

**Поляризационный нейтронный рефлектометр
на новом источнике
холодных и ультрахолодных нейтронов
реактора ВВР-М**

В.Г. Сыромятников

НИЦ КИ - ПИЯФ

**V Школа по физике поляризованных нейтронов
«ФПН-2016»**

14-15 декабря 2017, ПИЯФ НИЦ КИ Гатчина

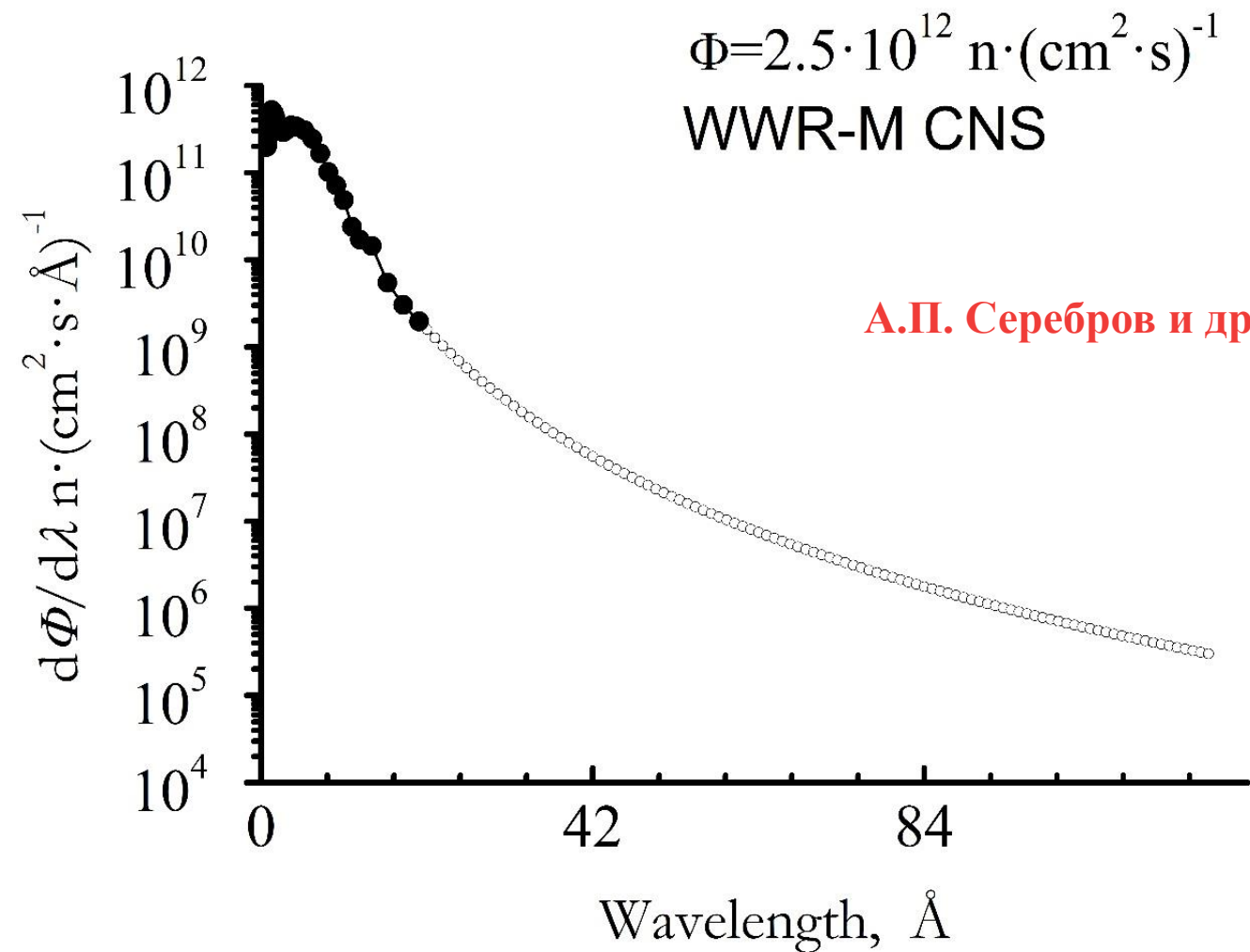


Схема размещения экспериментального оборудования в главном зале реактора ВВР-М

А.П. Серебров и др. Нейтронотводная система ультрахолодных и холодных нейтронов на реакторе ВВР-М. – ЖТФ (2018), в печати.

Главный зал реактор ВВР-М. Сектор пучка № 13. Ноябрь, 2017.



