ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРА ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА ПО УГЛОВЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯМ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ В КРИСТАЛЛЕ КРЕМНИЯ

А.В. Бердниченко, И.Е. Внуков, Ю.А. Гопонов, Р.А. Шатохин , Y. Takabayashi,
НИУ «БелГУ», Белгород, Россия
SAGA Light Source, Tosu, Saga 841-0005, Japan

Цель работы – проверить предложенный ранее (И.Е. Внуков, Ю.А. Гопонов, М.А. Сиднин, Р.А. Шатохин , K. Sumitani, Y. Takabayashi Поверхность, 2019, № 6, с. 56) способ определения размера пучка по регистрируемым угловым распределениям когерентного излучения электронов в тонких кристаллах, на котором основан способ измерения эмиттанса пучков электронов с энергией порядка 10 ГэВ Yu.A. Goponov et. al NIM A 996, 2021, 165132 и ряд других работ, так как на ускорителе средних энергий сделать такой эксперимент значимо проще.

Идеология измерений

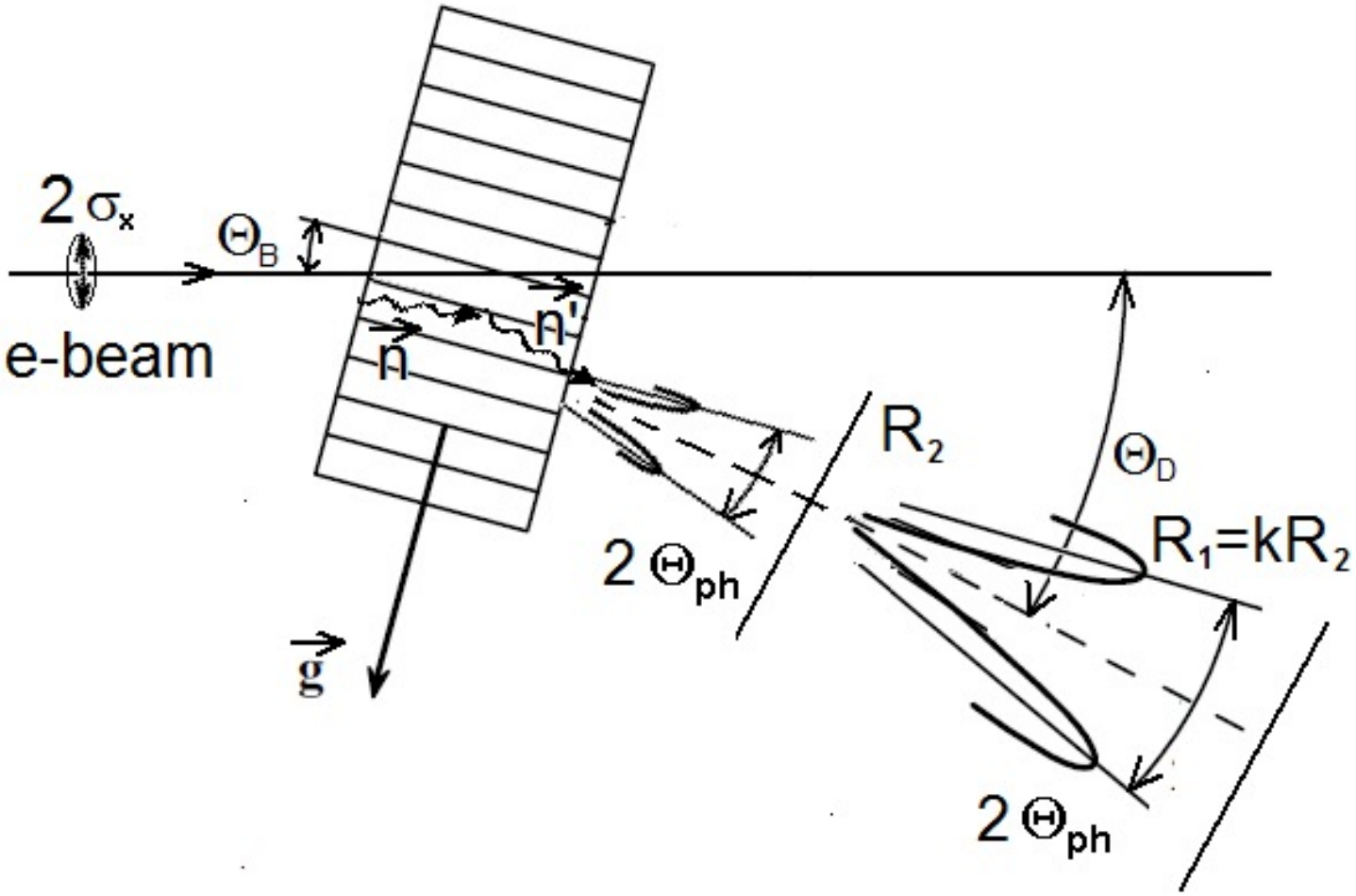
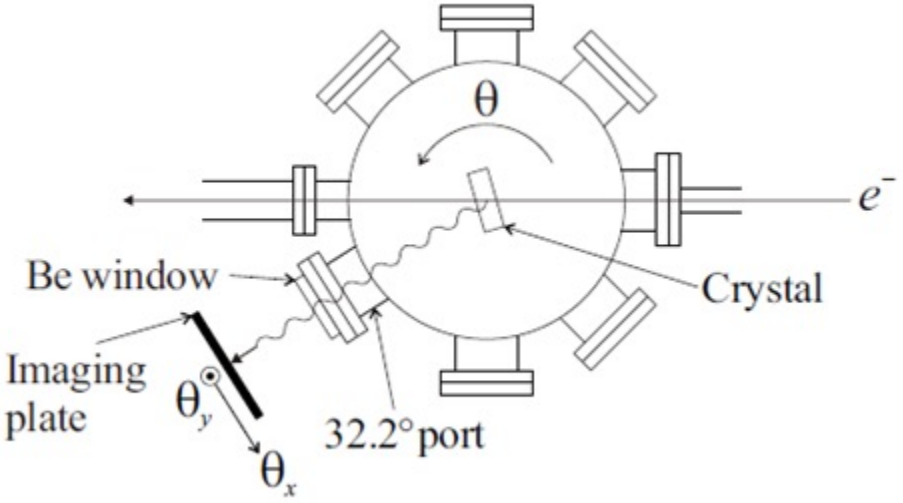


