

Проявление андреевского отражения
в дробовом шуме NS-контакта
Nb/3D топологический изолятор

Тихонов Евгений
ИФТТ РАН, МФТИ(ГУ)



В.С. Храпай



Д.В. Шовкун

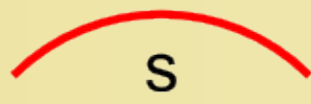
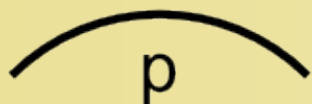
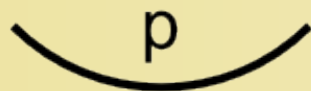
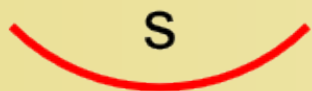
ИФТТ РАН, МФТИ(ГУ)



M. Snelder

University of Twente

3D топологические изоляторы



Fu, Kane, PRB 2007

$\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$

Сильное спин-орбитальное
взаимодействие в тяжелых атомах

Bi_2Te_3 Bi_2Se_3 Sb_2Te_3

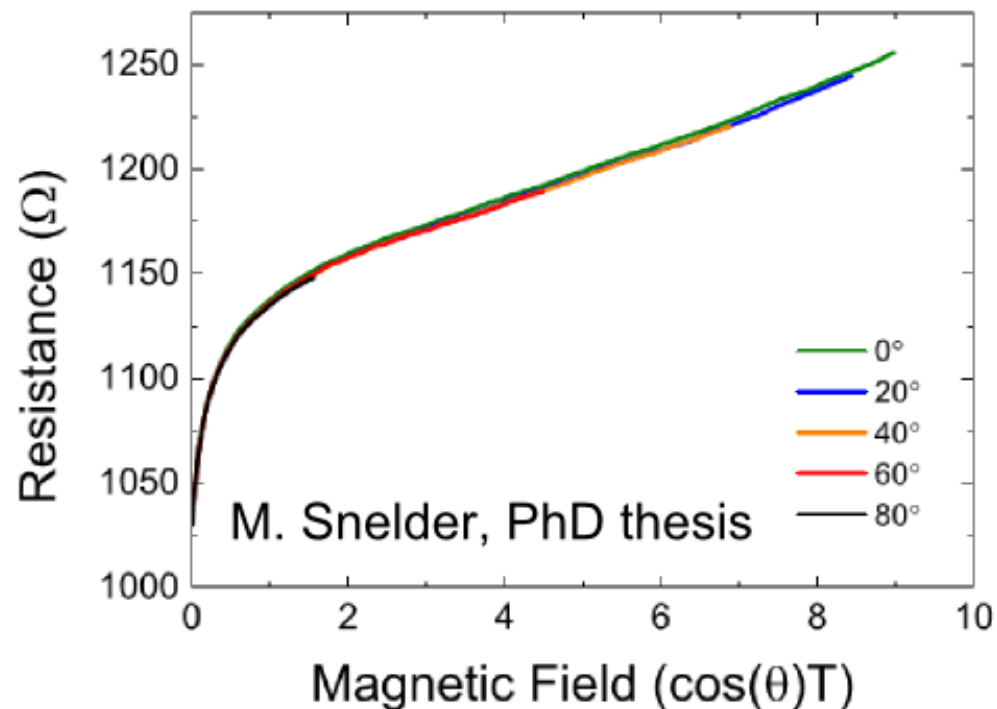
значительная объемная проводимость

$\text{Bi}_{1.5}\text{Sb}_{0.5}\text{Te}_{1.7}\text{Se}_{1.3}$ (BSTS)

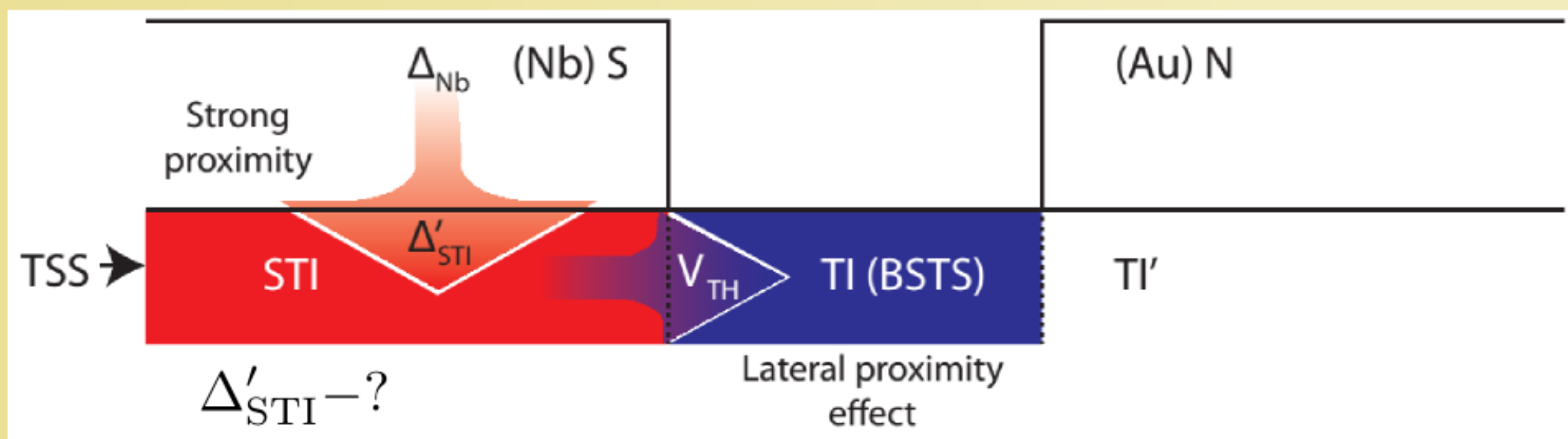
наибольшее сопротивление объема

Ko et al., Scientific Reports 2013:

СТМ, СТС: поверхностные состояния
обладают линейной дисперсией

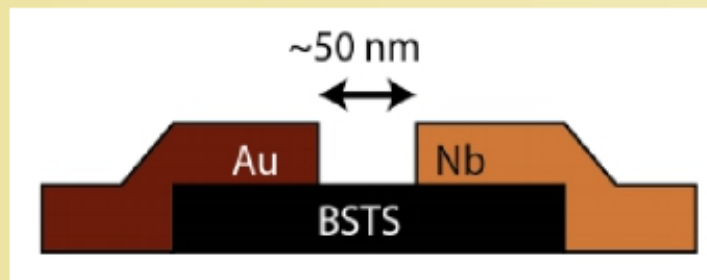
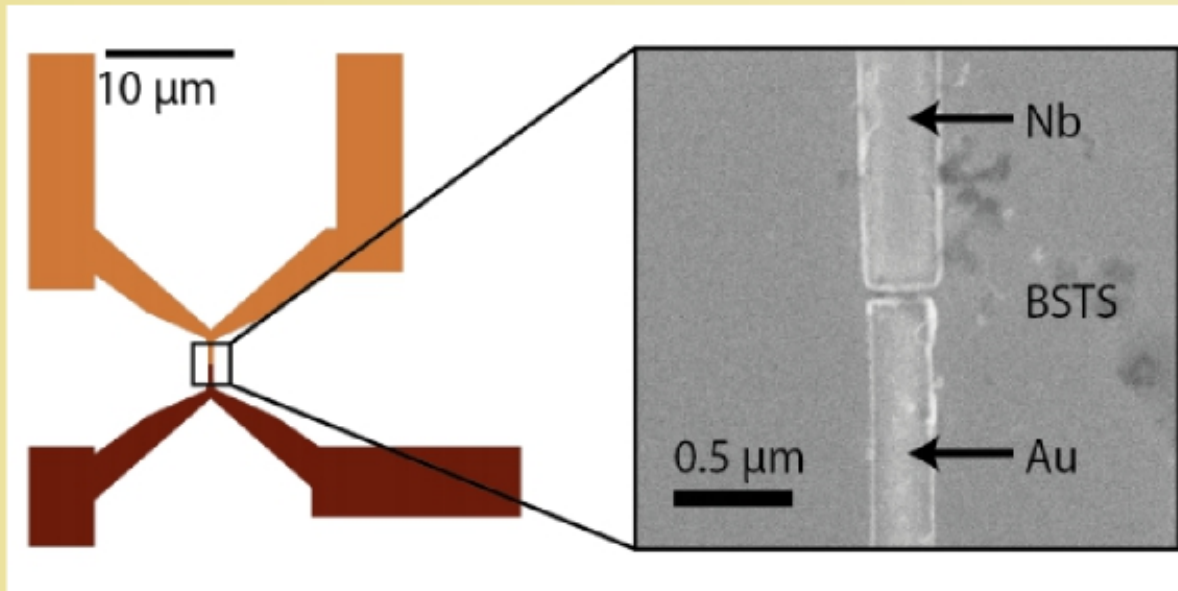


