

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА МОНОКРИСТАЛЛОВ α -LiIO₃,
СОДЕРЖАЩИХ ИОНЫ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Н. Т. Баграев, Д. М. Дараселия, Д. Л. Джапаридзе,
В. В. Романов, Т. И. Санадзе

Исследования ЭПР редкоземельных ионов в монокристаллах α -LiIO₃ показали, что интенсивность спектров, соответствующих изолированным центрам Yb³⁺ и Gd³⁺, чрезвычайно мала, а спектры Ce³⁺, Nd³⁺ и Dy³⁺

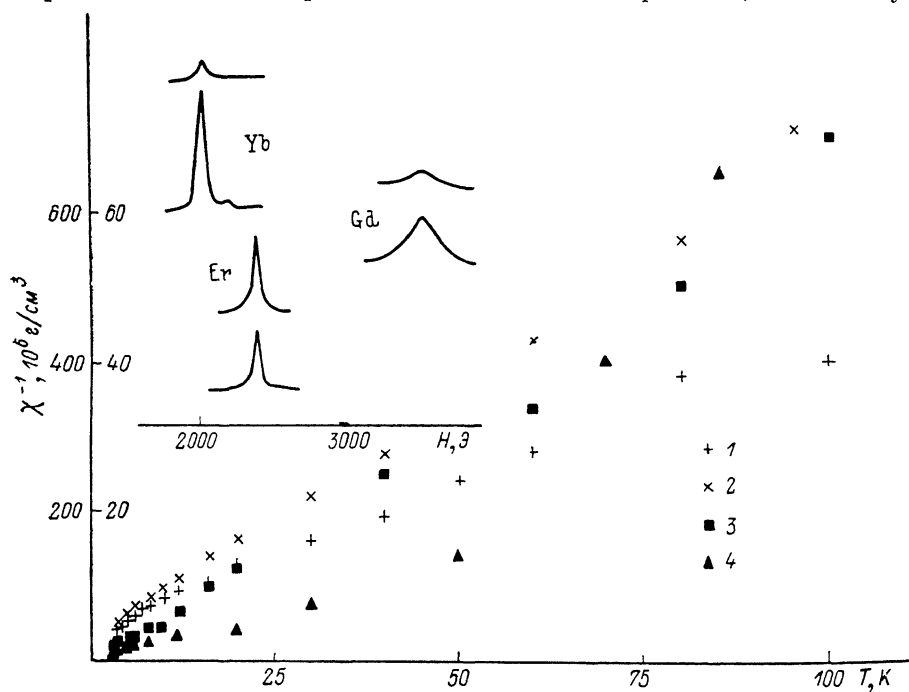


Рис. 1. Температурные зависимости магнитной восприимчивости в кристаллах α -LiIO₃, содержащих примеси иттербия (1, 2) и эрбия (3, 4).

1, 3 — исходное состояние; 2, 4 — после термического отжига при 200 °С (2 ч). Значения магнитной восприимчивости для α -LiIO₃: Gd³⁺ практически совпадают с соответствующими значениями для α -LiIO₃: Yb³⁺. Левая шкала соответствует точкам 1, 2; правая — 3, 4. На вставке — сигналы ЭПР ионов Yb³⁺, Gd³⁺ и Er³⁺ до и после отжига.

обнаружены не были [1], хотя данные плазменно-активационного анализа свидетельствовали о наличии высокой концентрации редких земель во всех исследуемых кристаллах. В то же время ионы Er³⁺ дают интенсивный спектр ЭПР, величина которого коррелирует со значением концентрации эрбия в шихте [1].