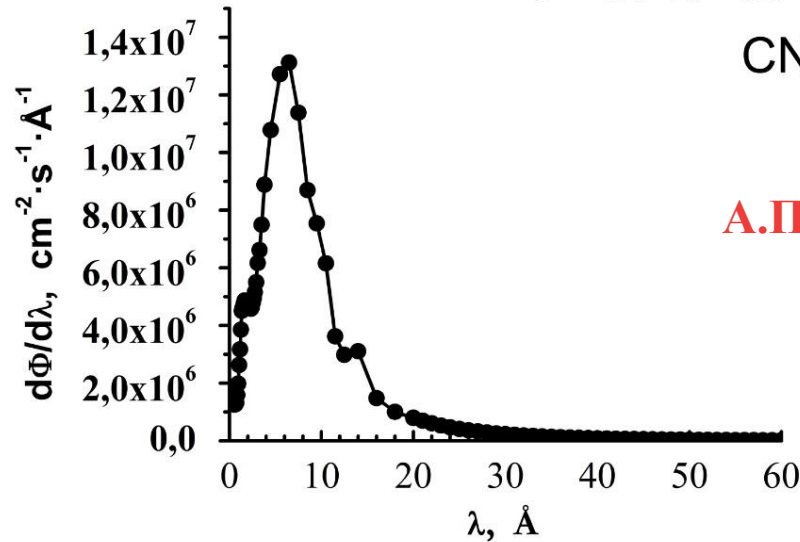


А.П. Серебров и др. – ЖТФ (2018), в печати.

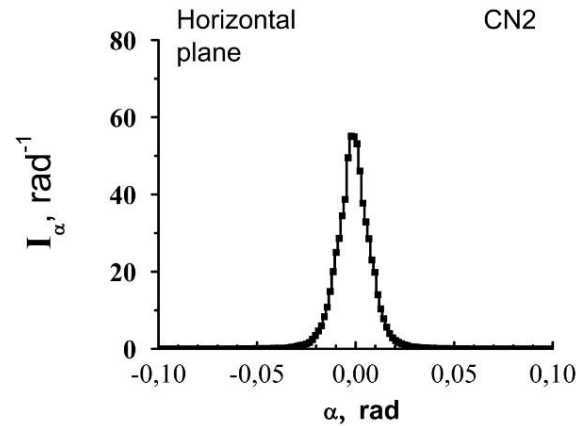
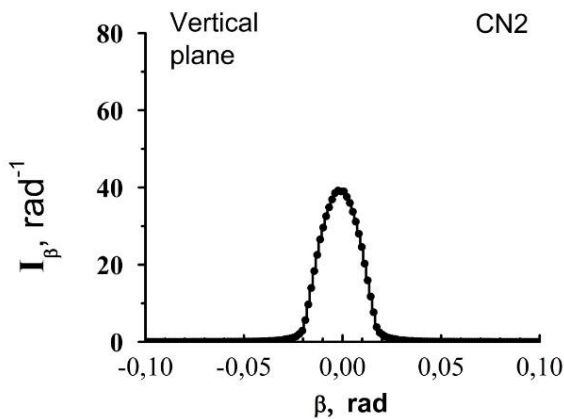
**Плотность нейтронного потока $d\Phi/d\lambda$ на поверхности источника
холодных нейтронов.**

$$\Phi = 1.1 \cdot 10^8 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$$

CN2



А.П. Серебров и др. – ЖТФ (2018), в печати.



