



IX Международный семинар по проблемам ускорителей
заряженных частиц памяти В.П.Саранцева

**EXPERIMENTAL STUDIES OF SECONDARY
ELECTRON-ELECTRON EMISSION
BY VACUUM CHAMBER SURFACE**

A.Yu. Rudakov, I.N. Meshkov

JINR DNLР

Dubna 2011



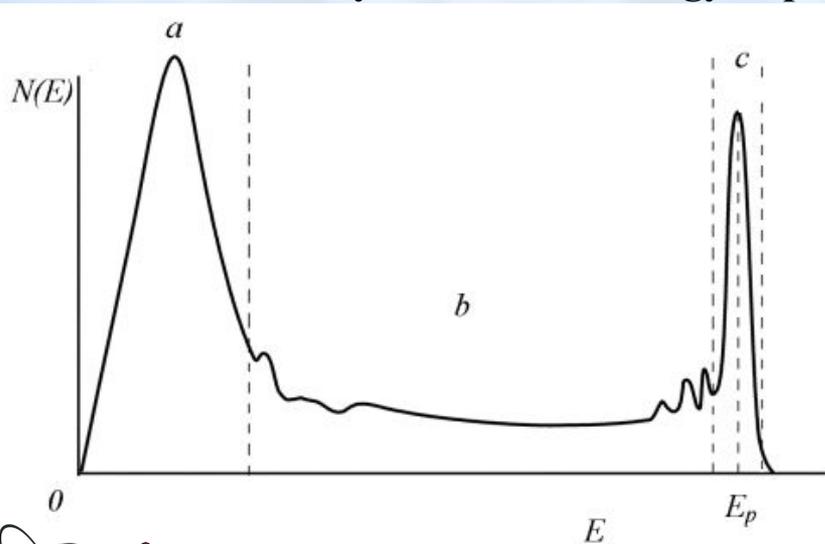
Contents

1. Secondary emission
2. Secondary electron yield (SEY)
3. Electron-cloud effect
4. The experiment on SEY measurement
5. Test-bench “Recuperator”
6. Experiment description
7. Experiment results.

Secondary emission

Secondary Electron Emission is the emission of electrons by the surface of a solid object when it is bombarded by electrons. It was discovered in 1902 by the German physicists L. Austin and H. Starke. The electrons bombarding the object are called *primary*, and the emitted electrons are called *secondary*. Some of the primary electrons are reflected without energy loss (*elastically reflected primaries*), and the remaining electrons are reflected with a loss of energy; the energy is mainly consumed in exciting the electrons of the solid object to higher energy levels. If the electrons' energy and momentum prove to be sufficiently great to surmount the potential barrier on the surface of the object, they leave the surface (*truly secondary*).

Number of secondary electron vs Energy of primary electron



Typical SEE spectrum

Energy groups:

- a) - truly secondary e-
- b) - inelastic e-
- c) - elastic e-

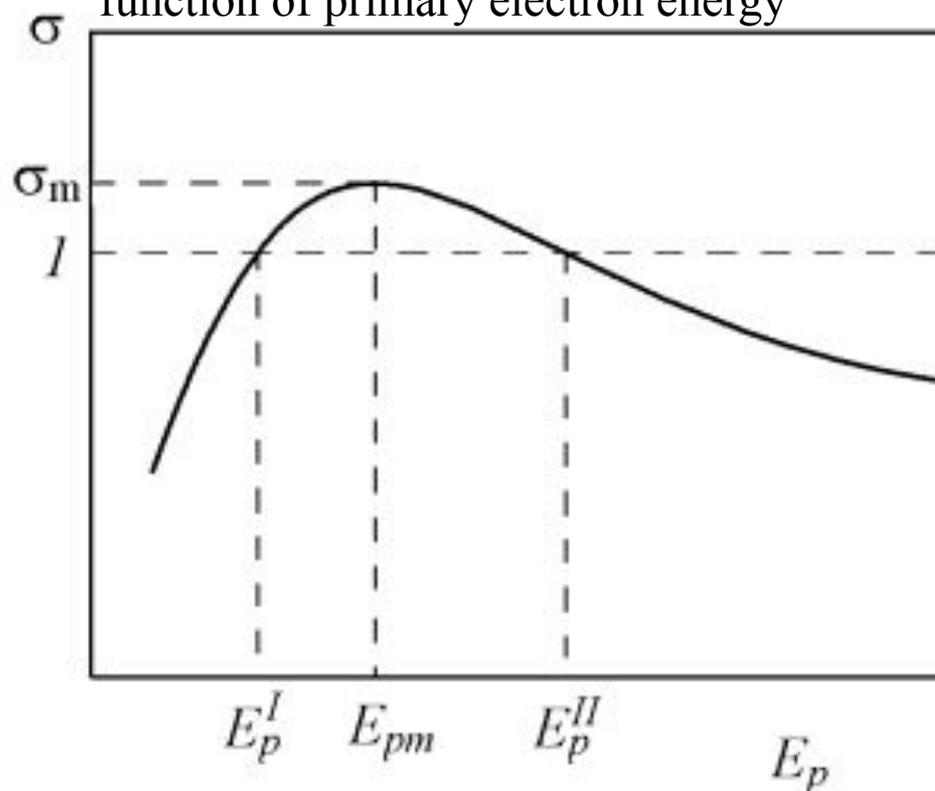
Secondary Electron Yield (SEY)

$$\sigma = \frac{N_2}{N_1} = \frac{I_2}{I_1}$$

N_1, I_1 – primary electrons (*incident electrons*)

N_2, I_2 – secondary electrons (*leaving the surface*)

