

4. А. Д. А л е х и н, Н. П. К р у п с к и й. Экспериментальная проверка масштабного закона в критической области циклопентана. Письма в ЖЭТФ, 1971, 14, 581—585.
5. Proceedings of the International Conference on Phenomena near Critical Points, Washington, NBS Misc. Publication, 1965.
6. В. С h u. Laser Light Scattering. Ann. Rev. Phys. Chem., 1970, 21, 145—174.
7. М. В а r m a t z, Р. С. Н о h e n b e r g. Test of a Parametric Equation of State and Calculation of Gravity Effects at the Gas-Liquid Critical Point. Phys. Rev. Lett., 1970, 24, 22, 1225—1229.
8. В. Ф. Н о з д р е в, П. С. П е т у х о в. Влияние гидростатического эффекта на изменение скорости распространения ультразвуковых волн в критической области индивидуальных веществ и сложных растворов. Акуст. ж., 1971, 17, 4, 617—620.
9. В. W a l l a c e, Н. М e y e r. Critical Isotherm of He³. Phys. Rev., 1970, 2A, 1670—1672.

Киевский государственный университет
им. Т. Г. Шевченко

Поступила
19 января 1972 г.

УДК 534.232

МОДУЛЯЦИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛЕНОЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН

С. В. Богданов, И. Б. Яковкин

Под эффективностью пленочного преобразователя поверхностных волн понимается отношение электрической мощности $P_{эл}$, снимаемой с преобразователя системой электродов, сосредоточенных в пленке пьезоэлектрика, к величине механической энергии $P_{мех}$, переносимой волной за единицу времени через выбранное сечение звукопровода

$$\alpha = 10 \lg \frac{P_{эл}}{P_{мех}}$$

Ранее нами была решена задача об эффективности такого преобразователя. Аналитическое выражение для α имеет вид

$$\alpha = 10 \lg \left| \frac{\eta \Phi_0 \omega \epsilon \chi_2}{Y - 0,5i\omega \epsilon \chi_2} \right| \frac{A^2 \operatorname{Re}(mY)}{2P_{мех}}, \quad (1)$$

где A — амплитуда поверхностных волн, χ — отношение полных эллиптических интегралов первого рода, зависящее от l/Λ_R (полуширина электродной полоски — l , Λ_R — длина поверхностной волны), H — толщина пленки, ω — угловая частота,

$\eta = \frac{1 - 4e^{-4\pi H/\Lambda_R}}{12e^{-4\pi H/\Lambda_R}}$, ϵ — относительная диэлектрическая проницаемость пленки, $Y =$

$= (1/R + 1/r + i\omega c) \cdot 1/m$, m — число пар электродов, R — сопротивление пленки, C — емкость преобразователя, r — внешняя нагрузка. Далее

$$\Phi_0 = e \sum_{n=1}^2 \frac{iA_1(n) [1 + 3\beta(n)] + A_3(n) [2\beta^2(n) + \beta(n) - 1]}{\epsilon [1 + \beta(n)]},$$

где e — пьезоконстанта поперечно-изотропной пленки,

$$A(1) = -i \frac{2\pi}{\Lambda_R}, \quad A_1(2) = \frac{2i\beta(2)\beta(1)}{\beta^2(2) + \left(\frac{2\pi}{\Lambda_R}\right)^2},$$

$$A_3(1) = -\beta(1), \quad A_3(2) = \frac{2\beta(1) \left(\frac{2\pi}{\Lambda_R}\right)^2}{\beta^2(2) + \left(\frac{2\pi}{\Lambda_R}\right)^2},$$

$\beta(1)$, $\beta(2)$ — факторы затухания поверхностной волны в плавленом кварце, определяемые коэффициентом Пуассона [1].

Поскольку пленка CdS обладает фотопроводимостью, рассмотрим возможность модуляции эффективности преобразователя. Такая модуляция эффективности достигается только изменением R при изменении интенсивности подсветки преобразователя. При а) $R = r = 0$, $\alpha \rightarrow -\infty$; при б) $R = r = \infty$, $\alpha \rightarrow +\infty$.

