# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ПРОЦЕССОВ СОРБЦИИ НА ВТОРИЧНУЮ ЭЛЕКТРОННУЮ ЭМИССИЮ

**А.Ю. Рудаков**

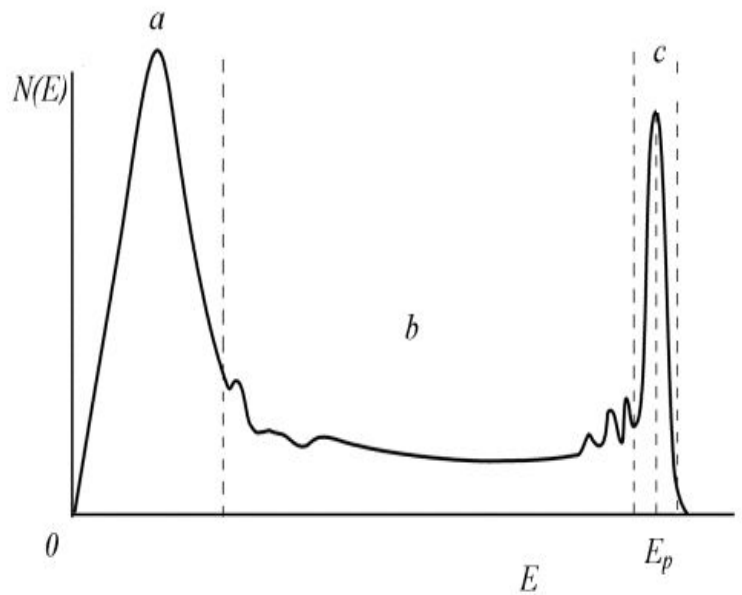
ОИЯИ ЛЯП СЭО

Дубна 2012

# Вторичная электронная эмиссия

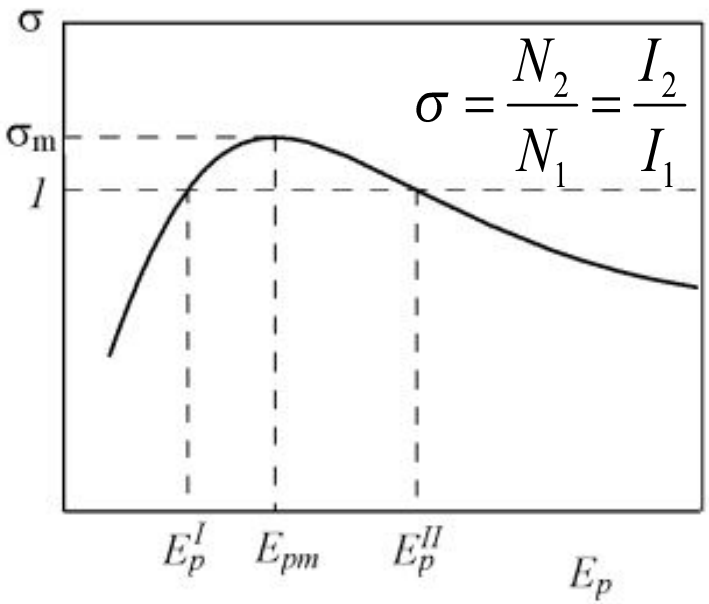
Вторичная электронная эмиссия - явление испускания твердыми телами вторичных электронов при их бомбардировке пучком первичных электронов.

Распределение вторичных электронов по энергии




a) - истинно вторичные e-
b) - неупруго отражённые e-
c) - упруго отражённые e-

Зависимость КВЭЭ от энергии первичных электронов

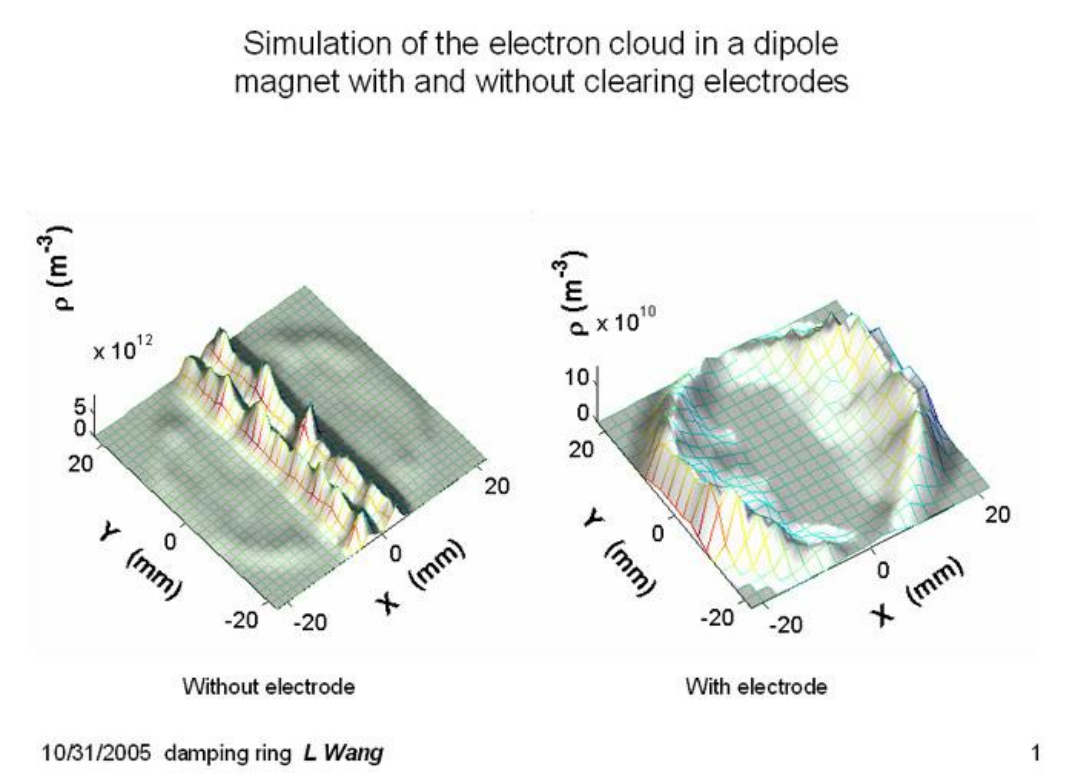



$N_1$, $I_1$ – первичные электроны
$N_2$, $I_2$ – вторичные электроны

# Электронные облака

**Электронные облака -** пространственное динамическое распределение электронов, образованное в пучковой камере из первичных электронов резонансным вторично-эмиссионным размножением их на стенках камеры.

Плотность электронных облаков зависит от коэффициента вторичной электронной эмиссии поверхности стенок вакуумных камер. Формирование электронных облаков можно промоделировать специализированными программами (например ECLOUD).

