



Наблюдение методом спектроскопии поверхности кремния, облученного низкими дозами ионов серебра

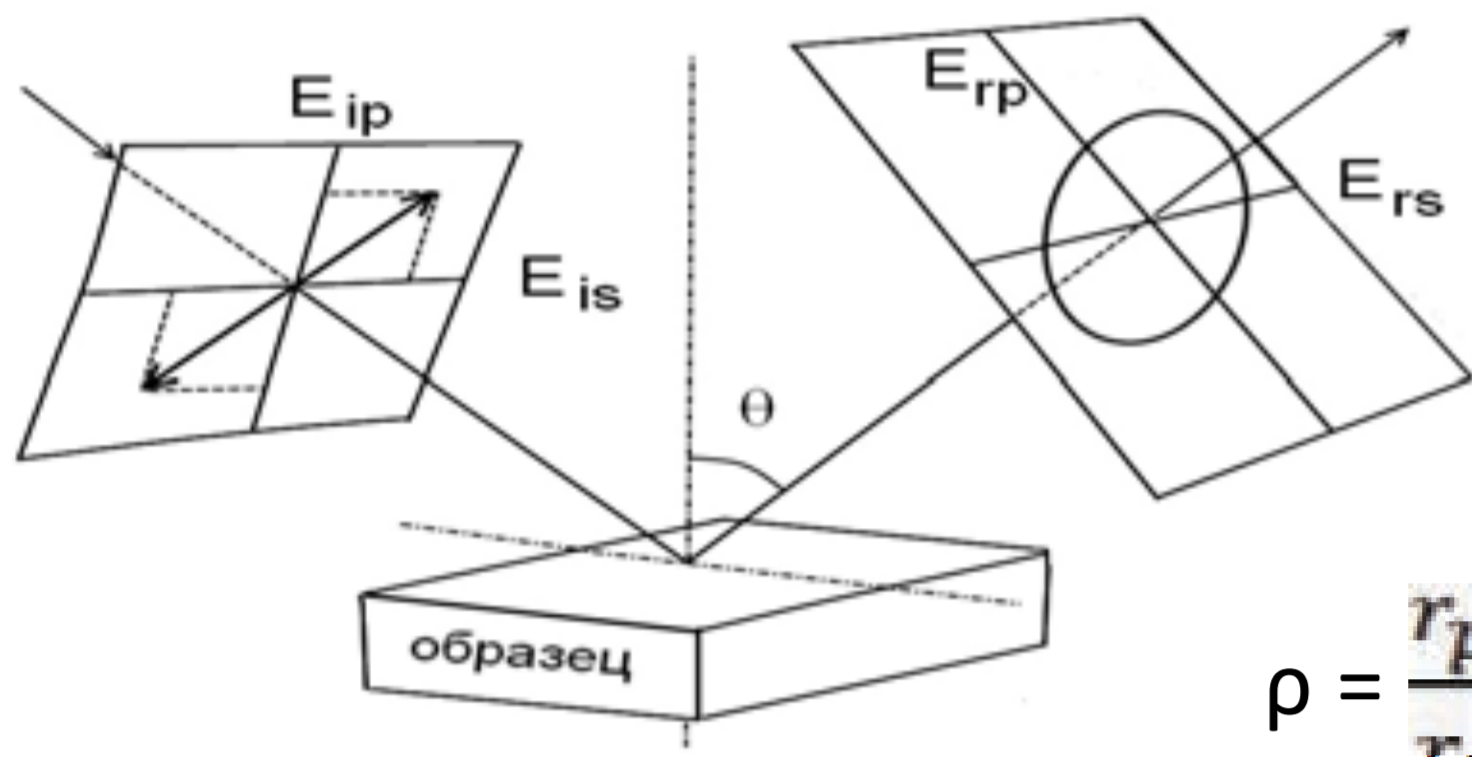
В.В. Базаров, В.Н. Нурдин, В.Ф. Валеев, А.Л. Степанов

Работа поддержана РФФ, грант № 17-12-01176

1. Объекты экспериментов

- пластины кремния (111),
- ионы $^{108}\text{Ag}^+$ с энергией 30 кэВ
- интервал доз (6.6×10^{12} - 1.3×10^{16}) ион/см²

