

Модель поглощающего слоя, присоединенного к фронту ударной волны в кремнии

Кулиш М.И., Минцев В.Б., Дудин С.В.,
Николаев Д.Н., Ломоносов И.В., Фортов В.Е.
(ИПХФ РАН, Черноголовка, Россия)

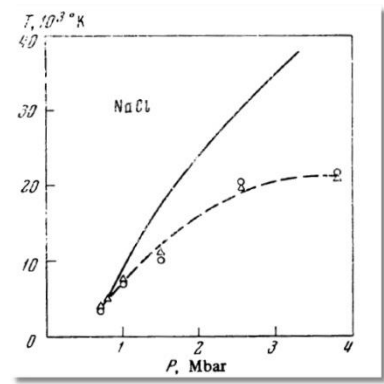
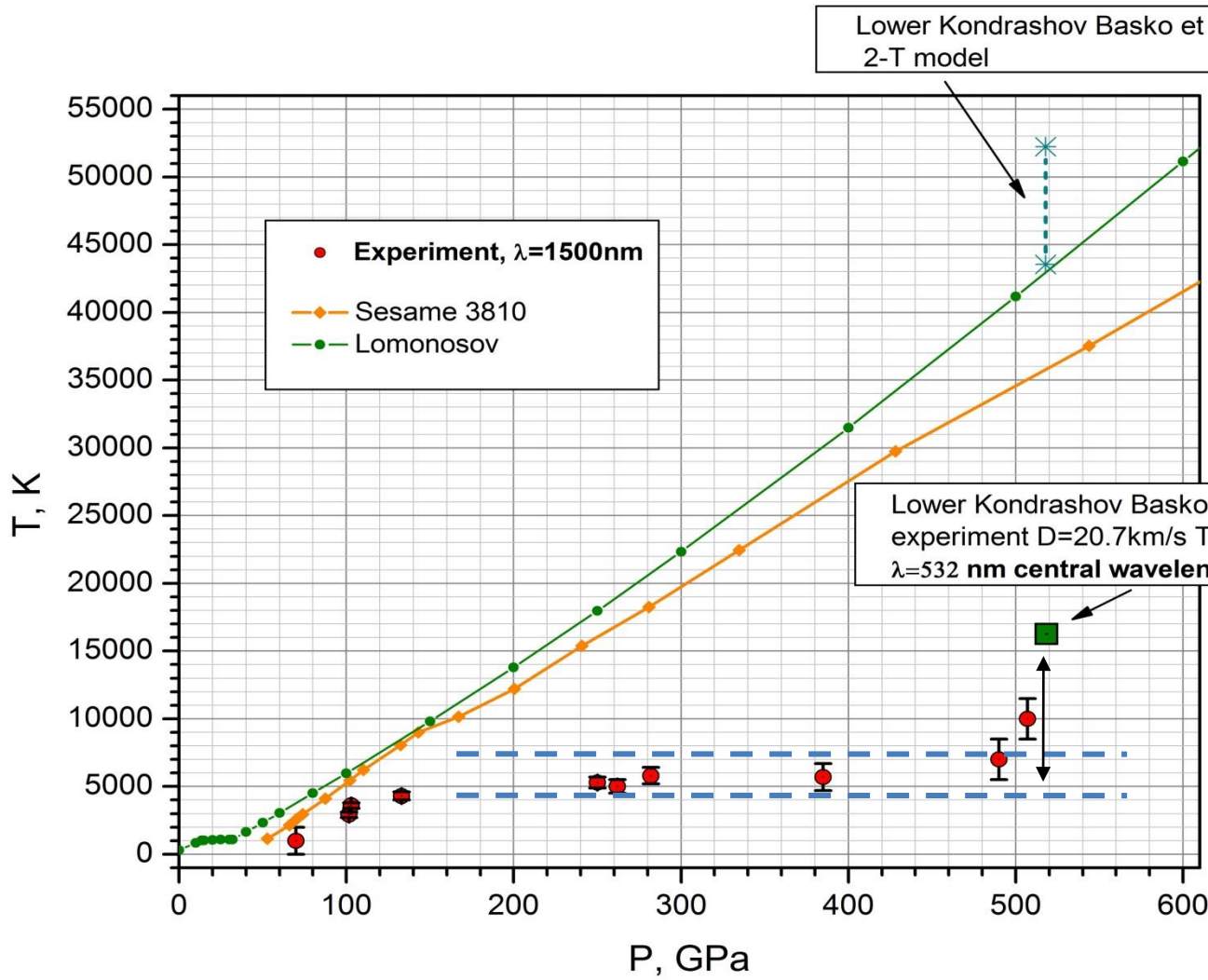
Scientific-Coordination Workshop on

