

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

УДК 534.26

ВОЗБУЖДЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН РЭЛЕЯ ПРИ ПАДЕНИИ ОБЪЕМНОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ ПОД УГЛОМ К УЧАСТКУ ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДОГО ТЕЛА С ПЕРИОДИЧЕСКИМ РЕЛЬЕФОМ

Григорьевский В. И., Гуляев Ю. В., Котелянский И. М., Мишкинис Р. А., Плесский В. П., Рутковский П. Ф.

При падении объемной акустической волны на периодически неровный участок поверхности твердого тела возможно эффективное возбуждение поверхностной акустической волны (ПАВ). Такой способ возбуждения ПАВ был впервые предложен в работе [1]. В работе [2] этим методом возбуждалась ПАВ в арсениде галлия при падении объемной волны по направлению нормали к периодически неровному участку поверхности.

Однако в случае нормального падения объемной волны амплитудно-частотная характеристика возбуждения ПАВ может сильно искажаться из-за переотражений объемных волн между параллельными поверхностями кристалла, а также из-за брэгговских переотражений ПАВ вследствие наличия второй гармоники Фурье у функции, описывающей форму рельефа на поверхности. Устранить эти искажения можно, если объемная волна будет падать под углом к направлению нормали к участку поверхности с периодическими неровностями.

В настоящей работе впервые экспериментально исследовано эффективное преобразование объемной волны в поверхностную при наклонном падении объемной волны. Как показывает анализ, в изотропном приближении частотная зависимость эффективности возбуждения ПАВ вблизи частоты синхронизма описывается формулой

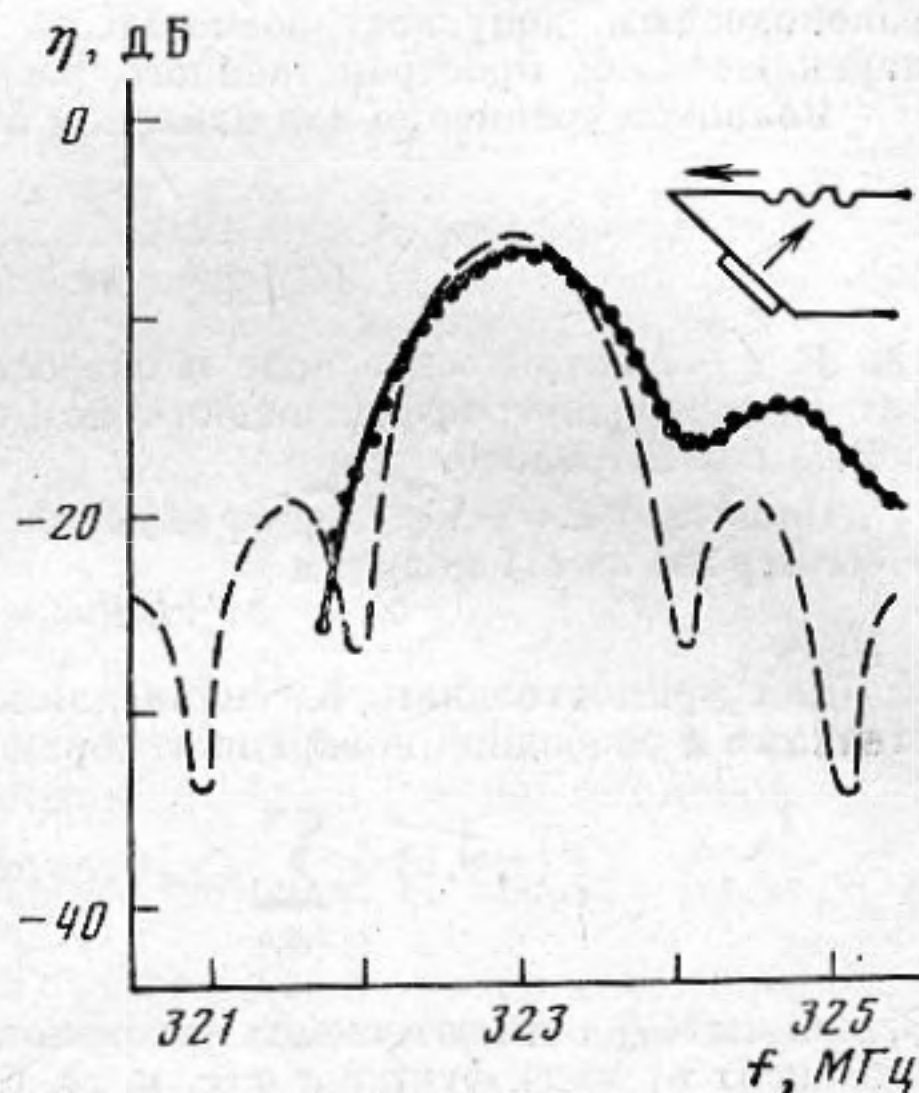
$$\eta = C \frac{|1 - \exp(i\Omega QL - \delta L)|^2}{(\Omega Q)^2 + \delta^2}, \quad (1)$$

где константы  $C$  и  $\delta$  определяются упругими свойствами материала, формой рельефа на поверхности и углом падения объемной волны,  $L$  — длина периодической структуры,  $Q = 2\pi/d$  — «волновое число» периодической структуры ( $d$  — период),  $\Omega = \Delta f/f_0$  — относительное отклонение от частоты синхронизма.

