

06.3; 07; 08

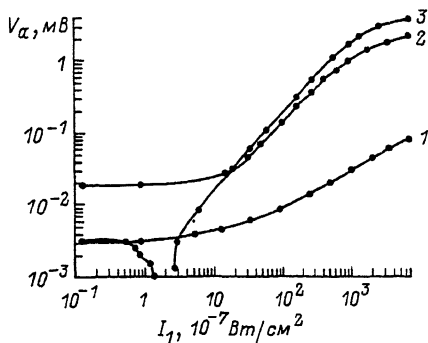
© 1992

АКУСТОЭЛЕКТРОННОЕ СЧИТЫВАНИЕ
ФОТОИЗОБРАЖЕНИЙВ.А. Вьюн, В.В. Пнев,
А.В. Царев, И.Б. Яковкин

Акустический транспорт заряда является альтернативой электронной коммутации при считывании потенциалов. Такой транспорт или коммутация подразумевают передачу и накопление генерированного заряда с целью его регистрации в датчиках температуры, излучения, давления и т.д. [1, 2]. В частности, для реализации акустического транспорта предлагается использовать нелинейное акустоэлектронное (АЭ) взаимодействие с зарядом, индуцированным под воздействием какого-либо внешнего фактора на поверхность образца. Например, для регистрации светового потока представляют интерес акустоэлектрические эффекты, возникающие только при его воздействии на образец, по которому распространяются акустические волны [3]. Такие эффекты можно назвать акустофотоэлектрическими (по аналогии с хорошо известными акустомагнитоэлектрическими).

В настоящей работе экспериментально исследуется продольный акустофотоэлектрический эффект при распространении поверхностных акустических волн (ПАВ) в полуизолирующем образце $GaAs$, компенсированном хромом с удельным сопротивлением 10^6 Ом·см. Такой $GaAs$ обладает пьезоэффектом, необходимым для непосредственного возбуждения ПАВ. Электрические поля, сопровождающие ПАВ, обеспечивают связь акустической волны со свободными зарядами в поверхностном слое. Другое немаловажное свойство то, что концентрация собственных носителей в поверхностном слое, где существуют электрические поля ПАВ, настолько мала, что сигнал темновой акустоэдс отсутствует. ПАВ, в отличие от объемных, обладают тем преимуществом, что позволяют исследовать взаимодействие с поверхностными фотоиндуцированными зарядами (в случае поглощения света в тонком приповерхностном слое).

Схема эксперимента выглядит следующим образом. На поверхности (001) $GaAs$ в направлении [011] [4] распространяется амплитудно-модулированная ПАВ с длиной волны $\lambda_{3B} = 30$ мкм, частотой модуляции 100 Гц и глубиной модуляции 0.4. Для регистрации акустофотоэлектрического напряжения на поверхности $GaAs$ на пути распространения ПАВ выполнена пара алюминиевых электродов. Режим амплитудно-модулированной ПАВ и регистрация гармонической акустоэдс [5] с помощью синхронного детектора позволяют существенно снизить порог чувствительности. Световой пучок с длиной волны света $\lambda_{св}$ направляется в зазор между электродами.



Зависимость логарифма сигнала продольной акустоэдс от величины светового потока: 1 - $\lambda_{св} \approx 0.87$ мкм (образец 1), 2 - $\lambda_{св} \approx 0.87$ мкм (образец 2), 3 - $\lambda_{св} \approx 1.2$ мкм (образец 2).

В зазоре в слое толщиной порядка длины поглощения света в *GaAs* генерируются электрон-дырочные пары, причем более легкие электроны увлекаются электрическими полями ПАВ в сторону потенциального электрода, на котором на частоте модуляции ПАВ возникает акустоэлектрическое напряжение.

