

МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ АКУСТОЭЛЕКТРОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В МОНОЛИТНЫХ СЛОИСТЫХ СТРУКТУРАХ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИК — ПОЛУПРОВОДНИК

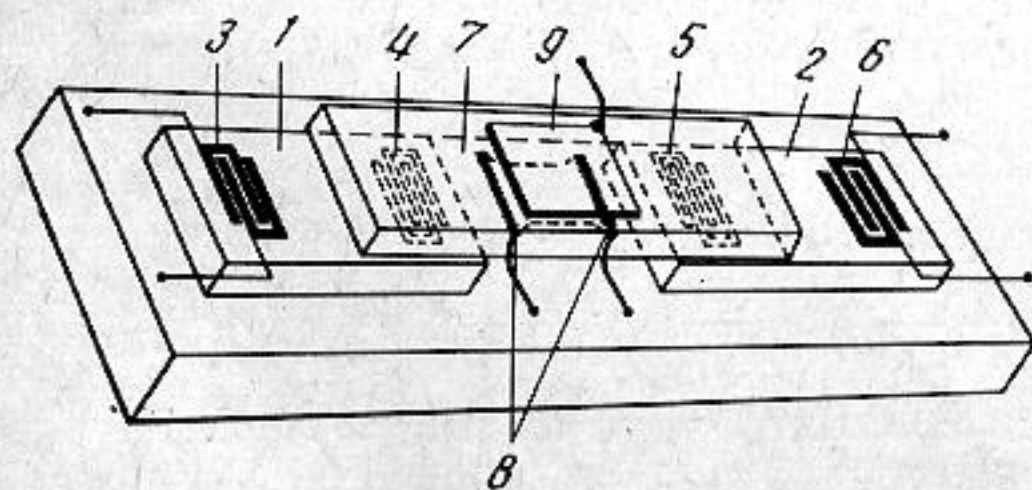
А. М. Кмита, А. В. Медведь, Ю. Н. Мушкаренко,
В. Н. Федорен

Способ усиления ультразвуковых поверхностных волн (УПВ) в слоистых структурах пьезоэлектрик — полупроводник, предложенный впервые в 1964 г. в работе [1], открывает широкие возможности для создания целого класса устройств, предназначенных для обработки информации и основанных на эффектах взаимодействия УПВ с электронами [2]. Однако вопрос о выборе оптимальной пары пьезоэлектрик — полупроводник для таких структур к настоящему времени еще окончательно не решен, и проводятся интенсивные исследования по созданию монокристаллических слоистых структур с электрофизическими параметрами, удовлетворяющими разработчиков акустоэлектронных устройств.

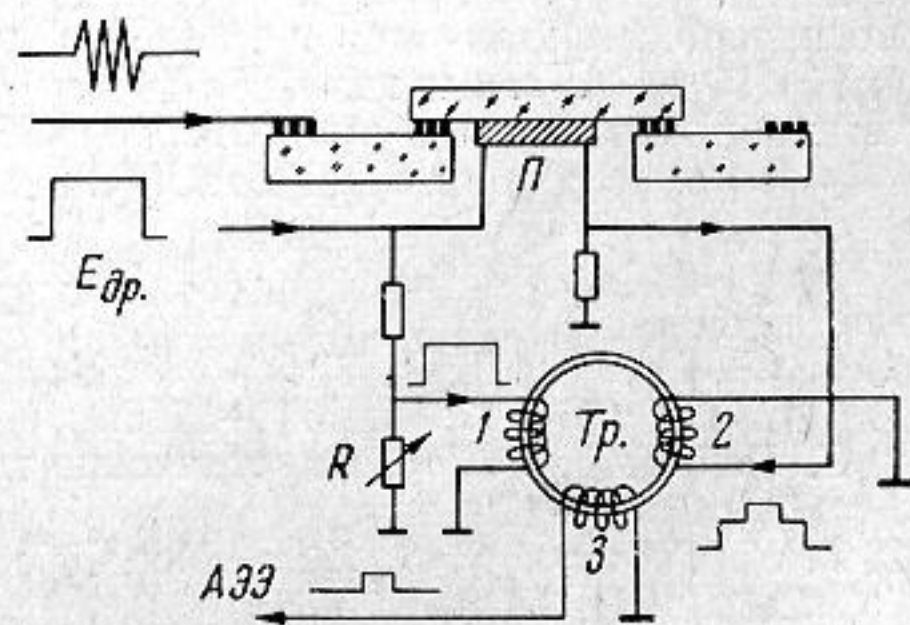
В данной работе предложен метод исследования акустоэлектронного взаимодействия в монокристаллических слоистых структурах пьезоэлектрик — полупроводник, не требующий изготовления электромеханических преобразователей на исследуемых структурах. Этот метод существенно уменьшает трудоемкость эксперимента и позволяет разделить технологические исследования по созданию самой монокристаллической структуры и по изготовлению на ней электромеханических преобразователей.

