

Двухчастотное выходное напряжение, генерируемое с помощью ЦАП платы сбора данных ПСД, поступает на обмотку возбуждения ОВ вихретокового преобразователя ВТП. Начальное напряжение измерительной обмотки ОИ компенсируется сигналом, поступающим с компенсационной обмотки ОК. Полученные вносимые напряжения поступают на плату сбора данных ПСД, далее сигналы поступают на персональный компьютер ПК, где производится обработка сигналов.

Таким образом, вихретоковый толщиномер позволяет проводить контроль, полностью удовлетворяя требованиям нормативной документации.

### **Список информационных источников**

1. Попов А.Н., Спивак А.И., Акбулатов Т.О. и др. Технология бурения нефтяных и газовых скважин: Учеб. Для вузов. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2003 – 509 с.

2. Супанжи В.В. Эффективность применения алюминиевых бурильных труб при бурении скважин на нефть и газ // Бурение и нефть. – 2012.- №6 – 7. – 46 с.

3. Вадецкий Ю.В. Бурение нефтяных и газовых скважин: Учебник для нач. проф. Образования – М: «Академия», 2003. – 352 с.

4. Неразрушающий контроль. Справочник. Под ред. В.В. Клюева, т.2, в 2-х кн. Кн. 1: Контроль герметичности. Кн. 2: Вихретоковый контроль. – М.: Машиностроение, 2003. – 688 с.

5. Якимов Е. В., Гольдштейн А. Е., Булгаков В. Ф., Алхимов Ю. В., Белянков В. Ю. Измерение толщины стенки электропроводящих труб вихретоковым методом при значительных изменениях зазора // Контроль. Диагностика. - 2014 - №. 11. - С. 14-18

## **ВЛИЯНИЕ НАМАГНИЧЕННОСТИ ФЕРРИТОВ НА МАГНИТОФАЗОВЫЙ ПЕРЕХОД ПРИ ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЯХ**

*Фидченко М.В., Лысенко Е.Н.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Суржиков А.П., д. ф.-м. н., заведующий  
кафедрой физических методов и приборов контроля качества*

Проблема оценки фазового состава многокомпонентных магнитных материалов из-за невозможности корректного разложения

рентгеновских отражений фаз с близкими параметрами решетки в материалах такого рода приводит к необходимости разработки дополнительного метода контроля фазового состава. Одним из таких методов является термомагнитометрический анализ, основанный на термогравиметрических (ТГ) измерениях в магнитном поле.

Как известно, при нагревании ферритовых материалов в магнитном поле при термогравиметрических измерениях на ТГ кривой наблюдается весовой скачок ( $\Delta m$ ) в области магнитофазового перехода, определяющий температуру перехода из магнитного в парамагнитное состояние исследуемого материала. По деривативной ТГ кривой (ДТГ) можно с достаточно высокой точностью определить температуру Кюри образца.

Возможности ТГ метода продемонстрированы в ряде работ как на качественном [1], так и на количественном уровне [2], а также установлена чувствительность данного метода для контроля магнитофазового перехода для разных систем, состоящих из магнитных и немагнитных фаз [3].

Данная работа направлена на выявление закономерности изменения магнитофазового перехода для литиевых ферритов с различной намагниченностью насыщения.

В качестве исследуемых материалов были выбраны литиевые ферриты составов  $\text{LiFe}_5\text{O}_8$ ,  $\text{Li}_{0.6}\text{Fe}_{2.2}\text{Ti}_{0.2}\text{O}_4$ ,  $\text{Li}_{0.75}\text{Fe}_{1.75}\text{Ti}_{0.5}\text{O}_4$ , которые были изготовлены методом твердофазного синтеза на воздухе в лабораторной печи. После проведения операции синтеза образцы исследовались на дифрактометре ARL X'Tra для уточнения фазового состава исследуемых образцов. Измерение намагниченности ( $M_s$ ) проводили при комнатной температуре на вибрационном магнитометре в магнитном поле с амплитудой 10 кЭ.

Термогравиметрические измерения исследуемых образцов литиевых ферритов осуществлялись с помощью термического анализатора STA 449C Jupiter фирмы Netzsch чувствительностью весов 0.1 мкг (см. рис. 1). Для контроля за магнитным состоянием образцов с внешней стороны измерительной ячейки в режиме охлаждения прикладывалось поле постоянных магнитов ( $H \sim 5$  Э).