Non-Ideal Plasma Physics

December 16-17, 2020, Moscow, Russia

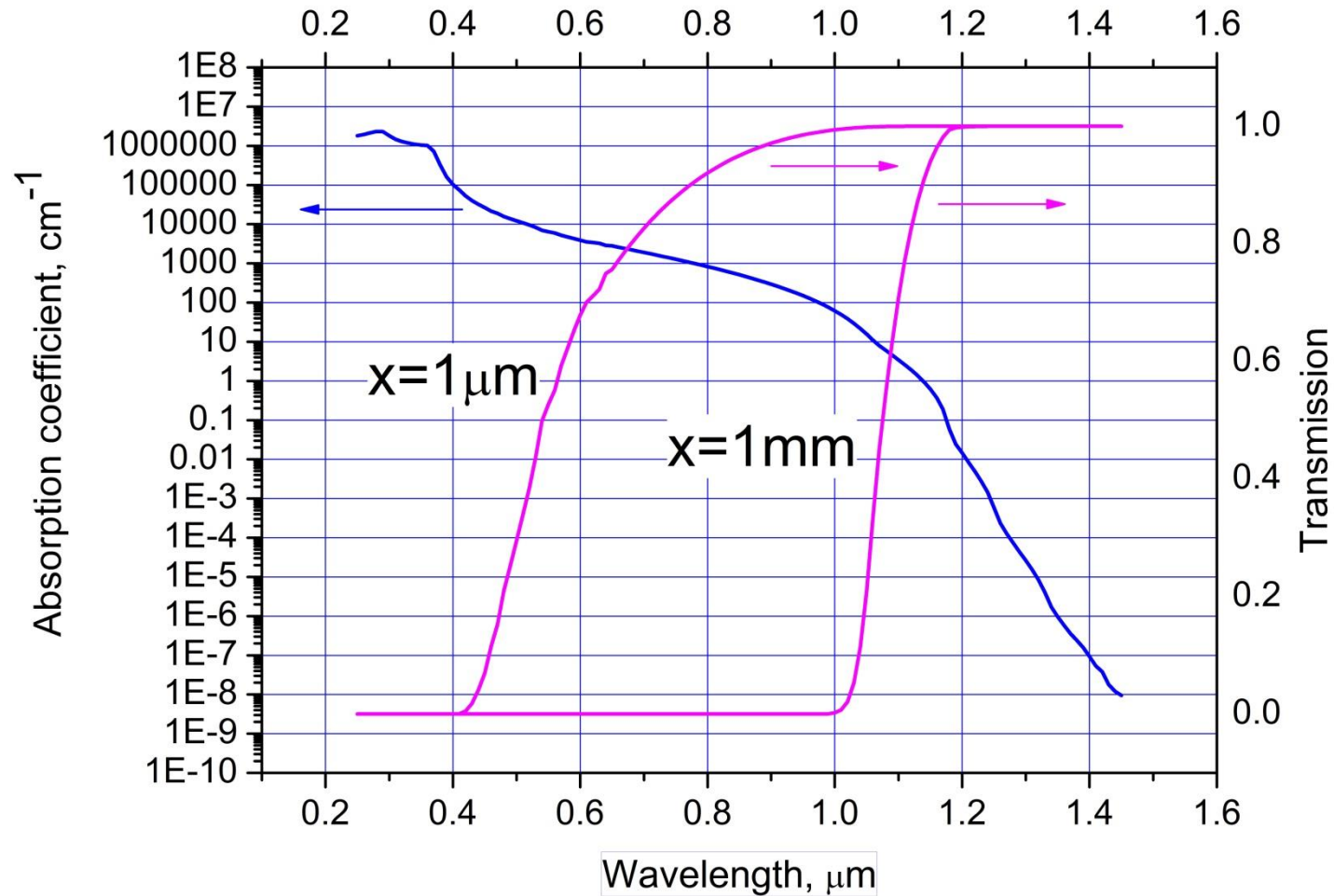


Расчет и измерения температуры ударно-сжатого кремния

