

САМЫЙ ЧЕРНЫЙ МАТЕРИАЛ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Республика Беларусь

Туровец У. Е., Ковалева Я. А., Лесниковская А. А.

Позняк А.А. – канд. физ.-мат. наук, доцент

Представлен один из интереснейших углеродных материалов — *Vantablack*, являющийся на сегодняшний день самым чёрным материалом из известных человеку и одной из новых аллотропных модификаций углерода. Кратко рассмотрены история изобретения, строение, свойства, возможные области применения.

Введение

В современном мире развитие современных технологий идёт весьма активными темпами. Что раньше казалось нам лишь научной фантастикой, безграничной фантазией писателей, и не воспринималось всерьёз, теперь обрело реальные очертания. Подобных примеров можно найти сколько угодно.

Р. Курцвейл считает, что все достижения XX века уместились бы в 20 лет при темпе развития 2000 года, иными словами, к 2000 году темп развития был в 5 раз выше, чем средний темп развития в XX веке. Технологии следуют по экспоненциальной кривой, основанной на том факте, что вычислительная мощность возрастает вдвое каждые два года. И хоть сейчас многие не верят в стремительность открытий, в любом случае мы сможем узнать, так ли это будет, только лишь в самом будущем. Ведь, как говорится, «поживем — увидим».

I. Нанообласть

Очень интересно, что живая природа уже издревле использует то, что Человечеству открылось совсем недавно. Живые клетки растут и делятся благодаря непрерывным и взаимосвязанным реакциям в наномасштабах. Примерами использования свойств наномира в живой природе могут послужить эффект лотоса, лапки геккона или рибосомы [1].

То, что человек использует самостоятельно — наноструктуры углерода, — является важной вехой в развитии концепции наночастиц. Углерод — всего лишь одиннадцатый по распространенности в земной коре элемент, однако благодаря уникальной способности его атомов соединяться друг с другом и образовывать длинные молекулы, включающие в качестве заместителей и другие элементы, возникло громадное множество органических соединений, да и сама Жизнь. Но даже соединяясь только сам с собой, углерод способен порождать большой набор различных структур с весьма разнообразными свойствами — так называемых аллотропных модификаций¹ [2].

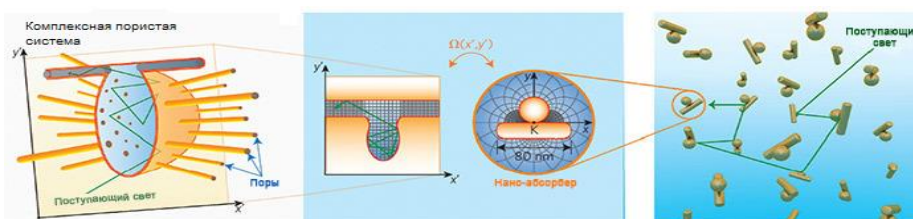


Рис. 1. – Модель поглощения света самым чёрным материалом

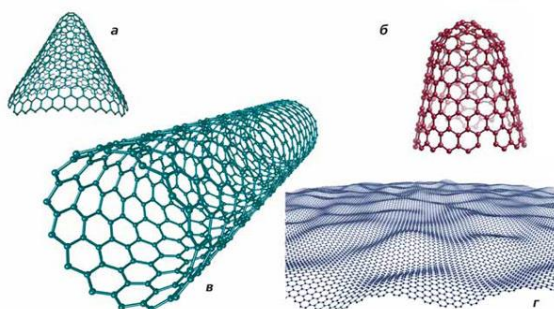


Рис. 2. — Некоторые наноструктуры углерода: а) нанокон, б) нанохорн, в) нанотрубка, г) графен

Например, алмаз является хорошим диэлектриком, эталоном прозрачности и твёрдости, графит — почти идеальный «поглотитель» света, сверхмягкий материал, один из лучших проводников тепла и обладает неплохой электропроводностью. Однако все это лишь на макроуровне, переход же на наноуровень открывает новые свойства углерода. На наноуровне существуют нанотрубки,

¹ Аллотропия (от греч. *alios* — иной и *tropos* — поворот, свойство) — существование одного и того же химического элемента в виде различных по свойствам и строению структур.

