

## ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ 2.2. ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

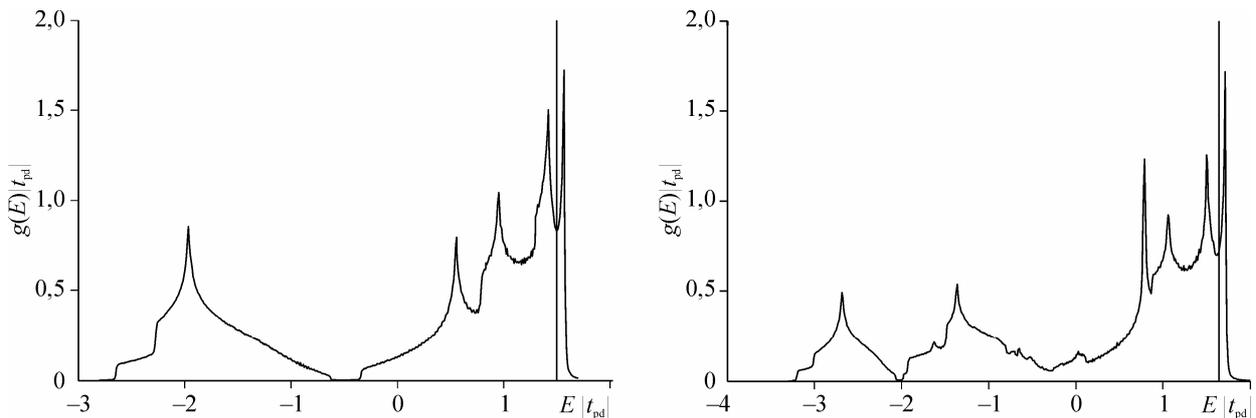
### Программа 2.2.1. Физика магнитных явлений, магнитные материалы и структуры (координатор акад. К. С. Александров)

Учеными Института физики им. Л. В. Киренского в рамках модели Эмери рассмотрено влияние сильного межузельного кулоновского взаимодействия хаббардовских фермионов на характер основного состояния и энергетическую структуру высокотемпературных сверхпроводников. Получена замкнутая система уравнений самосогласования, основанная на использовании газового приближения, а также на включении в базисный набор дополнительных

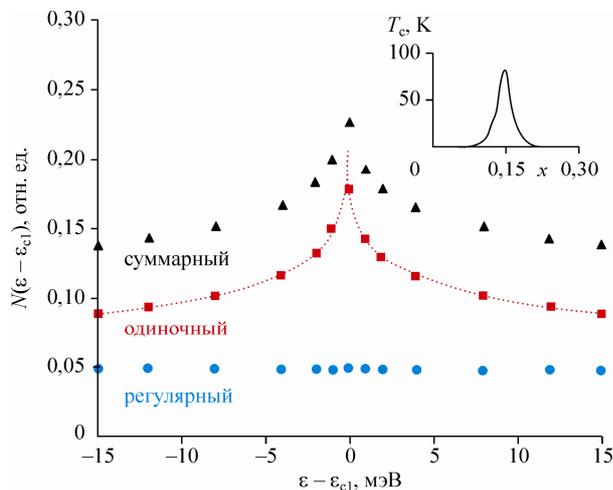
функций Грина:

$$\langle\langle \Phi_f^{0\sigma} | X_g^{\sigma 0} \rangle\rangle = \sum_{\delta} \langle\langle X_f^{0\sigma} (X_{f+\delta}^{00} - h) | X_g^{\sigma 0} \rangle\rangle.$$

Эти функции описывают коррелированные процессы уничтожения электрона на узле  $f$ , поскольку результат действия оператора  $X_f^{0\sigma}$  зависит от ближайшего конфигурационного окружения этого узла  $f$ . Такой метод описания межузельных взаимодействий является естест-



**Рис. 10.** Плотность электронных состояний модели Эмери в режиме сильных электронных корреляций при учете межузельных корреляций в приближении Хаббард-I (слева) и при учете зон флуктуационных состояний (справа) при уровне легирования  $P = 0,27$ . Сплошными вертикальными линиями показано положение химического потенциала.



**Рис. 11.** Логарифмическая сингулярность в точке перехода Лифшица при  $x = 0,15$ . На вставке показана концентрационная зависимость критической температуры.