Как сверхпроводник влияет на топологические
поверхностные состояния?



Свойства интерфейса 3DTI/S?

Образцы



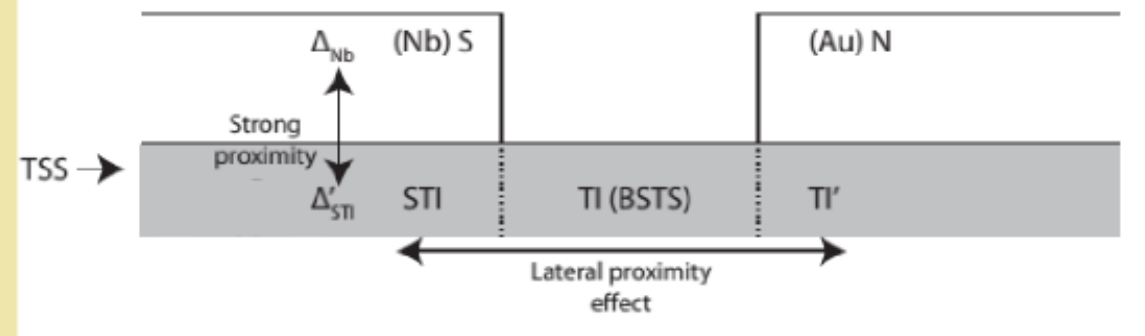
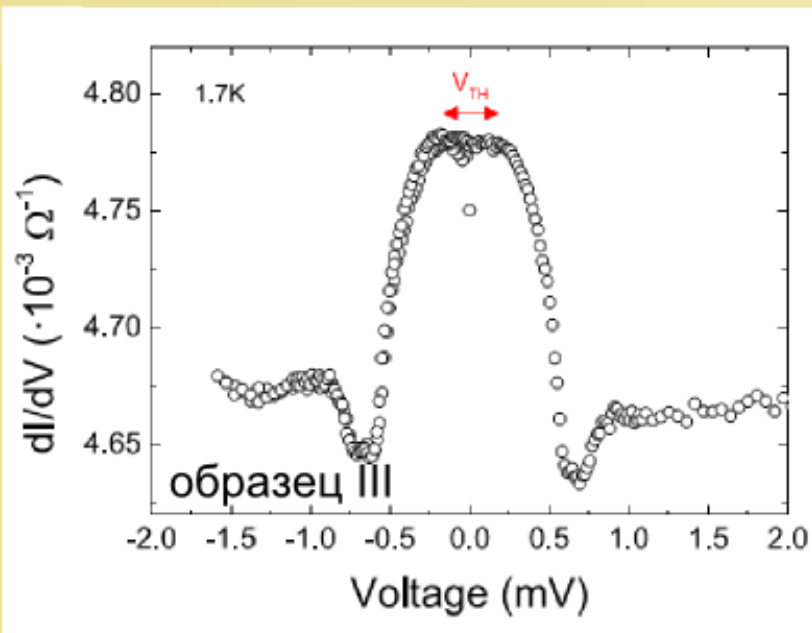
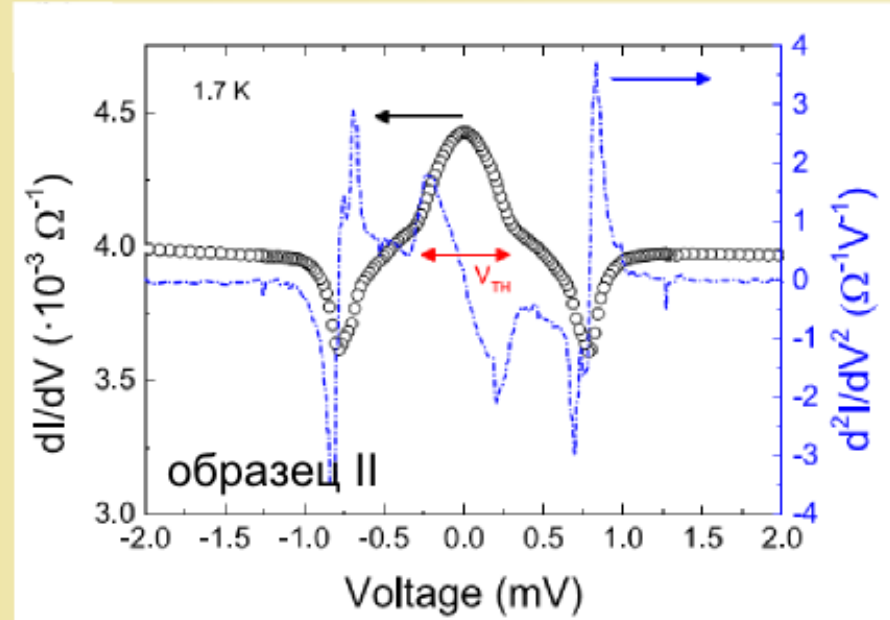
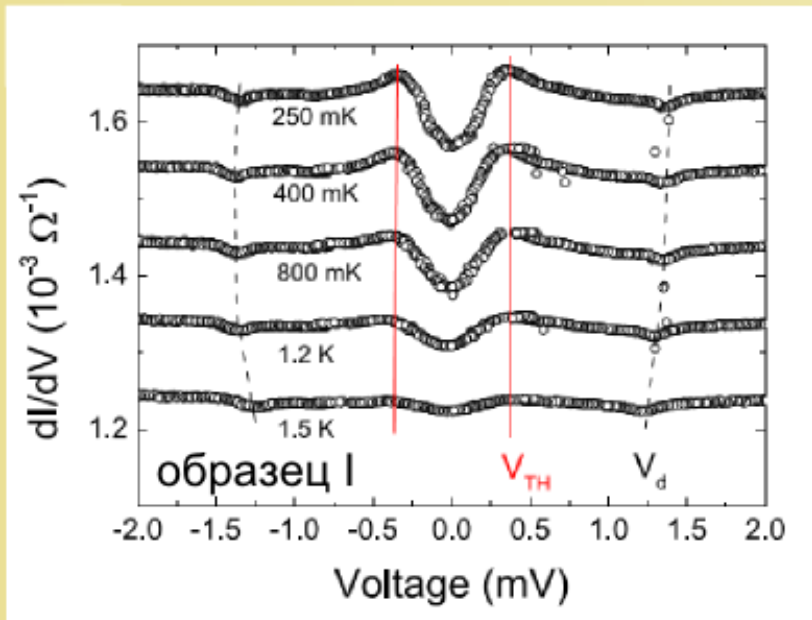
Механическая эксфолиация на подложку Si/SiO_2

