

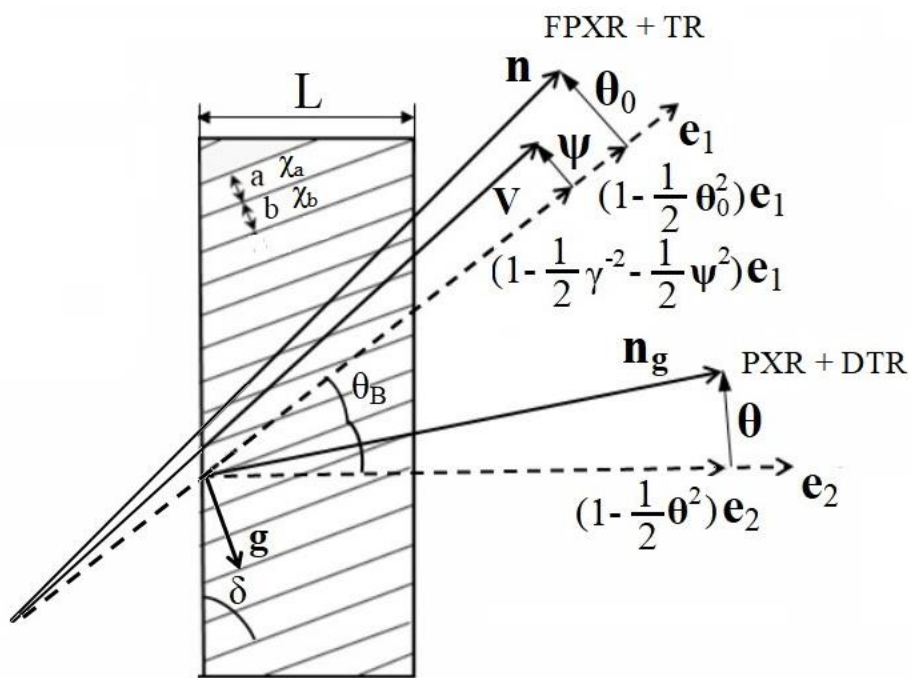
КОГЕРЕНТНОЕ РЕНТГЕНОВСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ПУЧКА РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ В ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СЛОИСТОЙ СРЕДЕ В ГЕОМЕТРИИ РАССЕЯНИЯ ЛАУЭ

А.В. Носков¹⁾, С. В. Блажевич²⁾, В.К. Киперша³⁾,
В.А. Дмитриева¹⁾

¹⁾Московский технический университет связи и информатики, Москва, Россия

²⁾Белгородский государственный национальный исследовательский университет Белгород, Россия

³⁾Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Белгород, Россия



Развита динамическая теория когерентного рентгеновского излучения пучка релятивистских электронов пересекающих мишень конечной толщины из периодической слоистой среды с двумя слоями на периоде в геометрии рассеяние Лауэ.

В рамках двухволнового приближения динамической теории дифракции рентгеновских волн в периодической слоистой среде получены выражения, описывающие спектрально-угловые плотности ПРИ и ДПИ:

$$\omega \frac{d^2 N_{\text{ПРИ}}^{(s)}}{d\omega d\Omega} = \frac{e^2}{4\pi^2} \frac{\Omega^{(s)^2}}{(\Delta - \chi'_0)^2} R_{\text{ПРИ}}^{(s)}, \quad (1)$$

$$R_{\text{ПРИ}}^{(s)} = \left(1 - \frac{\xi^{(s)}}{\sqrt{\xi^{(s)^2} + \varepsilon}} \right)^2 \times \frac{1 + \exp(-L_f \mu_1^{(s)}) - 2 \exp(-L_f \mu_1^{(s)}/2) \cos\left(\frac{L_e}{2L_{\text{ext}}}\left(\sigma^{(s)} + \frac{\xi^{(s)} - \sqrt{\xi^{(s)^2} + \varepsilon}}{\varepsilon}\right)\right)}{\left(\sigma^{(s)} + \frac{\xi^{(s)} - \sqrt{\xi^{(s)^2} + \varepsilon}}{\varepsilon}\right)^2 + \left(\frac{\mu_1^{(s)} L_{\text{ext}}}{\varepsilon}\right)^2}, \quad (2)$$

