

# О ВЛИЯНИИ ПАРАМЕТРОВ МИШЕНИ И ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА НА ДПИ И ПРИ

©2022 г. С. В. Блажевич<sup>1)</sup>, О. Ю. Шевчук<sup>1)</sup>, А.Э. Федосеев<sup>1)</sup>,  
А.В. Носков<sup>1,2)</sup>

<sup>1)</sup>Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Белгород, Россия

<sup>2)</sup>Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Белгород, Россия

noskovbupk@mail.ru

В работе рассматривается влияние параметров пучка релятивистских электронов и слоистой мишени с периодической структурой на угловые характеристики когерентного рентгеновского излучения, возбуждаемого в ней в геометрии рассеяния Брэгга. Когерентное излучение в направлении рассеяния Брэгга рассматривается в виде суммы вкладов параметрического рентгеновского излучения (ПРИ), дифрагированного переходного излучения (ДПИ) и слагаемого, являющегося результатом их интерференции.

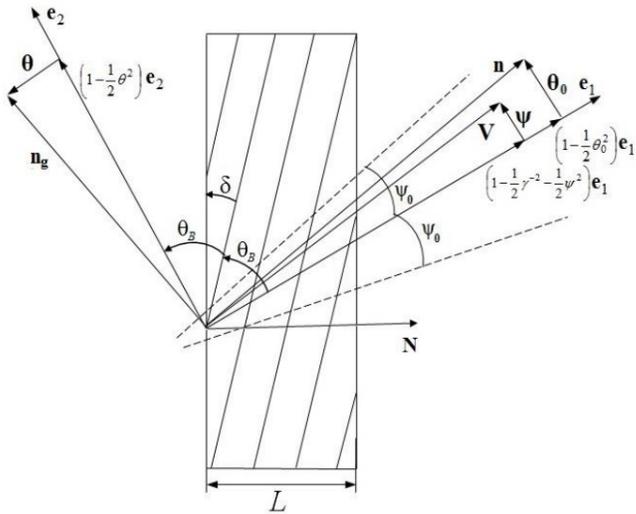


Рис.1. Геометрия процесса излучения и обозначения

$\mathbf{n}$  - направлении импульса фотона, излученного вблизи направления вектора скорости электрона,  $\mathbf{n}_g$  -

в направлении рассеяния Брэгга:  $\mathbf{V} = \left(1 - \frac{1}{2}\gamma^{-2} - \frac{1}{2}\psi^2\right)\mathbf{e}_1 + \boldsymbol{\psi}$ ,  $\mathbf{e}_1\boldsymbol{\psi} = 0$   $\mathbf{n} = \left(1 - \frac{1}{2}\theta_0^2\right)\mathbf{e}_1 + \boldsymbol{\theta}_0$ ,

$$\mathbf{e}_1\boldsymbol{\theta}_0 = 0, \quad \mathbf{e}_1\mathbf{e}_2 = \cos 2\theta_B, \quad \mathbf{n}_g = \left(1 - \frac{1}{2}\theta^2\right)\mathbf{e}_2 + \boldsymbol{\theta}, \quad \mathbf{e}_2\boldsymbol{\theta} = 0,$$

где  $\boldsymbol{\theta}$  - угол излучения, отсчитываемый от оси детектора излучения  $\mathbf{e}_2$ ,  $\boldsymbol{\psi}$  - угол отклонения рассматриваемого электрона в пучке, отсчитываемый от оси электронного пучка  $\mathbf{e}_1$ ,  $\boldsymbol{\theta}_0$  - угол между направлением распространения падающего фотона и осью  $\mathbf{e}_1$ ,  $\gamma = 1/\sqrt{1-V^2}$  - Лоренц-фактор электрона. Угловые переменные рассматриваются в виде суммы составляющих, параллельных и перпендикулярных плоскости рисунка:  $\boldsymbol{\theta} = \boldsymbol{\theta}_{||} + \boldsymbol{\theta}_{\perp}$ ,  $\boldsymbol{\theta}_0 = \boldsymbol{\theta}_{0||} + \boldsymbol{\theta}_{0\perp}$ ,  $\boldsymbol{\psi} = \boldsymbol{\psi}_{||} + \boldsymbol{\psi}_{\perp}$ .

