Обнаружение резонансного поглощения ультразвука одиночным ян-теллеровским центром Cr в кубическом ZnSe

Аверкиев Н.С.¹, Барышников К.А.¹, Берсукер И.Б.², Гудков В.В.³, Жевстовских И.В.^{3,4}, Сарычев М.Н.³, Жерлицын С.⁵, Ясин Ш.^{5,6}, Коростелин Ю.В.⁷

¹ ФТИ им. А.Ф. Иоффе, 194021, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 26

² Institute for Theoretical Chemistry, The University of Texas at Austin, TX 78712, Austin, USA

³ УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19

⁴ ИФМ им. М.Н. Мухеева УО РАН, 620108, Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 18

⁵ Hochfeld-Magnetlabor Dresden (HLD-EMFL), Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, 01328 Dresden, Germany

⁶ College of Engineering and Technology, American University of Middle East, 54200, Egaila, Kuwait

⁷ Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, 119991, Москва, Ленинский просп., 53, стр. 4

DOI 10.34077/Semicond2019-305

Поглощение ультразвука, одиночными центрами Cr, замещающими атомы Zn в кубическом кристалле ZnSe, в магнитных полях, приложенных в различных направлениях, в широком интервале температур исследовалось в работах [1,2]. Атомы хрома образуют магнитные анизотропные центры в ZnSe, подверженные эффекту Яна-Теллера, который приводит к локальному адиабатическому потенциалу с тремя эквивалентными направлениями искажения примесного комплекса CrSe₄ вдоль кубических осей кристалла. При включении магнитного поля вдоль оси [110] медленная поперечная ультразвуковая волна, распространяющаяся вдоль того же направления [110], нарушает эквивалентность этих искажений, что приводит к росту релаксационного поглощения с полем (примерно до 0.15 Тл). В данной работе показано, что в больших магнитных полях при температурах ниже 8 К существенный вклад в поглощение ультразвука вносят резонансные процессы. При этом в полях $B > 4$ Тл, приложенных вдоль другого направления, [001], основное состояние Cr становится невырожденным, и медленная поперечная ультразвуковая волна при $T = 1.3$ К перестает взаимодействовать с центром, что приводит к подавлению вклада Cr в поглощение звука. Экспериментальные данные выявляют сильную зависимость затухания ультразвука от его частоты, что свидетельствует о резонансном характере поглощения, так как частотная зависимость релаксационного поглощения очень слабая (время релаксации собственных состояний центра к термодинамическому равновесию значительно превышает период ультразвуковой волны).

Особенный интерес вызывает то, что резонансное поглощение обнаружено также в нулевом магнитном поле. Показано, что резонансные переходы, индуцированные ультразвуком в этом случае, происходят между вибронными уровнями центра, расщепленными спин-орбитальным взаимодействием на величину порядка 10 мкэВ. Проанализирован вклад резонансных и релаксационных процессов в коэффициент поглощения звука, а также обсужден переход от резонансного к чисто релаксационному механизму поглощения с увеличением мощности ультразвука. Этот переход подразумевает нелинейное подавление коэффициента затухания звуковой волны при увеличении ее интенсивности. В отличие от случая, когда нелинейность приписывается решеточному ангармонизму [3], в данной работе рассмотрен механизм нелинейности, возникающий вследствие взаимодействия ультразвука с изолированными примесными центрами.

[1] N.S. Averkiev et al., *Phys. Rev. B*, **96**, 094431 (2017).

[2] K.A. Baryshnikov et al., *Phys. Status Solidi B*, 1800635 (2019).

[3] S.P. Dodd et al., *J. Mater. Sci.*, **38**, 1107 (2003).