

- [1] H a l s e y T.C., J e n s e n M.H. - Physica D, 1986, v. 23, p. 112-117.
- [2] G r a s b e r g e r P., P r o c a s s i a I. - Phys. Rev. Lett., 1983, v. 55, N 5, p. 346-349.
- [3] P a w e l z i k K., S c h u s t e r H.G. - Phys. Rev. A, 1987, v. 35, N 1, p. 481-484.
- [4] А н и ш е н к о В.С., А с т а х о в В.В. - Радиотехника и электроника, 1983, т. 28, № 6, с. 1109-1115.
- [5] Л и х т е н б е р г А., Л и б е р м а н М. Регулярная и стохастическая динамика, М.: Мир, 1984. 528 с.
- [6] H a v s k e H., E s k e R. - Physica D, 1987, v. 25, p. 307-329.
- [7] Д м и т р и е в А.С., К и с л о в В.Д. - Радиотехника и электроника, 1984, т. 29, № 12, с. 2389-2395.
- [8] Ш и л ь н и к о в Л.П. - Тезисы докладов Всесоюзной конференции „Нелинейные колебания механических систем“, часть 1, Горький, 1987, с. 11-13.

Поступило в Редакцию
31 марта 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 16

26 августа 1988 г.

УПРАВЛЯЕМЫЕ ОТРАЖАТЕЛИ-ФАЗОВРАЩАТЕЛИ ПАВ НА ОСНОВЕ ОДНОНАПРАВЛЕННЫХ ВШП

Б.В. С в е ш н и к о в, В.С. Ф и л и н о в

Одно из основных достоинств встречно-штыревых преобразователей (ВШП) - возможность оперативного управления характеристиками устройств на их основе, например фильтров, отражателей, резонаторов [1-4]. В последнее время в литературе значительное внимание уделяется исследованию ВШП при наличии распределенной обратной связи (РОС), обусловленной брегговскими переотражениями ПАВ от периодических неоднородностей в рабочей области преобразователя. В том случае, если центры неоднородностей не совпадают с центрами электродов или межэлектродных промежутков, появляется асимметрия излучения ВШП во взаимно противоположных направлениях („влево“ и „вправо“). При определенных условиях возможна реализация „однонаправленных“ преобразователей (ОВШП) и на их основе фильтров с минимальными вносимыми потерями [5, 6].

В настоящей работе исследована другая интересная особенность подобных систем с РОС - возможность создания эффективных отражателей-фазовращателей, т.е. структур, фазу коэффициента отра-

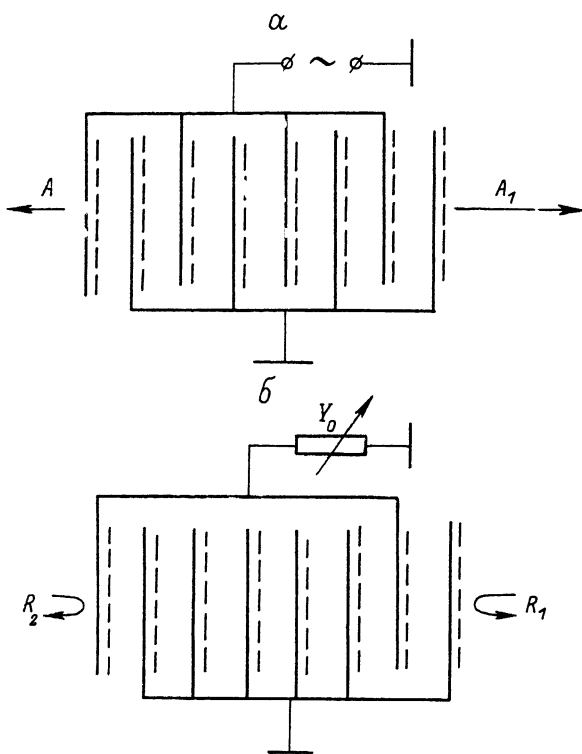


Рис. 1. Условное изображение ОВШП. а - в режиме излучения, б - в режиме отражения.

жения которых можно электрически изменять в интервале $\Delta\varphi_R \approx 2\pi$. Такие отражатели могут найти применение при создании перестраиваемых резонаторов ПАВ-и автогенераторов на их основе.