Толщина 80-200 nm

Длина свободного пробега 10-40 nm

$T = 0.6 - 4.8\ \text{K}$

Транспортные измерения

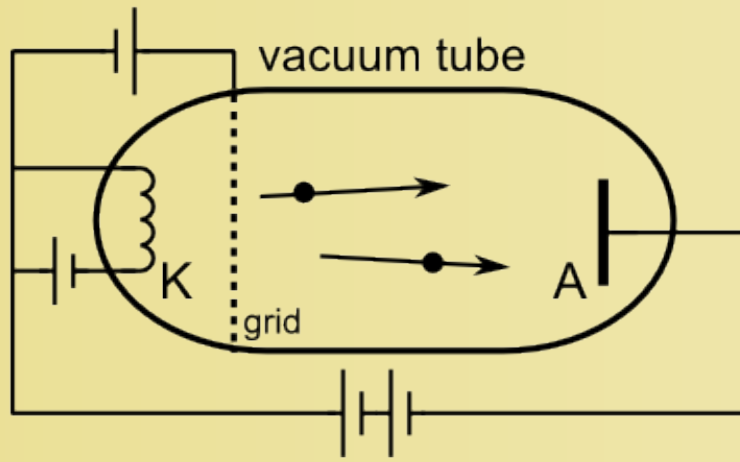


Особенности ВАХ сильно зависят от качества интерфейса!

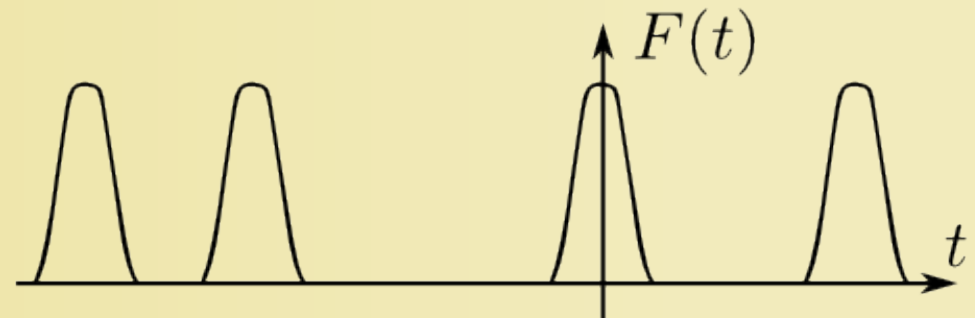
Наличие особенностей ниже щели-индикация латерального эффекта близости

