



Вид снизу на сверхпроводящий магнит с зазором для датчиков (спектрометр ядерно-магнитного резонанса Bruker AVANCE III 400 МГц)

ФОТО: МИХАИЛ ВОЛКОВ

# На ядерном уровне

Автор: **Вера СВИРИДОВА**

Центр диагностики функциональных материалов для медицины, фармакологии и нанoeлектроники СПбГУ оснастили уникальными приборами для исследования структуры и магнитных свойств материалов. Наиболее выдающимся из них является импульсный ЯМР-спектрометр Bruker AVANCE III 400 МГц.

**Н**аучный парк СПбГУ пополнился целым рядом высокотехнологичных приборов, предназначенных для комплексного исследования свойств твердых тел, полимерных и жидкокристаллических материалов. Таким оборудованием оснащен новый аналитический ресурсный центр «Центр диагностики функцио-

нальных материалов для медицины, фармакологии и нанoeлектроники». Сейчас в нем завершаются пусконаладочные работы. Сами ученые среди установленного в Центре оборудования выделяют спектрометр ядерно-магнитного резонанса Bruker AVANCE III 400 МГц.

И хотя он принадлежит к целой серии приборов такого класса, особого внимания

к себе заслуживает благодаря уникальной комплектации. В распоряжении Центра имеются датчики широких линий для работы как при высоких, так и низких температурах, вплоть до 5К (приблизительно -270° по Цельсию), и датчики, позволяющие проводить исследования при вращении под магическим углом (MAS — magic angle spinning) в широком температурном диапазоне с параллельным возбуждением на двух и трех частотах.

«В России ученые Университета давно ждали прибора с такой комплектацией для исследования твердых тел», — рассказал Сергей Витальевич Лебедев, директор Центра диагностики функциональных материалов для медицины,

фармакологии и нанoeлектроники СПбГУ.

## МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

Ядерный магнитный резонанс как метод исследования широко применяется в физике, в химии, в биологии и в медицине. Например, многие из нас сталкивались с ним на своем опыте, проходя исследование внутренних органов при помощи МРТ (магнитно-резонансная томография). В основе этой процедуры как раз и лежит ядерный магнитный резонанс, правда, слово «ядерный» из названия исключили преднамеренно, дабы избежать ассоциаций с облучением и радиацией.

Несмотря на очень широкое распространение ядерного магнитного резонанса как метода исследования, приборов, приспособленных для измерения явлений и процессов в области физики твердого тела в низкотемпературной области, в мире счетное количество.

Один из них — приобретенный СПбГУ Bruker AVANCE III 400 МГц. Ученые уверены, этот прибор поднимет исследования в области физики твердого тела на гораздо более высокий уровень. У университетских специалистов-твердотельщиков ЯМР всегда был традиционным методом исследования. Однако, имея хорошую теоретическую базу, ученые не могли проводить исследования на передовом, современном уровне из-за нехватки соответствующего оборудования. Им приходилось ездить за границу для проведения измерений. Теперь появилась возможность проводить их в Университете и вывести подготовку студентов и аспирантов в области физики твердого тела на современный уровень.

## КАК ЭТО ПРОИСХОДИТ

Метод ядерного магнитного резонанса основан на взаимодействии внешнего магнитного поля с ядрами атомов, обладающих магнитными моментами. «При помещении ядра во внешнее постоянное магнитное поле происходит расщепление

энергии на несколько подуровней. В частотных единицах это расщепление соответствует диапазону от десятков до сотен МГц (мегагерц). Приложение резонансных магнитных полей вызывает переходы ядер между уровнями, которые сопровождаются поглощением энергии внешнего источника переменного поля. Это и составляет сущность явления ядерного магнитного резонанса, — объясняет Елена Владимировна Чарная. — Резонансное поглощение происходит только на частотах, соответствующих расстоянию между энергетическими уровнями. Отсюда и название — «резонанс». Ядерный — потому что связан с системой ядер. А магнитный — из-за того, что все явления связаны с приложением внешнего постоянного сильного поля, которое в современных спектрометрах создается сверхпроводящим магнитом, и значительно меньших по интенсивности переменных магнитных полей».

