

УДК 621.372.85

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НАПРАВЛЕННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ВСТРЕЧНО-ШТЫРЕВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НА НЕОДНОРОДНО ПОЛЯРИЗОВАННОМ ЗВУКОПРОВОДЕ

В.Г. БАСОВ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь

Поступила в редакцию 11 декабря 2012

С применением теории связанных волн получена оценка эффективности направленного излучения встречно-штыревого преобразователя, выполненного с неоднородной поляризацией пьезозвукопровода и возбуждающего акустические источники фазовым сдвигом 90° .

Ключевые слова: возбуждение, поверхностные акустические волны, направленность излучения, пьезозвукопровод.

Введение

Широко применяемый для построения акустоэлектронных устройств встречно-штыревой преобразователь (ВШП), расположенный на звукопроводе с однородной поляризацией, характеризуется двунаправленным возбуждением поверхностной акустической волны (ПАВ). ВШП, кроме потерь на преобразование электрической энергии в энергию акустических волн, вносит дополнительные потери, связанные с двунаправленным возбуждением. Для устранения указанного свойства применяются различные способы получения однонаправленного возбуждения. Одним из таких способов является последовательное расположение двух ВШП, соединенных между собой фазосдвигающим звеном, который обеспечивает относительный сдвиг фазы на угол $\varphi = 90^\circ$. Продолжением этого метода является «вложение» одного ВШП в структуру другого, а также применение трехфазного преобразователя [1]. Однако все эти способы получения однонаправленного возбуждения приводят к увеличению протяженности структуры ВШП, что сопровождается уменьшением эффективности и полосы частот возбуждения ПАВ.

В случае неоднородной поляризации пьезокерамического звукопровода при возбуждении ВШП последним формируются периодические акустические источники, сдвинутые по фазе на 90° [2]. Наличие таких акустических источников позволяет создавать структуры ВШП с определенной направленностью возбуждения ПАВ. В данной работе проведена оценка эффективности направленного возбуждения ВШП, расположенного на пьезозвукопроводе с неоднородной поляризацией.

Теоретический анализ

Для оценки эффективности направленного излучения ВШП с неоднородной поляризацией пьезозвукопровода рассмотрим некоторую пару разнополярных электродов 1 и 2 ВШП, которые формируют по паре акустических источников A_1 и B_1 , A_2 и B_2 с фазовым сдвигом 90 градусов, возбуждающих парциальные акустические волны u_1 и u_2 , распространяющиеся в положительном (индекс «+») и отрицательном (индекс «-») направлениях (рис. 1).

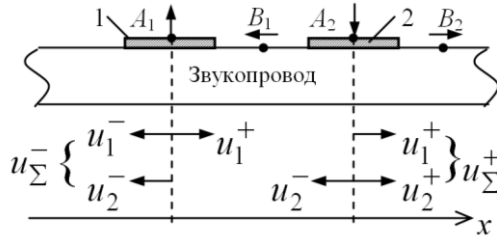


Рис. 1. Возбуждение парциальных волн ВШП в пьезоупругом волноводе с неоднородной поляризацией

Тогда суммарные составляющие этих волн u_{Σ}^{-} и u_{Σ}^{+} можно определить, применив для решения такой задачи теорию связанных волн [3]. Для волн, распространяющихся соответственно в положительном и отрицательном направлениях, получим

$$\begin{cases} \frac{\partial u_1^+}{\partial x} - jk_1 u_1^+ = j\alpha u_2^+ \\ \frac{\partial u_2^+}{\partial x} - jk_2 u_2^+ = j\alpha u_1^+ \end{cases}, \quad (1)$$

$$\begin{cases} \frac{\partial u_1^-}{\partial x} - jk_1 u_1^- = j\alpha u_2^- \\ \frac{\partial u_2^-}{\partial x} - jk_2 u_2^- = j\alpha u_1^- \end{cases}, \quad (2)$$

где k_1 и k_2 – постоянные распространения указанных волн, создаваемых акустическими источниками A_1 и B_1 ; α – коэффициент связи между этими волнами.

Проводя решение системы уравнений (1) и (2) в предположении, что

$$u_{1,2}^{\pm} = a_{1,2} \exp(\gamma_{\pm} x), \quad (3)$$

где γ_{\pm} – постоянные распространения парциальных акустических волн с амплитудами $a_{1,2}$ – возбуждаемые акустическими источниками A_1 и B_1 , и распространяющимися в положительном и отрицательном направлениях вдоль оси x , получим суммарные значения u_{Σ}^{+} и u_{Σ}^{-} в следующем виде

$$u_{\Sigma}^{+} = a_1 \exp\left(-j\frac{\pi}{2}\right) \exp(\gamma_+ x) + a_2 \exp(-j\varphi_{\ell}) \exp(\gamma_+ x), \quad (4)$$

$$u_{\Sigma}^{-} = a_1 \exp\left(-j\frac{\pi}{2}\right) \exp(-j\varphi_{\ell}) \exp(\gamma_- x) + a_2 \exp(\gamma_- x), \quad (5)$$

где φ_{ℓ} – фазовый сдвиг между акустическими источниками A_1 и B_1 .