фуллерены, графен, наноконусы и т. п. (рис. 1) [3]. Однако это не все возможности углерода...

II. Самый чёрный материал

Группа исследователей из университета науки и технологий короля Абдуллы (Саудовская Аравия) объявила о создании материала с рекордно низкой отражательной способностью в видимом и инфракрасном диапазонах электромагнитного излучения. То есть это самое чёрное вещество на Земле. Как сказано в научной работе, которая опубликована в журнале *Nature Nanotechnology*, идея создания такого материала родилась после изучения белого бриллиантового жука (*Cyphochilus*), самого белого существа в природе [4]. Как и панцирь жука, новый материал покрыт микроскопическими «прутиками» особой формы, представляя собой фактически фотонный кристалл². В данном случае углеродные нанотрубки располагаются на поверхности сфер диаметром 30 нм и должны не отражать, а поглощать максимальное количество света (модель поглощения света самым чёрным материалом представлена на рис. 2). Хаотическое расположение нанотрубок (микрофотографии приведены на рис. 3) создаёт матрицу из волноводов [5]. Учёные также отмечают, что теоретически невозможно создать абсолютно чёрный материал, чтобы он поглощал абсолютно всю световую энергию, которая попадает на него. Однако им удалось приблизиться к идеалу достаточно близко. Структура материала позволяет поглощать примерно 98 — 99% электромагнитного излучения в видимой области спектра и в ИК-диапазоне, а именно с длиной волны от 400 до 1400 нм, причём под любым углом и с любой поляризацией. Этот показатель поглощения света лучше на 26%, чем у любого известного материала. Авторы изобретения говорят, что новый материал достаточно прост в изготовлении, эффективно работает не только в атмосфере, но и под водой [6].

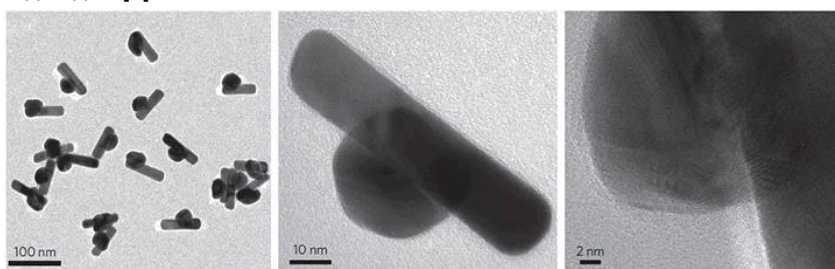


Рис. 3. – Микрофотографии углеродных нанотрубок, выполненные при различных увеличениях

В июле 2017 г. похожий материал представила Британская компания *Surrey NanoSystems*. Лабораторный образец материала, названного *Vantablack*, поглощал 99,96% падающего света, правда только в видимом диапазоне. Принцип работы почти абсолютно чёрного покрытия также основан на свойстве наноструктур из углерода эффективно поглощать свет. На фотографии (без дополнительной обработки) кусок алюминиевой фольги (рис. 4), покрытый *Vantablack*, выглядит, как область, залитая чёрным цветом в графическом редакторе.



Рис. 4. – Кусок алюминиевой фольги, покрытый *Vantablack*

В *Surrey NanoSystems* не называют точной цены *Vantablack*, но признаются, что стоит покрытие недёшево. Свойство наноструктур из углерода эффективно поглощать практически весь свет было известно довольно давно, однако не существовало способа нанесения такого покрытия при низкой температуре. Специалистам компании удалось разработать низкотемпературный процесс создания покрытия с хорошей адгезией — оно способно выдержать перегрузки и вибрации при старте космической ракеты.

