

УДК 621.315.592

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ, ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ПРИРОДА АНОМАЛЬНО БОЛЬШИХ ФОТОНАПРЯЖЕНИЙ В ПЛЕНКАХ ТЕЛЛУРИДА КАДМИЯ

Т. МИРЗАМАХМУДОВ, Х. ХОЛИДИНОВ

(Кафедра физики)

Одним из самых интересных явлений в физике полупроводниковых пленок, несомненно, является эффект аномально больших фотонапряжений, или АФН-эффект. Пленки, изготовленные с помощью определенной технологии из некоторых полупроводниковых материалов, при освещении генерируют фотонапряжения в сотни и тысячи вольт. Научный интерес этого эффекта состоит прежде всего в его парадоксальности. Казалось бы, что исходя из общих положений теории твердого тела не могут возникнуть фотонапряжения больше тех, которые обусловлены запрещенной зоной полупроводника, т. е. возможные фотонапряжения должны быть ограничены значениями порядка 1 В. АФН-эффект открывает принципиальную возможность прямого преобразования оптического сигнала в электрический сигнал достаточно большего напряжения, т. е. устраняется потребность в источниках питания, что крайне важно для дальнейшей микроминиатюризации радиоэлектронной аппаратуры. Данный эффект впервые был замечен в 1946 г. Л. Сосновским и другими, которые обнаружили в тонких слоях сернистого свинца фотонапряжение $V_{\text{афн}} = 2-3$ В, тогда как $\Delta E/q$ для PbS составляет примерно 0,4 В. Аналогичные результаты получены также В. Я. Берлагом, М. А. Румшем и Л. П. Страховым [1, 2].

В настоящей работе представлены результаты исследования технологических, электрофизических свойств и природы АФН-пленок CdTe. В пленках из теллурида кадмия может быть получено аномально высокое фотонапряжение при осаждении молекулярного пучка на подложку в диапазоне температур 20—400 °С.

Эффект возникновения аномально высокого фотонапряжения в пленках CdTe обусловлен р — п-переходным механизмом.

Описываемые АФН-пленки могут быть применены для изготовления эффективных оптоэлектронных трансформаторов напряжений (ОТН), преобразователей изображений в электрический потенциальный рельеф и т. п.

Кристаллический теллурид кадмия п-типа испарялся из тигля, покрытого окисью алюминия при температуре 750 °С. Давление остаточных газов в процессе напыления пленок CdTe поддерживалось на уровне $1,33 \cdot 10^{-2}$ Па. Оптимальный угол напыления,

при котором пленки генерируют максимальное фотонапряжение, находился в пределах 40°. В качестве подложек использовались стекло, кварц, слюда, полиэтилентерефталатная лента, а в некоторых случаях NaCl и ZrF.

Основные параметры исследованных пленок, измерявшиеся при освещенности 1—10⁴ лк, приведены в таблице.

В отдельных образцах при температуре жидкого азота фотонапряжение достигало ~10 кВ. АФН-эффект возникает в образцах, изготовленных при температурах 20—400 °С (таблица).

Основные параметры
исследованных пленок

Температура подложки, °С	Угол напыления θ , град	Время напыления t , мин	V, В	V', В
30	45	30	250	780
150	40	30	300	3000
150	45	30	750	2850
150	40	30	1000	4900
180	45	25	1200	6200
200	40	20	850	2600
250	40	25	780	2480
300	40	30	300	1500
400	40	30	50	200

Примечание. V и V' — фотонапряжение соответственно при комнатной температуре и температуре жидкого азота.

Нами выяснялось влияние материала подложки на формирование АФН-эффекта в пленках из теллурида кадмия. В установке последовательно располагали подложки из указанных выше материалов. Сравнительно высокие значения $V_{\text{афн}}$ наблюдались в пленках CdTe, осаждаемых на кварцевую подложку.

Исследования зависимости температуры и $V_{\text{афн}}$ тока короткого замыкания ($I_{\text{к.з.}}$), а также температуры и сопротивления R показали, что при переходе от комнатной температуры к температуре жидкого азота значения $V_{\text{афн}}$ и R возрастали в десятки раз, а $I_{\text{к.з.}}$ практически не изменялись.