$$\omega \frac{d^2 N_{\text{ДПИ}}^{(s)}}{d\omega d\Omega} = \frac{e^2}{4\pi^2} \Omega^{(s)^2} \left(\frac{1}{\Delta} - \frac{1}{\Delta - \chi'_0} \right)^2 R_{\text{ДПИ}}^{(s)}, \quad (3)$$

$$R_{\text{ДПИ}}^{(s)} = \frac{\varepsilon^2}{\xi^{(s)^2} + \varepsilon} \times \left[\exp(-L_f \mu_1^{(s)}) + \exp(-L_f \mu_2^{(s)}) - 2 \exp\left(-L_f \mu_0 \left(\frac{1+\varepsilon}{2}\right)\right) \cdot \cos\left(\frac{L_f}{L_{\text{ext}}^{(s)}} \sqrt{\xi^{(s)^2} + \varepsilon}\right) \right], \quad (4)$$

где

$$\Delta(\theta_{\perp}, \theta_{\parallel}, \psi_{\perp}, \psi_{\parallel}, \gamma) = \gamma^{-2} + (\theta_{\perp} - \psi_{\perp})^2 + (\theta_{\parallel} + \psi_{\parallel})^2, \quad \Omega^{(1)} = \theta_{\perp} - \psi_{\perp}, \quad \Omega^{(2)} = \theta_{\parallel} + \psi_{\parallel},$$

$$\mu_1^{(s)} = \mu_0 \left(\frac{1+\varepsilon}{2} - \frac{(1-\varepsilon)\xi^{(s)}(\omega) + 2\varepsilon\kappa^{(s)}}{2\sqrt{\xi^{(s)}(\omega)^2 + \varepsilon}} \right), \quad \mu_2^{(s)} = \mu_0 \left(\frac{1+\varepsilon}{2} + \frac{(1-\varepsilon)\xi^{(s)}(\omega) + 2\varepsilon\kappa^{(s)}}{2\sqrt{\xi^{(s)}(\omega)^2 + \varepsilon}} \right), \quad \mu_0 = \omega \left(\frac{|\chi''_a + r\chi''_b|}{1+r} \right), \quad \chi'_0 = (\chi'_a + r\chi'_b)/(1+r),$$

$$L_f = \frac{L}{\sin(\delta + \theta_B)}, \quad L_e = \frac{L}{\sin(\delta - \theta_B)}, \quad L_{\text{ext}}^{(s)} = \frac{1}{C^{(s)} \omega} \frac{\pi n}{\left| \sin\left(\frac{\pi n}{1+r}\right) \right| |\chi'_b - \chi'_a|}, \quad \varepsilon = \frac{\sin(\delta + \theta_B)}{\sin(\delta - \theta_B)}, \quad \kappa^{(s)} = \frac{C^{(s)} \left| \sin\left(\frac{\pi n}{1+r}\right) \right| |\chi''_b - \chi''_a|}{\frac{\pi n}{1+r} |\chi''_a + r\chi''_b|},$$

$$\sigma^{(s)} = \frac{\pi n}{C^{(s)} |\chi'_b - \chi'_a| \left| \sin\left(\frac{\pi n}{1+r}\right) \right|} (\Delta - (\chi'_a + r\chi'_b)/(1+r)), \quad \xi^{(s)}(\omega) = \frac{2\pi^2 n^2}{T^2 \omega_B} L_{\text{ext}}^{(s)} \left(1 - \frac{\omega \left(1 - \theta_{\parallel} \sqrt{\frac{T^2 \omega_B^2}{\pi^2 n^2} - 1} \right)}{\omega_B} \right) + \frac{1-\varepsilon}{2v^{(s)}}, \quad v^{(s)} = \frac{C^{(s)} \left| \sin\left(\frac{\pi n}{1+r}\right) \right| |\chi'_b - \chi'_a|}{\frac{\pi n}{1+r} |\chi'_a + r\chi'_b|}, \quad r = \frac{b}{a}.$$

