

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»

# **Отчёт по практикуму по экспериментальной физике. Лабораторная работа «Coulomb Blockade Thermometer»**

г. Москва,  
2019

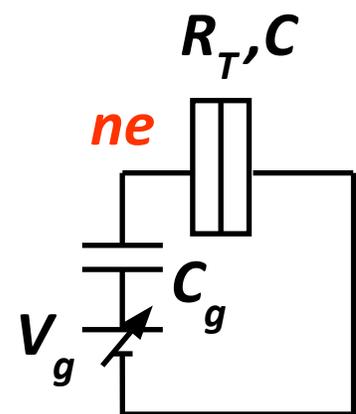
Работа выполнена  
студентом группы  
M02-924p  
Кудряшовым Андреем.

# Содержан ие

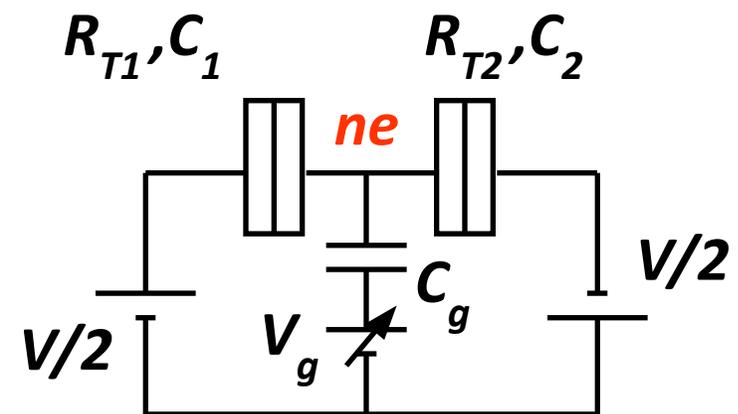
- Пара слов о кулоновских явлениях
- Принцип работы термометра
- Электронная и фононная температуры
- Полученные результаты
- Выводы

# ОСНОВЫ КУЛОНОВСКИХ ЯВЛЕНИЙ

Single-electron box



Single-electron transistor



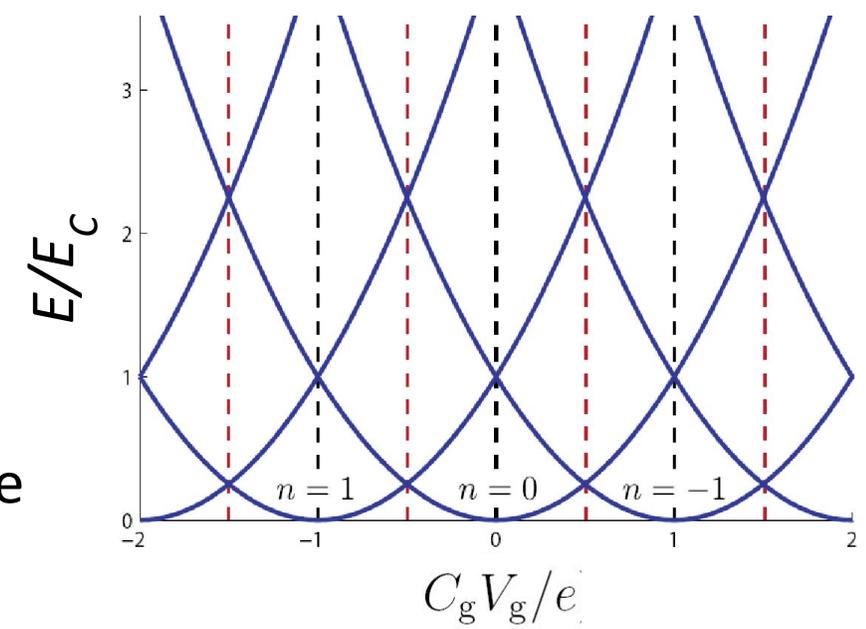
Energy in both cases:

$$E = E_C(n - n_g)^2$$

$$n_g = C_g V_g / e \quad E_C = \frac{e^2}{2C_\Sigma}$$

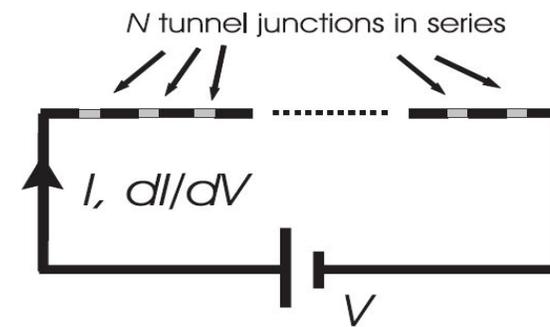
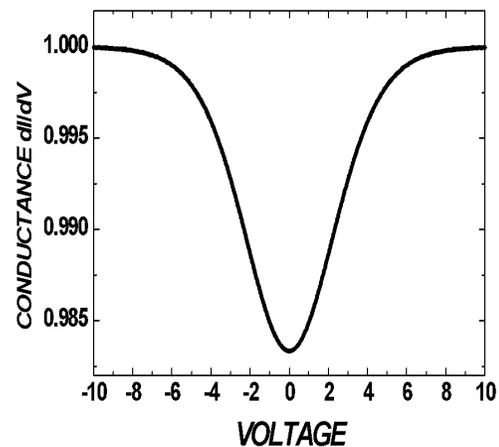
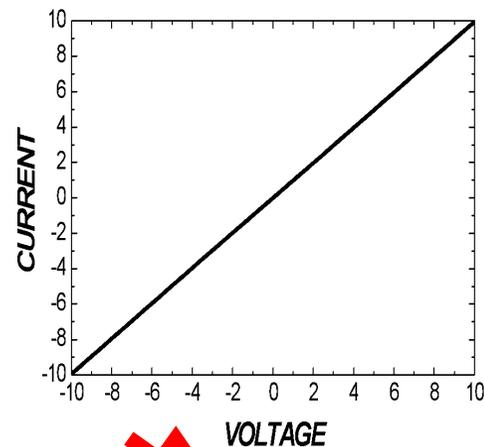
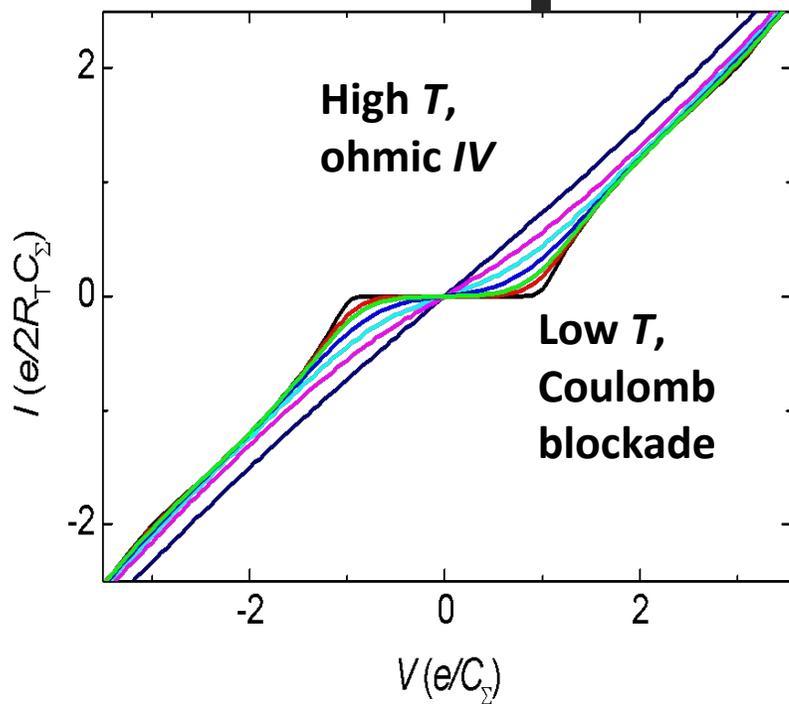
In quantum circuits this gives the

