

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

ОСОБЕННОСТИ ТОКОПЕРЕНОСА В ПДП СТРУКТУРАХ  
СО СКВОЗНЫМИ ПРОВОДЯЩИМИ КАНАЛАМИ В ДИЭЛЕКТРИКЕ

Малик А. И., Гречко В. А., Грушка Г. Г.

Ранее [1] было показано, что наличие проводящих каналов в слое диэлектрика в ПДП структурах приводит к ряду особенностей в механизме токопере-носа, в частности к модуляции тока основных носителей через структуру за счет влияния заряда накопленных в потенциальных ямах на границе раздела диэлектрик—полупроводник неосновных носителей. Наличие стационарной засветки приводит к появлению эффекта внутреннего усиления фототока. Результаты работы [1] относились к ПДП структурам, изготовленным на основе *n*-кремния. При исследовании структур на *p*-кремнии наблюдалось различие механизмов токопере-носа. Ответственным за такое различие может быть заряд диэлектрика, знак которого в случае термического окисла в большинстве слу-чаев одинаков и имеет положительную величину.

ПДП структуры со сквозными каналами в слое диэлектрика и локальными  $p^+$ -контактами в полупроводниковой подложке, полученными диффузией бора через каналы, изготавливались на основе высокоомного кремния *p*-типа про-вдимости с концентрацией основных носителей не более  $10^{12}$  см<sup>-3</sup>. Верхний прозрачный электрод представлял собой тонкий слой вырожденного полупро-водникового соединения из смеси окислов индия и олова (ITO).

На рис. 1 приведены осциллограммы изменения тока через структуру при подаче на полевой электрод из ITO прямоугольного импульса напряжения. В случае импульса положительной полярности (рис. 1, а) в начальный момент через структуру протекает ток небольшой величины, постепенно возрастающий во времени до значения, определяемого сопротивлением полупроводниковой подложки. Скорость нарастания тока увеличивается при наличии засветки (штриховой участок). Если на структуру, кроме импульса напряжения положи-тельной полярности, подать постоянное отрицательное смещение, то осцилло-грамма тока будет иметь вид, показанный на рис. 1, б. В этом случае до подачи импульса напряжения через структуру протекает ток, который в начальный момент подачи импульса положительной полярности уменьшается почти до нуля, а в дальнейшем нарастает во времени до величины, ограниченной объем-ным сопротивлением подложки. Наличие засветки приводит к увеличению ско-рости нарастания тока (штриховая кривая).

Осциллограммы тока можно объяснить, рассмотрев физические процессы, протекающие в ПДП структуре. Положительный заряд диэлектрика обусло-вливает обеднение приповерхностного слоя кремния основными носителями. Область объемного заряда (ООЗ) ограничивает сечение проводящего канала в объеме кремния между локальным  $p^+$ -контактом и тыльным омическим кон-тактом (рис. 2, а). При подаче на полевой электрод напряжения положительной полярности (рис. 2, б) через канал будет протекать ток основных носителей, возрастающий во времени за счет увеличения сечения канала вследствие умень-шения ширины ООЗ из-за накопления термогенерированных носителей в по-тенциальных ямах на границе раздела диэлектрик—кремний. Возникающий при этом инверсионный слой экранирует заряд полевого электрода. Наличие

засветки приводит к увеличению числа неосновных носителей и к возрастанию скорости образования инверсионного слоя. В случае подачи на электрод постоянного отрицательного смещения (рис. 2, в) объем кремния за счет эффекта

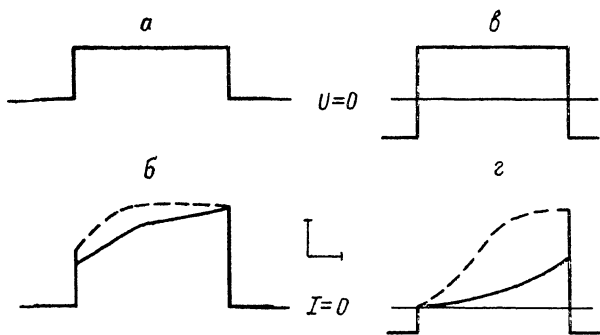


Рис. 1. Осциллограммы изменения тока (б, г) при подаче на полевой электрод ПДП структуры импульса напряжения (а, в).

а, б — постоянное напряжение смещения отсутствует, в, г — на структуру подано постоянное отрицательное напряжение смещения. Масштабы по вертикали — для напряжения 10 В/дел, для тока  $10^{-4}$  А/дел; по горизонтали —  $10^{-3}$  с/дел.

