

# ДИХРОМАТИЧЕСКАЯ ОПТИЧЕСКАЯ СХЕМА КАНАЛА СИ ДЛЯ РАЗНОСТНОЙ АНГИОГРАФИИ

И.Л. Жогин<sup>1</sup>, Б.П. Толочко<sup>1</sup>, Н.Г. Гаврилов<sup>2</sup>, К.В. Золотарев<sup>2</sup>, В.И. Кондратьев<sup>2</sup>

1) *Институт химии твердого тела и механохимии, Новосибирск, Россия*

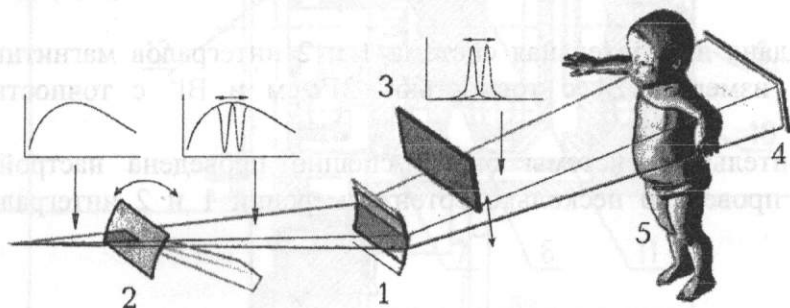
2) *Институт ядерной физики им. Будкера, Новосибирск, Россия*

В обычной оптической схеме эксперимента (обследования), применяемой в разностной ангиографии, используются два пучка рентгеновских фотонов разной энергии (выше и ниже К-края определяемого тяжелого элемента, например йода или гадолиния), которые немного разнесены по пространству и регистрируются разными детекторами [1]. Недостаток этой схемы в том, что фотоны разной энергии проходят сквозь объект (субъект) по двум различным траекториям, и для реальных “толстых” объектов информация в изображении оказывается размытой, перемешанной, т.е. недостаточно отчетливой и информативной.

В данной работе вместо двухпучковой схемы с разделением фотонов разной энергии по пространству предлагается ди- или бихроматическая схема, с разделением фотонов по времени. Основным элементом предлагаемой оптической схемы, представленной на рис. 1, – Лауэ-бихроматор (1). Он состоит из расположенных вплотную друг к другу двух тонких ( $l_1, l_2 \sim 0.6 \text{ nm}$ ) кристаллов, межплоскостные расстояния которых различаются на несколько процентов; так, для Si(111) и SiO<sub>2</sub>(011) различие составляет  $(d_1 - d_2)/(d_1 + d_2) = -6.4 \%$ .

При условии параллельности кристаллических плоскостей (Si–111 и SiO<sub>2</sub>–011) такая пара Лауэ-кристаллов, установленная под нужным углом к пучку “белого” СИ, будет вырезать из спектра две полосы, два участка спектра,  $E_1$  и  $E_2$  – выше и ниже К-края.

Еще одно важное предложение состоит в том, чтобы изогнуть кристаллы бихроматора в меридиональном направлении, с радиусом изгиба 1–1.5 м. Во-первых, это существенно увеличивает ширину полос отражения (кривых качания) кристаллов – до величин, сравнимых с вертикальной расходимостью пучка. Это увеличит поток фотонов на образце и облегчит задачу получения изображений за время, меньшее периода пульса. Во-вторых, вертикальная дефокусировка позволит сформировать на образце прямоугольную область просвечивания и, тем самым, получать сразу двухмерный снимок (без “сканирования объектом”).



**Рис. 1.** Схема канала: 1 – бихроматор; 2 – дифракционный фильтр; 3 – прерыватель пучка; 4 – 2D-детектор; 5 – образец.

Хотя существуют (точечные) детекторы с энергетическим разрешением 3–5%, они дороги, чтобы можно было применить их в двухкоординатном детекторе. Поэтому предлагается разделить фотоны  $E_1$  и  $E_2$  по времени. Для этого вводится дифракционный фильтр (2) – изогнутый, качающийся кристалл Si (или несколько кристаллов); его цель – удалять из белого пучка поочередно фотоны  $E_1$  и  $E_2$ . Быстрый прерыватель пучка (3), синхронизированный с качанием фильтра, открывает пучок в моменты, когда нет перемешивания фотонов, так что детектор (4) регистрирует по очереди фотоны  $E_1$  и  $E_2$ , прошедшие через образец (5).