Предлагаемый метод исследования взаимодействия УПВ с электронами полупроводниковой пленки основан на явлении перехода УПВ из одного пьезоэлектрического звукопровода в другой через систему металлических электродов [3].

Устройство для исследования монокристаллических структур изображено на фиг. 1. Оно состоит из двух опорных пьезоэлектрических звукопроводов 1 и 2, на оптически полированных поверхностях которых имеется по паре электромеханических гребенчатых преобразователей встречно-штыревого типа 3—6. Преобразователь 3 служит для возбуждения, а преобразователь 6 — для приема УПВ. Исследуемая слоистая структура 7 прижимается со стороны полупроводниковой пленки к преобразователям 4 и 5, т. е. к системам металлических электродов. УПВ, возбужденная преобразователем 3, распространяется по звукопроводу 1 и с помощью электродов преобразователя 4 частично переходит на нижнюю поверхность (на которой расположена полупроводниковая пленка) исследуемой структуры. Через электроды преобразователя 5 УПВ переходит из монокристаллической структуры в звукопровод 2 и снимается преобразователем 6. Для исследования эффекта усиления УПВ дрейфом носителей тока в полупроводнике и продольного акустоэлектрического эффекта (АЭЭ) на полупроводниковой пленке имеются два омических контакта 8. Для исследования поперечного АЭЭ на тыльной стороне исследуемой структуры нанесен металлический электрод 9 [4]. Уровень нулевого электронного поглощения определяется по величине дрейфового поля, соответствующей изменению знака продольного АЭЭ [5], что позволяет также определить дрейфовую подвижность носителей тока в пленке полупроводника. Ввиду того, что исследования акустоэлектронных взаимодействий обычно проводятся в импульсных дрейфовых полях, измерения зависимости величины АЭЭ от дрейфового поля встречают некоторые трудности: нужно измерять сравнительно слабый импульс АЭЭ на фоне импульса дрейфового поля большой величины. Для устранения этих трудностей предлагается схема, основанная на взаимной компенсации двух больших сигналов при помощи импульсного трансформатора со встречным включением