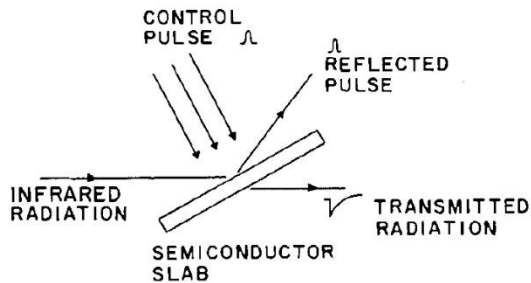


NaCl: Kormer et al. 1968

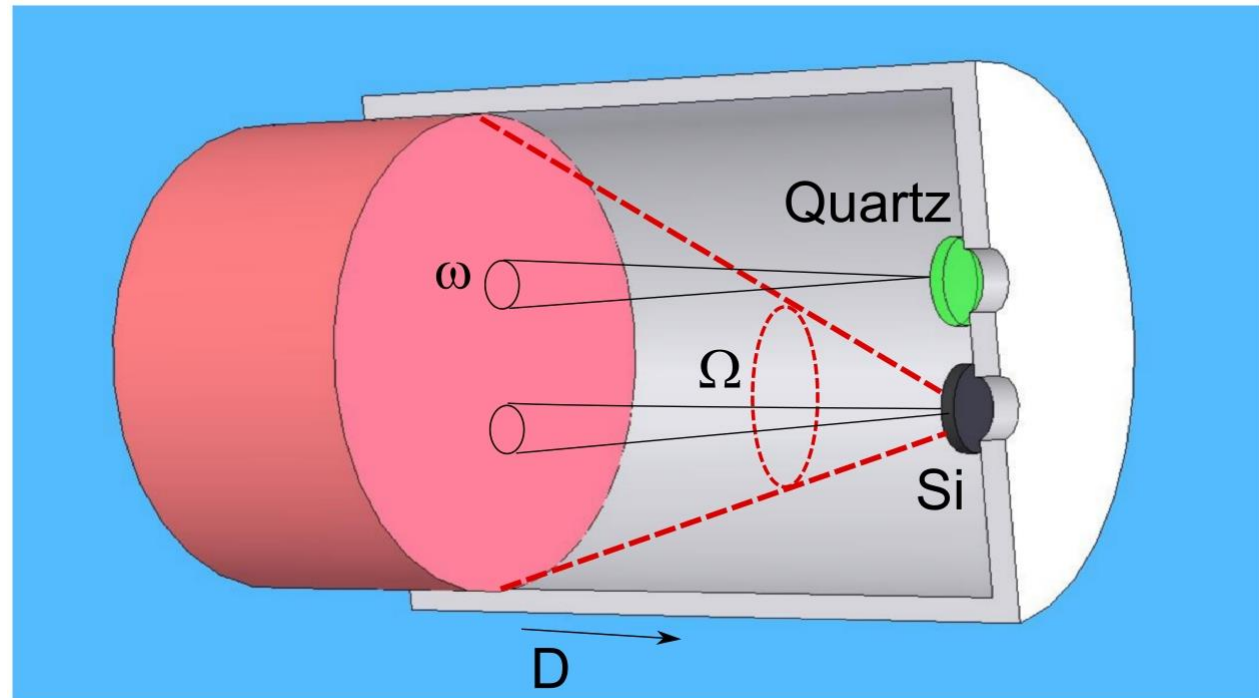
Поглощение света кремнием в оптическом диапазоне