[1] N.A. Mezentsev et al, Nucl. Instr. and Meth. A 359 (1995) 346.

И.Л. Жогин, Zhogin@inp.nsk.su

Институт химии твердого тела и механохимии, Кутателадзе 18, 630128 Новосибирск, Россия

# ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА 1 И 2 ИНТЕГРАЛОВ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В ОНДУЛЯТОРАХ

Е.И. Антохин, А.М. Батраков, П.Д. Воблый, Н.И. Зубков, Ю.М. Колокольников,  
Е.Г. Мигинская, А.В. Уткин, В.М. Цуканов

*Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск*

В PSI (Paul Sherrer Institute, Виллиген, Швейцария) построен источник синхротронного излучения SLS (Swiss Light Source) на энергию 2.4 ГэВ, периметром 280м, током пучка 0.4 А.

В ИЯФ СО РАН были изготовлены для SLS два квазипериодических эллиптических ондулятора длиной  $L=4.5$ м, периодом 212мм, вертикальным магнитным полем до  $B_v=0.5$  Т и горизонтальным до  $B_h=0.22$  Т. Что бы новые элементы конструкций не вносили изменений в траекторию движения электронов в кольце синхротронного накопителя, ондуляторы должны были удовлетворять следующим требованиям:

а) 1 интеграл поля

$$B_l = \int_0^L B \cdot dl \leq 20 \text{ Гс} \cdot \text{см}$$

б) 2 интеграл поля

$$B_l^2 = \int_0^L \int_0^1 B \cdot dl \leq 2000 \text{ Гс} \cdot \text{см}^2$$

Из-за того, что 1, 2, 3 полюса в начале и в конце ондулятора имеют различную индукцию магнитного поля ( $\frac{1}{4} \cdot B_v$ ,  $\frac{3}{4} \cdot B_v$ ,  $1 \cdot B_v$ ), то при изменении магнитного поля в ондуляторе от 0 до максимума требуется коррекция второго интеграла магнитного поля. Для этого требуется измерять 1 и 2 интегралы магнитного поля в ондуляторах. Обычными измерениями с помощью датчиков Холла этого сделать невозможно, так как их погрешность при измерении 1 интеграла на длине 4.5м будет  $\sim 100 \text{ Гс} \cdot \text{см}$ , а время одного измерения  $\sim 1.5$  часов.

В связи с этим, была создана измерительная система 1 и 2 интегралов магнитных полей (ИС), которая позволяет измерять  $B_l$  с точностью  $< 3 \text{ Гс} \cdot \text{см}$  и  $B_l^2$  с точностью  $< 500 \text{ Гс} \cdot \text{см}^2$  за время  $\sim 15$  секунд.

С помощью этой измерительной системы была успешно проведена настройка ондуляторов, во время которой проведено несколько сотен измерений 1 и 2 интегралов магнитных полей.

Уткин Анатолий Викторович, [A.V.Utkin@inp.nsk.su](mailto:A.V.Utkin@inp.nsk.su)  
ИЯФ им. Будкера СО РАН, пр. Лаврентьева 11, 630090, Новосибирск

# ПРЕЦИЗИОННЫЙ МЕХАНИЗМ ВВОДА ВРАЩЕНИЯ В ВЫСОКИЙ ВАКУУМ

Н.Г. Гаврилов<sup>1</sup>, О.И. Дейчули<sup>1</sup>, М.А. Холопов<sup>1</sup>, О.В. Евдоков<sup>2</sup>,  
И.Л. Жогин<sup>2</sup>, Е.А. Кузьминых<sup>2</sup>, Б.П. Толочко<sup>2</sup>, М.Р. Шарафутдинов<sup>2</sup>

1) *Институт ядерной физики им. Будкера, 630090 Новосибирск, Россия*

2) *Институт химии твердого тела и механохимии*

Конструкция механизма основана на напряженной фрикционной волновой передаче НФВП с тремя волнами деформации и показана на рис.1.

