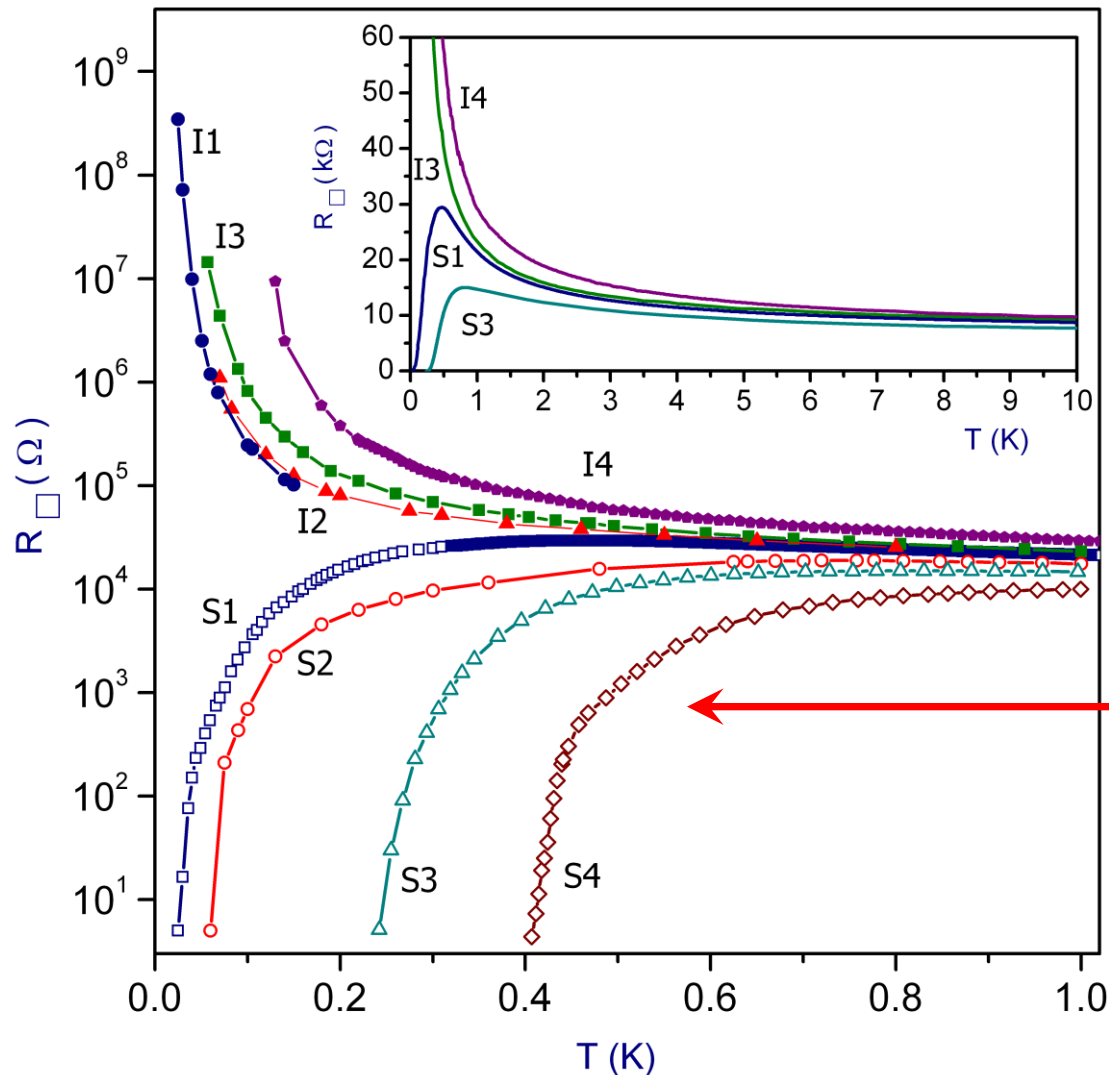


Переход Березинского-Костерлица-Таулесса в тонкой плёнке нитрида титана

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

Объект исследования: тонкая сверхпроводящая плёнка

Квази 2D → 3D электронный спектр

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

λ_F - фермиевская длина
волны,

ξ -сверхпроводящая длина
когерентности,

l_T - тепловая длина
когерентности.

Условия применимости
теории БКТ:

2D система,

сверхпроводник второго рода

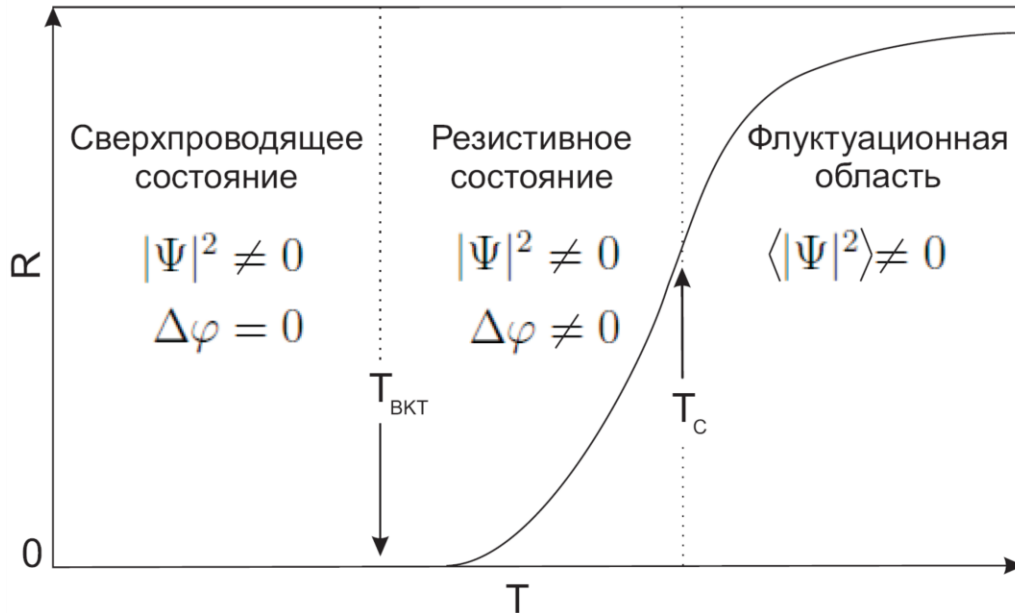
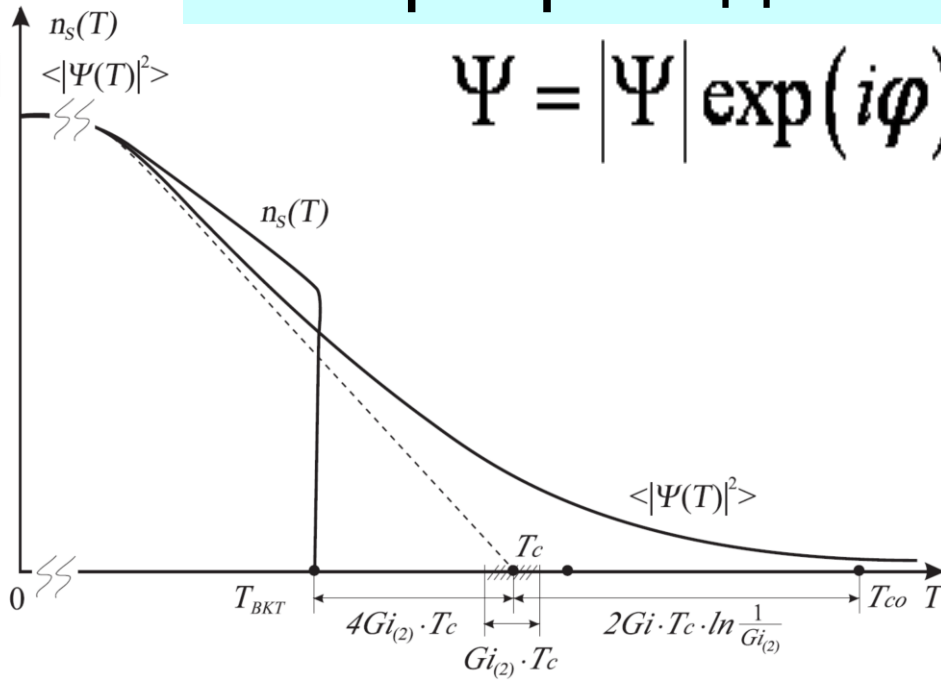
$$\lambda_{\perp} / \xi_d > 1/\sqrt{2},$$