2. Спектральная эллипсометрия



$$r_p = \frac{E_p^{\text{reflected}}}{E_p^{\text{incident}}}$$

$$r_s = \frac{E_s^{\text{reflected}}}{E_s^{\text{incident}}}$$

$$\rho = \frac{r_p}{r_s} = \tan(\Psi) \exp(i\Delta)$$

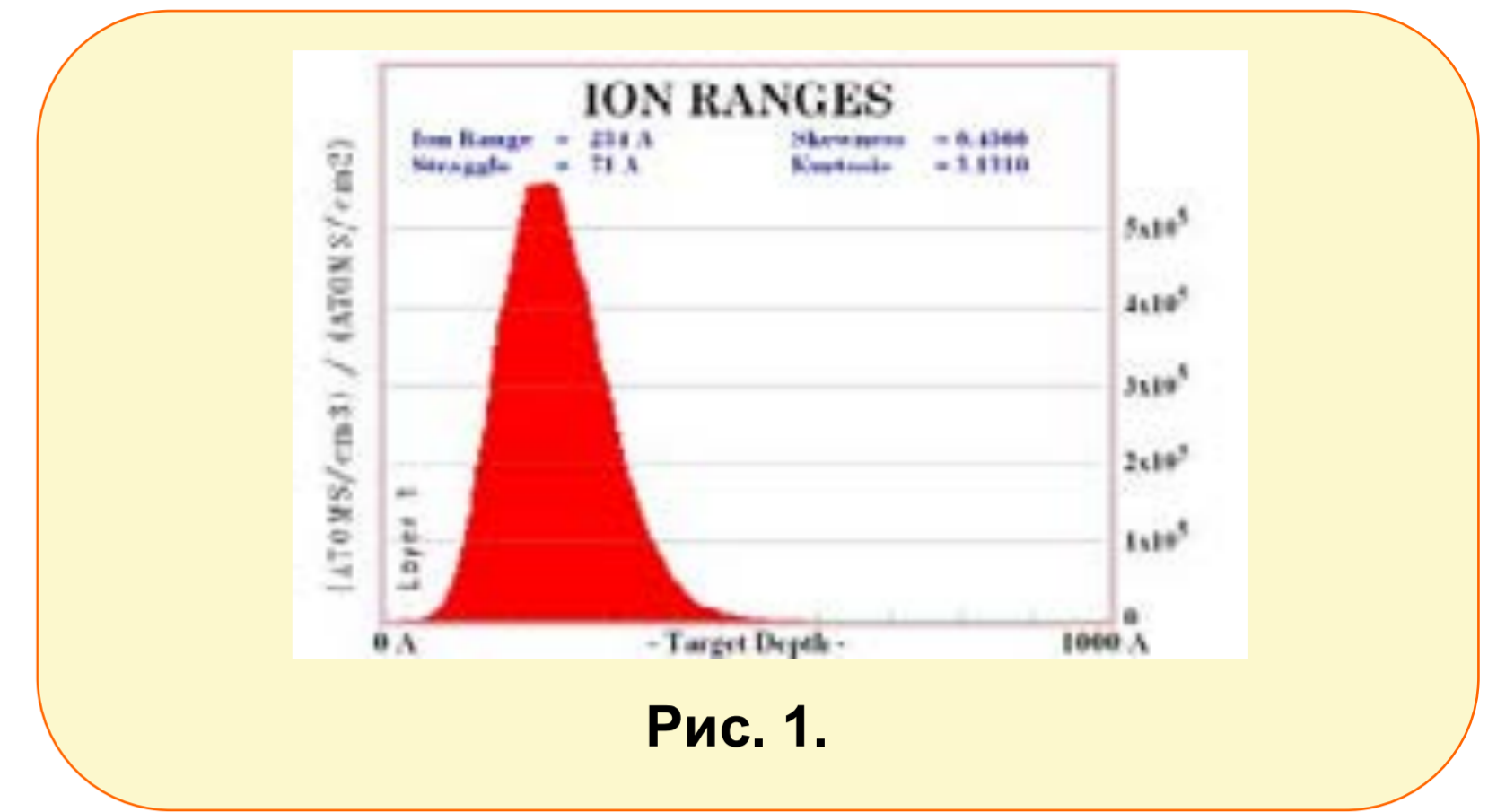
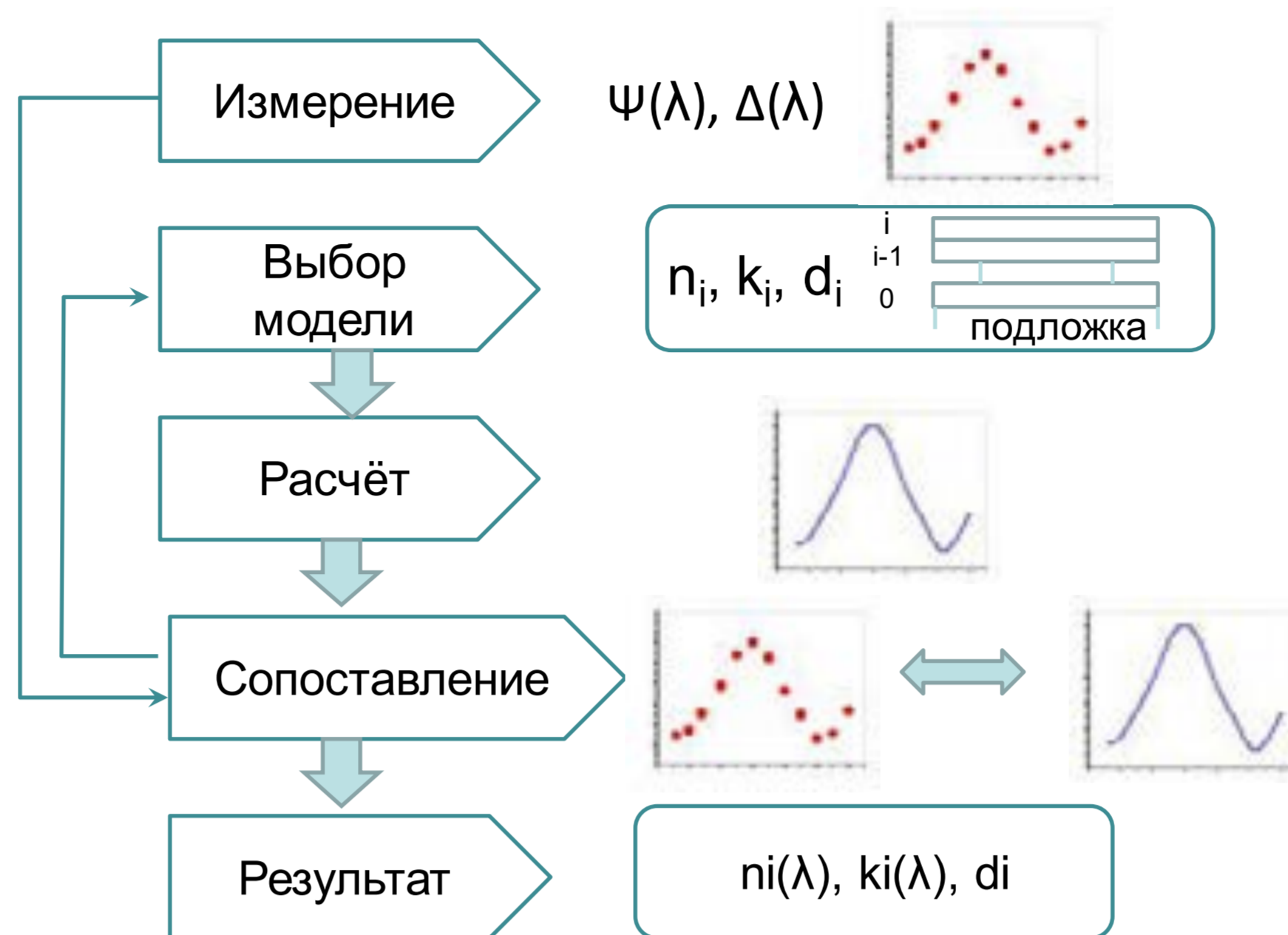
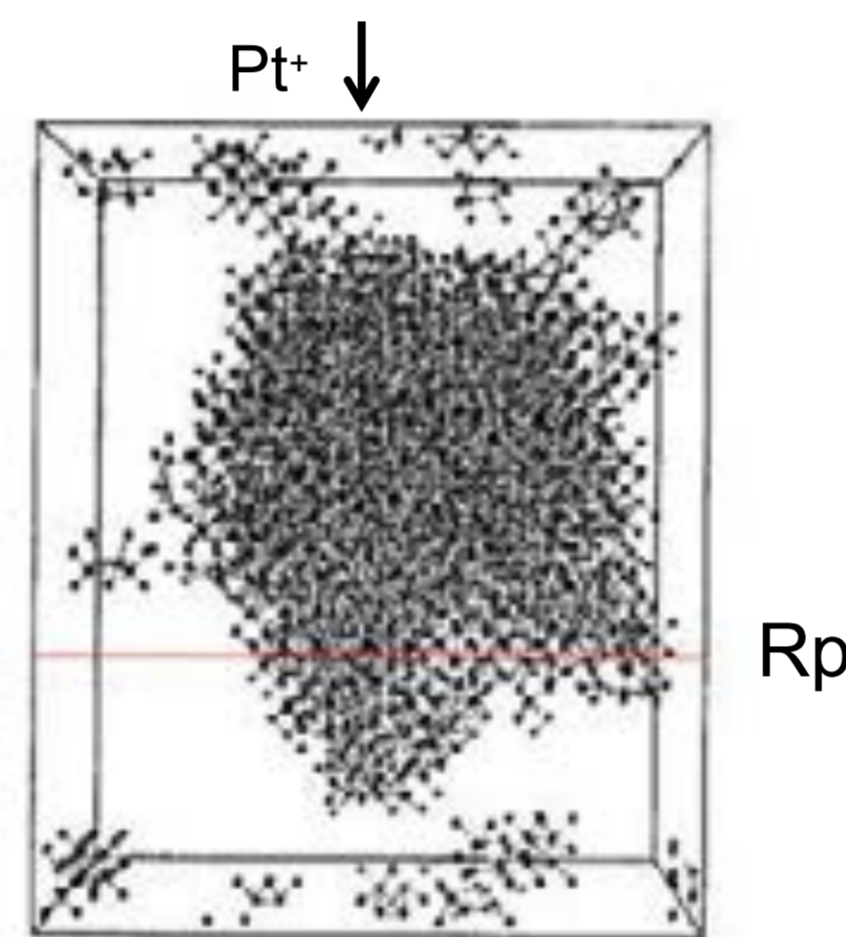
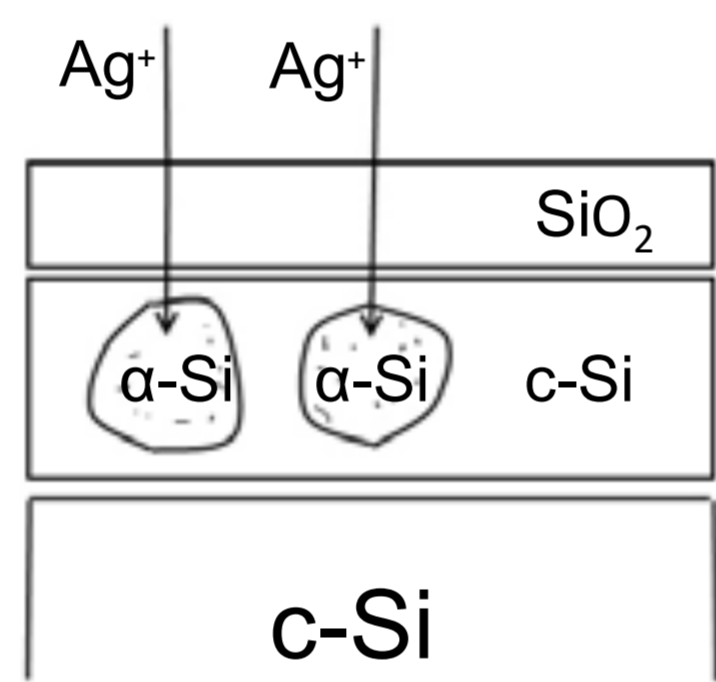