Схема эксперимента

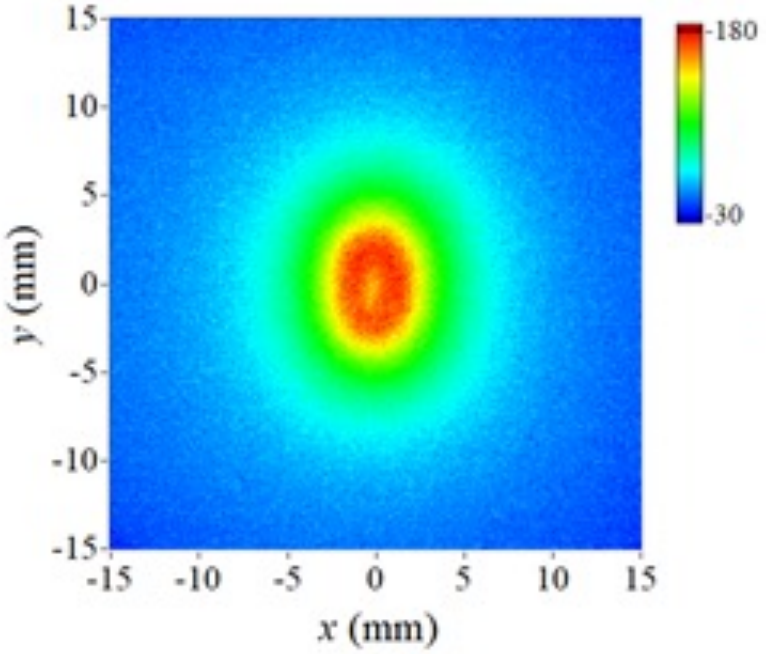
Кремний, T=20 микрон, E=255 МэВ, расходимость ~ 0.1 мрад, Отражающая плоскость (110). Размер пучка и угол разворота плоскости его симметрии точно неизвестны и могут меняться в зависимости от настройки ускорителя, поэтому для контроля методики будут проведены измерения размеров пучка по оптическому переходному излучению



