — их оптические свойства и способы получения.

Методологическая база: методы наблюдения, методы сравнения, эксперимент.

## 1. Графен, оптические свойства оксида графена

Графен — это аллотропная модификация углерода, толщиной в один атом, имеющая гексагональную кристаллическую решетку (рис.1). Структурная гибкость графена отражается в свойствах его кристаллической решетки.  $Sp^2$ -гибридизация между одной  $s$ -орбиталью и двумя  $p$ -орбиталями приводит к тригональной плоской структуре с образованием связи между атомами углерода, длина связи порядка 1,42

А.  $\sigma$ -связь отвечает за устойчивость кристаллической решетки во всех аллотропных структурах. Благодаря принципу Паули эти связи имеют заполненную оболочку и, следовательно, образуют глубокую валентную зону. Незатронутая  $p$ -орбиталь, которая перпендикулярна плоской структуре, может связываться ковалентно с соседними атомами углерода, что приводит к образованию  $\pi$ -полосы. Атомы в  $\pi$ -связи удерживаются друг с другом силами Ван-дер-Ваальса. Поскольку каждая  $p$ -орбиталь имеет один дополнительный электрон,  $\pi$ -связь заполнена наполовину. Наличием заполненной  $\pi$ -связи обуславливается хрупкость графита [1].

Объединенные исследования за последние 50 лет доказали, что в точке Дирака в графене электроны и дырки имеют нулевую эффективную массу. Это происходит потому, что отношение кинетическая энергия-импульс (дисперсия) линейно для низких энергий вблизи 6 отдельных углов зоны Бриллюэна. Шесть углов зоны Бриллюэна называются точками Дирака. Электроны и дырки в точке Дирака известны как фермионы Дирака, или Графинос. Из-за нулевой плотности состояний в точках Дирака электронная проводимость на самом деле довольно низкая. Однако уровень Ферми может быть изменен путем легирования (электронами или дырками) для создания материала, который потенциально лучше проводит электричество, чем, например, медь при комнатной температуре.

Измерения показали, что подвижность электронов в графене очень велика, с ранее сообщаемыми результатами выше 15 000 см<sup>2</sup>/В\*с и теоретически достижимыми пределами 200 000 см<sup>2</sup>/В\*с (ограниченное рассеянием графена), для сравнения электронная подвижность германия 3900 см<sup>2</sup>/В\*с. Говорят, что графеновые электроны очень похожи на фотоны в их подвижности из-за отсутствия массы. Эти носители заряда способны перемещаться на субмикрометровые расстояния без рассеяния: это явление известно, как баллистический транспорт. Тем не менее, качество графена и используемой подложки будет ограничивающим фактором, понижающим электрические и оптические свойства графена. Например, с диоксидом кремния в качестве подложки подвижность потенциально ограничивается до 40 000 см<sup>2</sup>/В\*с. Другой отличительной чертой графена является его неотъемлемая прочность. Из-за прочности углеродных связей длиной 0,142 нм, графен оказался самым прочным материалом, который когда-либо был обнаружен, с предельной прочностью на растяжение в 130 ГПа. Для сравнения, прочность для конструкционной стали А36 0,4 ГПа, для Арамида (Кевлар) 0,375 ГПа. Кроме того, что графен необычайно прочен, он также является очень легким - 0,77 миллиграмма на квадратный метр (для сравнения, 1 квадратный метр бумаги примерно в 1000 раз тяжелее). Один лист графена (толщиной всего в один атом), достаточный по размеру чтобы покрыть все футбольное поле, будет весить менее одного грамма.

Что особенно важно, так это то, что графен обладает эластичными свойствами, сохраняя при этом начальный размер после деформации. В 2007 г. на графеновых листах, подвешенных на полостях двуокиси кремния, проводили атомно-силовые микроскопические (АСМ) испытания (рис.2). Эти испытания показали, что графеновые листы (толщиной от 2 до 8 нм) имели коэффициенты жесткости в диапазоне 1-5 Н/м и модуль Юнга (отличный от трехмерного графита) 0,5 ТПа. Опять же, эти данные основаны на теоретических оценках свойств идеального графена, который не содержит никаких дефектов и в настоящее время очень дорог и сложно искусственно воспроизводим, хотя методы производства неуклонно улучшаются, что в конечном счете снижает затраты и сложность.

Первая статья о получении монослоя графена была опубликована в 2004 году российскими учеными, Нобелевскими лауреатами Андреем Константиновичем Геймом и Константином Сергеевичем Новоселовым, которые на момент открытия работали в Манчестерском университете. Суть эксперимента была в получении монослоев графена на кремниевой подложке путем трения графитового стержня о гладкую окисленную поверхность кремния (SiO<sub>2</sub>) [3]. В этом случае на поверхности кремния остаются частички графена, отслоенные от графита.

