

Графен-на-стекле позволяет получить легированный транзистор

Питер КЛАРК (Peter CLARKE)
Перевод: Владимир РЕНТЮК

Команда ученых из Университета штата Нью-Йорк разработала метод создания графеновых слоев на обычном стекле с добавкой, дающей преимущество легирования.

Графен представляет собой лист, сформированный из углерода толщиной в один слой атомов, обладающий высокой подвижностью электронов. На его основе ученые уже разработали пригодную для использования в промышленных масштабах и недорогую технологию для изготовления микроэлектронных и оптоэлектронных приборов. Высокая проводимость и прозрачность графена делают его кандидатом для использования в качестве прозрачного токопроводящего электрода, который позволит заменить относительно хрупкий и дорогостоящий оксид индия и олова (ITO — indium tin oxide) в таких приложениях, как солнечные батареи, органические светодиоды (OLED), плоские дисплеи и сенсорные экраны.

Ученые изготовили графеновые устройства на подложках из натриево-кальциево-силикатного стекла — в настоящее время самого распространенного стекла, которое применяется для изготовления бутылок и окон, и обнаружили, что присутствие атомов натрия в стекле дало положительный эффект. Этот эффект оставался устойчивым в устройствах даже после того, как они подверглись внешнему воздействию на открытом воздухе на протяжении нескольких недель.

На рис. 1 представлены: микроснимок, полученный со сканирующего электрон-

ного микроскопа (он сверху) с белым масштабированным прямоугольником размером 10 мкм, и снимок CIGS/графен-интерфейса (CIGS — селенид меди-индия-галлия), полученный на трансмиссионном электронном микроскопе, здесь белый масштабированный прямоугольник имеет размер 100 нм [1].

«Натрий в составе натриево-кальциево-силикатного стекла создает высокую плотность электронов в графене, которая имеет важное значение для многих процессов, и ее было очень сложно добиться», — сказал Нандитха Дассанаяке (Nanditha Dissanayake) из компании Voxel, Inc., ранее работавший в Брукхейвенской национальной лаборатории, а также в журнале Scientific Reports.

Работа группы ученых первоначально была сосредоточена на оптимизации солнечного фотоэлемента, содержащего графен, который размещался на полупроводнике из селенида меди-индия-галлия (CIGS). В свою очередь полупроводник был помещен на промышленной подложке из натриево-кальциевого стекла. Затем, чтобы обеспечить основу для проверки эффектов последующего легирования, ученые провели предварительные испытания этой новой системы. Однако тесты показывали нечто уж совсем странное — графен уже оказался оптимально легированным без введения каких-либо дополнительных химических веществ.

На рис. 2 представлена схема графенового полевого транзистора, использованного в данном исследовании. Устройство состоит из ячейки солнечного элемента, содержащей графен, наложенный поверх полупроводника — селенида меди-индия-галлия (CIGS), который, в свою очередь, был размещен на промышленной подложке, выполненной из натриево-кальциевого стекла (SLG) или из боросиликатного стекла (BSG) без содержания натрия [1].

При испытаниях было установлено, что легирующей добавкой для графена стали атомы натрия. Этот эффект дал возможность сформировать жизненно важную для создания транзисторных устройств часть, в которой различие в электронно-дырочной плот-

ности вносит вклад в их действие. Механизм локализации, благодаря которому натрий выступает в качестве легирующей примеси, стал предметом кропотливого исследования системы и ее производительности в самых различных условиях, в том числе при непосредственном изготовлении устройств и измерении влияния степени легирования на широком диапазоне подложек как с содержанием натрия, так и без него.

Сотрудничество в этом направлении было продолжено уже во главе с учеными департамента США по энергетике (DOE — Department of Energy) и Брукхейвенской национальной лаборатории, а также с Университетом штата Нью-Йорк в Стоуни-Брук (SBU) и Колледжем Наноскейл Сайенс энд Инжиниринг из политехнического института SUNY.

Теперь ученые должны более глубоко исследовать основы этого нового механизма легирования и более тщательно изучить материалы на предмет их устойчивости в реальных условиях эксплуатации. Первые результаты, однако, предполагают, что стекло-графеновый метод оказался намного более устойчив к деградации, чем это наблюдается при использовании многих других методов легирования. ■

Литература

1. Брукхейвенская национальная лаборатория США. www.bnl.gov

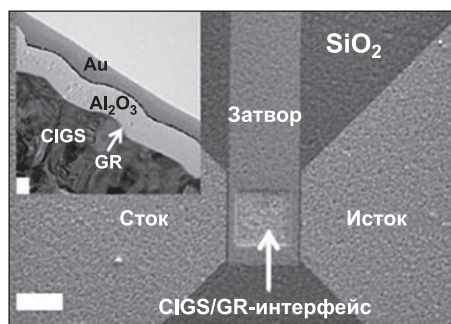


Рис. 1. Микроснимок, полученный со сканирующего электронного микроскопа (он сверху), и снимок CIGS/графен-интерфейса (CIGS — селенид меди-индия-галлия)

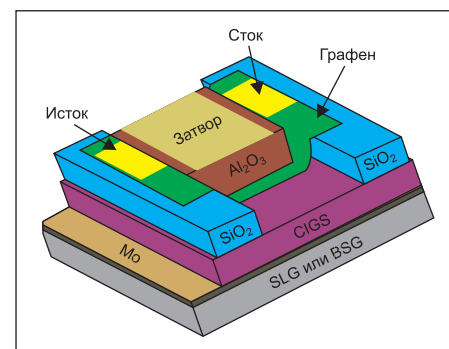


Рис. 2. Схема графенового полевого транзистора