Рис. 1.

Рисунок 1. Пробеги ионов $^{108}\text{Ag}^+$ с энергией 30 кэВ в кремнии (расчет в программе «SRIM-2011»), $R_p \sim 23.4$ нм, $\Delta R_p \sim 7.1$ нм.

3. Модель

- Толщина тонкого слоя естественного окисла
- Толщина слоя кремния, подвергнутого имплантации
- Содержание аморфной фазы кремния в слое. Оптические параметры n и k слоя вычисляются в зависимости от содержания компонентов в соответствии с приближением эффективной среды.



Каскады атомных смещений в Si при имплантации иона $^{195}\text{Pt}^+$ с энергией 25 кэВ. Куб со стороной 27 нм. Компьютерное моделирование методами молекулярной динамики.

M.-J. Caturla, T. Diaz de la Rubia, L. A. Marques, Phys. Rev. B, **54** (1996) 16683.

4. Результаты

Рисунок 2. Дисперсионные зависимости показателя преломления (а) и коэффициента поглощения (б) кристаллического и аморфного кремния.

Рисунок 3. Экспериментальная (•) и расчетная (—) зависимости $\psi(\lambda)$ (а) и $\Delta(\lambda)$ (б) исходного образца c-Si ($d_{\text{SiO}_2}=3.5$ нм) и образцов, имплантированных дозами 6.24×10^{12} Ag^+/cm^2 ($d_{\text{SiO}_2}=4$ нм, $f=0.1$), 6.24×10^{13} Ag^+/cm^2 ($d_{\text{SiO}_2}=1.5$ нм, $f=0.9$).

Рисунок 4. Зависимость толщины имплантированного слоя (d) кремния от дозы имплантации ионов Ag^+ (30 кэВ), Co^+ (40 кэВ) по данным СЭ. Над символами экспериментальных величин d указано содержание аморфной фазы кремния в имплантированном слое, определяемое при моделировании спектров СЭ.

Рисунок 6. Зависимость толщины аморфизованного слоя кремния от плотности ионного тока для трех доз имплантации ионов Ag^+ (3.1×10^{13} , 6.24×10^{13} и 1.8×10^{14} Ag^+/cm^2) по данным СЭ. Рядом с символами указаны факторы заполнения аморфной фазы кремния.

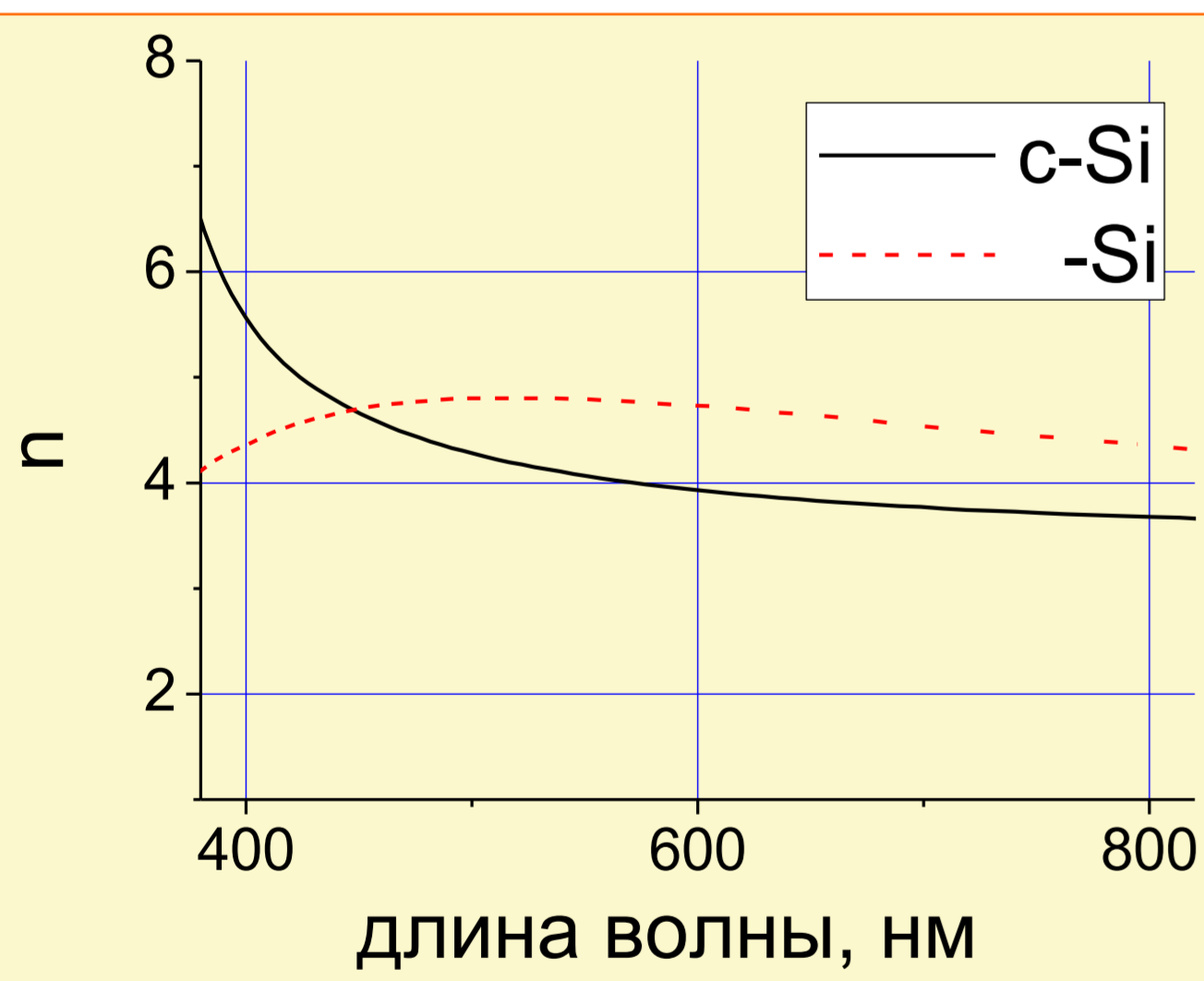


Рис. 2а.

