

5-10-2019

## The effects of the a-Si:H to its photoelectric properties and photocurrent of solar cells based on a-Si:H

Sirojiddin Zaynobidinov  
*Andijan State University*

Umarxon Babakhodzhayev  
*Namangan State University*

Azamjon Nabiyev  
*Namangan State University*

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/namdu>



Part of the [Physical Sciences and Mathematics Commons](#)

---

### Recommended Citation

Zaynobidinov, Sirojiddin; Babakhodzhayev, Umarxon; and Nabiyev, Azamjon (2019) "The effects of the a-Si:H to its photoelectric properties and photocurrent of solar cells based on a-Si:H," *Scientific Bulletin of Namangan State University*. Vol. 1 : Iss. 2 , Article 75.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/namdu/vol1/iss2/75>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Scientific Bulletin of Namangan State University by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact [sh.erkinov@edu.uz](mailto:sh.erkinov@edu.uz).

---

**The effects of the a-Si:H to its photoelectric 'ro'erties and photocurrency of solar cells based on a-Si:H**

**Cover Page Footnote**

???????

**Erratum**

???????

**ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ НОСИТЕЛЕЙ ТОКА  $a\text{-Si:H}$  И  
ВЛИЯНИЕ ИХ НА ФОТОПРОВОДИМОСТЬ ФОТОЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ  
 $a\text{-Si:H}$ .**

Сирожидин Зайнобидинов<sup>1</sup>, Умархон Бобоходжаев<sup>2</sup>,  
Аъзамжон Набиев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Андижанский государственный Университет.

<sup>2</sup>Наманганский государственный Университет.

E-mail: [anabiyev76@mail.ru](mailto:anabiyev76@mail.ru)

**Аннотация:** В данной работе были исследованы механизм переноса дырочного фототока и влияния на него ловушки, который находится в щели подвижности аморфного гидрированного кремния. Дырочный фототок были получены в мишени видикона на основе  $a\text{-Si:H}$ . Кроме этого были физически обоснована критерий фототока в импульсном режиме для получения параметров дырочных ловушек, и их энергетический положения в щели подвижности. Из полученных результатов можно определит типы рекомбинация и с помощью этого можно определить коэффициент захвата этих ловушек. Параметры этих уровней можно использовать при усовершенствовании эффективности солнечных элементов на основе  $a\text{-Si:H}$ .

**Ключевые слова:** Аморфный гидрированный кремний, мишен видикона, дырочные ловушки, инерционность фототока, энергетическое положения ловушек, щель подвижности, центры прилипания, люкс-амперные характеристики.

**THE EFFECTS OF THE  $a\text{-Si:H}$  TO ITS PHOTOELECTRIC PROPERTIES AND  
PHOTOCURRENCY OF SOLAR CELLS BASED ON  $a\text{-Si:H}$**

Sirojiddin Zaynobidinov<sup>1</sup>, Umarxon Babakhodzhayev<sup>2</sup>, Azamjon Nabiyev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Andijan State University, Andijan

<sup>2</sup>Namangan State University, Namangan.

**Abstract.** The manuscript describes the effect of the mechanism of hole currency and the handholds on the mobility groove in the Hydrogenated Amorphous Silicon ( $a\text{-Si:H}$ ). The photocurrent of the holes was taken by target of Vidicon device. Moreover, the boundary of the photocurrent that was determined by exact impulse regime was physically defined to obtain some information about the carriers and their energetic position on the mobility strip. Taken informations can be used to find recombination type, catch factor and improve the effectiveness of solar cells based on  $a\text{-Si:H}$ .

**Keywords:** Hydrogenated Amorphous Silicon, Target of Vidicon device, hole currency, the inertia of photocurrent, the energetic position of carriers, mobility strip, mobility groove, the centre of handholds, the characteristic of Lux – Amper.

***a-Si:H*ДАГИ ТОК ТАШУВЧИЛАРНИ ФОТОЭЛЕКТРИК ПАРАМЕТРЛАРИ ВА  
УЛАРНИ *a-Si:H* АСОСИДАГИ ФОТОЭЛЕМЕНТЛАРНИ  
ФОТОЎТКАЗУВЧАНЛИГИГА ТАЪСИРИ.**

Сирожидин Зайнобидинов<sup>1</sup>, Умархон Бобоходжаев<sup>2</sup>,  
Аъзамжон Набиев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Андижон давлат университети.