$$d < \lambda,$$

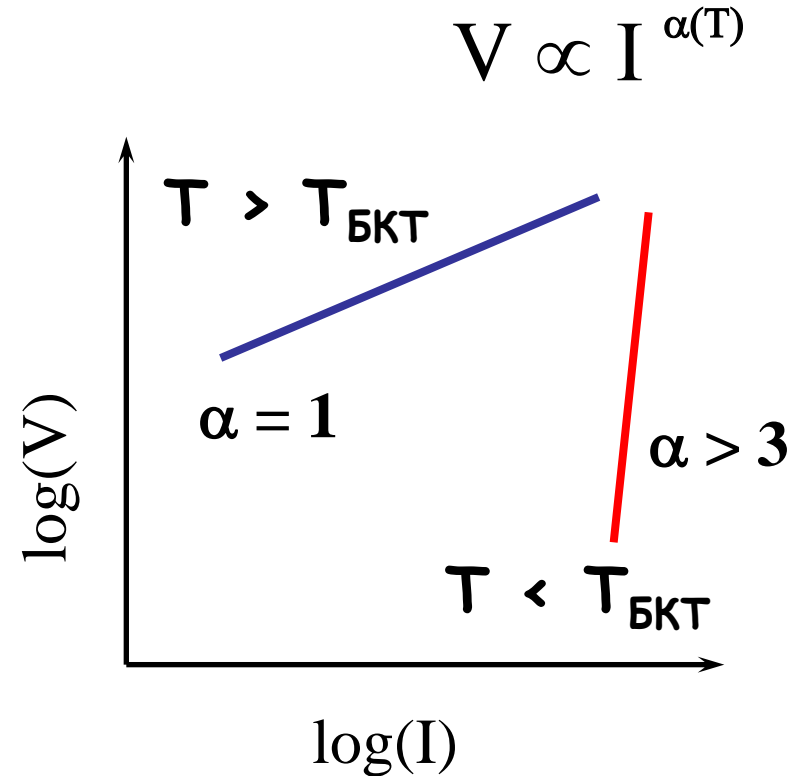
$$L < \lambda_{\perp}.$$

Сверхпроводник

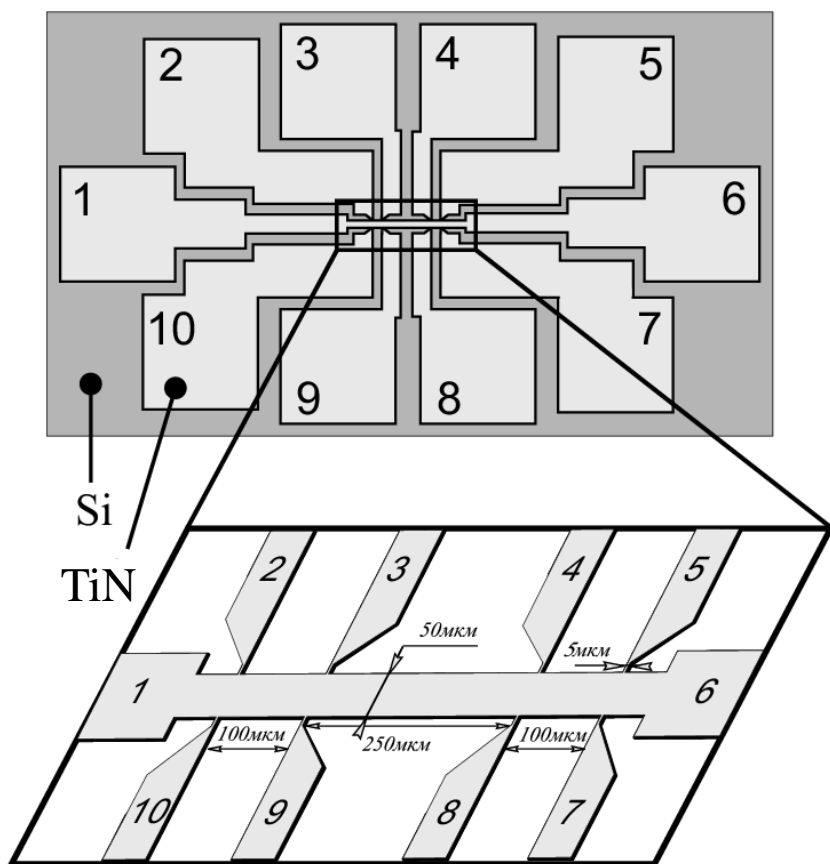
$$\Psi = |\Psi| \exp(i\varphi)$$



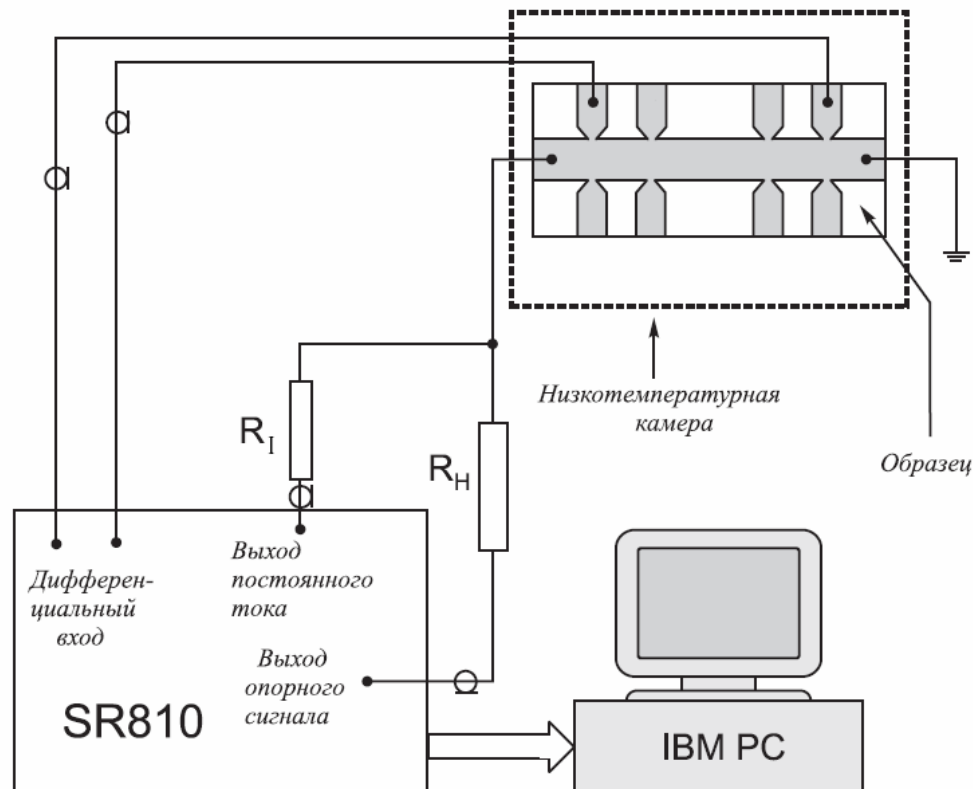
в эксперименте:



Образец

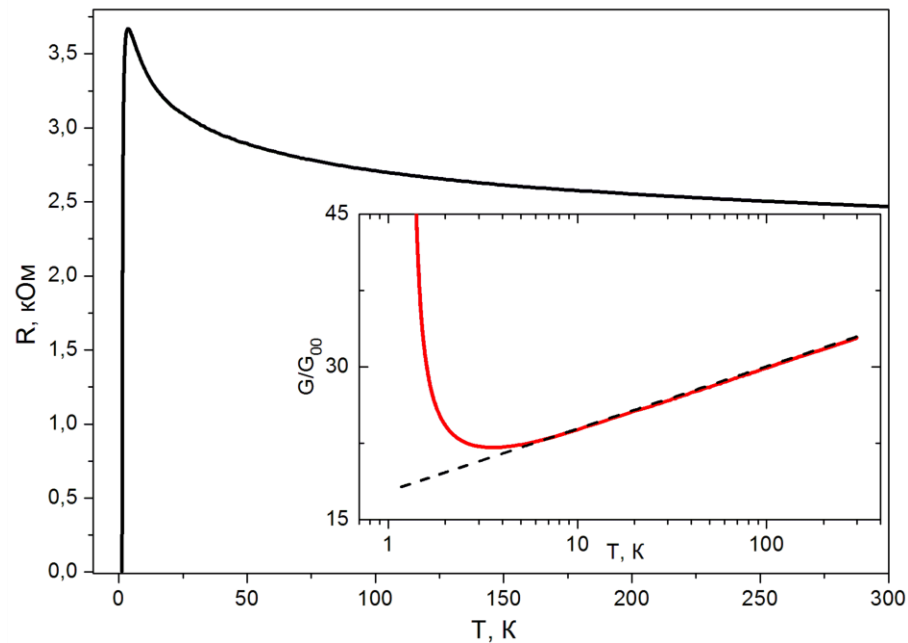


Измерительная схема



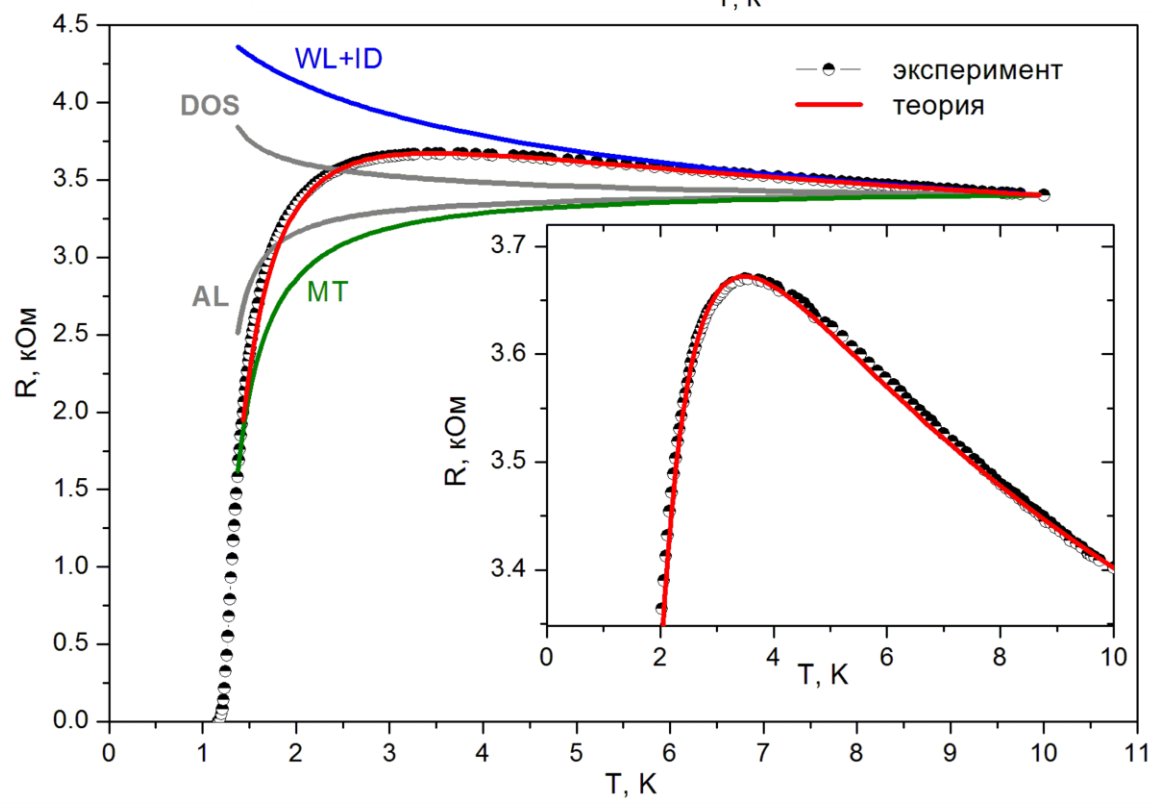
Эксперимент

Температурная зависимость
сопротивления



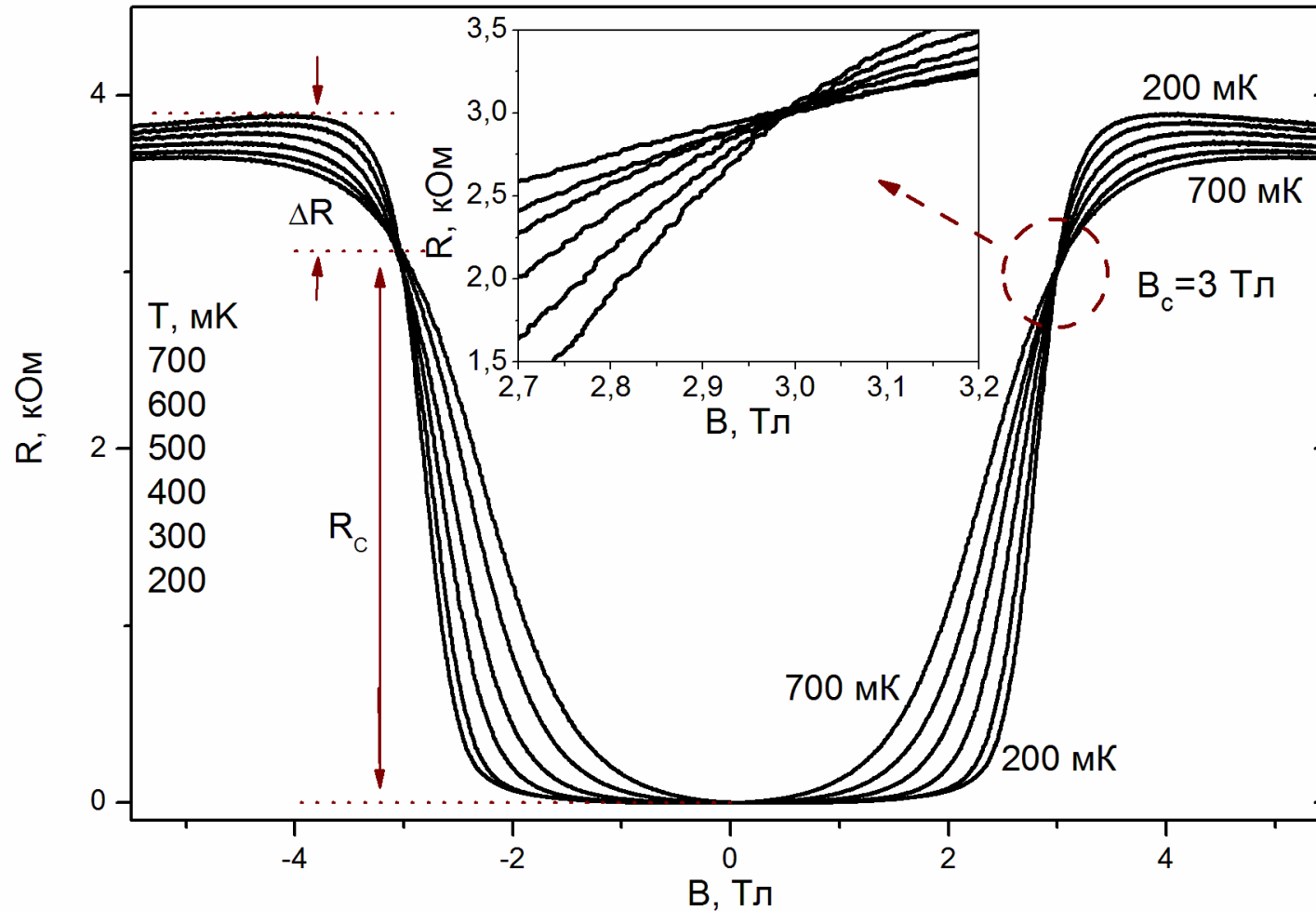
Анализ
флуктуационной
области

$T_C = 1.2 \pm 0.01$ K



Эксперимент

Верхнее критическое поле



$R_C > \Delta R$
↓
сверхпроводящие
флуктуации
(AL+DoS+MT)

$$B_{c2}(0) \approx B_{c2}/1.04$$

$$B_{c2}(0) \approx 2.9 \text{ Тл}$$

- 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,

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

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

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

$\lambda_d \approx 1.9$ мкм – глубина проникновения магнитного поля
для объёмного образца ($T = 0$),

$$d < \lambda_d$$

$\lambda_{\perp} \approx 1.5$ мм – глубина проникновения магнитного поля,
перпендикулярного плёнке ($T = 0$).

