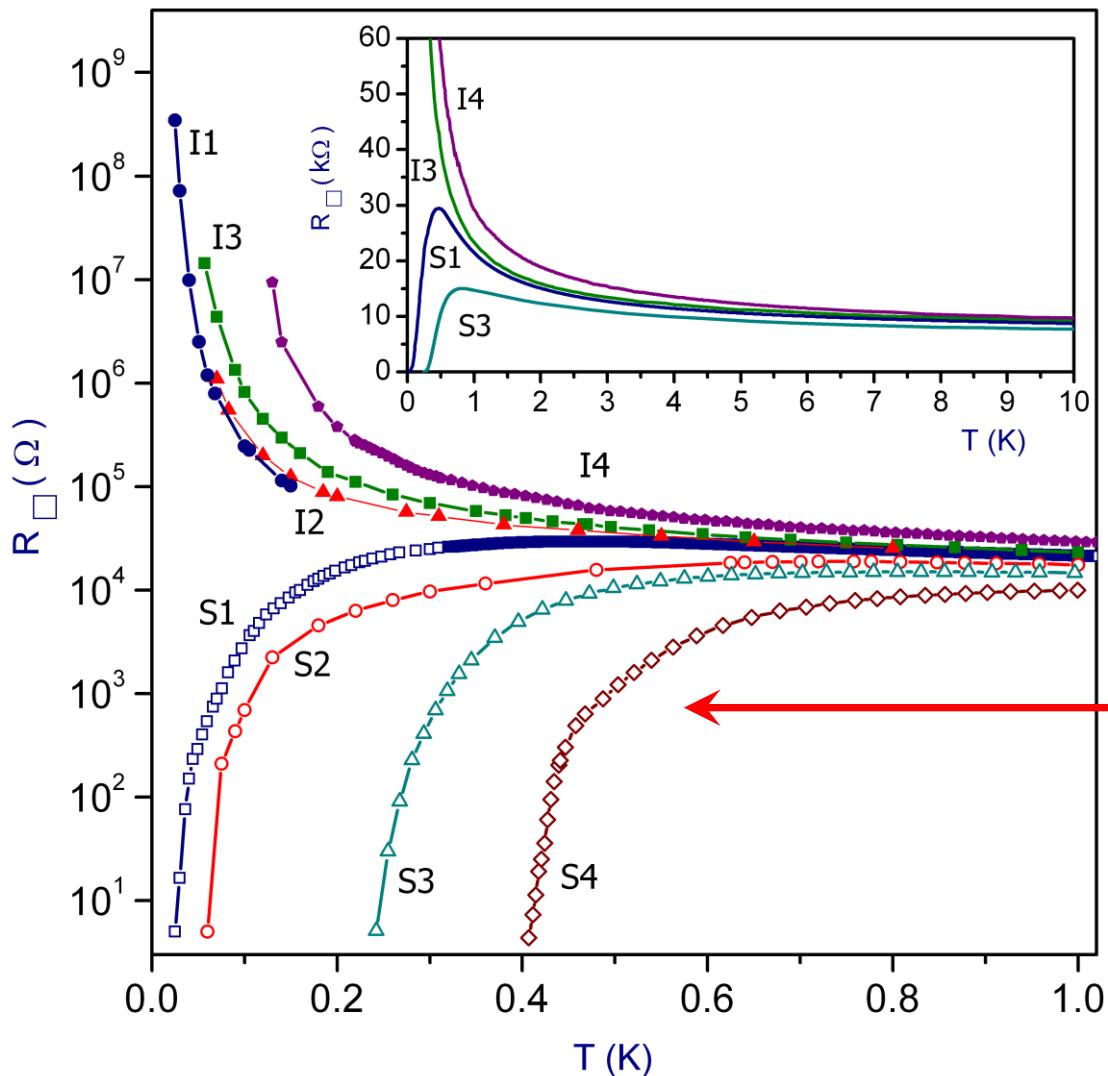


Переход
Березинского-Костерлица-Таулесса
в тонкой плёнке нитрида титана

С. В. Постолова,
А. Ю. Миронов,
Т.И. Батурина

Институт физики полупроводников СО РАН
Новосибирский государственный университет

Переход сверхпроводник-изолятор в плёнках TiN



Основной вопрос:
Переход БКТ
в критической области
перехода сверхпроводник-
изолятор

Квази 2D \rightarrow 3D электронный спектр

$$l, \lambda_F < d < \xi, l_T$$

λ_F - фермиевская длина волн,

ξ - сверхпроводящая длина когерентности,

l_T - тепловая длина когерентности.

Условия применимости теории БКТ:

2D система,

сверхпроводник второго рода

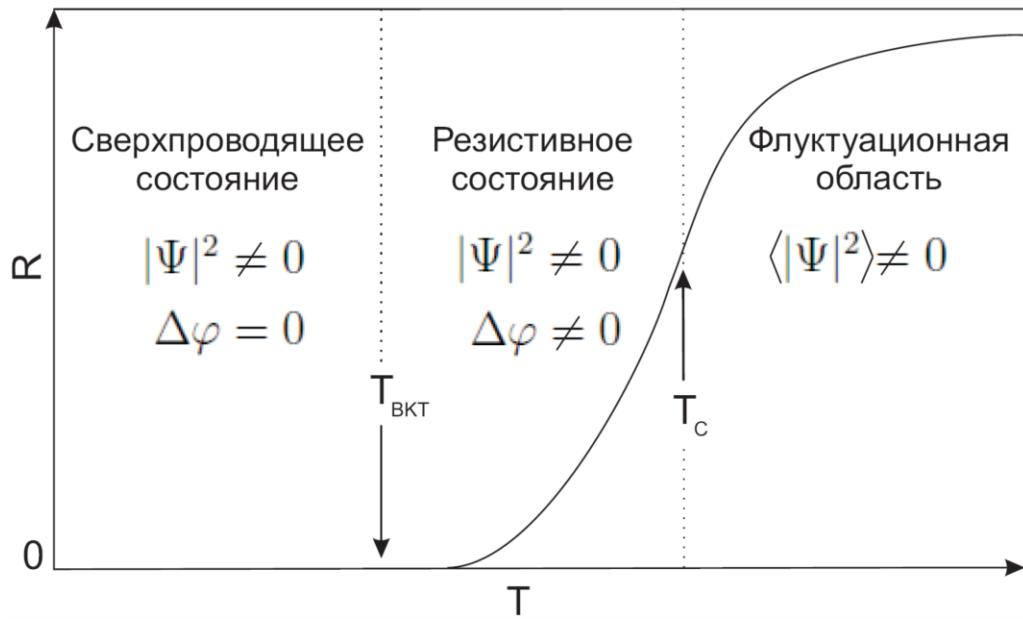
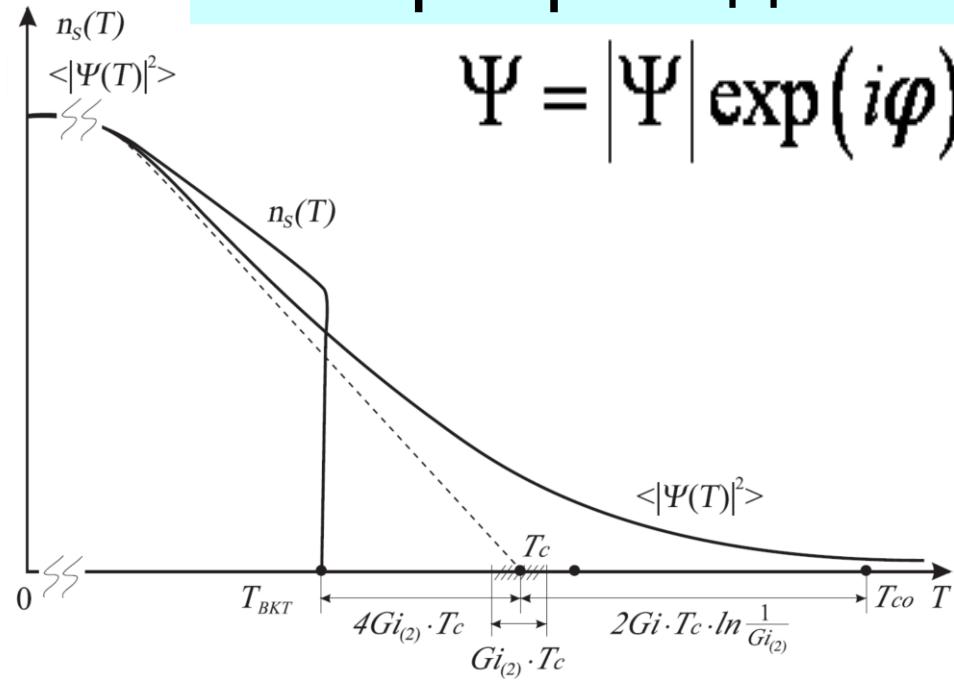
$$\lambda_{\perp}/\xi_d > 1/\sqrt{2},$$

