

# **Исследование характеристик высокотемпературного одноэлектронного транзистора на основе наноструктур с одиночной квантовой точкой**

Организация-исполнитель: ИФП СО РАН

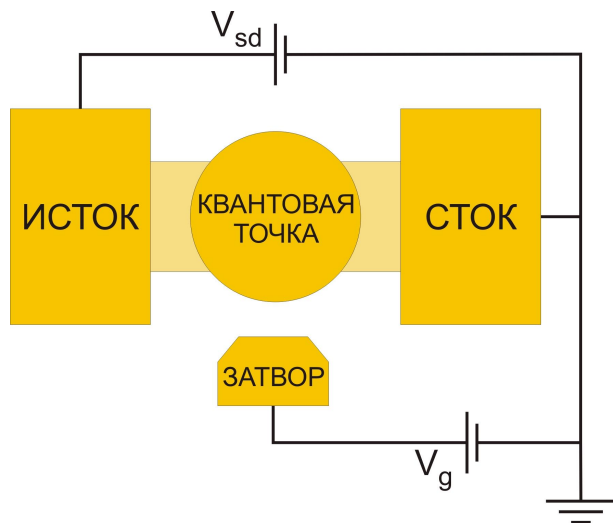
Научный руководитель: д-р физ.-мат. наук

Погосов Артур Григорьевич

[pogosov@isp.nsc.ru](mailto:pogosov@isp.nsc.ru)

8 (383) 333-10-87

# Одноэлектронный транзистор с эффектом кулоновской блокады



**Одноэлектронный транзистор** — квантовая точка, отделенная от областей истока и стока туннельными барьерами.

**Кулоновская блокада** — блокирование туннелирования электронов через заряженную квантовую точку вследствие их кулоновского отталкивания.

Эффект кулоновской блокады туннелирования справедливо рассматривается как физический механизм, который может лечь в основу работы новых полупроводниковых приборов для элементной базы микро- и наноэлектроники.

**Проблема:** существенным ограничением работы таких устройств является низкая рабочая температура.

Верхний предел рабочей температуры определяется зарядовой энергией  $E_C = e^2/C$ , где  $C$  — электростатическая емкость квантовой точки.

В обычных одноэлектронных транзисторах квантовая точка находится в массиве полупроводника.

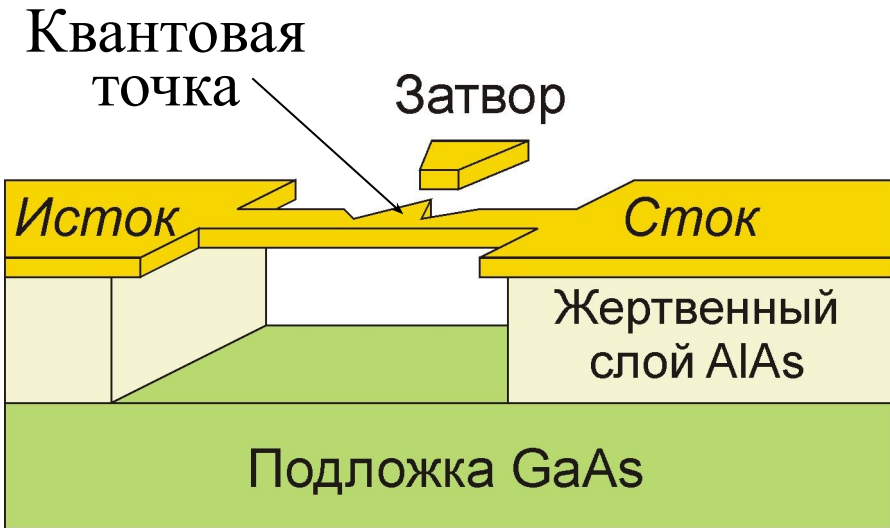
# Способы увеличения рабочей температуры:

- Создание нанопроволочных одноэлектронных транзисторов (углеродные нанотрубки)  
Проблема: сложности в сочленении с полупроводниковой технологией
- Металлические и кремниевые транзисторы с малыми квантовыми точками (10 нм)  
Проблема: трудности в создании разветвленной геометрии
- Вертикальные транзисторы  
Проблема: нелатеральная геометрия, сложности в создании контактов

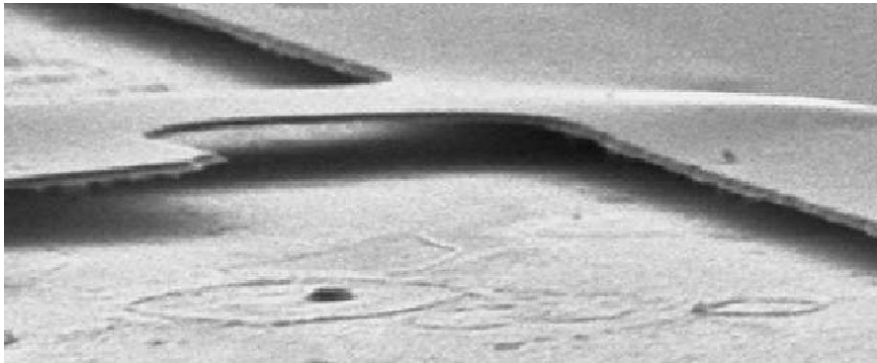
## Идея проекта:

- Создание одноэлектронных транзисторов с квантовой точкой, оторванной от подложки

# Отрыв от подложки



*Схема подвешенного транзистора*



*Проводящая полупроводниковая мембрана  
(электронный микроскоп)*

Резкое увеличение зарядовой энергии  $E_c$ :

Подложка обладает высокой  $\epsilon \approx 10$ .

