Ученые СПбПУ – участники международного эксперимента на уникальном спектрометре

Современная тенденция к миниатюризации показала, что вещество может иметь совершенно новые свойства, если взять очень маленькую частицу этого вещества. В последнее десятилетие созданы экспериментальные методы, которые позволяют более детально изучать микроскопические свойства вещества. Например, уникальный спектрометр неупругого рассеяния BL43LXU, установленный на крупнейшем в мире источнике синхротронного излучения SPring-8 (Хёго, Япония). О важности первого научного эксперимента на этом приборе, в котором приняла участие исследовательская группа сотрудников кафедры «Физическая электроника» Института физики, нанотехнологий и телекоммуникаций СПбПУ, рассказал заведующий кафедрой, доктор физико-математических наук, профессор А.В. Филимонов.

- **Алексей Владимирович, летом вы вместе с группой ученых вашей кафедры отправились в Японию, чтобы поучаствовать в первом научном эксперименте на спектрометре неупругого рассеяния BL43LXU. С какой целью проводился этот эксперимент?**

- Микроэлектроника и биофизика все дальше углубляются в область очень маленьких пространственных масштабов. Физика наноструктурированных материалов подтверждает, что причина возникновения уникальных свойств многих новых материалов, например очень большая или очень маленькая теплопроводность, лежит на микроуровне. Если мы изучим, из-за чего именно проявляются такие уникальные свойства в материале, то мы этот опыт можем распространить на огромный класс материалов. Так создаются «функциональные материалы» с заранее заданными свойствами Для этой цели нам необходимо исследовать наноструктуру вещества.

Физически важна информация о движении атомов в кристаллах. Именно это движение обуславливает возможность достижения гигантских значений диэлектрического отклика и электромеханической связи. Классическим способом изучения такой атомной динамики является нейтронная спектроскопия, за разработку которой была присуждена Нобелевская премия по физике 1994 года. Однако чтобы получить адекватный результат при помощи нейтронного спектрометра, имеющего ограниченную светосилу, нужно, чтобы объем материала был не менее 1 кубического сантиметра. Создание образцов такого размера часто оказывается просто невозможным.

Поэтому альтернативным вариантом является синхротронный источник. Яркость синхротронного источника примерно на 15 порядков больше, чем у нейтронного, следовательно, объем образца для исследования может быть в миллион раз меньше, чем при использовании нейтронной спектроскопии.

- **В чем уникальность данной установки?**

- Для создания синхротронных источников излучения используются очень сложные технические решения, поэтому такие приборы очень дорогостоящие. Например, для обеспечения необходимой точности измерений, нужно, чтобы температура анализатора поддерживалась с точностью до одной миллионной градуса в течение всего эксперимента. В то время как большинство приборов на синхротронных источниках позволяют исследовать только структуру вещества, спектрометр дает информацию и о динамике решетки исследуемого вещества, а также позволяет проследить ее температурную эволюцию. Спектрометр BL43LXU установлен на крупнейшем в мире источнике синхротронного излучения SPring-8. Для его создания был разработан специальный ондулятор (многополюсный магнит) длиной 15 метров, непосредственно встроенный в накопительное кольцо ускорителя. Этот прибор создавался более восьми лет, и на сегодняшний день является лучшим в своем классе. В частности, по таким параметрам, как светосила и разрешение, это самый чувствительный прибор в мире.

- **Это был японско-российский эксперимент?**

- Нет, в команде экспериментаторов также были специалисты из Франции.

- **Что было объектом исследования?**

- Объектом исследования являлся монокристалл цирконата-титаната свинца с малым содержанием титана. Понимание причины возникновения особых физических свойств цирконата-титаната свинца принципиально важно для разработки большой группы функциональных материалов с управляемыми, заранее заданными свойствами.