Влияние излучения на поглощение света в кремнии

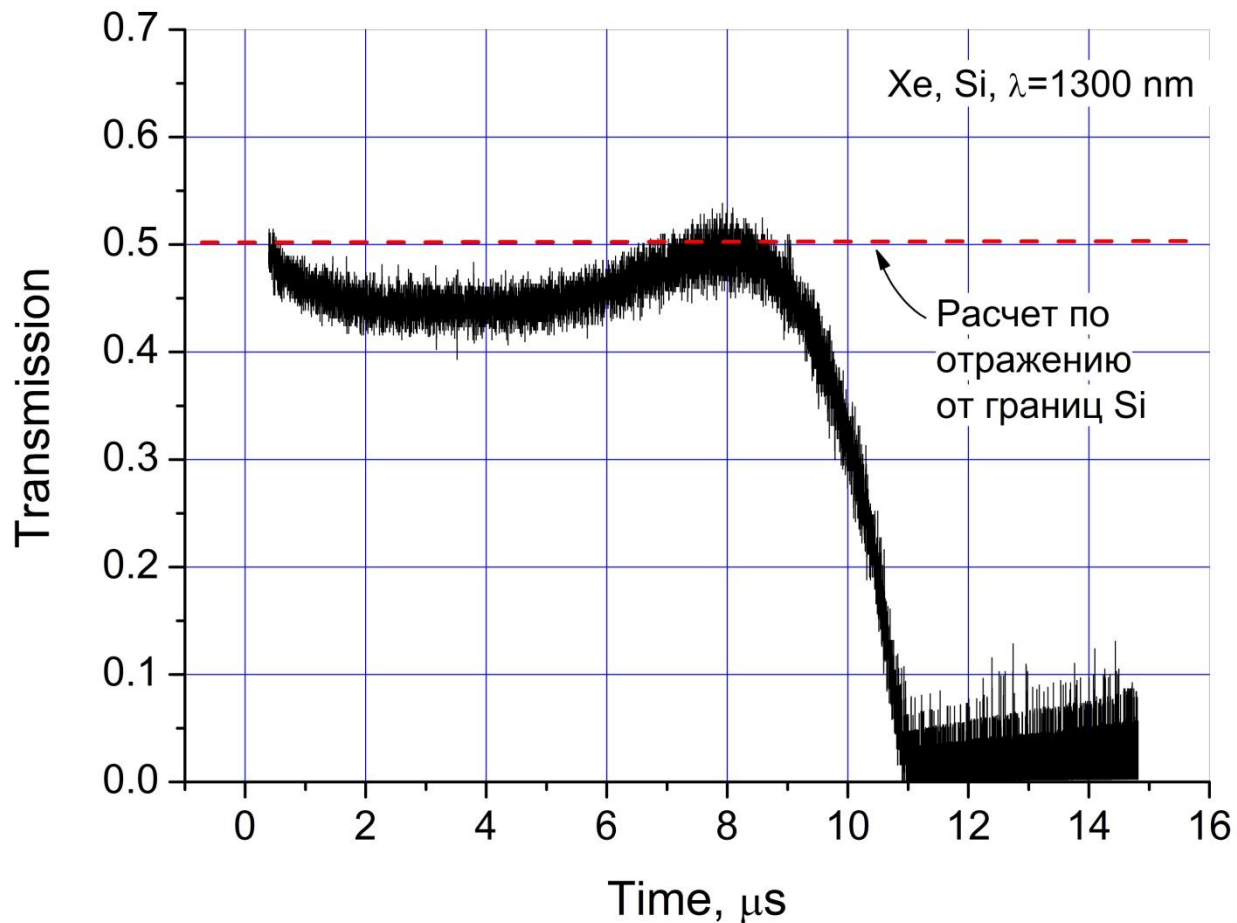


Alcock, Corcum 1979



Слой плазмы Хе диаметром 80 мм , $T \sim 30000$ К,
плотность мощности излучения $S \sim 4$ МВт/см²