В настоящей работе аномалии в магнитных свойствах центров редких земель в α -LiIO₃ объясняются путем сравнительного анализа данных ЭПР и измерений магнитной восприимчивости. Температурные зави-

сидности магнитной восприимчивости центров редких земель в $\alpha\text{-LiIO}_3$ были получены методом Фарадея на установке MGD312FG в интервале температур от 3.5 до 280 К. В кристаллах, легированных Gd и Yb, была зарегистрирована малая концентрация парамагнитных центров (рис. 1). При этом поведение температурной зависимости магнитной восприимчивости соответствовало закону Кюри с основным вкладом ионов Gd^{3+} и Yb^{3+} . Исследование соответствующих зависимостей в кристалле, легированном эрбием, показало наличие большой концентрации ионов Er^{3+} ($\chi \sim N/3kT$).

Величина магнитной восприимчивости полностью коррелировала с интенсивностями соответствующих спектров ЭПР (рис. 1). Для того чтобы активизировать магнитные центры редких земель, были проведены термические отжиги, в ходе которых наблюдалось синхронное увеличение сигналов ЭПР Yb^{3+} и Gd^{3+} и соответствующих значений магнитной восприимчивости (рис. 1). В то же время отжиг стимулировал слабое уменьшение восприимчивости $\alpha\text{-LiIO}_3$: Er, которое подтверждалось также уменьшением интенсивности спектра ЭПР Er^{3+} (рис. 1).

Слабый парамагнетизм центров гадолиния и иттербия в кристаллах $\alpha\text{-LiIO}_3$ можно объяснить тем обстоятельством, что часть примеси об-

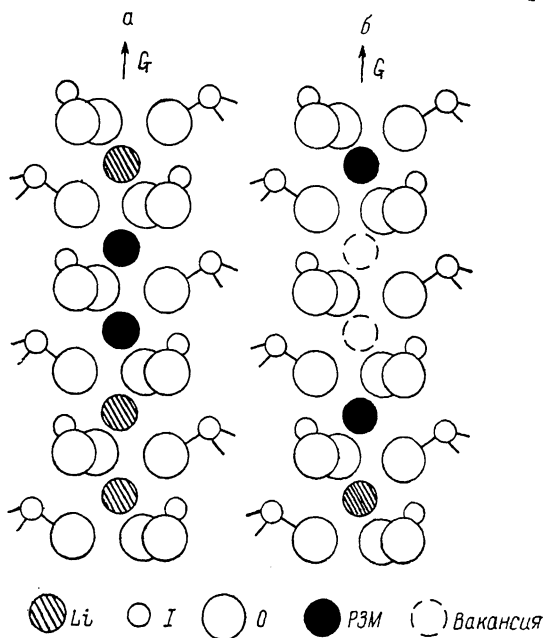


Рис. 2. Антиферромагнитные пары ионов редких земель в кристаллах $\alpha\text{-LiIO}_3$ до (а) и после (б) термического отжига.

разует обменно-связанные антиферромагнитные пары ионов редких земель, в формировании которых, по-видимому, участвует кислород. (Стабильное синглетное состояние антиферромагнитной пары ионов редких земель возникает за счет их обменного взаимодействия типа Бломбергена—Роуланда через валентные электроны кислорода). В пользу наличия одиночных антиферромагнитных пар редких земель (а не антиферромагнитной фазы, присутствие которой также в принципе могло бы объяснить слабый парамагнетизм) свидетельствует отсутствие полевой зависимости магнитной восприимчивости (рис. 1). Поведение магнитной восприимчивости в кристаллах $\alpha\text{-LiIO}_3$, легированных примесями редких земель, полностью описывается функцией Бриллюэна.

В процессе термического отжига происходит распад обменно-связанных антиферромагнитных пар на одиночные ионы редких земель (рис. 2), вследствие чего происходит одновременный рост магнитной восприимчивости и сигналов ЭПР ионов Gd^{3+} и Yb^{3+} (см. вставку к рис. 1). Поведение температурных зависимостей магнитной восприимчивости свидетельствует о том, что концентрация ионов Gd^{3+} возрастает в семь раз, а Yb^{3+} в 10 раз, что находится в хорошем согласии с результатами измерений амплитуды спектров ЭПР (рис. 1).

