

МЕТОД СТОЯЧИХ РЕНТГЕНОВСКИХ ВОЛН НА СТАНЦИИ «ЛЕНГМЮР»

А.В.Рогачев^{1,2,3}, С.Н.Якунин^{1,2}

¹ *Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва, Россия;* ² *Институт кристаллографии РАН, Москва, Россия;* ³ *Московский государственный институт электроники и математики.*

E-mail: A.V.Rogachev@ya.ru

Синхротронная станция «Ленгмюр», расположенная на ускорительно-накопительном комплексе «Сибирь 2», предназначена для исследования органических и биомолекулярных пленок Ленгмюра-Блоджетт [1] на поверхности жидкости с применением методов стоячих рентгеновских волн и рентгеновской рефлектометрии.

Метод стоячих рентгеновских волн обладает высоким пространственным разрешением и селективностью флуоресцентных методов исследования. Эти особенности позволяет изучать состав и пространственную структуру пленочных образцов, что позволяет решать задачи в области фармакологии, биомедицины, микроэлектроники и оптики. Для реализации данного метода требуется очень высокая степень монохроматизации пучка, высокоточные электромеханические системы, а при исследовании образцов на поверхности жидкости, так же, необходима плотность потока не ниже 10^{11} фотонов в секунду, пассивные и активные системы виброизоляции.

Источником излучения служит поворотный магнит с полем 1.7 Тл [2]. Энергетический диапазон доступный для проведения экспериментов находится в пределах от 5 до 40 кэВ. Спектральное разрешение $\Delta\lambda/\lambda = 5 \cdot 10^{-4}$. Расходимость пучка после всех оптических элементов, без использования щелей: вертикальная расходимость пучка составляет $28.2''$, горизонтальная – $190''$. Максимальная плотность потока монохроматизированного излучения на позиции образца составляет $1 \cdot 10^9$ фотон в секунду. Точность углового сканирования по образцу, обусловленная механическими подвижками и режимом работы шаговых двигателей, составляет $0.3''$. На станции используются две ионизационные камеры FMB Oxford IC plus в качестве мониторов интенсивности пучка. Станция оборудована флуоресцентным детектором Vortex-EX SII, рентгеновским точечным сцинтилляционным детектором SCSD-4 и активной системой вибрационной защиты accurion vario 45 [3,4,5].

Система пространственного позиционирования синхротронного пучка является самой сложной частью станции для исследования пленок на поверхности жидкости. На станции «Ленгмюр» она состоит из двух рентгеновских зеркал, заключенных в вакуумный объем. Оба зеркала установлены на торсионных приводах. Первое из зеркал выводит пучок из горизонтального положения. Угловое положение зеркала фиксировано и составляет 90% от критического угла полного внешнего отражения для выбранной энергии излучения. Второе зеркало выполнено с напылением

вольфрама. Оно обладает большим угловым диапазоном, в котором способно эффективно отражать падающее излучение, в сравнении с первым зеркалом. Второе зеркало отклоняет пучок в направлении, обратном первому зеркалу. Угловое положение синхротронного пучка на выходе из блока системы пространственного позиционирования будет равно $2\theta_{\text{Mirror1}} - 2\theta_{\text{Mirror2}}$. В данной схеме весь диапазон рабочих углов для второго зеркала находится за областью его геометрического эффекта, что позволяет не учитывать этот эффект при обработке экспериментальных данных.

Первоначально система отклонения синхротронного пучка станции должна была осуществлять угловое сканирование по образцу за счет перемещением второго зеркала параллельно оси первичного пучка и изменения его углового положения, образец при этом оставался неподвижным[6]. Такая схема сканирования оказалась неработоспособной, вследствие необходимости перемещения на большие расстояния второго зеркала с субмикронными биениями, что поиска новых технологических решений и дополнительных финансовых затрат.

