

МАГНЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ СТЕКЛОКЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАНГАНИТОВ.

Васильев А.В., Елисеев А.А., Казин П.Е.

*Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, кафедра неорганической химии,
Факультет наук о материалах МГУ имени М.В. Ломоносова*

В современной технике широко используются магнеточувствительные системы и устройства, такие как считывающие головки для магнитной записи высокой плотности, металлодетекторы, компасы, датчики линейных и угловых перемещений, температуры, болометры.

Известно, что материалом для производства магнитной части пластин винчестеров является сплав CoPtCrB [1,2], а в качестве чувствительного материала считывающей головки используют сплав пермаллой. Однако у этих веществ есть ряд недостатков, например средний размер магнитных частиц CoPtCrB составляет порядка 15 нм, а разница магнетосопротивлений пермаллоевой ячейки считывающей головки в состояниях «0» и «1» не превышает 6 %.

Для изготовления наиболее чувствительных материалов необходимо получать образцы с равномерным распределением магнитных частиц, обладающих хорошими контактами между собой, в немагнитной матрице.

Разработчики вычислительных машин и персональных компьютеров, в последнее время ставят перед материаловедами задачи по улучшению характеристик ферромагнитных материалов используемых для изготовления носителей и считывателей информации. Известно, что материалом для производства магнитной части пластин винчестеров является сплав CoPtCrB [1,2], а в качестве чувствительного материала считывающей головки используют сплав пермаллой. Однако у этих веществ есть ряд недостатков, например средний размер магнитных частиц CoPtCrB составляет порядка 15 нм, а разница магнетосопротивлений пермаллоевой ячейки считывающей головки в состояниях «0» и «1» не превышает 6 %.

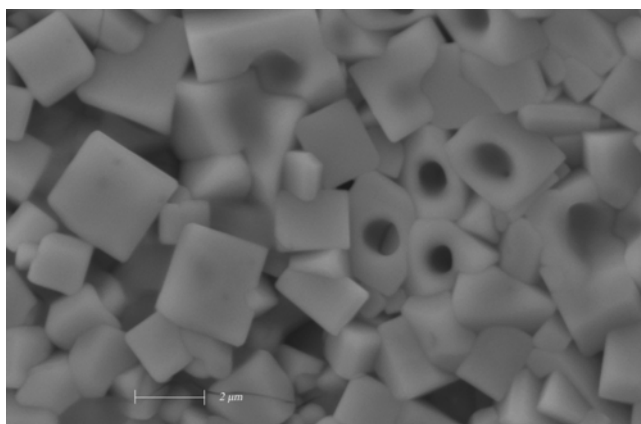
Путем решения проблемы недостаточной магнеточувствительности пермаллоя может быть применение композитов на основе манганита. Манганит обладает собственным магнетосопротивлением [3], а на границах раздела частиц манганита наблюдается туннельное магнетосопротивление [4,5]. При этом величину магнетосопротивления можно увеличить за счет контроля толщины диэлектрической прослойки между проводящими ферромагнитными частицами. Не в последнюю очередь на величину магнетосопротивления влияет размер частиц манганита [6]. Так можно варьировать зависимость магнетосопротивления от приложенного магнитного поля в композите в широком интервале величин, изменяя размер кристаллитов. В ряде работ исследовали процессы формирования манганита при кристаллизации оксидного стекла, с целью получения магнеторезистивных композитов [7,8].

Для этого были синтезированы образцы номинальных составов:

$\text{La}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{MnO}_3 \cdot n\text{SrB}_2\text{O}_4$ (где $n = 0,32; 0,56; 0,86; 1,00; 1,10; 1,30; 1,59; 1,95$) и $\text{La}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{MnO}_3 \cdot m(\text{LaBO}_3 + \text{SrB}_2\text{O}_4)$ (где $m = 0,7; 1; 1,1; 1,2$). Исходную механическую смесь оксидов после предварительного отжига плавил плазменной дуговой горелкой, капли расплава закалялись между вращающимися металлическими волками. Далее образцы были подвергнуты термической обработке при температурах 850 - 1000°C.

Полученные образцы стеклокерамики были исследованы методами рентгенофазового анализа, магнитометрии (на весах Фарадея), сканирующей электронной микроскопии, так же было исследовано относительное магнетосопротивление при различных полях и температурах.

Намагниченность образцов закономерно увеличивается с содержанием манганита лантана-стронция, однако в области составов с содержанием немагнитной фазы в интервале 0,86-1 мольных долей наблюдается уменьшение величин (при этом составы становятся диэлектриками).



Микрофотография стеклокерамического образца. Манганит лантана-стронция – светлые области, борат стронция – темные.

Магнеторезистивные измерения показали ряд закономерностей. Так композиты с высоким содержанием $\text{La}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{MnO}_3$ обладают высоким относительным отрицательным магнетосопротивлением при комнатной температуре, достигая значений до 6,2% при 1000 Э.

Высокие значения магнеторезистивного эффекта, при температурах близких к 300 К, наиболее важны, поскольку большинство устройств работают при комнатной температуре. При этом, еще одной немаловажной характеристикой является магнеточувствительность, т.е. отношение магнетосопротивления к приложенному магнитному полю. Чем выше эта характеристика, тем более чувствительный датчик или сенсор можно изготовить. Для комнатной температуры наибольшую магнеточувствительность проявляет композит состава $\text{La}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{MnO}_3 + 0,32\text{SrB}_2\text{O}_4$, для которого описываемая величина составляет не менее 0,007 % на Э в полях от 500 до 1000 Э.

Характер изменения магнеторезистивного эффекта в композитах при 77 К имеет несколько более сложный вид. Так при увеличении содержания манганита с 0,43 до 0,5 мольных долей, происходит увеличение магнетосопротивления с 7,26 % до 11,34% при 2000 Э. Основной вклад в эффект при 77 К вносит туннельное магнетосопротивление. На

первый взгляд при увеличении содержания бората стронция туннельное магнетосопротивление должно становиться больше, поскольку увеличивается количество контактов манганита с прослойкой бората. Но на самом деле при содержании манганита ниже 40 % прослойки непроводящего бората стронция между проводящими кристаллитами манганита становятся толще критической величины, что приводит к тому, что образец в целом становится не проводящим.

Стоит заметить, что образец состава $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3+0,56\text{SrB}_2\text{O}_4$ характеризуется высокими значениями магнетосопротивления в широком интервале температур. Так при 297К и приложенном магнитном поле 1000Э магнетосопротивление составляет 5.33 %, а при 77К и 2000Э достигает 5.67 %. Такого рода магнеторезистивные композиты позволяют использовать их в различных устройствах, такие как считывающие головки для магнитной записи высокой плотности, металлодетекторы, компасы, датчики линейных и угловых перемещений, температуры, болометры, при различных температурах.