- **А какое практическое значение это имеет?**

- Цирконат-титаната свинца – это представитель пьезоэлектриков, то есть веществ, которые изменяют свои размеры при приложении электрического поля. Интерес к цирконату-титаната свинца вызван, прежде всего, важностью его практического применения, возможностями использования в различных областях техники. Область применения пьезоматериалов очень обширна – от источников и детекторов ультразвука в корабельных гидролокаторах и установках медицинской ультразвуковой диагностики до бытовых газовых зажигалок и устройств впрыска топлива в двигателях внутреннего сгорания. Также они нужны для работы атомно-силовых

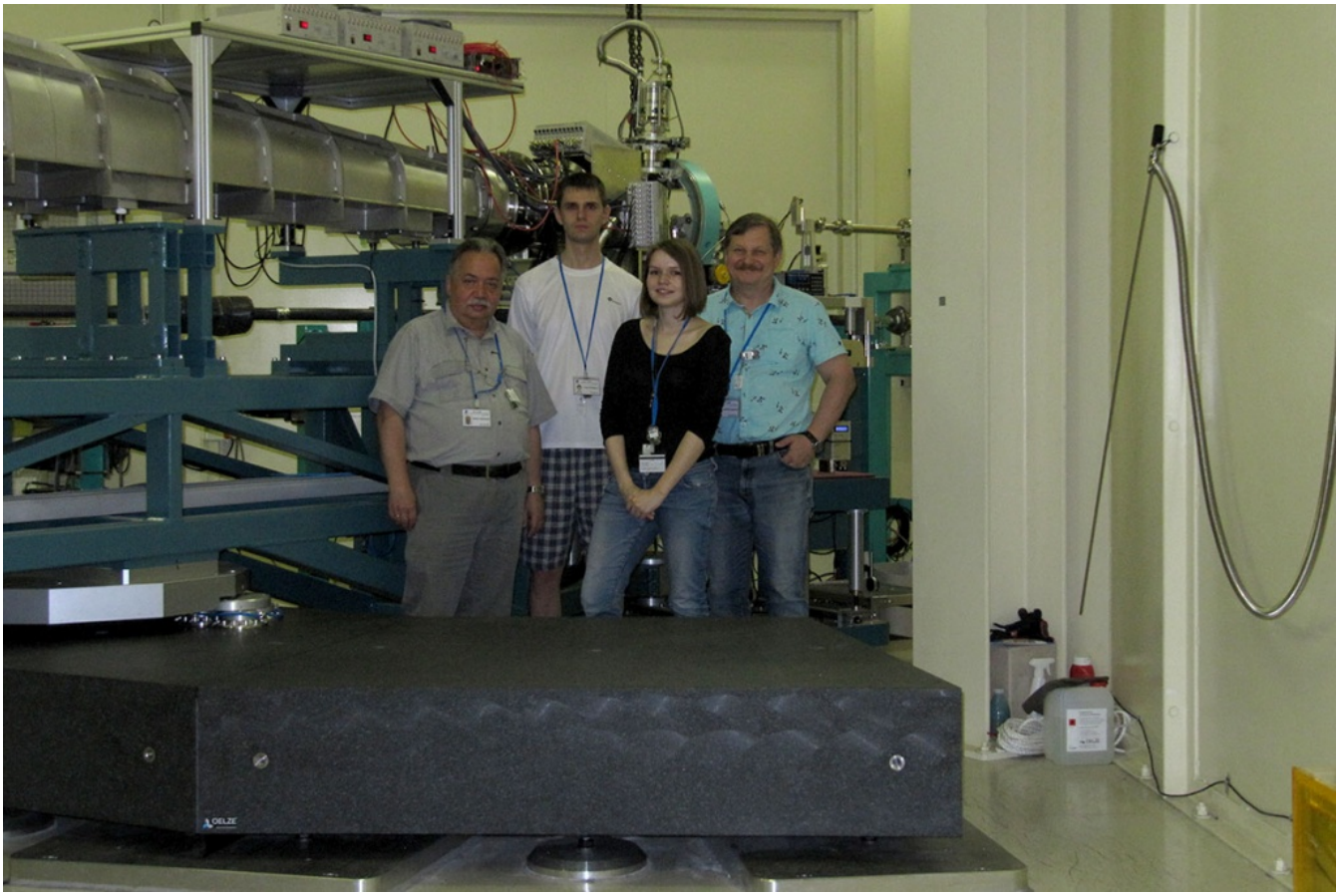
микроскопов, которые используются для анализа атомной структуры поверхности твердого тела, для исследования интерфейсов.

