

динаты точки, в которой вычисляется потенциал. Для практически важного случая потенциал на плоскости  $z=0$ , численный расчет интегралов при  $\varepsilon_m/\varepsilon_s = 2,5 \cdot 10^{-2}$ ,  $\kappa^{-1} = 1 \text{ нм}$ ,  $z_i = 0,5 \text{ нм}$  дает погрешность  $\delta \approx 1\%$ . Это обстоятельство позволяет при численном определении потенциала воспользоваться более удобным приближенным решением (4), поскольку оно содержит экспоненты и весьма удобно для расчета потенциала от произвольного числа фиксированных зарядов.

Выражаю благодарность Ю. А. Чизмаджеву и В. Ф. Пастушенко за полезные дискуссии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Donath E., Pastushenko V. J. *Electroanal. Chem.*, 104, 543 (1979).
2. Lerche D. J. *Theor. Biol.*, 104, 231 (1983).
3. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. *Электродинамика сплошных сред*. Изд. Наука, М.,

### ՊՈՏԵՆՑԻԱԼԻ ԲԱՇԽՈՒՄԸ ԹԱՂԱՆԹԻ ՄՈՏ ՖԻԶՍՎԱԾ ԴՈՒՐՍ ԲԵՐՎԱԾ ԼԻՑԻԱԿԱՅՈՒԹՅԱՆ ԴԵՊՈԶԻՄ Վ. Բ. ԱՌԱՔԵԼՅԱՆ

Աշխատանքում որոշված է պոտենցիալը թաղանթ-էլեկտրոլիտ բաժանման սահմանի մոտ՝ թաղանթի մակերևույթի մոտ ֆիքսված լիցքերի կամայական տեղավորման դեպքում: Մտացված է խնդրի ճշգրիտ լուծումը, ինչպես նաև մոտավոր լուծումը, որը հարմար է թվային հաշվարկների համար: Տրված է մոտավոր լուծման ճշգրտության գնահատականը:

## DISTRIBUTION OF POTENTIAL NEAR A MEMBRANE-ELECTROLYTE INTERFACE WITH PROJECTED CHARGE

V. B. ARAKELYAN

The potential near a membrane-electrolyte interface with a fixed charge arbitrarily disposed by the membrane surface has been determined. The exact solution of the problem as well as an approximate solution convenient for numerical calculations are obtained. The accuracy of the approximation has been estimated.

Изв. АН Армянской ССР, Физика, т. 24, вып. 6, 283—287 (1989)

УДК 621.315.592

### Օ ФЛУКТУАЦИЯХ СОПРОТИВЛЕНИЯ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $Pb_{1-x}Sn_xTe<In>$ ПРИ АЗОТНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Ю. А. АБРАМЯН, М. Е. ГРИГОРЯН, С. Г. МАРТИРОСЯН,  
К. З. ПАПАЗЯН, М. Е. НАЗАРЕТЯН, А. Л. ХАЧАТУРОВ

Институт радиофизики и электроники АН АрмССР

(Поступила в редакцию 7 февраля 1989 г.)

Приведена схема ИК-радиометра с внутренней модуляцией, посредством которого измерена обнаружительная способность монокристаллов  $Pb_{1-x}Sn_xTe<In>$ .

Показано, что освещение кристаллов фоном ( $T_{\text{ф}} = 300 \text{ K}$ ) приводит к заметному росту шумовых характеристик в условиях, когда фоточувствительность кристаллов более чем на порядок меньше порога фотонных шумов. Указанные свойства приписываются флуктуациям сопротивления кристаллов  $Pb_{1-x}Sn_xTe < I_n >$  при захвате или выбросе электронов ян-теллеровскими центрами в процессе облучения фоном.

За последние годы значительно возрос интерес к твердым растворам  $Pb_{1-x}Sn_xTe < I_n >$  в связи с обнаружением в них аномально высокой фотопроводимости при низких температурах ( $T \leq 20 \text{ K}$ ), которая сопровождается большими временами (минуты, часы) нарастания и спада фотопроводимости,  $N$ -образностью вольт-амперных характеристик, снятых при освещении, а также возникновением неравновесных состояний в сильных магнитных полях [1, 2, 3] и т. д.

Для объяснения этих явлений были предложены модели примесных автолокализованных состояний [4], структурных фазовых переходов [5] и ян-теллеровских центров, стимулированных введением индия в  $Pb_{1-x}Sn_xTe$  [6—8].