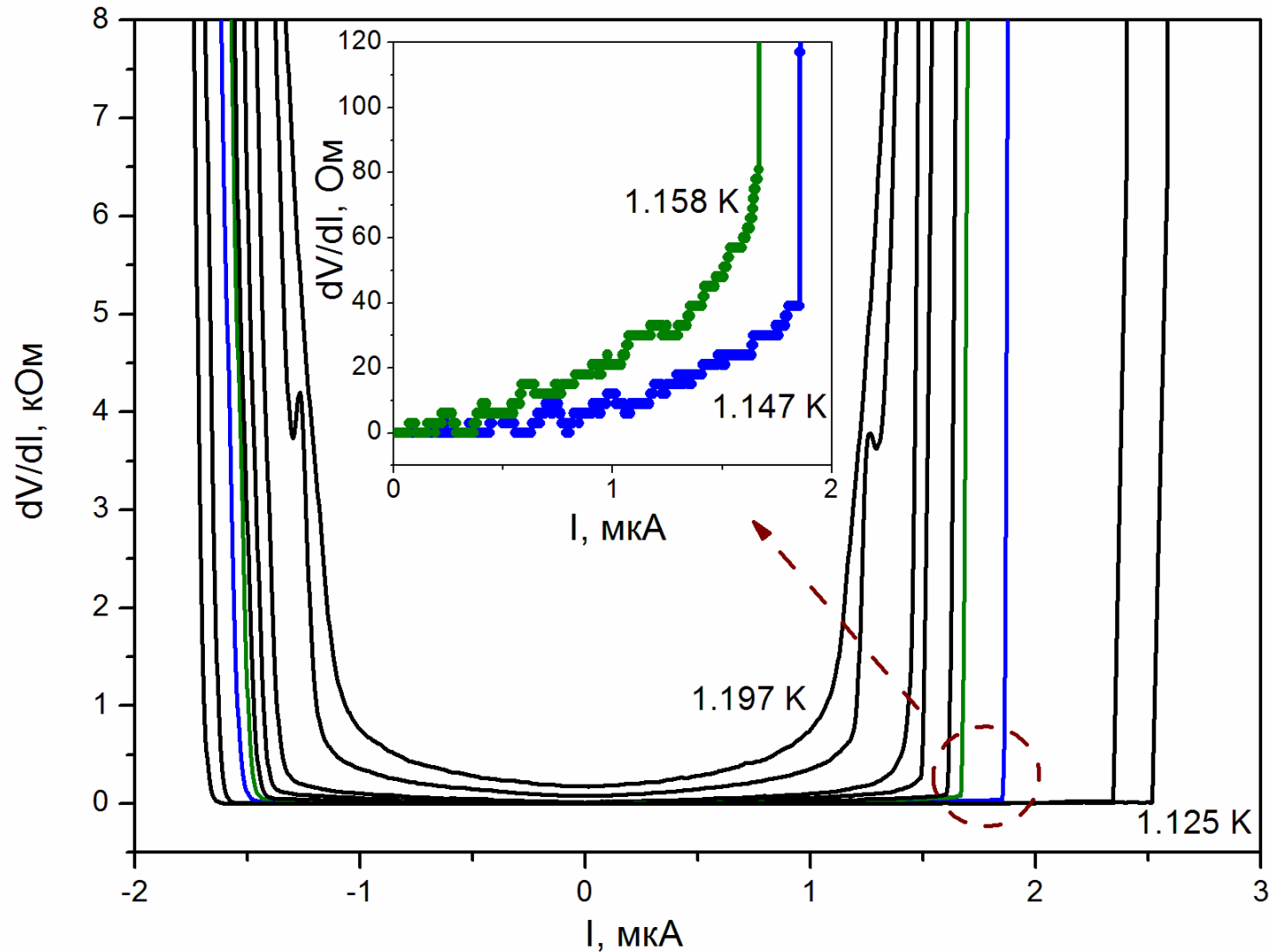
$$L < \lambda_{\perp}$$

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

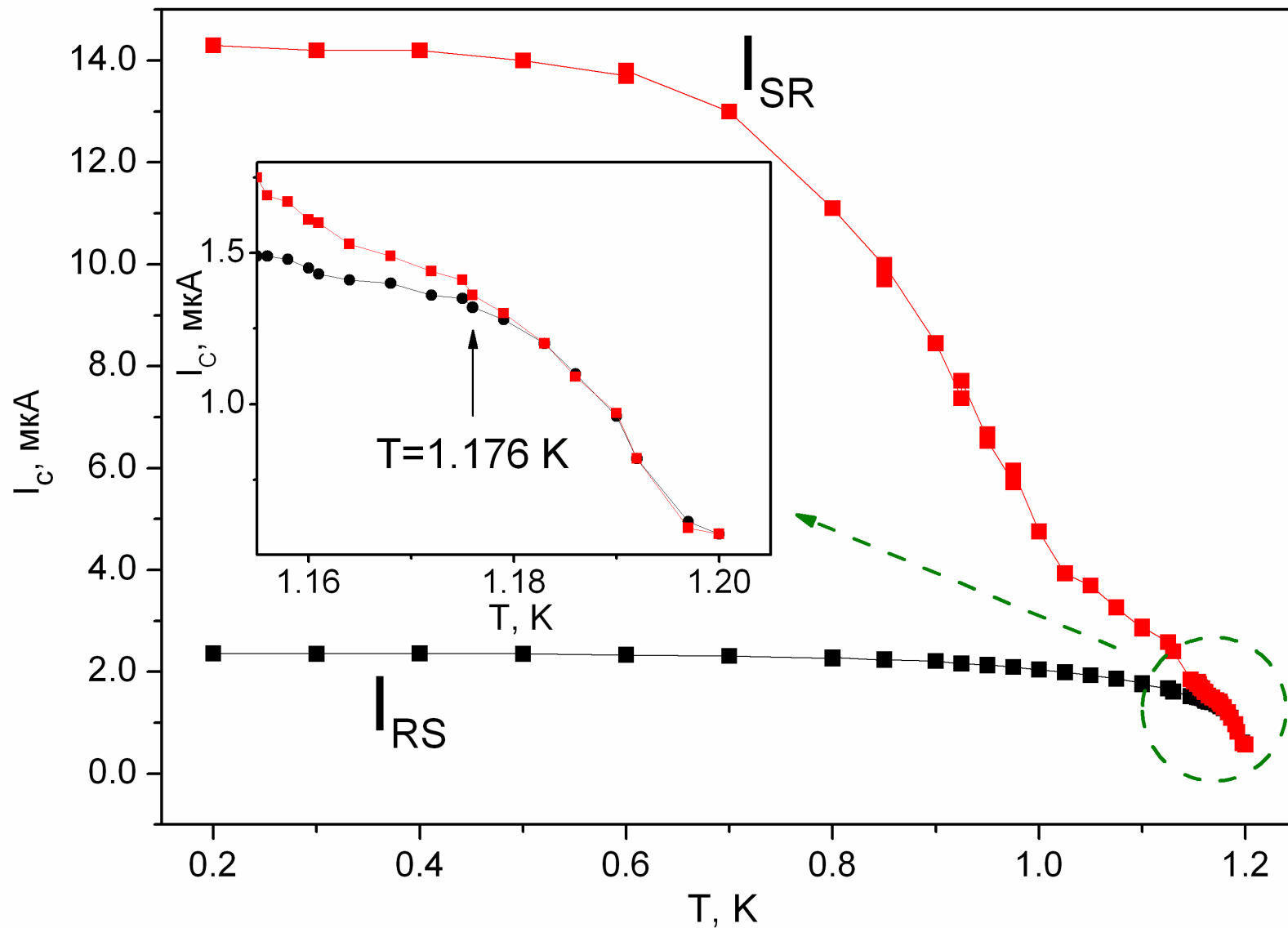
Исследуемый образец