Рассмотрим пучок релятивистских электронов, пересекающих периодическую в геометрии рассеяния Брэгга (Рис.1), слоистую мишень, состоящую из чередующихся слоев толщиной  $l_1$  и  $l_2$ , и диэлектрическими восприимчивостями соответственно  $\chi_1$  и  $\chi_2$  ( $T = l_1 + l_2$  период слоистой мишени).  $g = \frac{2\pi}{T}n$ ,  $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$  - вектор обратной решетки.

Получены нормированные на один электрон выражения, описывающие угловые плотности ПРИ, ДПИ и их интерференцию в геометрии рассеяния Брэгга, принимают вид

$$\left\langle \frac{dN_{\text{ДПИ}}^{(s)}}{d\Omega} \right\rangle = \frac{e^2 \omega_B^3 T^2 L_{\text{ext}}^{(s)}}{2\pi^3 n^2} \varepsilon \sqrt{\varepsilon} \tanh\left(\frac{b^{(s)}}{\sqrt{\varepsilon}}\right) \frac{1}{\pi \psi_0^2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\Omega^{(s)2} e^{-\frac{\psi_{\perp}^2 + \psi_{\parallel}^2}{\psi_0^2}}}{\sigma^{(s)2} (v^{(s)} \sigma^{(s)} - 1)^2} d\psi_{\perp} d\psi_{\parallel}, \quad (1) \quad \left\langle \frac{dN_{\text{ПРИ}}^{(s)}}{d\Omega} \right\rangle = \frac{e^2 \omega_B^3 T^2 L_{\text{ext}}^{(s)}}{2\pi^4 n^2} \frac{1}{\pi \psi_0^2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\Omega^{(s)2}}{\sigma^{(s)2}} \int_{\sqrt{\varepsilon}}^{\infty} R_{\text{ПРИ}}^{(s)} d\xi^{(s)}(\omega) e^{-\frac{\psi_{\perp}^2 + \psi_{\parallel}^2}{\psi_0^2}} d\psi_{\perp} d\psi_{\parallel}, \quad (2)$$

$$\left\langle \frac{dN_{\text{ИНТ}}^{(s)}}{d\Omega} \right\rangle = \frac{e^2 \omega_B^3 T^2 L_{\text{ext}}^{(s)}}{2\pi^4 n^2} \frac{1}{\pi \psi_0^2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\Omega^{(s)2}}{\sigma^{(s)2} (\sigma^{(s)} v^{(s)} - 1)^2} \int_{\sqrt{\varepsilon}}^{\infty} R_{\text{ИНТ}}^{(s)} d\xi^{(s)}(\omega) e^{-\frac{\psi_{\perp}^2 + \psi_{\parallel}^2}{\psi_0^2}} d\psi_{\perp} d\psi_{\parallel}. \quad (3)$$

$$\text{где } \sigma^{(s)} = \frac{\pi n}{C^{(s)} |\chi_2' - \chi_1'| \left| \sin\left(\frac{\pi n}{1+r}\right) \right|} \left( \gamma^{-2} + (\theta_{\perp} - \psi_{\perp})^2 + (\theta_{\parallel} + \psi_{\parallel})^2 - \chi_0' \right), \quad v^{(s)} = \frac{C^{(s)} \left| \sin\left(\frac{\pi n}{1+r}\right) \right|}{\frac{\pi n}{1+r}} \left| \frac{\chi_2' - \chi_1'}{\chi_1' + r\chi_2'} \right|, \quad L_{\text{ext}}^{(s)} = \frac{1}{\omega} \frac{\pi n}{\left| \sin\left(\frac{\pi n}{1+r}\right) \right| |\chi_2' - \chi_1'| C^{(s)}}, \quad \chi_0' = \frac{l_1 \chi_1' + l_2 \chi_2'}{T}, \quad r = \frac{l_2}{l_1}.$$

Выражения (1-3) позволяют вычислять угловые плотности ПРИ и ДПИ (с учетом их интерференции) пучка релятивистских электронов, пересекающего мишень с периодической слоистой структурой в общем случае асимметричного отражения поля электрона относительно поверхности мишени. При необходимости усреднение может быть проведено по любой другой функции, характеризующей распределение электронов в пучке.

## Численные расчеты

**C-W**  $L = 0.5 \text{ мкм}$ ,  $T = 0.002 \text{ мкм}$ ,  $\omega_B = 8 \text{ кэВ}$ ,  $\theta_B = 2.2^\circ$ ,  $\delta = -1.15^\circ$ ,  $\varepsilon = 1$ .