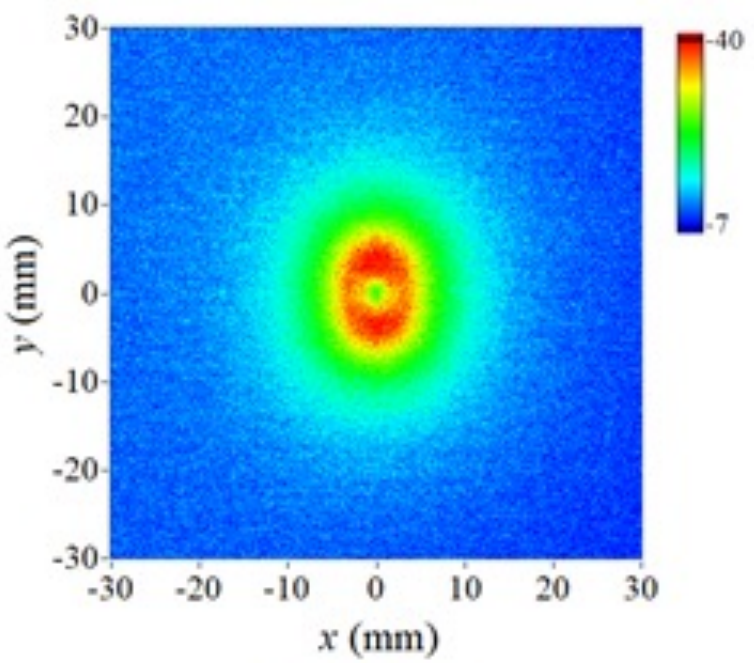
Планируемые расстояния между кристаллом и детектором 0.5 м и 1 м.

Рентгенографическая пластина (IP) типа IPU, Baker Hughes, толщиной 112 микрон
Состав: BaCsIBrF, приведен в работе: A.S.S. Silva, C.S. Gomes, A.S. Machado, J.R. Nascimento, R.S. Santos, D.F. Oliveira, M.J. Dos Anjos, R.T. Lopes, X-Ray Spectrometry 48 (2019) 375. с погрешностью ~ 5-7%
Размер лазерного пятна устройства считывания
35x35 микрон