Если в кристалле $\alpha\text{-LiIO}_3$ доминируют одиночные ионы редких земель, то при большой концентрации в процессе отжига может происходить обратная реакция — образование антиферромагнитных пар, что, по-видимому, объясняет небольшое уменьшение магнитной восприимчивости и сигнала ЭПР Er^{3+} при термическом отжиге (рис. 1). Редкие земли обла-

дают разную окислительную способность, что в значительной степени определяет интенсивность формирования антиферромагнитных пар соответствующих ионов через валентные электроны кислорода группы Ю_2 .

Следует отметить, что, кроме сильносвязанных антиферромагнитных пар редких земель, в кристаллах $\alpha\text{-Li}(\text{O}_2)$ могут возникать обменные пары со слабым взаимодействием, которые обладают ван-Флековским парамагнетизмом [2], что проявляется в виде соответствующего «излома» в температурной зависимости магнитной восприимчивости (рис. 1). Поведение магнитной восприимчивости описывается в этом случае следующей зависимостью [2]:

$$\chi = \frac{\mu_B^2 g^2 N_1 |I|^2}{3kT} + \frac{2\mu_B^2 g^2 N_2 \sum_I I(I+1) \exp(-aI(I+1)/2kT)}{3kT \sum_I \exp(-aI(I+1)/2kT)}. \quad (1)$$

Первый член описывает вклад в магнитную восприимчивость одиночных ионов редких земель; μ_B — магнетон Бора; I — момент иона редкой земли; N_1 — концентрация одиночных центров. Второе слагаемое описывает вклад в магнитную восприимчивость антиферромагнитных пар ионов редких земель (пары со слабой обменной связью); N_2 — концентрация редкой земли, образующей в кристалле обменные антиферромагнитные пары. Зависимость (1) хорошо описывает поведение кривых магнитной восприимчивости (рис. 1). Следует отметить, что проведенные нами исследования радиочастотного дискретного насыщения свидетельствуют о том, что в процессах трансформации сильносвязанных пар в слабосвязанные принимает участие водород.

Таким образом, поведение температурных зависимостей магнитной восприимчивости в кристаллах $\alpha\text{-Li}(\text{O}_2)$, содержащих примеси редких земель, находится в хорошем согласии с данными ЭПР. Сравнительный анализ результатов, полученных этими методами при термическом отжиге кристаллов $\alpha\text{-Li}(\text{O}_2)$, содержащих редкие земли, свидетельствует об интенсивном формировании антиферромагнитных пар ионов редких земель при их введении в кристалл, что в значительной степени может уменьшать амплитуду сигнала ЭПР от одиночных ионов.

Список литературы

[1] Алчангян С. В., Дараселия Д. М., Джанаридзе Д. Л., Санадзе Т. И. // *ФТ*. 1989. Т. 31. № 3. С. 268—270.

[2] Баграев Н. Т. // *Изв. АН СССР, сер. физ.* 1983. Т. 47. № 12. С. 2331—2337.

Физико-технический институт
им. А. Ф. Иоффе АН СССР

Ленинград

Поступило в Редакцию

1 февраля 1990 г.

УДК 548.0 : 539.37

© Физика твердого тела, том 32, № 9, 1990
Solid State Physics, vol. 32, N 9, 1990

О СВЯЗИ СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗВУКОВЫХ ВОЛН В РАСПЛАВЕ С ТЕНЗОРОМ УПРУГИХ МОДУЛЕЙ МЕТАЛЛА ПРИ КОМНАТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

А. Д. Дорогим

В известной зависимости, например [1],

$$\sigma_K = C_{KM} \epsilon_M, \quad K, M = 1, 2, 3, 4, 5, 6 \quad (1)$$

теории упругости между тензором напряжений σ_K и тензором деформаций ϵ_M тензор упругих модулей C_{KM} при комнатной температуре изменяется