$$d < \lambda,$$

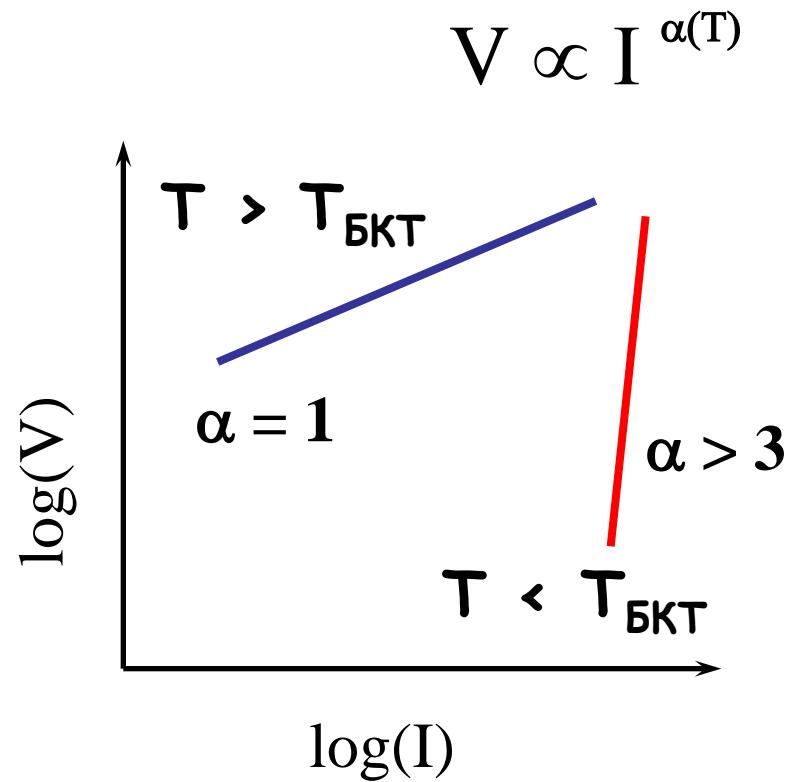
$$L < \lambda_{\perp}.$$

Сверхпроводник

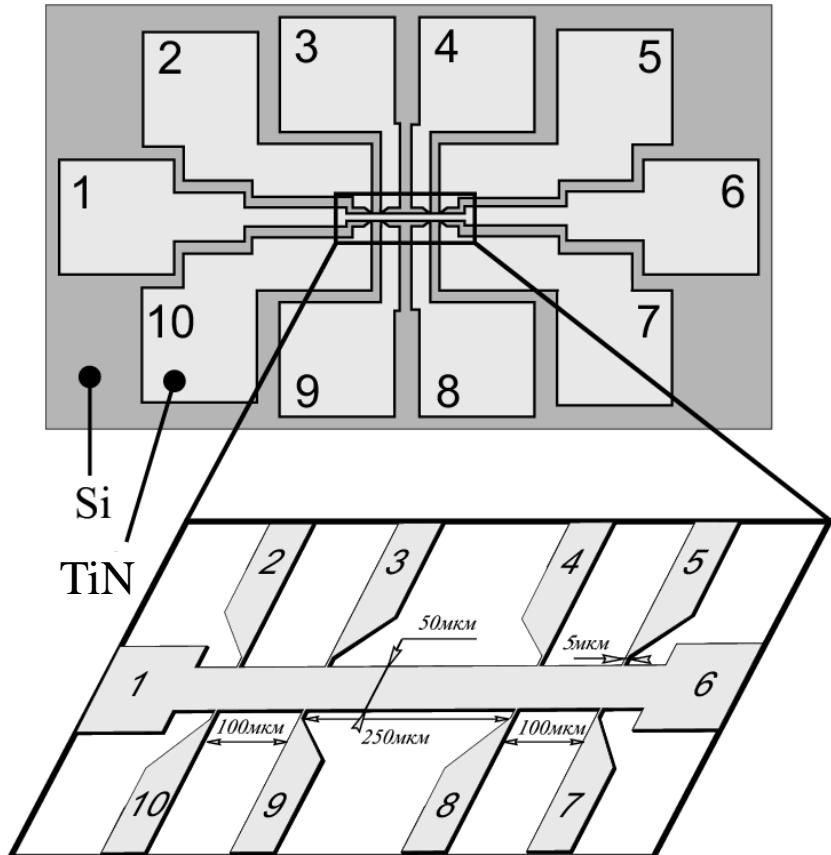
$$\Psi = |\Psi| \exp(i\varphi)$$



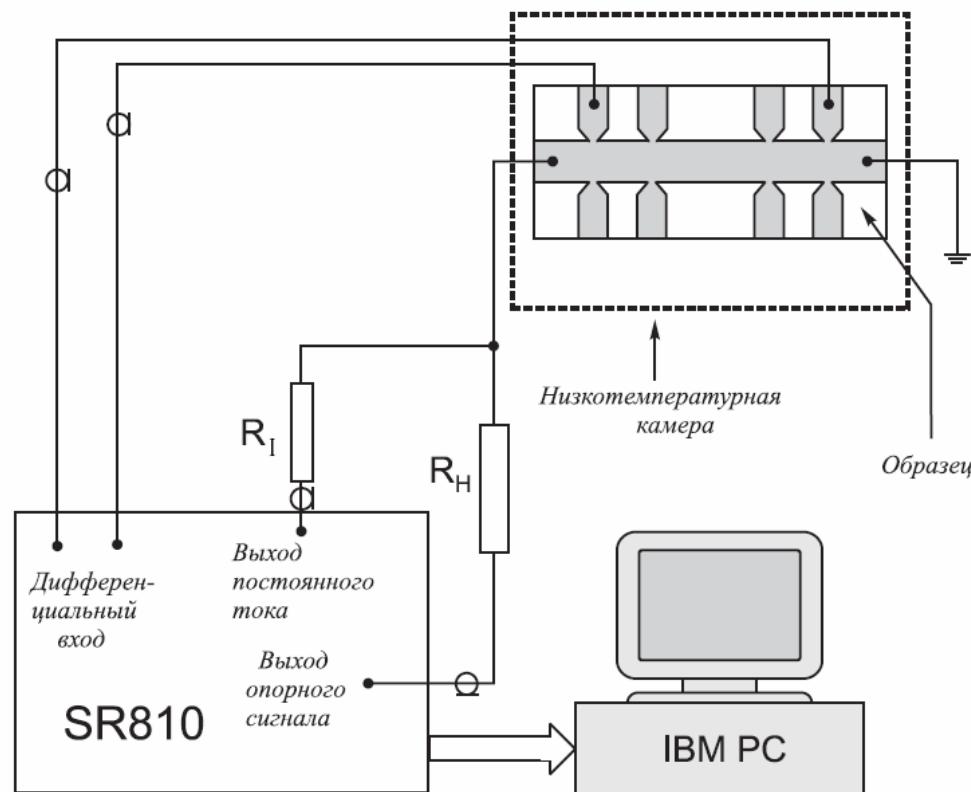
в эксперименте:



Образец



Измерительная схема

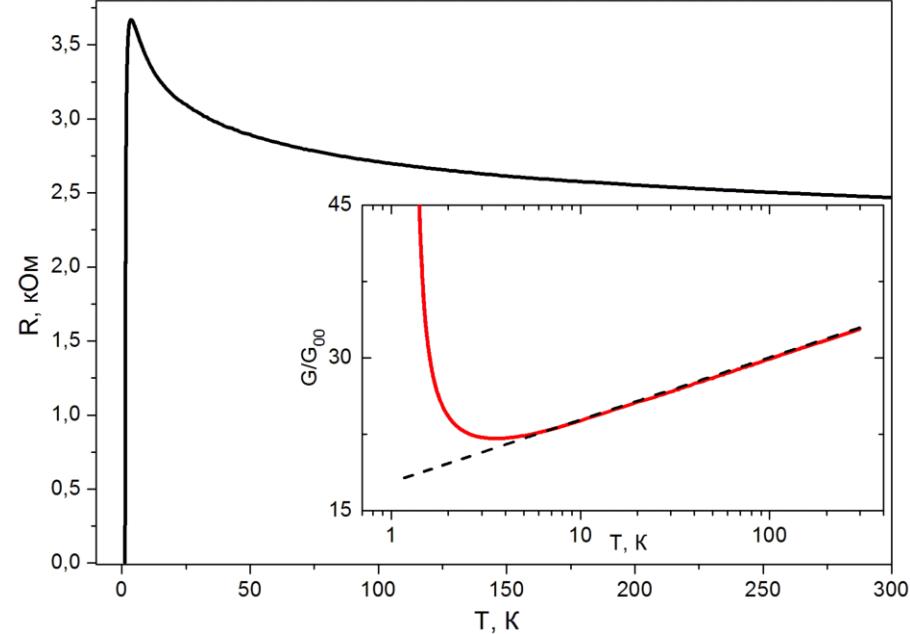
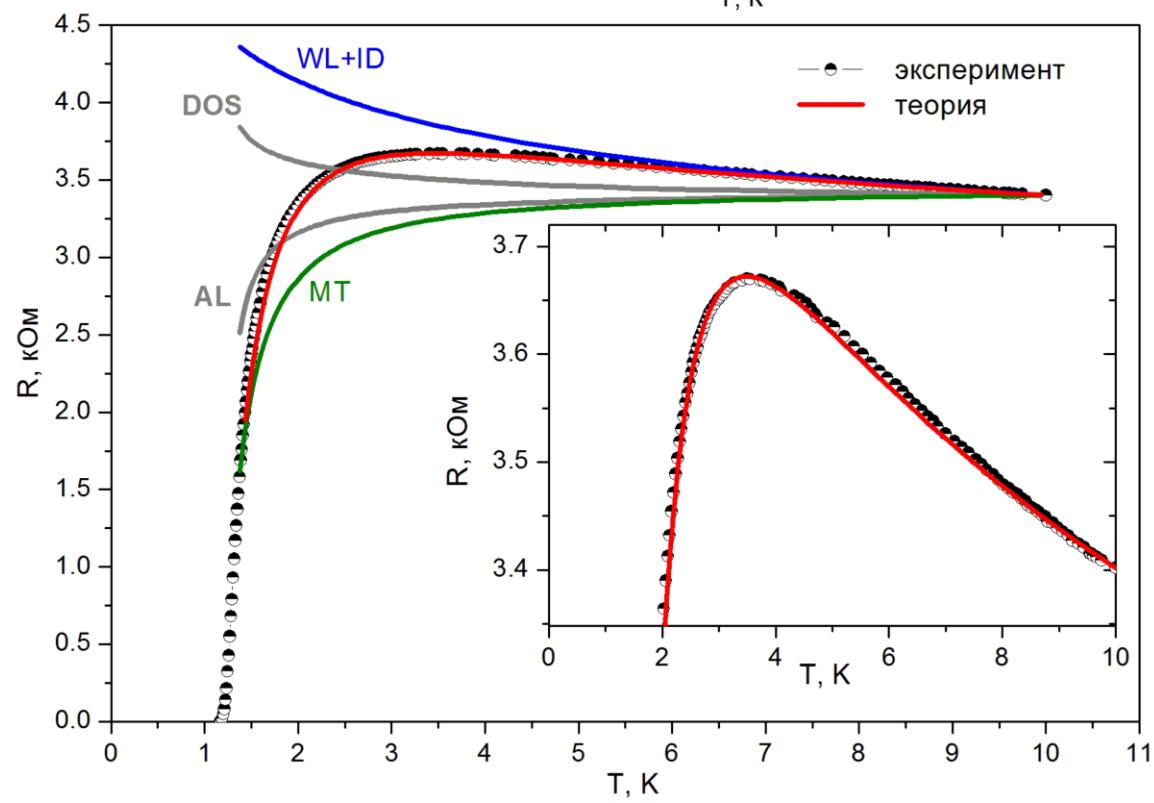