Крутящий момент на редуктор подается от шагового двигателя (поз.1) через муфту (поз.7) на конический поводок (поз.6) и коническую втулку (поз.11); вращается внутреннее кольцо роликового подшипника (поз.4). На внутреннее кольцо подшипника установлены три ролика, через  $120^{\circ}$ , которые деформируют внутреннее кольцо волнового редуктора (поз.2). Внутреннее кольцо (поз.2), деформируясь, опирается на наружное кольцо редуктора (поз.5), и при вращении шагового двигателя наружное кольцо будет поворачиваться относительно внутреннего кольца с требуемой редукцией. Медленное вращение от наружного кольца передается на планшайбу (поз.9). Шаговый двигатель имеет 200 шагов на оборот. Редуктор обеспечивает поворот на 1 шаг шагового двигателя от  $1.2''$  до  $0.4''$ . Редуктор имеет возможность подстройки передаточного отношения конической втулкой (поз.11).

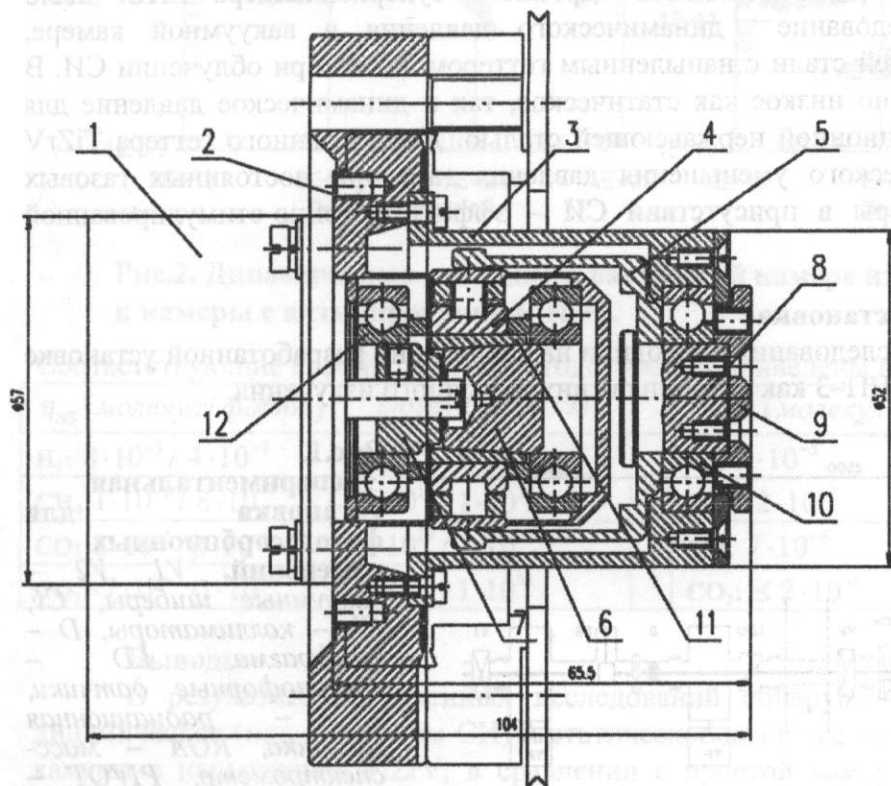


Рис. 1. Конструкция  
прецизионного меха-  
низма ввода вращения  
в высокий вакуум.

Область возможных применений механизма та же, что и для механизмов на основе пьезокерамики, так как по точности они равнозначны. Преимущество данной конструкции в том, что передаваемый момент в десятки раз больше того, что допускает пьезокерамический привод.

Все элементы конструкции выдерживают прогрев при  $300^{\circ}\text{C}$  и могут работать в сверхвысоком вакууме.