Secondary electron yield as a function of primary electron energy

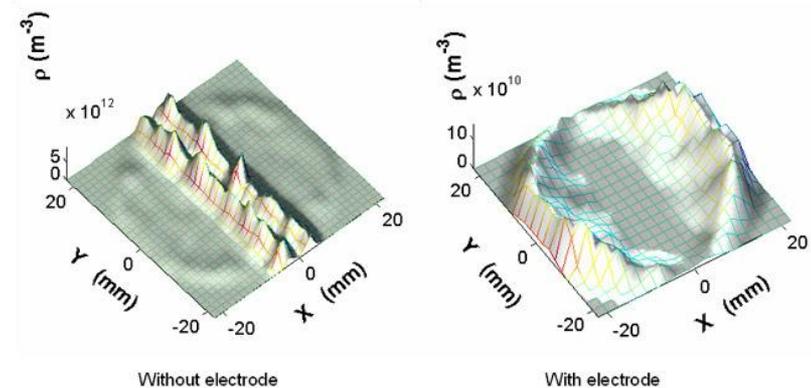


Electron-cloud effect

Electron cloud effects are expected to be enhanced and play a central role in limiting the performance of the collider at the NICA complex. Electron cloud phenomena in beam pipes are based on electron multiplication and can be sufficiently suppressed if the Secondary Electron Yield (SEY) of the surface of the beam pipes is lower than unity. The goal of this work is to find and study a thin film coating with reliably low initial SEY, which does not require bake-out or conditioning in situ with photons, is robust against air exposure and can easily be applied in the beam pipes of accelerators.

Electron cloud density depends on effective secondary electron yield of material of coating vacuum chamber. The formation of electron clouds can be simulated by specialized software (eg *ECLLOUD*)

Simulation of the electron cloud in a dipole magnet with and without clearing electrodes



10/31/2005 damping ring L Wang

1

Electron clouds accumulation

for NICA parameters (ions $^{197}\text{Au}^{79+}$)

$$N_{bunch} \sim 5 \cdot 10^8$$

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

β – bunch velocity

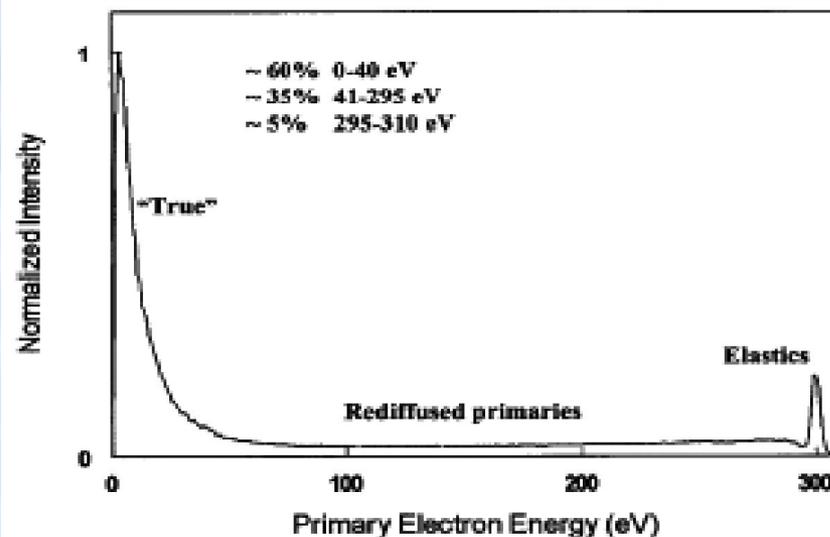
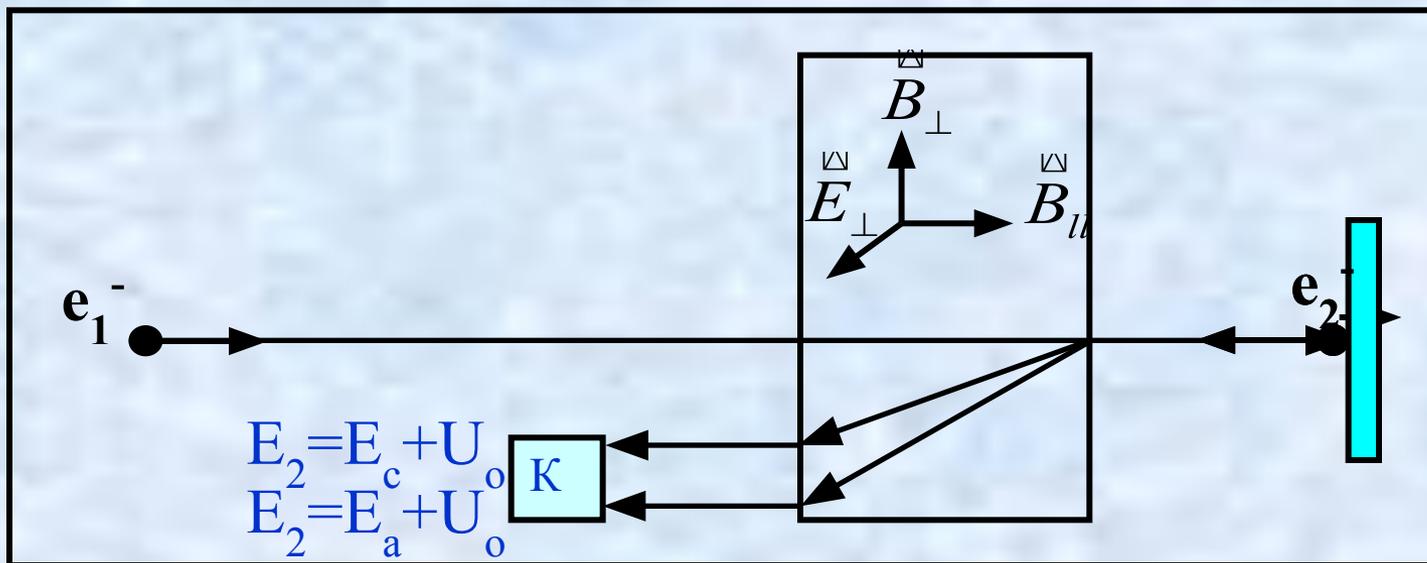
b – radius of the vacuum chamber