На основе результатов изучения влияния деформации на АФН-пленки можно установить механизм возникновения аномально высокого напряжения [6, 7]. Мнения исследователей о механизме возникновения АФН-эффекта в пленках CdTe противоречивы [3, 4].

При растяжении АФН-структуры с микро-р — п-переходом сопротивление, вызванное межкристаллитными областями, будет повышаться, поэтому значение генерируемого фототока, фиксируемого внешним прибором, должно уменьшаться. Зависимость между фототоком и растяжением для пленок с фотодиффузионным механизмом АФН-эффекта должна быть иной, т. е. иметь максимум $I_{к.з.} \Delta l / I_{к.з.}(0)$, зависящей от $\Delta l / l$.

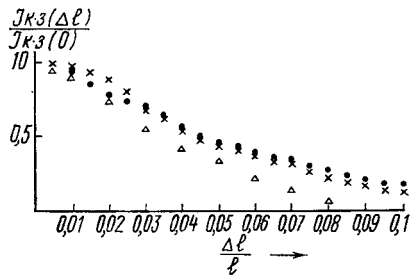
Таким образом, на основе зависимости фототока от растяжения АФН-структуры можно судить о природе микрофотонапряжений.

Для создания больших механических напряжений в пленках CdTe напыляли АФН-пленки на полимерные подложки, допускающие значительные обратимые деформации. Высокая степень адгезии обеспечивала передачу напряжений от подложки к АФН-пленке и осуществление деформации одностороннего растяжения в исследуемых пленках.

Существенной особенностью данной методики является то, что механическое напряжение приложено к каждой точке поверхности напыленной пленки, контактирующей с подложкой. Поэтому при возникновении микроразрывов в полупроводниковой АФН-

пленке напряжения не снимаются и величина деформации не ограничивается пределом прочности в самом слабом месте, как в массивных образцах. В качестве подложки нами использовалась полиэтилентерефталатная лента. Ее выбор обусловлен высокой прочностью и термостойкостью [5].

На рисунке показана зависимость кривой $I_{к.з.}$ от относительного растяжения $\Delta l / l$, ко-



Зависимость $I_{к.з.}$ от относительного растяжения.

торая имеет монотонно спадающий вид. Было исследовано 50 образцов. Для образцов, осажденных на слюдяные подложки, также характерны аналогичные деформационные кривые. Деформационные свойства АФН-пленок CdTe, осаждаемых на слюдяные подложки, изучали при изгибе последних.

Из приведенного материала следует, что в АФН-пленках CdTe АФН-эффект возникает благодаря суммированию микрофотонапряжений в цепочке р — п-переходов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берлага Р. Я., Страхов Л. П., Румш М. А. Фотоэлектродвижущая сила у сернисто-свинцовых фотоспротивлений. — Журн. тех. физики, 1955, т. 25, с. 1878. — 2. Берлага Р. Я., Румш М. А., Страхов Л. П. Возникновение фотоэдс в слоях сернистого свинца. — Радиотехника и электроника, 1957, т. 2, с. 287. — 3. Корсунский М. И., Соминский М. И., Зубарев Б. А. О природе аномально высокого фотонапряжения в пленках CdTe. — Докл. АН СССР, 1968, т. 180, № 1, с. 66. — 4. Корсунский М. И., Соминский М. И., Зубарев Б. А.

Об определении числа микрофотоэлементов в АФН-пленках CdTe. — Докл. АН СССР, 1968, т. 180, № 2, с. 319. — 5. Николаев А. Ф. Синтетические полимеры и пластические массы на основе. М.: Наука, 1964. — 6. Мирзамахмудов Т. Образование и исследование некоторых фотоэлектрических свойств полупроводниковых пленок. Ташкент: Фан, 1967. — 7. Фотоэлектрические явления в полупроводниках и оптоэлектроника / Под ред. Э. И. Адировича. Ташкент: Фан, 1972.

Статья поступила 2 декабря 1982 г.

SUMMARY

In CdTe films anormally high phototension can be achieved by settling molecular bundle on a pad under temperature range of 20—400 °C.

The article contains data of measuring anormally high phototension under 4—300 °C. Appearing anormally high phototension in CdTe films is concluded to be due to p-n-transition mechanism.