

A.ZH. KHACHATRYAN, E.E. ELBAKYAN, A.V. PETROSYAN

SOME QISSUES A ON MOTION BY A CIRCLE

The movement of a ring on a rough horizontal surface in two cases is considered: first, when the ring is given the speed through the center of the ring, without rotation, and secondly, when, in addition to giving the same speed to the ring, rotation is given around the vertical axis passing through the center. It is shown that if the angular speed of rotation is 20% greater than the speed of parallel movement, the distance traveled by the ring before stopping increases four times.

Keywords: rotational angular velocity, rotating hoop, friction force, translational motion, rotational motion.

ՀՏԴ 535.21

**Ժ.Ռ. ՓԱՆՈՍՅԱՆ, Գ.Պ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ, Ռ.Հ. ԱՎՈՅԱՆ, Ա.Ժ. ԽԱԶԱՏՐՅԱՆ,
Ա.Մ. ԱՎԵՏԻՍՅԱՆ**

**ԱՐԵՎԱՅԻՆ ԷՆԵՐԳԻԱՅԻ ՄԻՋՈՑՈՎ ՋՐԱԾՆԱՅԻՆ ԷՆԵՐԳԵՏԻԿԱԿԱՆ
ՀՈՒՄՔԻ ՍՏԱՑՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՅԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ**

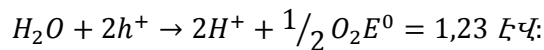
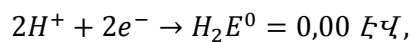
Ցույց է տրված, որ ապակու մակերևույթի վրա ամորֆ Si-ի և TiO_x -ի թաղանթները 13,5 ՄՀց հաճախականությամբ աճեցվելով և TiO_x թաղանթի վրա Արևի էներգիայի կիրառմամբ ջրի մոլեկուլները տրոհվում են ջրածին և թթվածին գազերի: Պրոցեսի օ.գ.գ.-ի հետազոտման արդյունքում հնարավոր է այն մեծացնել, երբ ոռոտիլը վերականգնվում է ոչ ջերմային մշակմամբ՝ լրացուցիչ արատներ առաջացնելով, այլ վակուումային խցիկ պետք է մտցնել մաքուր թթվածնի ատոմների որոշակի քանակություններ:

Առանցքային բաներ. արևային էներգիա, ջրածնային հումք, ֆոտոէլեկտրոդ, ֆոտոէլեկտրաքիմիական փոխակերպում:

Ներածություն. Ներկայումս աշխարհը բախվում է աննախադեպ մարտահրավերների՝ պայմանավորված էներգետիկայի, բնապահպանական և կլիմայական փոփոխություններով, Երկրին անհրաժեշտ էներգիայի պահանջարկը բավարարելու համար ծախսվում է ընդերքից հանված օրգանական վառելիքի մեծ քանակություն, որի հետևանքով՝ CO₂ գազը և այլ վնասակար արտանետումներն են սկսում գերակայել շրջակա միջավայրի մթնոլորտում, ինչը հանգեցնում է օդի աղտոտմանը, Երկրի գլոբալ տաքացմանը, ինչպես նաև կլիմայի անկանխատեսելի փոփոխություններին [1]: Ջրածնային էներգետիկական վառելիքի ստեղծումը համարվում է այս խնդրի իդեալական լուծման տարբերակ՝ շնորհիվ իր էկոլոգիապես մաքուր հատկությունների, մեծ ջերմատվության և այլն (այդպես կարելի է ջրածին գազի օգտակար հատկությունները անվերջ թվարկել): Նշենք նաև, որ