Z – ion charge

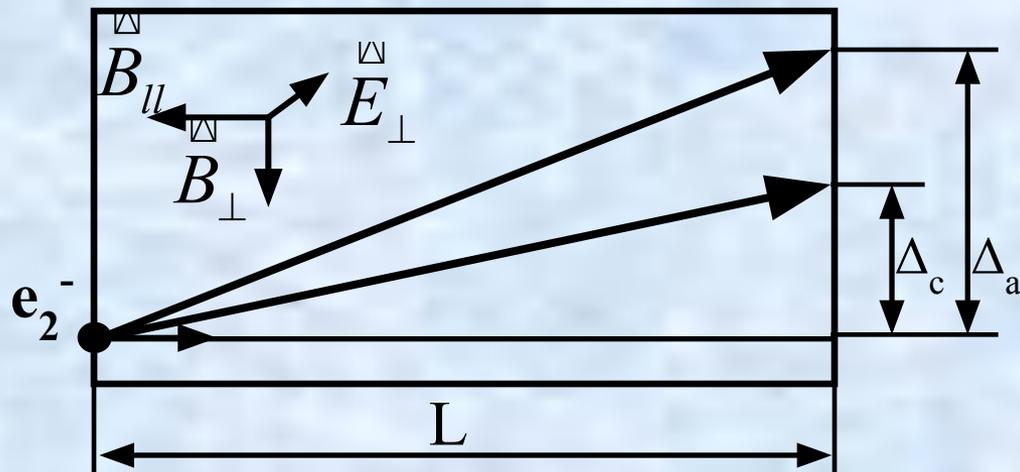
r_e – electron classic radius

l_{space} – space between bunches in the circulating ion beam

Scheme of the experiment on SEY measurement



Calculation of displacement of the secondary electron



$$E_{\perp} = \frac{-U_{up} + U_{down}}{2 \cdot h_{plate}}$$

$$E_e(E_O, y_e) = E_O + E_{\perp} \cdot (h_{plate} - y_e)$$

$$\beta_e(E_O, y_e) = \sqrt{2 \cdot \frac{E_e(E_O, y_e)}{511}}$$

$$\Delta_e(E_O, y_e) = \frac{E_{\perp}}{0.3 \cdot B_{\parallel}} \cdot \frac{L_{plate}}{\beta_e(E_O, y_e)}$$

$$E_O \in [U_O, E_{e_cath}] \quad \Delta_a - \Delta_c < d_{coll} (4\text{cm})$$

E_O – начальная энергия вторичных e^-

E_e – энергия вторичных e^- прошедших в коллектор

Δ_e – смещение вторичных e^- прошедших пластины

Δ_a – смещение истинно вторичных e^-

Δ_c – смещение упруго отражённых вторичных e^-

β_e – скорость вторичных e^-

B_{\parallel} – продольное магнитное поле

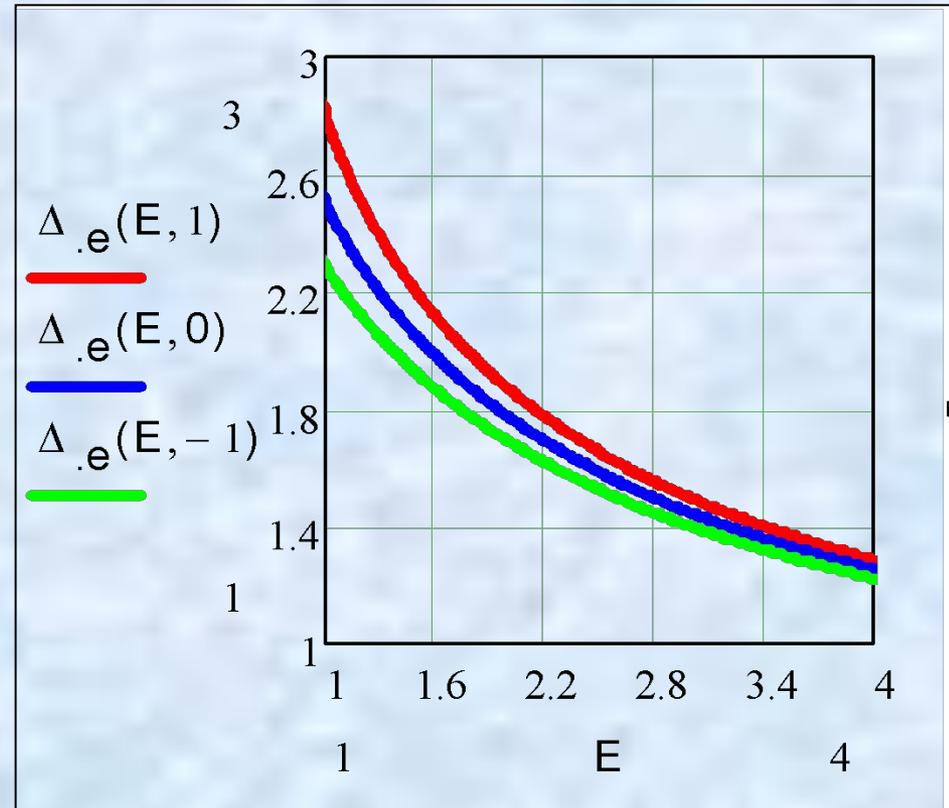
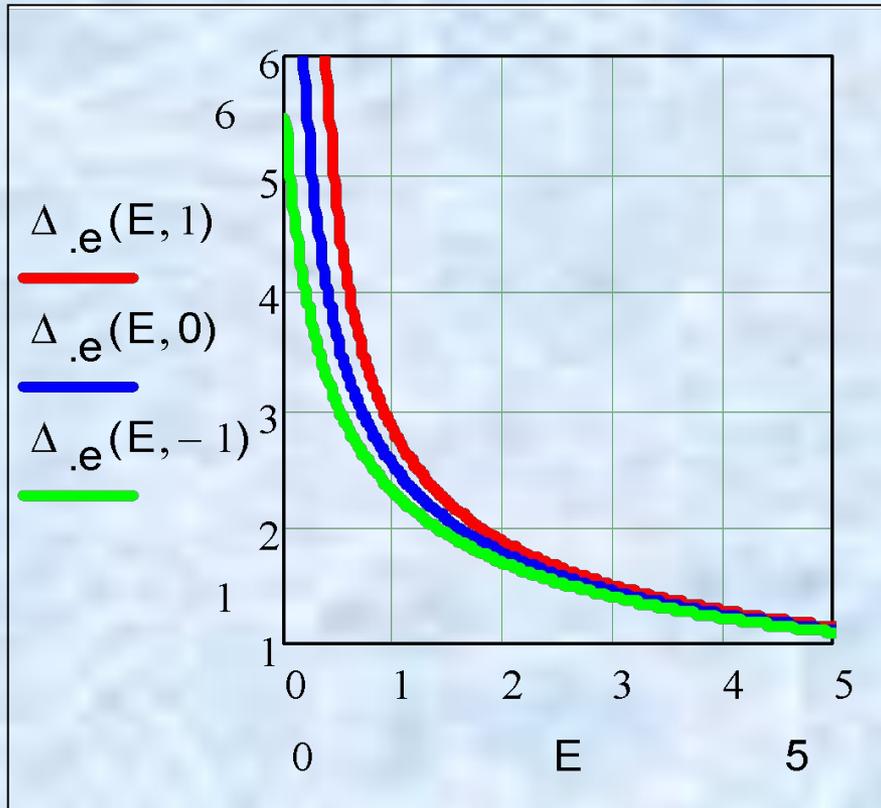
E_{\perp} – электрическое поле отклоняющих пластин