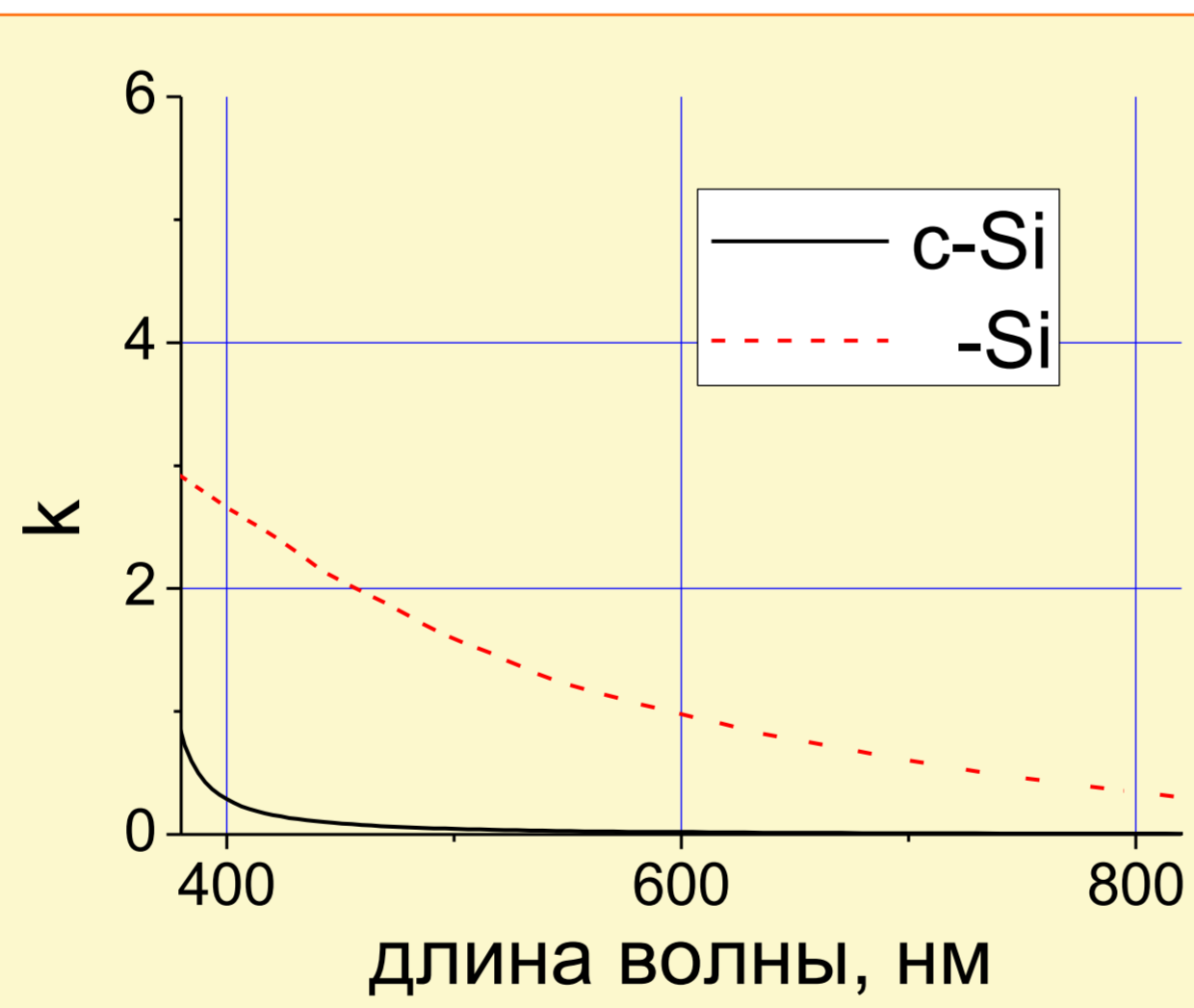


Рис. 2б.

