

## УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ С ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНЫМ ЗАКОНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОВОДИМОСТИ ПО ТОЛЩИНЕ

Ю. Е. Невский

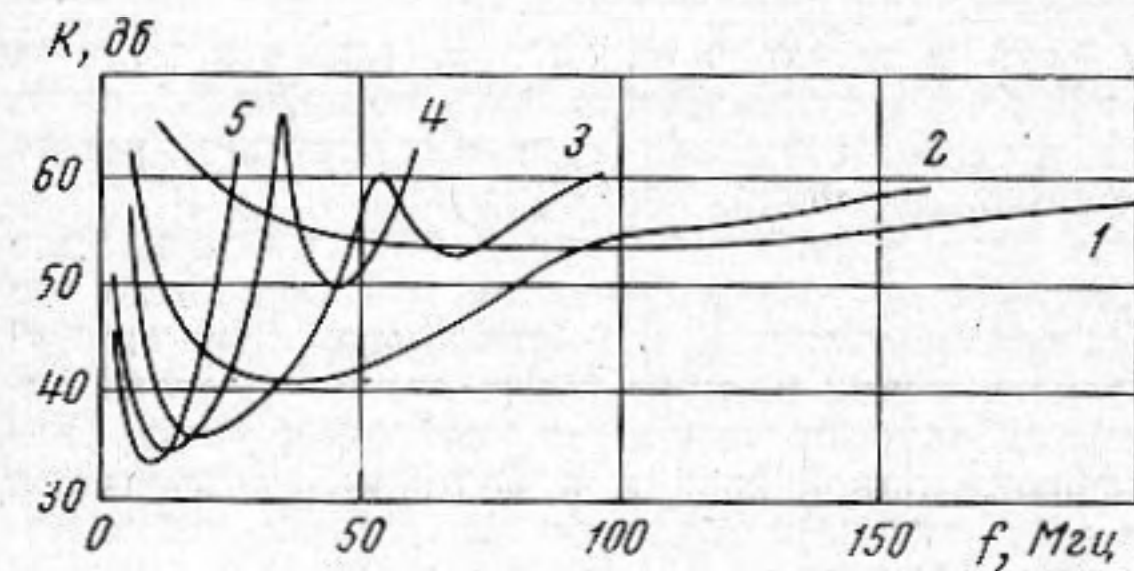
Известно, что амплитудно-частотная характеристика двойного преобразования ультразвуковых полупроводниковых преобразователей при заданном импедансе звукопровода зависит от закона распределения проводимости по толщине преобразователя [1]. Для преобразователей с экспоненциальным законом распределения проводимости  $\sigma = \sigma_0 e^{\alpha x}$ , нагруженных на звукопровод с акустическим импедансом, равным акустическому импедансу материала преобразователя, в работе [1] получено выражение:

$$A(\omega) = \frac{1}{2} \frac{ed}{\varepsilon T} \times \left| \frac{1}{\operatorname{arc} \operatorname{ctg} \kappa - i \frac{1}{2} \ln(1 - \kappa^{-2})} \right| \times \left| \frac{1}{\kappa + i} - \int_0^{\infty} \frac{\exp\left(\alpha x - i\omega \frac{x}{c}\right) dx}{(\kappa \cdot e^{\alpha x} + i)^2} \right| \times \left| \int_0^{\infty} \frac{\alpha \exp\left(-i\omega \frac{x}{c}\right)}{i\kappa e^{\alpha x} + 1} dx \right|, \quad (1)$$