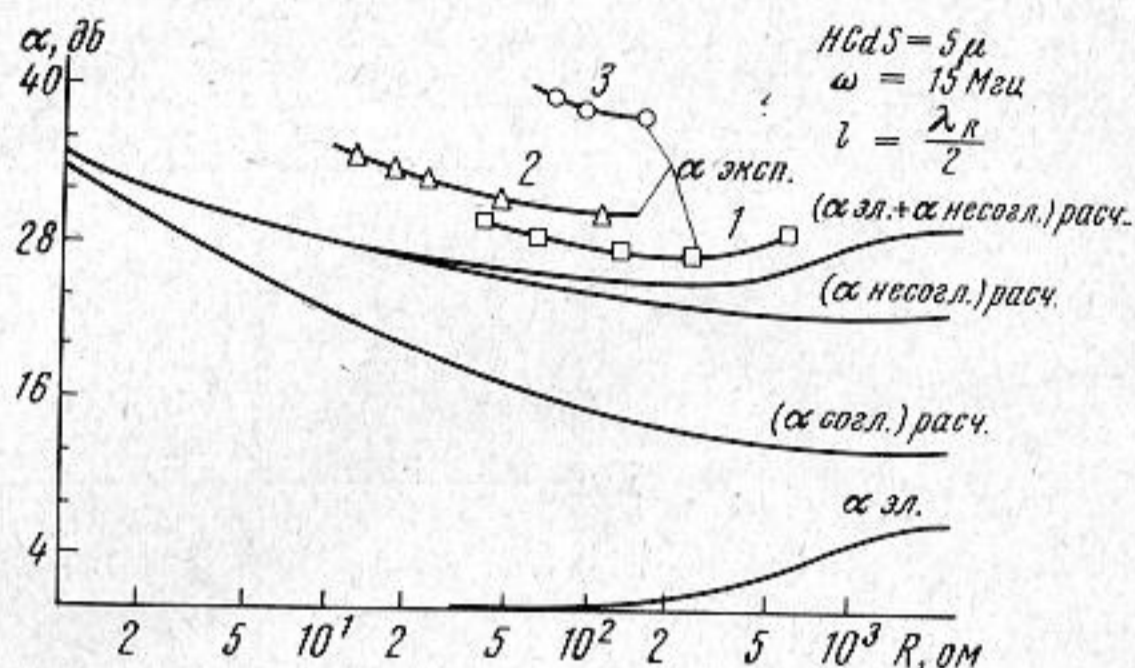
Случай (б) не реален, поскольку в исходных уравнениях предполагалось, что во внешней цепи течет ток проводимости, уравновешивающий ток смещения. Условие же $r = \infty$ означает наличие пьезопотенциала и отсутствие тока проводимости во внешней цепи.

Анализ выражения (1) при отсутствии согласования по реактивным составляющим более сложен и был выполнен численно. Результаты анализа как в первом, так и во втором случаях при $\omega/2\pi = 15$ МГц и $r = 150$ ом приведены ниже — R , ом
1, 10 100 1000 3000 10 000 α дБ согласованный 33,6 23,6 15,8 12,4 11,9 11,8 α дБ несогласованный 34,2 29,1 24,5 22,6 21,8 21,5.

Измеряя экспериментально потери на преобразование методом замещения, мы одновременно измеряем и потери звука α_R , вносимые пленкой в системе подложка — пленка [2] и не учтенные в выражении (1). Основным механизмом затухания поверхностной волны является электронный, описываемый выражением, аналогичным Хатсоновскому [3].

$$\alpha_R = \frac{K_{\text{эфф}}^2 \omega_c^2}{2v_R} \left[1 + \frac{\omega_c^2}{\omega^2} \left(1 + \frac{\omega_2}{\omega_c \omega_D} \right) \right]^{-1} m \Lambda_R,$$

где $K_{\text{эфф}}$ — эффективный коэффициент электромеханической связи текстуры с гексагональной осью, перпендикулярной подложке; v_R — скорость поверхностных волн, ω_c — частота релаксации электронов проводимости; ω_D — частота диффузии.



На фигуре приведены теоретические зависимости потерь на одно преобразование от сопротивления пятимикронной пленки пьезополупроводника $\alpha + \alpha_R = f(R)$. С увеличением интенсивности подсветки $|\alpha|$ возрастает на несколько децибелл. У некоторых преобразователей значения α при изменении подсветки проходили через минимум. Из приведенных расчетов следует, что наблюдаемые экстремумы эффективности обязаны своим происхождением только α_R , которое определяется характером электрон-фононных взаимодействий в пленке.

Экспериментальная проверка эффективности преобразователей поверхностных волн проводилась на звукопроводах из плавленого кварца $100 \times 20 \times 3$ мм. Изменение сопротивления пленки CdS достигалось изменением интенсивности подсветки. Нами использовались стандартные радиотехнические устройства и оптическая скамья с водяным фильтром и коллиматорными линзами. Одновременно с измерением потерь на двойное преобразование проводилось измерение сопротивления пленочного преобразователя. Кроме того, пленки подвергались электрографическому исследованию. На фигуре экспериментальные кривые 1—3 сняты для преобразователей соответственно с мозаичной текстурой пленки CdS с гексагональной осью, перпендикулярной подложке, с текстурированной пленкой CdS и с пленкой со значительной примесью кубической фазы CdS.

Из изложенного следует, что для улучшения эффективности преобразователя достаточно использовать пленку с сопротивлением порядка 10^3 ом. Помимо этого необходимо обращать внимание на улучшение кристаллических свойств пленки CdS.

Зависимость α от освещенности открывает возможность построения систем, преобразующих пространственное распределение освещенности во временной сигнал.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. Д. Ландау, И. М. Лифшиц. Теория упругости. М., «Наука», 1964.
2. С. В. Богданов, И. Б. Яковкин. Использование поверхностных упругих колебаний для измерения некоторых характеристик полупроводниковых пленок, Acta phys. Acad. Sci. Hungar, 24(4), 1968, 337—345.
3. A. R. Hutson, J. H. McFee, D. L. White. Ultrasonic amplification in CdS. Phys. Rev., 1961, 1, 237.

Институт физики полупроводников
СО Академии наук СССР

Поступила
3 августа 1970 г.