Фиг. 1



Фиг. 2

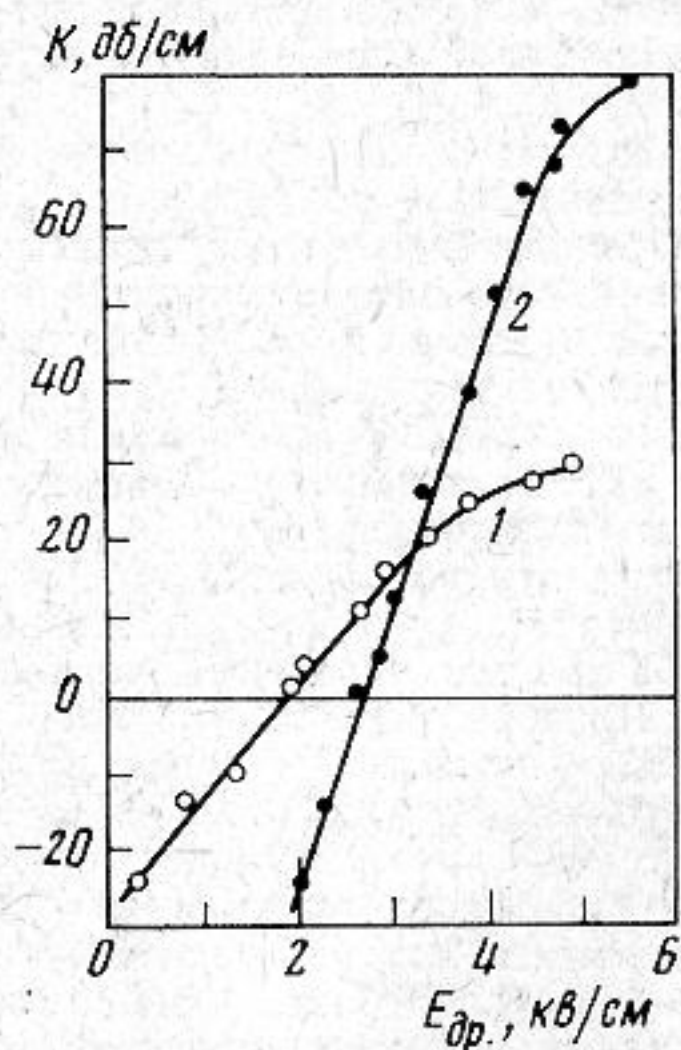
Фиг. 1. Устройство для исследования акустоэлектронного взаимодействия в монокристаллической слоистой структуре

Фиг. 2. Электрическая схема для определения уровня нулевого электронного поглощения УПВ

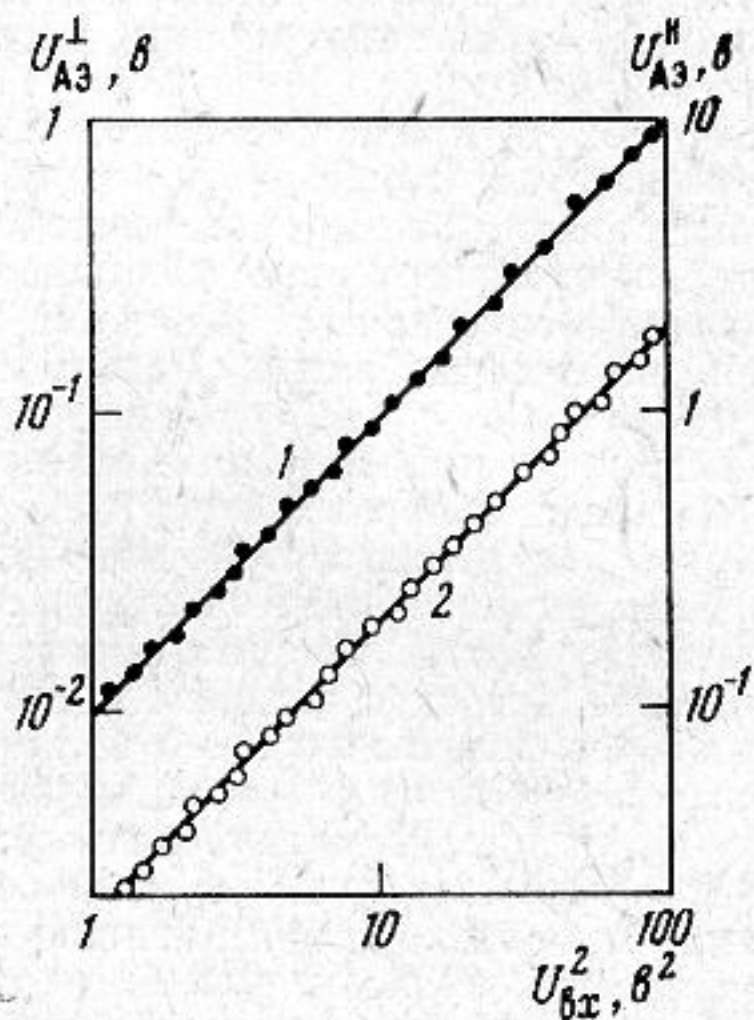
нием обмоток, изображенных на фиг. 2. Импульс дрейфового поля $E_{др}$ подается на исследуемую полупроводниковую пленку П и одновременно через делитель напряжения на обмотку 1 трансформатора Тр. Импульс продольного АЭЭ, вызванный пугом УПВ вместе с прошедшим импульсом дрейфового поля снимается с полупроводника и подается на обмотку 2 трансформатора, включенную встречно по отношению к обмотке 1. Регулируя величину резистора R, можно добиться компенсации фонового импульса $E_{др}$ и на выходе обмотки 3 трансформатора получить «чистый» импульс АЭЭ.