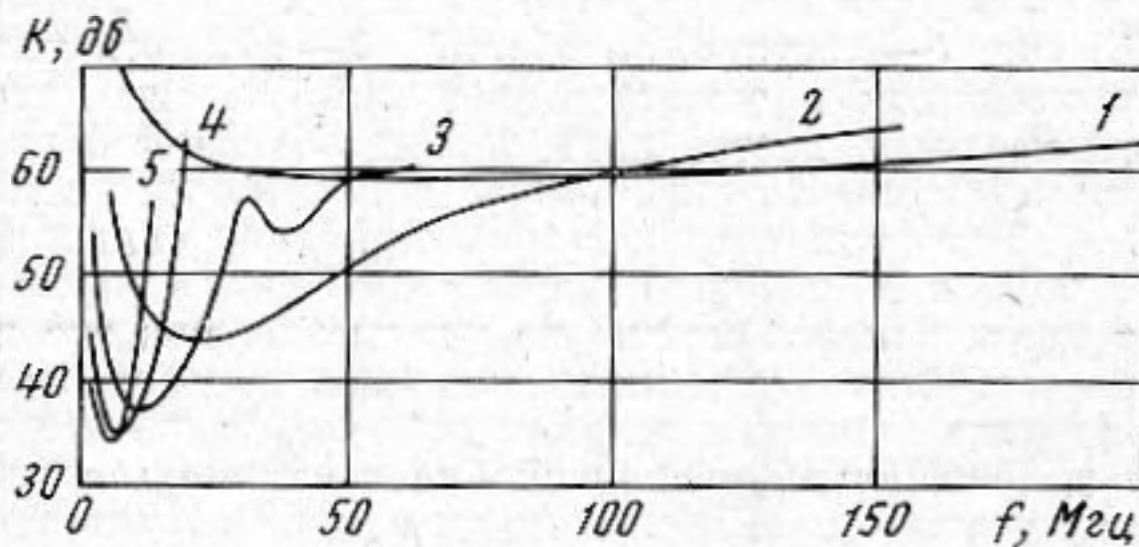
где  $\kappa = \sigma_0 / \omega \varepsilon^S$ ,  $e$  и  $d$  — пьезоэлектрические константы. Выражение (1) записано для случая, когда сопротивление электрической нагрузки на преобразователе в режиме приема  $R_H = \infty$ .

Ниже приводятся результаты расчета амплитудно-частотных характеристик по формуле (1) при помощи ЭВМ для некоторых частных случаев. При расчете принято, что материалом преобразователя является сульфид кадмия, преобразователь генерирует волны сдвига, а параметры  $\sigma_0$  и  $\alpha$  принимают следующие значения:

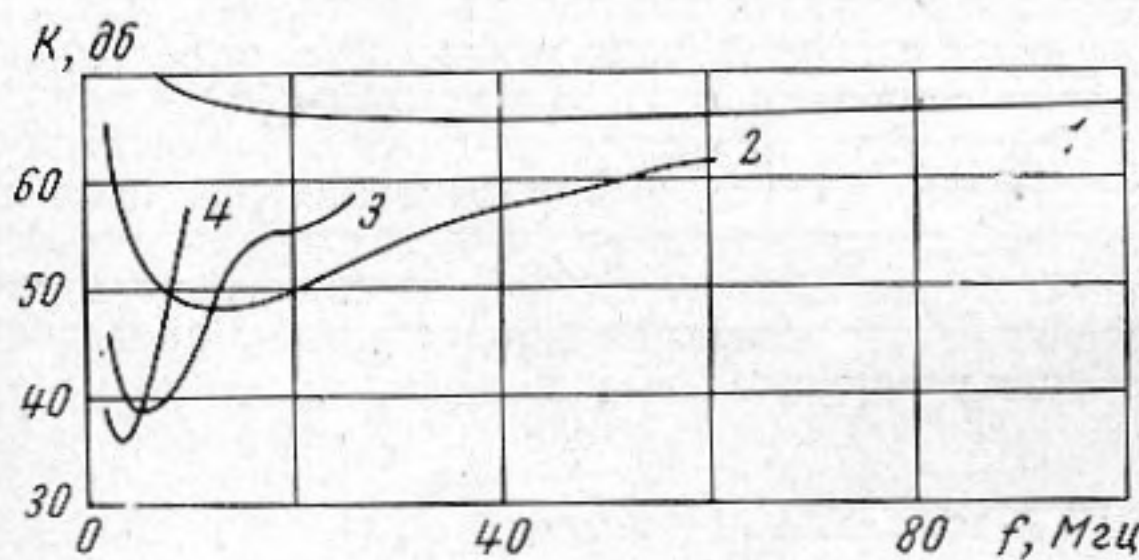
$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 10 \cdot 10^4, \text{ м}^{-1}, \sigma_{01} = 10^{-1}, \\ & \text{ом}^{-1} \text{м}^{-1}, \sigma_{04} = 10^4, \text{ ом}^{-1} \text{м}^{-1}, \\ \alpha_2 &= 5 \cdot 10^4, \text{ м}^{-1}, \sigma_{02} = 10^{-2}, \\ & \text{ом}^{-1} \text{м}^{-1}, \sigma_{05} = 10^{-5}, \text{ ом}^{-1} \text{м}^{-1}, \\ \alpha_3 &= 2 \cdot 10^4, \text{ ом}^{-1}, \sigma_{03} = 10^{-3}, \\ & \text{ом}^{-1} \text{м}^{-1}, \end{aligned}$$



