ФМР-спектроскопия магнитного топологического изолятора MnSb2Te4

**Муравьев М.М.1а, Калашников Д.С.1б, Наумов А.А.1в, 2**

*астудент бакалавриата, баспирант, встудент магистратуры,*

1*Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)*

*Физтех-школа физики и исследований им. Ландау, Долгопрудный, Россия*

2*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова*

E–mail*: mmm2sp@gmail.com*

Топологические изоляторы — популярная тема для исследований в последние годы. Будучи изоляторами в объеме и проводниками на поверхности, они могут быть использованы для исследования поверхностных свойств, например, поиска аксионных состояний [3], [5].

MnSb2Te4 (MST) — магнитный топологический изолятор, изоструктурный наиболее исследованному MnBi2Te4 (гексагональная кристаллическая решетка), в то же время обладающий рядом преимуществ в сравнении с последним. Например, более низкими характерными магнитными полями [4], позволяющими легче менять его состояние. Благодаря этому, MST — перспективный объект для изучения. В рамках этой работы мы исследуем свойства магнитной анизотропии образца MST с характерными размерами $6×3×0,22 мм^{3}$.

Согласно работе [2], в зависимости от концентрации марганца значительно меняются магнитные свойства кристаллических образцов: понижение содержания марганца приводит к переходу от ферромагнитного упорядочения к антиферромагнитному. Для исследования с использованием модифицированного метода Бриджмена [1] был изготовлен образец MST со стехиометрией, близкой к структурной (Mn:Sb:Te = 0,97:2,03:4). В ходе работы изучались спектры (см. рис. 1) ферромагнитного резонанса при разных температурах. Определенные по ФМР-спектрам поля магнитной анизотропии в зависимости от температуры отложены на рис. 2. Температура Кюри $T\_{C}=27 K$, определенная с помощью линейной экстраполяции, согласуется с результатами из работы [2].



Рис. 1. Зависимость величины поглощения от частоты подаваемого сигнала $f$ и внешнего постоянного магнитного поля $B$, приложенного перпендикулярно плоскости образца (слева) и в плоскости образца (справа). Температура $T=20,7 К$

При всех температурах на спектре поглощения в перпендикулярном поле наблюдался горизонтальный участок, который может быть связан с переориентацией доменов в образце.



Рис. 2. Зависимость эффективных полей анизотропии от температуры. Величины определены в перпендикулярном (круги, сплошная линия) и продольном (треугольники, пунктир) магнитных полях.

Расхождение в значениях полей анизотропии, определенных при разных направлениях приложения внешнего магнитного поля, связано с необходимостью учета нескольких слагаемых одноосной магнитной кристаллографической анизотропии:

$\begin{array}{c}Ε\_{аниз}= -K\_{1}m\_{z}^{2}-K\_{2}m\_{z}^{4}, \#\left(1\right)\end{array}$

где $K\_{1}, K\_{2}$ — константы анизотропии; $m\_{z}=M\_{z}/M\_{s}$ — отношение проекции вектора намагниченности на ось анизотропии к его модулю. Отсюда следует, что полученные поля соответствуют разным константам анизотропии:

$$\begin{array}{c}B\_{K}=\left\{\begin{array}{c}\frac{2\left(K\_{1}+K\_{2}\right)}{M\_{s}}-μ\_{0}M\_{s}, Β// c ;\\\frac{2K\_{1}}{M\_{s}}-μ\_{0}M\_{s}, Β// ab.\end{array}\right. \#\left(2\right)\end{array}$$

Проведенные исследования позволяют подтвердить ферромагнитные свойства MST в стандартной стехиометрии. Определенные значения постоянных анизотропии при разных температурах необходимы для дальнейших исследований магнитных и топологических свойств материала, например методом микромагнитного.

Авторы выражают благодарность научному руководителю Столярову В. С. за рекомендации при планировании исследования, а также Фролову А. С. за ценные комментарии о структуре и свойствах MST.

Литература

1. *Фролов А. С.* Структура и электронное строение бифункциональных материалов на основе смешанных теллуридов марганца, германия и висмута: дис. … канд. физ.-мат. наук. М., 2023.
2. *Liu Y. et al.* Site mixing for engineering magnetic topological insulators //Phys. Rev. X. – 2021. – V. 11. – №. 2. – P. 021033. DOI: 10.1103/PhysRevX.11.021033.
3. *Wilczek F.* Two applications of axion electrodynamics //Phys. Rev. Lett. – 1987. – V. 58. – №. 18. – P. 1799. DOI: 10.1103/PhysRevLett.58.1799.
4. *Yang X. et al.* Critical behavior, magnetic phase diagram, and magnetic entropy change of MnSb 2 Te 4 //Phys. Rev. B. – 2024. – V. 109. – №. 9. – P. 094408. DOI: 10.1103/PhysRevB.109.094408
5. *Yu J., Zang J., Liu C. X*. Magnetic resonance induced pseudoelectric field and giant current response in axion insulators //Phys. Rev. B. – 2019. – V. 100. – №. 7. – P. 075303. DOI: 10.1103/PhysRevB.100.075303.