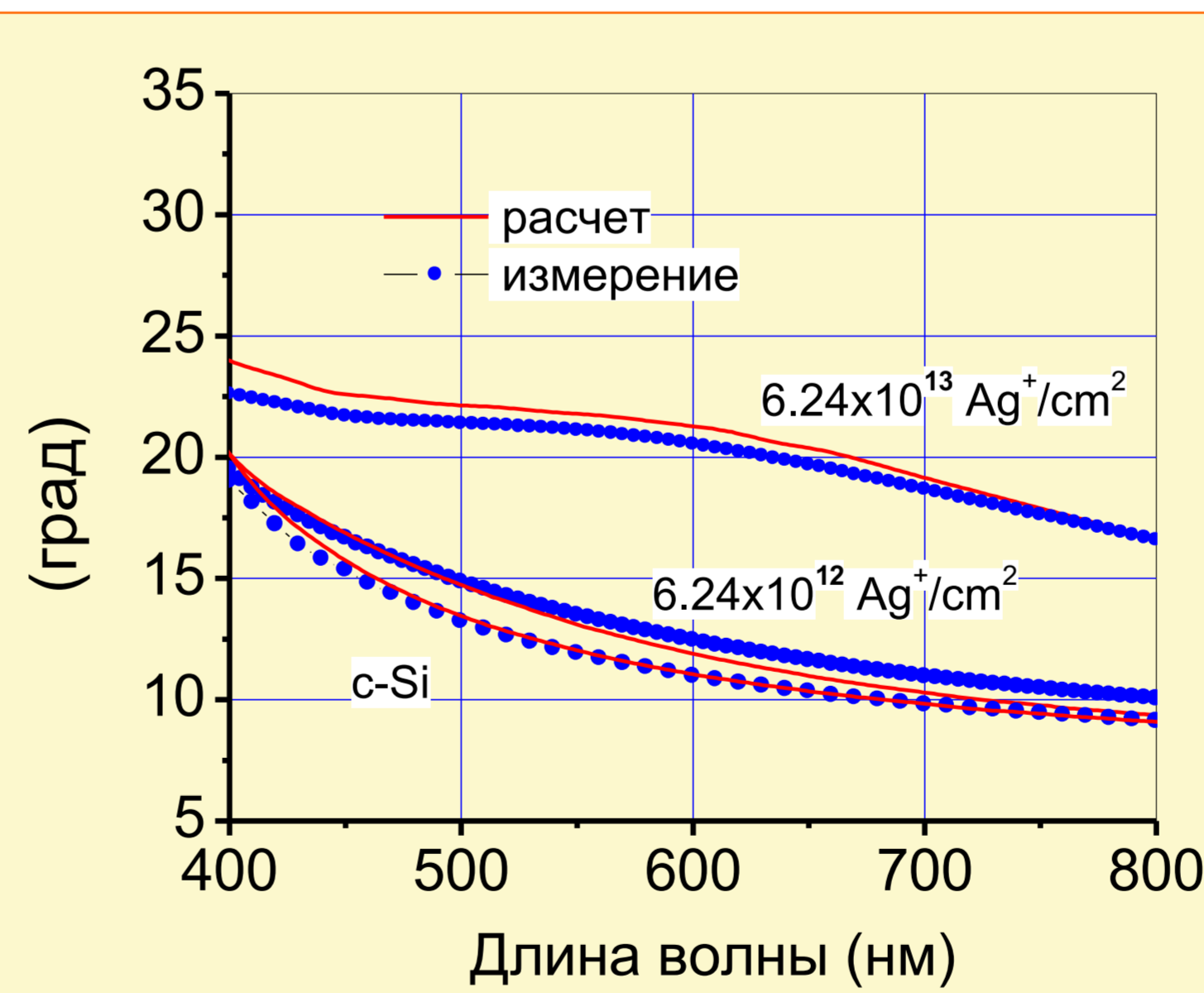


Рис. 3а.

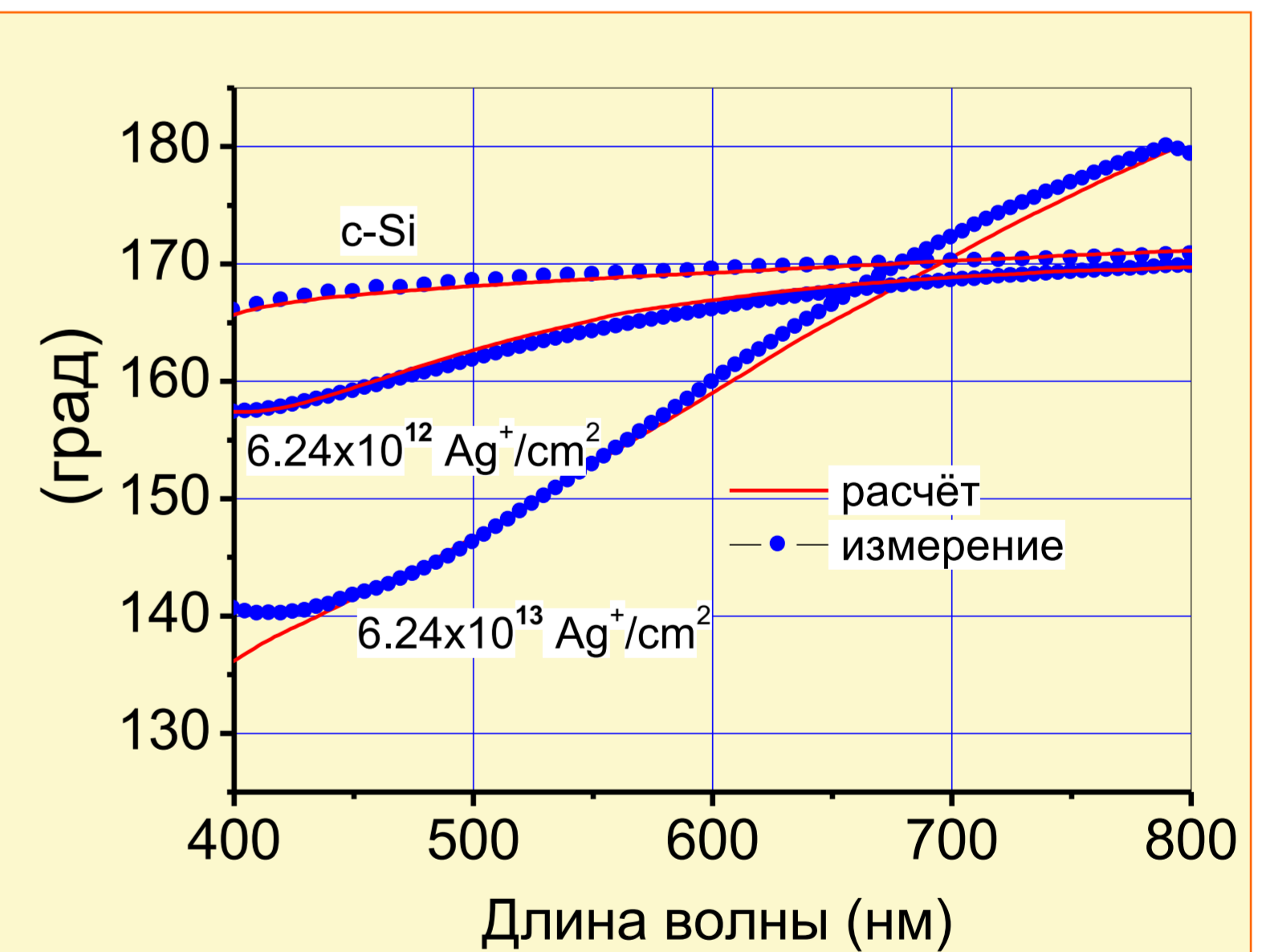


Рис. 3б.