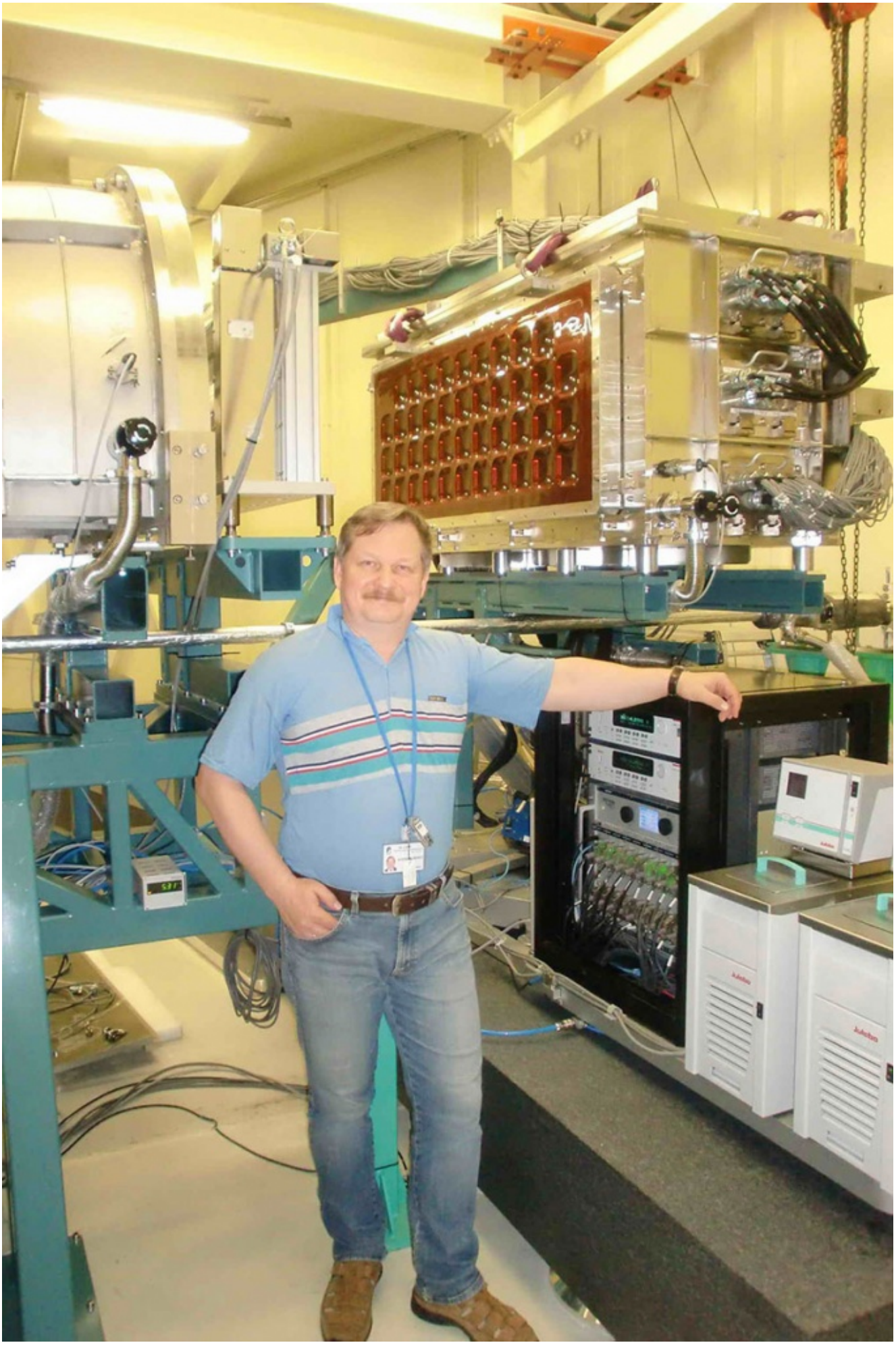
- Расскажите, пожалуйста, в чем суть эксперимента.