Пропускание света образцом кремния



Модель пропускания света



Вычисление коэффициентов отражения от границ и поглощения в плазме

$$\omega_p(t) = \sqrt{\frac{4\pi n_e}{m_{eff}^*}}, m_{eff}^* = \frac{m_e}{m_{eff}} = \frac{1}{0.18}$$

$$\epsilon_r(t) = \epsilon_0 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2 + \nu^2}, \nu - \text{частота столкновений}$$

$$\epsilon_i(t) = \frac{\nu}{\omega} \cdot \frac{\omega_p^2}{\omega^2 + \nu^2}$$

$$n(t) = \sqrt{(\epsilon_r + \sqrt{\epsilon_r^2 + \epsilon_i^2})/2}$$

$$k(t) = \sqrt{(-\epsilon_r + \sqrt{\epsilon_r^2 + \epsilon_i^2})/2}$$

$$\alpha_x(t) = \frac{4\pi k}{\lambda}$$

$$R_{BX} = \frac{(n-1)^2 + k^2}{(n+1)^2 + k^2}; R_{XO} = \frac{(n-3.487)^2 + k^2}{(n+3.487)^2 + k^2}; R_{OB} = 0.307$$

Соотношение Эйнштейна для коэффициента диффузии

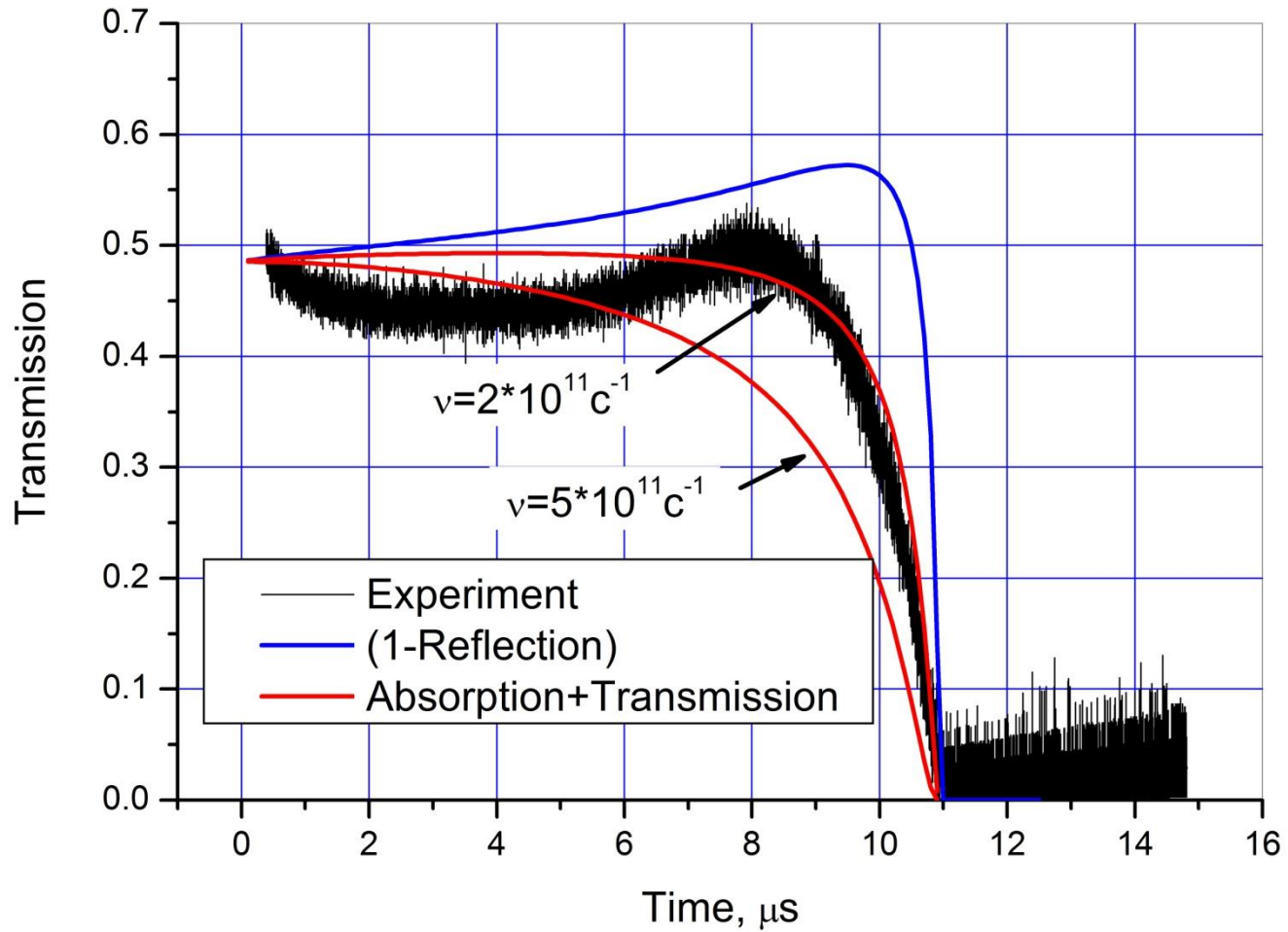
$$D_n = \frac{kT}{q} \cdot \mu_n$$

$$\mu_e \approx 1300 \frac{\text{cm}^2}{\text{V} \cdot \text{s}}$$

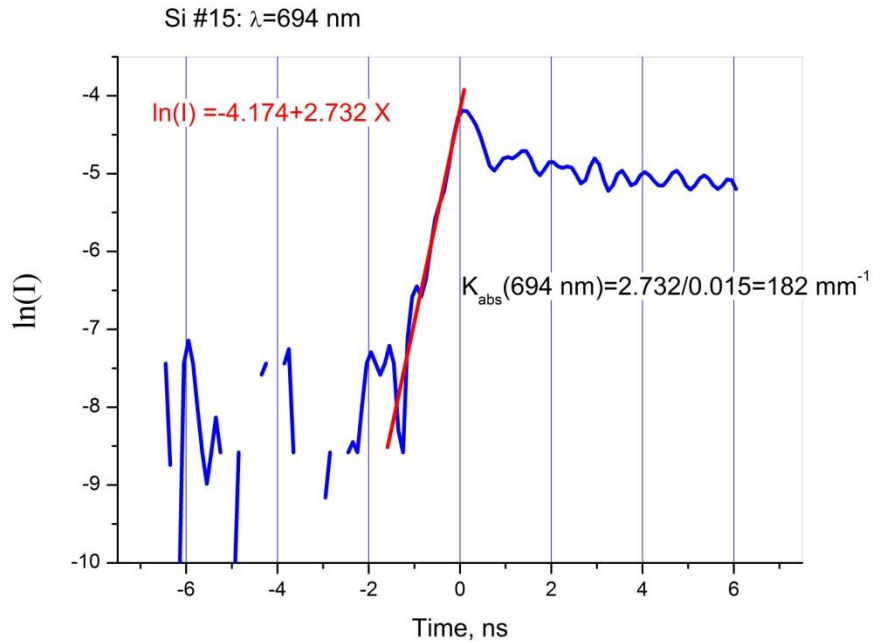