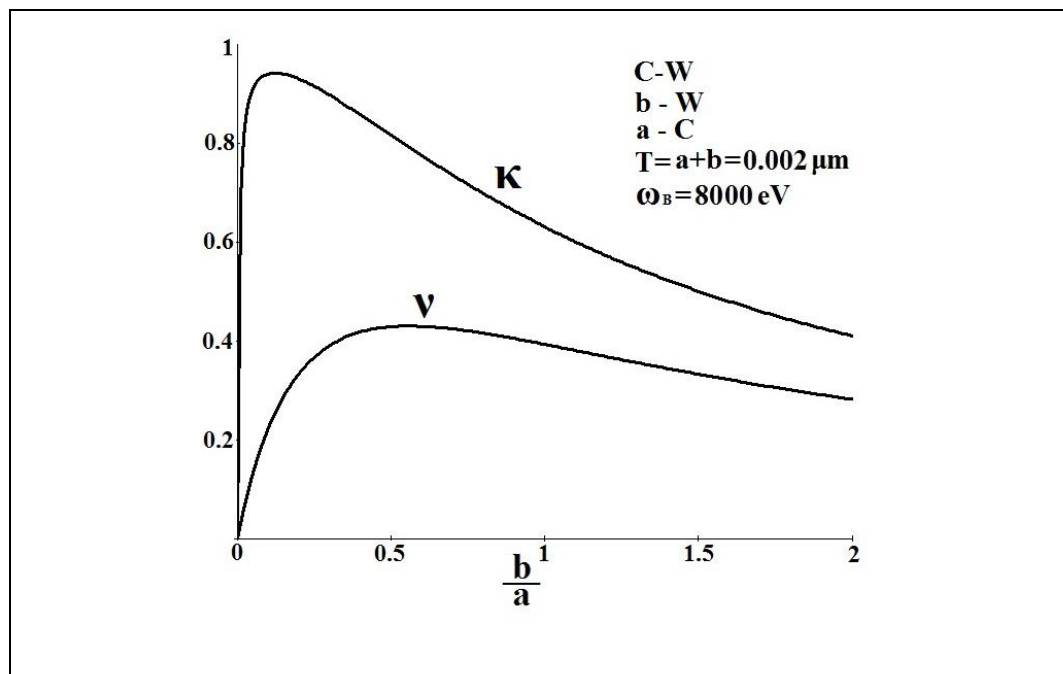


Рис.2 Зависимость параметров динамического рассеяния рентгеновских волн от отношения толщин слоев излучающей слоистой структуры.

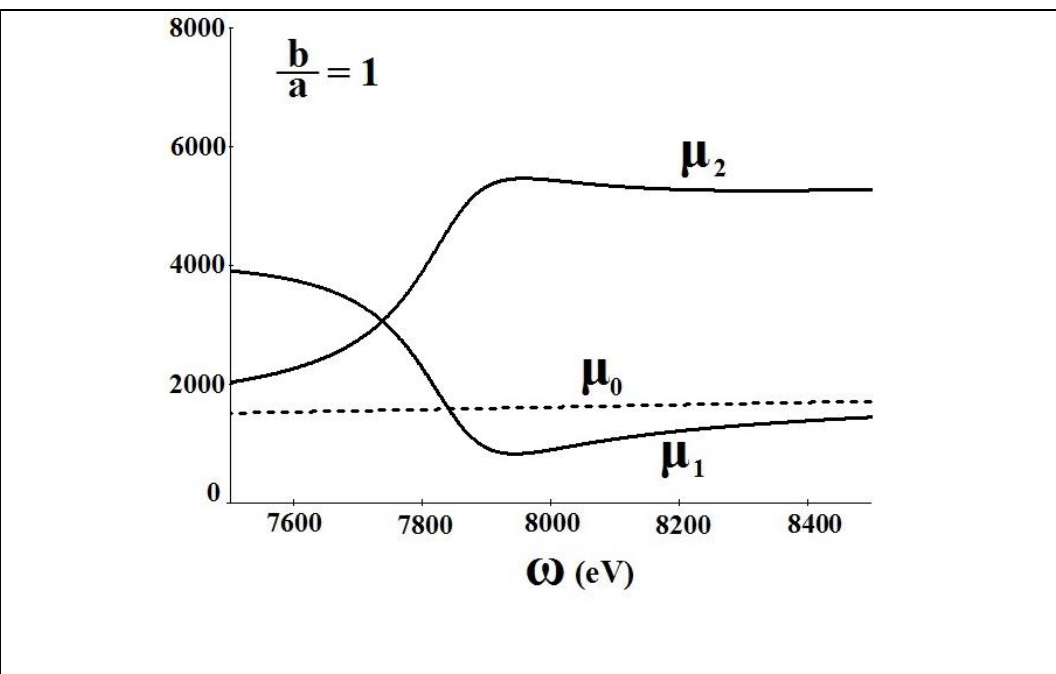


Рис. 3. Коэффициенты поглощения двух рентгеновских волн в слоистой структуре. Кривые построенные при условии $b/a \approx 1$.