модель эффекта близости не учитывает топологических свойств BSTS

Дробовой шум



электронная лампа
W. Schottky, 1918



Последовательность случайных импульсов
с пуассоновской статистикой

$$S_I = 2eI$$

В твердых телах - суб-пуассоновское значение

$$S_I = 2eIF$$

$$F = 1/3$$

$$0 \leq F \leq 1$$

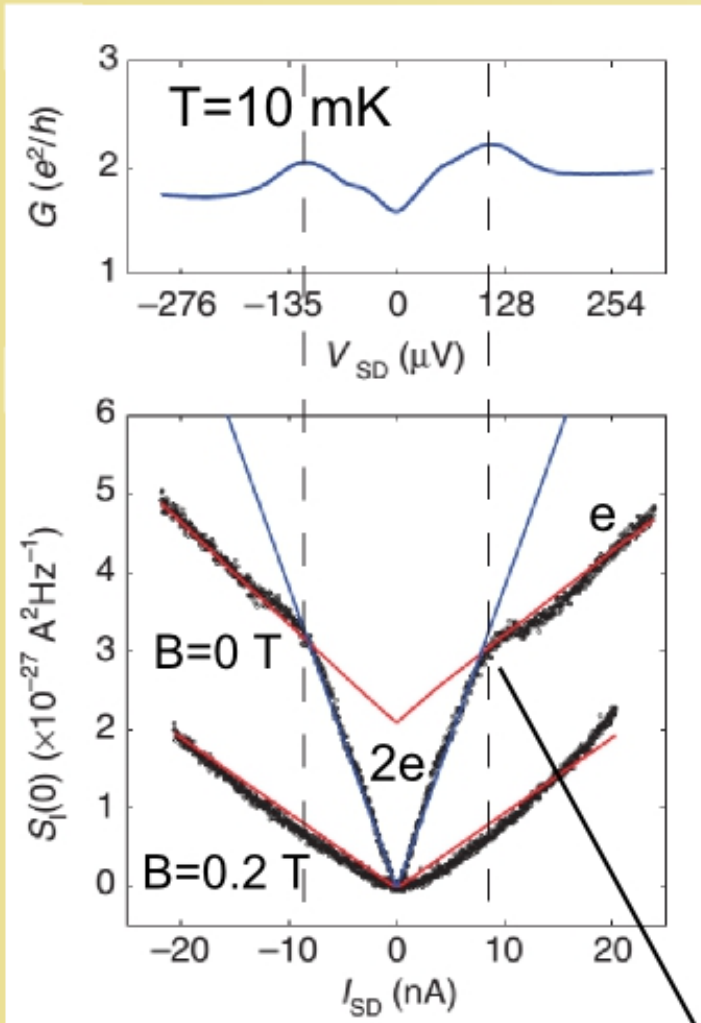
F - фактор Фано

диффузионный металл

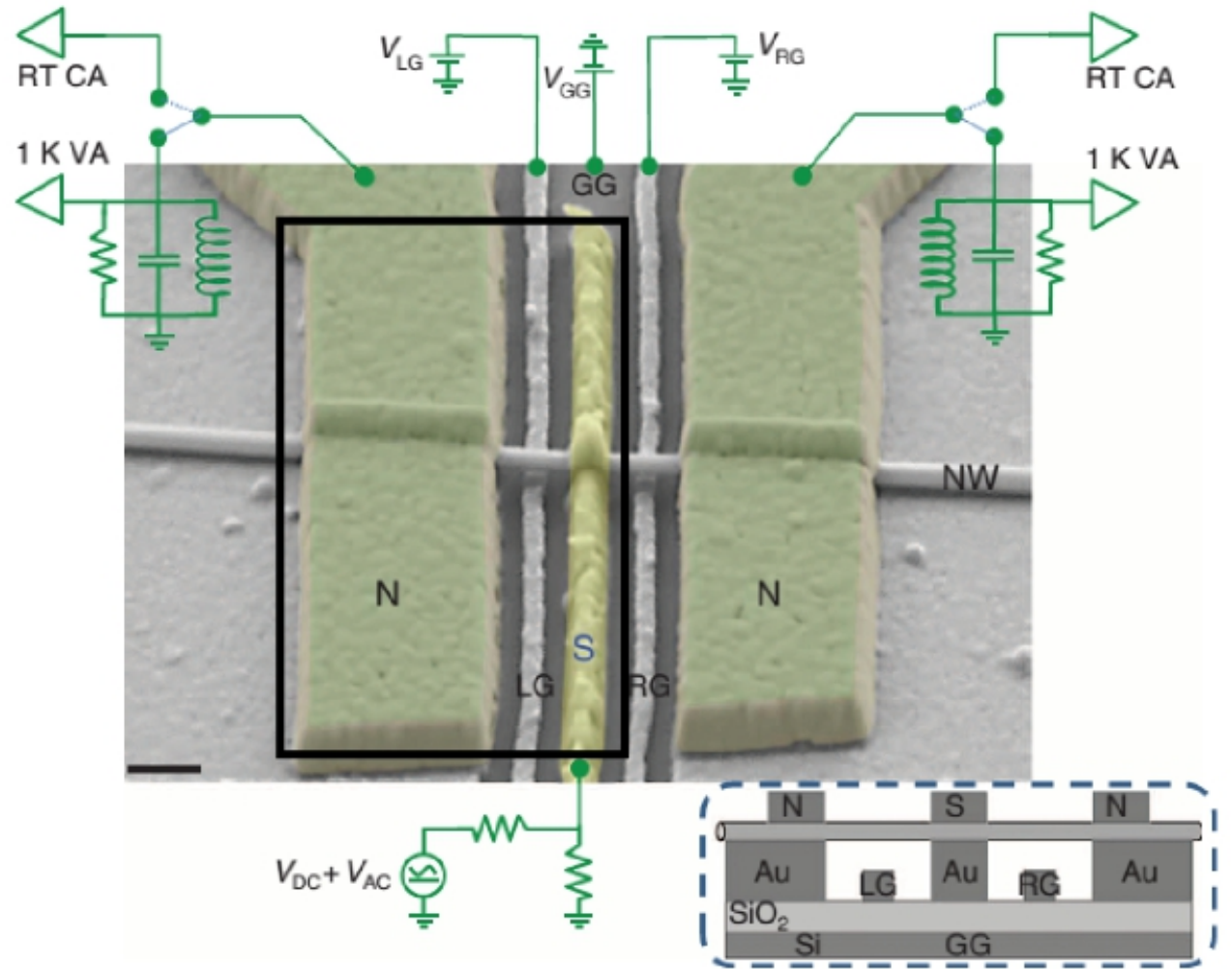
M. Henny et al. PRB 1999

$$S_I(V_{sd}) \approx 4k_B T g + 2|e^* I| F (\coth \xi - 1/\xi) \quad \xi \equiv |e^* V_{sd}| / 2k_B T$$

Шумовые измерения



излом в шуме при $eV = \Delta$



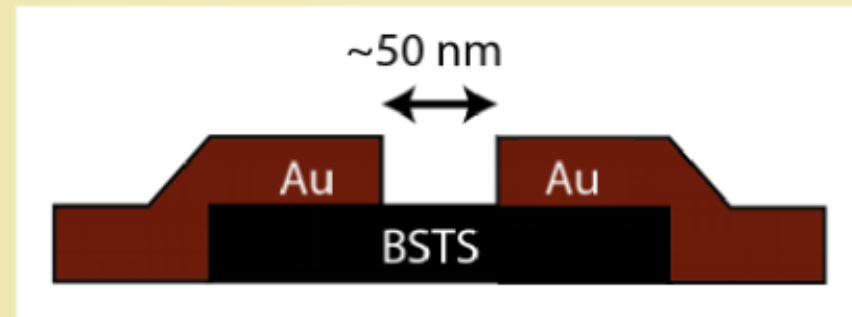
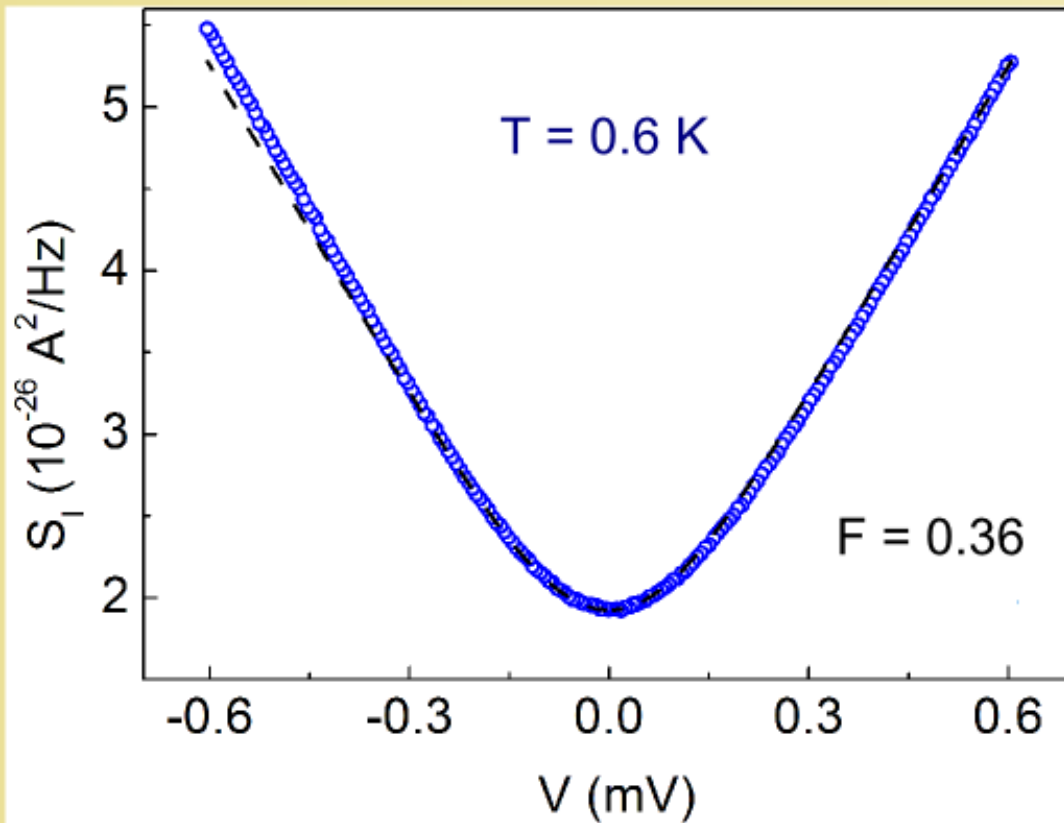
A. Das et. al., Nat. Commun. 2012

Kozhevnikov, Schoelkopf, Prober, PRL 2000

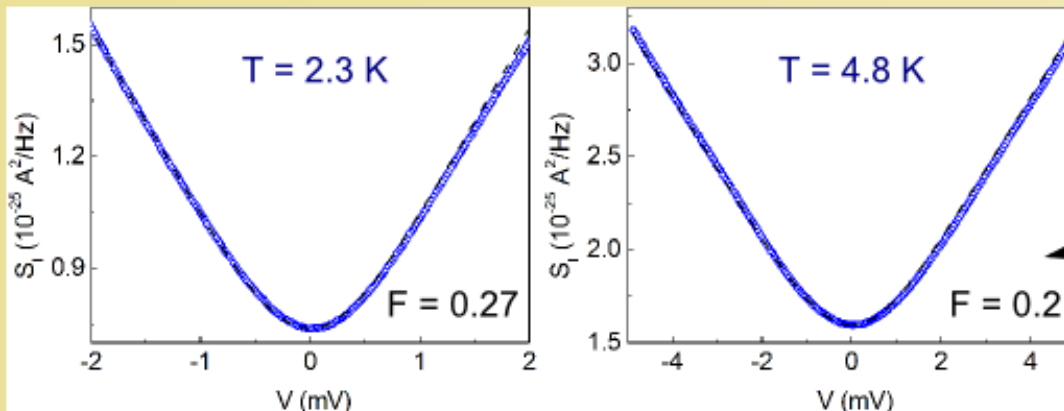
в диффузионном режиме
наклон $2/3 \rightarrow 1/3$