Эксперимент

Температурная зависимость сопротивления

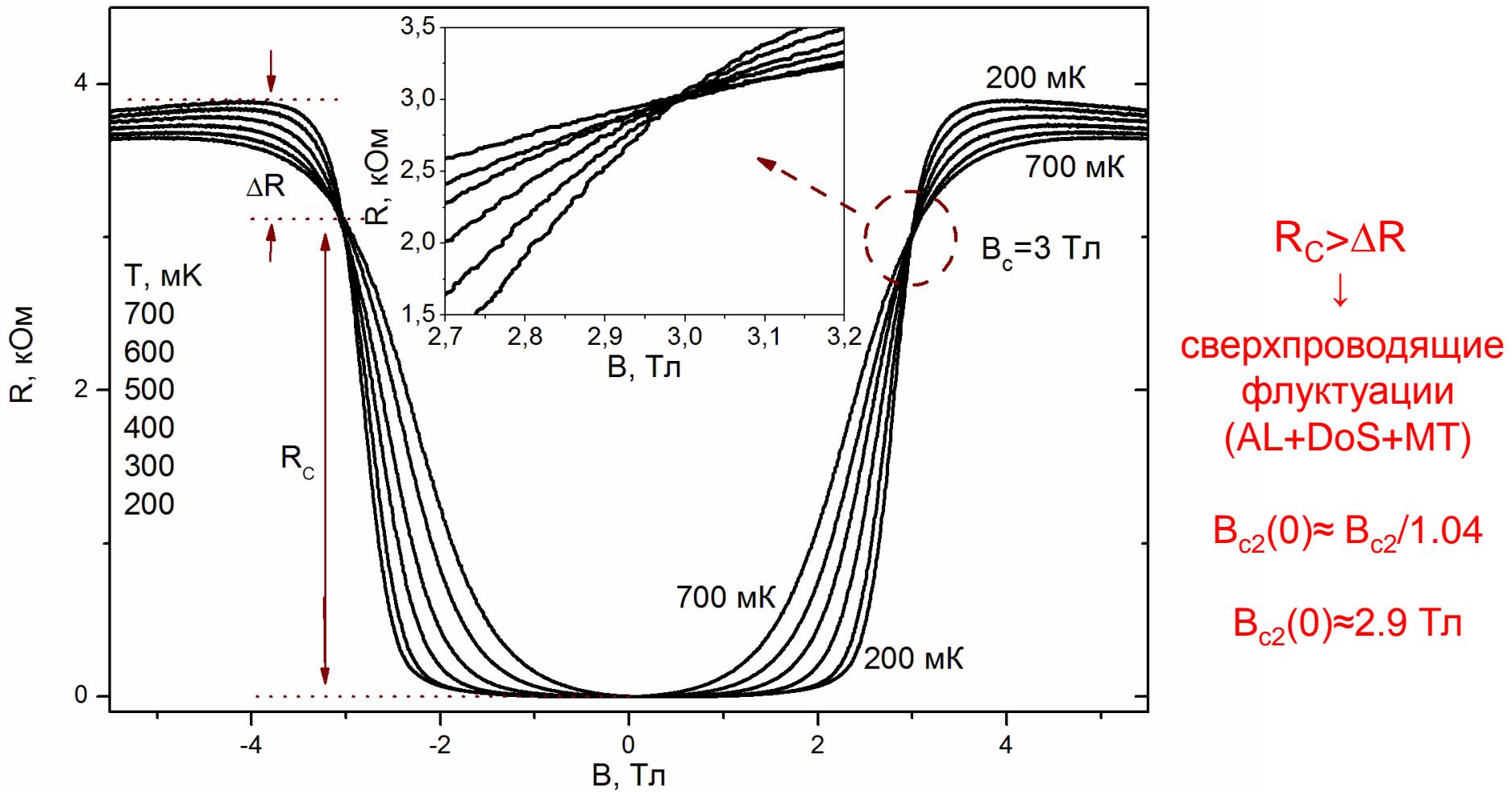
Анализ
флуктуационной
области

$T_C=1.2$ 0.01 K



Эксперимент

Верхнее критическое поле



• T. I. Baturina, J. Bentner, C. Strunk, M.R. Baklanov, A. Satta.