$$\hat{H} = E_C(\hat{n} - n_g)^2 :$$



# События в блокаде Thermometry

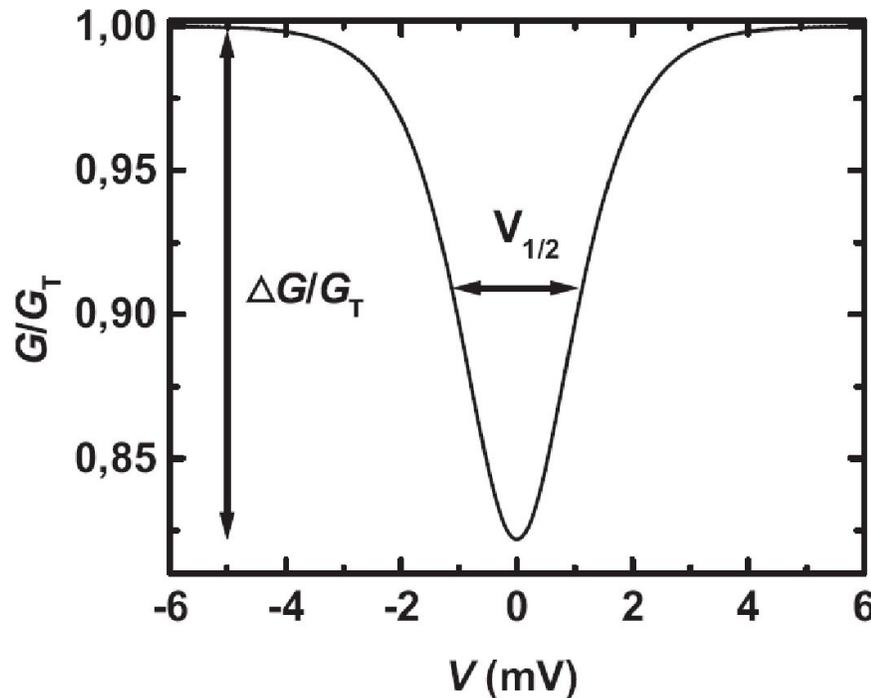
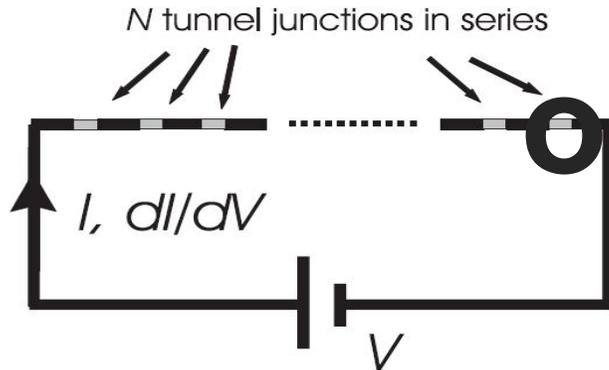
## принципиальная идея



$$E_C \ll k_B T$$

Проводимость

# Coulomb blockade thermometer



## ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ

Массив из  $N$  туннельных контактов в режиме слабой кулоновской блокады,  $E_C \ll k_B T$

$$V_{1/2} \simeq 5.439 N k_B T / e$$

primary thermometer

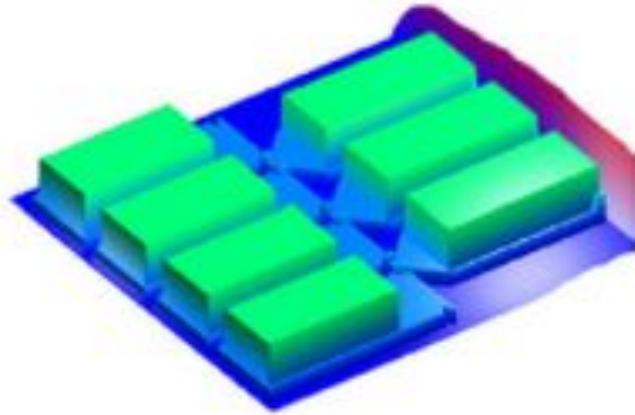
$$\Delta G/G_T = \frac{1}{6} \frac{E_C}{k_B T}$$