<sup>2</sup>Наманган давлат университети.

**Аннотация:**Мақолада аморф гидридланган кремний фототокида ковакли ташувчанликни механизми ва унга ҳаракатанлик тирқичидаги тутқичларнинг таъсири ўрганилган. Ковакли фототок *a-Si:H* асосидаги видикон мишенида олинган. Бундан ташқари ковакларни, тутқичларни ва уларнинг ҳаракатчанлик тирқичидаги энергетик ўрнини аниқлаш учун импульсли режимда олинган фототокнинг чегараси физикавий асосланган. Олинган натижалардан рекомбинация тури ва тутқичларни ушлаш коэффициентини аниқлаш мумкин. Ушбу параметрлардан *a-Si:H* асосидаги қуёш элементларини эффективлигини такомиллаштиришда фойдаланиш мумкин.

**Калит сўзлар:** гидридланган аморф кремний, видикон нишони, коваклар тутқичи, фототокни инерциявийлиги, тутқичларни энергетик ҳолати, ҳаракатчанлик тирқичи, ёпишиш марказлари, люкс-ампер ҳарактеристикаси.

**Введение.** Использование аморфного гидрированного кремния *a-Si:H* для создания барьерных приборов микроэлектроники представляется многообещающим, особенно при изготовлении фотоэлементов.

В последнее время ещё возрос интерес к созданию солнечных элементов на база *Si:H*. Причина этому является создание солнечных элементов с вертикальной структурой на основе  $\mu\text{-Si:H}$ ,  $n\text{-Si:H}$  и  $a\text{-Si:H}$  [1,2], а также использование  $a\text{-Si:H}$  в качестве основы матрицы при создании плоских экранов [3,4].

Преимущественными характеристиками  $a-Si:H$  перед другими полупроводниками, применяемыми для этих целей, являются низкая температура осаждения  $\sim 300-400^\circ\text{C}$ , возможность получения однородных пленок с большой площадью, создание  $p-n$ -перехода с высокой спектральной чувствительностью к видимому свету и т.д [5].

Основные параметры фотоэлектрических приборов связаны с рекомбинационными процессами, и исследование этих процессов имеет важное значение. Эффективность солнечных элементов на  $a-Si:H$  при стандартных условиях (спектр АМ 1.5,  $0.1\text{ Вт/см}^2$ ) достигла 16,6 % [11] Её дальнейшему повышению мешает основной низкое значения дырочного составляющий фототока относительно электронного.

Для повышения дырочного фототока солнечных элементах на основе  $a-Si:H$  в  $p-i-n$  структурах необходимо слобого легируемые  $i$ -слой с бором. Но это приводит к снижению сопротивление и понижению напряжения холостого хода.

В многих работах были исследованы фотопроводимость слаболегируемых и псевдолегируемых образцов  $a-Si:H$  и показана, что не изменяя ширины

щели подвижности и состояния уровня Ферми можно получить образцы с хорошей фотопроводимостью.

Но на этих работах не показано, именно какие зарядовые состояния в щели подвижности влияет на дырочный фотопроводимости.

Это основной связано с тем что, в обычных условиях, то есть, солнечных элементах и стационарной фотопроводимостью в компланарных структурах невозможно получить монополярный дырочный фототок .

Однако разделяя фотогенерированных электронно–дырочных пар с помощью внешней электрической поле в некоторых приборах, и передвигая только дырку по объёму полупроводника, можно изучить взаимодействие его с зарядовыми состояниями. Одним из таких приборов является мишень видикона. По этому в этой работе мы использовали полученные данные в работах [12] для исследования параметров дырок.

**Вычисление.** В работе [6] показано, что для использования  $a-Si:H$  в качестве мишени видикона необходима линейность люксамперных характеристик (ЛАХ). В пределах мощности освещения это обеспечивается благодаря мономолекулярному характеру рекомбинации, что и приводит к низкой инерционности прибора. Низкая инерционность обеспечивает достоверность полученных параметров из-за малости остаточного фототока. Из данных [7] следует, что перенос носителей заряда в  $a-Si:H$  улучшается и становится менее инерционным при добавлении небольшого количества примесей, однако физическая природа такого изменения не изучена.

В настоящей работе проведена оценка энергетического положения уровней и некоторые параметры носителей фототока влияющих на ЛАХ и инерционность фотоэлектрических приборов работающих в импульсном режиме на примере мишеней видикона. Полученные значения параметров можно использовать для исследования механизма переноса дырок в солнечных элементах.