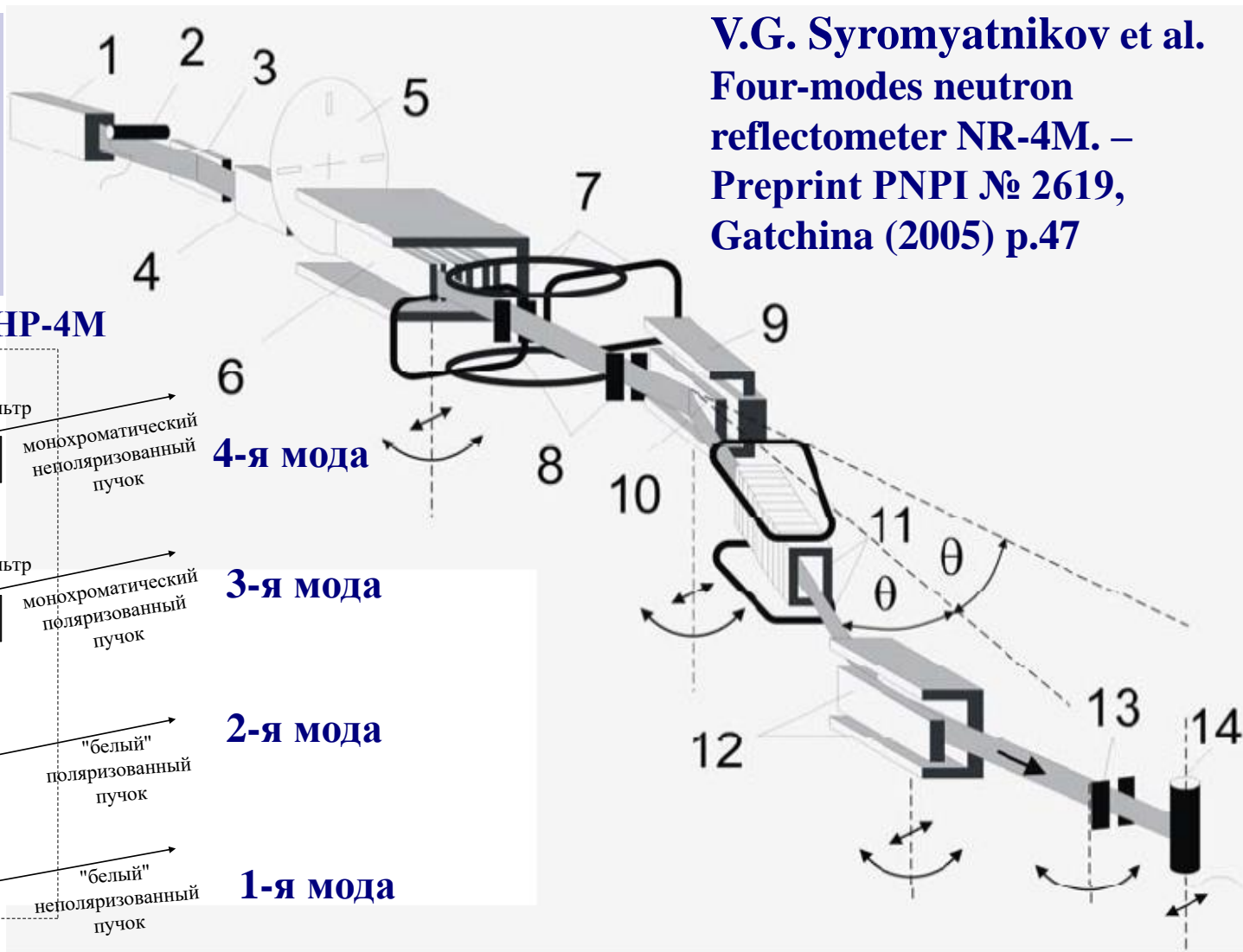
Плотность нейтронного потока $d\Phi/d\lambda$ на выходе прямого нейтронновода CN2 длиной 7500 и сечением $30 \times 200 \text{ mm}^2$, а также угловые распределения интенсивности нейтронов I_α и I_β .

4-х модовый нейтронный рефлектометр

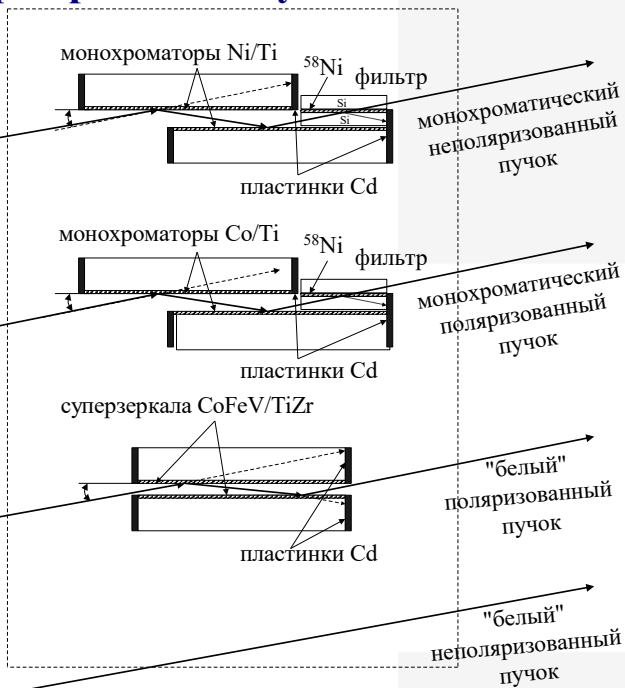
НР-4М с анализом поляризации

- 1-я мода: «белый» неполяризованный пучок
- 2-я мода: «белый» поляризованный пучок
- 3-я мода: монохроматический поляризованный пучок
- 4-я мода: монохроматический неполяризованный пучок

V.G. Syromyatnikov et al.
Four-modes neutron reflectometer NR-4M. –
Preprint PNPI № 2619,
Gatchina (2005) p.47



Формирователь пучка НР-4М



Нейтронный рефлектометр на холодном источнике ВВР-М.