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

Результаты расчета представлены на фиг. 1–3, где по вертикальной оси отложены потери двойного преобразования, определяемые как

$$K(\omega) = -20 \lg A(\omega). \quad (2)$$

Кривые, изображенные на фиг. 1, рассчитаны для  $\alpha_1$ , на фиг. 2 — для  $\alpha_2$ , на фиг. 3 — для  $\alpha_3$ . На всех фигурах кривые 1, 2, 3, 4, 5 соответствуют  $\sigma_{01}$ ,  $\sigma_{02}$ ,  $\sigma_{03}$ ,  $\sigma_{04}$  и  $\sigma_{05}$ .

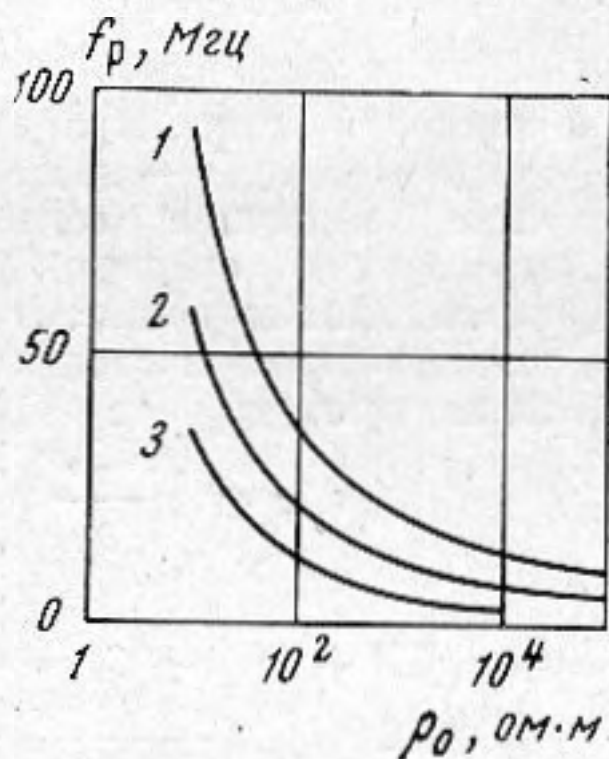
Из анализа полученных кривых следует, что в исследованном диапазоне изменения  $\alpha$  и  $\sigma_0$  с увеличением  $\sigma_0$  при заданном  $\alpha$  резонансная частота  $f_p$  и потери преобразования увеличиваются. При заданном  $\sigma_0$  с увеличением  $\alpha$  резонансная частота увеличивается, а потери уменьшаются. Полоса пропускания устройства с двойным преобразованием по уровню 3 дБ составляет 100% от средней частоты  $f_{cp}$ , если



