

Исследование магнетизма и сверхпроводимости в слоистых системах Фибоначчи

В. Д. Жакетов

Объединенный институт ядерных исследований, ул. Жолио-Кюри, 6, Дубна, Московская обл., 141980
Московский физико-технический институт, пер. Институтский, 9, Долгопрудный, Московская обл., 141701
Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Ленинские горы, 1, Москва, 119991
zhaketov@nf.jinr.ru

Квазикристалл – твердое тело, структура которого характеризуется наличием дальнего порядка, но не является периодической, т. е. описывается симметрией, запрещенной в классической кристаллографии [1]. При этом для квазикристаллов наряду с обычными кристаллами характерна дискретная дифракционная картина. Геометрической абстракцией, описывающей квазикристаллы, является мозаика Пенроуза. На данный момент широко известно множество материалов, обладающих квазикристаллической структурой, как искусственно синтезированных, так и натуральных. Отметим, что возможно создание искусственных слоистых систем, обладающих квазикристаллической структурой в направлении, перпендикулярном плоскости структуры. С другой стороны, являются интригующими сверхпроводящие и магнитные свойства квазикристаллов. В работе [4] описывается наблюдение сверхпроводящего перехода в объемном квазикристалле Al-Zn-Mg при температуре $T_c < 0,05$ К. Таким образом, авторы показали возможность существования сверхпроводящих корреляций в квазипериодических системах, а данный вид сверхпроводимости назвали «фрактальным». Говоря о магнитном поведении в ряде квазикристаллов, можно наблюдать состояние спинового стекла, но в работе [5] показано, что в квазикристаллах Au-Ga-Gd и Au-Ga-Tb возможен «экзотический» дальний магнитный порядок. При этом характерные температуры Кюри для данных материалов относительно низкие $T_C < 25$ К. Описанные материалы имеют сложную химическую и электронную структуры, а для исследования сверхпроводящих и магнитных эффектов предпочтительнее более простые системы. Так, в работах [6, 7] было показано, что когерентный магнитный сверхпроводник можно реализовать чередованием слоев сверхпроводящего Nb и магнитных редкоземельных металлов Gd, Dy или Ho. Данные модельные системы проще для изготовления и исследований, чем, например, сложно упорядоченные урановые ферромагнитные сверхпроводники [8]. Поэтому в данной работе предлагается создать слоистые квазикристаллы из чередующихся сверхпроводящих и ферромагнитных слоев. Данные модельные системы просты для изготовления и исследований, но позволят изучать нетривиальные явления, такие как фрактальная сверхпроводимость и дальний магнитный порядок в квазипериодической системе, а также их сосуществование. Отметим, что прежде в слоистых квазипериодических структурах исследовался только электронный перенос для различных полупроводников [9], авторами работы сделан вывод, что различного типа квазипериодичность сверхрешетки Фибоначчи влияет на электронный спектр. В данной работе предлагается создать слоистые квазикристаллы из чередующихся сверхпроводящих и ферромагнитных слоев, оптимальные для исследования с помощью рефлектометрии поляризованных нейтронов. Данные системы позволят изучать нетривиальные сильнокоррелированные явления, такие как фрактальная сверхпроводимость и дальний магнитный порядок в квазипериодической системе, а также их сосуществование. Проведены нейтронные расчеты, показано, что коэффициент отражения нейтронов перестает изменяться, начиная с порядка Фибоначчи F_{10} . Для квазипериодической структуры наблюдаются более явно выраженные «квази-брегговские» пики.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 24-72-00124.

1. Векилов Ю.Х. и др. // УФН. 2010. Т. 180, №6.
2. Z. Vally Vardeny, et al. // Nature Photonics. Vol. 7. P. 177–187 (2013).
3. Аксенов В.Л. и др. // ЭЧАЯ. 2023. Т. 54, вып. 4. С. 898–935.
4. Kamiya K., et al. // Nature Communications, 9:154 (2018).
5. Ryuji Tamura, et al. // J. Am. Chem. Soc, 143, 19938–19944 (2021).
6. Zhaketov V.D., et al. // Physics of the Solid State. Vol. 65, no. 7 (2023).
7. Khaydukov Yu.N., et al. // Phys. Rev. B, 99, 140503(R) (2019).
8. Dai Aoki, et al. // Journal of the Physical Society of Japan, 88, 022001 (2019).
9. Dinu M., et al. // Physical Review B, Vol. 56, no. 4, P. 1987–1995 (1997).