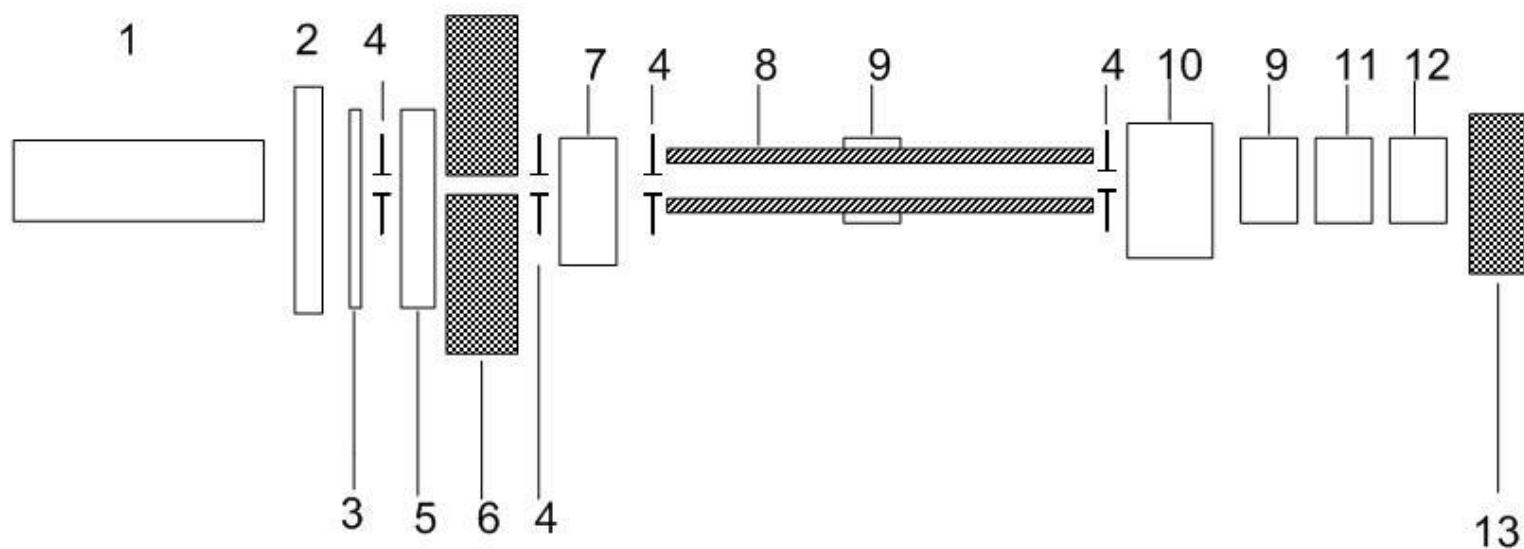
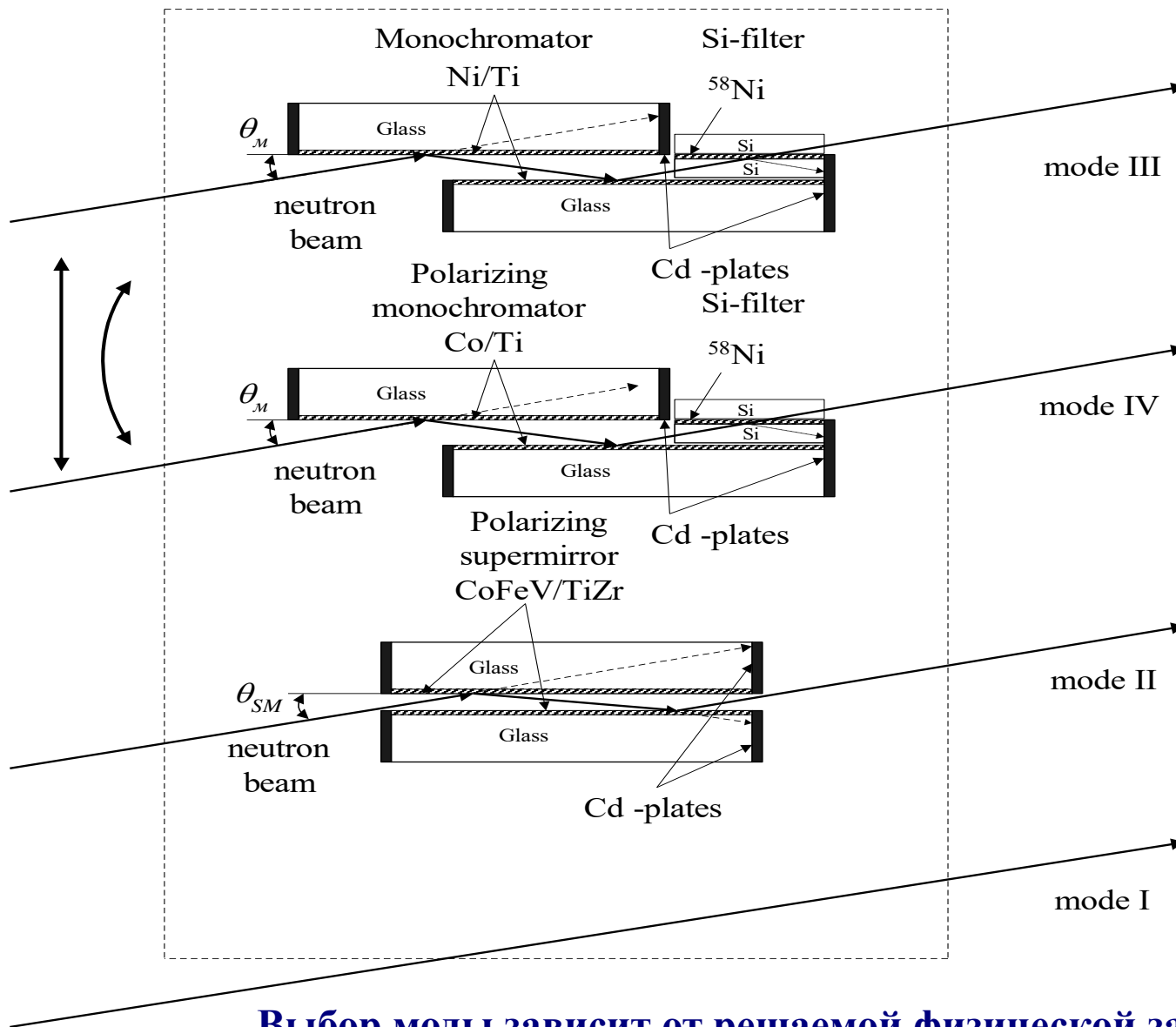
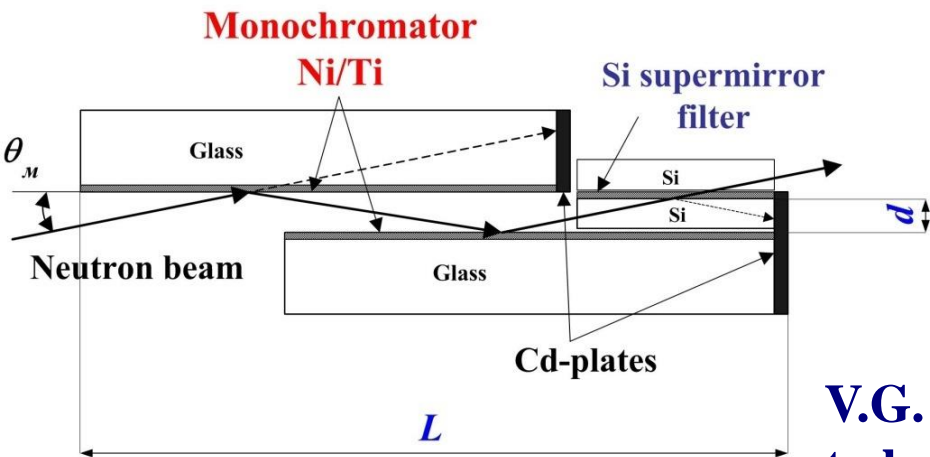