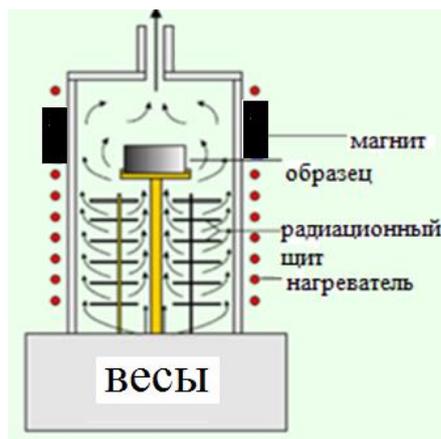


Рисунок 1 – Схема весовой части термического анализатора

На рисунках 2-4 представлены ТГ/ДТГ зависимости при контролируемом нагреве исследуемых образцов. Видно, что при нагреве ферритов наблюдаются весовые скачки в области температуры Кюри, значения которых показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики литиевых ферритов

Состав	$M_s$ , Гс	$T_c$ , °С	$\Delta m$ , %
$LiFe_5O_8$	310	631	0.42
$Li_{0.6}Fe_{2.2}Ti_{0.2}O_4$	210	534	0.36
$Li_{0.75}Fe_{1.75}Ti_{0.5}O_4$	120	374	0.24

Анализ литературы показал, что увеличение содержания ионов титана в литиевом феррите приводит к уменьшению температуры Кюри и удельной намагниченности литий-титановых ферритов [4]. Измеренные значения намагниченности насыщения для исследуемых образцов имеют близкое значение к литературным данным по литий замещенным ферритам. К тому же данные значения уменьшаются с увеличением содержания ионов титана в литиевом феррите.

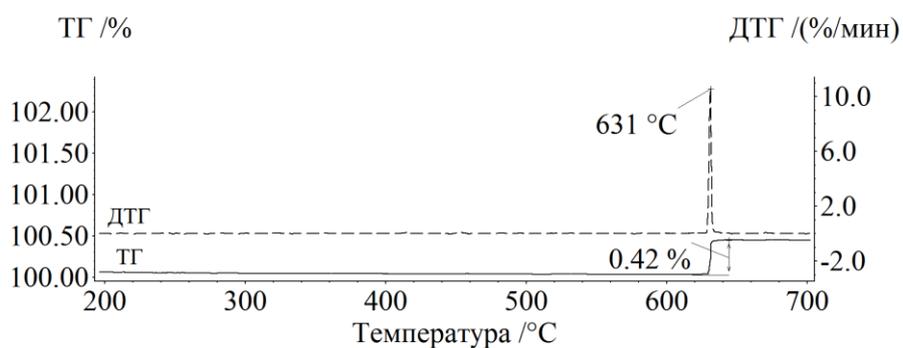


Рисунок 2 – ТГ/ДТГ зависимости при нагреве образца  $LiFe_5O_8$

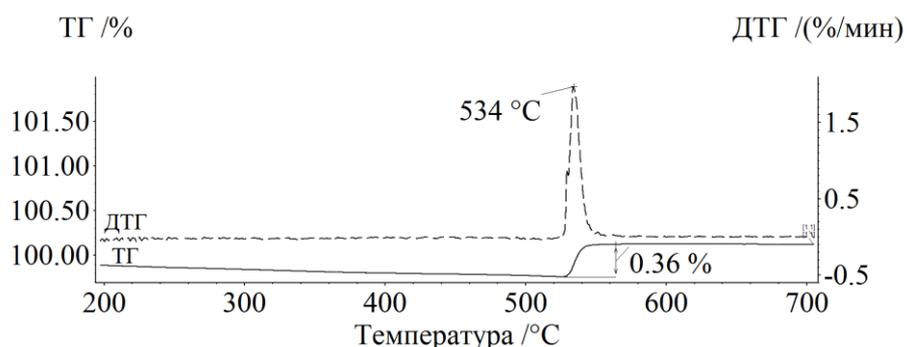


Рисунок 3 – ТГ/ДТГ зависимости при нагреве образца  $\text{Li}_{0.6}\text{Fe}_{2.2}\text{Ti}_{0.2}\text{O}_4$