Регистрируемые двумерные распределения

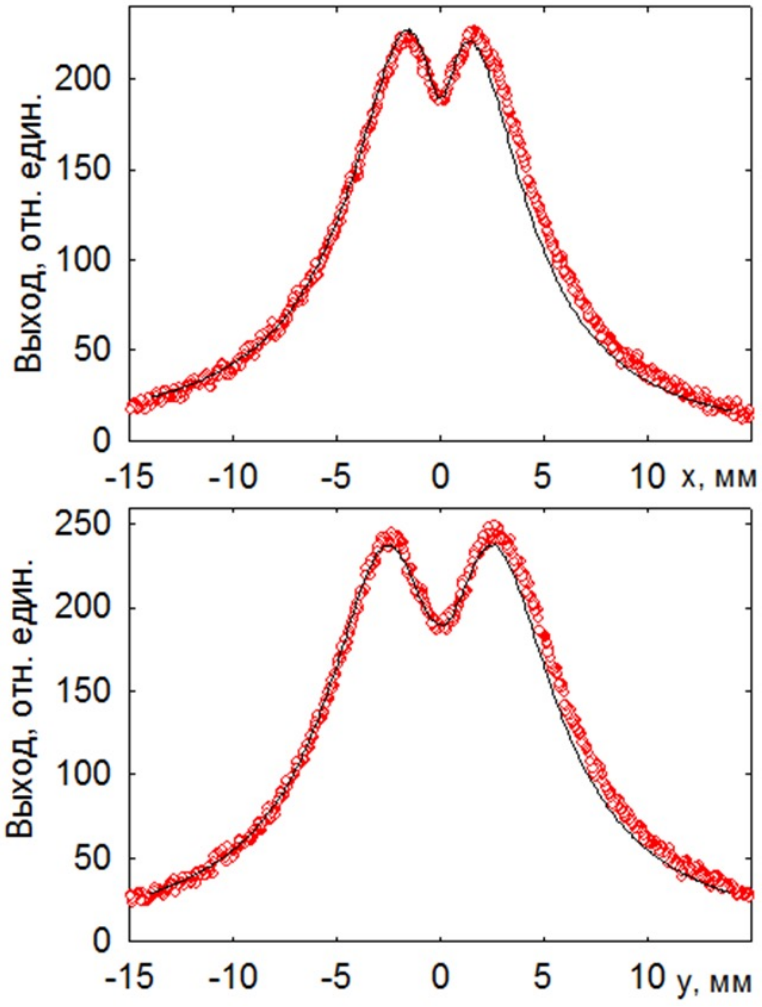


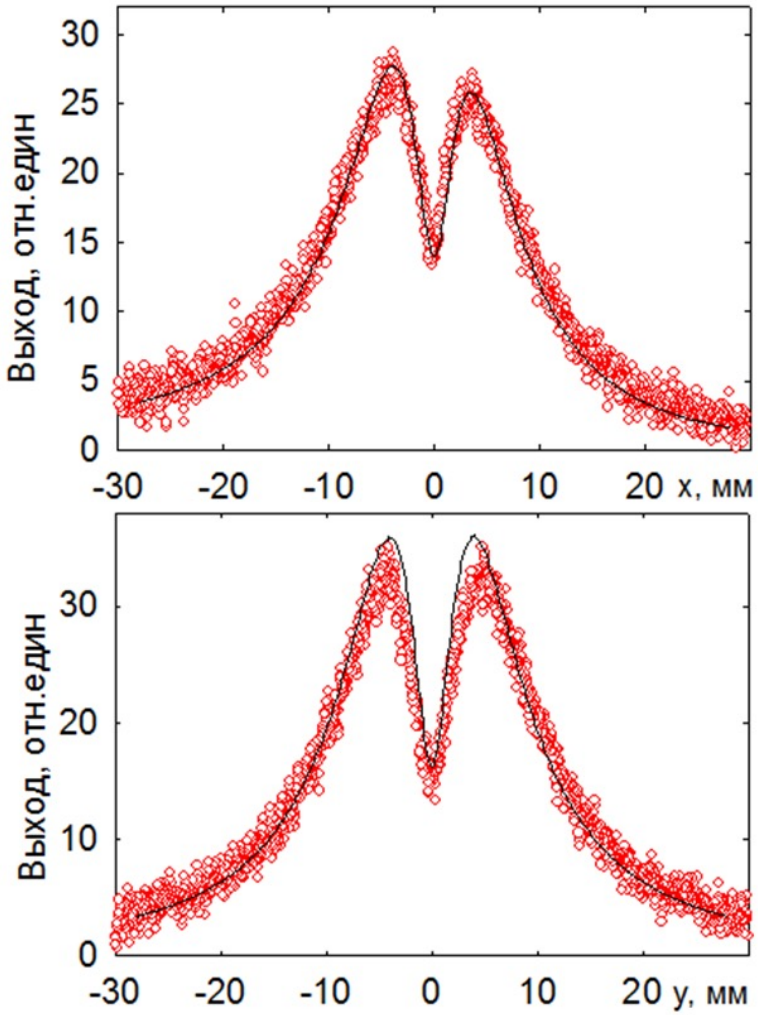
L=0.5 м



L=1 м

Угловые распределения для разных расстояний и плоскости (111)