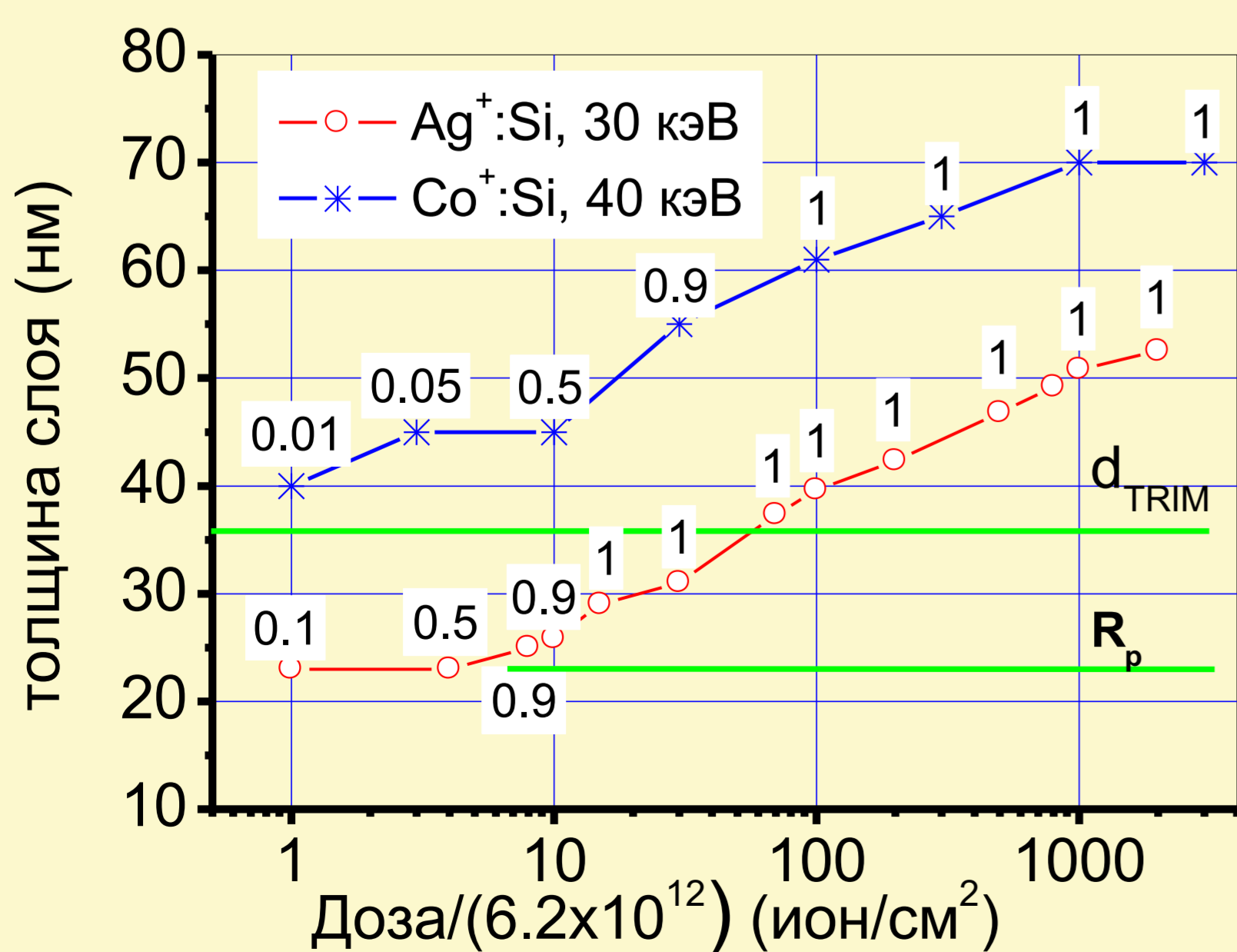


Рис. 4.

