



ФОТОВАХ МИШЕНЕЙ ВИДИКОНА НА ОСНОВЕ a-Si:H

*Акбаров Улугбек Камбарович¹,
Орипов Дониёр Абдуганпорович¹,
Набиев Аъзамжон Ботиржонович²*

¹Академический лицей Наманганского государственного университета,

²Наманганский государственный университет.

Аннотация: Маколада аморф гидрогенизацияланган кремний (a-Si:H) асосидаги видикон мишенининг квазистатик фото-вольт-ампер характеристикалари назарий ва экспериментал жиҳатдан тадқиқ этилди. Олинган аналитик ифодалар турли *i*-қатлам параметрларига эга бўлган видикон мишенининг экспериментал фотоВАХ натижалари сифат жиҳатидан тушунтириб беради.

Калит сўзлар: Аморф гидридланган кремний, видикон мишени, фотоўтказувчанлик, ёруғлик вольт-ампер характеристикаси, фотоқабул қилгич, яримўтказгич материаллар, фотосезгир қатлам, электрон-оптик қурилмалар.

Аннотация: Теоретически и экспериментального исследованы квазистатические фотовольт-амперные характеристики мишени видикона на основе аморфного гидрогенизированного кремния (a-Si:H). Полученные аналитические выражения качественно объясняют поведение экспериментально полученных фотоВАХ мишени видикона с различными параметрами *i*-слоя.

Ключевые слова: Аморфный гидрогенизированный кремний, мишень видикона, фотопроводимость, световая вольт-амперная характеристика,



фотоприемник, полупроводниковые материалы, фоточувствительный слой, электронно-оптические приборы.

Abstract: The quasistatic photo current–voltage characteristics of a vidicon target based on amorphous hydrogenated silicon (a-Si:H) were investigated both theoretically and experimentally. The obtained analytical expressions qualitatively explain the behavior of the experimentally measured photo current–voltage characteristics of vidicon targets with different i-layer parameters.

Keywords: Amorphous hydrogenated silicon, vidicon target, photoconductivity, light current–voltage characteristics, photodetector, semiconductor materials, photosensitive layer, electro-optical devices.

Видиконы с мишенями из аморфного кремния интересны с точки зрения совокупности своих параметров высокой (2000 μA люмен) чувствительности, сравнительно малой (8%) инерционности, низких (порядка нескольких наноампер) величин темнового тока. Кроме того, следует их способность работать в интервале температур 25-90 $^{\circ}\text{C}$, малые габариты и все, а также низкий уровень потребляемой мощности [1-4]. В [5] была показана возможность упрощения технологии и создания мишеней при использовании не легированного, а псевдолегированного a-Si:H. В последнем, как известно, уровень Ферми, плотность локализованных состояний и фотоэлектрические (температуры и скорости ее осаждения, состава и скорости прокачки газовой смеси в ВЧ-реакторе и др.) [6]. Таким образом, исключается использование токсичных и взрывоопасных диборана и фосфина, не требуется применение многокамерных установок, исключается нежелательная диффузия атомов-допантов. Для технология создания мишеней из псевдолегированного аморфного кремния представляло интерес получить аналитические выражения для фатоВАХ показывающие их взаимосвязь с параметрами. Рассмотрим структуру мишени видикона [рис-1] При наиболее



коротковолновом ($\lambda=0,417$ мкм) освещении свет поглощается области *i*-слоя, и фотогенерированный дырки под действием приложенного поля *E* инжектирует в его объем. Таким образом, фототок определяется переносом дырок, а они в свою очередь – их взаимодействием локализованными состояниями в хвосте *v* – зоны и оборванными связями; обозначим плотности этих состояний N_1 и N_2 , см⁻³.

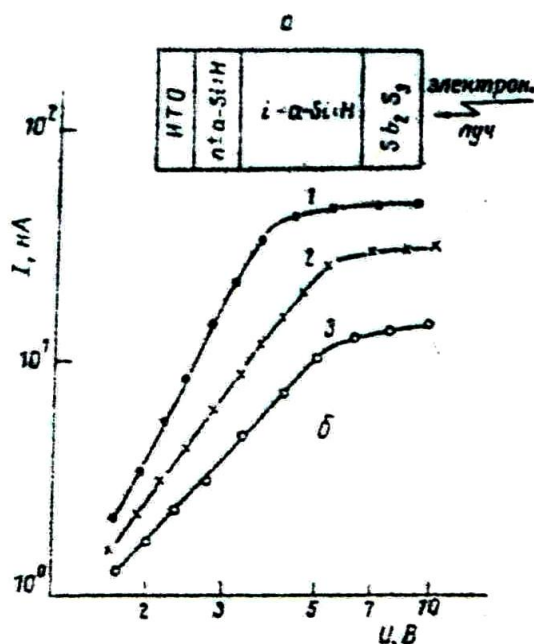


Рис.1. Структура мишени видикона (а) и ФотоВАХ мишени из а-Si:H (б) с различными параметрами *i*- слоя: 1-0,9 эВ; 2-0,85 эВ; 3-0,75 эВ

