

## О ЛЮКС-ВОЛЬТОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ КОНДЕНСАТОРНОЙ ФОТОЭДС В СИСТЕМЕ Si—SiO<sub>2</sub>

С. А. ЗАЙДМАН, Н. К. КУРЫНДИНА, Д. И. СВИРЯКИН

(Представлена научным семинаром НИИ ЭИ)

Одной из возможностей использования метода конденсаторной фотоэдс при исследовании характеристик поверхности является определение поверхностного потенциала по насыщению люкс-вольтовых характеристик [1, 2, 3]. При этом отсутствие токовых контактов, необходимых при исследовании поверхности методом эффекта поля, отсутствие металлического электрода на поверхности диэлектрика, необходимого в методе C—V характеристик, возможность использования образцов с широким диапазоном изменения удельного сопротивления свидетельствуют о перспективности метода при исследовании поверхности полупроводников в системе полупроводник — диэлектрик.

Целью настоящей работы было оценить эффективность метода определения поверхностного потенциала  $U_{s0}$  по насыщению люкс-вольтовых характеристик при исследовании системы полупроводник — диэлектрик Si—SiO<sub>2</sub>, где пленка SiO<sub>2</sub> получалась путем термического окисления в цикле сухой — влажный — сухой кислород.

Для этой системы мы наблюдали насыщение люкс-вольтовой характеристики конденсаторной фотоэдс  $\Delta U_{\phi}$ , что позволило определить  $U_{s0}$ . Кроме того, определяя  $U_{s0}$  методом эффекта поля, мы могли сопоставить полученные результаты.

Уровень инжекции  $\left( \delta = \frac{\delta_p}{n_i} \right)$  определялся из измерения фотопроводимости, причем, мы могли не учитывать изменения  $\delta = (U_{s0})$ , так как в условиях нашего эксперимента фотопроводимость очень слабо менялась в зависимости от  $U_{s0}$ , в то время как для заметного изменения величины фотоэдс необходимы значительные изменения в  $\delta$  (рис. 1, а).

Экспериментальные исследования  $\Delta U_{\phi}$  проводились в широком диапазоне значений  $\delta$ . Для сравнения с экспериментом были получены расчетные зависимости  $\Delta U_{\phi} = \Delta U_{\phi}(\delta)$ . Они находились путем графического решения уравнения:

$$\begin{aligned} 2qn_iL_iF(Y, \lambda, \delta) + qN_d(1 - f_i) - qNa_1f_i = \\ = 2qn_iL_iF_0(Y_0, \lambda) + qN_d(1 - f_{i0}) - qNa_1f_{i0}, \end{aligned} \quad (1)$$

которое получено из условия постоянства полного поверхностного заряда. В уравнении (1) использованы обозначения работы [1]. Рассчитанные этим методом люкс-вольтовые характеристики для  $U_{s0} = 22 \frac{kT}{q}$  в

случае отсутствия и при наличии поверхностных состояний приведены на рис. 2. Как видно из рисунка, при отсутствии поверхностных состоя-

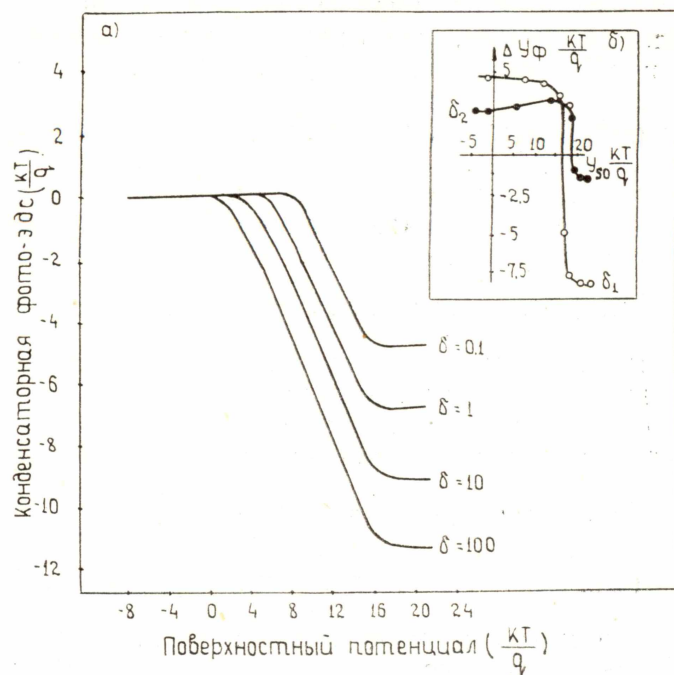


Рис. 1. Зависимость конденсаторной фотоэдс от поверхностного потенциала:  
 а — расчетные зависимости при различных  $\delta$  без учета захвата неравновесных носителей на поверхностные состояния (для  $\lambda = \frac{p_0}{n_i} = 10^3$ );  
 б — экспериментальные зависимости при  $\delta_1 > \delta_2$ .

