

## МАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС ТОЧЕЧНЫХ ЦЕНТРОВ В КРЕМНИЕВЫХ МИКРОРЕЗОНАТОРАХ

Цель работы — регистрация оптически и электрически детектируемого электронного парамагнитного резонанса точечных центров в микрорезонаторах, встроенных в плоскость одиночной кремниевой квантовой ямы.

Решение этой задачи стало возможным благодаря планарной кремниевой нанотехнологии, использование которой позволило получить сверхузкие кремниевые квантовые ямы (СККЯ) шириной 2 нм, ограниченные дельта-барьерами шириной 3 нм на поверхности монокристаллического кремния (100) (рис. 1а). Спектральные характеристики фото- и электролюминесценции СККЯ р-типа проводимости отражают резонансный характер оптических переходов между уровнями размерного квантования в валентной зоне, которые стимулируют излучение в инфракрасном диапазоне длин волн.

Одновременно кремниевая нанотехнология позволяет путем использования процессов самоорганизации наноструктур, встроенных в плоскость СККЯ, формировать систему фрактальных микрорезонаторов (рис. 1б), настроенных на характерные длины волн ИК-излучения, что делает возможным многократное усиление его интенсивности. Кроме того, разработанная нанотехнология получения дельта-барьеров, ограничивающих сверхузкие СККЯ, позволяет использовать их в качестве генераторов тера- и гигагерцевого излучения, которое, в свою очередь, играет роль модулирующего для ИК-излучения. Глубина терагерцевой модуляции может быть резко усилена, если создать систему микроволновых резонаторов, варьируя геометрические размеры приборной структуры и распределение в ней электрического поля в условиях напряжения, приложенного к контактам (рис. 1с).

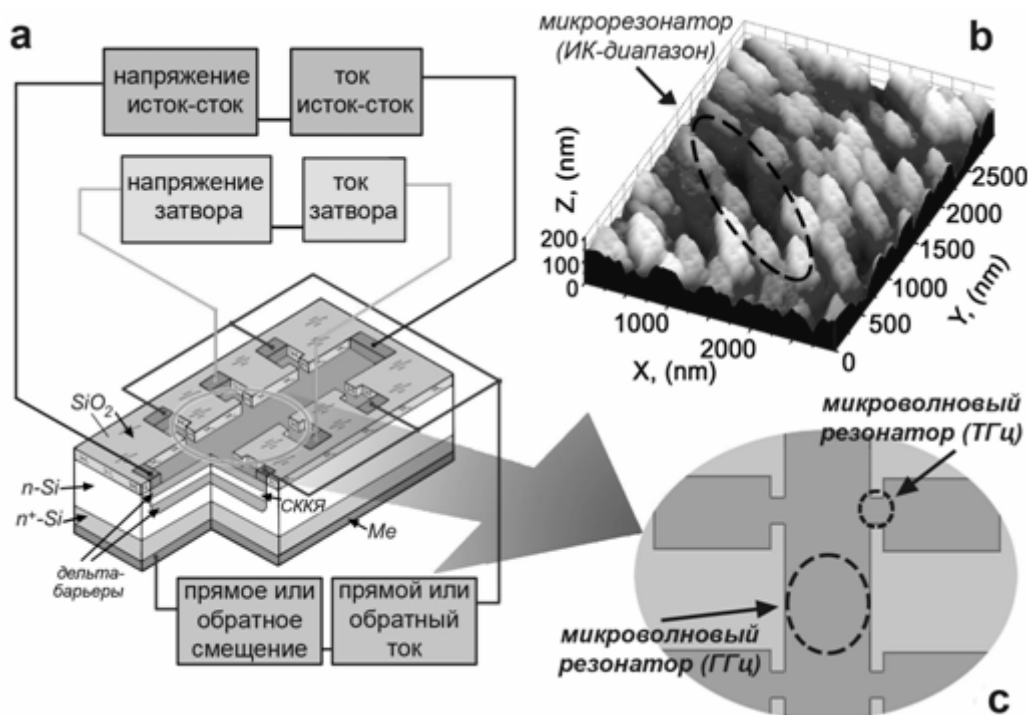


Рис. 1. Холловский мостик на основе СККЯ р-типа проводимости, ограниченной дельта-барьерами на поверхности монокристаллического кремния п-типа (а) со встроенными микрорезонаторами инфракрасного; (см. фрагмент СТМ изображения (б)) тера- и микроволнового (с) диапазона длин волн

В процессе исследований был обнаружен оптически детектируемый электронный парамагнитный резонанс (ЭПР) тригональных центров  $FeB$ , содержащихся в СККЯ, в плоскость которой на поверхности Si (100) встроена система кремниевых микрорезонаторов инфракрасного (1.33 мкм) и микроволнового ( $9 \cdot 10^9$  Гц) диапазона длин волн электромагнитного спектра. Пары  $FeB$  формировались на основе остаточных атомов железа вблизи дельта-барьеров, сильнолегированных бором.