From quantum corrections to magnetic-field-tuned superconductor-insulator quantum phase transition in TiN films. - Physica B **359-361** 500-502 (2005).

• V. M. Galitski and A. I. Larkin.

Superconducting fluctuations at low temperature. - Physical Review B **63**, 174506 (2001).

Основные параметры плёнки

$d \approx 5$ нм – толщина плёнки,

$L \approx 0.05$ мм – ширина плёнки,

$R_N \approx 2470$ Ом – нормальное сопротивление (при 300 К),

$T_c \approx 1.2$ К – критическая температура перехода БКШ,

$B_{c2} \approx 2.9$ Тл – верхнее критическое поле,



$l \approx 0.38$ нм – длина свободного пробега,

$\lambda_F \approx 1.2$ нм – фермиевская длина волны,

$l, \lambda_F < d < \xi, l_T$

$\xi_d \approx 9$ нм – сверхпроводящая длина когерентности ($T = 0$),

$l_T \approx 36$ нм – тепловая длина когерентности,

$\lambda_d \approx 1.9$ мкм – глубина проникновения магнитного поля

$d < \lambda_d$

для объёмного образца ($T = 0$),

$\lambda_\perp \approx 1.5$ мм – глубина проникновения магнитного поля,

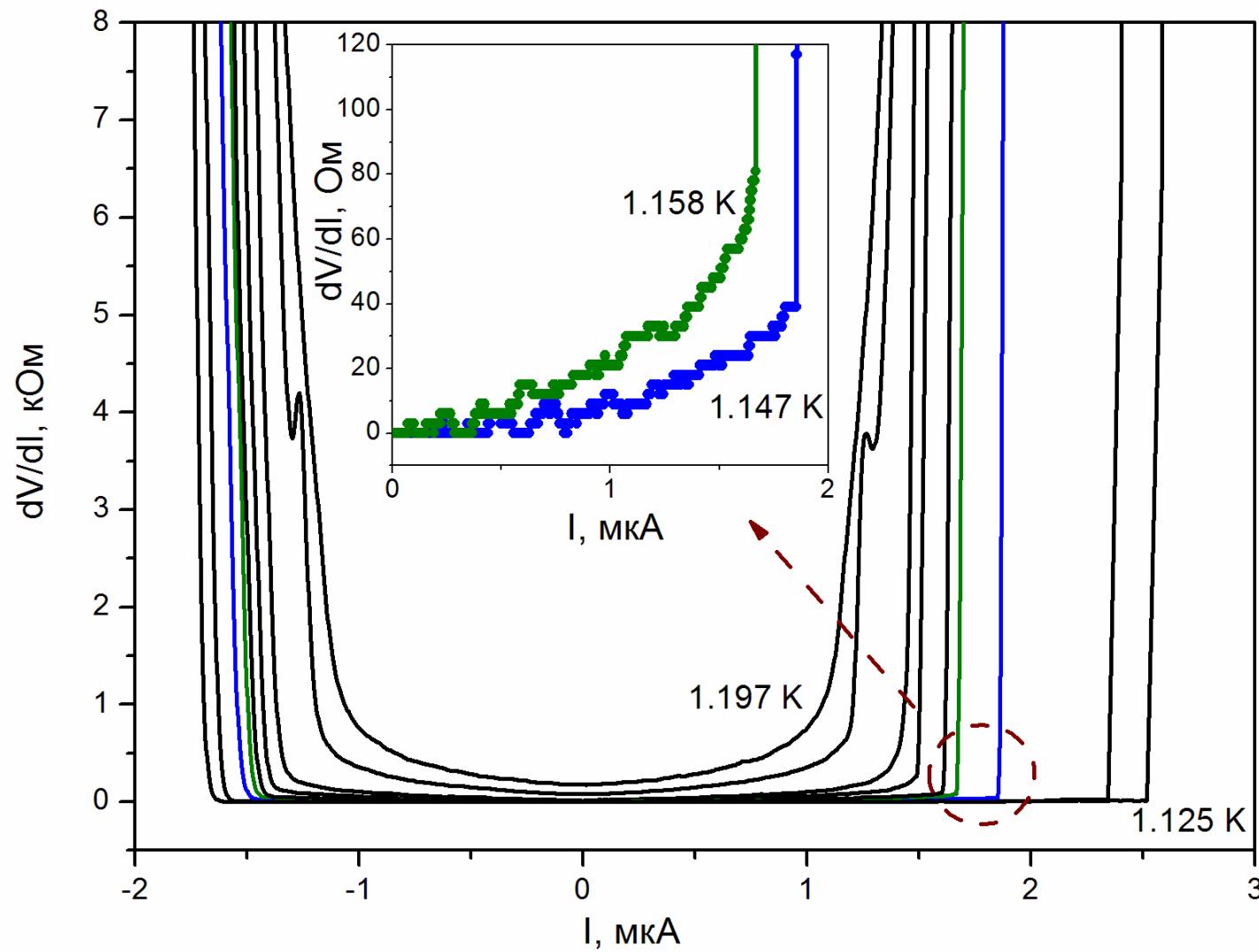
$L < \lambda_\perp$

перпендикулярного плёнке ($T = 0$). $\lambda_\perp / \xi_d > 1/\sqrt{2}$

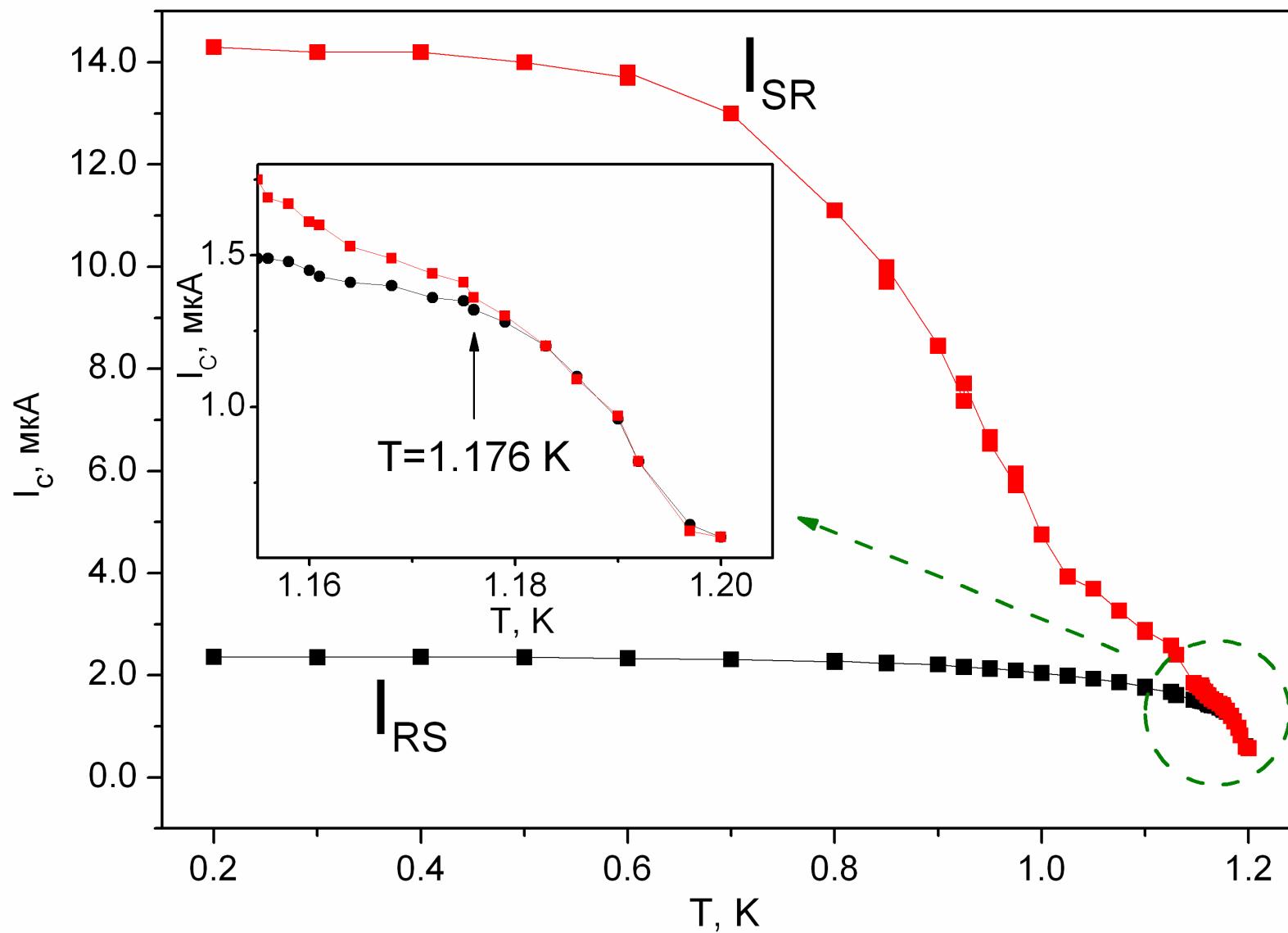
Исследуемый образец
удовлетворяет всем требованиям применимости
теории перехода БКТ

Эксперимент

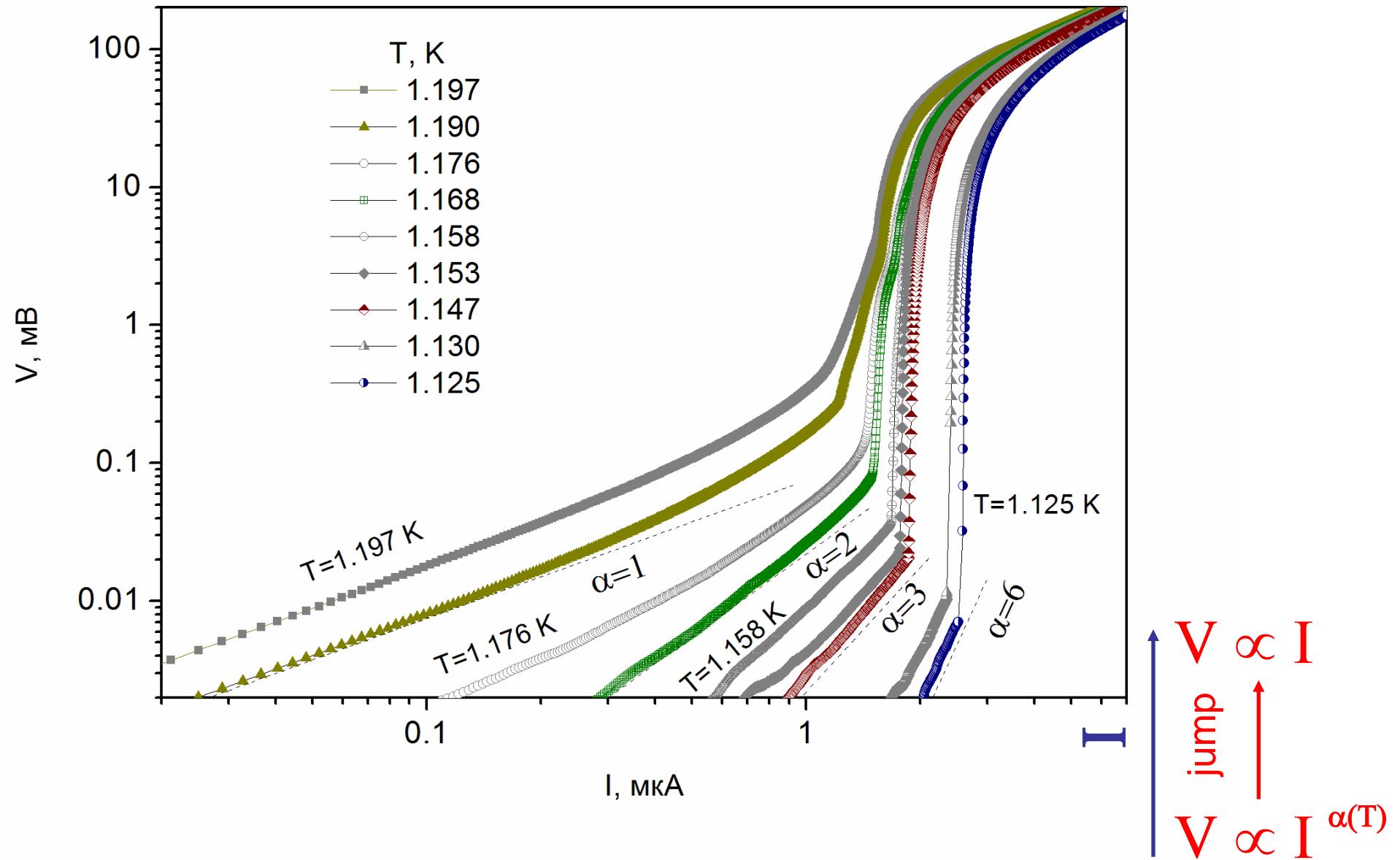
Зависимости дифференциального сопротивления dV/dI от постоянного тока I