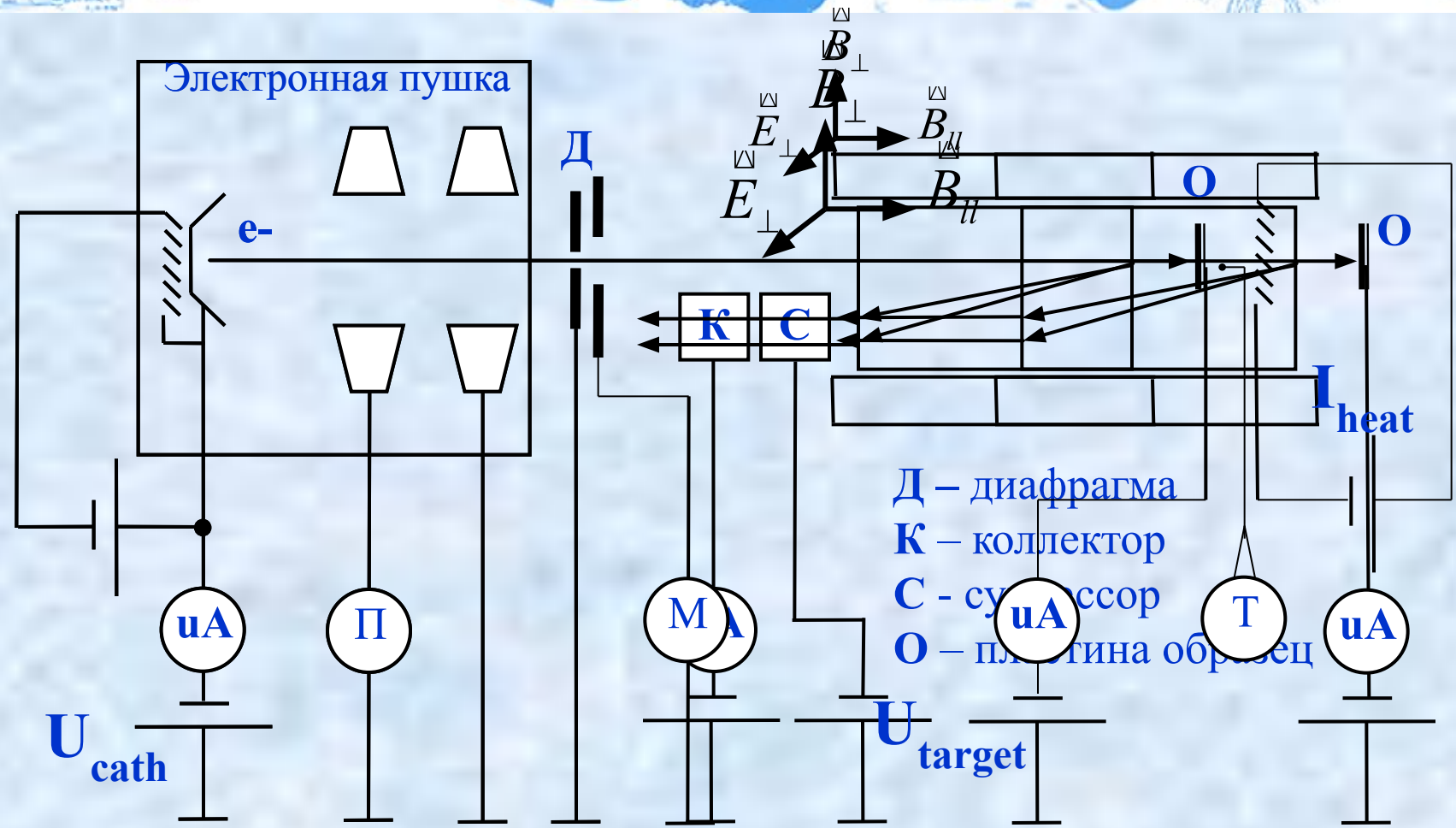


# Образование электронных облаков

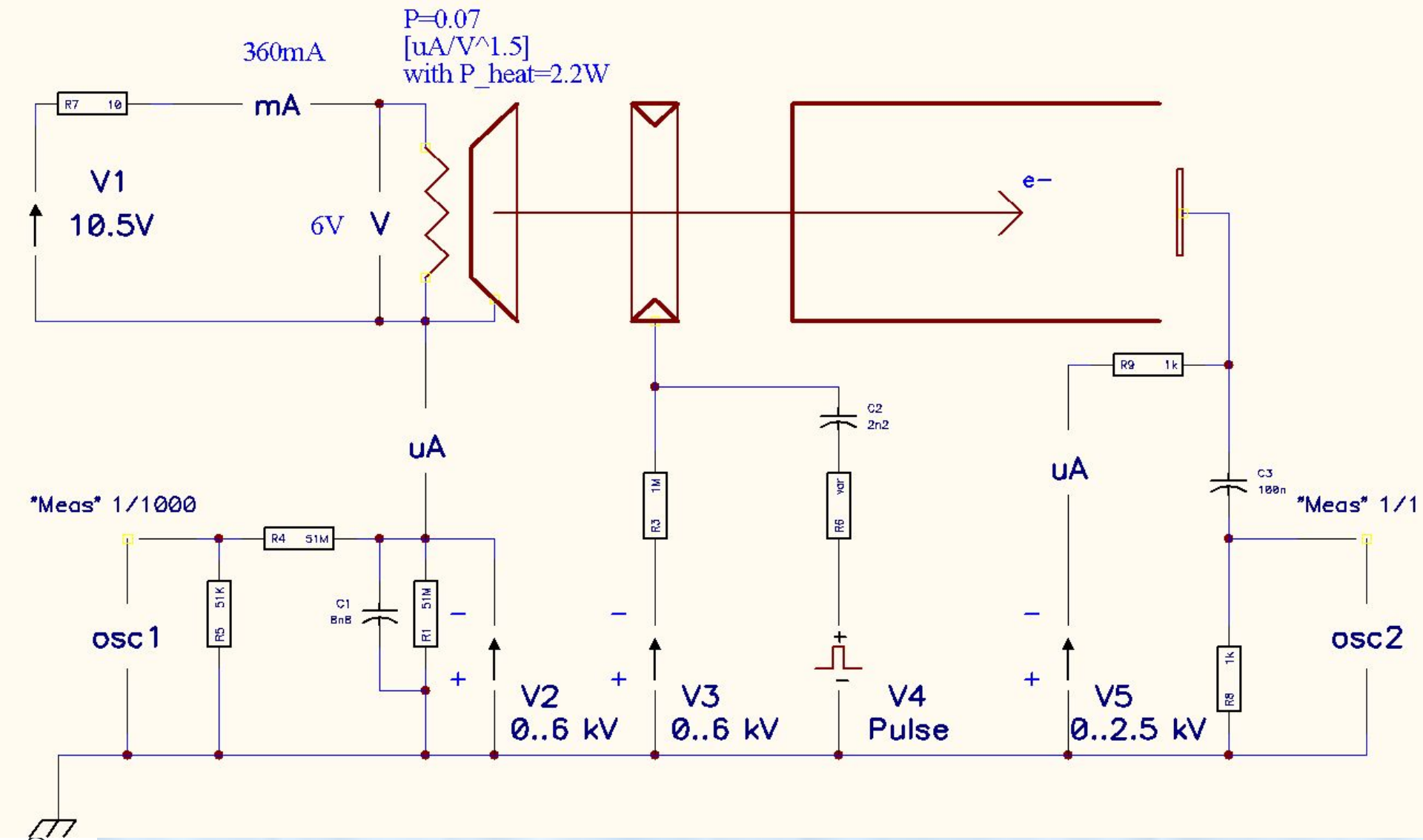
$$N_{bunch} \geq \beta^2 \cdot \frac{b^2}{Z\, r_e\, l_{space}}$$

β – скорость сгустка
b – радиус вакуумной камеры
Z – заряд ионов
$r_e$ – радиус электрона
$l_{space}$ – расстояние между сгустками