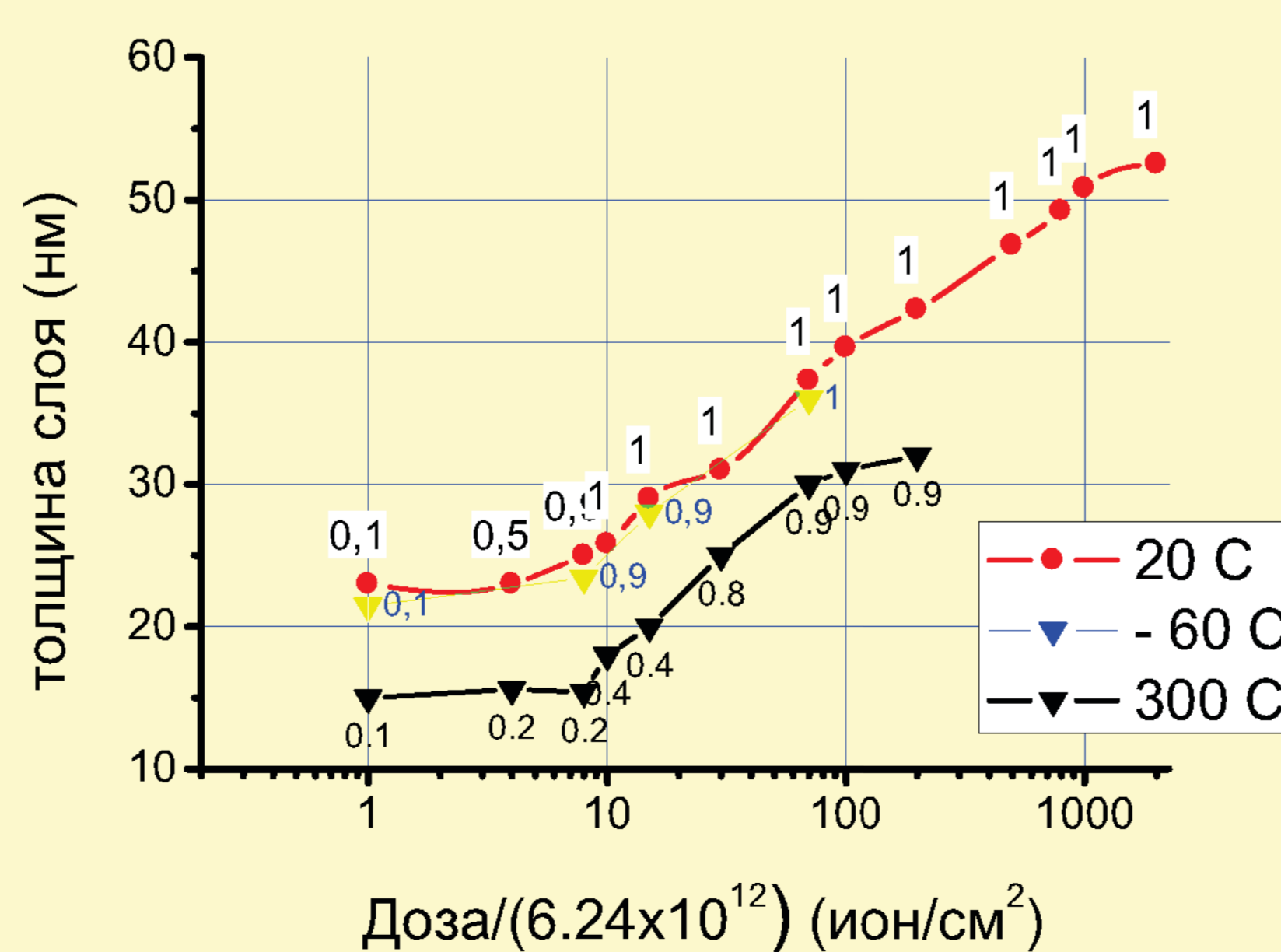


Рис. 5.

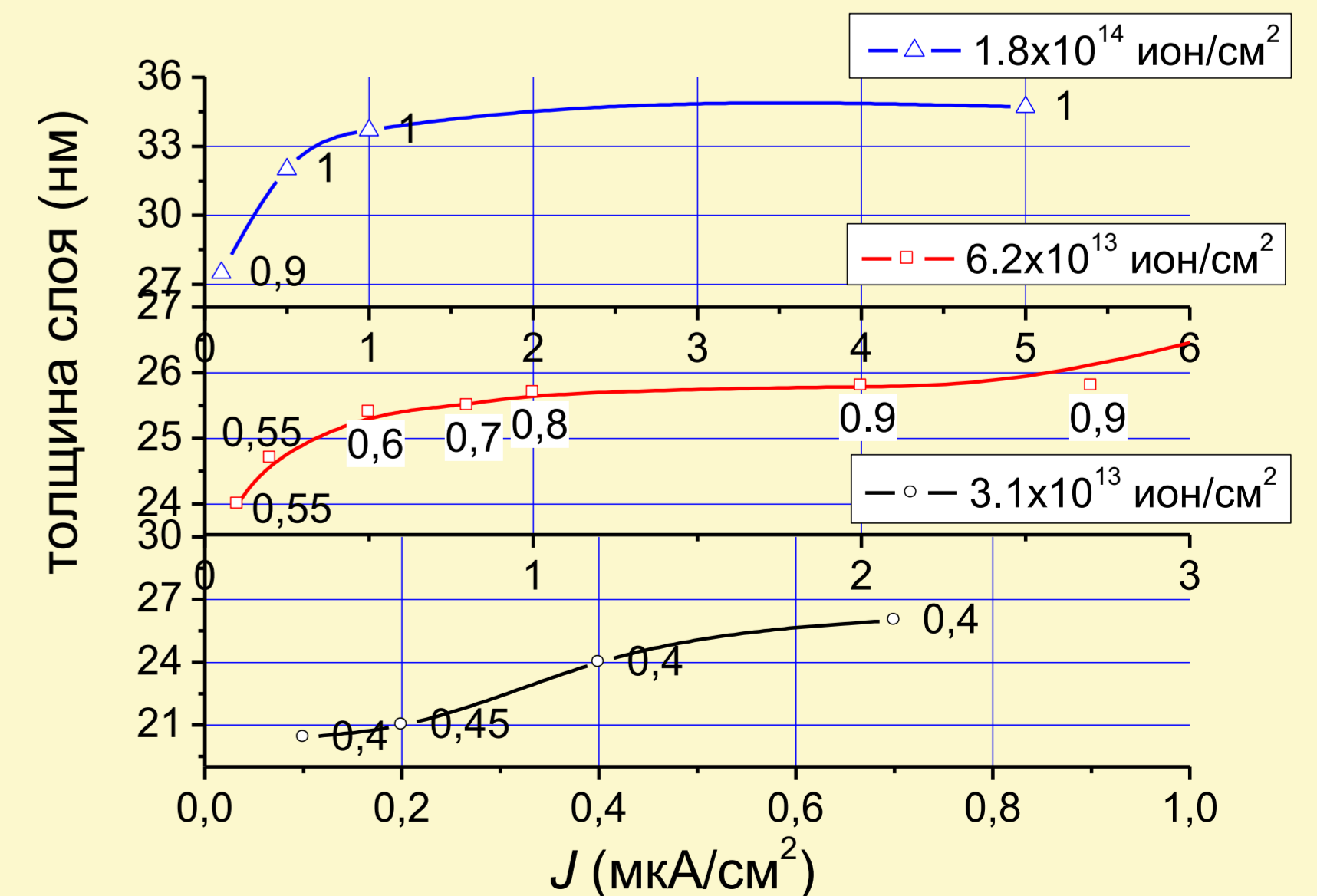


Рис. 6.