венным обобщением подхода Хаббарда к проблеме учета сильных одноузельных корреляций. Напомним, что в работе Хаббарда базис был расширен посредством добавления функций Грина  $\langle\langle a_{f\sigma} \hat{n}_{f\bar{\sigma}} | a_{g\sigma}^+ \rangle\rangle$ .

Качественно новый результат, обусловленный учетом сильных межузельных корреляций, заключается в появлении зон флуктуационных состояний, спектральная интенсивность которых растет по мере увеличения среднеквадратичных флуктуаций чисел заполнения (рис. 10).

### Программа 2.2.2. Фундаментальные основы твердотельных устройств микро- и нанoeлектроники (координатор член-корр. РАН И. Г. Неизвестный)

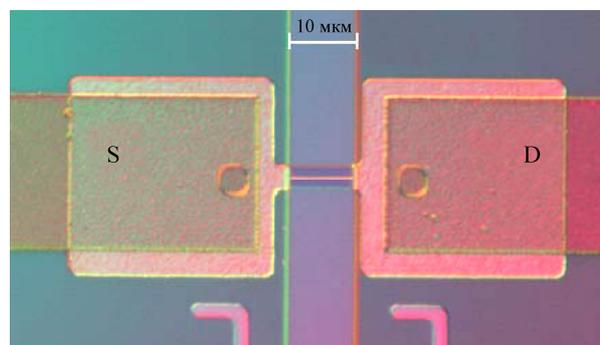
Учеными Института физики полупроводников им. А. В. Ржанова разработана универсальная платформа с матрицей кремниевых нанопроволочных транзисторов (КНПТ) с открытым каналом на основе слоев кремний-на-изоляторе (КНИ) и виртуальным затвором из адсорбированных веществ (рис. 12) для высокочувствительных био- и химических сенсоров, в частности, детекторов органических молекул в жидкостях и токсичных и/или взрывчатых веществ в атмосфере. Показано, что предложенный технологический маршрут, основанный на переносе стандартных высокотемпературных КМОП-процессов в начальную фазу, а формирование кремниевых нанопроволок без подтрава изолирующего диоксида кремния во фторидной газоплазменной среде — в конечную стадию технологического процесса, обеспечивает:

чувствительность к адсорбированным веществам в диапазоне концентраций  $10^{-14}$ — $10^{-15}$  моль/л;

значения эффективной подвижности в нанометровых КНИ-транзисторах с толщиной отсеченного слоя кремния 10—50 нм —  $400 \text{ см}^2 \text{ В}^{-1} \text{ с}^{-1}$  и  $100 \text{ см}^2 \text{ В}^{-1} \text{ с}^{-1}$  для электронов в аккумуляции и дырок в инверсии соответственно. Ограничения определяются рассеянием носителей заряда на границе сращивания Si/SiO<sub>2</sub>-структур КНИ. Полученные значения сравнимы с данными для термических оксидов на объемном кремнии.

Учеными этого же Института в рамках модели  $t-t'-t''-J^*$ , параметры которой рассчитаны из микроскопического описания сильно коррелированных электронов в La<sub>2-x</sub>Sr<sub>x</sub>CuO<sub>4</sub>, показано наличие двух квантовых фазовых переходов Лифшица с изменением топологии поверхности Ферми с ростом допирования и с изменением сверхсильного магнитного поля. Первый переход определяет точку оптимального допирования (рис. 11), а второй — точку перехода в фермижидкостное состояние.

На основе данного технологического процесса изготовлены чипы с матрицами КНИ-нанопроволочных транзисторов и подтверждена их фемтомольная чувствительность к тестовым органическим и неорганическим молекулам, не уступающая уровню лучших мировых результатов. Совместно с научно-исследовательским Институтом биомедицинской химии им. В. Н. Ореховича РАМН проводятся клинические испытания и разрабатываются методы иммобилизации антител на КНИ-нанопроволочные транзисторы с целью увеличения чувствительности (до 1 фемтомоля по белкам) и селективности при выявлении одиночных раковых клеток и клеток кишечной палочки.



**Рис. 12.** Микрофотография отдельного КНИ-нанопроволочного транзистора на чипе, состоящего из областей истока (S), стока (D) и открытого канала с размерами  $30 \times 50 \times 10000$  нм между ними, после электронной литографии и фторидной газоплазменного травления перед упаковкой в микрожидкостную ячейку.