Как известно если толщина  $i$ -слоя намного больше толщиной  $p$  и  $n$  слоя в  $p-i-n$  структурах длинноволновый свет основной поглощается приповерхностном  $p$  или  $n$  слоя. Это означает что при воздействия внешней напряжения создается инжекции дырок или электронов (при обратном напряжения происходит инжекции дырок). По этому фототока можно считать токи, ограниченными пространственными зарядами.

Как известно, что время установления пространственного заряда определяется максвелловским временем релаксации  $\tau_m$ . С другой стороны, установление дырочного равновесия между ловушками и зоной характеризуется другим временем-«временем захвата»  $\tau$ . Если  $\tau_m < \tau$ , то после наложения внешнего напряжения в течение времени  $t < \tau$  характеристика такой же вид, как в отсутствие ловушек.

И лишь в последующее время  $t > \tau$  устанавливается стационарная характеристика, определяемая ловушками. Поэтому значения фототока в импульсном и стационарном режимах могут отличаться на несколько порядков в зависимости от частоты импульса.

Таким образом исследую кинетику установления токов, ограниченным пространственными зарядами, а также характерные особенности фототока, возможным оценить параметры ловушек(сечения захвата для дырок концентрация и др.)

В наших прежних работах нами получены аналитические выражения, описывающих дырочный фото-вольтамперные характеристики  $p-i-n$  структура на основе  $a-Si:H$ .

Фото ВАХ состоит несколько отдельных участков, и анализируя каждого участка можно получить много информация о природе фототоке.(рис.1)

Способы выращивания  $a-Si:H$  и изготовления мишеней на их основе описаны в [6]. Структура мишеней представляет собой последовательно нанесенные на стеклянную подложку слои ИТО.  $n^+ - a-Si:H$  (0,1мкм),  $i-a-Si:H$  (1,5-2 мкм),  $Sb_2S_3$  (0,1 мкм). Освещение структур производили со стороны подложки, а считывание электронным лучом со стороны  $Sb_2S_3$ . Положительное смещение прикладывалось к ИТО.

Параметры  $i$ -слоев ( $i-a-Si:H$ ), полученных при одинаковых условиях, следующие: оптическая ширина запрещенной зоны  $E_g = (1,90 \pm 0,05)$  эВ, энергия активации темновой проводимости  $(\sigma_T) \Delta E = (0,9 - 1,0)$  эВ, фотопроводимость  $\sigma_\phi = 10^{-6} \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$  (при  $\Phi = 10^{15} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$ ,  $\lambda = 625 \text{ нм}$ ,  $T = 300 \text{ K}$ ), отношения  $\frac{\sigma_\phi}{\sigma_T} = 10^{15}$ .

При коротковолновом освещении ( $\lambda = 420 \text{ нм}$ ) мишени видикона со стороны ИТО свет поглощается в приповерхностной области  $i$ -слой,  $\alpha = 10^5 \text{ см}^{-1}$ , и поэтому только дырки проходят через всю толщину слоя. Отсюда следует, что по значению фототока мишени видикона можно наблюдать перенос дырок и их взаимодействие с уровнями в запрещенной зоне  $E_g$ .

В соответствии с моделью Роуза [8], если неосновные носители заряда при переносе взаимодействуют с ловушками (центрами прилипания или рекомбинации) одного типа достаточно большой концентрации, тогда ЛАХ имеет линейный характер. На рис.2, приведена ЛАХ  $a-Si:H$ , видно что в случае мишеней видикона на основе  $a-Si:H$  при переноса дырок через  $i$ -слой они взаимодействуют только с одним типом уровней.

В режиме работы видикона (квазистационарный) эти уровни должны быть уровнями прилипания, что приводит к повышению инерционности прибора. В области монополярной фотопроводимости явления прилипания носителей заряда разделяются на два крайних случаев [9]:

- $\alpha$ -равновесие свободных дырок с центрами прилипания устанавливается быстрее их времени жизни;
- для  $\beta$ - равновесия носителей заряда между уровнями прилипания и  $V$ -зоной требуется значительно больше время, чем время жизни носителей.