В настоящее время используется схема, позволяющая простым изменением алгоритма работы станции проводить исследования без потери точности измерений. Угловое сканирование по образцу в этой схеме производится за счет изменения углового положения второго зеркала и перемещения по вертикальной оси лэнгмюровской ванны с образцом для сохранения пространственного положения области засветки (Рис. 1). За счет того, что расстояния от второго зеркала до точки засветки образца и от точки засветки до детектора равны, а так же малого значения углов сканирования, детектор в данной схеме остается неподвижным.

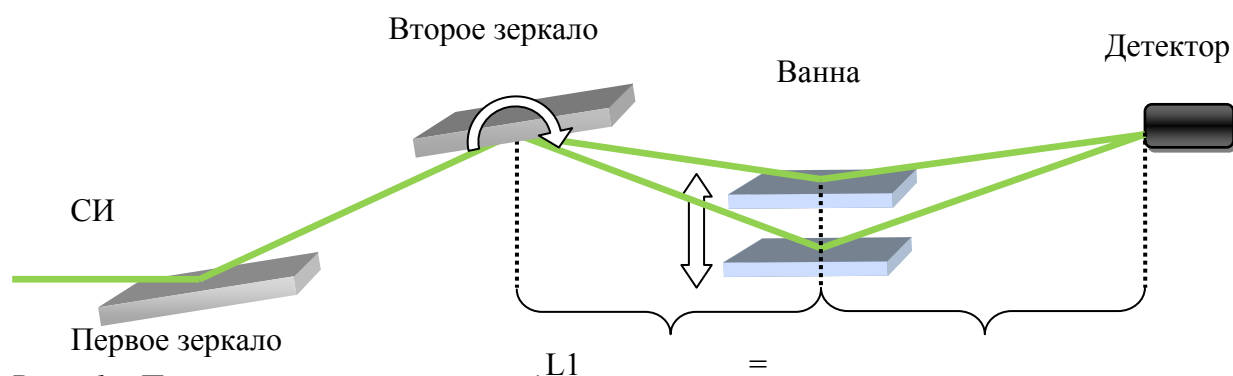


Рис. 1. Принципиальная схема работы системы отклонения пучка на основе рентгеновских зеркал на станции «Ленгмюр».

Предел углового сканирования в данной схеме составляет порядка двух критических углов полного внешнего отражения для поверхности воды. Этого диапазона достаточно для реализации метода стоячих рентгеновских волн при исследовании образцов на поверхности жидкости.

Первыми результатами, полученными с применением данной схемы сканирования по образцу, являются исследования методом стоячих рентгеновских волн мономолекулярных слоев порфирина-фуллереновых диад

ZnDHDбее на поверхности жидкости (Рис. 2). Целью эксперимента было определение пространственной ориентации ZnDHDбее молекулы в сформированном монослое на поверхности жидкости.

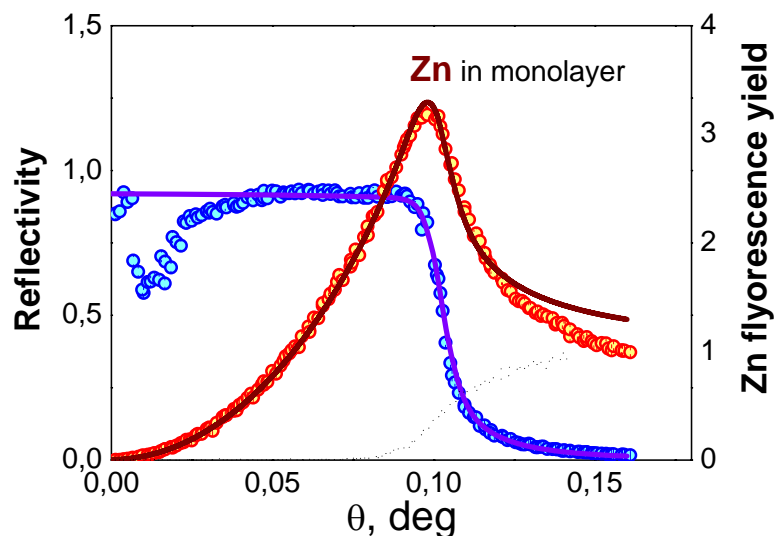


Рис. 2 Экспериментальные результаты полученные методом СРВ в ПВО для порфирин-фуллереновых диад на поверхности жидкости.