В приведенных моделях предполагается существование в кристаллах  $Pb_{1-x}Sn_xTe$  локализованных на дефектах состояний, находящихся в зоне проводимости и сильно взаимодействующих с кристаллическим окружением. Захват и выброс электронов на эти дефекты приводят к локальной перестройке решетки (сильным смещениям атомов) вокруг дефекта, при этом уровень с захваченным электроном опускается ниже дна зоны проводимости. В результате между локализованными и делокализованными состояниями возникает потенциальный барьер, связанный с тем, что полная энергия кристалла уменьшается и вернуть его в исходное состояние можно термической активацией либо фотовозбуждением [6—8]. При больших концентрациях дефектов (взаимодействующие дефекты) перестройка имеет место во всем кристалле, что вызвано однородным сдвигом подрешеток при ионизации дефектов [5].

Приведенные физические модели качественно объясняют почти все аномальные явления в  $Pb_{1-x}Sn_xTe < I_n >$ .

В настоящее время принято, что прямым экспериментальным доказательством перестройки ян-теллеровского центра является оптическое гашение фотопроводимости коротковолновым излучением с энергией кванта, намного превышающей ширину запрещенной зоны [8]. Известно также, что введение примеси индия в  $Pb_{1-x}Sn_xTe$  приводит к появлению глубоких центров, которые, согласно [6], являются ян-теллеровскими, а также к росту ширины запрещенной зоны [9] и при азотных температурах.

В данной работе приводятся некоторые результаты радиометрических исследований шумовых характеристик монокристаллов  $Pb_{1-x}Sn_xTe < I_n >$  при 77 K.

В качестве исследуемого объекта использовались монокристаллы  $Pb_{1-x}Sn_xTe$  ( $x = 0,22—0,24$ ;  $N_{\text{In}} = 0,6—1 \text{ ат\%}$ ), выращенные из паровой фазы методом сублимации. Легирование индием проводилось непосредственно при получении исходного поликристаллического ма-

териала. Кристаллы имели четкий выход естественной грани (100) на поверхность. Подвижность и концентрация при 77 К равнялись соответственно  $\mu_n = 5 \cdot 10^3 \text{ см}^2 \text{ В}^{-1} \text{ с}^{-1}$ ,  $n = 1,6 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ .

Для исследования шумовых характеристик и измерения обнаружительной способности был разработан радиометр, фиксирующий изменение сопротивления с точностью не менее 0,001 Ом. Схема используемого радиометра приведена на рис. 1. Фоторезистор  $R_{\Phi}$  из указанного материала

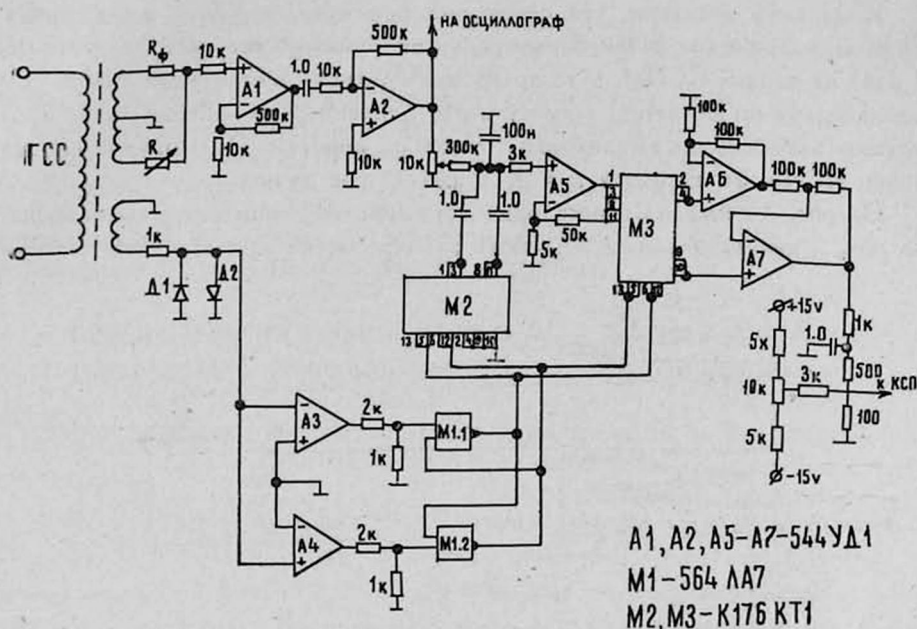


Рис. 1. Принципиальная схема радиометра.