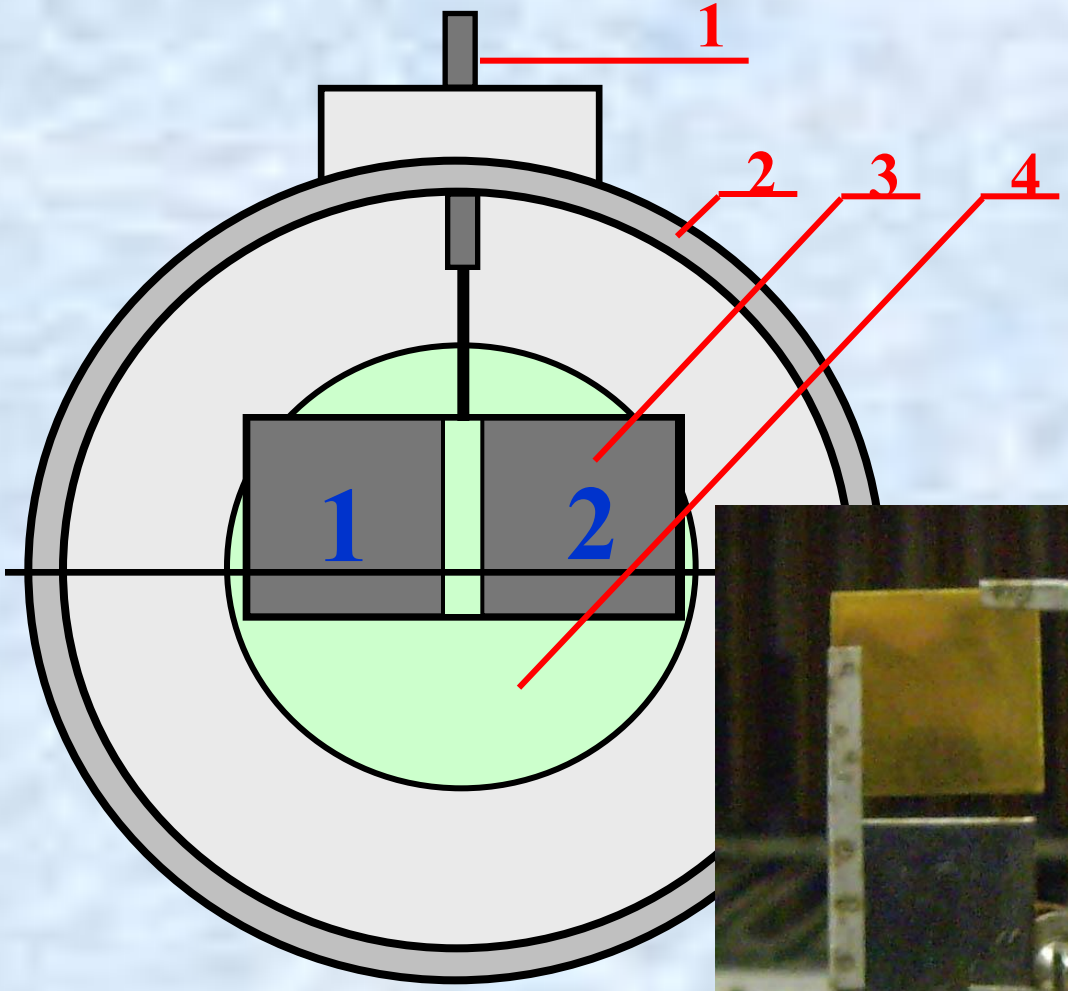
# Схема эксперимента по измерению КВЭЭ



# Схема эксперимента по измерению КВЭЭ



# Схема крепления пластин образцов

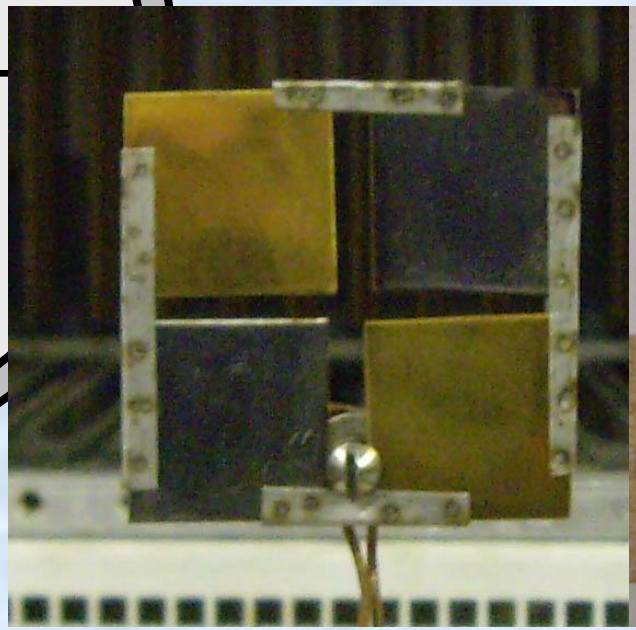


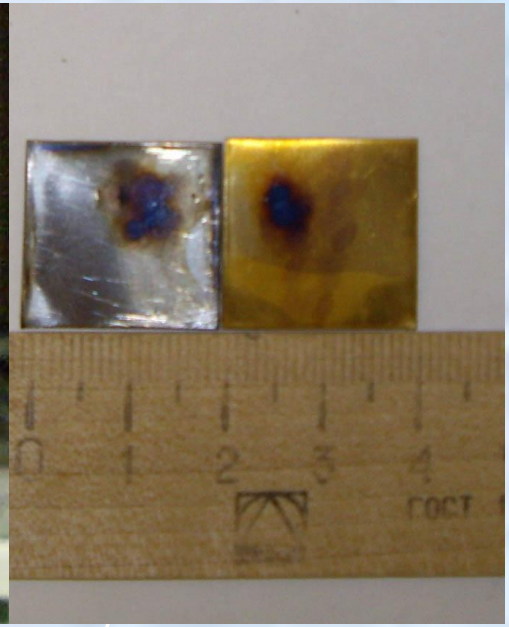

1 – Изолятор ввода

2 – Вакуумная камера

3 – Пластины-образцы

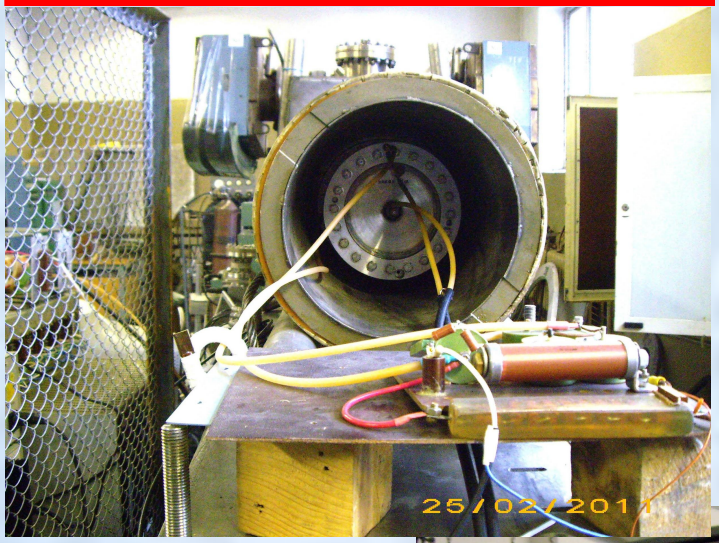
4 – Люминофор



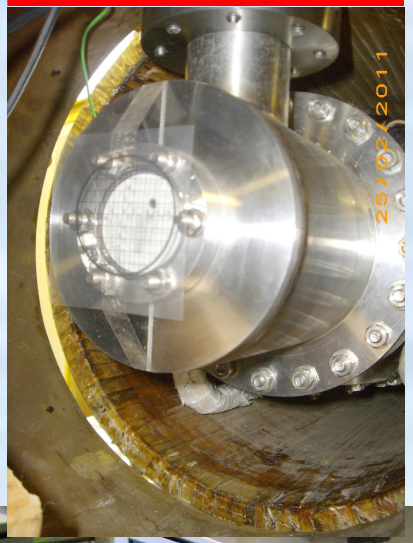


# Стенд «Рекуператор»

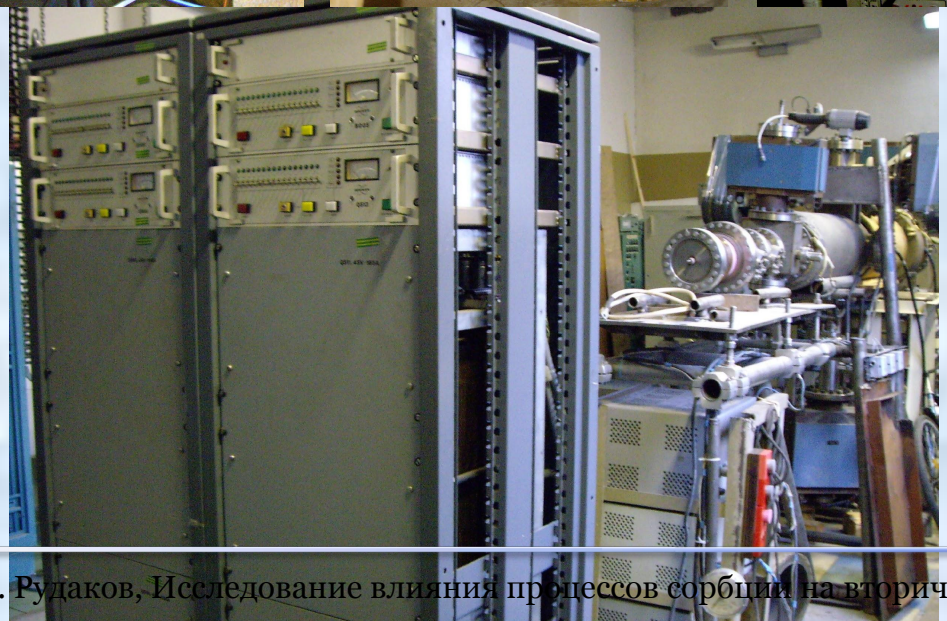