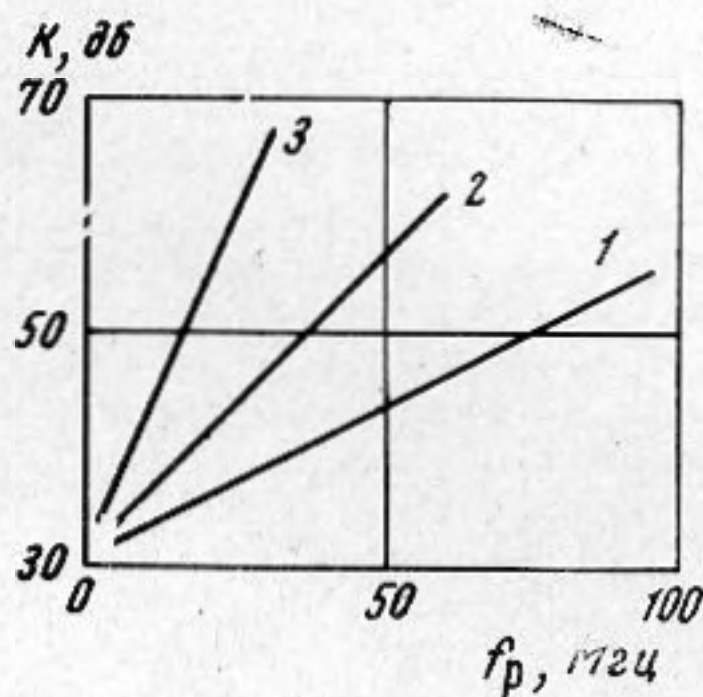
$\frac{\sigma_0}{2\pi f_p \epsilon} < 1$ . При  $\frac{\sigma_0}{2\pi f_p \epsilon} > 1$  полоса пропускания увеличивается. Резонансная частота преобразователей не совпадает со средней частотой, а именно  $f_p < f_{cp}$ . Полоса пропускания располагается относительно  $f_p$  таким образом, что при  $\frac{\sigma_0}{2\pi f_p \epsilon} < 1$  раз-

ность  $f_p - f_{min}$  составляет 40% полосы пропускания,  $f_{max} - f_p - 60\%$ . При  $\frac{\sigma_0}{2\pi f_p \epsilon} > 1$  несимметрия полосы пропускания увеличивается.

На фиг. 4 представлены кривые зависимости  $f_p$  от  $\rho_0 = \sigma_0^{-1}$  для трех значений  $\alpha$ . Кривая 1 соответствует  $\alpha_1$ , кривая 2 —  $\alpha_2$ , кривая 3 —  $\alpha_3$ . На фиг. 5 представлены кривые зависимости минимальных потерь преобразования от  $f_p$  для трех значений  $\alpha$ . Как и для фиг. 4, номер кривой соответствует индексу при  $\alpha$ .



Фиг. 4



Фиг. 5

Фиг. 4 и 5 могут служить для приближенной оценки  $K$  и  $f_p$  по известным  $\rho_0$  и  $\alpha$  методом интерполяции в исследованном интервале  $\rho_0$  и  $\alpha$ .

Автор благодарен Н. К. Ключевой за составление программ для ЭВМ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. Е. Невский. Амплитудно-частотная характеристика ультразвуковых преобразователей типа обедненных слоев. Акуст. ж., 1969, 15, 1, 108—111.

Новосибирск

Поступило в редакцию  
29 января 1969 г.

УДК 534.222

### РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВОЛН КОНЕЧНОЙ АМПЛИТУДЫ В ИДЕАЛЬНОМ ДИССОЦИИРУЮЩЕМ ГАЗЕ

О. В. Руденко, С. И. Солуян

Рассматриваемый в настоящей работе идеальный диссоциирующий газ представляет собой газ с симметричными молекулами, состоящими из двух нейтральных атомов, связанных гомополярными валентными силами. Процесс диссоциации молекул на два атома и обратный процесс рекомбинации происходят в результате соударения с третьей частицей. Степень диссоциации характеризуется параметром  $C$  — массовой концентрацией атомов в смеси атомов и молекул.

Полная система нелинейных уравнений, описывающих распространение волн конечной амплитуды в идеальном диссоциирующем газе, состоит из уравнения движения, уравнения неразрывности, уравнения сохранения атомарной компоненты и уравнения состояния [1]. В монографии Кларка и Макчесни [1] дана линейная