

ВЛИЯНИЕ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СЛОЯ НА ФОТОТОК В ПОВЕРХНОСТНО-БАРЬЕРНЫХ СТРУКТУРАХ МЕТАЛЛ— n - $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$

Исмаилов Н. Д., Гусейнов Э. К., Курбанова Э. И.

В реальных контактах металл—полупроводник часто существует промежуточный сверхтонкий слой диэлектрика. В некоторых случаях для улучшения фотозлектрических свойств [1] тонкие диэлектрические слои создаются преднамеренно. Считается, что наличие диэлектрика приводит к уменьшению темнового тока насыщения, в то время как фототок вследствие действия эффекта накопления неосновных носителей на границе раздела полупроводник—диэлектрик [2] остается неизменным. Однако по мере увеличения толщины диэлектрика становится существенной рекомбинация фотогенерированных носителей заряда по сравнению с их отводом от поверхности и величина фототока

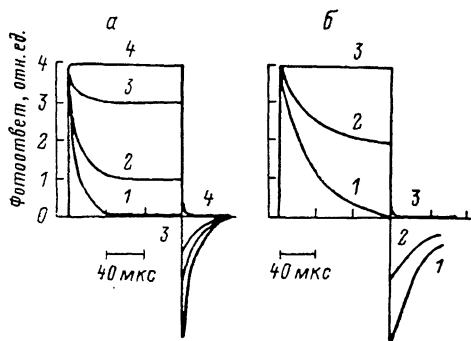


Рис. 1. Осциллограмма фототока структур $\text{Ni}-n-\text{Cd}_{0.28}\text{Hg}_{0.72}\text{Te}$ с толщиной естественного окисла 90 \AA .

$R_{\text{в}}$, кОм: а — 1, б — 20; $V_{0\text{р}}$, В: 1 — 0, 2 — 0.5, 3 — 0.8, 4 — 2.

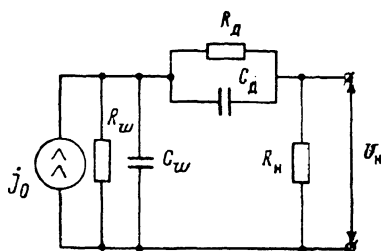


Рис. 2. Эквивалентная схема структуры металл—полупроводник с промежуточным диэлектрическим слоем.

R_d , C_w — сопротивления диэлектрика и области пространственного заряда соответственно, C_d , C_w — емкости диэлектрика и области пространственного заряда соответственно, j_0 — генератор тока.

уменьшается. В работах [3, 4] теоретически и экспериментально показано, что методом исследования кинетики установления фототока можно получить информацию о прозрачности диэлектрика, о величине рекомбинации и т. д.

В настоящей работе экспериментально исследовано влияние тонкого диэлектрического слоя на кинетику установления и механизм прохождения фототока в поверхностно-барьерных структурах металл— n - $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ при 80 К. Структуры изготовлялись на основе n -типа $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ с $N_D - N_A = 10^{14} - 10^{15} \text{ см}^{-3}$ и $x = 0.25 - 0.3$.

Толщина естественного окисла, измеренная эллипсометрическим методом, составляла $40 - 95 \text{ \AA}$. Полупрозрачные электроды из Ni или Cu площадью $0.4 \times 0.4 \text{ мм}$ осаждались через маску термическим испарением в вакууме. Омический контакт из индия наносился на всю обратную сторону подложки методом вакуумного напыления. Периферийные области контактов затемнялись. При исследовании кинетики фототока источником излучения служил светодиод АЛ-106Б с длиной волны излучения 0.93 мкм , что соответствует поверхностной фотогенерации. Величина поверхностного изгиба зон, определенная методом насыщенной фотоэдс [5], а также знак фототока указывают на то, что фототок через структуру определяется неосновными носителями заряда. Исследование ВАХ структур показывает, что с увеличением обратного смещения фототок увеличивается. Для структур с $d = 80 - 95 \text{ \AA}$ при малых смещениях фототок практически отсутствовал, а функциональная зависимость проводимости диэлектрика от падения напряжения на нем аналогична приведенной в [6]. Это указывает