electron gun




target

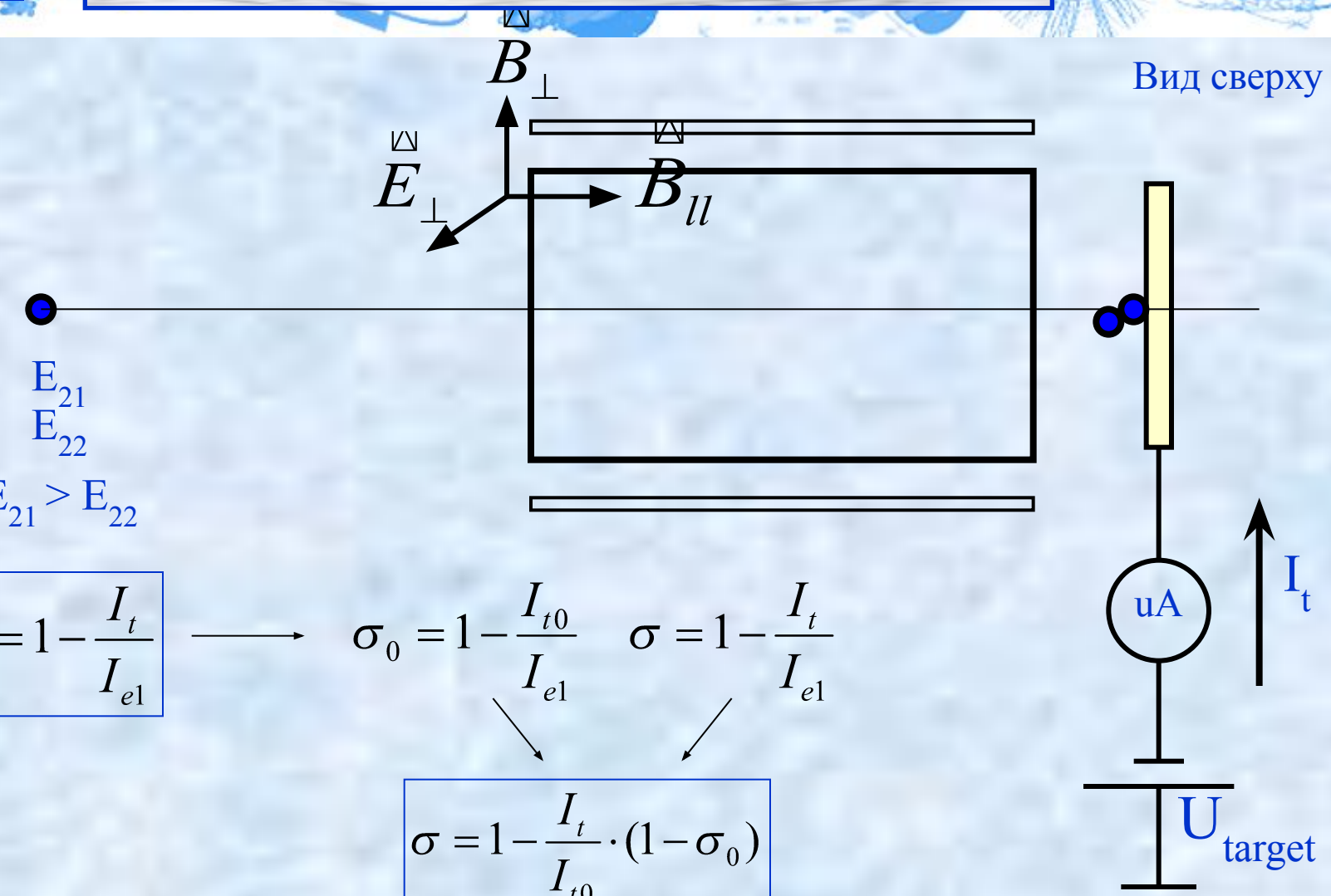



HV power supply cool system



# Вторичная электронная эмиссия



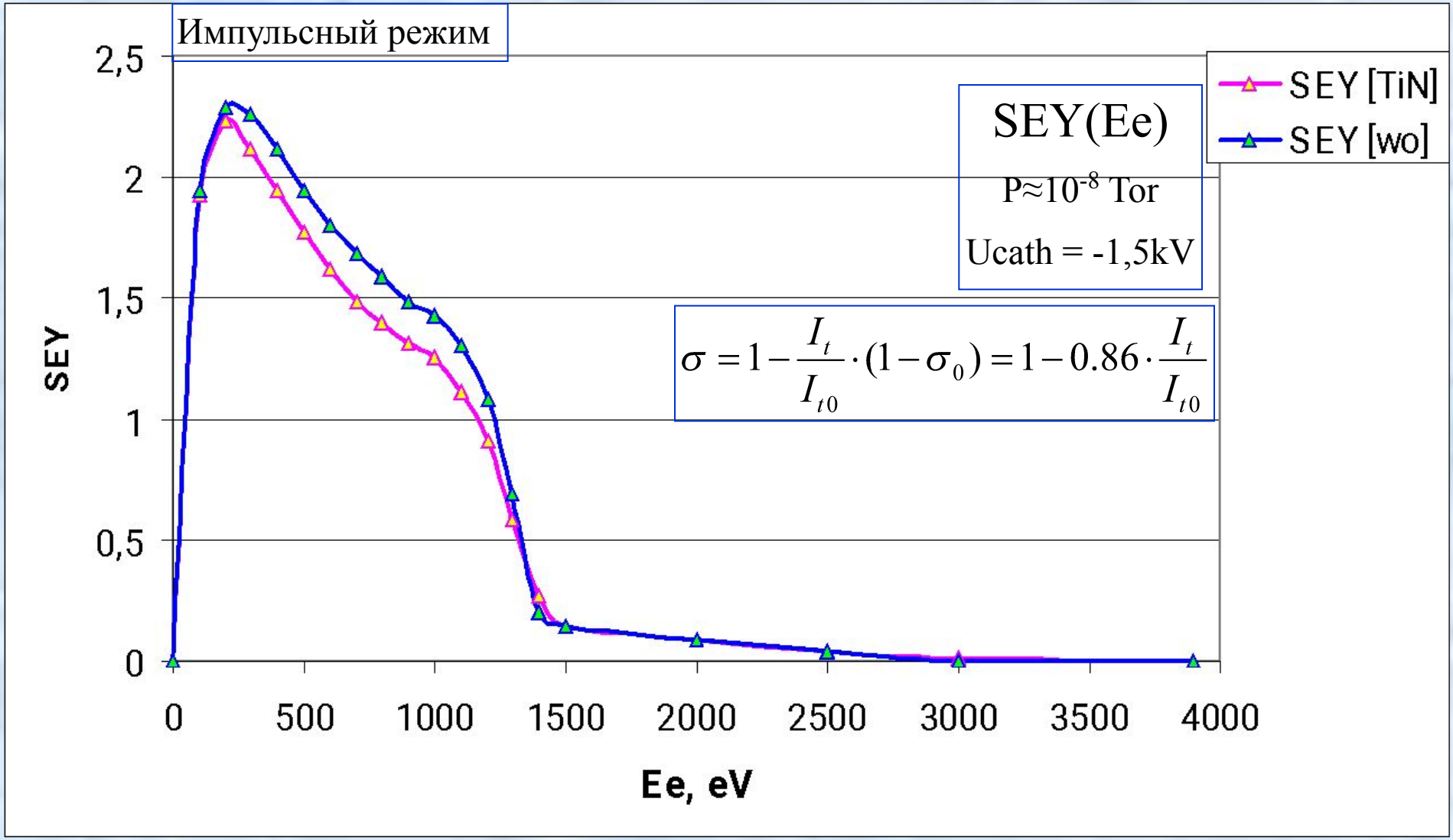



$$\sigma = \frac{I_{e2}}{I_{e1}} = 1 - \frac{I_t}{I_{e1}} \longrightarrow \sigma_0 = 1 - \frac{I_{t0}}{I_{e1}} \quad \sigma = 1 - \frac{I_t}{I_{e1}}$$

$$\sigma = 1 - \frac{I_t}{I_{t0}} \cdot (1 - \sigma_0)$$

КВЭЭ

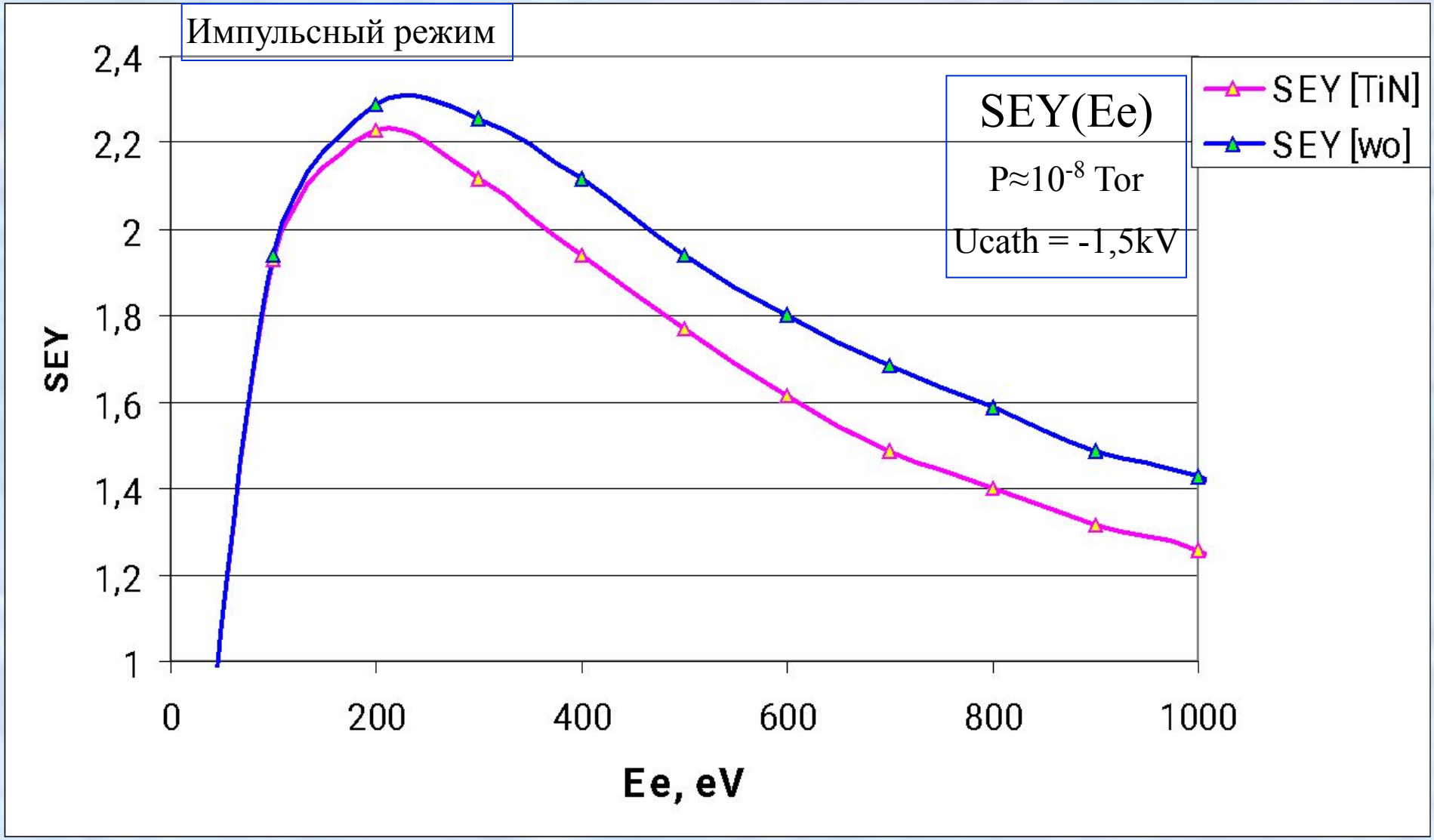
# SEY - Secondary Electron Yield




$$\sigma = 1 - \frac{I_t}{I_{t0}} \cdot (1 - \sigma_0) = 1 - 0.86 \cdot \frac{I_t}{I_{t0}}$$

КВЭЭ

# SEY - Secondary Electron Yield



# Условия эксперимента

**КВЭЭ с поверхностей образцов измерялся при следующих условиях:**

1. Образцы «подвешивались» под регулируемый потенциал ($\pm U_{target}$). При этом потенциал катода и образца изменялись так, что сохранялась выбранная величина энергии электронов, падающих на пластину-образец.