Дробовой шум в N/3DTI/N

Au/BSTS/Au:



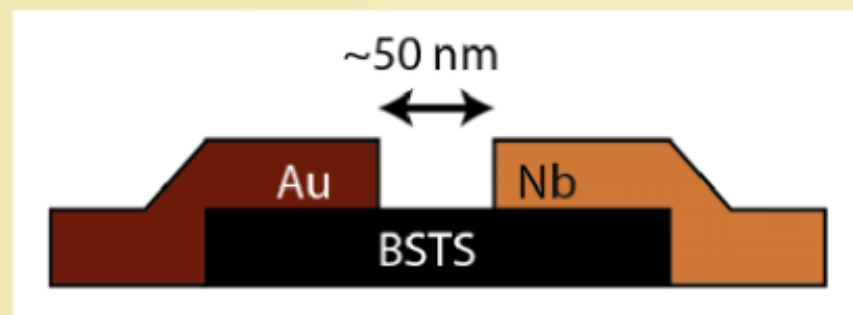
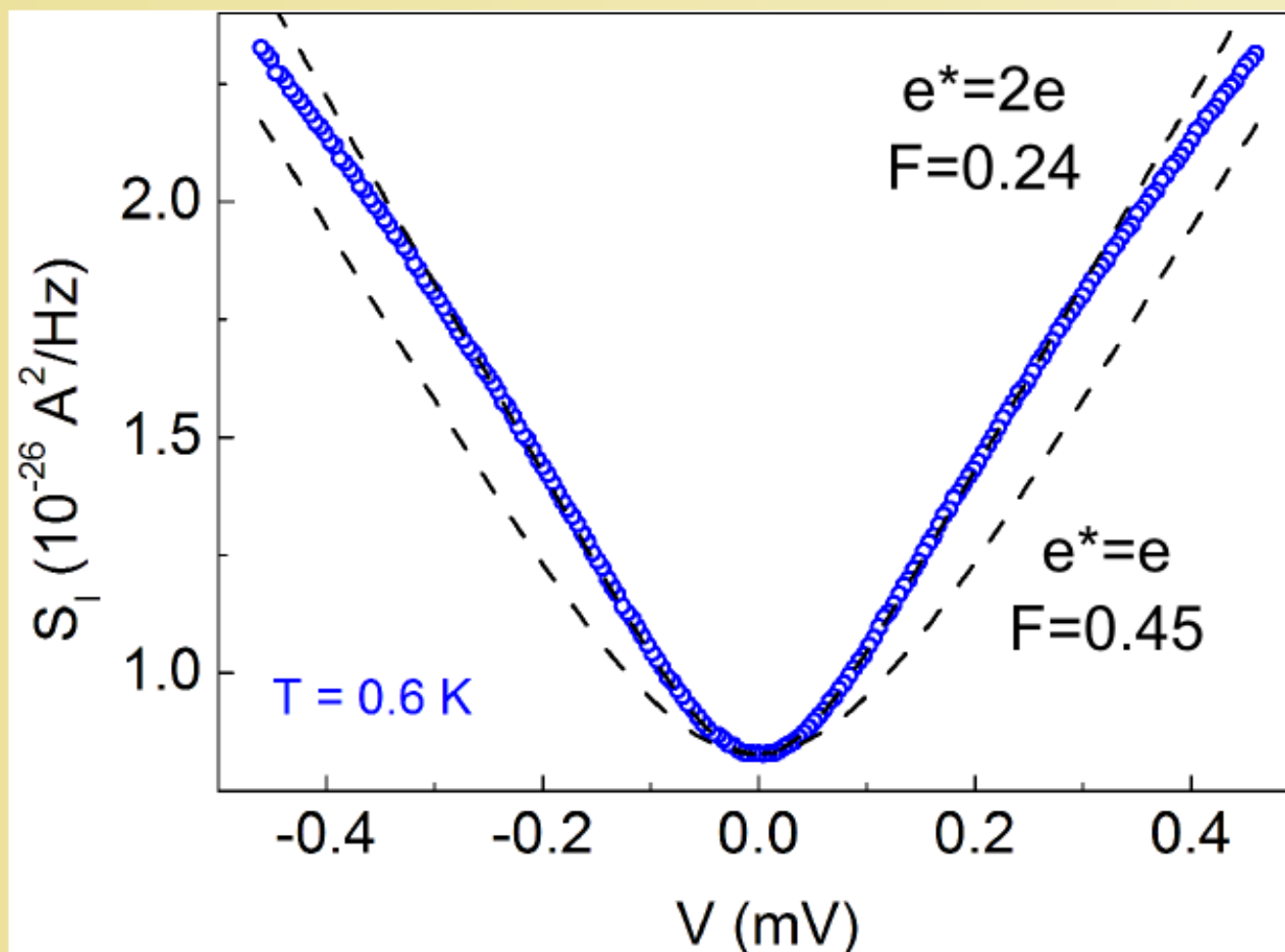
$F \approx 1/3 @ 0.6 \text{ K}$
диффузионный транспорт