На рисунке (кривая 1) представлена типичная зависимость акустофотоэдс от интенсивности светового потока $I_{св}$ при мощности ПАВ $P \approx 0.5$ мВт вблизи края зоны поглощения света в *GaAs* при $\lambda_{св} \approx 0.87$ мкм. Зависимость имеет три четко выраженных участка - постоянный при малых интенсивностях света, затем линейный и сублинейный. Постоянный участок не связан с ПАВ и существует при подаче высокочастотного напряжения на преобразователь, возбуждающий ПАВ, как в полосе, так и за полосой частот преобразователя. Механизм возникновения сигнала на этом участке, по-видимому, связан с детектированием прикладываемого к возбуждающему преобразователю высокочастотного сигнала барьером Шоттки между электродами преобразователя и полупроводником. Далее продетектированный сигнал передается по объему *GaAs* и смешивается с полезным сигналом на потенциальном электроде. Поведение акустоэдс на линейном и сублинейном участках подчиняется соотношению Вайнрайха с коэффициентом затухания звука для тонкого (много меньше $\lambda_{зв}$) слоя полупроводника [6]. Причем область максимума коэффициента затухания звука с хорошей точностью соответствует сублинейному участку. Наклон линейного участка, т.е. чувствительность фотоприемника к световому потоку, если использовать акустофотоэдс в этом качестве, равен $0.31 \cdot 10^{-3}$ мВ·см²/Вт. Диапазон линейности ≈ 20 дБ. Переход от постоянного участка к линейному происходит при мощности светового потока $P_0 \approx 10^{-9}$ Вт - это порог чувствительности фотоприемника. Оценки показывают, что пороговому уровню светового потока при времени жизни носителей

заряда $\approx 10^{-8}$ с для *GaAs* соответствует всего лишь несколько десятков электрон-дырочных пар, приходящихся на область АЭ взаимодействия. Высокая эффективность нелинейного АЭ взаимодействия при малом количестве носителей обеспечивается их большой концентрацией в тонком поверхностном слое, поскольку, как уже отмечалось выше, генерация происходит на длине поглощения света, равной ≈ 1 мкм для *GaAs*. При больших длинах поглощения эффективность существенно падает. Для некоторых образцов, отличающихся в первую очередь уровнем легирования, на типичной зависимости акустофотоэдс от интенсивности светового потока существует труднообъяснимая аномалия в виде провала при переходе от постоянного участка к линейному (кривая 2). Кроме того, у таких образцов в спектральной характеристике наблюдается пик с максимумом при $\lambda_{св} \approx 1,2$ мкм и обратным знаком акустофотоэдс, который указывает на то, что имеет место примесная проводимость поверхностного слоя р-типа. Зависимость акустоэдс от $I_{св}$ для $\lambda_{св} \approx 1,2$ мкм при той же мощности ПАВ представлена кривой 3 на рисунке. Заметим, что для примесной проводимости существенно снижается чувствительность и зависимость становится нелинейной. По-видимому, это связано с тем, что длина поглощения света для уровня 1,2 мкм больше $\lambda_{зв}$ и концентрация носителей заряда в поверхностном слое меньше. Следует также отметить более низкий уровень паразитного сигнала для таких „аномальных“ образцов.

С точки зрения применения данного эффекта в фотоприемниках наибольший интерес представляют именно чувствительность, порог чувствительности и диапазон линейности. Причем мощностью звука, закачиваемого в образец, можно варьировать чувствительность, а резервы снижения порога чувствительности и, следовательно, увеличения диапазона линейности, связаны с подавлением паразитного сигнала при малых интенсивностях светового потока.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] К а й н о Г.С. // ТИИЭР. 1976. Т. 64. В. 5. С. 188-217.
- [2] Г у л я е в Ю.В., М е д в е д ь А.В. // Изв. вузов СССР. Радиофизика. 1983. Т. 26. В. 8. С. 911-948.
- [3] Я к о в к и н И.Б. Тр. Междунар. коллоквиума „Акустоэлектронное считывание фотосигналов“. ВТШ Ильменау, 1990. С. 83-84.
- [4] Л е в и н М.Д., Л о б а н о в а Г.А., П а ш и н Н.С., Я к о в к и н И.Б. // Акустический журнал. 1975. Т. XX1. В. 1. С. 68-71.
- [5] V u n V.A., P n e v V.V., Y a k o v - k i n I.B. // Proc. of the Int. Symp. „Surface waves in Solids and Layered Structures“. Novosibirsk, 1986. V. 2. P. 354-357.
- [6] A d l e r R. // IEEE Trans. 1971. V. SU-18. N 3. P. 115-118