Пусть $\varphi_{1,2}(y)e^{i(\omega t \mp kx)}$ - потенциалы электрических полей встречных ПАВ, распространяющихся вдоль свободной поверхности пьезоэлектрика ($\varphi_1 = \varphi_2^*$ [7]), а $\Gamma = |\Gamma|e^{i\varphi_r}$ - пересчитанный к середине электрода коэффициент отражения ПАВ от одного полупериода ВШП как системы неоднородностей. Используя [1] (ф. (24)), можно показать, что в общем случае амплитуды $A_{1,2}$ волн, излучаемых преобразователем длиной $l = N\lambda$ „вправо” и „влево” (рис. 1), с точностью до постоянного множителя равны

$$A_{1,2} = \frac{\xi \sin \xi + i(\alpha - b \cdot e^{\pm i\varphi})(1 - \cos \xi)}{\xi \cos \xi + i\alpha \sin \xi}, \quad (1)$$

где $\varphi = \varphi_r + \frac{\pi}{2} - 2\varphi_0$; φ_0 - фаза поверхностного электрического потенциала $\varphi_0 = \varphi_r(y=0)$ ¹; $\alpha = 2\pi N \frac{\omega - \omega_0}{\omega_0}$ - нормированная частота, $b = 2N|l|$; $\xi = \sqrt{\alpha^2 - b^2}$. Функции $|A_1|$ и $|A_2|$ характеризуют эффективность как прямого преобразования прикладываемого к ВШП электрического сигнала в акустические волны, излучаемые, соответственно, „вправо“ и „влево“, так и обратного преобразования волн, падающих на ВШП „справа“ и „слева“. При $b=0$, очевидно, $A_1 = A_2$.

Если кристалл и поверхностная структура обладают зеркальной симметрией, то $\sin \varphi = 0$ ($\varphi_r = \pm \frac{\pi}{2}$, $\varphi_0 = 0$ [1, 7]), т.е. $A_1 = A_2$ при любом значении „ v “. Если же $\sin \varphi \neq 0$ и $b \neq 0$, то обнаруживается асимметрия (направленность) излучения ВШП, характеризуемая отношением $D = \left| \frac{A_1}{A_2} \right|$. Естественно, что эта связанная с РОС направленность наиболее явно проявляется на частотах внутри брэгговской полосы непрозрачности ($|\alpha| < |b|$). Так, на частоте акустического синхронизма ($\alpha=0$) $D(\omega_0) = D_0 = \left(\frac{chb + shbs \sin \varphi}{chb - shbs \sin \varphi} \right)^{1/2}$ и при

$$\varphi = \pm \frac{\pi}{2} \quad D_0 = e^{\pm b} \quad [5]^2.$$

Обсудим эффективность отражения ПЭВ и ОВШП, имеющего перестраиваемую индуктивную нагрузку с проводимостью $y_0 = \frac{1+i/Q}{i\omega L}$ ($Q \gg 1$), рассматривая, как и в работе [1], дополнительно закон Ома и граничными условиями систему связанных укороченных уравнений для амплитуд, распространяющихся под преобразованием встречных волн. Отражение ПАВ вызвано брэгговским рассеянием на неоднородностях и электрической регенерацией ПАВ в поле падающей волны. При этом, поскольку регенерация ПАВ во взаимнопротивоположных направлениях происходит в общем случае с неодинаковой эффективностью ($D \neq 1$), различны и коэффициенты отражения R_1 и R_2 для волн, падающих на ОВШП „справа“ и „слева“:

$$R_{1,2} = \frac{(f \mp ig) T_\delta + i e^{\pm i\varphi} (\alpha + i\theta) R_\delta}{1 + \alpha + i\theta} \quad (2)$$

Здесь $R_\delta = b \sin \xi (\alpha^2 - b^2 \cos^2 \xi)^{-1/2}$ и $T_\delta = \xi (\alpha^2 - b^2 \cos^2 \xi)^{-1/2}$ - действительные амплитуды брэгговских коэффициентов отражения и прохождения короткозамкнутой структуры ($y_0 \rightarrow \infty$); $\chi(\alpha, \beta)$ - про-

¹ Величина $\varphi_0 = \arctg (Im \varphi_0 / Re \varphi_0)$ определяет фазовые соотношения между упругими деформациями и сопутствующим им электрическим полем ПАВ в пьезоэлектрике. В общем случае $\varphi_0 = 0$ [7].

² Однонаправленное акустоэлектрическое преобразование в системах с РОС может быть реализовано и симметричными ВШП ($\varphi_r = \pm \frac{\pi}{2}$) вследствие анизотропии пьезокристалла подложки [8], если $\varphi_0 = \pm \frac{\pi}{4}$.