Уменьшение F с температурой -
электрон-фононная релаксация

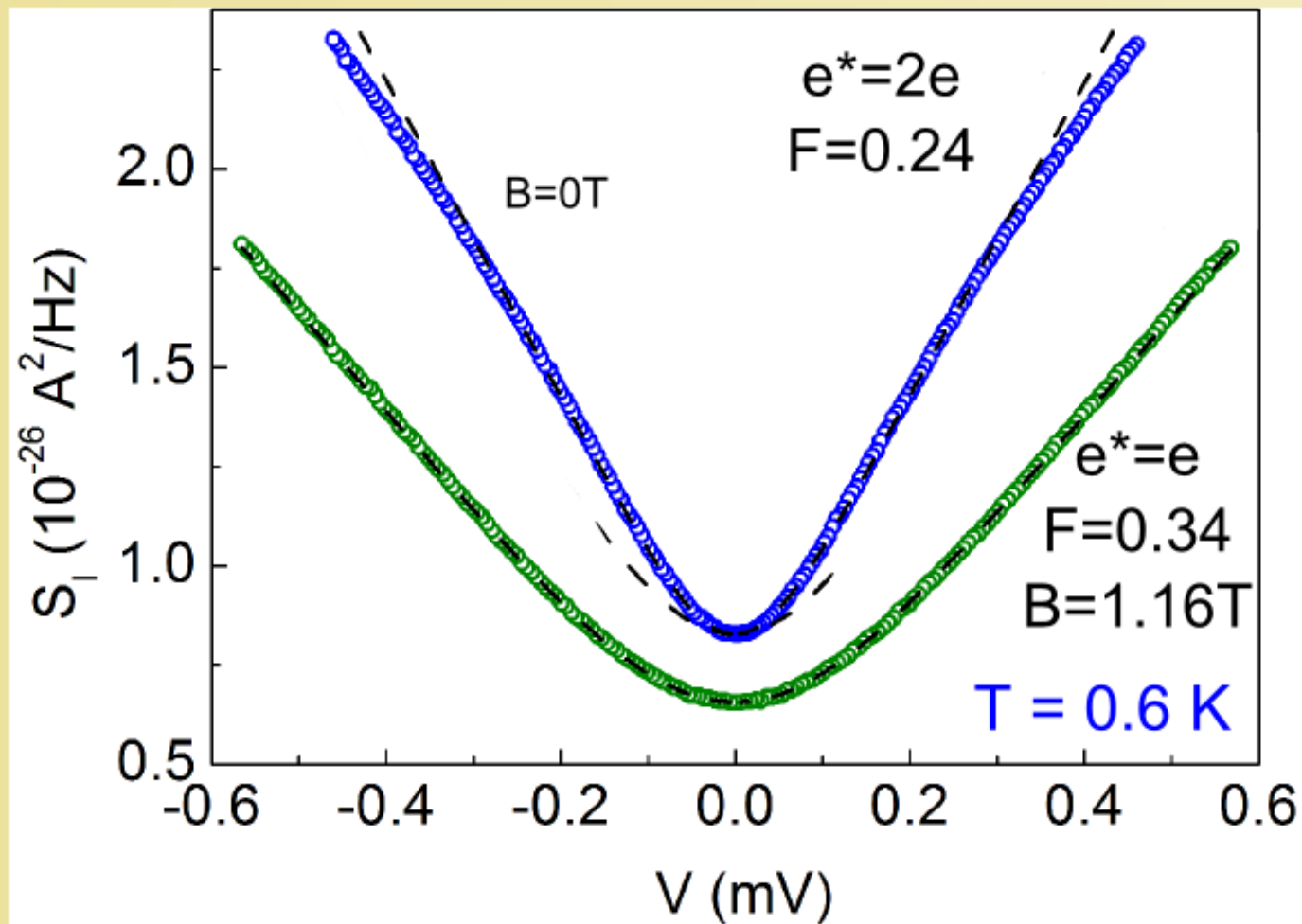
$$S_I(V_{sd}) \approx 4k_B T g + 2|e^* I| F (\coth \xi - 1/\xi) \quad \xi \equiv |e^* V_{sd}| / 2k_B T$$

Дробовой шум в S/3DTI/N



$$S_I(V_{sd}) \approx 4k_B T g + 2|e^* I| F (\coth \xi - 1/\xi) \quad \xi \equiv |e^* V_{sd}| / 2k_B T$$

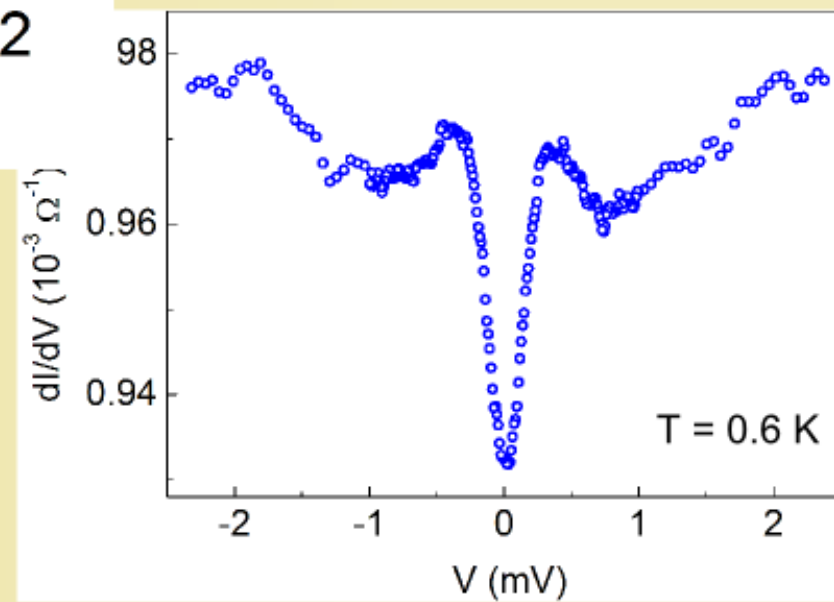
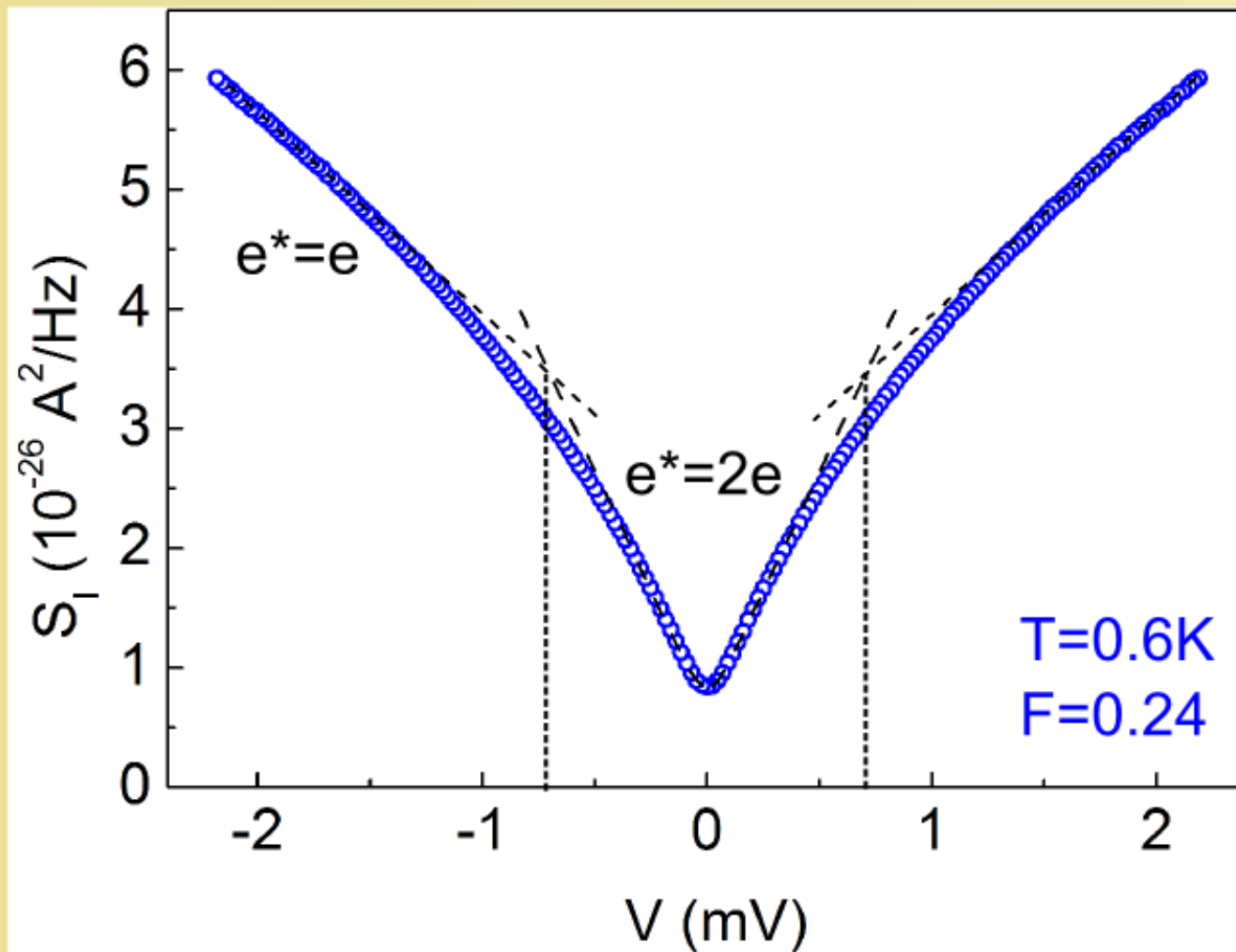
Дробовой шум в S/3DTI/N



