

НАУЧНАЯ СЕССИЯ ОТДЕЛЕНИЯ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ И АСТРОНОМИИ И ОТДЕЛЕНИЯ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ АКАДЕМИИ НАУК СССР

(23—24 апреля 1986 г.)

23 и 24 апреля 1986 г. в Институте физических проблем им. С. И. Вавилова АН СССР состоялась совместная научная сессия Отделения общей физики и астрономии и Отделения ядерной физики АН СССР. На сессии были заслушаны доклады:

23 апреля

1. И. В. Александров, А. Ф. Гончаров, А. Н. Зисман, И. Н. Макаренко, С. М. Стишов. Исследования щелочно-галогидных кристаллов и благородных газов при сверхвысоких давлениях (управления состояния, фазовые переходы, металлизация).

2. И. Т. Белаш, В. Ф. Дегтярева, Е. Г. Понятовский. Новые фазы типа Юм-Розери — сверхпроводники, полученные при высоких давлениях.

3. В. В. Бражкин, В. И. Ларчев, С. В. Попова, Г. Г. Скромная. Металлические стекла и аморфные полупроводники, полученные закалкой из расплава при высоком давлении.

4. В. Е. Антонов, И. Т. Белаш, Е. Г. Понятовский. Гидриды: исследования при высоких давлениях водорода.

24 апреля

5. В. Н. Гаврин, Е. А. Гаврюсева, Г. Т. Зацепин. Современное состояние и перспективы нейтринной астрономии Солнца.

6. А. А. Рузмайкин. Магнитные поля на Солнце.

7. М. Б. Волошин, М. И. Высоцкий, Л. Б. Окунь. Возможные электромагнитные свойства нейтрино и вариации потока солнечных нейтрино.

Краткое содержание пяти докладов публикуется ниже.

В. Е. Антонов, И. Т. Белаш, Е. Г. Понятовский. Гидриды: и следования при высоких давлениях водорода. Изучение фаз высокого давления в системах металл—водород началось в Институте физики твердого тела АН СССР с середины 70-х годов после изобретения достаточно простого и эффективного способа сжатия газообразного водорода до высоких давлений¹. Применение способа¹ сделало возможным достижение рекордных давлений водорода до 90 кбар (наивысшее зарубежное достижение составляет 30 кбар), что, в частности, позволило получать и исследовать гидриды всех 3d-металлов и всех 4d-металлов за исключением рутения, а также гидриды различных сплавов на основе этих металлов.

Металлы 3d-ряда и их сплавы обладают магнитным порядком, и возможность насыщать эти металлы водородом до высоких концентраций открыла, в свою очередь, возможность изучить влияние водорода на магнитное упорядочение в d-металлах. Для начала нам пришлось пережить довольно длительный этап накопления первичной экспериментальной информации о составе, кристаллической структуре и магнитных свойствах гидридов, образующихся при высоких давлениях водорода на базе различных 3d-металлов и их сплавов. По завершении этого этапа выяснилось два существенных момента. Во-первых, что гидриды образуются на основе лишь двух возможных плотнейших упаковок атомов металла — г. ц. к. или г. п. у. И, во-вторых, что в зависимости от типа гидрируемого магнетика влияние водорода на его магнитные свойства может быть самым разнообразным. Например, антиферро- и парамагнетики могут превращаться в ферромагнетики, спонтанная намагниченность ферромагнетиков может расти, а точки Кюри понижаться и наоборот, обе эти величины могут понижаться, повышаться или изменяться немонотонно и т. д.

Но, пожалуй, самое интересное заключалось в том, что все многообразие эффектов оказалось возможным последовательно объяснить и описать при единственном допущении: основной причиной изменения магнитных свойств изученных металлов и сплавов при гидрировании является увеличение степени заполнения электронами их d-зоны, причем водород следует считать донором дробного числа электронов $\eta < 1$ эл./атом H. Отметим, что представление о водороде как доноре дробного числа электронов в d-зону металла-растворителя согласуется с результатами расчетов зонных структур гидридов никеля и палладия, выполненных другими авторами.

Изучение влияния водорода позволило также уточнить и причины некоторых особенностей у концентрационных зависимостей магнитных свойств сплавов 3d-металлов без водорода, и на настоящий момент достигнуто следующее положение: если задан состав сплава (пусть многокомпонентного) на базе железа, кобальта или никеля, то можно а priori сказать, какими магнитными свойствами он будет обладать в ГЦК и ГПУ модификациях, и как на эти свойства будет влиять внедренный водород².