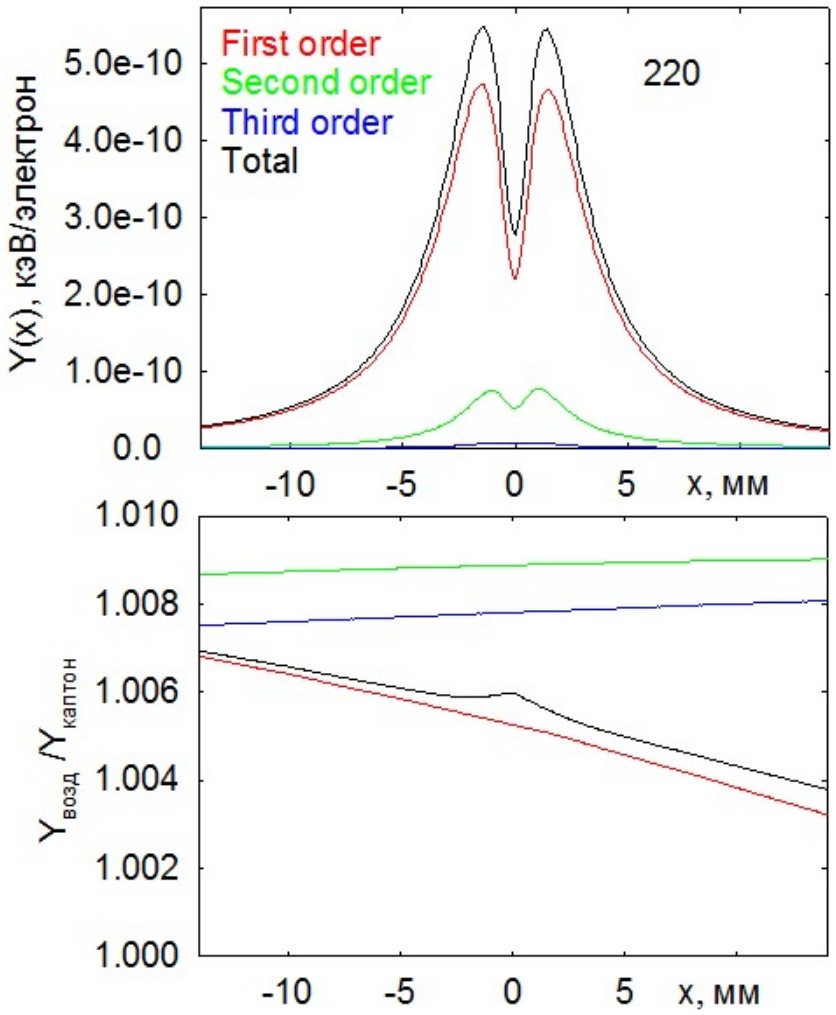


Расстояние 0.5 м

Расстояние 1 м

Основная проблема – поглощение в воздухе для разных расстояний (17 и 67 см)

Компенсация различия в поглощении



Изготовление вакуумного или гелиевого бокса затянет время подготовки и усложнит проведение измерений, поскольку нужно гарантировать постоянство режима работы ускорителя во время проведения измерений. Предполагается поставить каптоновую пленку толщиной 675 микрон. Различие в поглощении слоя воздуха толщиной 50см и такой пленки не превышает долей процента.

Оценка размера пучка по двумерным угловым распределениям

$$Y_R(\theta_{y_i}, \theta_{x_j}) = \iint\limits_{\Delta\Omega(y_i, x_j)} Y_R(\theta'_y, \theta'_x) d\theta'_y d\theta'_x,$$

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}\left(Y_{R_2}(\theta_{y_i}, \theta_{x_j}) - \frac{1}{2\pi\sigma'_x\sigma'_y}\sum_{i'=1}^{n}\sum_{j'=1}^{m} Y_{R_1}(\theta_{y_{i'}}, \theta_{x_{j'}}) \right.$$

$$\left. \exp\left(-\frac{(\theta_{y_i} - \theta_{y_{i'}})^2}{2(\sigma'_y)^2}\right) \exp\left(-\frac{(\theta_{x_j} - \theta_{x_{j'}})^2}{2(\sigma'_x)^2}\right)\right)^2 = Min,$$

$$\sigma' = \sigma / R \qquad \boxed{\widetilde{\sigma}_{y,x} \approx \frac{k \cdot R_2}{\sqrt{k^2 - 1}} \sigma'_{y,x}.}$$

1 - $\sigma_{x,y}/R > 0.1\Theta_{ph}$ 2 - $\Delta_{x,y} > \delta_{x,y}$

Заключение

1) Предварительная проработка методики измерений закончена. Эксперимент, предварительно, будет проведен в июне, июле месяце. Сейчас идет подготовка требуемого программного обеспечения: суммирование и вычитание двумерных распределений, доработка программы фитирования.