**Слоистые мультиферроики на основе пьезополимеров и магнитных эластомеров**

***Малиновский Даниил***

*Студент (магистр)*

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Физический факультет, Москва, Россия*

*E–mail:* [*qpalzm10779@gmail.com*](mailto:qpalzm10779@gmail.com)

Магнитоэлектрические материалы и связанные с ними эффекты на данный момент являются одним из приоритетных направлений научных исследований. Магнитоэлектрический эффект возникает в материалах, где происходит взаимодействие между электрическими и магнитными подсистемами. Это открывает возможность для управления магнитными свойствами материалов за счет электрического поля или наоборот.

Класс материалов, проявляющих магнитоэлектрические свойства, очень разнообразен. В настоящее время выделяют две основные группы мультиферроидных материалов: однофазные и многофазные мультиферроики. Однофазные мультиферроики в свою очередь делятся на мультиферроики 1 и 2 типа. Мультиферроики 1 типа характеризуются слабой магнитоэлектрической связью, а мультиферроики 2 типа обладают сильным магнитоэлектрическим взаимодействием, что приводит к образованию неколлинеарных спиновых структур.

Композиционные материалы состоят из магнитной и пьезоэлектрической подсистем, что позволяет управлять электрической поляризацией через магнитное или электрическое поле. Интерес к высокотемпературным магнитоэлектрическим материалам, проявляющим магнитоэлектрические свойства при комнатных температурах, обусловлен технологической необходимостью. На данный момент такие материалы представлены ограниченным списком, что делает их интересным объектом для исследований и практического применения в различных устройствах.

Целью данной работы является: исследование магнитоэлектрических свойств композиционных материалов, для этого двукомпонентные плёнки, состоящие из производственных PVDF-плёнок и магнитных эластомеров с различными массовыми долями и магнитной ориентацией частиц железа, помещались в переменные магнитные поля различных частот и напряжений.

В процессе работы были получены зависимости напряжений на PVDF плёнки от частот магнитного поля в промежутке от 1 -240 Гц. у различных образцов и на одном образце при различных напряжениях на катушке, создающей магнитное поле.

Результаты показали: что в динамических магнитных полях наблюдаются кратные частоты; зависимость магнитоэлектрического эффекта от массовой доли магнитных частиц в образце, от их ориентации.

**Литература**

1. Бухараев, А.А. Стрейнтроника — новое направление микро- и наноэлектроники и науки о материалах / А.А. Бухараев, А.К. Звездин, А.П. Пятаков, Ю.К. Фетисов //УФН. – 2018. – Т. 188. – С. 1288-1330
2. Alameh Z. Emergent Magnetoelectricity in Soft Materials, Instability, and Wireless Energy Harvesting. / Alameh, Z.; Yang, S.; Deng, Q.; Sharma, P. Soft Matter 2018, 14, 5856–5868. [CrossRef]
3. Chen F. Large zero-bias field magnetoelectric effect in YFeO3-Y3Fe5O12 composites  
   F. Chen; Z. Zhang; X. Wang; J. Ouyang; Z. Feng; Y. Chen; V. G. Harris  
   2015 IEEE International Magnetics Conference (INTERMAG)
4. Hur, N. Electric polarization reversal and memory in a multiferroic material induced by magnetic fields / N. Hur, S. Park, P. Sharma, J. Ahn, S. Guha, and S. Cheong. // Nature. – 2004. – V. 429. – P. 392–395.
5. Jia, T. Domain switching in single-phase multiferroics / T. Jia, Z. Cheng, H. Zhao, H. Kimura // Appl. Phys. Rev. – 2018. – V. 5. – P. 021102 (24).
6. Khomskii, D. Classifying multiferroics: Mechanisms and effects / D. Khomskii // Physics. – 2009. – V. 2. – P. 1 – 8.
7. Nan T. Acoustically actuated ultra-compact NEMS magnetoelectric antennas  
   T Nan, H Lin, Y Gao, A Matyushov, G Yu, H Chen, N Sun, S Wei, Z Wang, ...   
   Nature communications 8 (1), 296
8. Rambausek, M. Analytical Estimation of Non-Local Deformation-Mediated Magneto-Electric Coupling in Soft Composites. / Rambausek, M.; Keip, M.-A./ Proc. R. Soc. Math. Phys. Eng. Sci. 2018, 474, 20170803. [CrossRef] [PubMed]
9. Wang, J. Multiferroic Materials: Properties, Techniques, and Applications/ J. Wang, // Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group. Series: Series in Materials Science and Engineering, 2017. – 392 p.
10. Wang, K.F. Multiferroicity: the coupling between magnetic and polarization orders /K.F. Wang, J.-M. Liu, Z.F. Ren // Adv. Phys. – 2009. – Vol. 58. – P. 321-448.
11. Zhang, X. Liquid Metal Based Stretchable Magnetoelectric Films and Their Capacity for Mechanoelectrical Conversion. / Zhang, X.; Ai, J.; Ma, Z.; Yin, Y.; Zou, R.; Su, B. / Adv. Funct. Mater. 2020, 30, 2003680. [CrossRef]