Работа выполняется при поддержке РФФИ, грант 00-02-17990.

Н.Г. Гаврилов, Gavrilov@inp.nsk.su

Институт ядерной физики им. Будкера, пр. Лаврентьева 11, 630090 Новосибирск, Россия.



# ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОДЕСОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ВАКУУМНОЙ КАМЕРЫ С НАПЫЛЕННЫМ ГЕТТЕРОМ TiZrV.

В.В. Анашин, Р.В. Достовалов, А.А. Краснов, Н.В. Федоров<sup>1</sup>  
О.Б. Малышев, В.В. Рузинов, I.R. Collins<sup>2</sup>

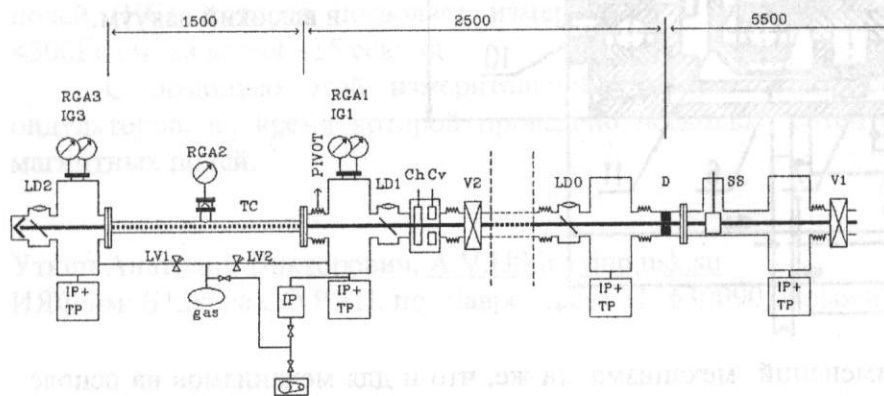
1) Институт ядерной физики им. Будкера СО РАН, Новосибирск  
2) CERN, Switzerland

В современной ускорительной технике одной из задач является обеспечение необходимо низкого уровня давления в вакуумной камере ускорителя. Эта задача, как правило, усложняется из-за малой проводимости вакуумной камеры, а также – что наиболее существенно – за счет фотостимулированной десорбции газа со стенок камеры. Эффективное решение этой проблемы может быть получено в результате использования так называемых неиспаряемых геттерных пленок (НЭГ), наносимых на внутреннюю поверхность вакуумной камеры. Такая процедура превращает внутреннюю поверхность вакуумной камеры из источника газовой выделения в эффективный насос, позволяющий получить низкие давления как в статическом, так и в динамическом случае, т.е. при облучении синхротронным излучением.

В ИЯФ СО РАН был проведен ряд исследований, направленных на изучение вакуумных свойств геттеров системы TiZrV, как вероятного материала для использования в теплой части пучковой камеры строящегося адронного суперколлайдера LHC. Было проведено подробное исследование динамического давления в вакуумной камере, изготовленной из нержавеющей стали с напыленным геттером TiZrV при облучении СИ. В результате обнаружено заметно низкое как статическое, так и динамическое давление для TiZrV по сравнению с традиционной нержавеющей сталью. Для указанного геттера TiZrV обнаружен эффект динамического уменьшения давления газа при постоянных газовых нагрузках с краев тест-камеры в присутствии СИ – эффект фотонно-стимулированной откачки.

## Экспериментальная установка

Экспериментальные исследования проходили на специально разработанной установке (рис.1) на базе накопителя ВЭПП-3 как источника синхротронного излучения.



**Рис.1.** Экспериментальная установка для фотодесорбционных измерений. V1, V2 – вакуумные шиберы, Cv, Ch – коллиматоры, D – диафрагма, LD – люминофорные датчики, SS – радиационная заслонка, RGA – масс-спектрометр, PIVOT – точка поворота, IG – ионизационные лампы, LV1, LV2 – вакуумные клапаны, IP+TP – насосы

Исследуемые вакуумные камеры длиной 1.5 м, с внутренним диаметром 24 мм, изготовлены из нержавеющей стали с нанесением 3-микронного покрытия TiZrV. Датчик центрального масс-спектрометра соединен с камерой через 10-мм отверстие, расположенное таким образом, чтобы минимизировать влияние отраженных фотонов на процесс измерения.

