

Письма в ЖЭТФ, том 13, стр. 283 – 285

20 марта 1971 г.

**НЕЛИНЕЙНЫЕ ЭФФЕКТЫ
ПРИ РАСПРОСТРАНЕНИИ ГИПЕРЗВУКОВЫХ ВОЛН
В АНТИМОНИДЕ ИНДИЯ**

С. Н. Иванов, И. М. Котелянский, Г. Д. Мансфельд,

Е. Н. Хазанов

В настоящей работе сообщается о наблюдении нелинейных эффектов при усилении гиперзвуковых волн частоты $1 + 2 \text{ Гц}$ в кристаллах антимонида индия с $n = 4 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$, $\mu = 6 \cdot 10^5 \text{ см}^2/\text{сек}$ при $T = 77^\circ\text{K}$ в условиях, когда параметр $q\ell = 5 + 10$, где q – волновой вектор звуко-

вой волны, а ℓ – длина свободного пробега электронов. Как отмечалось в [1–4] в этих условиях можно ожидать проявления характерного для случая $q\ell > 1$ нового типа нелинейных эффектов, обусловленных искажением функции распределения электронов по импульсам из-за их взаимодействия с сильной звуковой волной.

Согласно оценкам, наступление этого типа нелинейности ожидается при интенсивности звукового потока $10^{-2} + 10^{-1}$ $\text{см}^2/\text{см}^2$.

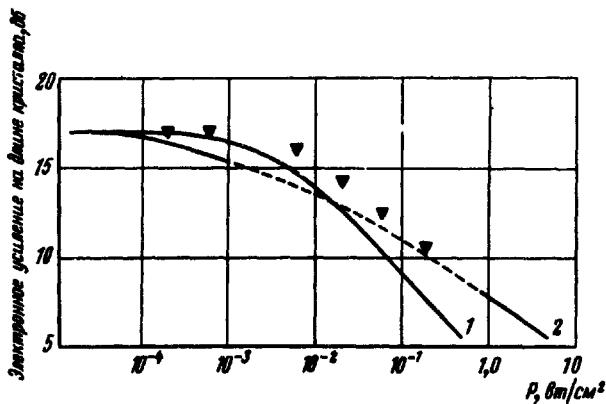


Рис. 1. Зависимость электронного усиления гиперзвука от мощности заводимого в кристалл звукового потока:

▼ – экспериментальные точки. Кривая 1 – расчет согласно [4], кривая 2 – расчет согласно [3], пунктирная часть кривой соответствует экстраполяции из областей малых и больших мощностей звукового потока. $f = 1,9 \text{ Гц}$,

$$v_d = 20 v_s$$

Возбуждение и регистрация звука в кристаллах InSb проводились хорошо известным импульсным методом с помощью эпитаксиальных электроакустических преобразователей из CdS. Двойные потери преобразования не превышали $40 + 50$ дБ. В отсутствие сверхзвукового дрейфа электронов, вызывающего усиление, нелинейных эффектов при прохождении звука по кристаллу и электроакустическом преобразовании экспериментально не наблюдалось.

Экспериментальная зависимость электронного усиления от интенсивности заводимого в кристалл звукового потока при фиксированном значении скорости дрейфа v_d приведена на рис. 1. По мере нарастания интенсивности звука, заводимого в кристалл, наблюдается заметное уменьшение электронного усиления. Подобный характер имеет зависимость электронного усиления от мощности звука и на других частотах, причем нелинейность проявляется при тем меньших интенсивностях звука, чем больше его частота, что согласуется с [3, 4]. Это обстоятельство весьма важно, поскольку позволяет качественно отделить данный эффект от концентрационной нелинейности, для которой характерно увеличение пороговой мощности с ростом частоты. Заметим также, что наступление концентрационной нелинейности ожидается при значительно больших мощностях $\sim 10 + 10^2$ $\text{см}^2/\text{см}^2$.

На рис. 1 представлены и результаты теоретического расчета наблюдаемого эффекта с учетом решеточного поглощения звука в кристалле. Теоретические кривые, вычисленные для двух предельных случаев теории $\hbar^2 q^2 / m^* < \hbar / r_p$ и $\hbar^2 q^2 / m^* > \hbar / r_p$, где m^* – эффективная масса электрона, r_p – время релаксации электрона по импульсу, в пределах применимости расчета и ошибок эксперимента, совпадают с результатами опыта, для которого $\hbar^2 q^2 / m^* \sim \hbar / r_p$.

Интересно также обратить внимание на характер зависимости мощности звукового потока после усиления (на выходе кристалла) от заводимой мощности (рис. 2). Характерным является насыщение при больших уровнях входного сигнала, что свидетельствует об установлении в выходном сечении кристалла режима стационарной звуковой волны.

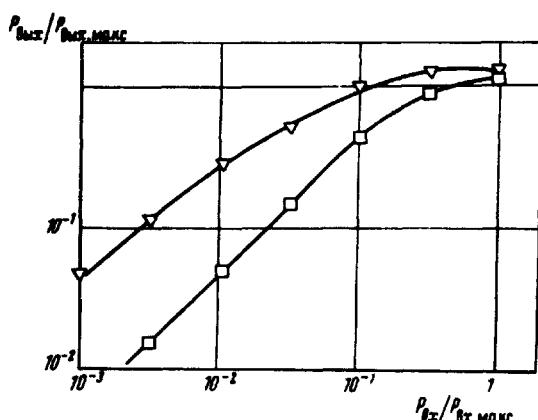


Рис. 2. Зависимость мощности звукового потока на выходе кристалла $P_{\text{вых}}$ от заводимой мощности $P_{\text{вх}}$, $f = 1,9 \text{ Гц}$

Авторы выражают благодарность П.Е.Зильберману за многократные полезные дискуссии, С.Г.Калашникову и Н.Е.Скворцову за критические замечания при обсуждении работы.

Институт радиотехники
и электроники
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
8 февраля 1971 г.

Литература

- [1] П.Е.Зильберман. ФТТ, 12, 1014, 1970.
- [2] П.Е.Зильберман. ФТТ, 12, 2839, 1970.
- [3] Ю.М.Гальперин, В.Д.Каган. ЖЭТФ, 59, 1657, 1970.
- [4] П.Е.Зильберман. ЖЭТФ, 60, вып. 6, 1971.