

10

## **Регулируемая линия задержки акустических волн на температурно-управляемом фазовом переходе в манганите**

© А.В. Голенищев-Кутузов, В.А. Голенищев-Кутузов,  
И.Р. Исмагилов, Р.И. Калимуллин,  
А.А. Потапов, А.В. Семенников

Казанский государственный энергетический университет  
E-mail: kalru@newmail.ru

Поступило в Редакцию 13 мая 2014 г.

Продемонстрирована возможность использования термически перестраиваемого структурного фазового перехода в лантан-стронциевом манганите для управления временем задержки высокочастотных акустических волн. Показана возможность регулирования времени задержки в пределах 10% в частотном диапазоне 10–1000 MHz.

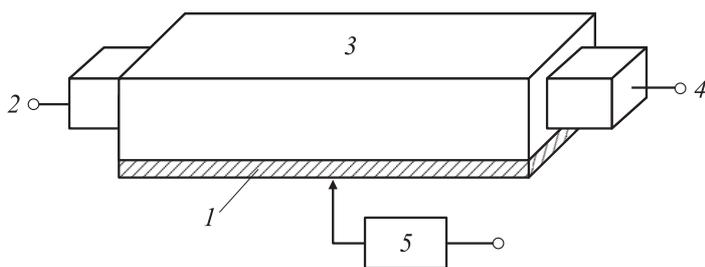
Регулируемые акустические линии задержки и фильтры нашли широкое применение в различных радиоэлектронных системах обработки информационных сигналов [1]. В их большинстве для изменения времени задержки использован принцип регулирования скорости распространения акустических волн посредством каких-либо внешних полей или воздействий. В частности, в работе [2] изменение скорости акустических волн происходит за счет температурной деформации профиля или длины пьезоэлектрического звукопровода. Недостатком таких способов является невозможность перестройки более чем на 1% от номинала при изменении температуры в интервале ( $-40 - +60^{\circ}\text{C}$ ), а также большая температурная нелинейность изменения параметров звукопровода.

В более ранней работе [3] использован принцип изменения скорости распространения акустических волн, в частности, за счет применения звукопровода из полидоменного монокристалла молибдата гадолиния, содержащего 2 сегнетоэлектрических домена, разделенные доменной границей. На доменной границе происходит трансформация входной

продольной акустической волны на 2 волны: продольную и поперечную, отличающиеся своими скоростями. Пространственное перемещение плоской доменной границы вдоль звукопровода приложенным электрическим полем приводит к взаимному изменению размеров доменов и соответственно изменению времени распространения акустического сигнала по звукопроводу. Недостатком этой работы является то обстоятельство, что в выходном пьезопреобразователе необходимо выделять сигнал чисто поперечной волны и не преобразовывать сигнал продольной волны. Поэтому устройство может работать только на объемных волнах определенного типа.

В нашей статье изложен новый способ построения и реализации регулируемой линии задержки, основанной на обнаруженном нами ранее [4] эффекте резкого температурного изменения упругих модулей в лантан-стронциевом манганите вблизи структурного фазового перехода. Как показали наши предварительные эксперименты, для монокристаллов слабодопированных манганитов состава  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$  с концентрациями стронция в пределах  $0.12 < x < 0.18$  изменение температуры не более чем на  $10^\circ\text{C}$  создает диапазон перестройки скорости более чем на 10% от номинала. При этом фазовый переход происходит вблизи температуры 280–310 К. Высокая акустическая добротность монокристаллов манганитов позволяет использовать регулируемую линию задержки для объемных и поверхностных акустических волн в частотном диапазоне 10–1000 МГц при комнатных температурах.

На рис. 1 представлена функциональная схема регулируемой линии задержки. Входной радиочастотный сигнал поступает на вход 2, а затем в виде акустического сигнала распространяется через звукопровод 3 и на выходном пьезопреобразователе 4 снова преобразуется в задержанный по времени радиочастотный сигнал. Регулирование времени распространения сигнала осуществляется путем изменения температуры звукопровода. Блок изменения температуры 5 состоит из термоэлектрического преобразователя, источника питания и датчика времени задержки. В зависимости от требуемого времени задержки радиосигнала на термоэлектрическом преобразователе задается необходимая температура, соответствующая требуемой скорости распространения акустической волны. Установленное время задержки поддерживается блоком обратной связи путем регулирования температуры звукопровода.

