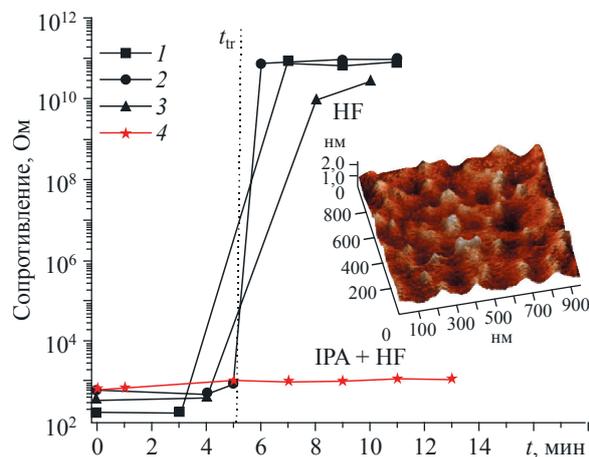


## ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ II.7. ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ: НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И СТРУКТУРЫ, В ТОМ ЧИСЛЕ ФУЛЛЕРЕНЫ, НАНОТРУБКИ, ГРАФЕНЫ, ДРУГИЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ, А ТАКЖЕ МЕТАМАТЕРИАЛЫ

### Программа II.7.3. Перспективные полупроводниковые материалы нанoeлектроники и нанoфотоники (координатор член-корр. РАН А. В. Двуреченский)

В Институте физики полупроводников им. А. В. Ржанова предложена и реализована технология создания флуорографена путем



**Рис. 2.** Зависимость удельного сопротивления мультиграфена от времени обработки в 5%-м водном растворе плавиковой кислоты. Толщина мультиграфена, нм: 6 (1), 5 (2), 3 (3), 4 (4). Линия IPA + HF соответствует структуре, подвергнутой предварительной обработке в изопропиловом спирте.

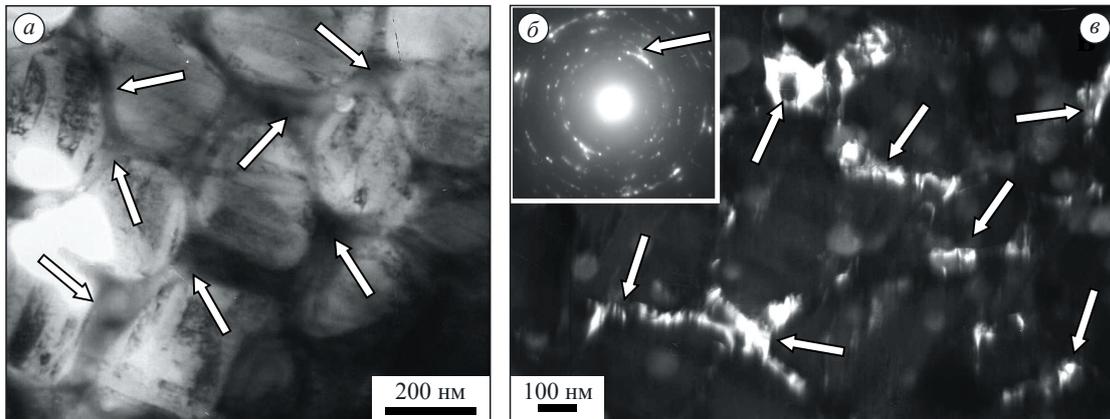
обработки графена или многослойных графеновых структур в 5%-м водном растворе плавиковой кислоты. Обнаружен резкий по времени переход металл—диэлектрик при обработке в течение некоторого времени  $t_{tr}$  (рис.2). Исследованы изменения в морфологии поверхности в зависимости от времени обработки и показано, что для времен  $t < t_{tr}$  наблюдается формирование непроводящей сетки с рельефом несколько нанометров. Для времен  $t > t_{tr}$  наблюдается формирование гофрированной поверхности с периодом порядка 200—300 нм и высотой 4—10 нм. Увеличение времени обработки приводит к уменьшению периода и увеличению высоты рельефа.

Найдено, что предварительная обработка структур в изопропиловом спирте (линия IPA + HF на рис. 2) подавляет взаимодействие с ионами фтора, приводящее к формированию флуорографена. Это обеспечивает возможности для локального перевода графена в флуорографен и открывает новые интересные перспективы использования функционализации графена в водном растворе плавиковой кислоты для дизайна приборных структур.

### Программа II.7.4. Наноструктурные слои и покрытия: оборудование, процессы, применение (координатор докт. техн. наук Н. Н. Коваль)

В Институте сильноточной электроники разработан способ формирования нано- и субмикрoкристаллической (размер кристаллитов 20—300 нм) многофазной структуры несмешиваемых компонентов (например, железо—медь). Метод заключается в жидкофазном легировании поверхности стали продуктами электрического взрыва медной фольги с последующим импульсным плавлением легиро-

ванного слоя интенсивным импульсным электронным пучком микро- и субмиллисекундной длительности. Характерное изображение структуры поверхностного слоя, формирующегося при таком способе обработки, приведено на рис. 3. Псевдосплавы Fe—Cu имеют более высокую коррозионную стойкость во влажной атмосфере и в растворах солей, чем литая сталь, обладают повышенной демпфирующей



**Рис. 3.** Электронно-микроскопическое изображение структуры поверхностного слоя стали 45, подвергнутой электровзрывному легированию медью и последующей обработке высокоинтенсивным электронным пучком.

*a* — светлое поле; *б* — микроэлектроннограмма; *в* — темное поле, полученное в рефлексе  $[002]Cu$ . Стрелками указано: на *a* и *в* прослойки меди, на *б* — рефлекс, в котором получено темное поле *в*.

способностью при вибрационном нагружении, самосмазкой в условиях сухого трения, электроэрозионной стойкостью и износостойкостью при работе в качестве электродов. По-

лученные результаты могут найти применение при модернизации поверхностей ответственных деталей авиакосмической техники, машиностроения и электроэнергетической отрасли.

**Программа П.7.5. Функциональные материалы и структуры для приборов твердотельной техники. Электроника, оптика, системы памяти, сенсоры (координатор акад. Ф. А. Кузнецов)**

В Институте лазерной физики проведены спектроскопические и генерационные исследования новых активных элементов — композитных кристаллов калий-лутециевых вольфраматов, активированных тулием. Такие композитные структуры представляют собой относительно тонкие кристаллические пленки с РЗМ-ионами, эпитаксиально выращенные на кристалл (матрицу) с близкими параметрами кристаллической решетки. Основным преимуществом этих структур является возможность

существенного увеличения выходной лазерной мощности, поскольку порог разрушения композитных кристаллов значительно выше, чем у монокристаллических тонких слоев, которые широко используются в дисковых лазерах. На композитных кристаллах была получена мощность около 6 Вт в непрерывном режиме, показана возможность повышения выходной мощности до 50 Вт в инфракрасном диапазоне, на длине волны около 2 мкм.