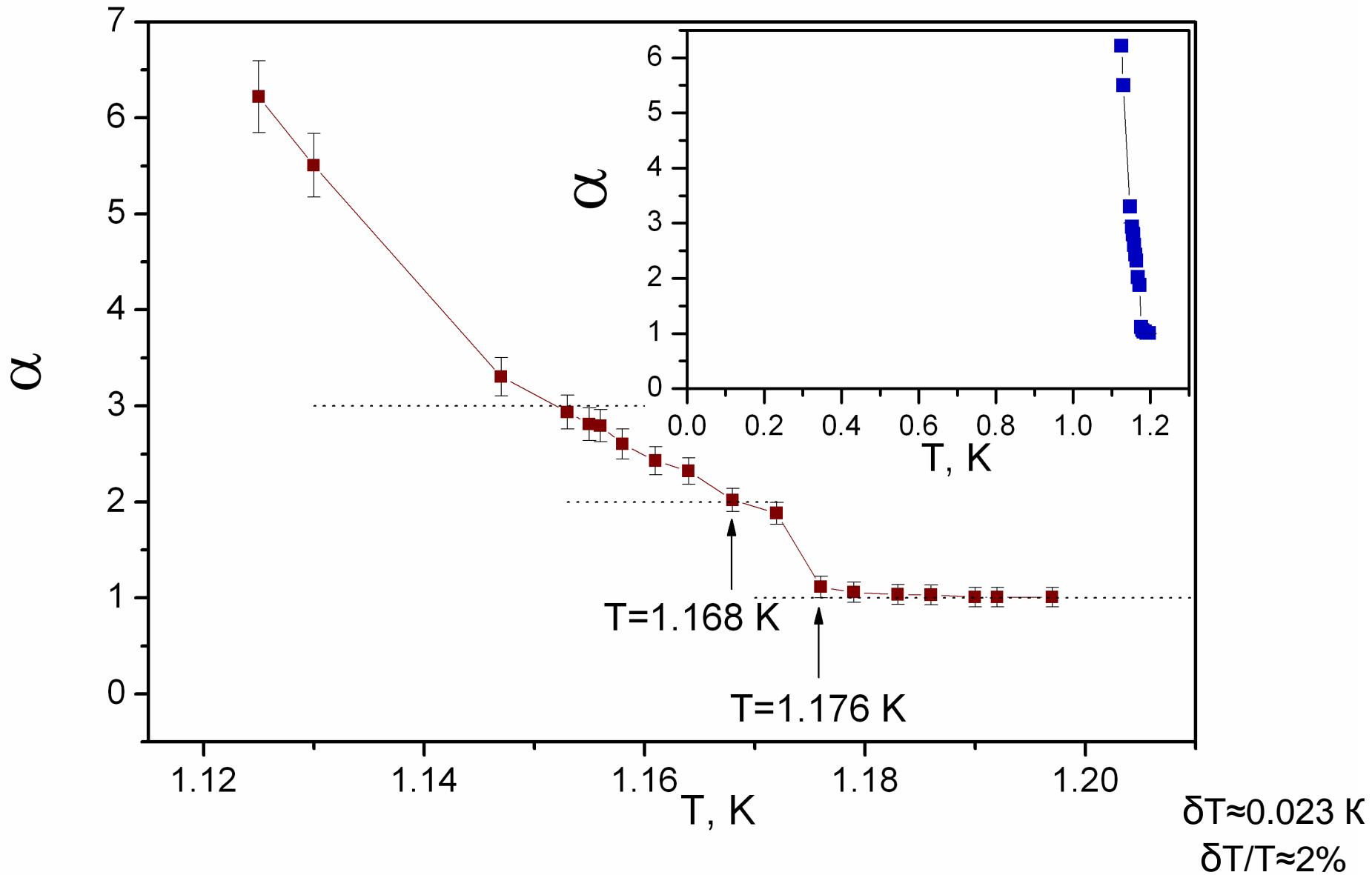
Температурная зависимость критического тока