$$X = \sqrt{D \cdot \tau}$$

Учитывается изменение угла Ω при движении слоя плазмы Хе

Расчет по модели и эксперимент



Измерение поглощения в тонком слое кремния с субнаносекундным разрешением

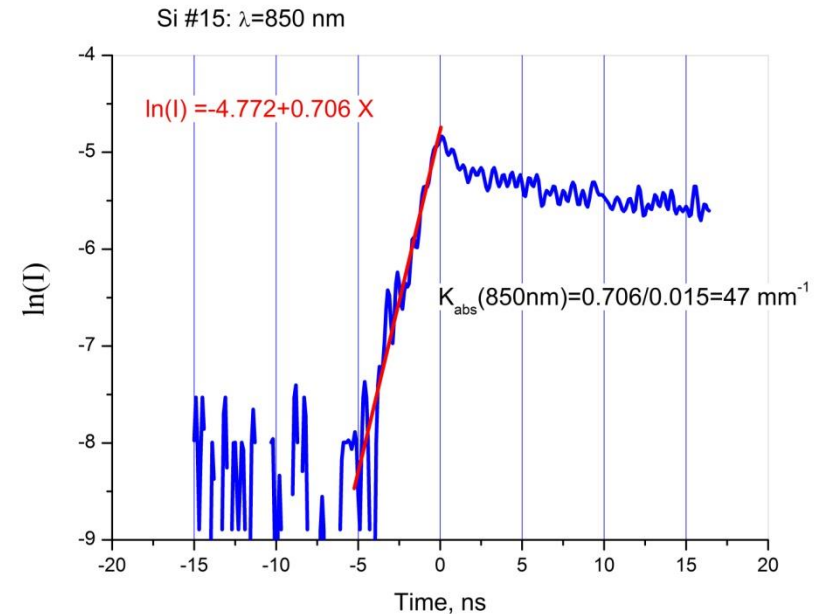


$$K_{\text{abs}} = 182 \text{ mm}^{-1}$$

Табличное значение 200 mm^{-1}

Скорость УВ $D=15 \text{ км/с}$

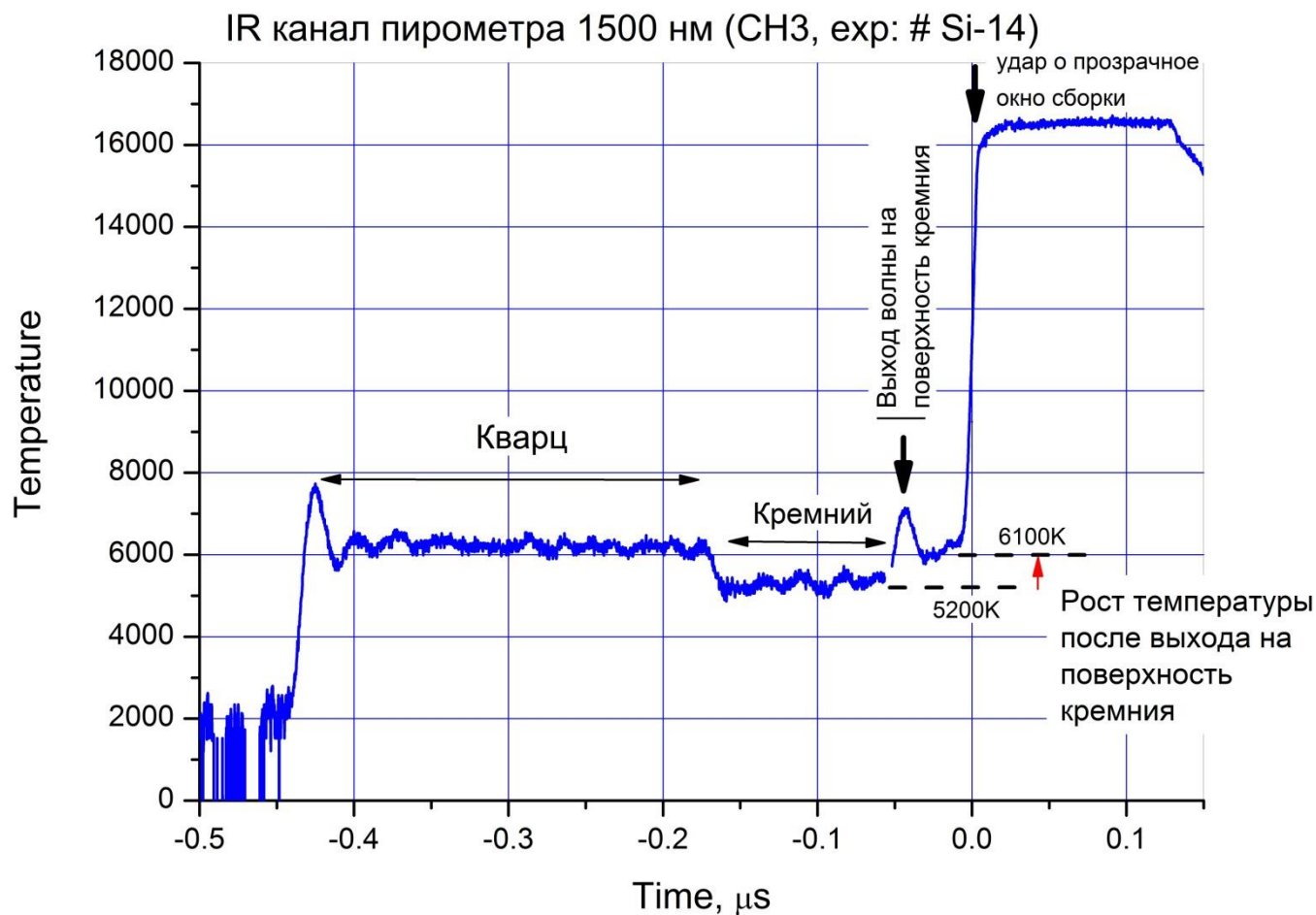
Толщина поглощающего слоя $< 3 \mu\text{м}$ (временное разрешение не хуже 200 пс)