2. Очистка пластин-образцов производилась электронным пучком

а) на измеряемой энергии

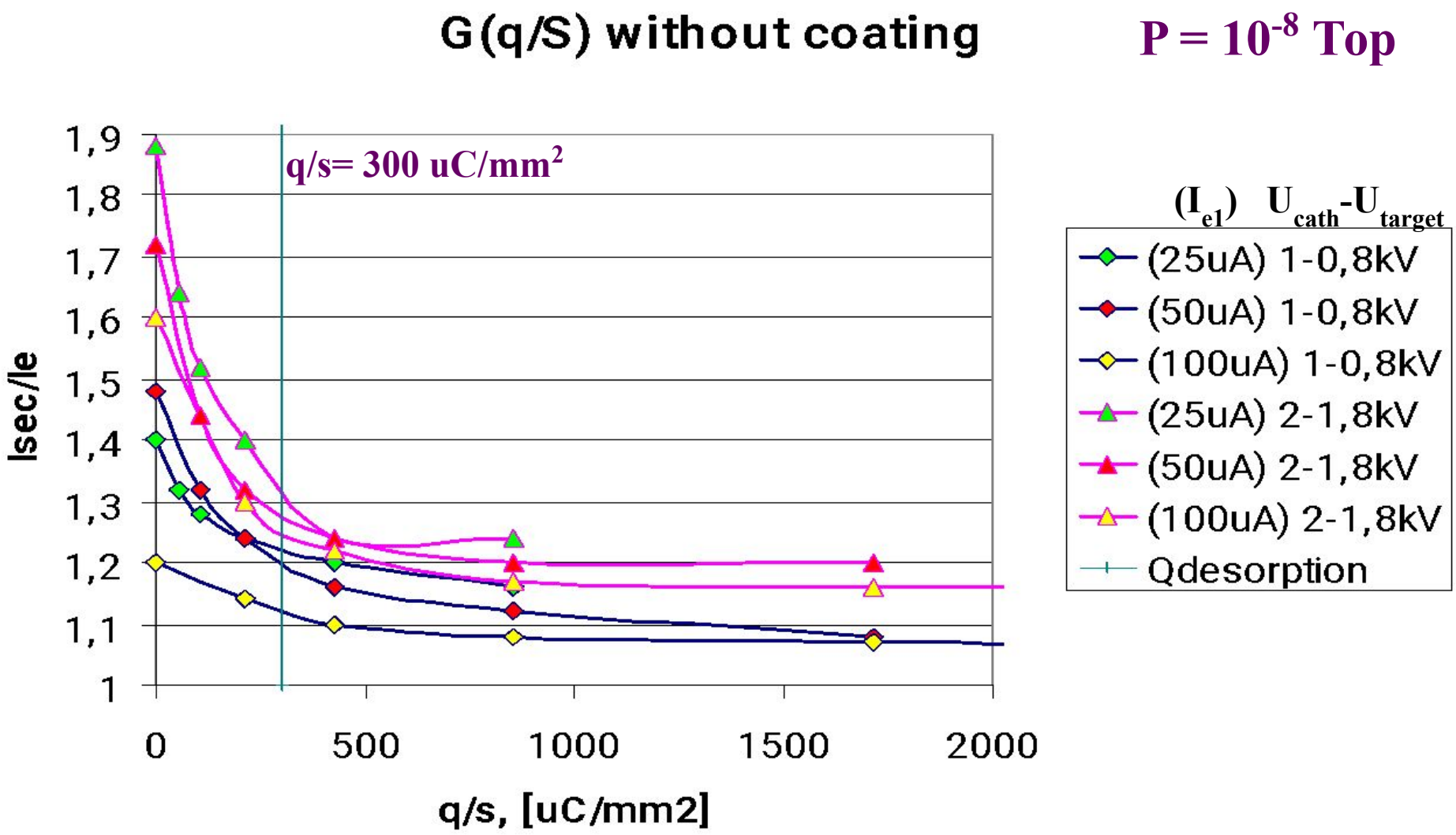
б) по всему диапазону энергии от 50 эВ до потенциала катода с шагом 50 эВ

3. Ток электронного пучка:

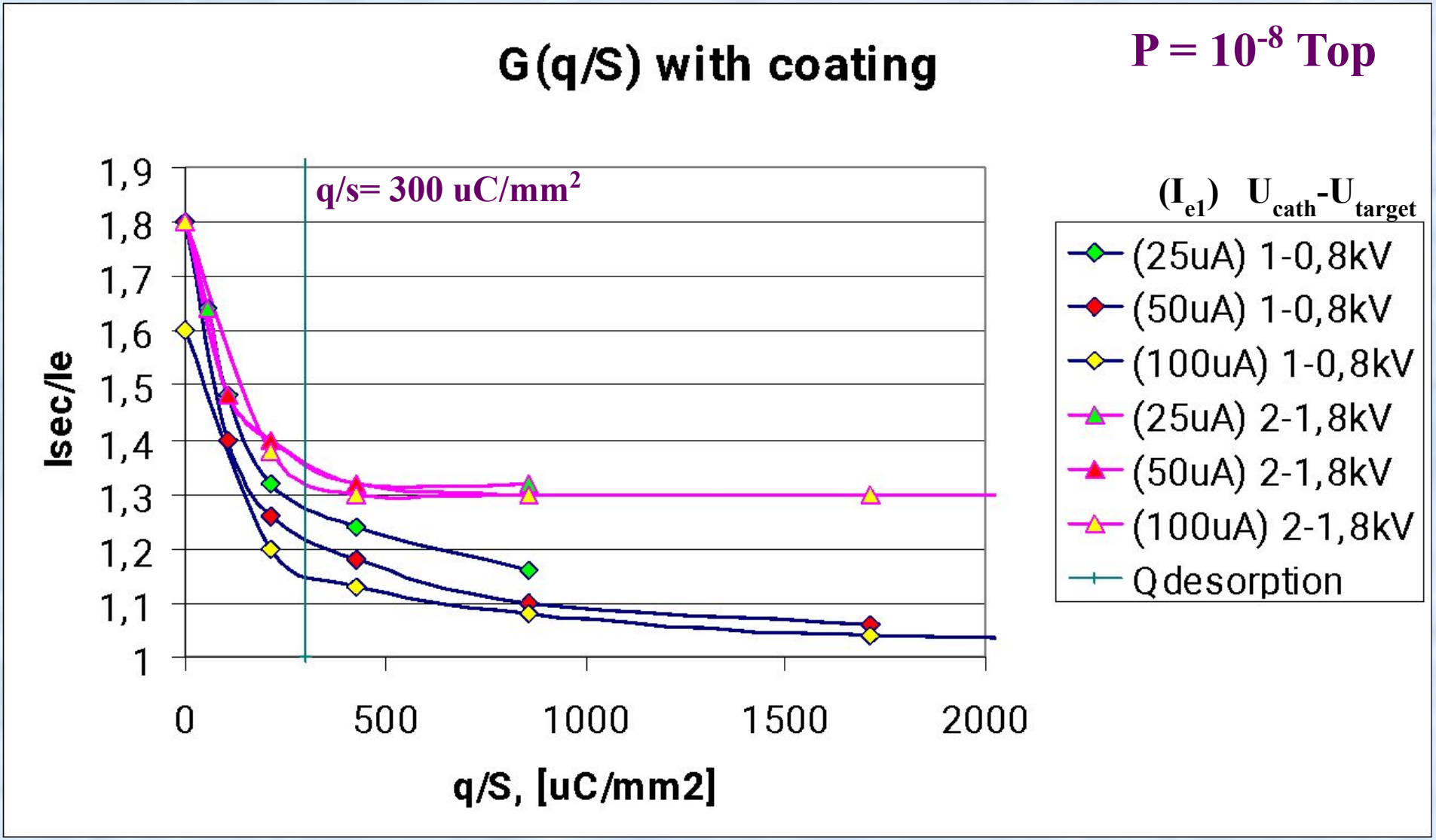
а) Постоянный – при очистке пластин-образцов и измерении КВЭЭ

