

техники кручения под высоким давлением. Измерения проводились в магнитных полях до 3 Тл и в диапазоне температур от 50 до 350 К.

Авторы благодарят проекты Российского научного фонда №19-72-00047и №18-42-06201 и российский академический проект 5-100 Балтийского федерального университета им. И. Канта.

Список публикаций:

- [1] *Oliver Gutfleisch, Matthew A. Willard, Ekkes Bruck, Christina H. Chen, S.G. Sankar and Advanced Materials, 23, 7, 821 (2011).*
- [2] *S.V. Taskaev, M.D. Kuz'min, K.P. Skokov, D.Yu. Karpenkov, A.P. Pellenen, V.D. Buchelnikov and O. Gutfleisch, J. Magn. Magn. Mater., 331, 33 (2013).*
- [3] *S. Taskaev, K. Skokov, V. Khovaylo, D. Karpenkov, M. Ulyanov, D. Bataev, A. Dyakonov, and O. Gutfleisch, AIP ADVANCES, 8, 048103 (2018).*
- [4] *Sergey Taskaev, Konstantin Skokov, Dmitry Karpenkov, Vladimir Khovaylo, Maxim Ulyanov, Dmitriy Bataev, Alexander Dyakonov, Oliver Gutfleisch, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 479, 307-311 (2019).*

Исследование магнитоэлектрического эффекта в структурах Метглас/GaAs/Метглас и Метглас/SiC/Метглас

Кузьмин Евгений Валентинович

Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого

Петров Роман Валерьевич, д.ф.-м.н.

77774444@mail.ru

В последние годы интенсивно изучается магнитоэлектрический (МЭ) эффект в магнитоэлектрично-пьезоэлектрических структурах для создания различного рода высокочувствительных сенсоров нового поколения. В материалах такого рода МЭ эффект проявляется как результат взаимодействия магнитоэлектрической и пьезоэлектрической фаз компонентов, т.е. электрическая поляризация индуцируется внешним переменным магнитным полем в присутствии подмагничивающего поля – прямой МЭ эффект. Значение МЭ эффекта характеризуется МЭ коэффициентом по напряжению α . Практически, для расчета МЭ коэффициентов приходится решать множество сложных аналитических уравнений.

В большинстве монокристаллических магнитоэлектриков (Cr_2O_3 и др.) МЭ эффект незначителен и его величина не превышает 20 мВ/(см·Э), и наблюдается, как правило, при низких температурах или в больших магнитных полях, что ограничивает их практическое применение. Значительно больший по величине МЭ эффект обнаружен в композитных структурах, содержащих магнитоэлектрическую и пьезоэлектрическую фазы. Таким образом, использование композитных структур открывает широкие возможности для практического применения МЭ материалов [1].

В настоящее время, как за рубежом, так и в России большое внимание уделяется исследованию физических свойств материалов, характеризующихся несколькими типами упорядочения (сегнетоэлектрическим, ферромагнитным, упругим и т.п.), т.е. мультиферроиков [1-3]. Это обусловлено возможностью использования мультиферроиков для создания многофункциональных электронных устройств. Взаимодействие между различными параметрами упорядочения в мультиферроиках может приводить к новым эффектам, например к магнитоэлектрическому (МЭ) эффекту. Композиционные МЭ мультиферроики, содержащие пьезоэлектрическую и магнитоэлектрическую фазу, обладают гигантским МЭ эффектом при комнатной температуре по сравнению с однофазными МЭ материалами, что делает их перспективными для технических применений. В материалах такого рода МЭ эффект проявляется как результат взаимодействия магнитоэлектрической и пьезоэлектрической фаз компонентов. Электрическая поляризация индуцируется внешним переменным магнитным полем в присутствии подмагничивающего поля, или индуцированная намагниченность появляется при приложении электрического поля. Количественно МЭ эффект характеризуется МЭ коэффициентом по напряжению α_E , равным отношению индуцированного переменного электрического поля к приложенному магнитному переменному полю в условиях разомкнутой электрической цепи. Величина коэффициента определяется геометрией, магнитными, диэлектрическими и механическими параметрами составляющих её компонентов и частотой магнитного поля [3-5].

Измерения проводились на измерительном стенде, включающем в себя генератор сигналов Hameg NMF2550, постоянный магнит, катушку индуктивности, осциллограф Hameg HMO722 и магнитометр. Стенд работает следующим образом: на катушку индуктивности подается сигнал генератора, который создает переменное магнитное поле H_{\sim} , величиной в 1 Э. Далее, постоянным магнитом создается оптимальное постоянное магнитное поле, которое составляет 30 Э (поле смещения). В результате поперечного магнитоэлектрического эффекта создается переменный электрический сигнал, который фиксируется осциллографом.