экслюзии будет обедняться неосновными носителями, причем максимальное обеднение будет иметь место в окрестности локального  $p^+$ -контакта. При изменении полярности смещения возникшая ООЗ проникнет под локальный контакт

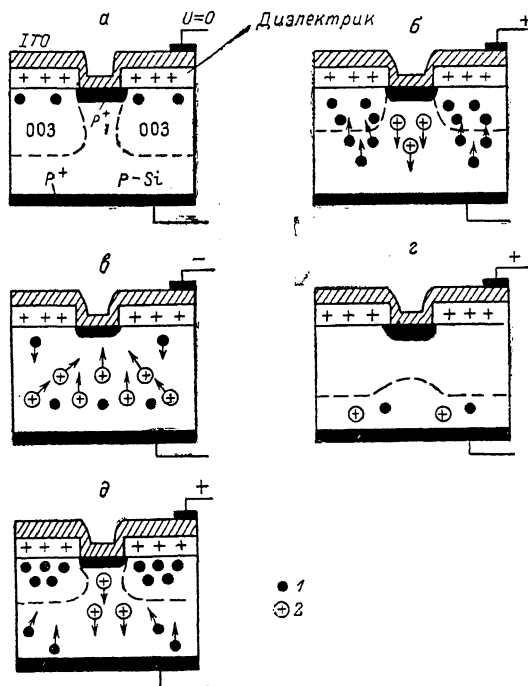


Рис. 2. Процессы в ПДП структуре со сквозными каналами в слое диэлектрика.

Термогенерированные (фотогенерированные): 1 — электроны, 2 — дырки.

и тем самым перекроет канал для основных носителей (рис. 2, в). Ток через структуру резко уменьшится. Далее, со временем термогенерированные или фотогенерированные в объеме подложки неосновные носители, накапливаясь в потенциальных ямах, приведут к появлению в объеме канала для тока основных носителей.

Таким образом, исследованные ПДП структуры на основе  $p$ -кремния отличаются от ранее исследованных структур на основе  $n$ -кремния лишь начальным состоянием границы раздела диэлектрик—кремний, а сама модель механизма токопереноса, представленная в [1], остается справедливой с учетом знака заряда в диэлектрике.

Особенности процессов в исследованных ПДП структурах могут быть использованы при разработке высокочувствительных датчиков излучения. Так как восстановление нарушенного равновесия в результате приложения к структуре истожающего поля происходит путем активационных процессов, при соответствующих условиях (низких температурах, наличии глубоких уровней и т. д.) скорость этих процессов может быть очень низкой. Датчик при попадании на него излучения будет регистрировать суммарную дозу поглощенного излучения. Описанию свойств таких датчиков и других электронных устройств на основе ПДП структур будет посвящена отдельная работа.

#### Список литературы

[1] Малик А. И., Гречко В. А., Грушка Г. Г. // ФТП. 1989. Т. 23. В. 11. С. 2049—2055.

Черновицкий государственный университет

Получено 20.04.1990  
Принято к печати 18.06.1990

ФТП, том 24, вып. 12, 1990

## РЕЗОНАНС ФАНО ЭФФЕКТА УВЛЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ ФОТОНАМИ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ

Дмитриев А. П., Ылматов Э. З., Ясиевич И. Н.

1. Известно, что в ряде полупроводников существуют квазилокальные электронные состояния на фоне сплошного зонного спектра. В GaAs и его твердых растворах обнаружены подобные уровни, связанные с возбужденными состояниями глубоких структурных дефектов [1]. Показано, что эти состояния могут играть роль промежуточных в процессах диффузии дефектов и их перестройки [2]. Распространенным методом исследования квазилокальных состояний является изучение особенностей оптического поглощения и фотопроводимости (резонансов Фано [3]). В настоящей работе будет показано, что перспективным методом изучения таких состояний могут стать исследования частотной зависимости фототока увлечения [4], возникающего при оптических переходах с примесных центров. Это связано с тем, что резонансы Фано в эффекте увлечения проявляются значительно ярче, чем в эффекте поглощения [5].

Действительно, пусть электрон, первоначально находившийся на примеси в основном  $s$ -состоянии, поглощает квант света и переходит в зону с энергией, близкой к энергии квазидискретного уровня  $E_0$ . Соответствующий матричный элемент в линейном по импульсу света  $\hbar\mathbf{k}$  приближении имеет вид

$$M(\mathbf{k}, \omega) = \frac{e\mathbf{k}}{k} \left\{ M_1(\mathbf{k}, \omega) + \frac{k_x}{k^2} M_2(\mathbf{k}, \omega) \right\}, \quad (1)$$

где  $\mathbf{k}$  — волновой вектор электрона в зоне,  $\mathbf{e}$  — вектор поляризации света. Слагаемое  $M_1(\mathbf{k}, \omega)$  отвечает дипольному переходу (орбитальный момент электрона в зоне  $l=1$ ), а  $M_2(\mathbf{k}, \omega)$  — квадрупольному ( $l=2$ ). Коэффициент поглощения пропорционален  $|M_1(\mathbf{k}, \omega)|^2$ , а эффект фотонного увлечения определяется произведением  $\text{Re} [M_1(\mathbf{k}, \omega) M_2^*(\mathbf{k}, \omega)]$ . Резонансное рассеяние приводит к появлению особенностей в матричных элементах  $M_1(\mathbf{k}, \omega)$  и  $M_2(\mathbf{k}, \omega)$ . Если квазидискретный уровень соответствует орбитальному моменту  $l=1$  ( $p$ -уровень), то особенность возникает в  $M_1(\mathbf{k}, \omega)$  и проявляется как в коэффициенте погло-