- Эксперимент заключался в изучении атомной динамики цирконата-титаната свинца в широком диапазоне температур – от комнатной температуры до 800 градусов Кельвина. В процессе охлаждения кристалл переходит в пьезоэлектрическое состояние, при этом свойства кристалла при комнатной температуре в значительной степени определяются тем, как колеблются атомы в высокотемпературной фазе. Мы изучили атомную динамику этого материала. Это очень трудоемкий процесс, который требует больших временных затрат. Например, исследования только в одном температурном диапазоне идут минимум 20-25 часов. Особенность синхротронного эксперимента в том, что он вообще не останавливается – продолжается 24 часа в сутки.

- А как выглядит этот спектрометр, и каков принцип его работы?

- Это конструкция, напоминающая большую подзорную трубу, которая весит несколько тонн и которая должна перемещаться на доли миллиметра. Это достигается при использовании воздушной подушки. Конструкция находится внутри замкнутого освинцованного помещения, а оператор сидит с наружи и анализирует данные, которые выводятся на экран. Принцип работы заключается в том, что из пучка СИ со средней энергией 20 keV выделяется монохроматическая линия с энергетической шириной меньше, чем в одну десятимиллионную от этой энергии. Изменение энергии монохроматического пучка достигается путем изменения температуры кристалла монохроматора. Точность поддержания этой температуры составляет одну тысячную градуса, при том, что мощность падающего на монохроматор пучка достигает 500 ватт в пятне в доли квадратного миллиметра. Энергия рассеянного излучения анализируется системой из 42 анализаторов, при этом их температура поддерживается постоянной и одинаковой для всех анализаторов также с точностью в 1/1000 градуса.





- Алексей Владимирович, кроме вас и профессора Сергея Борисовича Вахрушева, в эксперименте принимали участие и молодые ученые нашего университета?

- Совершенно верно. Наши аспиранты – Юрий Бронвальд и Дарья Андроникова – также участвовали в этом уникальном эксперименте. Понимаете, в команде экспериментаторов должны быть не только те, кто следят за приборами, меняют образцы и температуру, но и те, кто анализирует результаты и определяют, в правильном ли направлении идет эксперимент, появляются ли новые свойства, нужно ли повышать температуру или, наоборот, понижать ее. Например, наш аспирант Юрий Бронвальд как раз следил за экспериментальной установкой, а Дарья занималась предварительным анализом результатов эксперимента, подсказывала, правильно ли протекает эксперимент. Я очень доволен их работой.

- А что дает молодым ученым участие в подобных проектах?

- Наши аспиранты – выращены из бакалавров и магистров. Они уже не в первый раз ездят с нами на эксперименты, имеют опыт работы на сложном оборудовании. Что им это дает? Ну, во-первых, данные, полученные в ходе этого эксперимента, войдут в их кандидатские диссертации. Во-вторых, научные публикации. Например, Дарья является соавтором ряда статей в научных журналах, в частности в журнале «Nature Communications» (impact factor 11), у Юрия опубликована научная статья в журнале «Physical Review Letters» (impact factor 7,7).

- Алексей Владимирович, а что дальше? Будут еще подобные международные научные эксперименты с вашим участием?

- Такие планы у нас, конечно же, есть. Мы договорились о продолжении сотрудничества с научным руководителем японского спектрометра профессором Альфредом Бароном. Кроме того, на будущий год намечен следующий эксперимент на новейшем источнике синхротронного излучения – лазере на свободных электронах, расположенном в Стэндфордском университете (США), который позволит получить качественно новую информацию о динамике решетки в цирконате-титанате свинца.

- Алексей Владимирович, благодарим вас за интересную беседу и желаем таких же успешных новых экспериментов с вашим участием!

Материал подготовлен Медиа-центром СПбПУ

Дата публикации: 2015.09.14

>>Перейти к новости

>>Перейти ко всем новостям