$$\mu_1^{(s)} = \mu_0 \left(\frac{1+\varepsilon}{2} - \frac{(1-\varepsilon)\xi^{(s)}(\omega) + 2\varepsilon\kappa^{(s)}}{2\sqrt{\xi^{(s)}(\omega)^2 + \varepsilon}} \right), \quad \mu_2^{(s)} = \mu_0 \left(\frac{1+\varepsilon}{2} + \frac{(1-\varepsilon)\xi^{(s)}(\omega) + 2\varepsilon\kappa^{(s)}}{2\sqrt{\xi^{(s)}(\omega)^2 + \varepsilon}} \right)$$

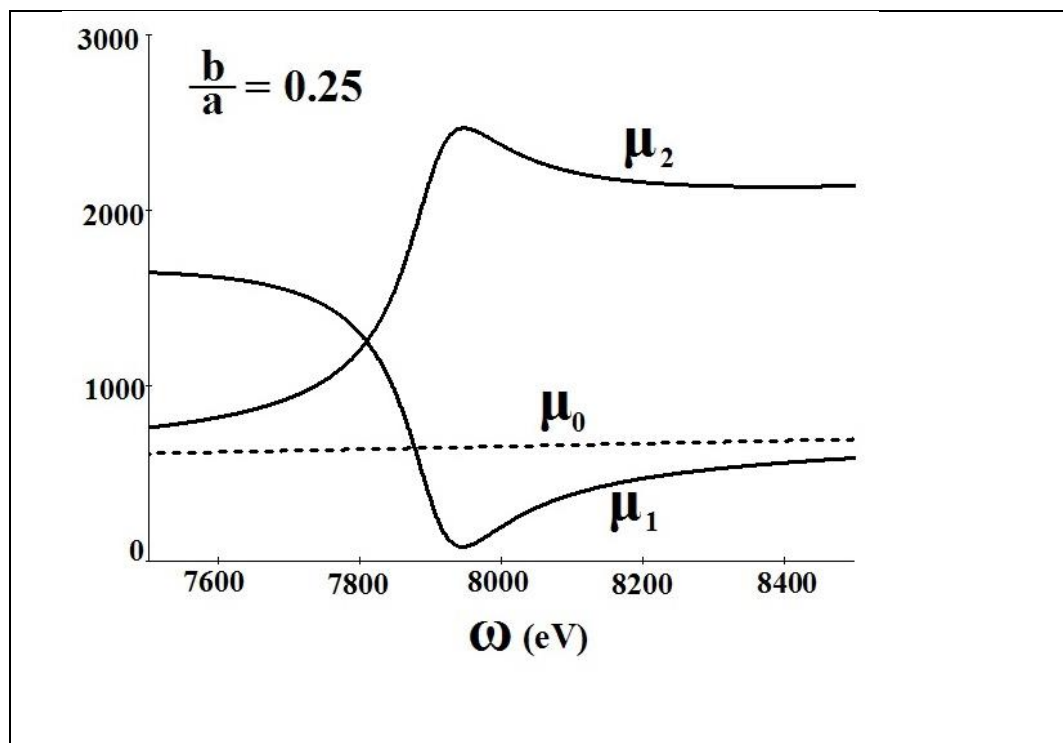


Рис.4. Коэффициенты поглощения двух рентгеновских волн в слоистой структуре. Кривые построенные при условии $b/a \approx 0.25$, когда проявляется эффект Бормана.