Схема нейтронного рефлектометра. 1- нейтроновод от ИУХН, 2 - шибер, 3 - монитор, 4 - кадмиевые диафрагмы, 5 - прерыватель пучка нового типа (чоппер), 6 - защита (стена), 7 - формирователь пучка, 8 - фокусирующий вакуумируемый NiMo/Ti суперзеркальный ($m = 2.5$) нейтроновод, 9 - спин-флиппер, 10 - узел образца с электромагнитом, 11 - многоканальный веерный CoFe/TiZr суперзеркальный ($m = 2$) анализатор поляризации, 12 - двухкоординатный позиционно-чувствительный детектор, 13 - ловушка пучка.

4-х модовый формирователь пучка нового рефлектометра ВВР-М



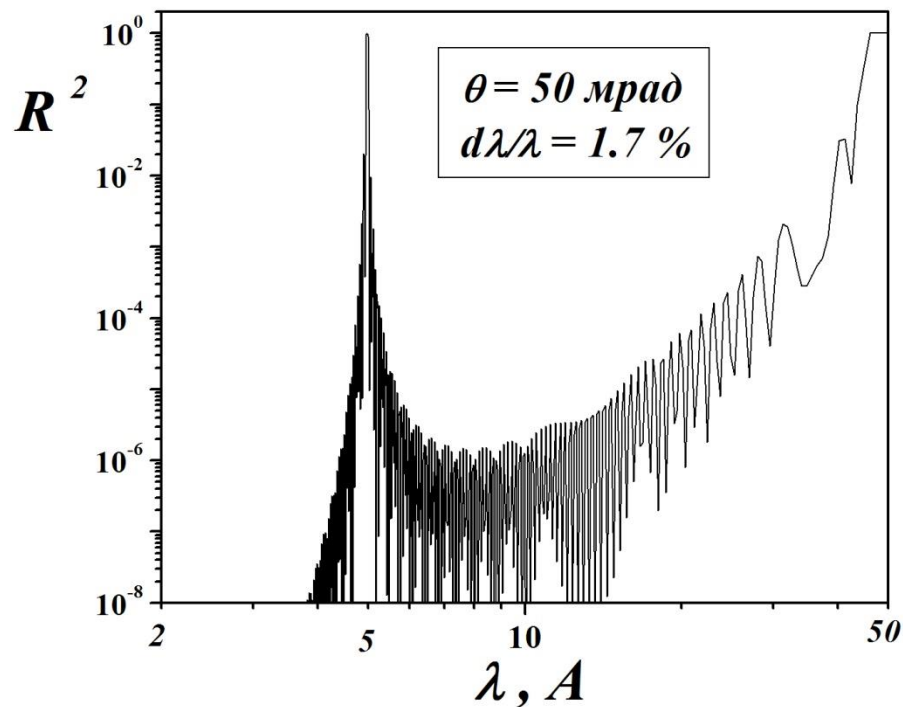
Выбор моды зависит от решаемой физической задачи.