подключается к входу предусилителя  $A_1$ , как показано на рисунке; от ГСС через трансформатор к входу предусилителя и формирователю опорного сигнала ( $A_3 \div A_4$ ) и  $M_1$  подается синусоидальный сигнал. На неинвертирующий вход предусилителя поступает разность сигналов относительно общей точки от  $R_{\Phi}$  и переменного резистора  $R$ . При равенстве  $R_{\Phi} = R$  сигнал на входе предусилителя отсутствует (баланс плеч моста). Падающее на  $R_{\Phi}$  излучение нарушает баланс плеч относительно общей точки. Сигнал разбаланса усиливается усилителями ( $A_1 \div A_2$ ), фильтруется синхронным интегратором  $M_2$ , выполняющим роль узкополосного гребенчатого фильтра с постоянной времени  $\tau = 0,3 \text{ с}$ , и через буферный усилитель  $A_5$  и фазовый детектор  $M_3$  подается на вход самопишущего прибора КСП-4. С выхода усилителя  $A_2$  сигнал подается на осциллограф, что позволяет одновременно с записью на КСП-4 наблюдать сигнал и шумовые характеристики до и после освещения кристаллов. Следует отметить, что в приведенной схеме радиометра проходящий ток фиксирует уровень изменения проводимости. При инерционных фотопроцессах следующий импульс тока будет по уровню выше предыдущего, и в итоге эти сигналы будут просуммированы синхронным интегратором без потерь даже для са-

мых низких по инерционности фотопроцессов. При измерениях исходные кристаллы опускались в жидкий азот с экранировкой от излучения окружающего фона. Проводилась балансировка моста ( $R_{\phi} = R$ ) и запись шумов всей системы. Далее, при равных условиях измерения (ток через  $R_{\phi}$ , усиление) проводилось освещение кристалла фоном окружающей среды ( $T = 300K$ ). Освещение приводит к появлению сигнала разбаланса на осциллографе и КСП-4, после установления которого следует запись шумов в присутствии светового сигнала.

Измерения показали, что освещение фоном ( $T = 300K$ ) исследуемых кристаллов приводит к заметному росту шумовых флуктуаций (в несколько раз) на записи КСП-4, в то время как средняя амплитуда шумов на осциллографе не меняется, а имеет место медленный случайный сдвиг всей картины зависимости амплитуды сигнала от времени. Подобный сдвиг на записи КСП-4 фиксируется как рост амплитуды шумов.

На рис. 2 показана запись при частичном и полном открывании фона. На рис. 3 показана запись шумовых характеристик при отсутствии фоно-

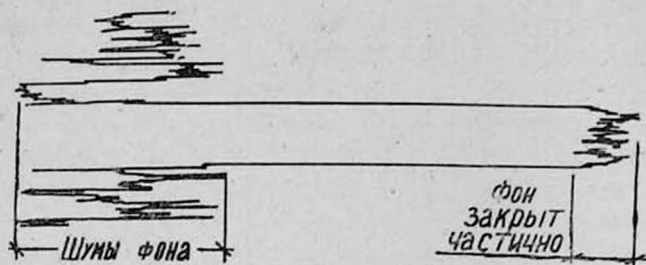


Рис. 2.

вого излучения (а), при наличии фона (б) и обычного резистора с сопротивлением, равным  $R_{\phi}$  при некотором разбалансе сигнала на входе (в). При измерениях ток через образец не превышал 10 мкА. Фоновое освещение меняло сопротивление  $R_{\phi}$  на 1—2% от исходного, поэтому при освещении ток через образец оставался практически неизменным.



Рис. 3. Запись сигнала и шумовых характеристик монокристаллов  $Pb_{1-x}Sn_xTe$   $\langle I_n \rangle$  при частичном и полном освещении фоном ( $T_{\phi} = 300 K$ ).

Непосредственное фиксирование флуктуаций фонового излучения обычно имеет место, если приемник чувствует фотонные шумы.

