

## Зарядовое упорядочение в кристаллах ферромагнитных манганитов $\text{Pr}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ ( $x = 0.22, 0.24$ )

Дубинин С.Ф., Теплоухов С.Г., Пархоменко В.Д.



В отделе работ на атомном реакторе создан специальный нейтронный дифрактометр для исследования магнитного и структурного состояния монокристаллов. На этой установке реализован современный метод исследования – «q-сканирование», который позволяет измерять картины нейтронной дифракции в произвольном направлении обратной решетки кристалла. В последние годы нами проведены систематические оригинальные исследования монокристаллов: никелида титана с большим эффектом памяти формы; манганитов с колоссальным эффектом магнитосопротивления; соединений  $\text{Zn}(\text{M-3d})\text{Se}$ , перспективных для создания лазеров нового типа. В данном информационном сообщении на примере кристаллов манганита  $\text{Pr}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$  ( $x = 0.22, 0.24$ ) продемонстрированы возможности нашего метода.

Основные особенности изучаемых в данной работе манганитов по отношению к классическим соединениям  $\text{La}(\text{Sr,Ca,Ba})\text{MnO}_3$  состоят в том, что при замене редкоземельного элемента La на Pr происходит ослабление двойного обмена  $\text{Mn}^{3+} \leftrightarrow \text{O}^{2-} \leftrightarrow \text{Mn}^{4+}$ , которое способствует сохранению неметаллического характера проводимости в  $\text{Pr}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$  до уровня концентраций Sr  $x=1/4$ . С фундаментальной точки зрения, данный факт представляет большой интерес, поскольку в этом случае возникает принципиальная возможность дать ответ на вопрос относительно существования в ферромагнитных манганитах квазистатического зарядового упорядочения по 1/4. Ответ на поставленный вопрос и составляет основную цель данной работы.

Информацию по упругому рассеянию тепловых нейтронов в кристаллах  $\text{Pr}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$  ( $x = 0.22, 0.24$ ) удобно сравнивать с картинами рассеяния орторомбического манганита  $\text{La}_{0.85}\text{Sr}_{0.15}\text{MnO}_3$ , который также относится к классу ферромагнитных полупроводников. На рис.1a и 1b приведены узлы обратной решетки кристалла  $\text{La}_{0.85}\text{Sr}_{0.15}\text{MnO}_3$  на плоскостях  $a^*c^*$  и  $a^*b^*$  соответственно. На рис.2 приведена картина рассеяния кристалла  $\text{Pr}_{0.78}\text{Sr}_{0.22}\text{MnO}_3$ , измеренная при 300К вдоль кристаллографического направления, указанного на рис.1b сплошной линией 1. Это направление включает в себя

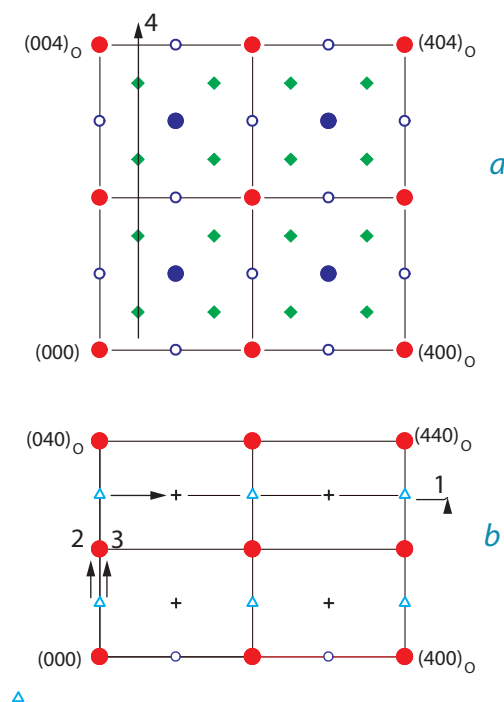


Рис.1

узлы обратной решетки, сформированные тилтинговыми модами (+) и кооперативным эффектом Яна-Теллера ( $\Delta$ ). Как видно, рис.2 включает в себя все узлы, указанные на рис.1b вдоль направления 1. Наибольший интерес вызывает присутствие на рис.2 рефлексов (230) и (430), которые свидетельствуют о существовании в Pr-Sr манганитах хорошо развитого кооперативного эффекта Яна-Теллера.