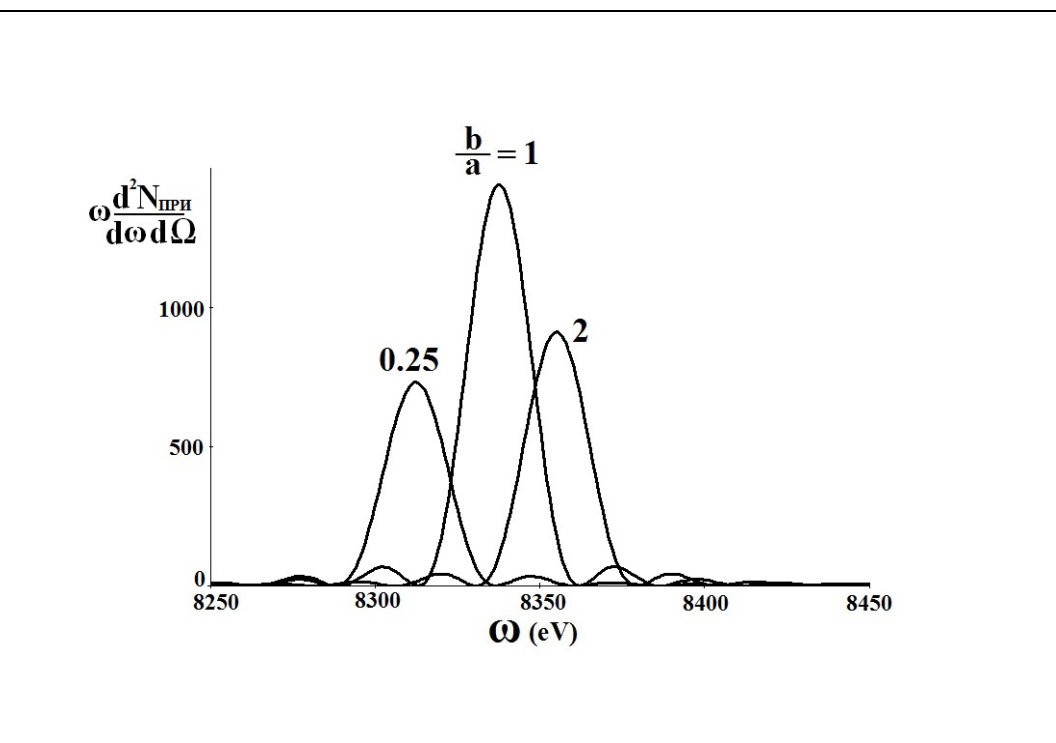


Рис.5. Спектрально-угловые плотности ПРИ для различных соотношений b/a . Параметры как на рис.4.4.

