

Наблюдение гексагональной сверхструктуры на пиролитическом графите методом особенность-ориентированной сканирующей туннельной микроскопии

Р. В. Лапшин^{1,2}

¹ НИИ Физических проблем им. Ф. В. Лукина, 124460, г. Зеленоград, Россия

² Московский институт электронной техники, 124498, г. Зеленоград, Россия

Появление на поверхности высокоориентированного пиролитического графита (ВОПГ) гексагональных сверхструктур (ГСС, Рис. 1) хотя и достаточно редко возникающий, но уже довольно хорошо изученный феномен [1]. Характерной чертой ГСС является постоянная “решётки”, величина которой может в десятки и сотни раз превосходить постоянную кристаллической решётки пирографита $a=2.46 \text{ \AA}$. Природа наблюдаемого феномена объясняется явлением муара [1]. Муар возникает на поверхности графита в результате поворота на небольшой угол θ вокруг вертикальной оси верхнего слоя атомов относительно остального тела кристалла.

Представленные измерения ГСС выполнены на сканирующем туннельном микроскопе (СТМ) Солвер™ Р4 (НТ-МДТ, Россия) на воздухе при комнатной температуре методом особенность-ориентированного сканирования (ООС) [2]. Применение метода ООС позволило (Рис. 2а) *in situ* исключить из результатов измерений погрешности, связанные с тепловым дрейфом микроскопа, ползучестью и гистерезисом манипуляторов пьезосканера.

Влияния нелинейностей, неортогональностей и паразитных связей манипуляторов исключаются из измерений путём использования калибровочной базы данных (КБД) [3]. КБД также получена с применением метода ООС в ходе распределённой калибровки сканера, выполненной по кристаллической решётке ВОПГ.

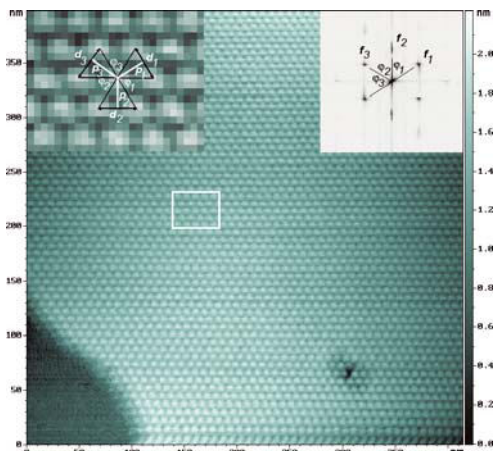


Рис. 1. СТМ-изображение ГСС на поверхности пирографита.

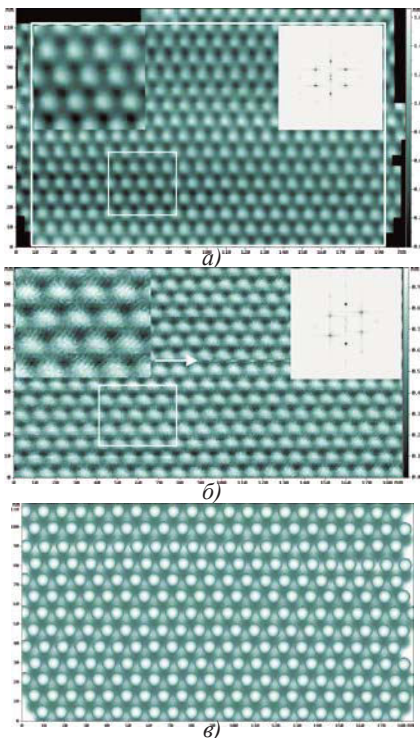


Рис. 2. Необработанные изображения ГСС: (а) особенность-ориентированное сканирование; (б) обычное сканирование. (в) Модельное представление ГСС. Средняя постоянная решётки (а), (в) 8.9 нм, (б) 8.4 нм.

9.81±0.05 нм. Анализ измерений показал, что наблюдаемая ГСС не является результатом биения, возникающего из-за наложения периодической структуры СТМ-растра на атомную структуру поверхности ВОПГ. Особенностью обнаруженной ГСС является необычно большой более 2 нм перепад высоты рельефа, а также довольно точное совпадение одного из направлений ГСС с направлением быстрого сканирования *оx*.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 14-08-00001) и Министерства образования и науки РФ (контракты 14.429.11.0002, 14.430.12.0004).

1. *W.-T. Pong, C. Durkan*, J. Phys. D, 2005, 38, R329-R355.
2. *R. V. Lapshin*, Nanotechnology, 2004, 15, 1135-1151 (www.niifp.ru/staff/lapshin/).
3. *Р. В. Лапшин*, РЭМ-2011, Черноголовка, 2011, 94 (www.niifp.ru/staff/lapshin/).

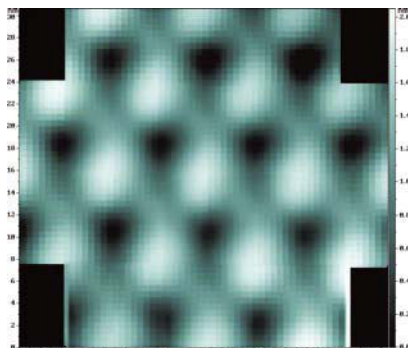


Рис. 3. Необработанное изображение ГСС, полученное методом ООС в режиме высокого разрешения. Средняя постоянная решётки 8.8 нм.

Отсутствие влияния дрейфа на результаты сканирования сделало возможным усреднение большого числа измерений. Благодаря большим усреднениям полученные изображения рельефа сверхструктуры имеют низкий уровень шумов и помех, а также более высокое пространственное разрешение (Рис. 3).

Применение ООС позволило точно определить линейные и угловые параметры решётки сверхструктуры. В частности, период сверхструктуры после нелинейной коррекции изображения по КБД составил