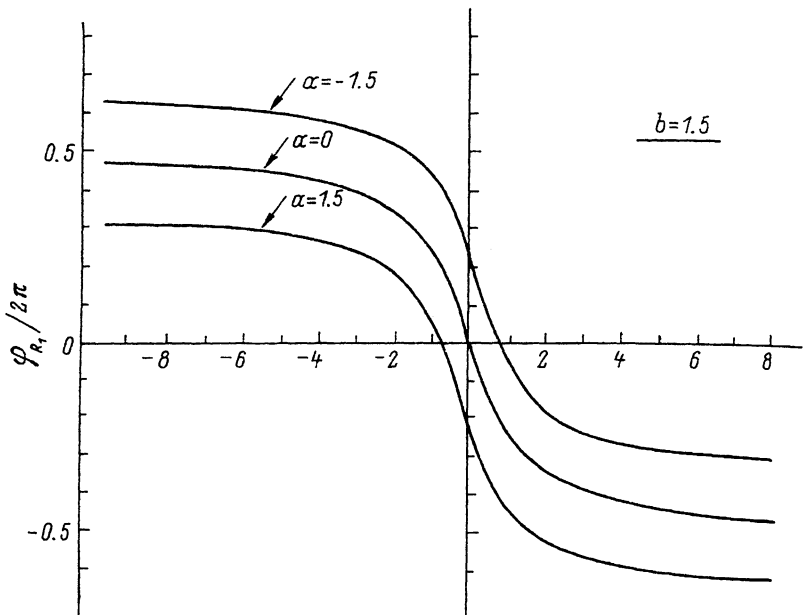


Рис. 2. Перестройка фазы коэффициента отражения φ_{R_1} с изменением реактивной составляющей электрической нагрузки на частотах, соответствующих „центру” и границам брегговской полосы непропускания, при $\varphi = \frac{\pi}{2}$, $b = 1.5$, $Q = 100$, $G_a/\omega C_0 = 0.15$ (C_0 — емкость ВШП).

водимость ВШП³, α и θ — параметры, характеризующие активные и реактивные элементы эквивалентной схемы отражателя:

$$\alpha = \frac{\operatorname{Re} Y_0}{\operatorname{Re} Y}, \quad \theta = \frac{\operatorname{Im}(Y + Y_0)}{\operatorname{Re} Y};$$

$$f = \frac{\alpha^2 - b^2 \cos^2 \xi - b \cos \varphi (1 - \cos \xi)(\alpha + b \cos \varphi \cos \xi)}{\alpha(\alpha - b \cos \varphi) + b \cos \xi (\alpha \cos \varphi - b)},$$

$$g = \frac{b \sin \varphi (1 - \cos \xi)(\alpha + b \cos \varphi \cos \xi)}{\alpha(\alpha - b \cos \varphi) + b \cos \xi (\alpha \cos \varphi - b)}.$$

³ $\operatorname{Re} Y = \frac{1}{2} G_a (|A_1|^2 + |A_2|^2)$, $G_a = Y (\alpha = 0, b = 0)$.

В дальнейшем полагаем $|\varphi| = \frac{\pi}{2}$. Тогда при $\omega = \omega_0$

$$R_{1,2}(\omega_0) = \frac{1 \mp S \alpha t h b \mp i s \theta t h b}{1 + \alpha + i \theta}, \quad (3)$$

где $s = \text{sign}(\sin \varphi)$. Видно, что фаза коэффициента отражения ПАВ, падающей со стороны направления максимального излучения ОВШП („справа“ для $\varphi = \frac{\pi}{2}$ и „слева“ для $\varphi = -\frac{\pi}{2}$), при изменении реактивной составляющей достаточно добротной электрической нагрузки ($-\infty < \theta < \infty, \alpha < \frac{1}{t h b}$) изменяется на 2π (рис. 2).

Если $\alpha \leq \frac{1 - t h b}{2 t h b}$, то в процессе перестройки модуль коэффициента отражения остается не меньше брегговского при любом значении θ : $|R(\omega_0)| \geq t h b$. Это обстоятельство — еще одно важное отличие ОВШП от обычных встречно-штыревых отражателей ($\varphi = 0$), для которых характерно значительное уменьшение $|R|$ при $\theta \approx \frac{1}{s h b}$

[1, 2] — эффект „просветления“. Действительно, в случае $|R_S| \sim 1$ „просветление“ ВШП происходит только при эффективной регенерации ПАВ в направлении падающей волны, что становится невозможным при $|A_{2,1}| \ll |A_{1,2}|$.