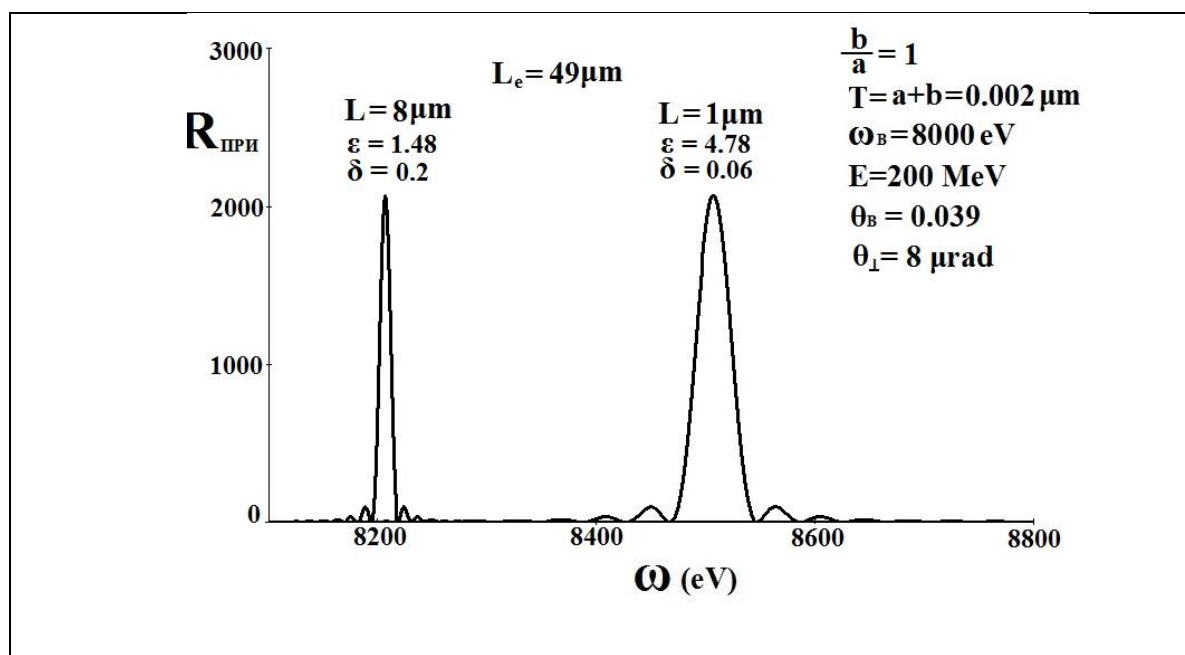


Рис.6. Спектральные плотности ПРИ для двух разных значений параметра асимметрии ε .

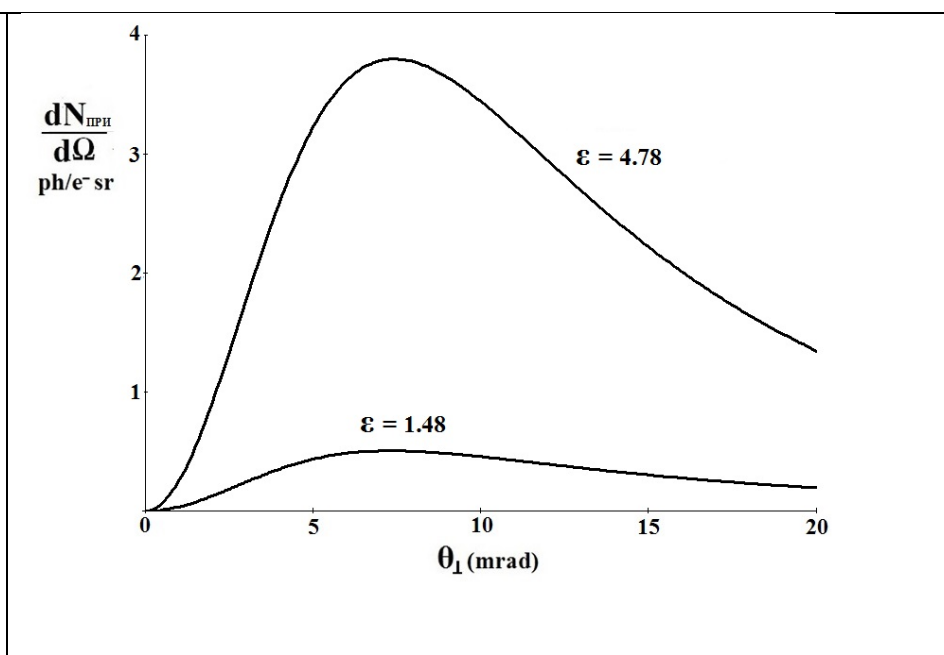


Рис.7 Угловые плотности ПРИ для поглощающей мишени

Заключение

В рамках двухволнового приближения динамической теории дифракции получены выражения для двух ветвей решения дисперсионного уравнения, описывающие спектрально-угловые плотности ПРИ, возбуждаемого в периодической слоистой среде.

Проведены исследования коэффициентов поглощения и динамического рассеяния рентгеновских волн ПРИ, а также спектрально-угловых характеристик ПРИ для конкретных условий. Рассматривается релятивистский электрон, пересекающий периодическую слоистую среду углерод-вольфрам.

Показано, что при динамическом рассеянии рентгеновских волн в периодической среде возникает эффект аномального поглощения волн одного из возбуждаемых полей и аномального прохождения волн второго поля (эффект Бормана). Показано, что при изменении толщин дифрагирующих слоев можно усиливать или ослабевать эффект Бормана в ПРИ.

Показана зависимость параметров динамического рассеяния рентгеновских волн от соотношения толщин слоев. Показано, что существует оптимальное соотношения толщин отражающих слоев периодической слоистой среды, при которой параметры динамического рассеяния максимальны и спектрально-угловая плотности ПРИ максимальна.