на существенную величину рекомбинации фотогенерированных пар по сравнению с их отводом от поверхности [7]. Наличие диэлектрического зазора также влияет на кинетику фототока. На рис. 1 приведены осциллограммы фототока структур на $n\text{-Cd}_{0,28}\text{Hg}_{0,72}\text{Te}$ с $d=90 \text{ \AA}$, снятые при одной освещенности, но при различных напряжениях смещения. Как видно, форма импульсов при $V=0$ знакопеременна и с увеличением смещения приближается к прямоугольной. Напряжение, соответствующее выходу из режима дифференцирования, уменьшается с увеличением нагрузочного сопротивления R_n . Время спада импульса увеличивается пропорционально сопротивлению при $R_n > 5 \text{ кОм}$. Для объяснения наблюдаемых особенностей воспользуемся результатами работ [4, 6] и эквивалентной схемой (рис. 2). В соответствии со схемой при $V \approx 0$, когда сопротивление диэлектрика велико $R_d \gg R_n, R_w$, через структуру течет только емкостной ток, релаксирующий с $\tau = (R_n + R_w) C_x$ (в нашем случае $C_w \ll C_x$). В режиме короткого замыкания ($R_n C_w < R_x C_w$) фронт нарастания определяется величиной $R_n C_w$, а спад фототока, обусловленный рекомбинацией, происходит с $\tau = R_x C_x$. Величина эффективной скорости поверхностной рекомбинации связана с τ соотношением (7), приведенным в работе [4], оценка по которому дает $S \approx 10^5 \text{ см/с}$. При больших значениях R_n , когда $R_n C_w > R_x C_w$, что соответствует режиму холостого хода, время спада определяется $R_n C_x$. Это значение времени спада использовалось для определения толщины диэлектрика, которая соответствовала значениям, полученным из эллипсометрических измерений. С увеличением $V_{\text{обр}}$ проводимость диэлектрика растет и, когда R_d становится меньше R_n , токи утечки через диэлектрик превышают емкостной ток и форма импульса приобретает прямоугольную форму. Так как проводимость диэлектрического слоя не зависит от R_n , то напряжение, соответствующее выходу из режима дифференцирования, уменьшается с увеличением R_n . Отметим, что при толщинах диэлектрического слоя $d=40-50 \text{ \AA}$ токи проводимости через диэлектрик существенны при $V=0$ и выбросы импульса не наблюдаются. Введение дополнительного слоя диэлектрика SiO_2 до $d=60 \text{ \AA}$, осуществляемое вакуумным напылением, не приводит к существенным изменениям особенностей кинетики фототока. Это свидетельствует о том, что механизм сквозных токов через диэлектрик не играет существенной роли при отводе неосновных носителей заряда [1, 6]. Отметим также, что наличие теплового фона (поток фона $\sim 10^{15} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$) приводит к начальному накоплению неосновных носителей заряда в поверхностной области полупроводника, вследствие чего задержки спада фототока, обусловленного рекомбинацией, не наблюдается. Начальное изменение поверхностного потенциала (до $-10 \text{ кТ/}q$) может приводить к увеличению скорости поверхностной рекомбинации [1].

Таким образом, диэлектрический промежуточный слой в структурах металл— $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ может существенно влиять на ВАХ и кинетику установления фототока. Учет рекомбинации неосновных фотогенерированных носителей заряда и увеличение сквозных токов через диэлектрик с ростом обратного напряжения смещения позволяют удовлетворительно объяснить наблюдаемые экспериментальные результаты.

Л и т е р а т у р а

- [1] Вуль А. Я., Саченко А. В. — ФТП, 1983, т. 17, в. 8, с. 1361—1376.
- [2] Гуткин А. А., Седов В. Е. — ФТП, 1976, т. 10, в. 8, с. 1589—1591.
- [3] Герасимов А. Л., Гуткин А. А., Седов В. Е. — ФТП, 1980, т. 14, в. 1, с. 26—28.
- [4] Вуль А. Я., Санин К. В., Дидейкин А. Т., Зянчин Ю. С., Саченко А. В. — ФТП, 1983, т. 17, в. 8, с. 1471—1477.
- [5] Вуль А. Я., Санин К. В., Федоров В. И., Хансеев Р. Ю., Шмарцев Ю. В. — Письма ЖТФ, 1979, т. 5, в. 15, с. 932—933.
- [6] Вуль А. Я., Дидейкин А. Т., Зянчин Ю. С., Санин К. В., Саченко А. В. — ФТП, 1986, т. 20, в. 8, с. 1444—1450.
- [7] Саченко А. В., Крушова И. В. — ФТП, 1981, т. 15, в. 1, с. 73—81.

Получено 4.01.1988
Принято к печати 1.03.1988