այն օգտագործվելու է տիեզերական ծրագրերում, հատկապես՝ Լուսնի և Մարս մոլորակի բնակեցման և Մարսում երկաթի տարրի արտադրությունն իրագործելու ժամանակ: Այսպիսով, անհրաժեշտ է մշակել ջրածին գազի արդյունավետ արտադրության մեթոդ ինչպես Երկրի վրա, այնպես էլ հեշտությամբ տիեզերական տարածություններ փոխադրվելու նպատակներով: Այս խնդիրների ամբողջ համալիր լուծման հնարավոր խոստումնալից մեթոդներից մեկը ջրի մոլեկուլների ֆոտոէլեկտրաքիմիական տրոհումն է մոլեկուլային ջրածին և թթվածին գազերի, օգտագործելով արդյունավետ ռուտիլային կոմպոզիտային ֆոտոէլեկտրոդներ, որոնցում կիսահաղորդիչների էլեկտրոնային կառուցվածքները առանցքային դեր են խաղում ջրի ֆոտոէլեկտրաքիմիական տրոհման մեջ:

Արգելված գոտու մեծ արժեքը ռուտիլի մասնակցությամբ ցույց է տալիս, որ ջրի տրոհումը տեղի է ունենում ուլտրամանուշակագույն և կարճ ալիքներով լույսի ճառագայթման ազդեցությամբ: Նախ՝ ֆոտոէլեկտրոդը կլանում է Արևի էներգիան, որը հավասար է կամ մի քիչ ավելի մեծ է, քան օգտագործված էլեկտրոդի արգելված գոտին: Արդյունքում էլեկտրոդների մակերևույթներին տեղի են ունենում հետևյալ էլեկտրաքիմիական ռեակցիաները՝ համապատասխան էներգիայի պահպանության օրենքներին [2].



Հետևաբար, վերականգնված հաղորդիչ ռուտիլը հեռանկարային տարր է ջրի ֆոտոէլեկտրաքիմիական տրոհման դեպքում, որի արդյունավետությունը կարելի է ավելի մեծացնել, եթե կոմպոզիտային ֆոտոէլեկտրոդի ֆոտոզգայնության տիրույթը հնարավոր լինի շեղել դեպի երկար ալիքների տեսանելի տիրույթը: Այդուհանդերձ, ներկայումս ռուտիլի ֆոտոէլեկտրոդների կիրառման դեպքում արևային էներգիայի փոխակերպման ֆոտոէլեկտրաքիմիական արդյունավետությունը ջրի տրոհմամբ դեռևս ցածր է՝ հիմնականում հետևյալ պատճառներով [3].

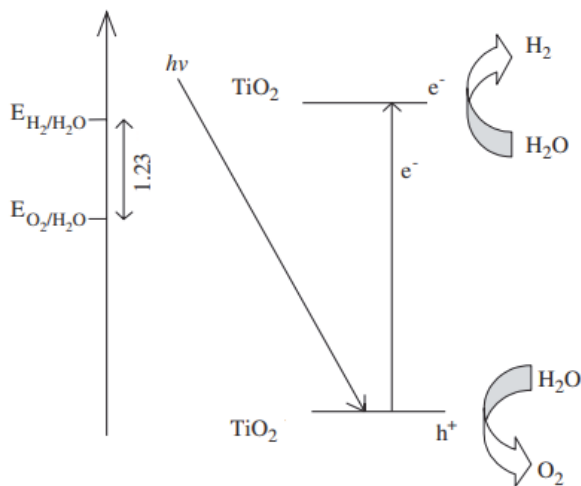
1) Ֆոտոզեներացված էլեկտրոն-խոռոչ զույգերի ռեկոմբինացիայի պատճառով հաղորդականության գոտու էլեկտրոնները կարող են շատ արագ վերամիավորվել վալենտականության գոտու խոռոչների հետ, եթե դրանց տարածական բաժանումը չի ստեղծում ֆոտոէլջու, այլ էներգիան ճառագայթվում է միայն ջերմության տեսքով:

2) Տեսանելի լույսի սպեկտրն օգտագործելու անհնարության պատճառով. TiO_2 -ը կլանում է միայն ուլտրամանուշակագույն սպեկտրը, որը կազմում է արեգակնային ճառագայթման էներգիայի միայն 7 %-ը, մինչդեռ տեսանելի լույսը կազմում է մոտավորապես 50%-ը: Տեսանելի լույսն օգտագործելու անկարողու-

թյունը սահմանափակում է արևային էներգիայով ջրածնի արտադրության արդյունավետությունը [4]:

Խնդրի դրվածքը. Վերը թվարկված խնդիրները լուծելու և արևային էներգիայի միջոցով ջրածին գազի արտադրության օ.գ.գ.-ն մեծացնելու համար անհրաժեշտ է պատրաստել TiO_x կիսահաղորդիչ և դրա n-p անցումների արդյունավետությունը բարձրացնել, ֆոտոզգայնության սպեկտրը ավելի շեղել դեպի տեսանելի տիրույթ և կիրառված շերտերի լուսապայծառությունը մեծացնել: Արևի լույսի բացակայության ժամանակ կամ մառախլապատ օրերին չափումները չընդհատելու համար ստեղծել և օգտագործել արևային ճառագայթման էներգիայի նմանակը:

Նկ. 1-ում սխեմատիկորեն պատկերված է TiO_2 ֆոտոէլեկտրոդի մակերևույթին ջրի տրոհմամբ ջրածնի և թթվածին գազերի ստացման ֆոտոէլեկտրաքիմիական մեխանիզմը [5]:



Նկ. 1. Ջրածնի արտադրության համար TiO_2 էլեկտրոդով ջրի տրոհման մեխանիզմը

Չափման արդյունքները: Արեգակնային էներգիայի՝ ջրածնային էներգիայի փոխակերպման օ.գ.գ. – ն որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ՝

$$\eta = \frac{W_{\text{ջ}}}{W_{\text{Ա}} \cdot S} \cdot 100\%,$$

որտեղ $W_{\text{Ա}}$ – ն արեգակնային ճառագայթման կամ էներգիայի նմանակի միջին հոսքի խտությունն է, S – ը՝ ֆոտոէլեկտրոդի մակերեսը:

$W_{\text{ջ}}$ – ն որոշելու համար օգտագործվել է Ֆարադեյի օրենքը, որով որոշվում է ջրի տրոհումով առաջացած ջրածնի քանակը՝

$$m = \frac{I t}{F},$$

որտեղ I_t –ն հոսանքի ուժն է, որն անցնում է ֆոտոէլեկտրաքիմիական բջիջով [3]: Հետևաբար՝

$$m = 3,73 \cdot 10^{-5} I (uU) t (\sigma^{-1}):$$

Մեկ մոլ ջրածնի այրման ժամանակ անջատվող ջերմությունը կազմում է 68 կկալ/մոլ կամ 39.4 Վտժ/գրամ, այսպիսով՝ $W_{\text{ջ}}$ – ի համար ստանում ենք՝

$$W_{\text{ջ}} (u^{\text{ՎՋ}}) = 1.47 I (uU):$$

Հետևաբար՝

$$\eta = \frac{1.47 \cdot I (uU)}{W_{\text{ս}}} \cdot 100\%:$$

TiO_2 -ի ջերմաստիճանային մշակմամբ՝ թթվածնի ատոմների քանակի փոքրացմամբ, վերականգնված ֆոտոանոդների դեպքում, հաշվարկված արդյունավետության արժեքները բերված են աղյուսակում:

Աղյուսակ

Օ.գ.գ. – ի արժեքները թթվածնի տարբեր բաղադրությունների դեպքում

TiO₂ – ի հիման վրա վերականգնված ֆոտոանոդների բաղադրությունը	ՕԳԳ, %, η
TiO _{1,985}	1,4
TiO _{1,99}	1,5
TiO _{1,995}	1,4