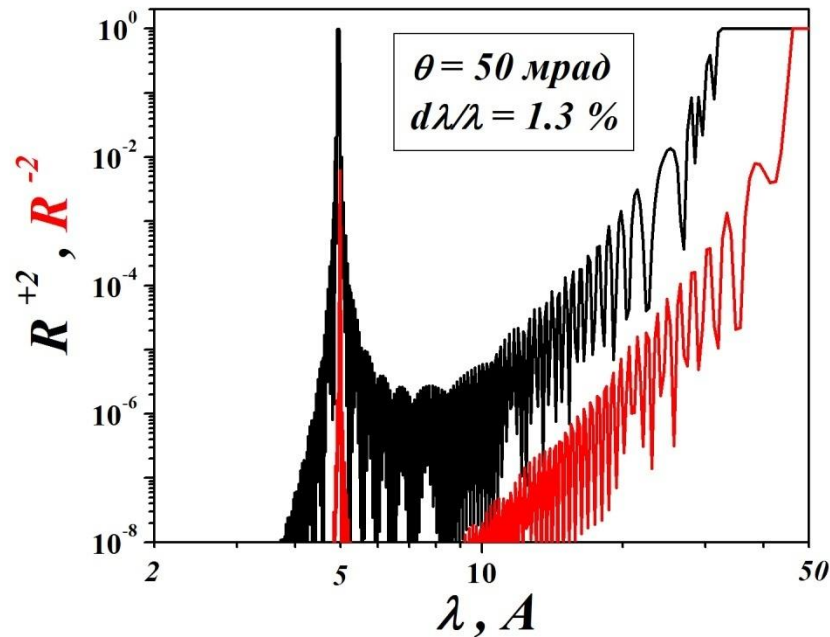


**Двойной неполяризующий
нейтронный многослойный
монокроматор Ni/Ti с периодом
50 Å на стекле**

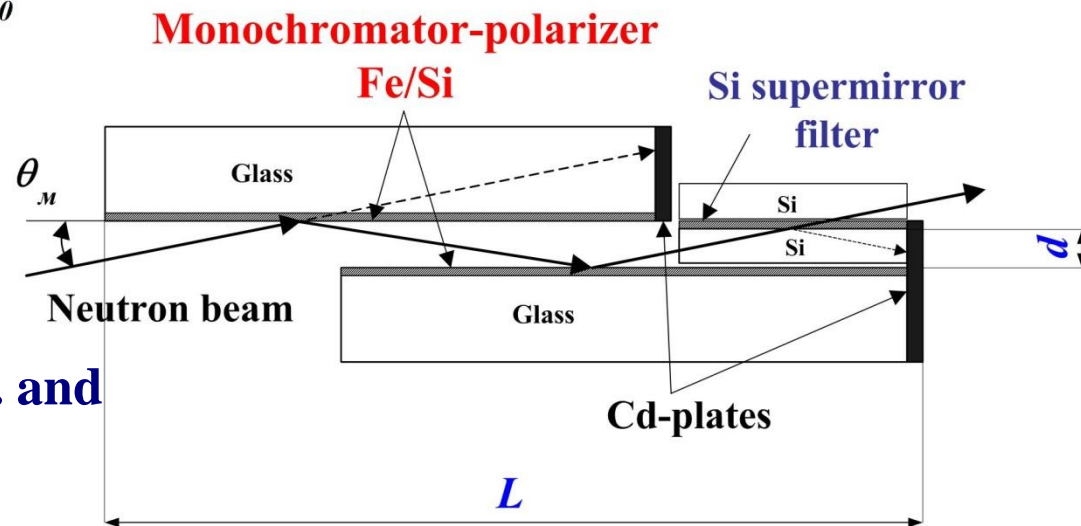
**V.G. Syromyatnikov. Nucl. Instrum. and Meth.
to be published.**

Для $\lambda = 5\text{Å}$: $\theta_m = 50\text{ мрад}$, $d = 2.5\text{ мм}$ $L = 150\text{ мм}$





