

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ НА КРИСТАЛЛИЧЕСКУЮ И МАГНИТНУЮ СТРУКТУРУ КВАЗИДВУМЕРНЫХ МАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

О. Н. Лис*, Д. П. Козленко, С. Е. Кичанов, Е. В. Лукин, И. Ю. Зель

Объединённый институт ядерных исследований, Дубна, Россия

* E-mail: olis@jinr.ru

Ван-дер-ваальсовы соединения, сохраняющие дальний магнитный порядок в двумерных формах, в настоящее время привлекают значительное внимание в физике конденсированного состояния. Эти материалы характеризуются слоистой структурой с решёткой типа «пчелиные соты», где отдельные атомные слои связаны слабыми межслоевыми взаимодействиями. Такая структура обуславливает высокую чувствительность их физических свойств к внешним воздействиям, что приводит к проявлению разнообразных эффектов, включая зарядовое, орбитальное и спиновое упорядочение, сверхпроводимость, аномальный эффект Холла, скирмионные состояния, различные фазовые переходы и другие явления, важные также для разработки современных спинтронных устройств.

К ярким представителям этого класса относятся хлорид и бромид хрома (CrCl_3 и CrBr_3), демонстрирующие ряд необычных магнитных и структурных свойств, представляющих как фундаментальный интерес, так и потенциал для практического применения. Среди различных методов исследования, воздействие высокого давления представляет собой эффективный и прямой способ управляемого изменения магнитных взаимодействий за счёт вариации межатомных расстояний и углов. Такие эксперименты позволяют установить связь между изменениями кристаллической структуры и эволюцией магнитного порядка, что критически важно для понимания природы наблюдаемых эффектов. Нейтронная дифракция в свою очередь предоставляет уникальную возможность исследовать одновременно кристаллическую и магнитную структуры.

Настоящая работа посвящена исследованию кристаллической, магнитной структуры и колебательных спектров CrBr_3 и CrCl_3 в широких диапазонах температур и давлений. Детальные исследования кристаллической и магнитной структуры соединений проводились с помощью нейтронной дифракции на дифрактометре ДН-6 реактора ИБР-2 (ЛНФ, ОИЯИ, Дубна, Россия).

Исследования с помощью нейтронной дифракции CrBr_3 позволили обнаружить в области ниже $T_C = 37$ К отрицательное тепловое объемное расширение [1], а также аномальное поведение межатомных расстояний, углов и частот колебательных мод, что указывает на проявляющуюся сильную спин-решеточную связь. Воздействие высокого давления приводит к подавлению магнитного упорядочения, а полное подавление ФМ-состояния и магнитный переход либо в АФМ-состояние, либо в магнитно-неупорядоченное состояние ожидается при $P \sim 8.4$ ГПа [2]. Наши результаты также выявили значительные аномалии в поведении межатомных расстояний и углов с увеличением давления, что связано с переходом от исходной квазидвумерной структуры в трехмерную.

CrCl_3 демонстрирует постепенный структурный фазовый переход в ромбоэдрическую фазу при низких температурах, и АФМ-упорядочение также наблюдается при температуре ниже $T_N = 17$ К. С увеличением давления происходит структурный переход из исходной моноклинной в ромбоэдрическую структуру. Также высокое давление приводит к значительному подавлению АФМ-упорядочения и возможному переходу к ФМ-упорядочению.

Работа поддержана грантом Объединения молодых ученых и специалистов (ОМУС) ОИЯИ, Дубна, Россия (грант №24-401-05).

1. D. P. Kozlenko, O. N. Lis, et al., npj Quantum Mater. **6**, 19 (2021).
2. O. Lis, D. Kozlenko, et al., Materials. **16**, 454 (2023).