Измерения обнаружительной способности, проведенные на монокристаллах  $Pb_{1-x}Sn_xTe \langle I_n \rangle$  с разными составами и процентным содержанием индия, показали, что для лучших образцов  $D^* \sim 10^9 \text{ см} \cdot \text{Гг}^{1/2} \text{ Вт}^{-1}$ .

Таким образом, постоянство проходящего тока через образец, малые значения  $D^*$ , при которых система не может регистрировать флуктуации фонового излучения, позволяют сделать вывод, что рост «шумов» на запи-

сях следует приписать флуктуациям сопротивления кристалла при освещении.

На наш взгляд, подобные флуктуации могут быть связаны с перестройкой решетки при захвате и выбросе электронов ян-теллеровскими центрами в процессе облучения кристаллов фоном.

# ЛИТЕРАТУРА

1. Вул Б. М. и др. Письма в ЖЭТФ, 29, 21 (1979).
2. Воронова И. Д. и др. Тезисы доклада на конференции, Фотоэлектрические явления в полупроводниках. Ужгород, 1979, с. 79.
3. Акимов Б. А. и др. Письма в ЖЭТФ, 29, 11 (1979).
4. Казан Ю., Кикоин К. А. Письма в ЖЭТФ, 31, 367 (1980).
5. Волков Б. А., Осипов В. В., Панкратов О. А. ФТП, 14, 1387 (1980).
6. Волков Б. А., Панкратов О. А. ДАН СССР, 255, 93 (1980).
7. Панкратов О. А., Фойтель М. Г. ФТП, 18, 1203 (1984).
8. Засавицкий И. И. и др. Письма в ЖЭТФ, 42, 3 (1985).
9. Виноградов В. С. и др. Письма в ЖЭТФ, 32, 22 (1980).

## ԱՋՈՏԱՅԻՆ ԶԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆՆԵՐԻ ՏԱԿ $Pb_{1-x}Sn_xTe < In >$ ՊԻՆԻ ԼՈՒՄԻՆԵՑԵՆԵՐԻ ԴԻՄԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ՖԼՈՒԿՏՈՒԱՅԻՆԱՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

ՅՈՒ. Ա. ԱՐԱՄՅԱՆ, Մ. Ե. ԳՐԻԳՐՅԱՆ, Ս. Գ. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ, Կ. Զ. ՓԱՓԱԶՅԱՆ,  
Կ. Զ. ՆԱԶԱՐԵՏՅԱՆ, Ա. Լ. ԽԱՇԱՏՈՒՐՈՎ

Տրված է ներքին մոդուլացմամբ  $Pb_{1-x}Sn_xTe < In >$  ինքնազդեցիկ ուղղաձիգ, որի միջոցով չափվել է  $Pb_{1-x}Sn_xTe < In >$  մոնոքրիստալների ընկալող ընդունակությունը: Ցույց է տրված, որ բյուրեղի լուսավորումը ֆոնով ( $T_b = 300 K$ ) հանգեցնում է աղմուկային բնութագրերի զգալի աճին այն պայմաններում, երբ բյուրեղների ֆոտոզգայնությունը ավելի քան մեկ կարգով փոքր է, քան ֆոտոնային աղմուկների շեմը:

Նշված հատկությունները վերագրվում են  $Pb_{1-x}Sn_xTe < In >$  բյուրեղների գիմադրության փոփոխություններին, երբ ֆոնով լուսավորման ընթացքում կատարվում են էլեկտրոնների արտանետում կամ զավթում յան-տելլուրյան կենտրոնների կողմից:

## ON RESISTANCE FLUCTUATIONS OF SOLID SOLUTIONS $Pb_{1-x}Sn_xTe < In >$ AT LIQUID NITROGEN TEMPERATURES

YU. A. ABRAMYAN, M. E. GRIGORYAN, S. G. MARTIROSYAN  
K. Z. PAPAZYAN, M. E. NAZARETYAN, A. L. KHACHATUROV

An IR-radiometer scheme is described, by means of which the detectivity of  $Pb_{1-x}Sn_xTe < In >$  single crystals has been measured. It is shown that background illumination of crystals ( $T_b = 300 K$ ) results in a notable increase of noise characteristics in the conditions when the magnitude of crystal photosensitivity is more than by an order less than the photon noise level. We attribute these properties of  $Pb_{1-x}Sn_xTe < In >$  crystals to their resistance fluctuations in the process of capture and release of electrons by Yan-Teller centres, when they are subject to background illumination.