удовлетворяет всем требованиям применимости
теории перехода БКТ

Эксперимент

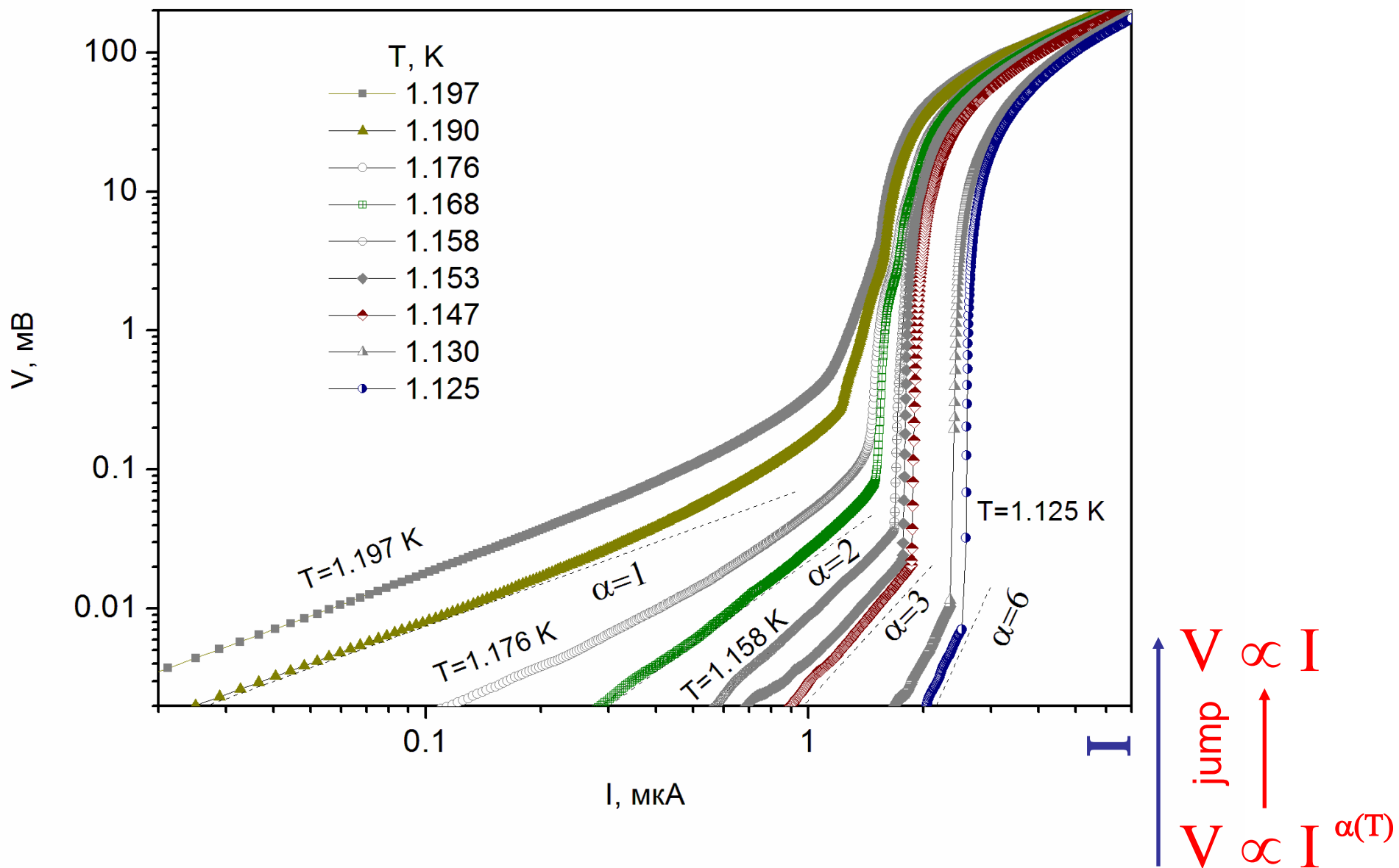
Зависимости дифференциального сопротивления dV/dI от постоянного тока I