В анализируемом случае выполняется условие $\gamma_- = \gamma_+$ и коэффициент направленного излучения N_n [4] может быть определен как

$$N_n = \frac{u_{\Sigma}^{+} - u_{\Sigma}^{-}}{u_{\Sigma}^{+}} = 1 - \frac{1 + P \exp\left[-j\left(\frac{\pi}{2} + \varphi_{\ell}\right)\right]}{1 + P \exp\left[-j\left(\frac{\pi}{2} - \varphi_{\ell}\right)\right]}, \quad (6)$$

где $P = \frac{a_1}{a_2}$.

Амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) анализируемого ВШП для отрицательного (индекс «-») и положительного (индекс «+») направлений распространения парциальных акустических волн определяются соотношениями

$$H^-(f) = \sum_{n=1}^M u_{zn}^- \exp(-j\gamma_{-x}), \quad (7)$$

$$H^+(f) = \sum_{n=1}^M u_{zn}^+ \exp(+j\gamma_{+x}), \quad (8)$$

где M – количество электродов ВШП.

Результаты расчетов

Используя выражение (6), были рассчитаны графики коэффициента направленности N_n в зависимости от отношения амплитуд P парциальных акустических волн a_1 и a_2 при различных фазовых сдвигах между ними φ_ℓ (рис. 2). Из графиков рис. 2 следует, что наибольший коэффициент направленного излучения ВШП будет в случае, когда $P = 1$, т.е. амплитуды парциальных акустических волн равны $a_1 = a_2$, и имеют фазовый сдвиг $\varphi_\ell = \pi/2$.

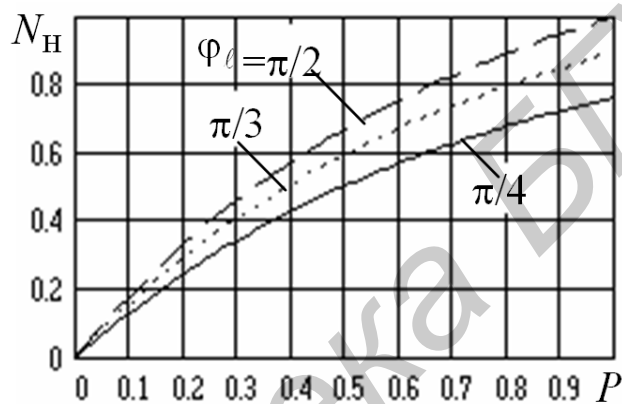


Рис. 2. Зависимость коэффициента направленности N_n от фазового угла φ между парциальными волнами

Рассчитанные по (7, 8) АЧХ для ВШП, расположенного на пьезозвукопроводе с неоднородной поляризацией, показаны на рис. 3, где сплошной линией изображена АЧХ в случае распространения ПАВ в положительном, а пунктирной в отрицательном направлениях.

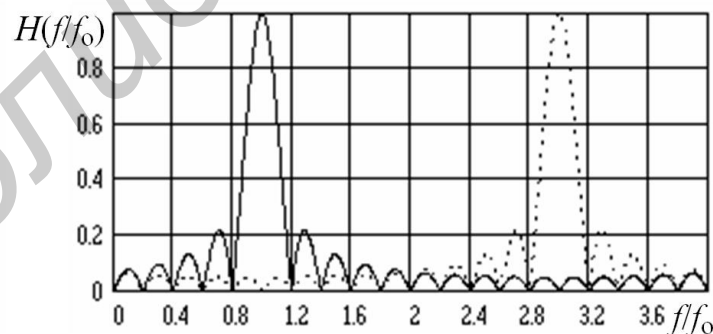


Рис. 3. Частотные зависимости коэффициента передачи $H(f/f_0)$ от направления распространения ПАВ

Анализ графиков рис. 3 показывает, что на основной частоте возбуждения ПАВ имеется АЧХ только для положительного направления, а для отрицательного направления на этой частоте частотная характеристика не формируется, что указывает на то, что излучение отсутствует. Из рассмотренных графиков следует, что применение пьезозвукопроводов на основе пьезокерамик с неоднородной поляризацией последних позволяет формировать многофазные структуры ВШП, которые обладают однонаправленным излучением ПАВ. Применение таких структур для построения устройств на ПАВ позволяет снизить вносимые ими потери до 6 дБ без увеличения протяженности структур ВШП.

Заключение

Применение на практике неоднородной поляризации пьезокерамических звук-проводов позволяет широко использовать их для построения фильтрующих устройств с меньшими вносимыми потерями по сравнению с обычно распространенными ВШП с однородной поляризацией пьезозвукопровода.

EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF DIRECTIONAL RADIATION INTERDIGITAL TRANSDUCER ON INHOMOGENEOUSLY POLARIZED ACOUSTIC LINE

V.G. BASOV

Abstract

With application of connected waves theory the evaluation of directed radiation efficiency of interdigital executed by inhomogeneous polarization piezosoundlead transducer exciting acoustic sources with a phase shift 90 degrees has obtained.

Список литературы

1. *Речицкий В.И.* Акустоэлектронные радиокомпоненты. Схемы, топология, конструкции. М., 1987.
2. *Басов В.Г., Синица В.Н.* // Радиотехника и электроника: Сборник научных трудов. 2000. Вып. 25. С. 125–128.
3. *Басов В.Г., Чиркин Н.М.* // Известия АН БССР, сер. Физико-техническая. 1972. № 3. С. 114–120.
4. *Басов В.Г., Синица В.Н., Лайков Г.Д.* // Радиотехника и электроника. 1988. Вып. 17. С. 55–58.