Наиболее дешевым, технологичным и доступным методом массового создания графена является его восстановление из оксида графена. Как правило, графен синтезируются с помощью химически-окислительного отшелушивания графита, что придает графиту более широкие перспективы для дальнейшего применения [4]. Под оксидом графена понимают графен с присоединенными по краям и внутри углеродной сетки кислородсодержащими функциональными группами и/или молекулами. Хотя графит представляет собой трехмерный углеродсодержащий материал, состоящий из миллионов слоев графена, оксид графита немного отличается. При окислении графита с использованием сильных окислителей в графитовой структуре вводятся оксигенированные функциональные группы, которые не только расширяют разделение слоев, но и делают материал гидрофильным (что означает, что они могут быть диспергированы в воде). Это свойство позволяет отслаивать оксид графита в воде с помощью ультразвука, в конечном итоге производя один или несколько слоев графита, известный как оксид графена

(ГО). Основное различие между оксидом графита и оксидом графена составляет, таким образом, количество слоев. Хотя оксид графита представляет собой многослойную систему в дисперсии оксида графена, можно обнаружить несколько слоев хлопьев и однослойных хлопьев.

#### Список использованных источников

1. Singh V., Joung D., Zhai L. // Proress in Material Science. 2011. V. 56. P. 1178.
2. Pei S., Cheng Hu-M. // Carbon. 2012. V. 50. P. 3210.
3. Stankovich S., Dikin D., Finer R.D. et al. // Carbon. 2007. V. 45. P. 1558.
4. Allen M.J., Tung V.C., Kaner R.B. // Chem. Rev. 2010. V. 110. N LP.132.
5. Bae S., Kim H., Lee Y. // Nat. Nanotechnol. 2010. V. 5. N 8. P. 574–578.
6. Novoselov K., Fal V., Colombo L. Gellert P. // Nature. 2012. V. 490. N 7419. P. 192–200.
7. Offeman R., Hummers W. // J. Am. Chem. Soc. 1958. V. 80. P. 1339–1339.
8. Bao Q., Eda G., Chhowalla M. // Nat. Chem. 2010. V. 2. N 12. P. 1015–1024.
9. Park S., Ruoff R.S. // Nat. Nanotechnol. 2009. Vol. 4. N 4. P. 217–224.
10. Chen W., Yan L. // Nanoscale. 2010. V. 2. P. 559.
11. Eda G., Fanchini G., Chhowalla M. // Nat. Nanotechnol. 2008. V. 3. N 5. P. 270–274.
12. Soldano C., Mahmood A., Dujardin E. // Carbon. 2010. V. 48. N 8. P. 2127–2150.
13. Brodie B.C. // Ann. Chim. Phys. 1860. V. 59. P. 466–472.
14. Ткачев С.В., Буслаева Е.Ю., Наумкин А.В. // Неорганические материалы. 2012. Т. 48. № 8. С. 909–915.
15. Beams R., Cancado L.G., Novotny L. // J. Phys. Condens. Matter. 2015. V. 27. P. 083002. \ Nemanich R.J., Solin S.A. // Phys. Rev. B. 1979. V. 20. P. 392.
16. Ni Z.H., Chen W., Fan X.F. // Phys. Rev. B. 2008. V. 77. P. 115416.
17. Jorio A., Souza Filho A.G., Dresselhaus G. // Phys. Rev. B. 2002. V. 65. P. 155412.
18. Thomsen C., Reich S. // Phys. Rev. Lett. 2000. V. 85. P. 5214.
19. Das A., Chakraborty B., Sood A.K. // Bull. Mater. Sci. 2008. V. 31. P. 579.
20. Saito R., Jorio A., Souza Filho A.G. // Phys. Rev. Lett. 2001. V. 88. P. 027401.
21. Pimenta M.A., Dresselhaus G., Dresselhaus M.S. // Phys. Chem. Chem. Phys. 2007. V. 9. P. 1276.
22. Eckmann A., Felten A., Mishchenko A. // Nano Lett. 2012. V. 12. P. 3925.
23. Lucchese M.M., Stavale F., Ferreira E.H. // Carbon. 2010. V. 48. P. 1592.
24. Cancado L.G., Jorio A., Ferreira E.H.M. // Nano Lett. 2001. V. 11. P. 3190.
25. Lespade P., Marchand A., Couzi M. // Carbon. 1984. V. 22. P. 375.
26. Casiraghi C., Hartschuh A., Qian H. // Nano Lett. 2009. V. 9. P. 1433.
27. Beams R., Cancado L.G., Novotny L. // Nano Lett. 2011. V. 11. P. 1177.
28. Cancado L.G., Pimenta M.A., Neves B.R.A. // Phys. Rev. Lett. 2004. V. 93. P. 247401.
29. Diez-Betriu X., Alvarez-Garsia S., Botas C. // J. Mater. Chem. C. 2013. V. LP. P. 6905.
30. Kudin K.N., Ozbas B., Schniepp H.C. // Nano Letters. 2008. V. 8. P. 36.
31. Александров Г.Н., Смагулова С.А., Капитонов А.Н. // Российские нанотехнологии. 2014. Т. 9. С. 18.
32. Lucchese M.M., Stavale F., Ferreira E.H.M. // Carbon. 2010. V. 48. P. 1592.
33. Yang K., Ni K., Wang Y., Yu T. // Carbon. 2013. V. 52. P. 528.

*Эта часть работы выложена в ознакомительных целях. Если вы хотите получить работу полностью, то приобретите ее воспользовавшись формой заказа на странице с готовой работой:*

<https://stuservis.ru/statya/163171>