В заключение отметим, что в генераторе на основе резонатора ПАВ с отражателями в виде ОВШП можно увеличить диапазон изменения частоты генерации в два раза (при прочих равных условиях) по сравнению с наиболее эффективным из известных способов перестройки [3]. Допустим, резонатор образован двумя „инвертированными“ по отношению друг к другу ОВШП („зеркалами“), когда эффективная электрическая регенерация ПАВ каждым из „зеркал“ осуществляется в сторону резонансной полости. Тогда, управляя любым отражателем, можно обеспечить перестройку собственной частоты на межмодовое расстояние Δf . В результате суммарная перестройка равна $2\Delta f$. Поскольку фазы коэффициента передачи резонатора на соседних собственных частотах отличаются друг от друга на $\sim \pi$, то в генераторе, стабилизированном таким резонатором, баланс фаз одновременно может выполняться лишь на частотах, отстоящих друг от друга на $2\Delta f$. Поэтому возможность перестройки собственных частот резонатора на $2\Delta f$ означает, по существу, возможность перестройки частоты генерации на ту же величину.

Л и т е р а т у р а

- [1] С ан д л е р М.С., С в е ш н и к о в Б.В. — Радиотехника и электроника, 1981, т. 26, № 9, с. 1819–1827.
 [2] П а с х и н В.М., С ан д л е р М.С., С в е ш н и к о в Б.В. — ЖТФ, 1981, т. 51, № 12, с. 2595–2597.
 [3] П а с х и н В.М., С ан д л е р М.С., С в е ш н и к о в Б.В. — ЖТФ, 1986, т. 56, № 7, с. 1396–1398.

- [4] K o y a m a d a Y., Y o s h i k a w a S. - Rev. Elec. Commun. Lab., 1979, v. 27, p. 432-458.
- [5] H a r t m a n n C.S. et al. - Ultrason. Symp. Proc., 1985, p. 40-45.
- [6] Y a m a n o u c h i V., F u r u y a s h i k i H. - Ultrason. Symp. Proc., 1984, p. 68-71.
- [7] A u l d B.A. Acoustic Fields and Waves in Solid, v. II. New York: John Wiley, 1973. 414 p.
- [8] W r i g h t P.V. - Ultrason Symp. Proc., 1985, p. 58-63.

Поступило в Редакцию
25 января 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 16 26 августа 1988 г.

ПАРАМЕТРЫ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ВИСМУТ-СОДЕРЖАЩИХ ПЛЕНОК ФЕРРИТ-ГРАНАТОВ

А.М. З ю з и н, А.В. А н т о н о в,
В.В. В а с и л ь е в, В.Ю. Г у с е в,
Ю.В. С т а р о с т и н

Поликристаллические висмут-содержащие пленки феррит-гранатов (ВС ПФГ) представляют интерес в качестве материала для магнитооптической записи [1]. В настоящей работе исследованы параметры поликристаллических пленок состава $Bi_xGd_{3-x}Al_yFe_{2-y}Al_zFe_{3-z}O_{12}$ (№ 1 - $x=1.5$; № 2 - $x=1.5$; № 3 - $x=2.0$; образцы несколько отличались по содержанию Al) и $Bi_xDy_{3-x}Ga_yFe_{2-y}Ga_zFe_{3-z}O_{12}$ (№ 4 - $x=0.95$). Все ВС ПФГ содержали только поликристаллическую гранатовую фазу со средним размером зерна 0.1...0.15 мкм, кроме пленки № 3, которая имела небольшое ($\sim 10\%$) количество фазы $BiFeO_3$.

Толщина пленок h измерена интерференционным методом в интервале длин волн $\lambda=0.4...0.8$ мкм. Для $\lambda=0.6...0.8$ мкм использованы значения коэффициента преломления n , найденные в работе [2] (рис. 1, кривые 1-3). По измеренным значениям h ($h_1=0.53\pm 0.04$ мкм; $h_3=0.64\pm 0.05$ мкм) и интерференционным максимумам нашли значения n в интервале $\lambda=0.4...0.6$ мкм (рис. 1, кривые 4, 5). Содержание висмута определяли методом рентгеновского микроанализа; в пределах ошибки измерения ($\pm 4\%$) результаты согласуются с данными по фарадеевскому вращению $F_\lambda=0.63$ мкм (см. таблицу, где представлены и другие параметры ВС ПФГ).

Значения коэрцитивной силы H_C , температуры Нееля T_N , температуры компенсации θ_C и эффективного поля анизотропии $H_A=H_K-4\pi M$