~~secondary thermometer~~

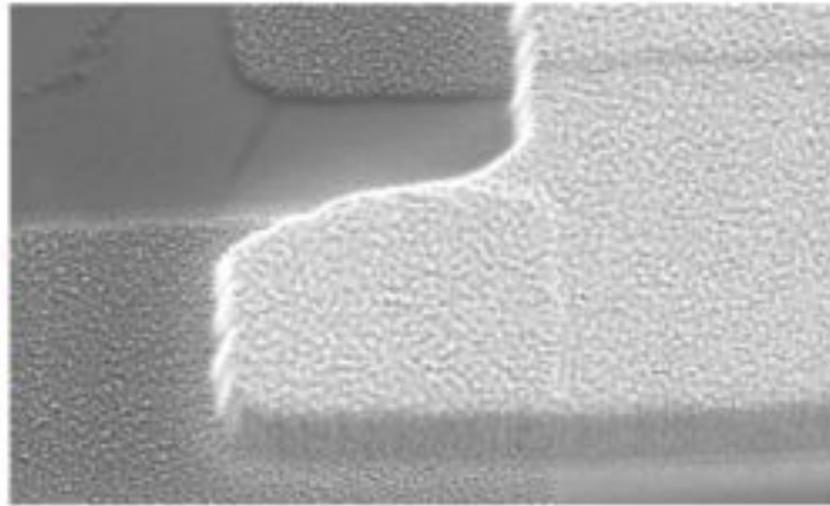
relative primary thermometer

$$E_C \equiv [(N-1)/N] e^2/C$$

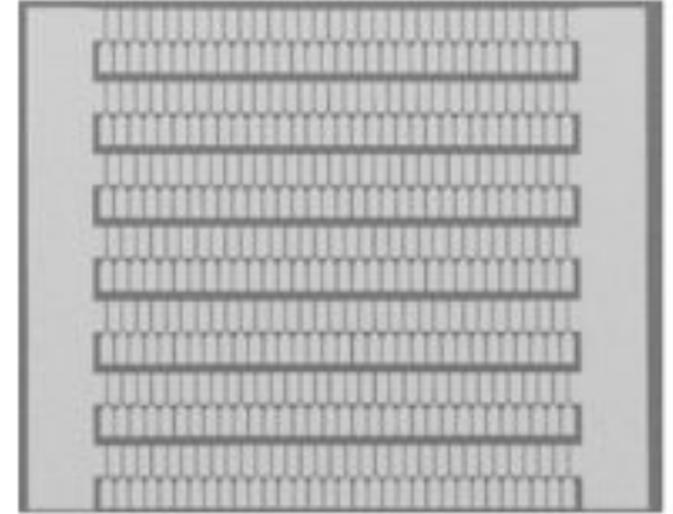
# CBT sensor



a)