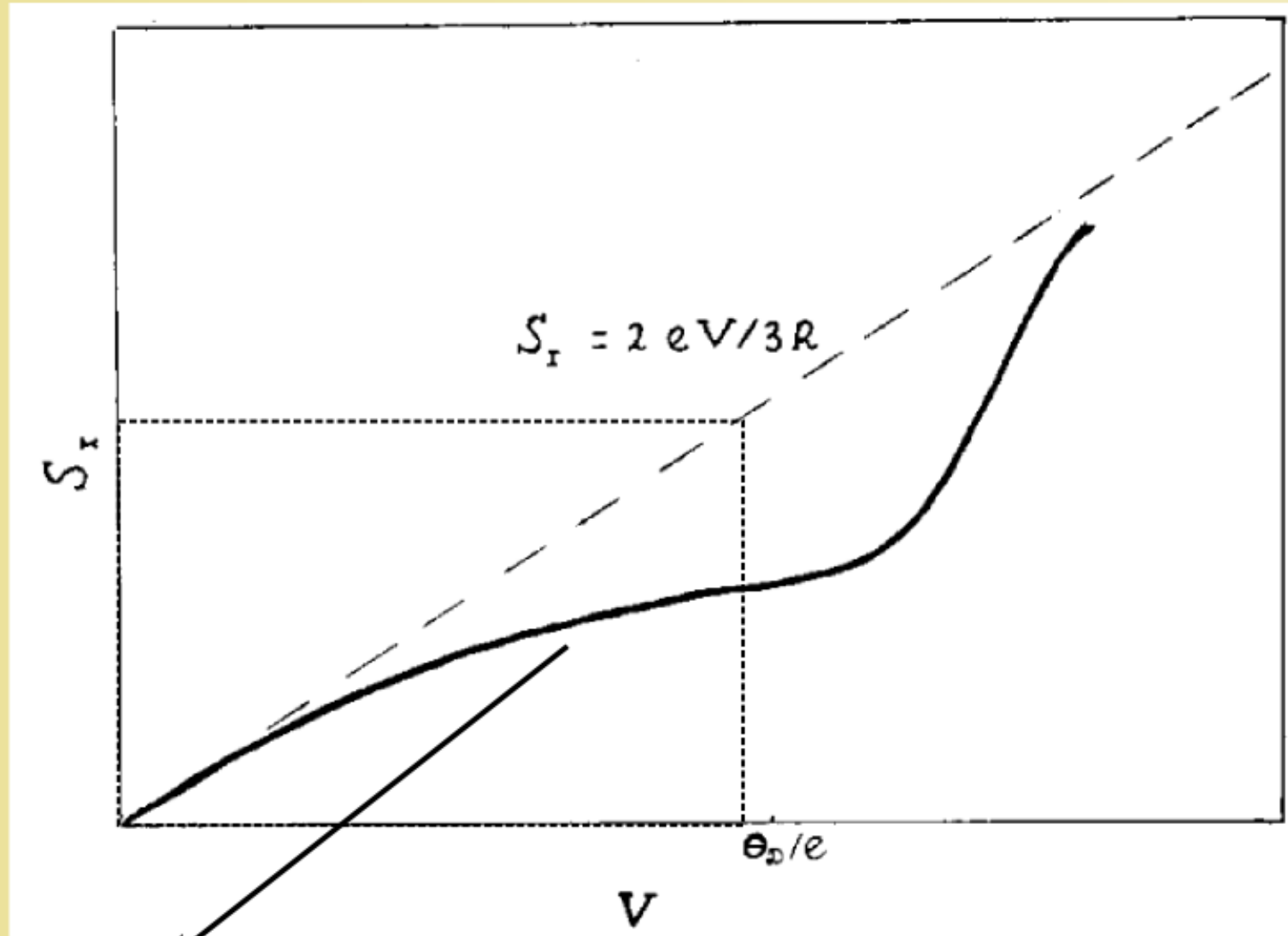
В магнитном поле $F=1/3$!

$$S_I(V_{sd}) \approx 4k_B T g + 2|e^* I| F (\coth \xi - 1/\xi) \quad \xi \equiv |e^* V_{sd}|/2k_B T$$

Дробовой шум в S/3DTI/N



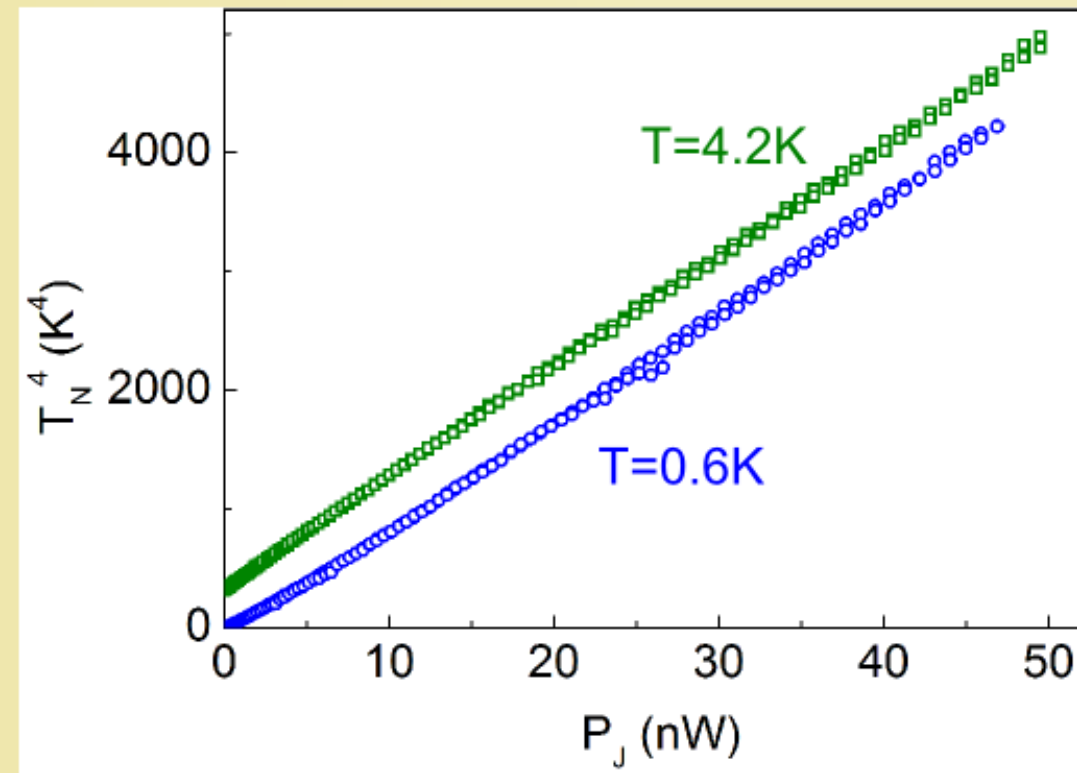
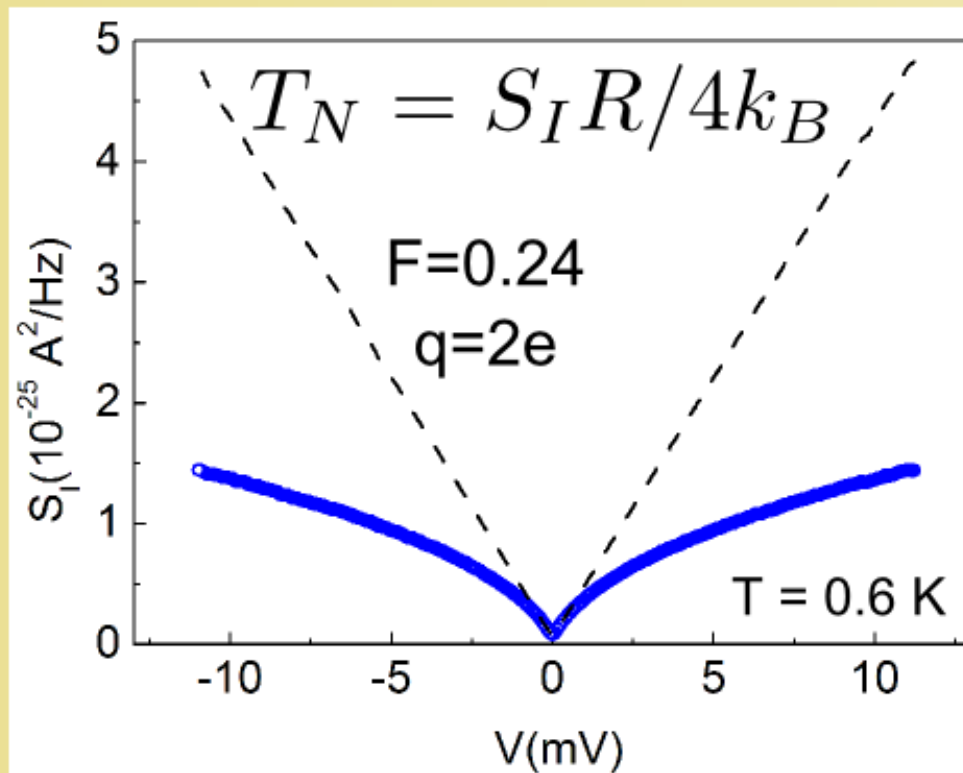
Проявление электрон-фононной релаксации в шуме