Двойной нейтронный
монокроматор-поляризатор
Fe/Si с периодом 50 А на
стекле

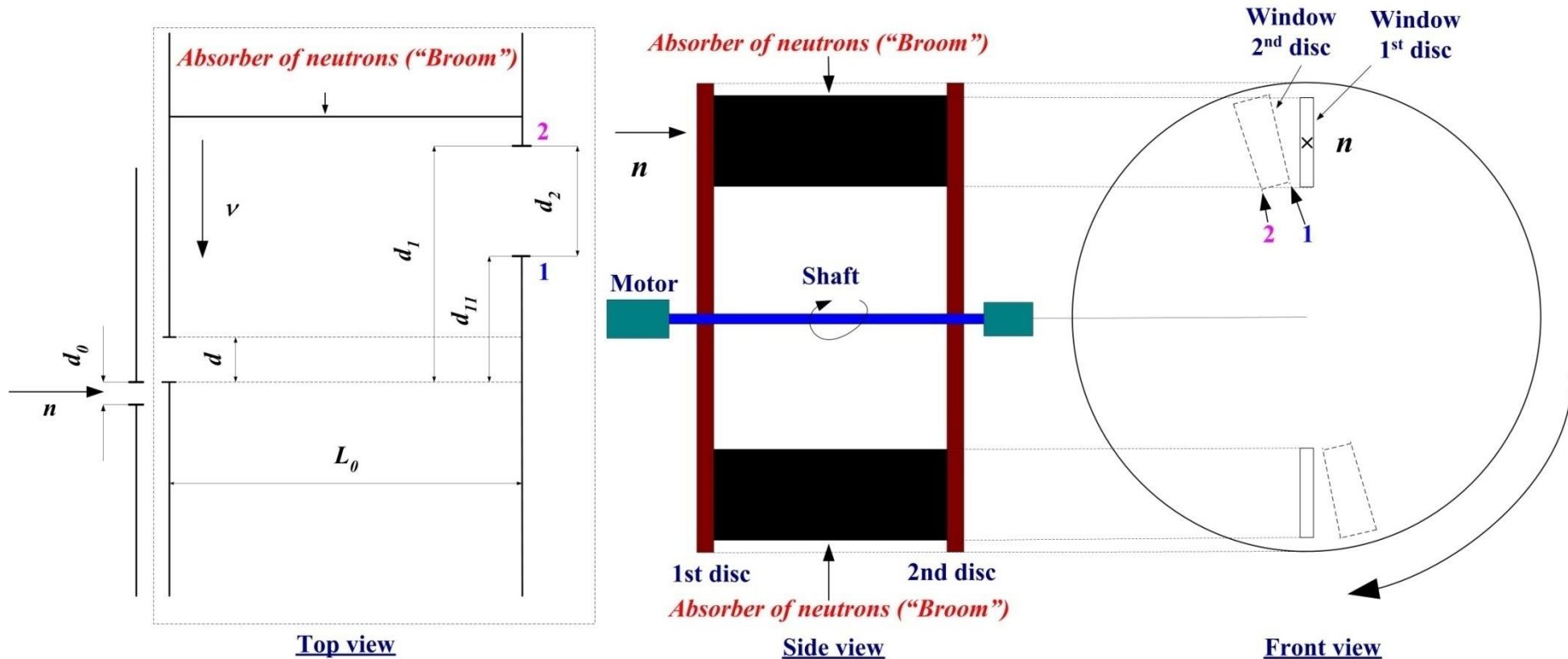


Для $\lambda = 5\text{A}$: $\theta_m = 50 \text{ mrad}$, $d = 2.5 \text{ мм}$ $L = 150 \text{ мм}$

V.G. Syromyatnikov. Nucl. Instrum. and Meth. to be published.

Прерыватель нейтронного пучка нового типа

формирует спектр заданной ширины, устраняет длинноволновый хвост спектра.



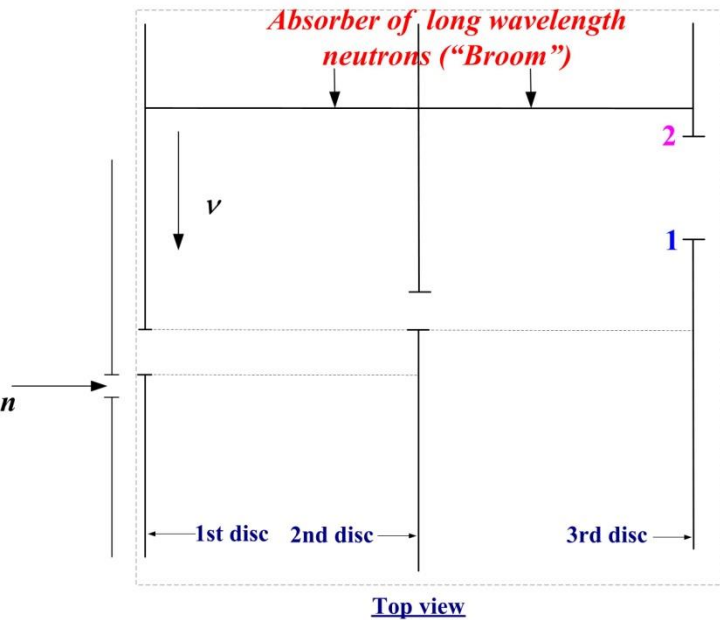
Количество пар окон в дисках чоппера зависит от решаемой физической задачи.

V.G. Syromyatnikov. The Proceedings of International Conference on Neutron Optics (NOP2017) (July, 2017, Japan), in press.