Выражение для фото ВАХ мишени видикона получим решая совместно уравнение непрерывности для фототока (диффузионным током пренебрегаем из-за малости коэффициента диффузии)

$$j = e\mu_p pE \tag{1}$$

уравнение Пуассона



$$\frac{\partial E}{\partial x} = \frac{4\pi e}{k} \{p + N_2(f - 1) + N_1\} \quad (2)$$

и уравнение для кинетики перезарядки уровней

$$N_1 \frac{\partial f}{\partial t} = \frac{p}{\tau_p} (1 - f) \frac{N_1}{N_2} - g \quad (3)$$

Здесь p – концентрация инжектированных дырок ; τ_p – время их жизни; μ_p – их подвижность ; g – темп их генерации ; f – коэффициент заполнения ловушек. Пока область пространственного заряда (ОПЗ) мала по сравнению с толщиной l –слоя , ток определяются сопротивлением электронейтрального объема и удовлетворяет закону Ома

$$j = e\mu_p pV / L \quad (4)$$

С ростом напряжения ОПЗ расширяется на весь объем , и через образец протекает ток, ограниченный пространственным зарядом (ТОПЗ). При этом если

$$p \gg (N_2(f - 1) + N_1) \quad (5)$$

то решая совместно уравнение (1) и (2) и учитывая (5) , получим квадратичную фото ВАХ

$$j = e\mu_p pV^2 / L^2 \quad (6)$$

При больших напряжениях однако условие (5) не выполняется , т.е. можно полагать

$$p + N_2(f - 1) + N_1 = A[N_2(f - 1) + N_1] \quad (7)$$



Где коэффициент $A > 1$. Тогда уравнение Пуассона имеет следующий вид :

$$\frac{\partial E}{\partial x} = \frac{4\pi e}{k} \cdot A[N_2(f-1) + N_2] \quad (2a)$$

Как известно, видикон работает в накопительном режиме, поскольку период сканирования равен $(1/40)$ с, а время жизни дырок значительно меньше. Поэтому случай видикона можно рассматривать как квазистационарный и соответственно этому решать уравнения (1), (2a) и (3). Тогда после необходимых подстановок уравнение Пуассона имеет следующий вид

$$\frac{\partial E}{\partial x} = \frac{4\pi e}{k} \cdot A[N_1 + e\mu_p g \tau_p N_1 E / j] \quad (8)$$

Чтобы получить из (8) выражения для фотоВАХ надо задать нижнюю границу интеграла, в качестве которой берем точку x_0 , где поле обращается в нуль («виртуальный» катод) [7]. Как следует из [7], с ростом напряжения ОПЗ расширяется и x_0 сдвигается по закону [7]

$$x_0 = L_0 \ln(e\mu_p p E_0 / 2\pi j), \quad (9)$$

где $L_0 = kT / eE_0$, $E_0 = 4\pi k T N_1 / k$

Проинтегрировав (8) дважды, получаем выражение для фотоВАХ мишени видикона

$$V = 2V_p / \alpha [(1 - x/L) - 1/\alpha (1 - \exp(-\alpha) \cdot (1 - x/L))] \quad (10)$$

где $V_p = eNL^2 / k$ -напряжение полного заполнения дырочных ловушек [8]
 $\alpha = 4\pi A e \mu_p g \tau_p E_1^2 / jk$. Чтобы упростить полученное выражение ,разложим



входящую в него экспоненту в ряд и, пренебрегая некоторыми членами ряда, имеем

$$V = V_p [1 - 2L_0 / L \cdot \ln(e\mu_p p E_0 / 2\pi j) - \alpha / 3] \quad (11)$$

Для случая

$$\alpha \gg 6L_0 / L \cdot \ln(e\mu_p p E_0 / 2\pi j) \quad (12)$$

можно получить зависимость квазистационарного фототока от напряжения

$$j = egL(4\pi e\mu_p N_1 / 3k) \cdot \tau / (1 - V / V_p) \quad (13)$$

При

$$\alpha \ll 6L_0 / L \cdot \ln(e\mu_p p E_0 / 2\pi j) \quad (14)$$

зависимость (13) сменяется экспоненциальной зависимостью

$$j = (e\mu_p p E_0 / 2\pi) \exp\left\{- (1 - V / V_p) L / L_0\right\} \quad (15)$$

Эта зависимость продолжается до полного заполнения ловушек, т.е. при $V=V_0$. В зависимости от пробега дырок после этого участка может возникнуть область, в которой фототок ограничен пробегом носителей (произведением $\tau\mu$) т.е.

