

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы

*Гунбина Антона Викторовича*

**«Ядерно-резонансная спектроскопия интерметаллических  
сверхпроводников на основе галлия»,**

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния».

Актуальность темы диссертации обусловлена особенностью электронных пар, образующихся в сверхпроводниках в сверхпроводящем состоянии и отклонением от теории БКШ. Вопрос определения типа спаривания электронов в соединениях является интересной темой для обсуждения и исследования.

Диссертационная работа Гунбина А.В., представленная в виде автореферата посвящена исследованию физики сверхпроводящей щели в соединениях на основе галлидов молибдена. В работе проведен анализ типа спаривания электронов для каждого соединения и оценено количество сверхпроводящих щелей в интерметаллических соединениях методом ядерно-резонансной спектроскопии.

Научная новизна работы Гунбина А.В. заключается в исследовании кристаллической структуры соединений  $\text{Mo}_4\text{Ga}_{20}\text{Sb}$  и  $\text{Mo}_8\text{Ga}_{41}$ , где с методами ЯМР и ЯКР определены позиции и окружение позиций ядер галлия. В работе определены 4 неэквивалентные позиции изотопов Ga в соединении  $\text{Mo}_4\text{Ga}_{20}\text{Sb}$  методом ядерного квадрупольного резонанса. Для соединения  $\text{Mo}_8\text{Ga}_{41}$  с помощью метода ЯМР подтверждено строение элементарной ячейки, в которой присутствуют 2 позиции галлия с низким значением градиента электрического поля. Методом ЯКР получены значения для остальных 7 позиций галлия в элементарной ячейке соединения  $\text{Mo}_8\text{Ga}_{41}$ .

Особенностью работы является определение типа спаривания электронов в сверхпроводящем состоянии в представленных интерметаллических соединениях. Таким образом, в соединении  $\text{Mo}_4\text{Ga}_{20}\text{Sb}$  на основании анализа релаксационных процессов, определено спаривание s-типа, что отражается в виде заметного Гебель-Сликтеровского пика в области перехода из сверхпроводящего в нормальное состояние. В нормальном состоянии соединение  $\text{Mo}_4\text{Ga}_{20}\text{Sb}$  демонстрирует электронную проводимость и антиферромагнитные корреляции. В соответствии с аппроксимацией релаксационной зависимости в данном соединении обнаружена двухщелевая сверхпроводимость, что представляет собой интересный результат. Комплексное исследование позволило определить энергии (13 К и 6 К) и относительные веса (0,8 и 0,2 соответственно) этих сверхпроводящих щелей.

В отношении соединения  $\text{Mo}_8\text{Ga}_{41}$  так же проведены комплексные исследования методами ЯМР и ЯКР спектроскопии. На основании релаксационной зависимости, где обнаруживается ГС пик, определено, что



соединение  $\text{Mo}_8\text{Ga}_{41}$  обладает s-типом спаривания электронов и, несмотря на разнящиеся литературные данные, имеет одну сверхпроводящую щель и 2 фазы, объемную и поверхностную.

Работа примечательна наличием собственных технических решений, предложенных в главе, посвященной методике и используемым технологиям. Помимо модернизации имеющегося измерительного оборудования Bruker MSL-300 и изготовления датчика под необходимые задачи, автором представлена простая в изготовлении, но в значительной мере упрощающая процесс получения широкодиапазонных спектров, технология автоматизации. Система автоматической настройки датчиков представляет интерес из-за своей простоты и воспроизводимости, что может обеспечить снижение временных затрат в некоторых лабораториях.

В качестве замечаний к автореферату можно выделить отсутствие мотивации выбора именно этих сверхпроводящих соединений, а именно, нет достаточного обоснования исследования соединений с относительно низкой температурой перехода и низкими значениями критических магнитных полей. К следующему недостатку можно отнести неполноту раскрытия поведения процессов, происходящих в случае электронного спаривания отличного от s-типа. Несмотря на указанные недочеты, работа имеет высокую ценность и значимость в области сверхпроводниковых соединений и методов их исследования. Автореферат диссертации полностью соответствует установленным требованиям для научно-квалификационных работ.

Диссертационная работа «Ядерно-резонансная спектроскопия интерметаллических сверхпроводников на основе галлия», представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния», соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС», а ее автор, Гунбин Антон Викторович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния».

к.ф.-м.н., м.н.с.

Клюева Мария Вячеславовна

30.04.2025

*К.М.В. (Клюева М.В.)*

119334, г. Москва, ул. Косыгина, 19с, ФГБУН Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН  
8-499-137-86-27

klyueva@geokhi.ru



Подпись *Марии Вячеславовны*  
Ученый секретарь *Института*  
И.В. *Клюева*  
ГЕОХИ РАН