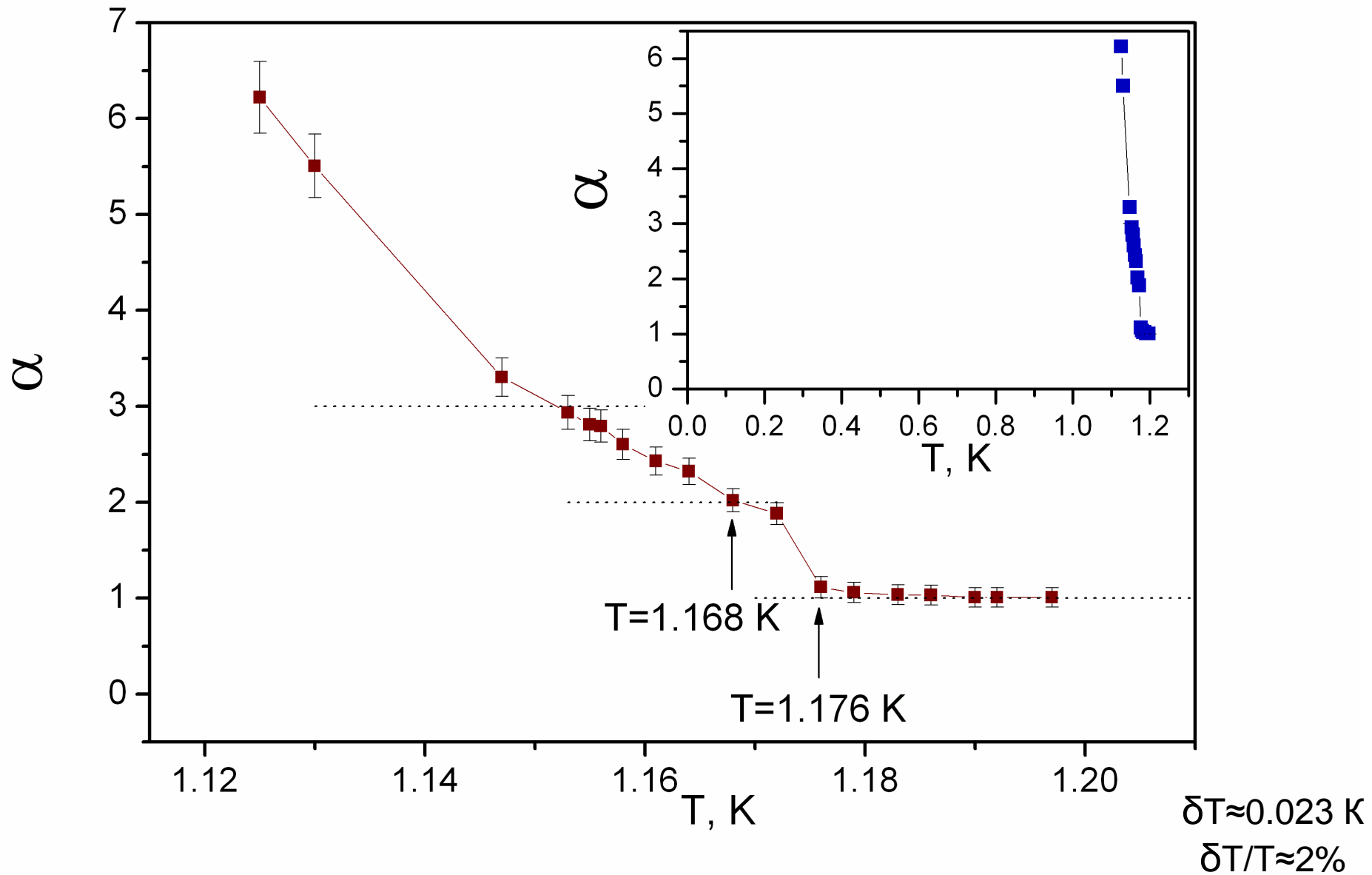
Температурная зависимость критического тока