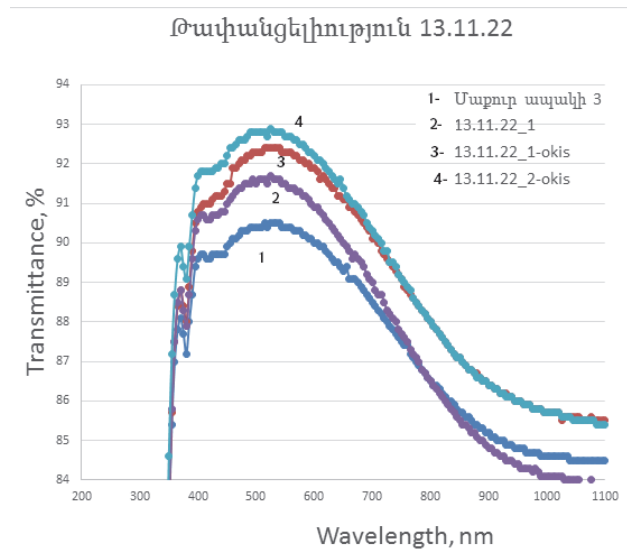
Աղյուսակում ներկայացված են 3 ժամվա ընթացքում 1100-1200°C ջերմաստիճաններից որևէ մեկում վերականգնված ռուտիլային ֆոտոէլեկտրոդների օ.գ.գ.-ների արժեքները: Օ.գ.գ.-ի արժեքի մի փոքր մեծացումը, մոտավորապես՝ 1.5%, ստացվել է $\text{TiO}_{1,99}$ բաղադրությամբ ֆոտոանոդների դեպքում: Ջերմամշակման ընթացքում տարբեր բաղադրություններով թթվածինների ատոմները ռուտիլից հանելու դեպքում առաջանում են նաև այլ բնույթի արատներ, որոնց վրա ցրումների հետևանքով ֆոտոէլեկտրոդների արդյունավետությունը շատ չի մեծանում, քանի որ էլեկտրոդների՝ ըստ Հոլլի չափված շարժունակությունները փոքրանում են՝ $\mu_n=0,15$ սմ²/վրկ [3]: Ջրածին գազի առաջացման արդյունավետության մեծացման համար Արևի էներգիայով կամ նմանակով ջրի մոլեկուլների տրոհմամբ անհրաժեշտ է մշակել նոր տեխնոլոգիա, որի դեպքում ռուտիլում թթվածնի ատոմների բաղադրության փոքրացման հետևանքով չեն առաջանա էլեկտրոդների

ցրման նոր կենտրոններ: Այդ նպատակին հասնելու համար մշակվել է 13,5 ՄՀց հաճախությամբ աշխատող մագնետրոն, որի աշխատանքի ընթացքում վակուումային խցիկ բաց է թողնվում մաքուր թթվածին գազի բաժիններ: Մագնետրոնի հաստատուն լարման դեպքում ստեղծվում են լիցքերի կուտակումներ, որոնք էլ արգելք են հանդիսանում էլեկտրոնների շարժմանը: Բարձր հաճախականային պրոցեսի դեպքում լիցքերի կուտակումներից առաջացած արգելակող հատվածներ համարյա չեն առաջանում, ինչի արդյունքում հնարավոր է ստանալ նանոշերտեր կիսահաղորդչային կամ դիէլեկտրիկ թիրախներից [6]: Այդ պատճառով աշխատանքներն իրականացվել են բարձր հաճախականային մագնետրոնային սարքի միջոցով, որը հնարավորություն է տվել՝ ստանալու ամորֆ սիլիցիումային թաղանթներ թափանցիկ ապակիների վրա: Սիլիցիումային թաղանթի վրա նստեցվել է TiO_x , պահպանելով նանոշերտերում պարամետրերի կրկնողությունը: Թիրախի փոխարեն օգտագործվել է ք-տիպի հաղորդականությամբ սիլիցիումային միաբյուրեղի հարթակը, որը տեղադրվել է բարձր հաճախականային մագնետրոնի վրա: Ամորֆ սիլիցիումի և TiO_x -ի թափանցելիության (նկ.2) և անդրադարձման (նկ.3) թաղանթների սպեկտրները բերված են թափանցիկ ապակիների մակերևույթների տարբեր մասերում՝ 13,5 ՄՀց հաճախականությամբ նստեցված դեպքում: Նստեցման տեխնոլոգիական պարամետրերն են՝