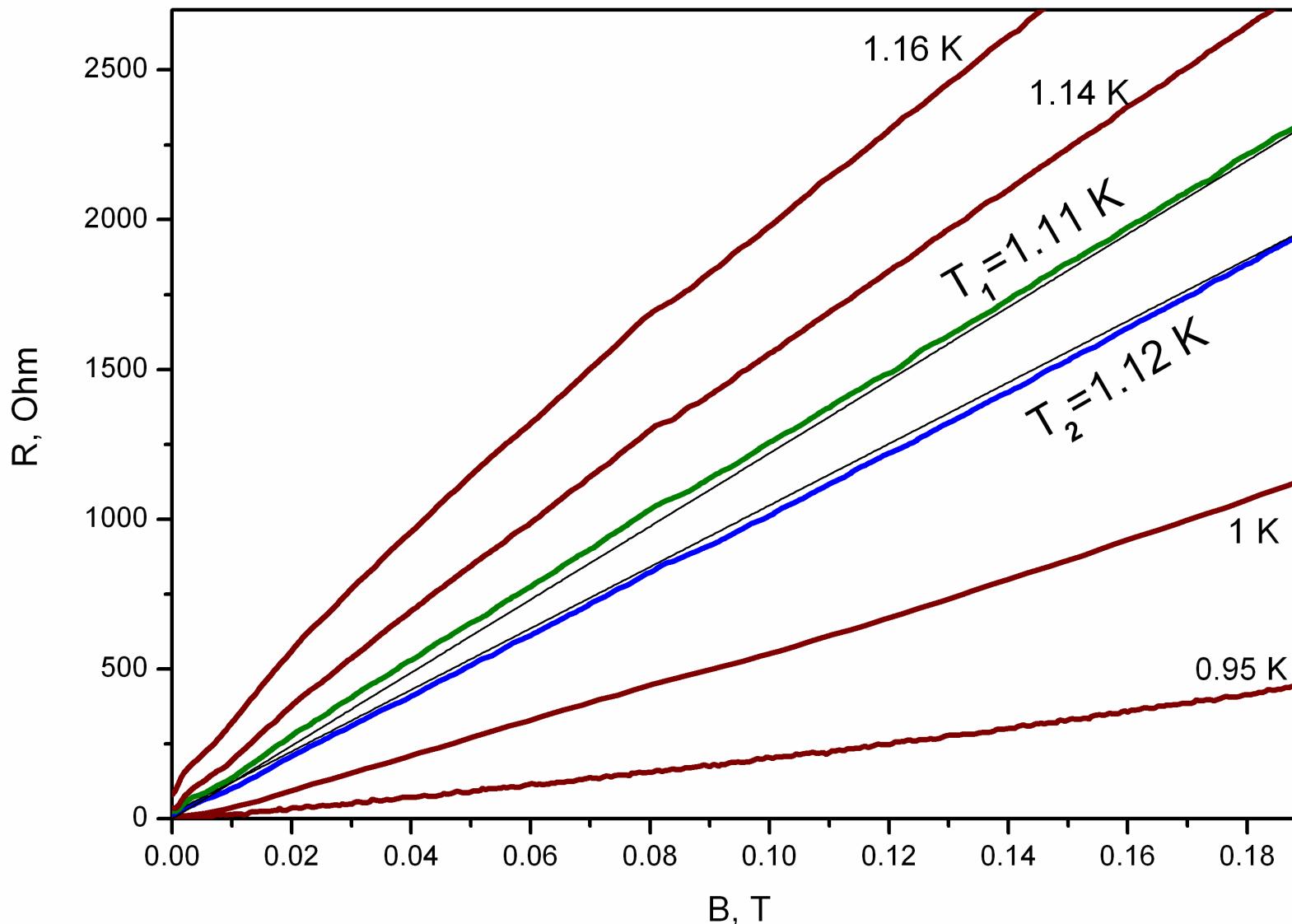
Вольтамперные зависимости, полученные численным интегрированием



Зависимость α от T



Магниторезистивные изотермы



- R. W. Simon, B. J. Dalrymple, D. Van Vechten, W. W. Fuller, and S. A. Wolf.
Transport measurements in granular niobium nitride cermet films.
- Physical Review B **36** (4), 1962 (1987).

$$T_C = 1.2 \pm 0.01 \text{ K}$$

$$T_{BKT} = 1.168 \text{ K}$$

$$\Delta T = T_C - T_{BKT} = 0.03 \pm 0.01 \text{ K}$$

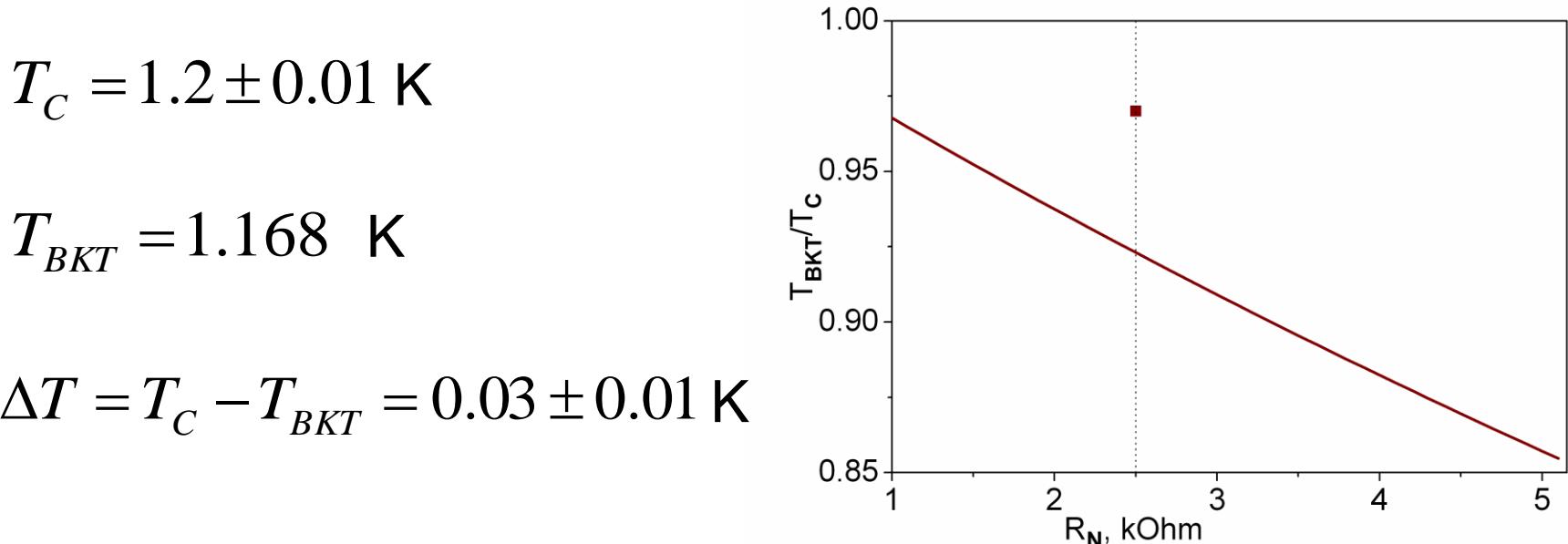
$$\frac{T_{BKT}}{T_C} = \frac{1}{1 + R_N / R_0} \cong 1 - \frac{R_N}{R_0} \rightarrow R_0 \approx 90 \text{ k}\Omega\text{M}$$

теоретические оценки

$$R_0 \sim 24 \div 34 \text{ k}\Omega\text{M}$$

экспериментальные оценки

$$R_0 \sim 70 \text{ k}\Omega\text{M}$$



- M. R. Beasley, J. E. Mooij, and T.P. Orlando.
Possibility of Vortex-Antivortex Pair Dissociation in Two-Dimensional Superconductors.
- Physical Review Letters **42** (17), 1167 (1979).