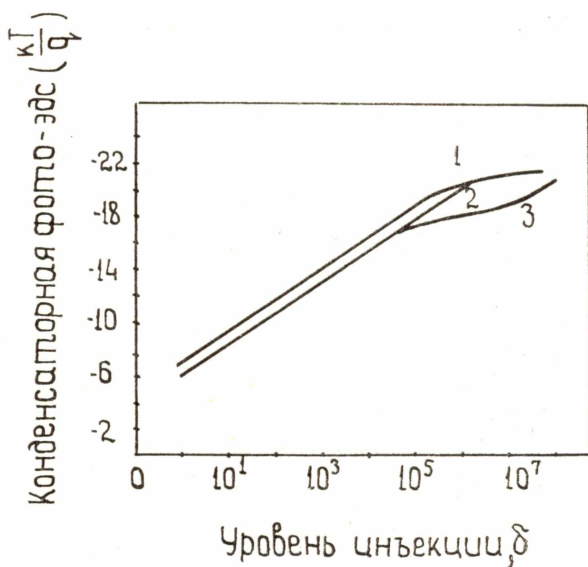


Рис. 2. Расчетные зависимости конденсаторной фотоэдс от уровня инжекции  $\delta$  для  $U_{s0} = 22 \frac{\kappa T}{q}$ ; 1 —  $N_t = 0$ ; 2 —  $N_t = 10^{12} \text{ сост/см}^2 \cdot \text{ср/сп} = 10^{-7}$ ,  $v = +4 \frac{\kappa T}{q}$ ; 3 —  $N_t = 10^{12}$ ,  $\text{сост/ст}^2 \cdot \text{ср/сп} = 10^3$ ,  $v = 4 \frac{\kappa T}{q}$ .

чий некоторая тенденция к насыщению наблюдается при очень больших уровнях инжекции ( $\delta > 3 \cdot 10^6$ ), причем предельное значение  $\Delta U_{\phi}$  равно значению равновесного поверхностного потенциала. Захват неравновесных носителей заряда поверхностными состояниями приводит к заниженному значению  $\Delta U_{\phi}$  и к увеличению уровня инжекции, при котором достигается насыщение  $\Delta U_{\phi}$ .

При экспериментальном исследовании системы Si—SiO<sub>2</sub> методом эффекта поля был определен равновесный поверхностный потенциал  $U_{s0}$ , значения которого для различных образцов менялись в пределах  $19-22 \frac{kT}{q}$ . На рис. 3 приведены экспериментальные люкс-вольтовые характеристики при различных потенциалах поверхности, соответствующих инверсии и обогащению. Из рисунка видно, что значения поверхностного потенциала, определенные из насыщения экспериментальных кривых, значительно ниже его значений, полученных из эффекта поля. Так, для случая равновесного потенциала  $U_{s0} = 22 \frac{kT}{q}$  насыщение соответствует значению  $8 \frac{kT}{q}$  (для других образцов оно не превышало  $11 \frac{kT}{q}$ ).

В работе [4] при исследовании зависимости конденсаторной фотоэдс от поверхностного потенциала при различных уровнях инжекции было установлено, что в формировании сигнала фотоэдс присутствует избыточный положительный сигнал диффузионного типа. Этот сигнал начинает превалировать в области потенциалов  $U_{s0} < 18 \frac{kT}{q}$  (рис. 1, б) и в этой же области потенциалов наблюдается более резко выраженное насыщение люкс-вольтовых характеристик, включая область обогащения (рис. 3). Сопоставление экспериментальной зависимости с расчетной (рис. 2) позволяет заключить, что значительное занижение  $\Delta U_{\phi}$  обусловлено вкладом положительного избыточного сигнала и наличием захвата неравновесных носителей на поверхностные состояния.

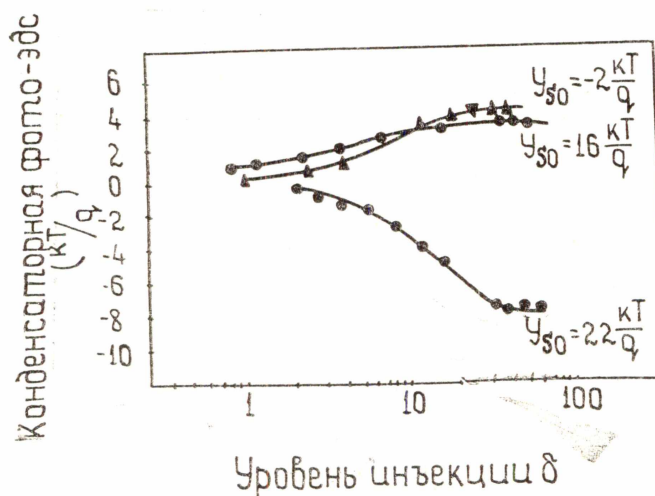


Рис. 3. Экспериментальные люкс-вольтовые зависимости при различных  $U_{s0}$ . Указаны значения  $U_{s0}$ , полученные по эффекту поля

На основании вышеизложенного можно сказать, что, по-видимому, метод определения поверхностного потенциала по насыщению люкс-вольтовой характеристики конденсаторной фотоэдс не является достаточно надежным и универсальным методом, поскольку захват неравновесных



носителей заряда на поверхностные состояния и вклад избыточной фотоэдс оказывают весьма существенное влияние на вид этой характеристики.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. E. O. Jonson. Phys. Rev. 111, 153, 1958.
  2. I. Flinn. Surface Science 10, 32, 1968.
  3. Y. W. Lam, I. Phys. D. Appl. Phys. 4, 1370, 1971.
  4. С. А. Зайдман, Н. К. Курьндина, Д. И. Свирякин. Некоторые особенности зависимости конденсаторной фотоэдс от электрического поля в системе Si—SiO<sub>2</sub>. (Настоящий сборник).
-