В обоих случаях могут появиться "хвосты" в зависимостях фототока. Опираясь на эти данные из кривых релаксации фототока мишени видикона можно определять характер прилипания. В [10] показано, что в режиме работы видикона наблюдается процесс  $\beta$ - прилипания и это главным образом влияет на

инерционность мишени видикона. Чтобы уменьшить это влияние, необходимо, чтобы время установления равновесия с V-зоной не превышало периода сканирования 1/40 с. Если при этом остаточная фотопроводимость составляет 5-8% от полного значения импульса тока, тогда

$$\Delta n \tau_p \gamma_{np} N_t \approx 10^{-1} \cdot \Delta n \text{ или } \tau_p \gamma_{np} N_t \approx 10^{-1} \cdot \Delta n, \quad (1)$$

Где  $\tau_p$ - время жизни дырок,

$$\tau_p = (1/\gamma_{np} N_v) \exp(|E_{tp} - E_v|/kT) \leq 1/40 \text{ с.} \quad (2)$$

$\gamma_{np}$  – коэффициент захвата дырочных ловушек,  $N_t$  – концентрация дырочных ловушек,  $\Delta n$  – остаточная концентрация захваченных дырок ловушками

Из формулы (2) можно определить энергетическую полосу ловушек, влияющих на инерционность мишени, но для этого нужно иметь дополнительную информацию о времени жизни неосновных носителей заряда и концентрации ловушек. Время жизни дырок в  $a-Si:H$  можно следующим образом: как видно из фото-ВАХ с ростом напряжения начинается насыщения фототока. Физически это означает, что вся  $i$ -слой заполняется инжектированными дырками с практически постоянной по объёмы концентрацией  $N_t$ . Последующим ростом напряжения время пролета дырок  $t = \frac{d^2}{\mu U}$  толщину  $i$ -слоя уменьшается до время жизни дырок  $\mu_r$ . Из графика можно

оценить  $\tau_p \sim 10^{-8}$  с. А средняя концентрация ловушек для подобных образцов определена из исследований температурной зависимости фотоВАХ [8] и равна  $N_t = 10^{16} \text{ см}^{-3}$ . Тогда из (1) можно рассчитать коэффициент захвата носителей тока  $\gamma \approx 10^{-9} \text{ см}^3 \text{ с}^{-1}$ . Если учтем, что  $N_v = 10^{21} \text{ см}^{-3}$ . то из (2) получим

$$\exp(|E_{tp} - E_v|/kT) \leq 0,25 \times 10^{11}; \quad |E_{tp} - E_v| \leq 0,6 \text{ эВ.}$$

Таким образом, можно предположить, что на инерционность мишени видикона влияют ловушки, находящиеся на 0,6 эВ выше валентной зоны. При этом, чтобы мишень имела требуемую для прибора инерционность, концентрация ловушек не должна превышать  $10^{16} \text{ см}^{-2}$ .

На рис.1 приведены ВАХ (I-темновая, II- при освещении) мишени видикона, изготовленных из нелегированного и легированного бором  $a-Si:H$ . Видно, что нарастания и насыщение фототока в мишенях легированного бором  $a-Si:H$  (кривая 1) происходят при меньших напряжениях, чем в нелегированных образцах (кривая 2). Время спада фотопроводимости (время релаксации) в этих мишенях различается в три раза в пользу легированной мишени. По видимому, для получения мишеней, удовлетворяющих сказанным выше требованиям, необходимо использовать слаболегированный бором  $a-Si:H$  [10].

Как известно (см., н-р, [11,12]) в  $a-Si:H$  нейтральные оборванные связи  $D^0$  дают уровни, находящиеся на (0,55-0,65) эВ выше потолка валентной зоны и ограничивающие перенос дырок. При легировании бором происходит Perezaryadka нейтральных оборванных связей  $D^0 \rightarrow D^+$  ( $D^+$  -положительно заряженная оборванная связь) и уменьшается их концентрация  $N_t$ . Соответственно уменьшается влияние глубоких ловушек  $D^0$  на инерционность приборов.

**Заключение.** Таким образом, в настоящей работе развит подход, позволяющий физический обосновать получение информация о параметров дырочных ловушек. Показано, что вводя небольшое количество примесей бора в  $a-Si:H$ , можно управлять концентрацией глубоких центров и изготавливать фотоэлементов и фотодатчиков на основе  $a-Si:H$  с заданными фотоэлектрическими свойствами и характеристиками.

Кроме этого, изменяя период сканирования можно получить информация о дырочных ловушек находящийся в разных энергетическом положения в щели подвижности  $a-Si:H$ .