В эксперименте использовался кристалл алюмоиттриевого граната, на поверхности которого методом ионного травления была изготовлена периодическая система из 300 канавок шириной 5 и глубиной 0,2 мкм, период системы был равен 10 мкм. Объемная продольная волна падала под углом  $46^\circ$  к направлению нормали к периодически неровному участку поверхности. В качестве преобразователя объемной акустической волны использовались пленки окиси цинка, полученные методом реактивного магнетронного распыления. Толщина пленки составляла 7 мкм.

На фигуре показана частотная зависимость эффективности возбуждения ПАВ, снятая методом лазерного зонда. Регистрировалась ПАВ, распространяющаяся в направлении, обратном проекции волнового вектора объемной волны на поверхность кристалла. Пунктирной линией показана теоретическая зависимость, рассчитанная по формуле (1). Видно, что имеется хорошее согласие экспериментальных и теоретических результатов. Общие потери преобразования электрического сигнала в ПАВ на центральной частоте составили 21,5 дБ, из них 14 дБ приходится на преобразование электрического сигнала в объемную акустическую волну. Потери преобразования объемной волны в ПАВ на центральной частоте 7,5 дБ согласуются с теоретическим результатом работы [3].

Данный метод возбуждения ПАВ является эффективным при работе на частотах вплоть до нескольких гигагерц.



## ЛИТЕРАТУРА

1. *Humphreys R. F., Ash E. A.* Acoustic bulk-surface wave transducer.— *Electr. Lett.*, 1969, v. 5, № 9, p. 175—176.
2. *Yamanishi M., Ameda M., Kawamura T., Mikoshiba N., Tsubouchi K.* Generation of 880 MHz surface acoustic wave by transduction from bulk wave using corrugation grating on GaAs.— *Electr. Lett.*, 1976, v. 12, № 13, p. 317—318.
3. *Ланин А. Д.* Генерация поверхностной рэлеевской волны при наклонном падении объемных волн на ровную границу твердого тела.— *Акуст. журн.*, 1982, т. 28, № 3, с. 359—363.

Институт радиотехники  
и электроники АН СССР

Поступило в редакцию  
4.III.1985

УДК 534.231

### СЕЛЕКТИВНОЕ ВОЗБУЖДЕНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ МОД ЭЛЕКТРОИОННЫМ ИЗЛУЧАТЕЛЕМ

*Малахов А. Н., Черепенников В. В.*

Известно, что проблема возбуждения заданной модовой структуры акустических колебаний в волноводах или резонаторах является, с одной стороны, актуальной для целого ряда задач, а с другой — довольно трудно реализуемой, поскольку достижение высокой селективности возбуждения связано со значительным техническим усложнением аппаратуры и конструкций излучателей [1—5].

В работе предлагается простой метод селективного возбуждения акустических мод с помощью электронного излучателя, использующего эффект непосредственного возбуждения акустических волн в электролите переменным электрическим полем [6, 7]. Создавая с помощью акустически прозрачных электродов электрическое поле внутри электролита соответствующим распределением электрического потенциала, можно построить пространственное распределение давления, необходимое для селективного возбуждения выбранной моды. Электроионный излучатель, являясь широкополосным, допускает возможность «переключения» возбуждаемых мод простым переключением пространственного распределения электрического потенциала.

Волновое уравнение для давления имеет вид [6]

$$\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \bar{P}}{\partial t^2} - \Delta \bar{P} = -\alpha \operatorname{div} \frac{dE}{dt}, \quad (1)$$

где  $E$ ,  $c$  — электрическое поле и скорость звуковой волны в электролите, коэффициент  $\alpha$  определяет эффективность возбуждения электрическим полем акустической волны в электролите.

Полагая  $E = -\nabla \tilde{\varphi}$ ,  $\tilde{\varphi} = \varphi \exp i\omega t$ , для комплексной амплитуды давления  $\bar{P} = P \exp i\omega t$  из (1) получим

$$\Delta P + k^2 P = -i\omega\alpha \Delta \varphi, \quad k = \omega/c. \quad (2)$$

Для прямоугольного бассейна длиной  $L$ , шириной  $D$  и глубиной  $H$  с твердыми стенками и свободной поверхностью решение уравнения (2) имеет вид

$$P(x, y, z) = \sum_{l,d,h} C_{l,d,h} \cos \pi l x/L \cos \pi d y/D \cos \pi (2h-1) z/2H. \quad (3)$$

Величины  $C_{l,d,h}$  имеют смысл коэффициентов возбуждения  $(l, d, h)$  мод колебаний и зависят от вида функции  $\varphi(x, y, z)$ . Существует такое пространственное распределение потенциала  $\varphi(x, y, z)$ , которое приводит для заданной моды  $(l_0, d_0, h_0)$  к максимальному значению коэффициента селективности  $S$ :

$$S = |C_{l_0, d_0, h_0}| / \sum_{l,d,h} |C_{l,d,h}|; \quad 0 \leq S \leq 1. \quad (4)$$

Можно показать, что функция  $\varphi(x, y, z)$ , обеспечивающая предельное значение  $S=1$ , имеет вид

$$\varphi(x, y, z) = \varphi_0 \cos \pi l_0 x/L \cos \pi d_0 y/D \cos \pi (2h_0-1) z/2H, \quad (5)$$

т. е. реализуется непрерывным заданием потенциала. Здесь  $\varphi_0$  — максимальное значение потенциала, от величины которого зависит лишь амплитуда возбуждаемой моды.

Практически потенциал приходится задавать дискретно с помощью  $N$  электродов. Значение потенциала  $i$ -го электрода  $\varphi_i = \varphi(x_i, y_i, z_i)$  выбирается в соответствии