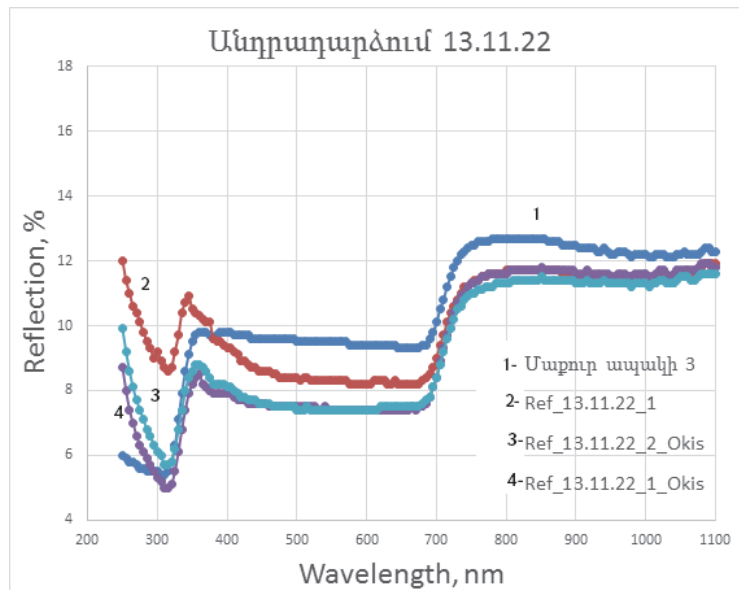
- 1) նախնական վակուումը՝ 7×10^{-5} Պ,
- 2) աշխատանքային վակուումը՝ 5×10^{-3} Պ,
- 3) մագնետրոնի հզորությունը՝ 2 կՎտ,
- 4) լարումը՝ 100 Վ,
- 5) նմուշի հեռավորությունը՝ 8-10 սմ,
- 6) նստեցման արագությունը՝ կարուսելի 2.5 պտ/ վ արագության դեպքում՝

1 րոպեում կազմում է 3 նմ:

Թափանցիկ ապակիների վրա պատրաստված սիլիցիումային և ռուտիլային թաղանթների թափանցելիության (նկ.2) և անդրադարձման (նկ.3) գործակիցների արժեքները բժշկական ապակիների մակերևույթների վրա (1)՝ սպեկտրների տարբեր մասերում, բերված են նաև օգտագործված մաքուր ապակու թափանցելիության դեպքում:



Նկ. 2. $\text{SiO}_2\text{-TiO}_x$ թաղանթների (2-4) և մաքուր ապակու (1) սպեկտրների թափանցելիության գործակիցները ալիքների երկարությունների դեպքում



Նկ. 3. $\text{SiO}_2\text{-TiO}_x$ (2-4) թաղանթների և մաքուր ապակու (1) անդրադարձման սպեկտրների գործակիցները

TiO_x շերտերի ավելացումը SiO_2 -ով հանգեցնում է անդրադարձման գործակիցների փոքրացմանը:

Եզրակացություն. Պատրաստված ամորֆ սիլիցիումային թաղանթների վրա TiO_x թաղանթների աճեցումը՝ 13,5 ՄՀg հաճախականային տեխնոլոգիաներով, տարբեր քանակի թթվածնի ատոմներ պարունակող TiO_x -ի թաղանթները՝ տարբեր x-երի բաղադրություններով, առաջացրել են անդրադարձման գործակիցների զգալի փոքրացումներ: Դրանք հետազոտվել են արևային էներգիայի և նմանակի միջոցներով՝ ջրածնային էներգետիկական հումքի արտադրության օ.գ.գ.-ն մեծացնելու նպատակով:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Van Ruijven B.J., De Cian E., Sue Wing I.** Amplification of future energy demand growth due to climate change //Nature communications. – 2019. – Vol. 10, №. 1. – P. 1-12.
2. **Marco Alvera.** The Hydrogen Revolution: A Blueprint for the Future of Clean Energy Hardcover: Basic Books. – November 16, 2021. - 304p.
3. **Паносян Ж.Р.** Физические процессы на границе раздела полупроводник-электродлит при преобразовании солнечной энергии: Дис. ... докт. физ-мат наук.-1997.
4. **Viorel Badescu.** Modeling Solar Radiation at the Earth's Surface, Springer. - Berlin, Heidelberg, 22 February, 2008. -517p.
5. **Aniruddh Mukherji.** Photocatalysts: Photocatalysts for Hydrogen Production by Solar Light Driven Water Splitting.- LAP LAMBERT Academic, January 9, 2012. -204p.
6. **White Joseph F.** High Frequency Techniques: An Introduction to RF and Microwave Design and Computer Simulation. - 1st Edition.- Wiley-IEEE Press, August 1, 2016. - 528p.