## Эксперименты по измерению коэффициентов фотодесорбции.

Изучение динамики давления в такой вакуумной камере осуществляется методом трех датчиков давления, расположенных в центре и по обоим краям. Такой способ позволяет корректно определять коэффициенты фотодесорбции газов при облучении СИ.

Проводилось измерение коэффициентов фотодесорбции для нержавеющей вакуумных камер и камер, покрытых НЭГом. Также изучалось влияние различных условий активации на процесс газопоглощения геттером. Исследовались сорбирующие и фотодесорбционные свойства геттера при различных газовых нагрузках. Основные результаты представлены на рис. 2.

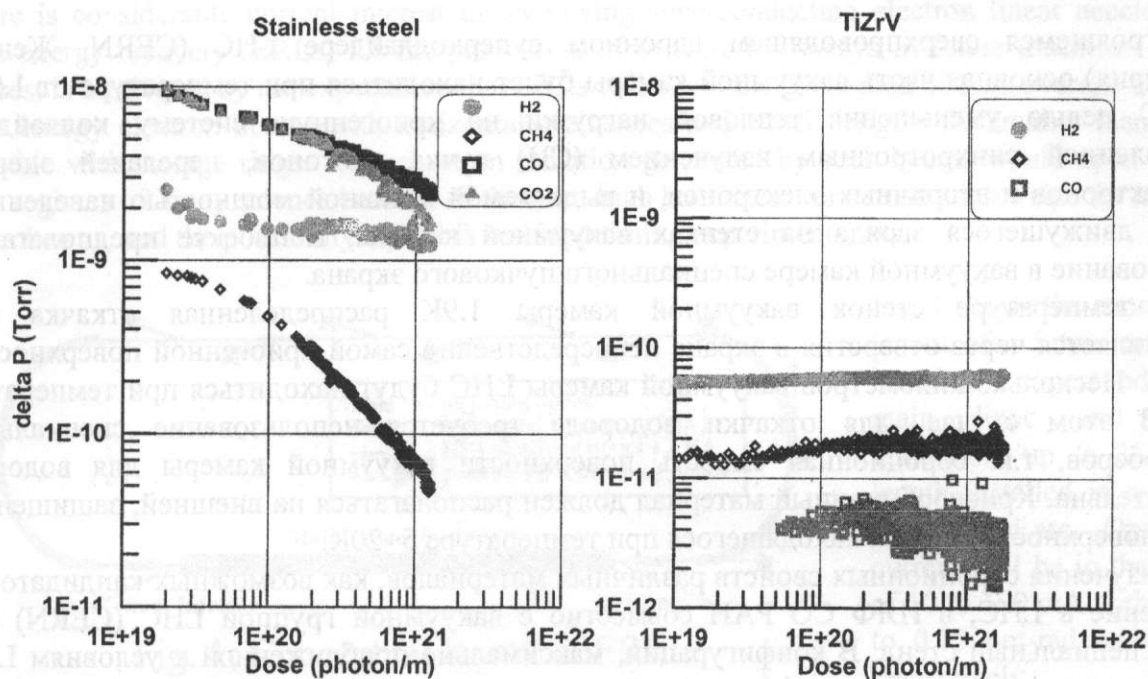


Рис.2. Динамическое давление в вакуумной камере из нержавеющей стали и камеры с активированным НЭГ.