## ВСЕ ДЕЛО В ДАТЧИКАХ

Датчики, установленные на Bruker AVANCE III 400 МГц, охватывают практически весь диапазон ядер, который может исследоваться методом ядерного магнитного резонанса. «Это дает возможность исследовать очень сложные явления. Например, такие как влияние размерных эффектов на различные физические и технологические параметры материалов, — пояснила Елена Владимировна Чарная. — К ним в том числе относятся наноструктурированные металлы, которые широко используются в процессах приготовления всевозможных схем микроэлектроники, информационной техники и так далее. Поскольку важным является как раз уменьшение размеров этих элементов, то и поведение наноструктурированных материалов представляет собой большой интерес».

Что касается датчика MAS, то он позволяет повысить разрешающую способность метода ЯМР. Образец помещается



**Елена Владимировна ЧАРНАЯ**, профессор СПбГУ (кафедра физики твердого тела), заведующая лабораторией квантовой акустики и ультразвуковой спектроскопии СПбГУ



**Сергей Витальевич ЛЕБЕДЕВ**, директор Центра диагностики функциональных материалов для медицины, фармакологии и нанoeлектроники СПбГУ

в специальный ротор, который вращается с очень большой точностью внутри спектрометра под определенным углом. Это позволяет на порядки снизить ширины резонансных линий и соответственно повысить разрешающую способность в плане исследования фазовых переходов, структурных особенностей, размерных эффектов и так далее.

Благодаря низкотемпературным датчикам такой спектрометр, как Bruker AVANCE III TM 400 МГ, дает возможность исследовать сверхпроводники, причем как высокотемпературные, так и традиционные.

#### КАСАЕТСЯ КАЖДОГО

Тематика исследований, проводимых на Bruker AVANCE III TM 400 МГ, имеет фундаментальную направленность. Результатами эффективности использования этого спектрометра не является разработка или применение какого-то конкретного материала в конкретном устройстве. Ученых СПбГУ интересуют глобальные физические задачи.

Но результаты фундаментальных исследований в перспективе ложатся в основу конкретных практических разработок. Так, например, каждый из нас носит в кармане гаджет с жидкокристаллическим экраном. Несмотря на то, что такие экраны давно и повсеместно применяют в самых различных устройствах,

ученые пока далеко не всё знают о поведении жидкокристаллических материалов. Особенно в той части, которая касается их использования в очень маленьких ячейках. И тут на помощь ученым может прийти ЯМР-спектрометр. На этом приборе можно исследовать особенности поведения микро- и наноструктурированных жидкокристаллических материалов. Этот вопрос сейчас широко изучается именно в прикладном плане. Дело

в том, что четкость изображения может быть лимитирована определенными размерами для определенных материалов, а может быть и не ограничена. Поэтому исследователи во всем мире сегодня выясняют, какие материалы пригодны для минимизации, а какие — нет.

#### ВАЖНЫЙ ПРИБОР

На сегодняшний день ЯМР является одним из самых информативных методов исследования строения высокомолекулярных соединений. Поэтому ЯМР-спектрометр — это действительно важнейшее оборудование из того, которое сейчас существует в распоряжении ученых. Доказательством служит тот факт, что ни одна научная или промышленная лаборатория, ни один крупный университет не обходятся без ЯМР-спектрометров и, как правило, имеют на вооружении сразу несколько таких приборов.

И хотя Bruker AVANCE III TM 400 МГ направлен на решение задач в области твердых тел, сказать, что это прибор только для физиков или химиков, нельзя. «Важно не кто приносит образец для проведения исследования, а какой он, — говорит Сергей Витальевич Лебедев. — Нанокompозитные материалы, например, могут использоваться как в химии, так и в биологии, медицине, фармакологии. Потенциально загрузка этого спектрометра будет высокой».

#### КРАТКО:

Благодаря высочайшей чувствительности ядерно-магнитного резонанса ЯМР-спектрометр позволяет идентифицировать вещества со стопроцентной точностью. Полный объем задач, которые способен решать ЯМР-спектрометр, зависит от его конструктивных особенностей и эксплуатационных характеристик (чувствительности датчиков, разрешающей способности приемника, опциональной комплектации многодиапазонными усилителями, степени автоматизации и т. д.), а также от возможностей программного обеспечения.