Он определяется глубокими состояниями. Если произведение $\mu\tau$ достаточно велико, эта область не возникает. Рассмотрим теперь, согласуются ли приведенные выше результаты с результатами экспериментальных исследований мишеней, изготовленных на основе а-Si;H. На рис.1 показаны фотоВАХ трех мишеней с различными характеристиками i-слоя псевдо-легированного а-Si;H положением уровня Ферми и концентрацией дефектов, определенной методом постоянного тока



[6]. Как видно, с уменьшением концентрации дефектов, т.е. концентрации дырочных ловушек, наблюдается более резкая зависимость фототока от напряжения, что подтверждает справедливость (15). В [8] отмечено, что напряжение V_p определяется той частью полной концентрации ловушек, которая в термодинамическом равновесии не заполнена. При понижении температуры концентрация незаполненных ловушек растет, в связи с чем наблюдается сдвиг V_p в сторону высоких напряжений (рис.2).

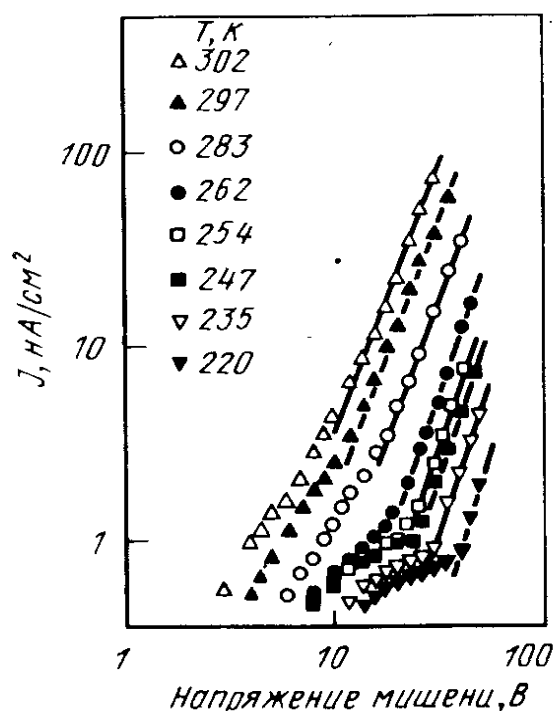


Рис.2. ФотоВАХ мишени видикона на основе a-Si:H, полученных при

температурах 302 К (1), 283 К (2), 262 К (3), 247 К (4), 220 К (5).

Кроме того, в зависимости от температуры величина α тоже растет. В зависимости от значений N_1 и α в области низких температур на фотоВАХ появляются изломы и перегибы, количество и положения которых зависят



от температуры измерения (рис.2). Как видно, фототок на этих участках фотоВАХ поочередно подчиняется законам, выраженным в формулах (4), (6), (13) и (15).

Таким образом, полученные нами аналитические выражения, описывающие фотоВАХ мишеней, видикона на основе a-Si:H в зависимости от параметров i-слоя хорошо согласуются с экспериментальными данными. Это позволяет заключить, что результаты настоящей работы целесообразно использовать при дальнейших усовершенствованиях технологии изготовления мишеней.

ЛИТЕРАТУРА

1. Shimizi T. Jpn.J.Appl.Phys., **25**, 353(1982).
2. Informacni list. Tesla-Vakuola-koncernovy podnik (Praga, Typ. VIDICON 33 Q), Vol.26.
3. S 3833 Technical Information. Sony Corporation. Pickup Tube Division. Image Device. Group Type:1/2 inch B/W tube.
4. Shear W. and Le Comber P. In: Physics of Hydrogenated Amorphous Silicon 1. Ed. By J. D. Joannopoulos and G. Lucovsky (New-York, Springer Verlag, 1984).
5. Голикова О. А., Казанин М. М., Петров И.Н. ФТП, 28, 1589 (1994).
6. Голикова О.А. ФТП, 25, 1517 (1991).
7. Фукс Б.И. ФТП, 15, 1679 (1981).
8. Ламперт М., Марк П. Инжекционные токи в твердых телах (Москва, Мир, 1973).