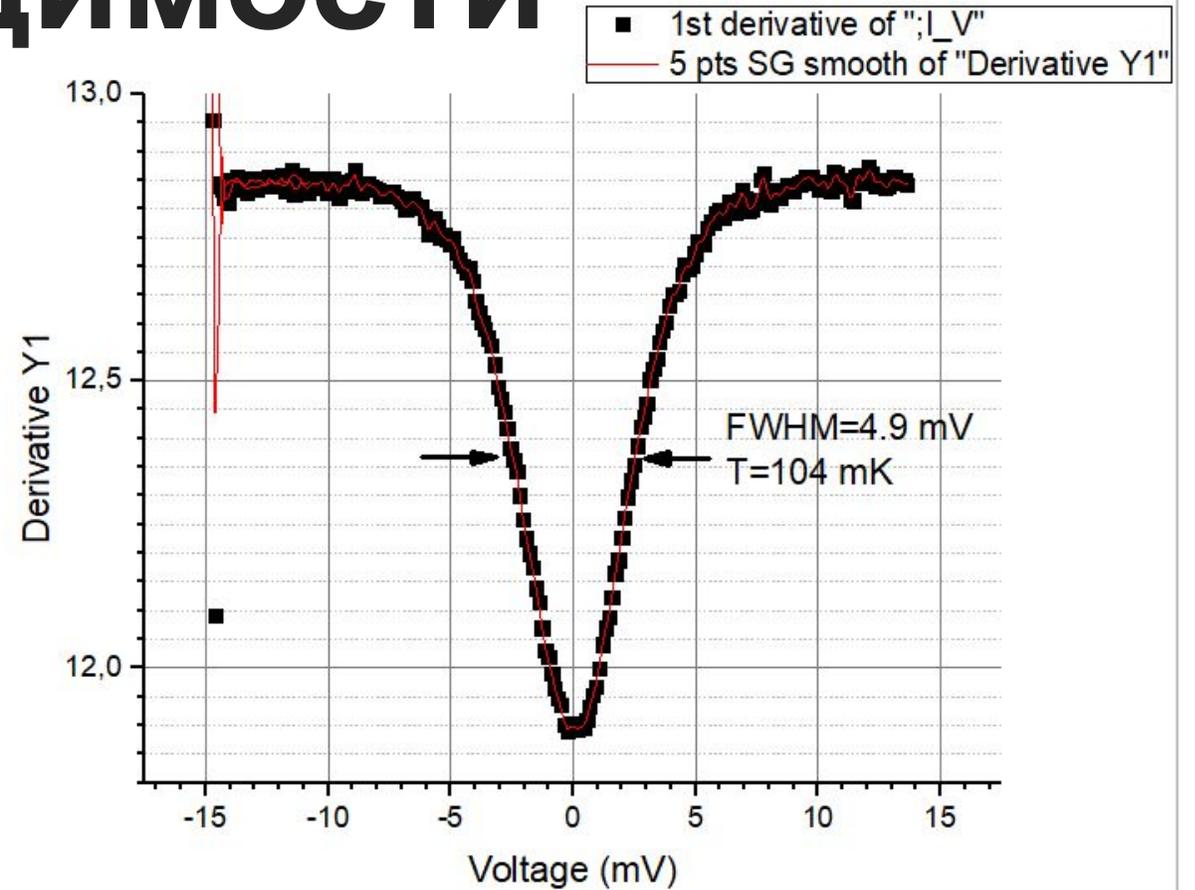
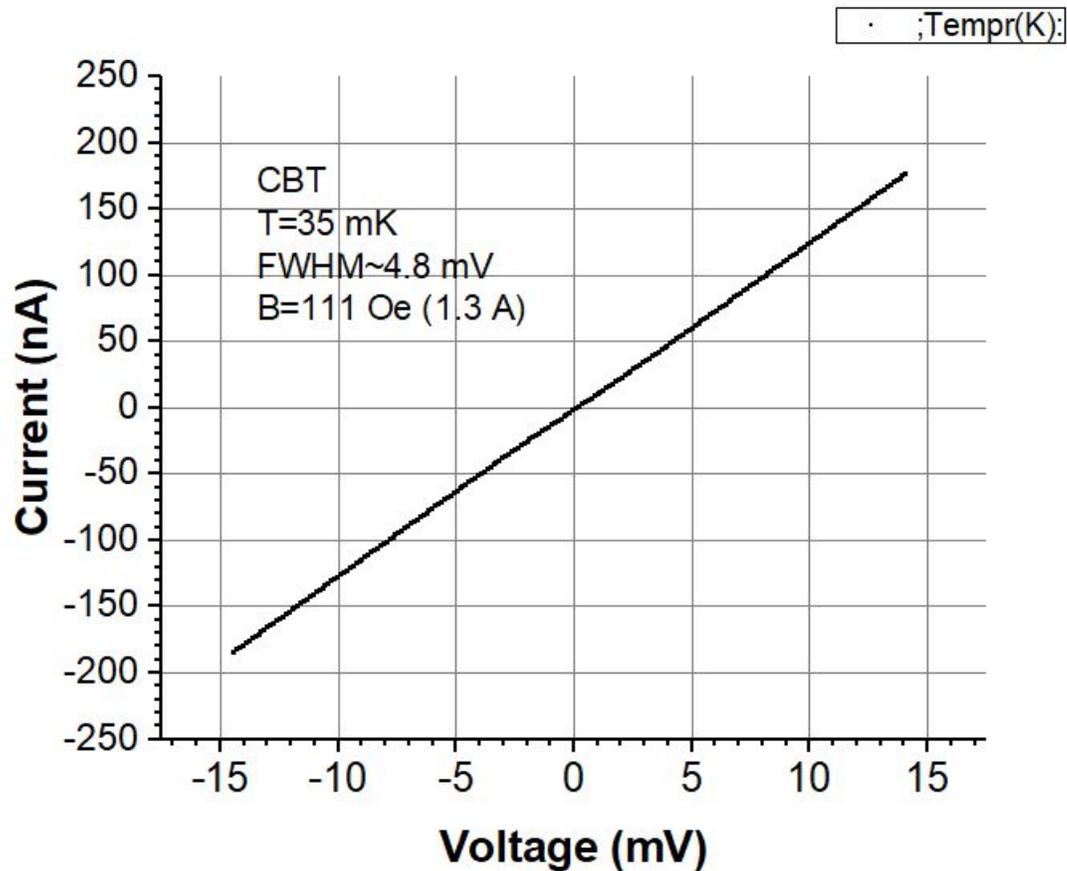
b)



