

A. A. GALKIN

УДК 538.1; 539.28

А. А. ГАЛКИН, В. А. ПОПОВ, П. И. ПОЛЯКОВ,  
В. Г. СЫНКОВ**ЗАВИСИМОСТЬ АФМР В  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ  
И ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ  
В НАКЛОННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ**

Исследована зависимость резонансных свойств  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  в области низких частот  $\nu \approx 0,7 - 4,9$  Гц от гидростатического давления ( $p = 0 - 11,2$  кбар) и температуры ( $T = 1,68 - 4,2^\circ \text{K}$ ). Проведено сравнение теории и эксперимента. Найлены значения магнитоупругих параметров, определяющих зависимость обменных и релятивистских параметров АФМ от гидростатического давления.

После первых исследований антиферромагнитного резонанса (АФМР) в монокристалле  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  [1-3] изучение резонансных свойств антиферромагнетиков (АФМ) стало важным средством получения информации о параметрах антиферромагнетика и их зависимости от температуры и внешнего магнитного поля. Кроме того, существенный интерес представляет изучение влияния гидростатического давления на АФМР. Относительная простота зависимости параметров АФМ от гидростатического давления позволяет экспериментальным путем определять параметры магнитоупругой связи и изучать зависимость обменных и релятивистских взаимодействий в АФМ от межатомных расстояний. Особый интерес представляет изучение действия большого гидростатического давления в окрестности точек фазовых переходов (ФП), которое дает возможность получить информацию о кривых фазового равновесия. Этим, по-видимому, и обусловлено появление большого числа работ, посвященных исследованию влияния давления в магнитоупорядоченных веществах [4-9]. Недавно почти одновременно были выполнены исследования АФМР в монокристалле  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  [10] и спрессованном порошковом образце  $\text{FeCl}_2$  [11] в условиях высокого гидростатического давления.

Целью настоящей работы является получение информации о магнитоупругих параметрах, зависимости обменных полей и полей магнитной анизотропии от давления, а также о влиянии давления на условия реализации промежуточного состояния при опрокидывании магнитных подрешеток в  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Для обеспечения полноты информации, необходимой для надежной теоретической интерпретации магнитоупругих свойств  $\text{CuCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$ , исследование АФМР проводилось в широком интервале частот, давлений и температур в магнитном поле, параллельном легкой оси и направленном под углом к ней.

**Методика эксперимента**

Для наблюдения АФМР в условиях высокого гидростатического давления нами разработана специальная камера с фиксирующим зажимом (рис. 1). Камера выдерживала давление до 15 кбар и позволяла наблюдать

явления резонанса в антиферромагнитном кристалле  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  в дециметровом диапазоне при гелиевых температурах.

Отметим основные конструктивные особенности камеры: диаметр рабочего канала 8,5 мм, внешний диаметр 31 мм. Усилие от гидравлического пресса передается на плунжер 16 из бериллиевой бронзы БрБ2, прошедшей термомеханическую обработку. Камера со стороны плунжера уплотнена кольцами 13, 15 из бериллиевой бронзы НРС-33-36 (при работе с пентаном добавляется тефлоновое кольцо 14). Уплотнительные кольца фиксируются на плунжере винтом 12. Фиксация плунжера 16 осуществляется гайкой 17, гайка 18 служит для извлечения плунжера с целью осмотра или перезаливки камеры. Радиочастотный обтюратор 3 уплотняется при помощи гайки 1 свинцовым или тефлоновым кольцом 5 в комбинации с противоэкструзионными кольцами 4, выполненными из бериллиевой бронзы. На задней части обтюратора нарезана резьба для навинчивания съёмника.

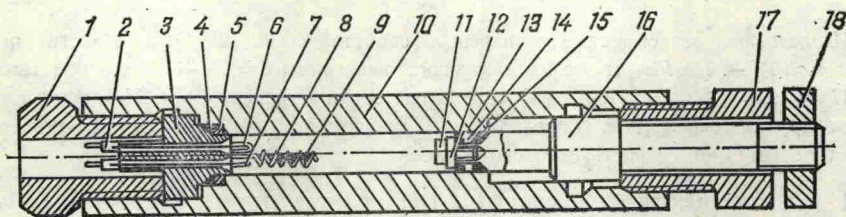


Рис. 1. Схема камеры высокого давления.

Коаксиальные вводы 6 и 7 вклеены на аральдитовой смоле АА—004. Для увеличения интервала давлений, внутри которого деформации деталей камеры остаются упругими, была проведена термомеханическая обработка корпуса камеры 10, плунжера 16 и обтюратора 3. Обработка камеры заключалась в автофреттировании ее с помощью последовательного проталкивания через канал высокопрочных оправок — дорнов (сталь ХВГ, НРС-60-62), позволяющих контролировать степень упрочнения [12].

Для наблюдения АФМР использовался радиоспектроскоп с резонатором проходного типа [13]. От генератора СВЧ энергия подавалась на коаксиальный ввод 7. Образец 9 помещался в центре спирали 8 на полистироловом держателе. С коаксиального ввода 6 энергия СВЧ через разъем 2 передавалась на приемный тракт. Частоты контролировались по сигналу поглощения образца свободного радикала дифенилпикрилгидразила, помещенного в резонатор.

Измерение давления и проверка упругости передающей среды (керосино-масляная смесь) производились бесконтактным методом [14]. Шайба из чистого олова 11 диаметром 6 мм и высотой 1 мм наклеивалась на винт 12. Температура перехода олова в сверхпроводящее состояние измерялась по давлению паров гелиевой ванны.

#### Экспериментальные результаты

Резонансные свойства  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  исследовались в интервале температур  $1,68^\circ \leq T \leq 4,2^\circ \text{K}$  при гидростатических давлениях  $p = 0; 5,2; 9,2; 11,2 \text{ кбар}$ . Рабочие частоты  $\nu_1 = 0,7 \text{ Гц}$ ,  $\nu_2 = 2,85 - 3,15 \text{ Гц}$  и  $\nu_3 = 4,5 - 4,88 \text{ Гц}$  выбирались с таким расчетом, чтобы было возможно наблюдение АФМР в промежуточном состоянии [15]. Внешнее магнитное поле  $\mathbf{H}$  ориентировалось в плоскости кристалла  $ab$ .