нелинейность из-за
электрон-фононной
релаксации!

K.E. Nagaev, Physics Letters A (1992)
On the shot noise in dirty metal contacts

Охлаждение акустическими фононами



J. K. Viljas, and T. T. Heikkila, PRB 2010

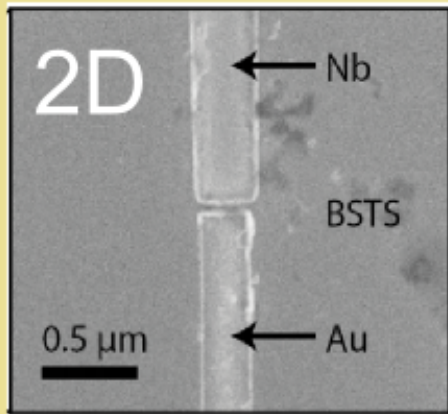
результат для графена

$$T_e^4 \propto \kappa P_J$$

испускание продольных
акустических фононов

Пертурбативный учет e-ph рассеяния

Электрон-фононное рассеяние как возмущение (1D):

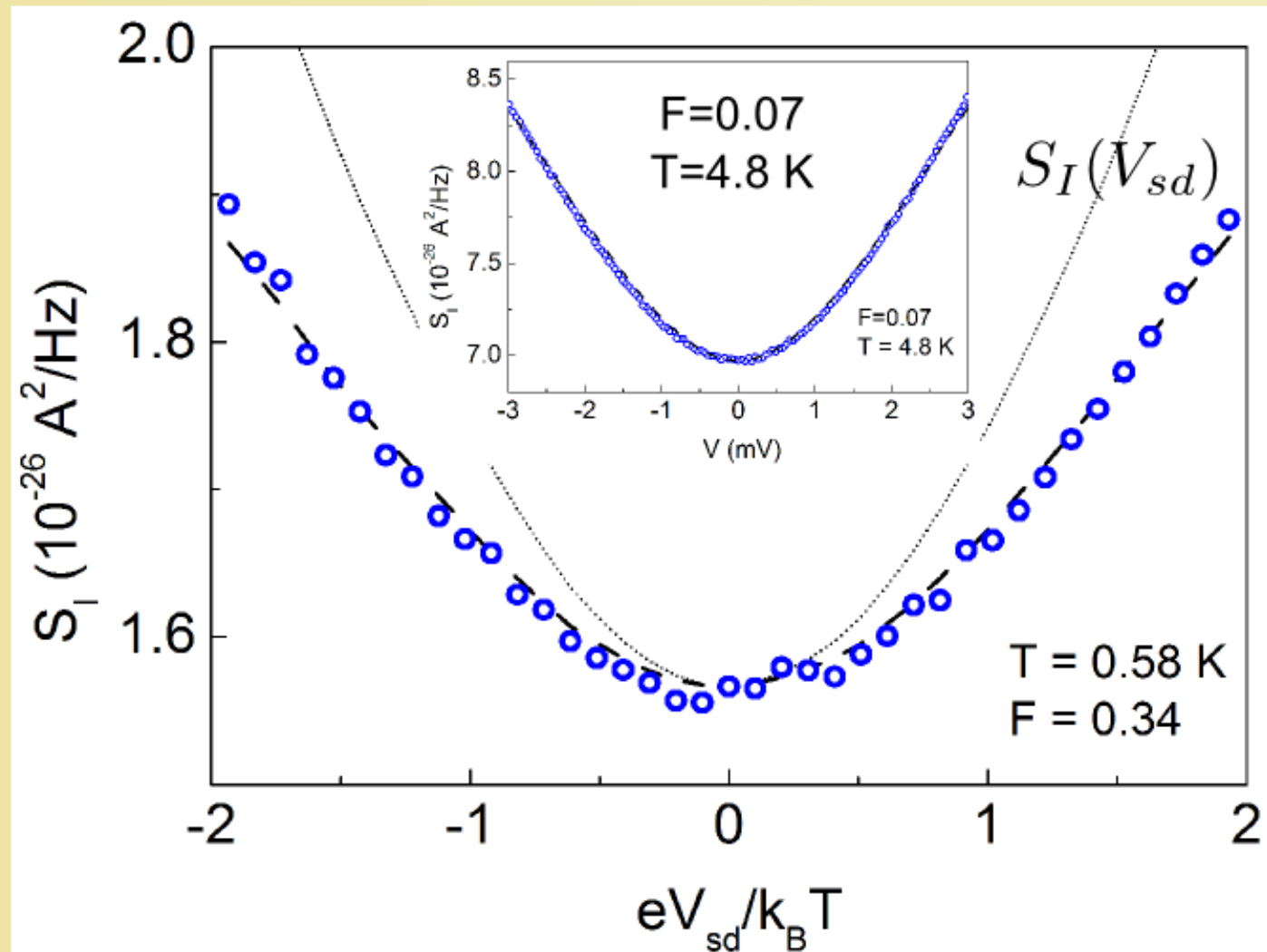


$$\delta S_1 = -\frac{1}{60} A^2 c \frac{4k_B T}{R} \times 16$$

$$A = eV/(k_B T)$$

$$c = \left(\frac{e}{k_B} \right)^2 \frac{R}{6.5\kappa} T^2$$

$$c \approx 0.1 - 0.2$$



Спасибо за внимание!