При комнатной температуре:

$$E_c = 300 \text{ К} \quad (E_c = e^2/C)$$

- Для обычного транзистора:

$$C \approx \epsilon a \Rightarrow a \approx 10 \text{ нм}$$

- Для подвешенного транзистора:

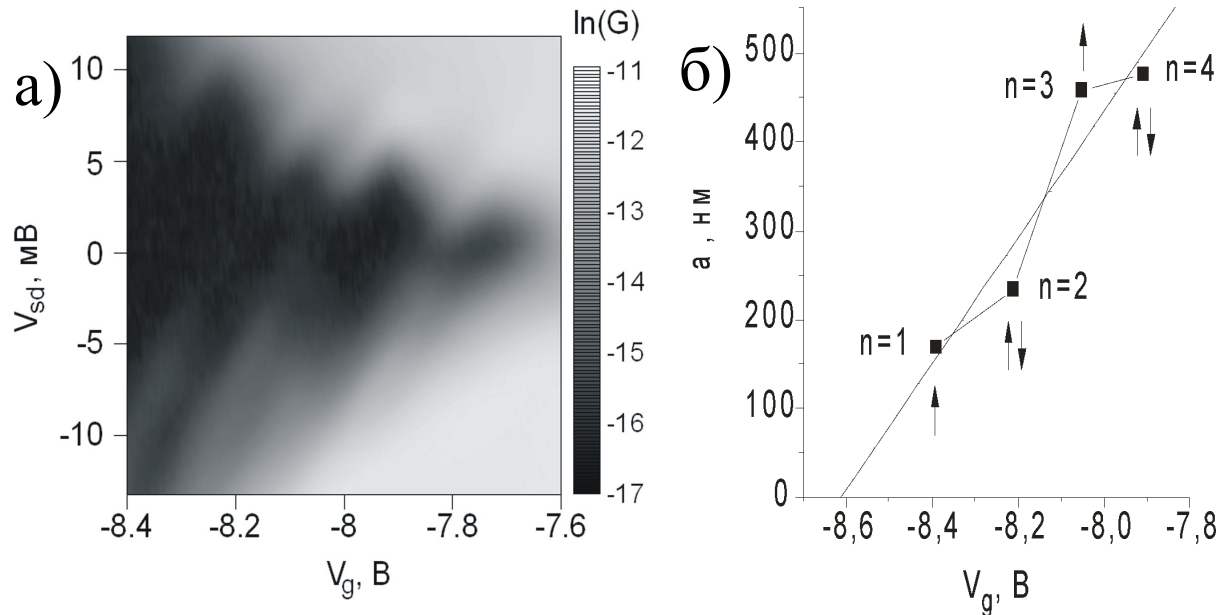
$$C \approx a \Rightarrow a \approx 100 \text{ нм}$$

**Выигрыш в размере в  $\sim 10$  раз!**

Отрыв от подложки производится селективным травлением жертвенного слоя AlAs

# Предварительные результаты

- Зарядовая энергия одноэлектронного транзистора увеличилась с 3,5 мэВ (40 К в температурных единицах) для неподвешенного транзистора до 13 мэВ (**150 К**) для подвешенного при литографическом размере квантовой точки **600 нм**.
- При этом зарядовая энергия (а также эффективный размер квантовой точки  $a$ ) меняется вместе с числом электронов на квантовой точке (ромбы кулоновской блокады неодинаковой величины). Число электронов меняется от 0 до 4 в эксперименте.
- Обнаружена блокада туннелирования, дополнительная к кулоновской (слипание ромбов кулоновской блокады) Предположительно, эта блокада связана с упругими деформациями нанопроволоки (упругая блокада) .



а) Кондактанс  $G$  одноэлектронного транзистора как функция затворного  $V_g$  и тянущего  $V_{sd}$  напряжений

б) Эффективный линейный размер квантовой точки как функция затворного напряжения ( $n$  – число электронов)

# Результаты, ожидаемые в 2009 г.

1. Будут изготовлены подвешенные одноэлектронные транзисторы с высокой зарядовой энергией  $E_c$  на основе гетероструктур GaAs/AlGaAs. Ожидаемые значения  $E_c$  150 – 300 К в температурных единицах.
2. Будут изучены температурные зависимости кондуктанса полученных транзисторов.
3. Будут исследованы вольтамперные характеристики полученных транзисторов и их температурные зависимости в интервале температур 4,2 – 70 К.
4. Будет найден физический механизм, ответственный за блокаду туннелирования, дополнительную к кулоновской, наблюдаемую в режиме малого числа электронов на квантовой точке.