$$K_{\text{abs}} = 47 \text{ mm}^{-1}$$

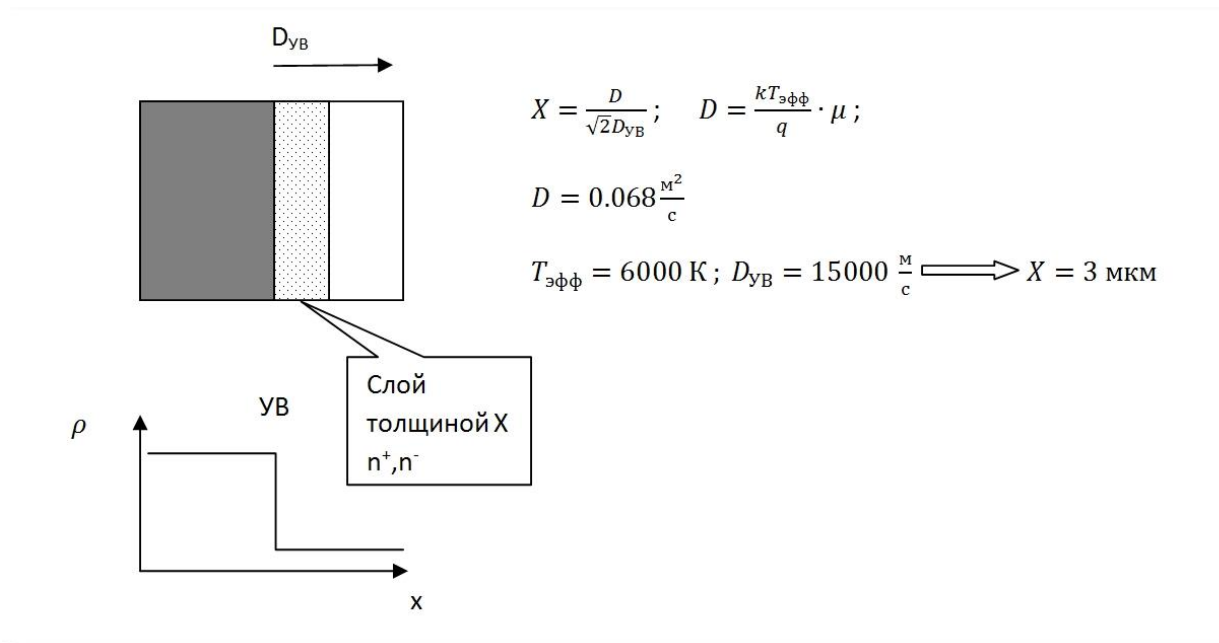
Табличное значение 51 mm^{-1}

Прямое наблюдение присутствия экранирующего слоя



(Отражение 30% света от поверхности кремния учтено)

Возможная схема образования экранирующего присоединенного слоя



Выводы

- Возможно образование присоединенного слоя при диффузии скомпенсированных зарядов в зону перед фронтом ударной волны
- Слой возникает в полупроводниках и ионных кристаллах
- Поглощение слоя в длинноволновой области спектра (1500 нм) больше чем в коротковолновой (500 нм): яркостная температура выше в коротковолновой области

Спасибо за внимание