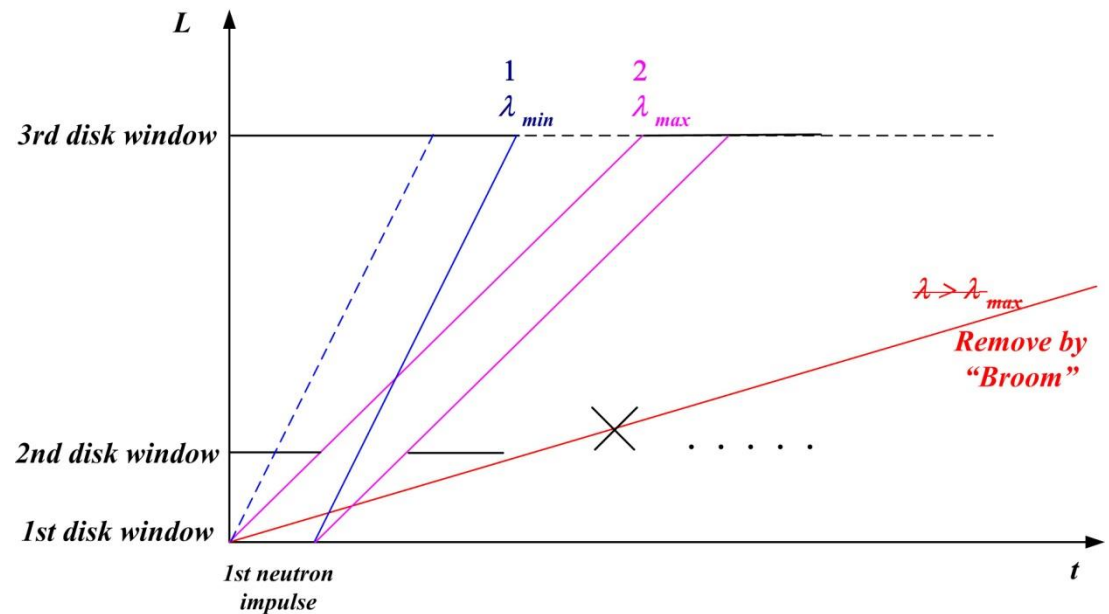
Acknowledgement

The work was supported by the Federal target program of Ministry of Education and Science of Russian Federation (project No. RFMEFI61614X0004).

Прерыватель нейтронного пучка нового типа с постоянным относительным разрешением по длине волны



$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = const$$



$$\frac{\Delta Q}{Q} = \sqrt{\left(\frac{\Delta\lambda}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{\Delta\theta}{\theta}\right)^2} = const$$

$\lambda = (2 \div 8, 8 \div 14, 14 \div 20) \text{ A}$ - 3 спектральных диапазона

t_1, t_2 and t_3 - времена измерений для каждого диапазона
с одинаковой статистикой

$$\gamma = \frac{T_0}{T_{123}} \quad \text{- фактор выигрыша во времени}$$

T_0 и T_{123} - времена измерений полного спектра и трех коротких спектров

$$T_0 = \max(t_1, t_2, t_3) \quad T_{123} = \frac{t_1}{N} + \frac{t_2}{N} + \frac{t_3}{N} \quad N = \frac{n(\Delta\lambda = 6 \text{ A})}{n(\Delta\lambda = 20 \text{ A})}$$

$$t_3 > t_1 \text{ and } t_2 \quad \gamma = \frac{T_0}{T_{123}} = \frac{t_3}{\frac{t_1}{N} + \frac{t_2}{N} + \frac{t_3}{N}} = \frac{N \cdot t_3}{t_1 + t_2 + t_3} = \frac{N}{1 + \frac{t_1 + t_2}{t_3}}$$

$$N = 3$$

If $t_1 = t_2 = t_3 = t$, then $\gamma = 1$

If $t_3 \geq t_1 + t_2$, then $1.5 \leq \gamma < 3$

Основные физические параметры нового 4-х модового рефлектометра ВВР-М:

Диапазон рабочих длин волн	(2 – 20) Å
Плоскость рассеяния	Горизонтальная
Ведущее поле	Вертикальное
Сечение падающего пучка	(0.2 – 5)х(10 – 50) мм²
Диапазон углов скольжения	(0 – 80) мрад
Доступный диапазон по переданному импульсу	(0.005 - 0.5) Å⁻¹
Магнитное поле в зазоре электромагнита (на образце)	(0 – 2000) Э
Поляризующая эффективность суперзеркального поляризатора для диапазона длин волн $\Delta\lambda = 6 \text{ Å}$	> 0.95
Максимальный поток на образце (I-я мода)	$6 \cdot 10^6 \text{ n/cm}^2 \cdot \text{sec}$
Относительное разрешение по длине волны для TOF мод, для монохроматических мод	(0.5– 5)% (1.5 – 2) %



Спасибо за внимание !



Поляризуемое суперзеркало ПИЯФ

CoFe/TiZr $m=2.5$ (195 пар слоев)

на антиотражающем поглощающем TiZrGd подслое (270 нм).