Что касается свойств гидридов 4d-металлов и их сплавов, то здесь наибольший интерес представляет изучение сверхпроводимости. Мы начали исследования гидридов сплавов палладия с Cu, Ag и Au, так как ранее имплантацией водорода в эти сверхпроводящие сплавы были получены образцы с температурой T_c сверхпроводящего перехода до ≈ 17 К (см. ³), а теоретические оценки значений T_c для гидридов Pd — Ag — H дали вели-

чины до $\approx 50 \text{ K}^4$. Наши измерения на полученных при высоких давлениях водорода массивных гомогенных образцах гидридов, однако, показали, что подобные эффекты в системах Pd-благородный металл-H не наблюдаются, и, следовательно, высокие значения T_c у гидридов с имплантированным водородом были обусловлены специфическими особенностями образцов, полученных именно этим методом.

Такой результат заставил критически проанализировать имеющиеся сведения о сверхпроводимости гидридов d-металлов, и оказалось, что ситуация не намного отличается от той, которая существовала на начальной стадии изучения магнитных свойств гидридов 3d-металлов: корректные данные для массивных однофазных образцов по сути ограничиваются тем, что довольно подробно исследованы сверхпроводящие свойства гидридов Pd, а у гидридов Ti, Zr, Hf, V, Nb и Ta сверхпроводимости не обнаружено, и что теории или хотя бы эмпирические рецепты для дальнейшего поиска сверхпроводящих гидридов отсутствуют.

Чтобы оценить, какую роль в изменении T_c при гидрировании может играть изменение степени заполнения электронами зоны проводимости металла—растворителя, мы изучили влияние водорода на T_c удобных для этой цели ОЦК сплавов Nb—Ti и для всех изученных сплавов обнаружили резкое ($\approx 15 \text{ K/атом H}$) падение T_c . Такой эффект не может быть объяснен изменением электронной концентрации сплавов и с необходимостью должен быть отнесен за счет изменения их фононного спектра. Отсюда вытекает, что в случае растворов водорода на предсказания модели жесткой зоны, удовлетворительно описывающей концентрационные зависимости T_c у сплавов d-металлов без водорода, вряд ли следует полагаться, и для целенаправленного поиска новых сверхпроводящих гидридов нужно искать другие ориентиры.

В качестве такого ориентира мы воспользовались литературными данными о том, что насыщение водородом сплавов ниобия с Ru, Rh и Pd может приводить к повышению T_c образцов (см.³), выбрали для изучения систему Nb—Ru—H и два ее близких аналога, V—Ru—H и Ta—Ru—H, и среди фаз, образующихся в этих системах при высоких давлениях, обнаружили гидриды со значениями T_c от ~ 3 до $\sim 5 \text{ K}$, в то время как исходные сплавы без водорода обладали $T_c \ll 2 \text{ K}$. Полученный результат вселяет надежду, что если подтвердятся данные о наличии сверхпроводящих гидридов также в системах Nb—Rh—H и Nb—Pd—H, и, как в случае Nb—Ru—H, сверхпроводящие гидриды обнаружатся и в системах-аналогах, то в ближайшее время удастся получить и исследовать целую новую группу разнообразных гидридов-сверхпроводников, начав таким образом создание минимально необходимого экспериментального базиса для последующего анализа характера и причин влияния водорода на сверхпроводящие свойства d-металлов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белаш И. Т., Понятовский Е. Г. Авторское свидетельство № 741105 (СССР)//Бюлл. изобрет. 1980, № 22. С. 223.
2. P o n y a t o v s k y E. G., A n t o n o v V. E., B e l a s h I. T. //Problems in Solid-State Physics/Eds A. M. Prokhorov, A. S. Prokhorov.— Moscow: Mir Publishers, 1984.— P. 109.— (Advances in Science and Technology in the USSR. Physics Series).
3. S t r i t z k e r B., W ü h l H. //Hydrogen in Metals. II/Eds G. Alefeld, J. Völkl.— Berlin; Heidelberg; New York: Springer-Verlag, 1978.— P. 243.— (Topics in Appl. Physics, V. 29).
4. P a r a c o n s t a n t o p o u l o s D. A., E c o n o m o u E. N., K l e i n B. M., B o y e r L. L. //Phys. Rev. Ser. B. 1979. V. 20. P. 177.