б) Импульсный – при измерении тока вторичных электронов с очисткой образца или без. В данном режиме ток первичных электронов не измерялся

# Десорбция электронным пучком



# Десорбция электронным пучком



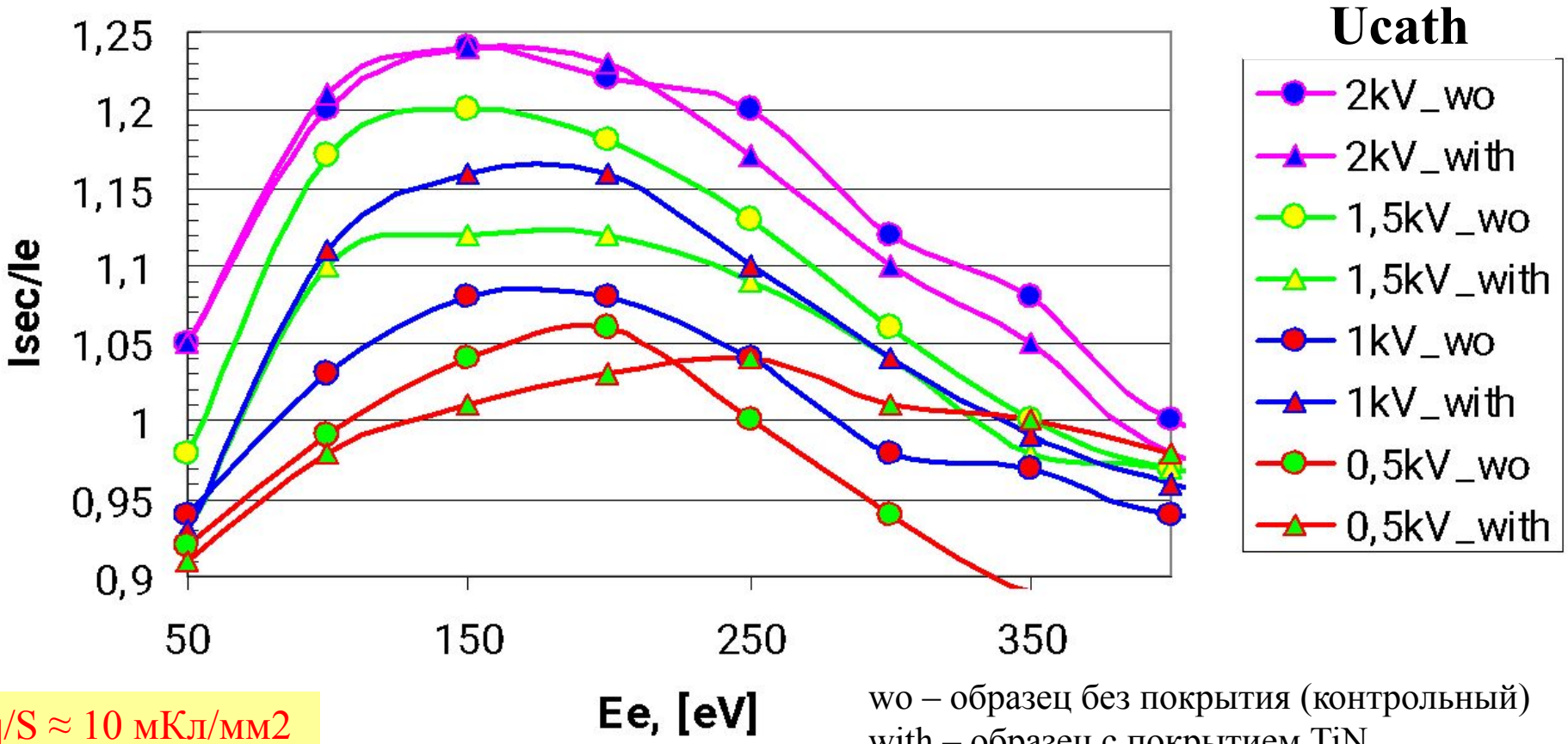
# КВЭЭ

# Энергетический спектр

**SEY(Ee)**

**P = $10^{-8}$ Тор**

Очистка пластины производилась <u>только</u> на энергии измерения КВЭЭ




q/S ≈ 10 мКл/мм2

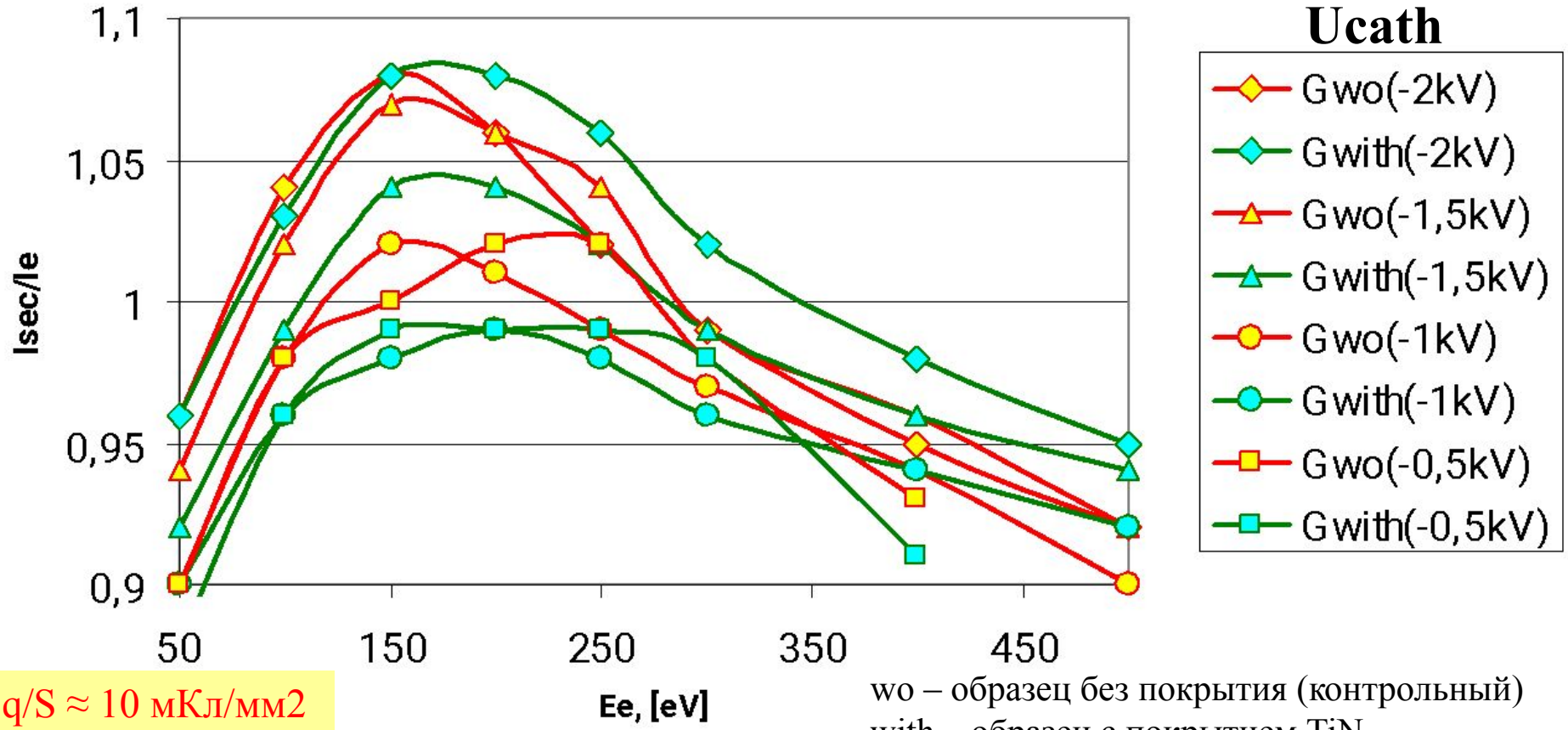
wo – образец без покрытия (контрольный)
with – образец с покрытием TiN