h_{plate} – расстояние от средней плоскости до пластины

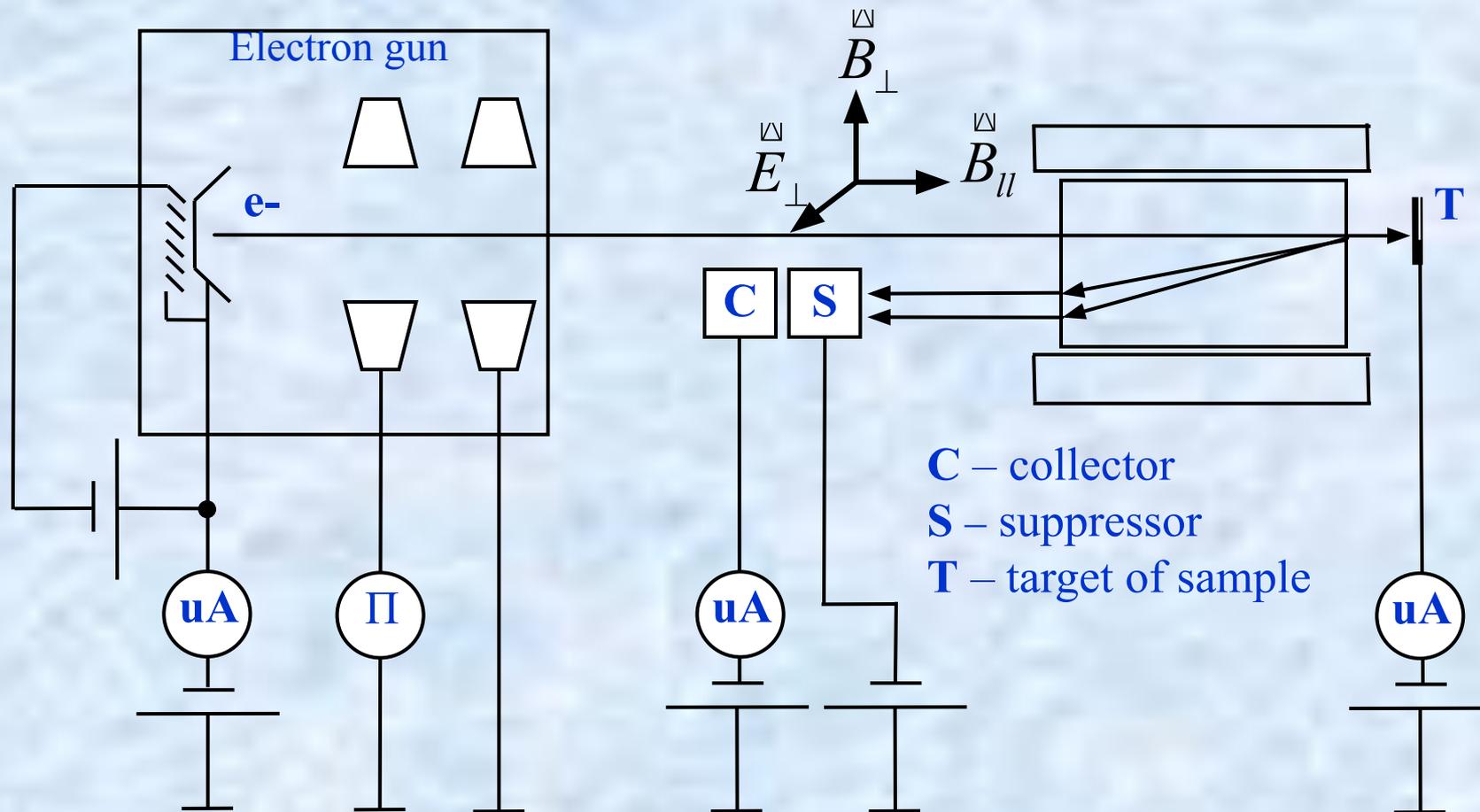
y_e – расстояние от средней плоскости до e^-