В качестве примера использования предложенного метода приведем некоторые результаты экспериментального исследования акустоэлектронного взаимодействия в монокристаллических структурах LiNbO_3 — пленка InSb и LiNbO_3 — пленка CdSe на частоте УПВ, равной 200 Мгц.

Два опорных звукопровода в этом случае изготавливались из кристаллов LiNbO_3 с ориентацией YZ, преобразователи их имели основную частоту 200 Мгц. Потери на



Фиг. 3



Фиг. 4

Фиг. 3. Зависимости величин электронного усиления K от дрейфового поля $E_{др}$ в структурах LiNbO_3 — InSb с проводимостью пленки $\sigma d = 50 \cdot 10^{-6} \text{ ом}^{-1}$ (кривая 1) и LiNbO_3 — CdSe, с $\sigma d = 1,3 \cdot 10^{-6} \text{ ом}^{-1}$ (кривая 2) на частоте 200 Мгц

Фиг. 4. Зависимости величин продольного U_{Az}^{\parallel} (кривая 1) и поперечного U_{Az}^{\perp} (кривая 2) акустоэлектрических эффектов от квадрата напряжения на входном преобразователе $U_{вх}^2$ в структуре LiNbO_3 — InSb с $\sigma d = 50 \cdot 10^{-6} \text{ ом}^{-1}$ на частоте 200 Мгц

преобразование для входного и выходного преобразователей составляли по 5 дб. Общие вносимые потери системы, когда вместо слоистой структуры к звукопроводам прижималась пластина LiNbO_3 без полупроводниковой пленки, не превышали на основной частоте 16 дб, а на частоте третьей гармоники (600 Мгц) составляли ~ 50 дб.

На фиг. 3 приведены полученные зависимости величины электронного усиления УПВ от дрейфового поля в исследованных монокристаллических структурах. Подвижность носителей, определенная с помощью схемы, изображенной на фиг. 2, равнялась для InSb $190 \text{ см}^2/\text{в} \cdot \text{сек}$ и для CdSe $140 \text{ см}^2/\text{в} \cdot \text{сек}$. На фиг. 4 изображены зависимости величин поперечного и продольного АЭЭ от квадрата напряжения на входном преобразователе, т. е. от мощности УПВ, для структуры LiNbO_3 — InSb.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. В. Гуляев, В. И. Пустовойт. Усиление поверхностных волн в полупроводниках ЖЭТФ, 1964, 47, 11, 2251—2256.
2. Г. Кайно, Дж. Шоу. Акустические поверхностные волны. Успехи физ. наук., 1974, 113, 1, 157—179.
3. L. A. Coldren, G. S. Kino. Monolithic acoustic surface wave amplifier. Appl. Phys. Lett., 1971, 18, 8, 317—319.
4. Дж. Х. Коллинз, П. Дж. Хэген. Усиление акустических поверхностных волн. Электроника, 1970, 2, 25, 15—23.
5. А. М. Кмита, А. В. Медведь. Поперечный акустоэлектрический эффект в слоистой структуре LiNbO_3 —Si. Письма в ЖЭТФ, 1971, 14, 435—458.

Институт радиотехники
и электроники Академии наук СССР

Поступила
23 сентября 1974 г.