Соответствующие коэффициенты фотодесорбции приведены в следующей таблице:

$\eta_{ss}$ (молекул / фотон)	$Dose$ (фотон / м)	$\eta_{TiZrV}$ (молекул / фотон)	$Dose$ (фотон / м)
$H_2: 8 \cdot 10^{-5} / 4 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{19} / 1 \cdot 10^{21}$	$H_2: 2 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{19} / 1 \cdot 10^{21}$
$CH_4: 1 \cdot 10^{-5} / 8 \cdot 10^{-7}$	$2 \cdot 10^{19} / 1 \cdot 10^{21}$	$CH_4: 2 \cdot 10^{-7}$	$2 \cdot 10^{19} / 1 \cdot 10^{21}$
$CO: 8 \cdot 10^{-5} / 2 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{19} / 1 \cdot 10^{21}$	$CO: 7 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{19} / 1 \cdot 10^{21}$
$CO_2: 7 \cdot 10^{-5} / 1 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{19} / 1 \cdot 10^{21}$	$CO_2: \leq 2 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{19} / 1 \cdot 10^{21}$

### Выводы

В результате проведенных исследований обнаружено существенно более низкое динамическое (под действием СИ) и статическое давление остаточных газов для вакуумной камеры с напылением TiZrV, в сравнении с простой камерой из нержавеющей стали. В процессе облучения геттерной тест-камеры не происходит сколько-нибудь заметного ухудшения сорбирующих свойств покрытия (не наступает насыщение), несмотря на воздействие фотонно-стимулированных газовых потоков в процессе облучения СИ. Также экспериментально обнаружен эффект фотонно-стимулированной откачки – динамическое уменьшение давления в пассивированной геттерной тест-камере при постоянных газовых нагрузках в присутствии СИ.

Федоров Никита Вячеславович, N.V.Fedorov@inp.nsk.su  
ИЯФ им. Будкера СО РАН, пр. Лаврентьева 11, 630090, Новосибирск

# СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КРИОСОРБЕРОВ ДЛЯ ВАКУУМНОЙ КАМЕРЫ LHC.

В.В. Анашин<sup>1</sup>, Р.В. Достовалов<sup>1</sup>, А.А. Краснов<sup>1</sup>, I.R. Collins<sup>2</sup>, О.В. Malyshev<sup>2</sup>.

- 1) *Институт Ядерной Физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск, РФ*  
2) *CERN, Geneva, Switzerland*

В строящемся сверхпроводящем адронном суперколлайдере LHC (CERN, Женева, Швейцария) основная часть вакуумной камеры будет находиться при температуре от 1.9 до 4.5К. С целью уменьшения тепловой нагрузки на криогенную систему коллайдера, обусловленной синхротронным излучением (СИ) пучка протонов, передачей энергии фотоэлектронов и вторичных электронов, и выделяемой активной мощностью наведенного пучком движущегося заряда на стенках вакуумной камеры, в проекте предполагается использование в вакуумной камере специального пучкового экрана.

При температуре стенок вакуумной камеры 1.9К распределенная откачка газа осуществляется через отверстия в экране непосредственно самой криогенной поверхностью камеры. Несколько километров вакуумной камеры LHC будут находиться при температуре 4.5К. В этом случае, для откачки водорода требуется использование специальных криосорберов, т.к. сорбционная емкость поверхности вакуумной камеры для водорода незначительна. Криосорбционный материал должен располагаться на внешней, защищенной от СИ, поверхности экрана, находящегося при температуре 5÷20К.

Для изучения сорбционных свойств различных материалов, как возможных кандидатов на применение в LHC, в ИЯФ СО РАН совместно с вакуумной группой LHC (CERN) был создан специальный стенд. В конфигурации, максимально приближенной к условиям LHC, были проведены измерения эффективной скорости откачки и сорбционной емкости древесного угля (charcoal) при температурах экрана от 11 до 30К. Показано, что для температур 17К и ниже не наблюдается насыщение угля при линейной адсорбционной емкости  $10^{22}$  молекул/м, что соответствует эффективной поверхностной адсорбционной емкости вакуумной камеры  $10^{19}$  молекул/см<sup>2</sup>, и материал по этому параметру подходит для использования в LHC.

**Достовалов Родион Владимирович, [R.V.Dostovalov@inp.nsk.su](mailto:R.V.Dostovalov@inp.nsk.su)**  
ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, пр. Лаврентьева 11, 630090, Новосибирск