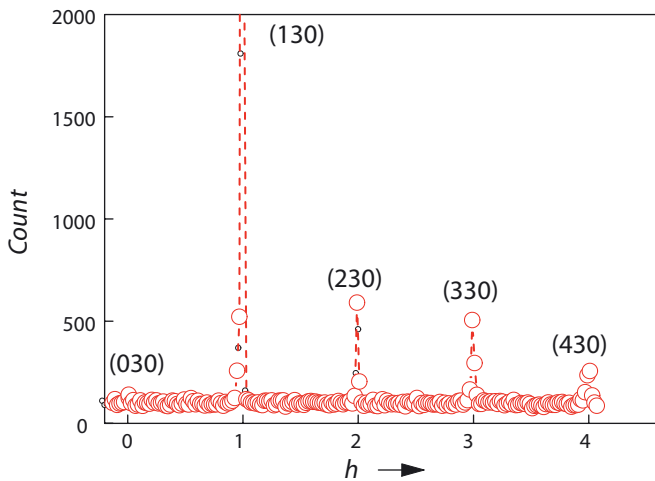


Рис.2

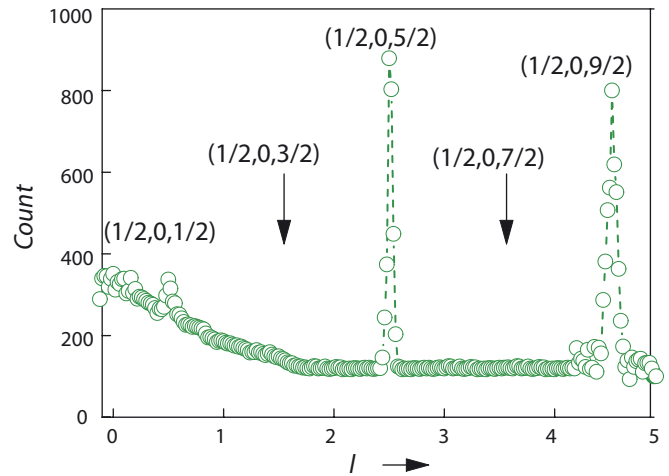


Рис.3

Перейдем теперь к вопросу о зарядовом упорядочении в Pr-Sr манганитах. В этом плане наиболее информативной является картина рассеяния  $\text{Pr}_{0.76}\text{Sr}_{0.24}\text{MnO}_3$ , измеренная при 78K вдоль направления, указанного на рис.1а сплошной линией 4. Это направление включает в себя сверхструктурные рефлексы с полуцелыми индексами, которые свидетельствуют о существовании в орторомбических манганитах сверхструктуры с удвоенными периодами вдоль направлений a и c. Волновой вектор этой сверхструктуры равен

$$\mathbf{q} = (2\pi/2a, 0, 2\pi/c). \quad (1)$$

Отметим здесь, что картины рассеяния, измеренные в данном направлении в кристаллах  $\text{La}_{0.85}\text{Sr}_{0.15}\text{MnO}_3$  и  $\text{Pr}_{0.76}\text{Sr}_{0.24}\text{MnO}_3$ , существенно отличаются. В самом деле, как видно из рис.1а, в La-Sr манганите существуют все узлы, отвечающие сверхструктуре (1). Ранее нами было установлено, что этот факт свидетельствует о реализации в данном кристалле зарядового упорядочения по типу «1/8».

На рис.3 рефлексы с индексами (1/2, 0, 3/2), (1/2, 0, 7/2) полностью отсутствуют на картине дифракции кристалла  $\text{Pr}_{0.76}\text{Sr}_{0.24}\text{MnO}_3$ .

Изменение топологии сверхструктурных

рефлексов в обратной решетке свидетельствует об изменении типа зарядового упорядочения в Pr-Sr манганитах. Экспериментальная ситуация в Pr-Sr манганитах хорошо описывается в рамках модели зарядового упорядочения, приведенной на рис.4, которая отвечает типу порядка «1/4». Сплошными кружками на этом рисунке указаны положения ионов  $\text{Mn}^{4+}$ , а открытыми кружками – положения ионов  $\text{Mn}^{3+}$ .

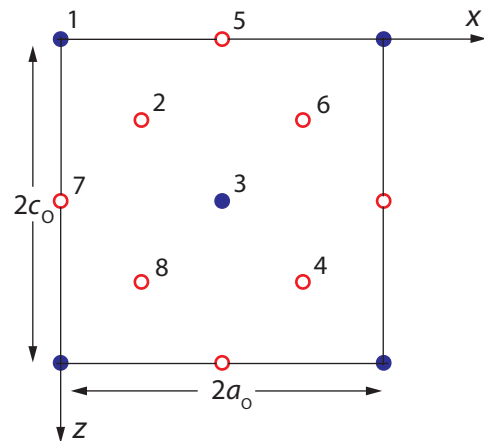


Рис.4

Более подробно с представленными результатами и выводами можно ознакомиться в публикации [1].

<sup>1</sup> Дубинин С.Ф., Теплоухов С.Г., Архипов В.Е. Пархоменко В.Д., Э.А. Нейфельд., А.В. Королев, Н.А. Угрюмова ФТТ, 49, в.4 (2007).