**Ж.Р. ПАНОСЯН, Г.П. ВАРДАНЯН, Р.О. АВОЯН, А.Ж. ХАЧАТРЯН,
А.М. АВЕТИСЯН**

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СЫРЬЯ ПОСРЕДСТВОМ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Показано, что при увеличении аморфных пленок Si и TiO_x на поверхности стекла частотой 13,5 МГц под влиянием солнечной энергии на мембране TiO_x молекулы воды распадаются на газы водорода и кислорода. При исследовании коэффициента полезного действия (КПД) процесса выявлено, что можно его увеличить, когда рутил восстанавливается не тепловой обработкой, вызывая дополнительные дефекты, а с помощью вакуумной камеры, где необходимо ввести определенное количество атомов чистого кислорода.

Ключевые слова: солнечная энергия, водородное сырье, фотоэлектрод, фотоэлектрохимическое преобразование.

**ZH.R. PANOSYAN, G.P. VARDANYAN, R.H. AVOYAN,
A.ZH. KHACHATRYAN, A.M. AVETISYAN**

**DEVELOPING A TECHNOLOGY FOR OBTAINING HYDROGEN
ENERGY RAW MATERIALS THROUGH SOLAR ENERGY**

It is shown that with an increase in amorphous films Si and TiO_x on the surface of the glass at a frequency of 13.5 MHz and under the influence of solar energy on the TiO_x membrane, water molecules break down into hydrogen and oxygen gases. At studying the efficiency of the process, it is revealed that it is possible to increase it when the rutile is restored by non-thermal treatment, causing additional defects, but with the help of a vacuum chamber, where it is necessary to introduce a certain number of pure oxygen atoms:

Keywords: solar energy, hydrogen raw materials, photoelectrode, photoelectrochemical conversion.

UDC 533.98:539.216:620.172.24

K.H. AHARONYAN, A.Zh. KHACHATRYAN, E.P. KOKANYAN

**SCREENED IMPURITY SCATTERING RELAXATION TIME WITH THE
QUANTUM WELL/HIGH-κ DIELECTRIC HETEROJUNCTION**

The screened impurity scattering probability is calculated in the presence of quantum well (QW) / high-κ dielectric heterojunction. It is found that: *a*) for the large values of quasi-two dimensional screening radius the QW/high-κ dielectric mismatch effect balances the influence of 2D screening, *b*) for the presented case the scattering relaxation time dependence from the electron energy is more strong than in the QW/low-κ dielectric type heterostructure case, *c*) the scattering relaxation time strongly depends on the QW thickness. The screened impurity scattering relaxation time numerical analysis for the realistic InSb/HfO₂ interface was performed.

Keywords: quantum well, high-κ dielectric, impurity scattering.

As it is known the narrow band gap III–V group semiconductors are reliable candidates for optoelectronic applications because modulation-doped heterostructures on their base provide high carrier mobility of samples. This key parameter determines the power switching high-speed and dissipation of optoelectronic devices, and the suitable design of the dielectric environment can essentially enhance the carrier mobilities in these nanosystems. In particular, for InSb based quantum well located in close proximity to dielectric substrates (InSb/Al_xIn_{1-x}Sb), the carrier mobilities $3.24 \cdot 10^5 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1} (T = 2 \text{ K})$ and $4.4 \cdot 10^4 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1} (T = 300 \text{ K})$ were extracted [1]. The availability of a wide class of dielectric barrier materials with relatively high dielectric constants (high-κ dielectrics) opens up additional prospects for