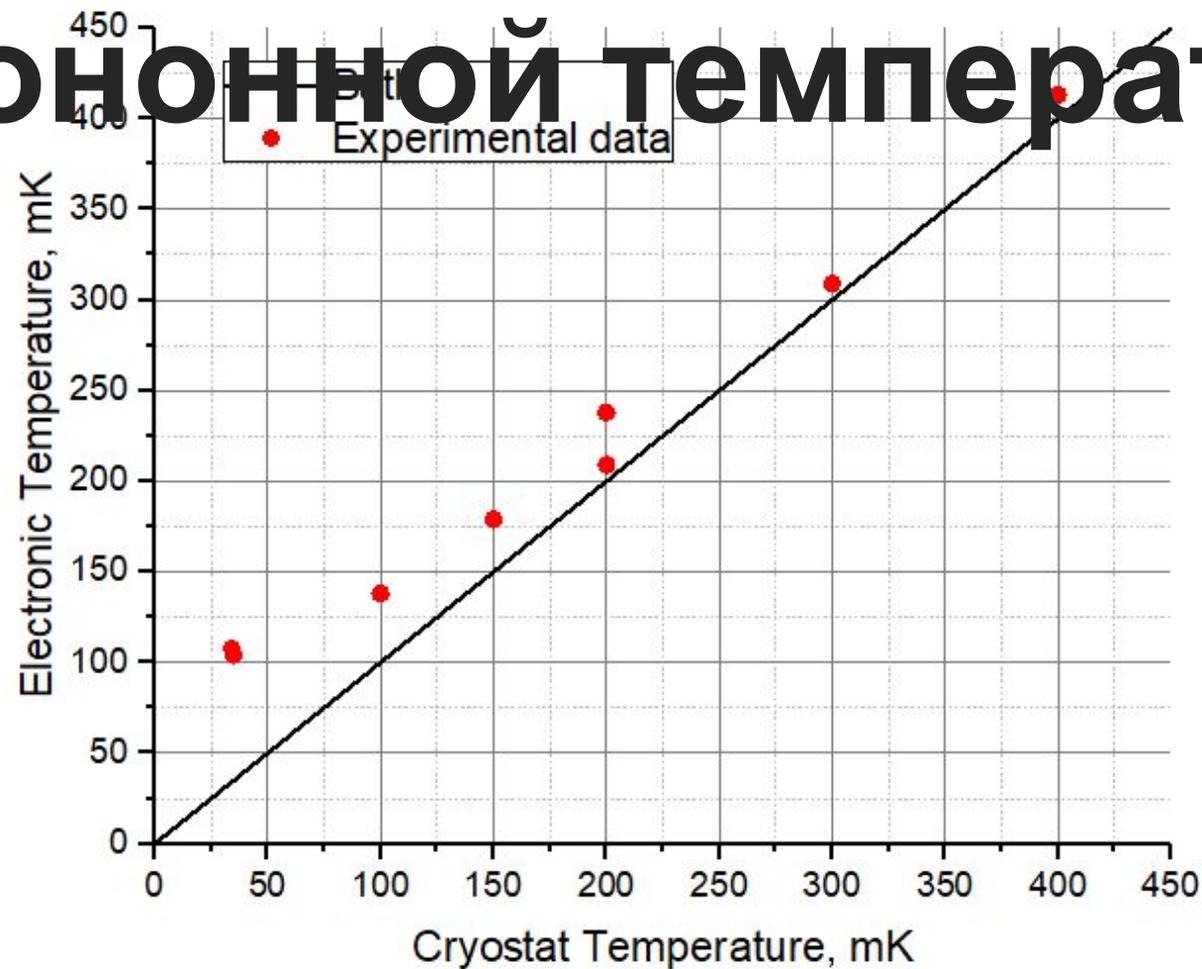
c)

**Fig. 7.** CBT structure and scanning electron micrographs. (a): A schematic picture of a CBT. Large metallic islands are evaporated on the sensor to help overcome thermalization problems at low temperatures. (b) a close up on a junction: aluminum on the bottom and copper on top. (c) An overview of the array.

# Пример измеренной проводимости



# Зависимость электронной температуры от фоновой температуры



# Выводы

- Термометр, основанный на кулоновской блокаде позволяет измерять абсолютную температуру
- При низких температурах электронная температура может сильно отличаться от фононной температуры
- Важно использовать систему фильтрации

**Спасибо за  
внимание!**