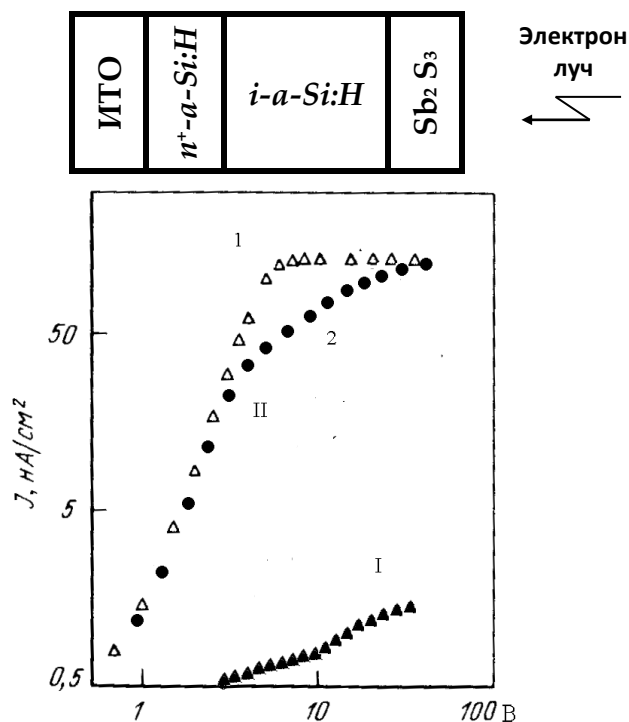


Рис.1. Фото- (II) и темновая (I) вольтамперные характеристики мишеней видикона на основе  $a-Si:H$ : 1-легированный бором образец, 2-нелегированный образец.

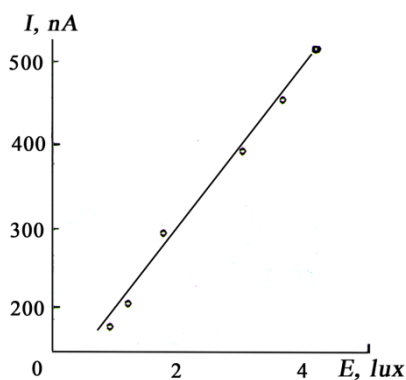


Рис.2. Люксамперная характеристика мишеней видикона на основе  $a-Si:H$

### References

1. Yu.V. Kryuchenko, A.V. Sachenko, V.'. Kostqlev, Ye.I. Terukov, A.S. Abramov, Ye.V. Malg'chukova, I.O. Sokolovskiy. FT', 2015, t. 49, vq'. 5, s. 697-706.



2. Yu.V. Kryuchenko, A.V. Sachenko, A.V. Bobqlg', V.'. Kostqlev, Ye.I. Terukov, A.S. Abramov, V.N. Verbitskiy, S.A. Kudryashov, K.V.Emtsev, I.O.Sokolovskiy. FT', 2015,tom 49, vq'.5, s. 707-714.
3. V. '. Afanasg'ev, Ye. I. Terukov, A. A. SHERchenkov. Tonko'lenochnqe solnechnqe elementq na osnove kremniya. 2-e izd., C.-'eterburg: S'bGETU «LETI», 2011.
4. A.I. 'o'ov. Amorfnqe 'olu'rovodniki v mikro- i nanoelektronike. Jurnal «Vestnik RGRTU», № 4, 2009.
5. Raximov N., Babaxodjaev U.S., Mavlyanov X., Ikramov R. FT', 2001, №8., s. 948-950.
6. O.A. Golikova, Letters in ZHTN 15, 85 (1989)
7. Y. Shimomoto et al. In: 'roc. 13th CSSD (Tokyo, 1981), '.263.
8. A. Rose. Fundamentals of the theory of 'hotoconductivity (Moscow, Science, 1966), '.190.
9. S.M. Ryvkin. 'hotoelectric 'henomena in semiconductors (Moscow, Science, 1963), '.654.
10. T. Hamona et al. In: 'roc. 13-th CSSD (Tokyo, 1981), '.245.
11. Y. Hamakava. Amor'hous semiconductors and devices based on them (Moscow, Metallurgy, 1986), '.375
12. O.A.Golikova, U.S. Babakhodzhayev, M.M.Kazanin, M.M. Mezdrohina [FT' 25,2\(1991\)](#).