L_{plate} – длина пластины

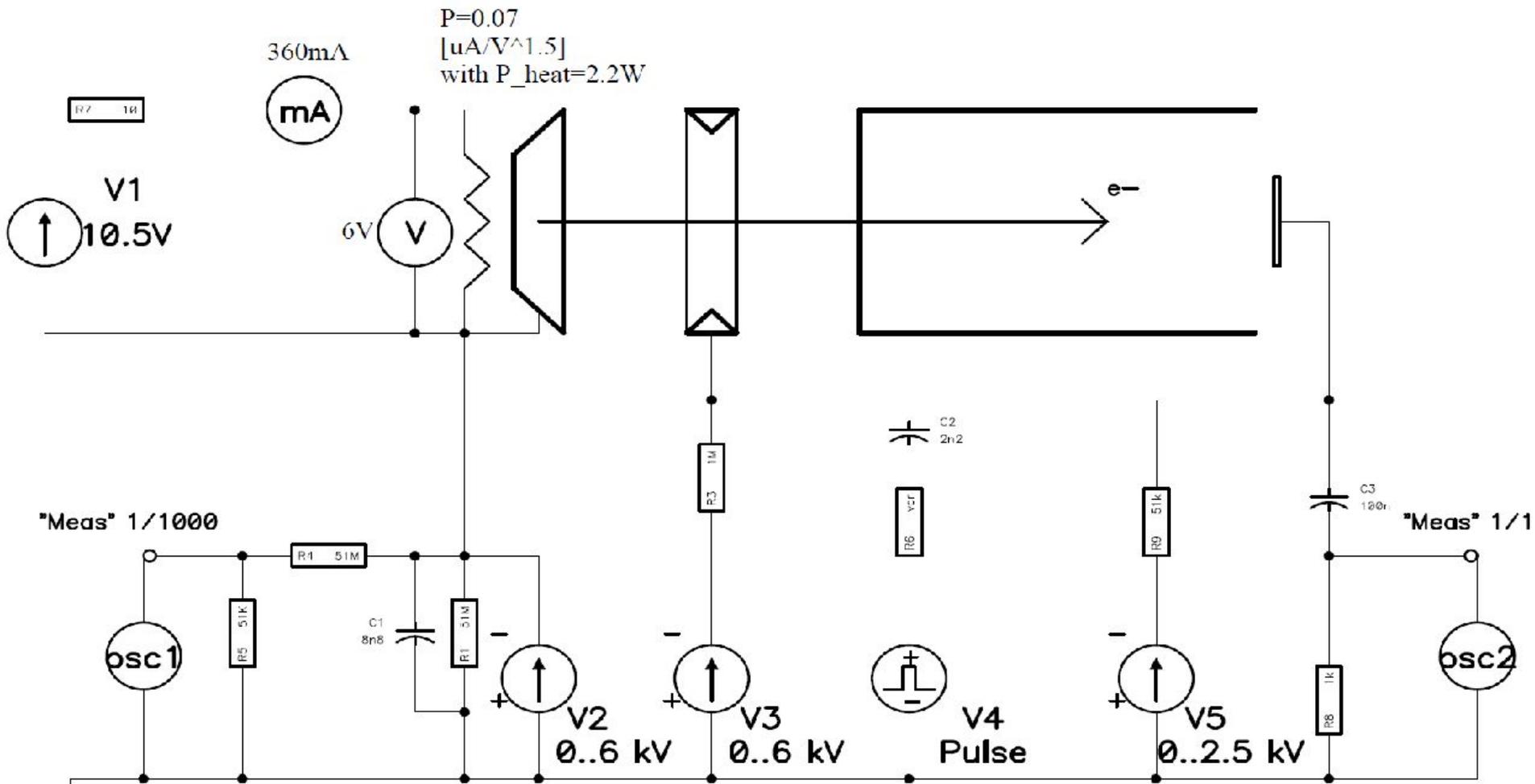
The displacement of the secondary electrons



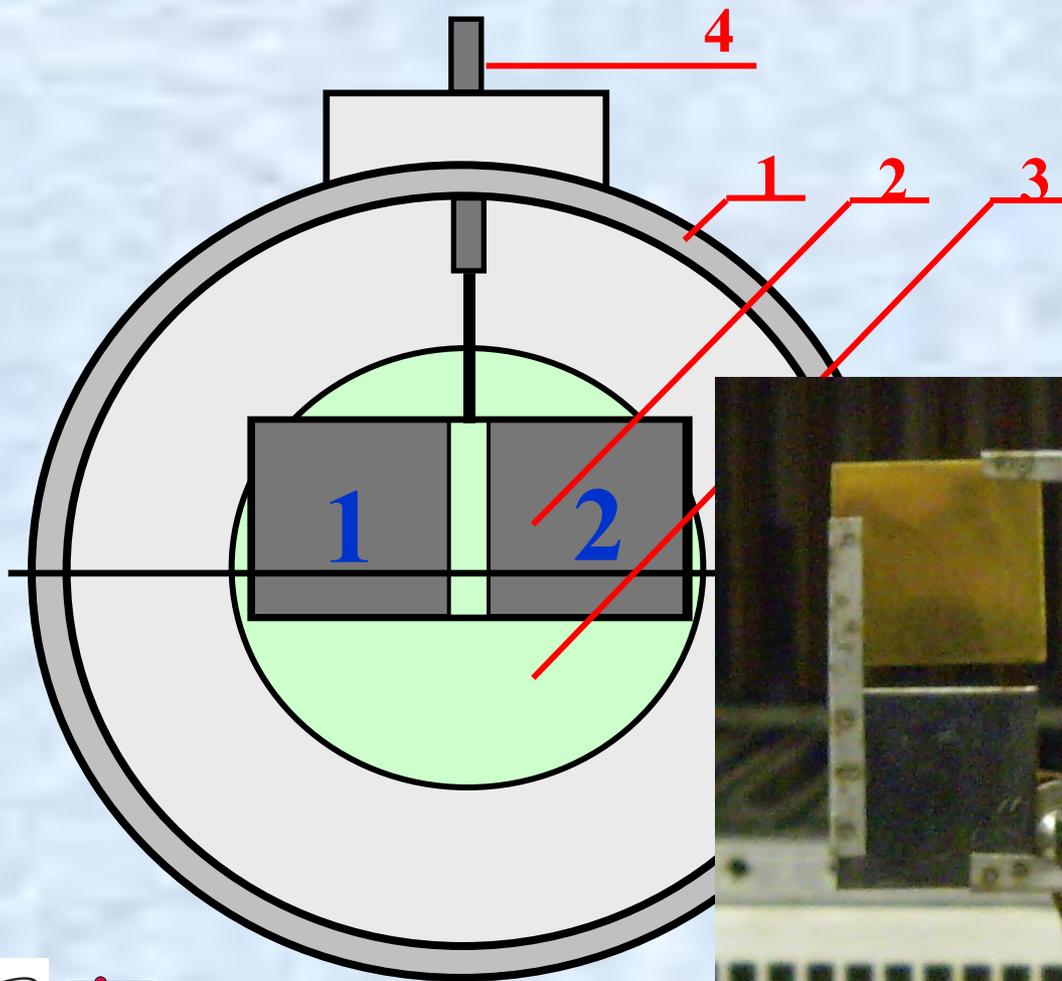
Scheme of the set up for SEY measurement