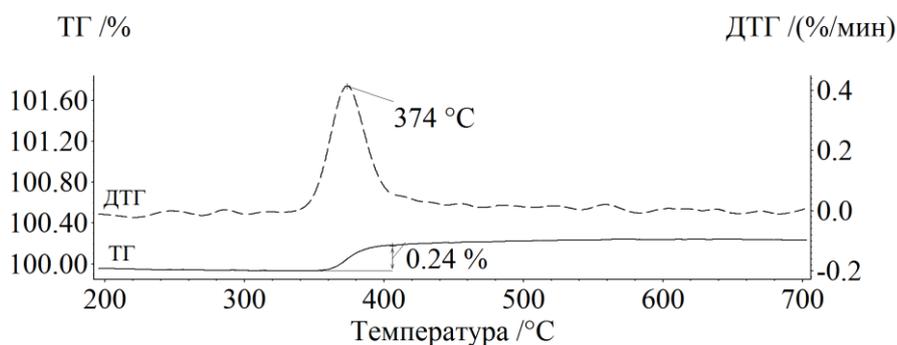


Рисунок 4 – ТГ/ДТГ зависимости при нагреве образца  $\text{Li}_{0.75}\text{Fe}_{1.75}\text{Ti}_{0.5}\text{O}_4$

Из результатов следует, что температура Кюри ферритов также уменьшается с увеличением содержания ионов титана. Значения температур Кюри согласуются с литературными данными для данных составов.

В работе установлено, что с уменьшением намагниченности литиевых ферритов уменьшается высота весового скачка на ТГ кривой. Зависимость высоты весового скачка от намагниченности ферритов приведена на рис. 5. Погрешность измерения была рассчитана по 5 образцам и составила около 7 %.

Таким образом, предварительные результаты показали линейную зависимость высоты весового скачка от намагниченности ферритов. Однако, данная работа требует продолжения с целью увеличения точек на данной зависимости и уменьшения погрешности эксперимента.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках государственного задания в сфере научной деятельности.*

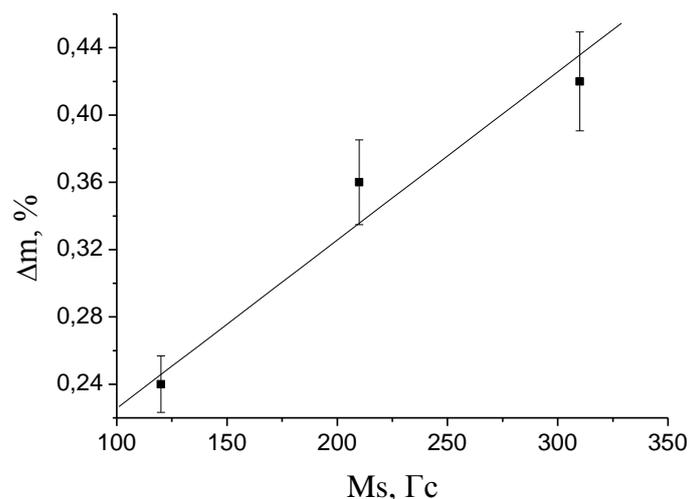


Рисунок 5 – Зависимость высоты весового скачка от намагниченности ферритов

### Список информационных источников

1. Surzhikov A.P., Pritulov A.M., Lysenko E.N., Vlasov V.A., Vasendina E.A., Malyshev A.V. Analysis of the phase composition and homogeneity of ferrite lithium-substituted powders by the thermomagnetometry method // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. – 2013 – Vol. 112. – P. 739-745.

2. Astafyev A.L., Lysenko E.N., Surzhikov A.P., Neudahina N.A. Development of control method for ferrite phase composition using thermomagnetometric analysis // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2014. – Vol. 66. – 012037.

3. Astafyev A.L., Lysenko E.N., Surzhikov A.P. Estimation of thermomagnetometry method sensitivity for magnetic phase determination // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering – 2016.-Vol. 110. – 012090.

4. White G.O, Patton C.E. Magnetic properties of lithium ferrite microwave materials // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 1978. V.9. – P. 299.