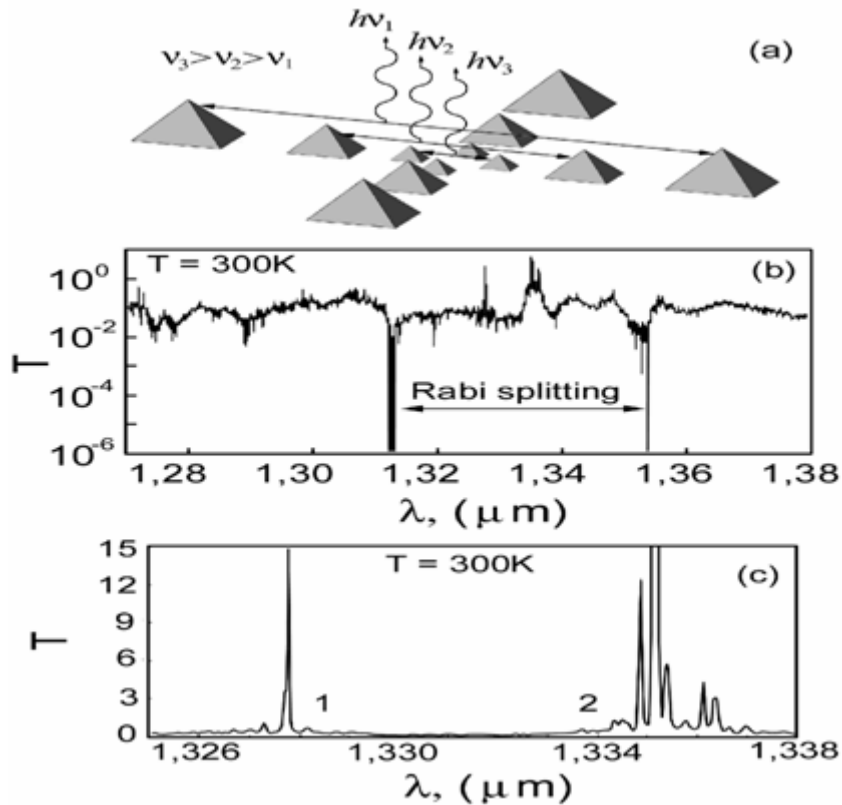


Рис. 2. Фрактальная система встроженных микрорезонаторов (а). Спектры пропускания, полученные с помощью IFS-115, которые демонстрируют эффективное поглощение при формировании экситона, связанного на центре  $FeB$ , благодаря высокой добротности встроженного микрорезонатора (b), а также спектр фотолуминесценции при рекомбинации связанного экситона и спектр ЭПР тригонального центра  $FeB$  в спектральном диапазоне расщепления Раби (с)

Показано, что сильное  $sp-d$  взаимодействие является причиной эффективного Оже-процесса передачи энергии при рекомбинации экситона, связанного на центрах  $FeB$ , в систему внутрицентровых переходов. Интенсивность внутрицентровых переходов, обнаруженных в спектрах пропускания, была резко усилена вследствие формирования кремниевых оптических микрорезонаторов с рекордно высокой добротностью, которая проявилась при регистрации расщепления Раби (рис. 2а) [1].

Обнаружено, что сильное  $sp-d$  обменное взаимодействие приводит также к спиновому расщеплению соответствующих мультиплетов, что позволило впервые зарегистрировать не только оптически детектируемый ЭПР тригональных пар  $FeB$ , который был обнаружен в нулевом магнитном поле внутри спектрального диапазона расщепления Раби (рис. 2b), но и осуществить электрическое детектирование ЭПР этих точечных центров.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. G.Khitrova, H.M.Gibbs, F.Jahnke, M.Kira, S.W.Koch. Reviews of Modern Physics, v.71, p.p.1591-1639, (1999).