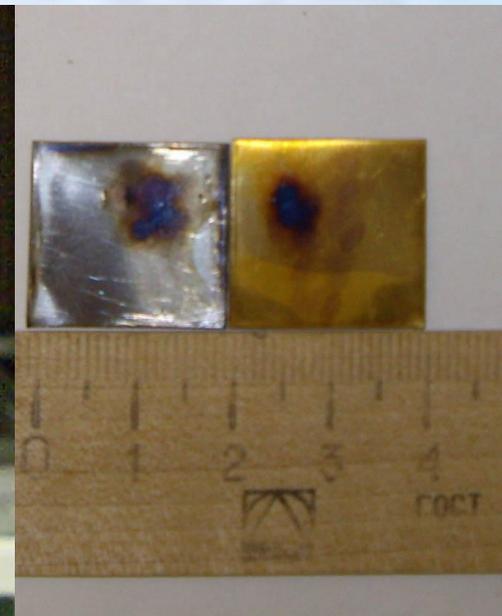
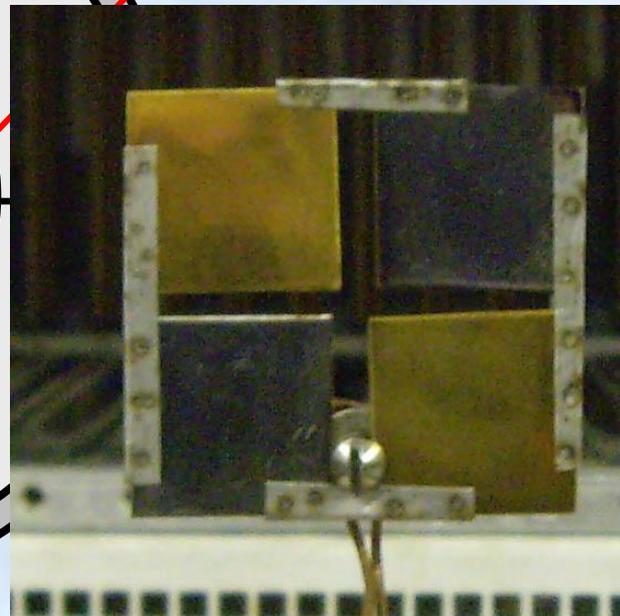
Scheme of the set up for SEY measurement (cont.)



Samples mounting



- 1 – Vacuum chamber
- 2 – Samples
- 3 – Luminescent screen
- 4 – Vacuum feed through

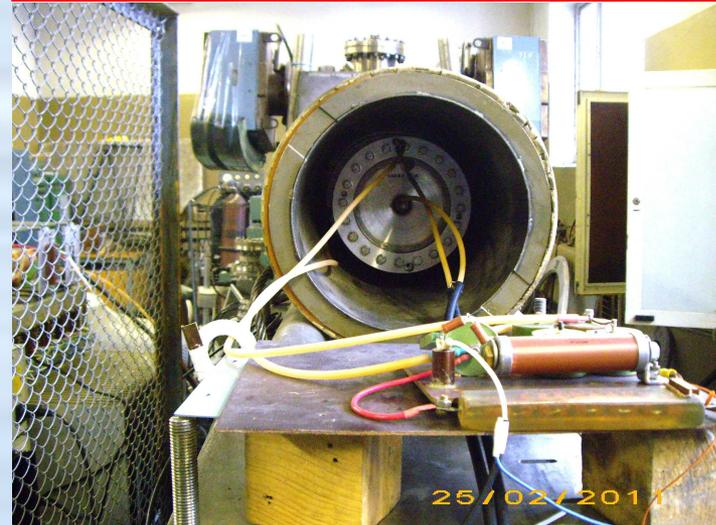


Test Bench «Recuperator»

electron gun

target

HV power supply of TB



SEY from the surfaces of the samples was measured under the following conditions:

1. Образцы «подвешивались» под отрицательный потенциал. При этом потенциал катода и образца изменялись так, что сохранялась 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 50эВ

3. Ток электронного пучка:

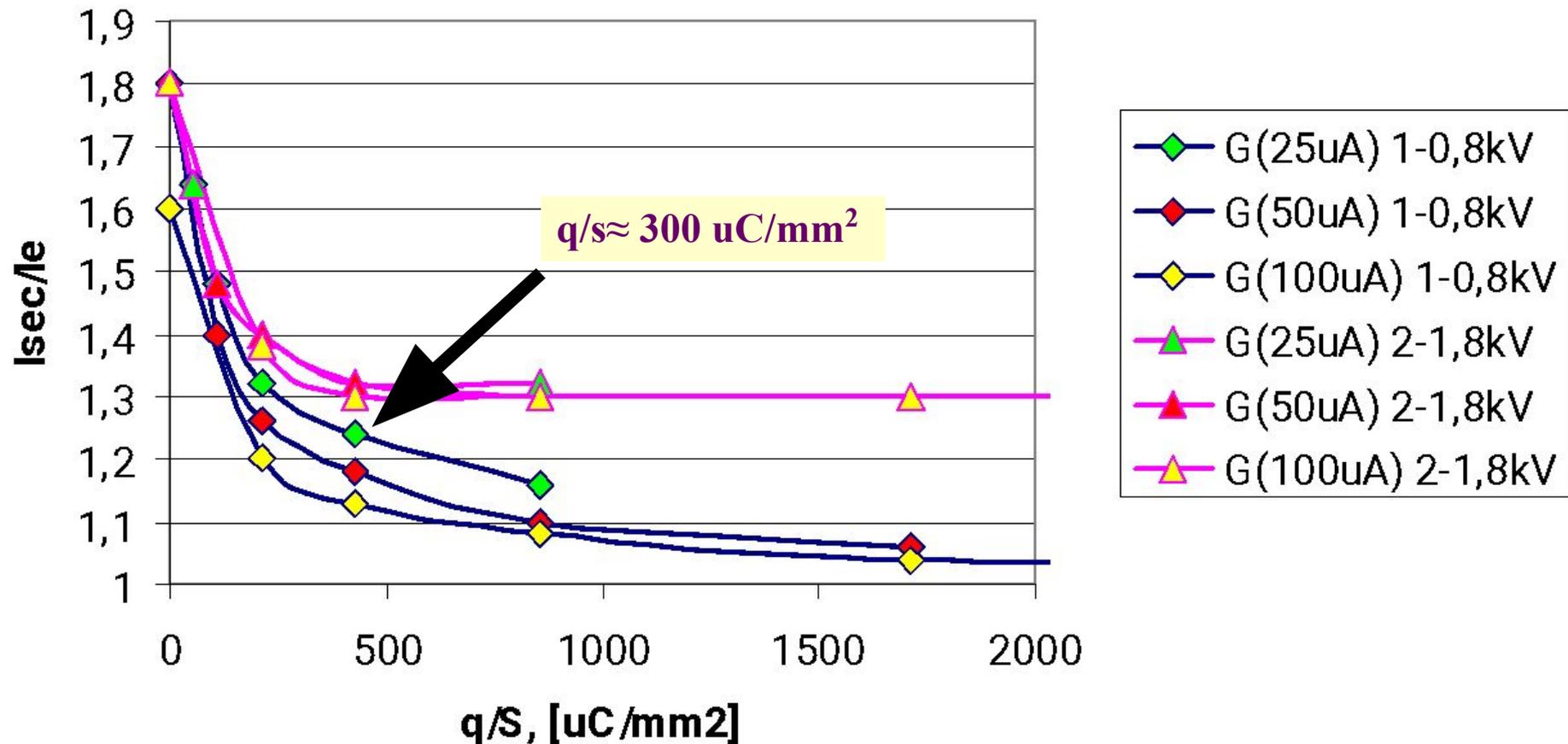
а) Постоянный – при очистке пластин-образцов и измерении КВЭЭ