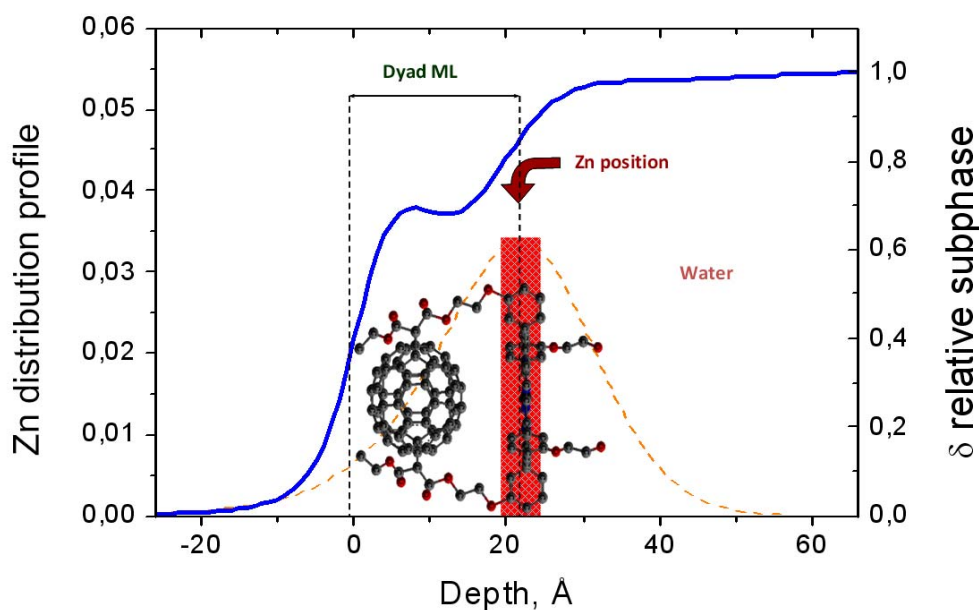


Рис.3 Профиль распределения цинка по глубине в порфирин-фуллереновой пленке.

Пространственная ориентация порфирин-фуллереновых диад в пленке определялась по положению атомов цинка относительно поверхности образца. По результатам исследования было установлено, что преимущественной ориентацией для порфирин-фуллереновых диад является положение, в котором гидрофильная часть обращена к поверхности воды (Рис. 3).

1. I.Langmuir. The mechanism of the surface phenomena of flotation./Transactions of the Faraday Society, №15, 1920 –С.62-74.
2. Курчатовский источник синхротронного излучения/ URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%83%D1%80%D1%87%D0%B0%D1%82%D0>

[%BE%D0%B2%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA_%D1%81%D0%B8%D0%BD%D1%85%D1%80%D0%BE%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%B8%D0%B7%D0%BB%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F](#) , Дата обращение 15.08.2012

3. IC Plus Intensity Monitoring Ionisation Chamber/ [URL:http://www.fmb-oxford.com/product.php?product=7](http://www.fmb-oxford.com/product.php?product=7) , Дата обращения 02.10.12

4. Рентгеновский одноканальный сцинтилляционный детектор SCSD-4/
URL:<http://www.radicon.spb.ru/index.html?scsd.phtml> , Дата обращения 05.10.12

5. Active vibro isolation/ URL: http://www.accurion.com/vario_series , Дата обращение 15.08.2012

6. Проект экспериментальной станции «Ленгмюр» для Курчатовского центра синхротронного излучения./ Е.Ю.Терещенко, В.В.Лидер , С.И.Желудева, В.И.Вологин, Ю.Н.Шилин, В.А.Шишков – М.: издат. Наука. Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования № 7, 2004 г. –С. 15-23