

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°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.

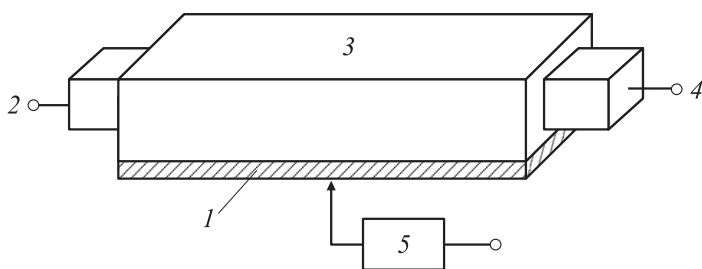


Рис. 1. Регулируемая линия задержки: 1 — подложка; 2 — входной пьезопреобразователь; 3 — звуковод; 4 — выходной пьезопреобразователь; 5 — блок изменения температуры.

Измерение и поддержание температуры звуковода 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 звуковода 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 звуковода 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-

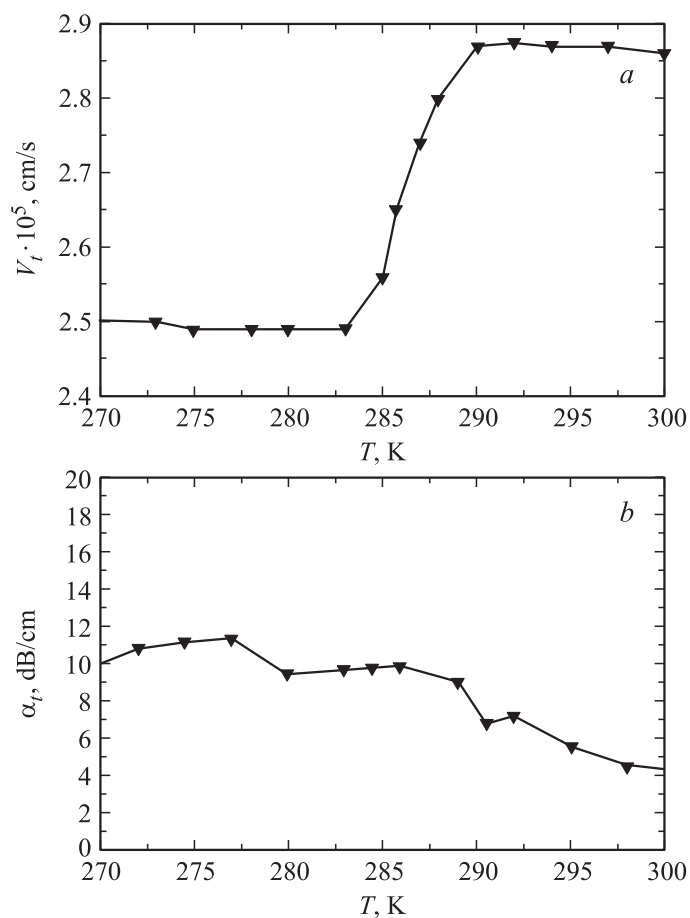


Рис. 2. Температурные зависимости скорости (а) и затухания (b) поперечной акустической волны вблизи структурного фазового перехода в образце $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ ($x = 0.175$).

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.