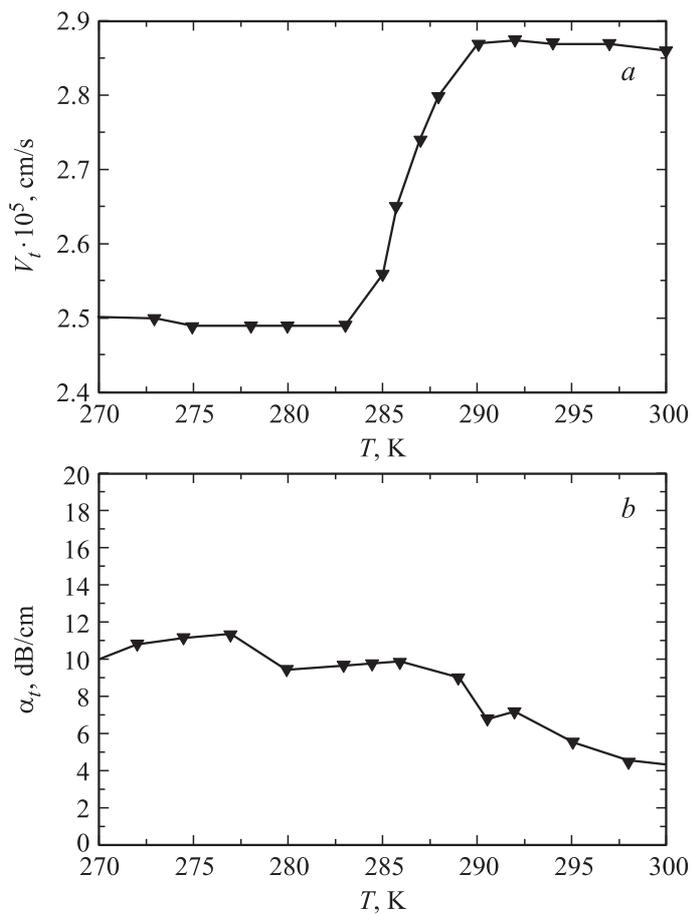


**Рис. 1.** Регулируемая линия задержки: 1 — подложка; 2 — входной пьезопреобразователь; 3 — звуковод; 4 — выходной пьезопреобразователь; 5 — блок изменения температуры.

Измерение и поддержание температуры звукопровода осуществляется с помощью уже известных приборов и способов, а именно, контактного датчика температуры — аналогового электронного устройства, преобразующего температуру в электрический сигнал, регулирующий работу термоэлектрического элемента (микроохладители ТЭМО-7).

Как показали проведенные авторами эксперименты, путем изменения температуры звукопровода на монокристалле  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$  ( $x = 0.175$ ) в интервале 290–300 К было установлено изменение скорости поперечных объемных акустических волн с частотой 700 МГц на 14%. При этом относительное изменение затухания составило 5% в данном интервале изменения температуры при среднем затухании в 10 dB/cm и точности регулирования температуры порядка 0.1°C (рис. 2).

В данном эксперименте в качестве звукопровода использовался монокристалл манганита в виде прямоугольного параллелепипеда с плоскопараллельными торцами и размерами  $6 \times 3 \times 12$  mm. Использовались пьезопреобразователи из ниобата лития, генерирующие поперечную акустическую волну с частотой 760 МГц в виде коротких импульсов с длительностью 0.5  $\mu\text{s}$ . При изменении температуры от 290–285 К наблюдалось изменение времени прохождения импульсов по образцу на 1.2  $\mu\text{s}$ . Подобное регулирование скорости поперечных объемных акустических волн с помощью изменения температуры было достигнуто и на образцах слабодопированных лантан-стронциевых манганитов с концентрацией стронция  $x = 0.15$  и 0.17. Температур-



**Рис. 2.** Температурные зависимости скорости (а) и затухания (b) поперечной акустической волны вблизи структурного фазового перехода в образце  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$  ( $x = 0.175$ ).

ные интервалы регулирования скорости сдвигались от (305–325 К) до (285–295 К) соответственно для  $x = 0.15$  и  $x = 0.17$  при практически одинаковых изменениях скорости и затухания акустических волн.

Таким образом, нами был предложен и реализован новый способ регулирования времени задержки поверхностных и объемных акустических волн с помощью использования образцов слабодопированных лантан-стронциевых манганитов вблизи температурно-перестраиваемого фазового перехода.

## Список литературы

- [1] Гуляев Ю.В. // УФН. 2005. Т. 175. № 8. С. 887–895.
- [2] Дмитриев В.Ф., Мансфельд Г.Д., Пустовойт В.И. // ЖТФ. 2007. Т. 77. В. 8. С. 101–108.
- [3] Патент № 2101853. 1994. кл. Н03Н9/30.
- [4] Богданова Х.Г., Булатов А.Р., Голенцев-Кутузов А.В., Голенцев-Кутузов В.А., Калимуллин Р.И., Потапов А.А. // ФТТ. 2011. Т. 53. В. 11. С. 2149–2151.