Справедливости ради следует отметить, что приоритет в изобретении практически абсолютно поглощающего видимый свет материала опять же принадлежит не человечеству. «Нанотехнологичное» оперение некоторых видов райских птиц (рис. 5) из Папуа-Новой Гвинеи с чёрной окраской поглощает 99,95% видимого света, что сопоставимо с искусственными ультра-чёрными наноматериалами, используемыми при проектировании космических телескопов. Микроскопические структуры оперения даже напоминают

² Фотонный кристалл — твёрдотельная структура с периодически изменяющейся диэлектрической проницаемостью либо неоднородностью, период которой сравним с длиной волны света.

конструкции, разработанные инженерами для создания ультра-чёрных материалов, используемых для обеспечения поглощения света в солнечных батареях [7].



Рис. 5. – Ультра-чёрный самец одного из видов райских птиц

III. Исключительные свойства *Vantablack*

1. Сверхнизкий коэффициент отражения — *Vantablack* поглощает 99,965% света (длина волны 750 нм).
2. Ультрафиолетовое (УФ), видимое и инфракрасное (ИК) поглощение. Абсорбция работает от УФ (длина волны 200 — 350 нм), через видимый (350 — 700 нм) и инфракрасный (> 16 мкм) спектр.
3. Очень высокая теплопроводность — отлично подходит для источников калибровки черного тела.
4. Супер-гидрофобный — в отличие от других черных покрытий, вода не влияет на оптические свойства.
5. Очень высокая устойчивость к термическому удару. Неоднократное погружение подложки с покрытием *Vantablack* в жидкий азот при минус 196 °С, а затем перенос на горячую пластину, нагретую до 300 °С на воздухе, не влияет на ее свойства.
6. Устойчив к сильным ударам и колебаниям. Это было проверено: *Vantablack* во время испытаний подвергали сильным ударам и колебаниям.
7. Низкие дегазация и потеря массы — Европейское космическое агентство организовало эксперименты, подтверждающие данное свойство.
8. Отличная функция распределения двунаправленного отражения. Даже при небольших углах уровень черноты превосходит все другие супер-чёрные покрытия.

Заключение

Материалы с исключительно низкой отражательной способностью могут быть полезными в различных отраслях промышленности, в военном деле, производстве солнечных батарей, для опреснения воды, в системах оптической связи и т. д. Новое покрытие в первую очередь найдёт применение в науке — при создании более чувствительных оптических приборов. *Vantablack* позволит более эффективно зачернять внутренние поверхности и детали телескопов и камер, позволяя им различать самый слабый свет от далёких и тусклых звёзд. Материалом заинтересовались и военные, а в будущем, если удастся значительно удешевить производство, подобные покрытия могут появиться и в потребительской фото и видеотехнике.

Список использованных источников:

1. Ткачук, В. А. Нанотехнологии и медицина / В. А. Ткачук // Российские нанотехнологии. — 2009. — №4. — С. 9 — 11.
2. Оствальд, В. Мир обойденных величин / В. Оствальд, В. В. Шарвин, Н. Н. Малютин. — М.: изд-во «Мир», 1923. — 228 с.
3. Пиотровский, Л. Фуллерены в биологии / Л. Пиотровский, О. Киселев. — СПб: изд-во «Росток», 2006. — 336.
4. Mann, S. Life is nanoscale phenomenon / S. Mann // *Angewandte Chemie International Edition*. — 2008. — Vol. 47, Iss. 29. — P. 5306 — 5320.
5. Cao, A. Tandem structure of aligned carbon nanotubes on Au and its solar thermal absorption / A. Cao [et al] // *Solar Energy Materials & Solar Cells*. — 2002. — Vol 70, Iss. 4. — P. 481 — 486.
6. Lenert, A. A nanophotonic solar thermophotovoltaic device / A. Lenert [et al] // *Nature Nanotechnology*. — 2014. — № 9. — P. 126 — 130.
7. Пушкарёв, Г. Ученые обнаружили в Австралии птиц с невероятно черными крыльями // Г. Пушкарёв / Комсомольская правда. Беларусь. — 10 января 2018, 13:03. [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <https://www.kp.by/daily/26780.4/3813307/>. — Дата доступа: 29.03.2018.