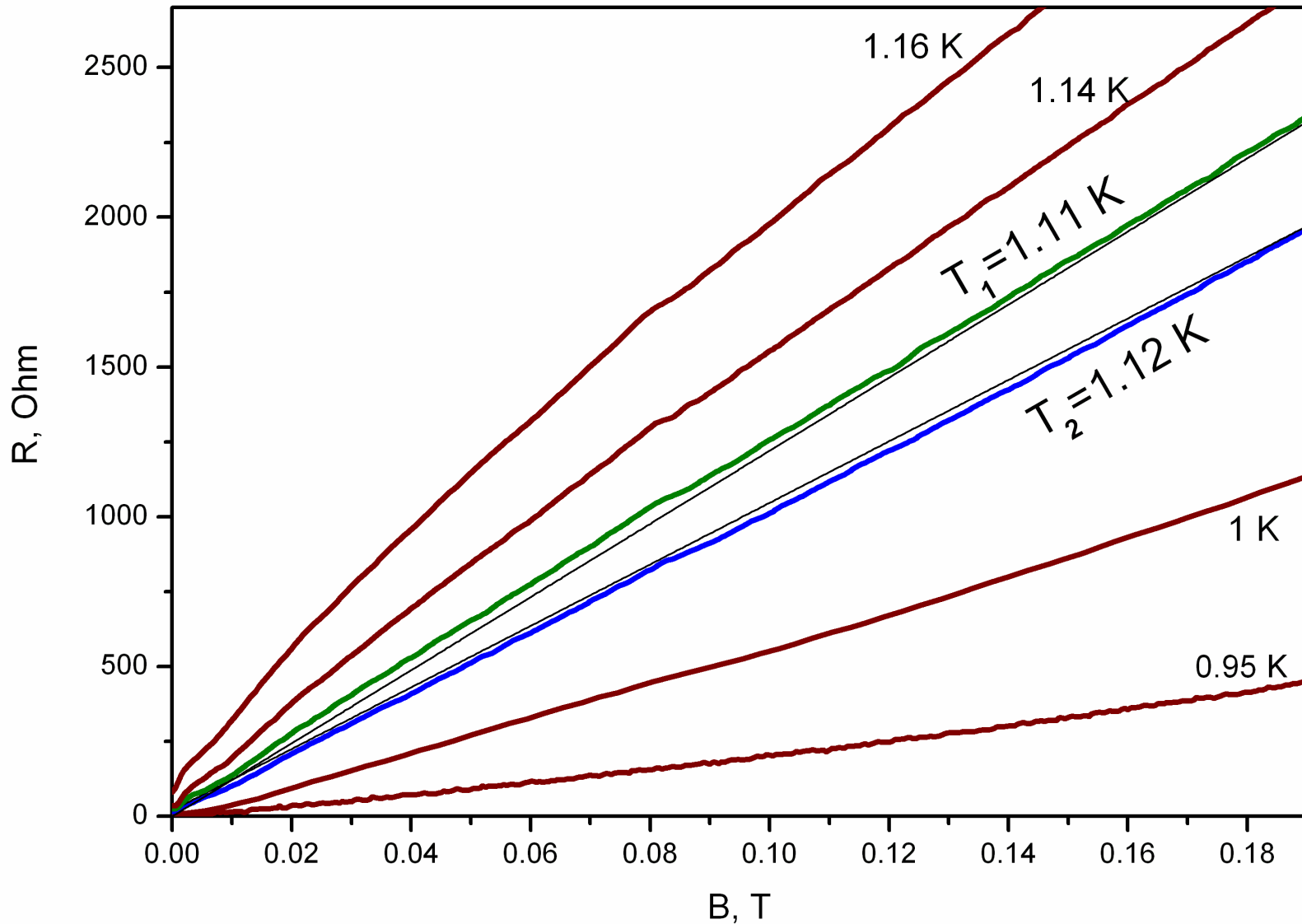
численным интегрированием



Зависимость α от T



Магниторезистивные изотермы



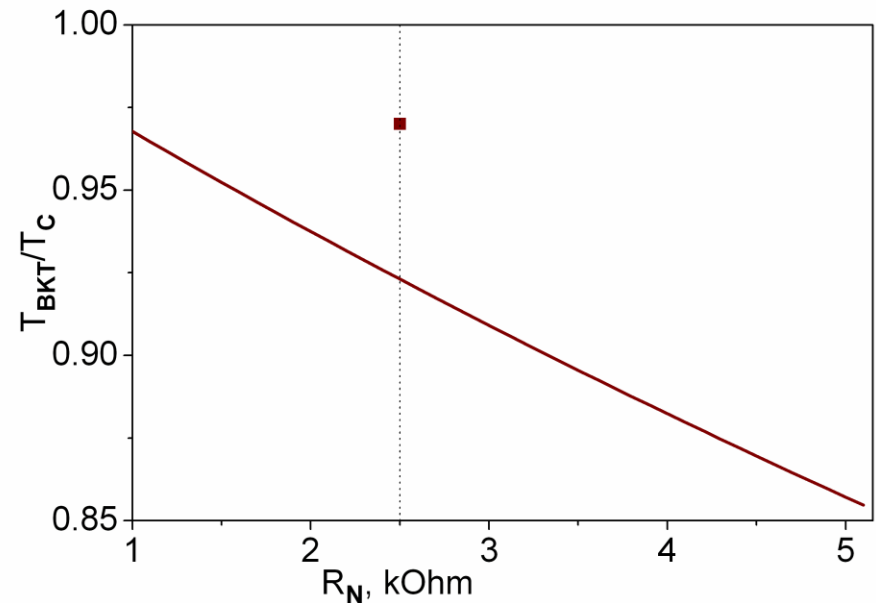
• R. W. Simon, B. j. Dalrymple, D. Van Vechten, W. W. Fuller, and S. A. Wolf.
Transport measurements in granular niobium nitride cermet films.
- Physical Review B **36** (4), 1962 (1987).

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

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

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

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



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

экспериментальные оценки $R_0 \sim 70 \text{ k}\Omega$

- 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).