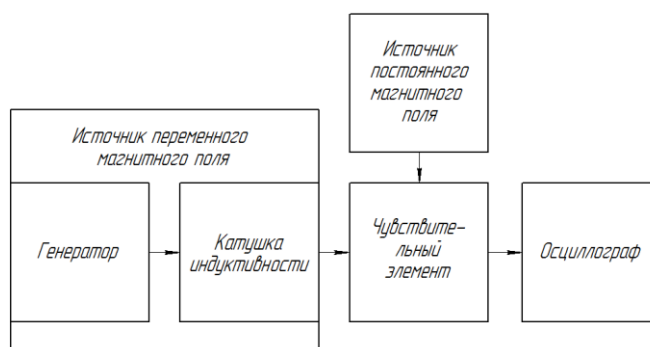


рис. 1. Структурная схема измерительного стенда

В данной работе исследовались слоистые структуры, состоящие из полупроводниковых пьезоэлектрических материалов GaAs [001] (толщиной 0,5 мм) и гексагональный политип 4H-SiC [0001] (толщиной 0,35 мм) с размерами 25x5 мм и обкладок Метгласа переменной толщины, которые одновременно служат электродами. Пластины Метгласа соединялись с полупроводниковыми материалами GaAs и SiC посредством клея, толщина клеевого слоя не превышает 1 мкм. С каждой стороны образца приклеены по 3 пластины Метгласа, внешняя пластина на 5 мм длиннее, для пайки выводов. Конструкции Метглас/GaAs/Метглас и Метглас/SiC/Метглас исследуемых МЭ элементов приведены на (рис. 2).

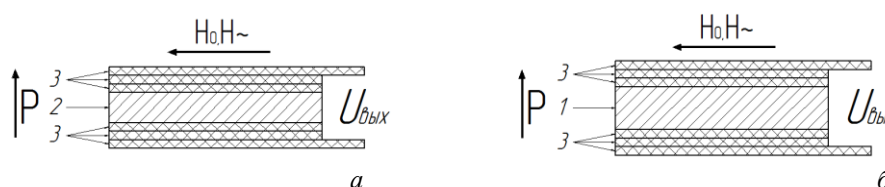


рис. 2. Конструкции Метглас/SiC/Метглас элементов: а – SiC структура; б – Метглас/GaAs/Метглас структура

Полученные результаты измерений представлены на (рис.3).

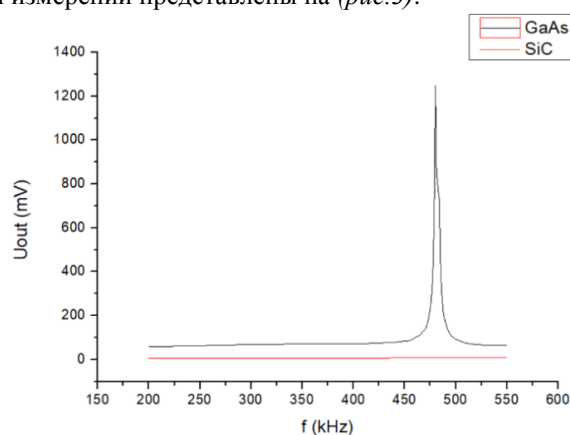


рис. 3. График зависимости выходного напряжения от частоты в исследуемых структурах

Из выше представленного графика видно, что резонансная частота составила 480,2 кГц для структуры Метглас/GaAs/Метглас, величина МЭ коэффициента по напряжению составила 2,5 В/(см²·Э).

В результате проведенных экспериментальных исследований на измерительном стенде (рис. 1) МЭ эффект наблюдался только в структуре Метглас/GaAs/Метглас. Исследованы структуры Метглас/GaAs/Метглас в области электромеханического резонанса и структуры Метглас/SiC/Метглас.

Список публикаций:

- [1] M.I. Bichurin, V.M. Petrov, and G. Srinivasan. Modeling of magnetoelectric effect in ferromagnetic/piezoelectric multilayer composites // *Ferroelectrics*, vol. 280, pp. 165–175, 2002.
- [2] M.I. Bichurin, V.M. Petrov, and G. Srinivasan. Theory of low-frequency magnetoelectric effects in ferromagnetic-ferroelectric layered composites // *Journal of Applied Physics*, vol. 92, no. 12, pp. 7681–7683, 2002.
- [3] Magnetoelectricity in Composites // Eds. M. Bichurin and D. Viehland / Pan Stanford Publishing, Singapore 2011. – 286 p.
- [4] Бичурин М.И., Петров Р.В., Соловьев И.Н., Соловьев А.Н. Исследование магнитоэлектрических сенсоров на основе пьезокерамики ЦТС и Метгласа // *Современные проблемы науки и образования*. – 2012. – № 1.
- [5] Петров В.М., Бичурин М.И. Магнитоэлектрический эффект в симметричных и асимметричных магнитоэлектрических слоистых структурах // *Современные проблемы науки и образования*. – 2013. – № 4.