б) Импульсный – при измерении тока вторичных электронов без очистки

образца. В данном режиме ток первичных электронов не измерялся

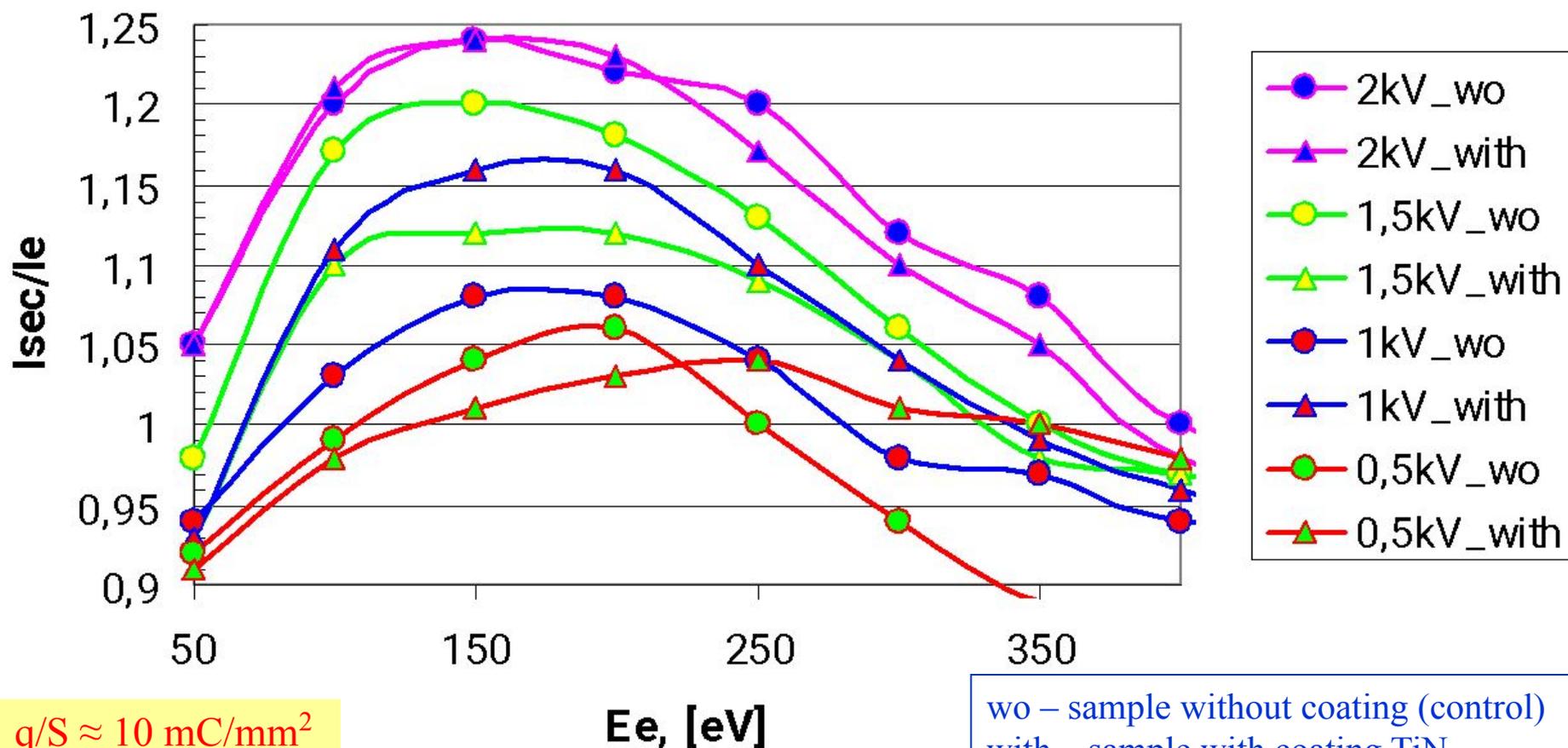
$P = 10^{-8}$ Torr

G (q/S) with coating



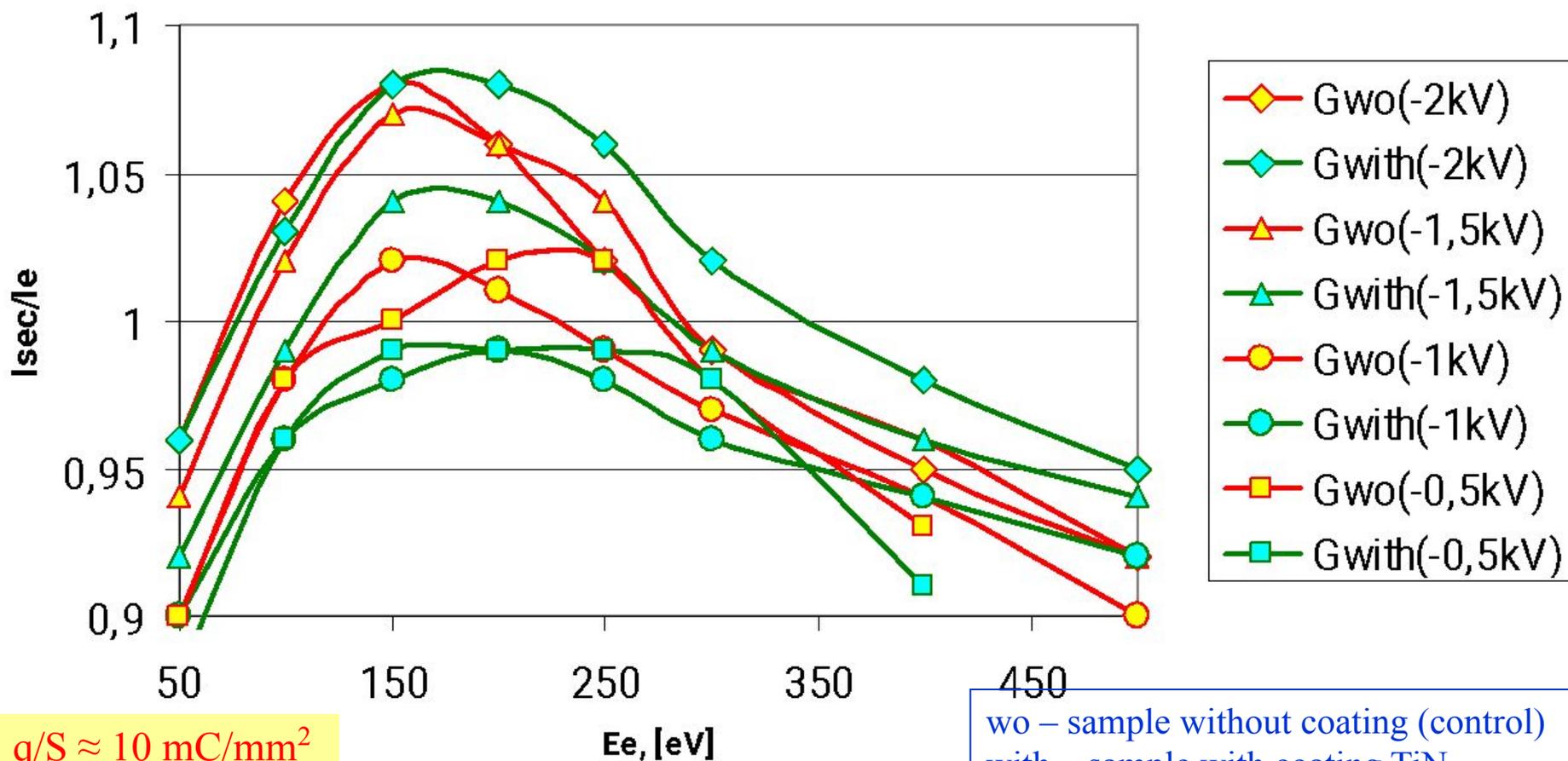
$P = 10^{-8}$ Torr

G(Ee)



$q/S \approx 10 \text{ mC/mm}^2$

wo – sample without coating (control)
with – sample with coating TiN

$P = 10^{-8}$ Torr $G(Ee, U_{cath})$  $q/S \approx 10 \text{ mC/mm}^2$

wo – sample without coating (control)
with – sample with coating TiN

Work done

Стенд «Рекуператор» введён в эксплуатацию в начале 2011.
Отработана методика измерения тока вторичных электронов

Основные параметры сзэ стенда «Рекуператор».

Энергия электронов, кэВ	0.5...20
Ток электронного пучка, А	0...1.0
Микропервеанс электронной пушки: Катод 10 мм, ток накала 3.8 А, мка/В ^(1.5)	0.18
Диаметр катода электронной пушки, мм	10 (3)
Максимальное продольное магнитное поле, Гс	500
Длина вакуумной камеры в продольном магнитном поле, м	4
Вакуум в районе катода, Тор	10 ⁻⁸



Next time...

Ближайшие планы:

1. Измерения КВЭЭ с пластин при активации образцов омическим нагревом.

Изменение КВЭЭ от времени нахождения в вакууме после активации.

Измерения провести при достигнутом вакууме:

$$10^{-7} \div 10^{-9} \text{ Тор}$$

Экстраполировать полученные результаты на вакуум 10^{-10} Тор

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)



Thank you for attention