# Энергетический спектр

**SEY(Ee)**

**P = $10^{-8}$ Тор**

Предварительная очистка производилась по всему измеряемому спектру энергий

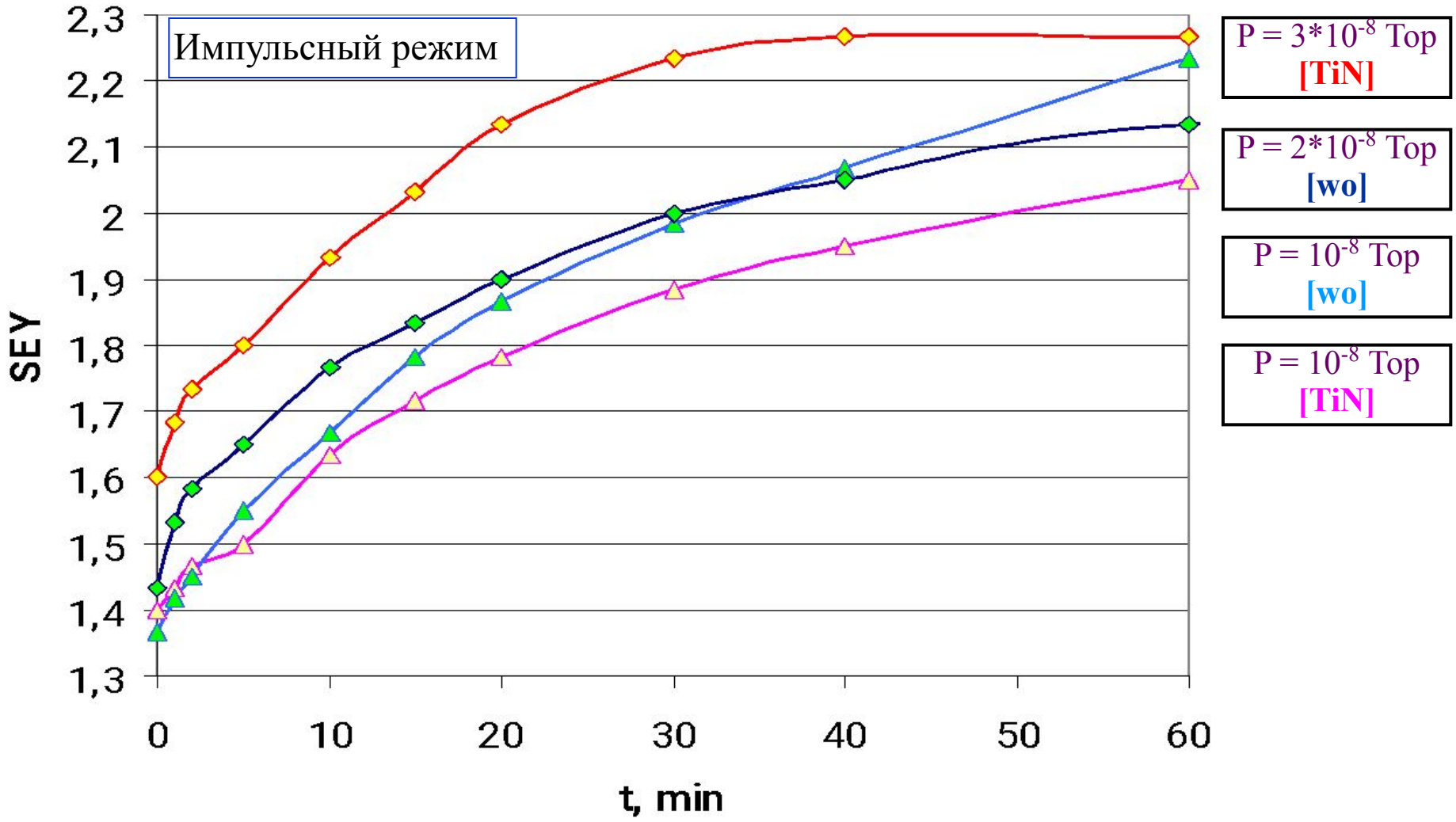



q/S ≈ 10 мКл/мм2

wo – образец без покрытия (контрольный)
with – образец с покрытием TiN

КВЭЭ

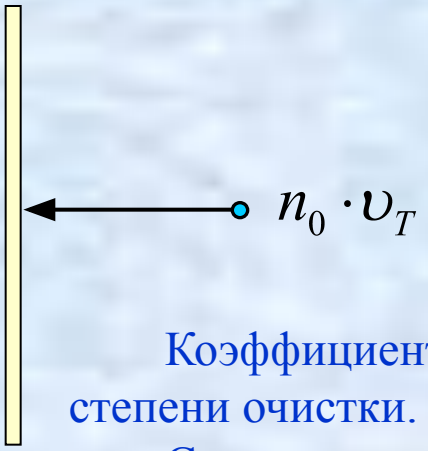
# Абсорбция остаточного газа



# Абсорбция остаточного газа



$$\frac{dN}{dS} = n_0 \cdot \upsilon_T = k \cdot P \cdot \sqrt{T[K]}$$




$$\frac{dN}{dS} / \frac{dN_0}{dS} = \frac{P}{P_0} \cdot \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

SEY↑ при q/S↓, P↑, T↑

Коэффициент вторичной эмиссии для выбранного материала зависит от степени очистки.

Степень очистки зависит от плотности заряда чистящего электронного пучка, давления остаточного газа и температуры поверхности стенок вакуумных камер.

# Ближайшие планы

**1.** Измерения изменения КВЭЭ от времени с пластин при чистящем электронном пучке (десорбция) и без него (абсорбция).

а) Сравнительные измерения при вакууме: $10^{-7} \div 10^{-9}$ Тор

б) Сравнительные измерения при температуры пластин-образцов: 300 °K, 500 °K

Экстраполировать полученные результаты на вакуум $10^{-10}$ Тор и температуру 10 °K

**2.** Измерения при вакууме $10^{-10}$ Тор и лучше с использованием криогенного насоса.

**3.** Отработка методик очистки поверхностей электронным пучком.

**4.** Работа с покрытиями другого состава: TiZrV, TiCN, TiZr

(сотрудничество с Госкорпорацией «Порошковая металлургия», г.Минск)

# Спасибо за внимание