

İŞIĞ KONSENTRATLARLA İŞLƏYƏN $\text{Bi}_2\text{Te}_3 - \text{Bi}_2\text{Se}_3$ ƏSASLI YÜKSƏK İNTENSİVLİKLİ TERMOFOTOVOLTAİK ELEMENTLƏR

Q.M. ƏHMƏDOV

Institute of Physics of National Academy of Sciences.

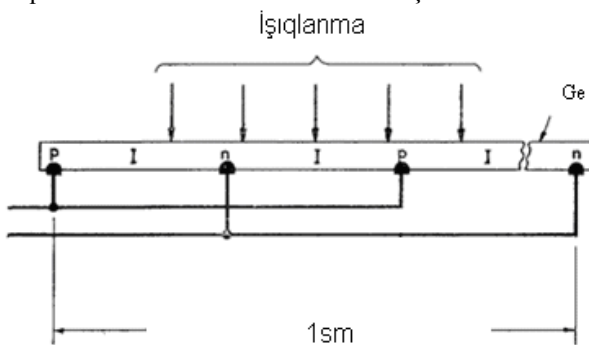
AZ-1143. Baku, H.Javid av. 33, Azerbaijan

Termofotovoltaik sistemlərin köməyi ilə günəş enerjisinin elektrik enerjisə çevrilməsi məsələsinə baxılır. p və n – keçidlər təmsalında p – tip Bi_2Te_3 və n – tip Bi_2Se_3 keçiriciliyə malik monokristallardan istifadə etmək təklif olunur. Vahid texnoloji tsikldə diskret termik buxarlanma metodu ilə alınan $p - \text{Bi}_2\text{Te}_3 - n - \text{Bi}_2\text{Se}_3$ $p-n$ nazik təbəqəli strukturu termofotovoltaic qurğularda istifadəyə yararlıdır. Həmçinin göstərilmişdir ki, adi ənənəvi günəş elementlərinə nəzərən üstünlüyü onların geniş spektral həssaslığa və konsentrasiya edilmiş günəş şüasına dözümlülüyüdür.

Fotoqalvanik elementlərdə qadağa zolağından yuxarı və ona bərabər enerjili fotonlar üçün elektrik enerjisə çevrilmə prosesi effektiv olaraq baş verir. Əgər qadağa zolağı enerjisindən kiçik və ondan uzaqda olan qeyri-effektiv fotonlar mənbəyə qayıdarsa tam çevrilmə effektivliyinin çox yüksək olma potensialı vardır. Digər tərəfdən xüsusi seçimli emittərlərdən istifadə edərək dərhəl qeyri-effektiv fotonların emissiyasından yaxa qurtarmaq mümkündür [1].

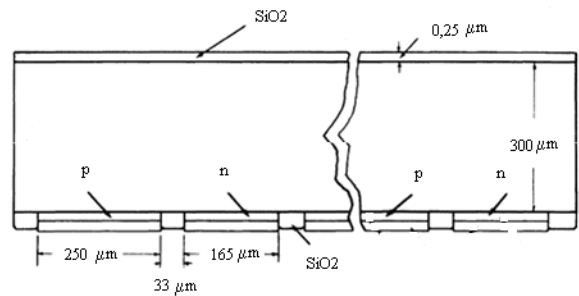
Termofotovoltaik sistemlərin qurulma istqaməti özündə şüalandırıcı mənbəyə uyğunlaşan aralıq zonalı fotoqalvanik elementlərin inkişafını birləşdirir ki, bu cür elementlər onlarla Vt/sm^2 – xüsusi selin təsirinə məruz qala bilərlər. Elementlərin yüksək xüsusi sıxlıqlı selə məruz qala bilmə qabiliyyəti kimi tələblər 1970-ci illərin ortalarında günəş şüalarını konsentrasiya edən yerüstü qurğulu termofotovoltaik elementlərin layihələndirilməsinə marağı kəskin artırdı.

Bununla yanaşı hələ bir çox on illər bundan öncə etiraf olunmuşdur ki, işıqlanmayan tərəfdə iki kontakta malik elementlər adi fotoqalvanik layihəli elementlərə nəzərən üstünlüyə malikdir [2]. Bu üstünlüklər özünü zolaqlı torun kölgəsindən və torun ölçüsünə qoyulan məhdudiyyətlərdən azad olmaqla biruzə verməlidir ki, bu səbəbdən bəzi kontaktların müqaviməti nəzərə alınmaz dərəcədə kiçik ola bilər.



Şəkil 1. Germanium əsaslı əks kontakta malik termofotovoltaik element.

Şəkil 1-də göstərilən barmaqvari əks kontaklı element çox sürətlə inkişaf etmişdir [3]. Çoxböyük yaşama müddətinə malik olan germanium layları litium birləşmələrindən əldə olunmuşdur ki, onlar ilkin hallarda nüvə qeydedicilərində istifadə üçün yetişdirilmişdir. Baxılan aralıq zonalı xüsusiyyətlərə əlavə olaraq silisiuma nəzərən germaniumdan istifadə ona görə məqsədəuyğundur ki, germaniumda əsas yükdaşıyıcıların yaşama müddəti daha çoxdur. Barmaqvari formada elektrodlar arasında yaranmış əks kontak uzun təmas oblastı tələb edir, belə ki, bir çox yükdaşıyıcılar generasiya olunduqdan sonra elementin tam qalınlığını dəf etməlidirlər (şəkil 2).



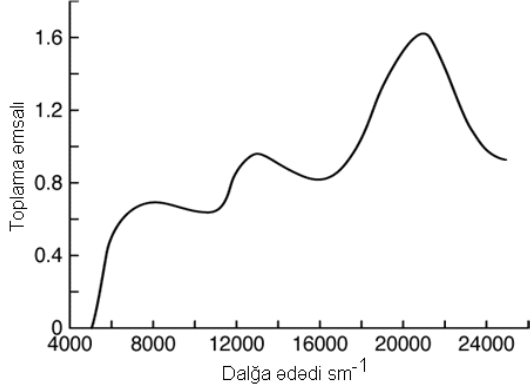
Şəkil 2. Germanium termofotovoltaik elementin en kəsiyi.

Elementə xas olan ikiölçülü xarakterlilik adi birölçülü analizin istifadəsinə imkan vermir və onun layihələnməsində iki ölçülü prosedura inkişaf etdirilməlidir. Konkret olaraq dar çərçivədə strukturun periodikliyindən istifadə olunaraq baza oblastının keçid sərhədlərində adi qanunlara uyğun müəyyənlanmış sərhəd şərtləri ilə baza oblastı üçün kəsilməzlik tələbinin analitik həlli alınır. Bu mövcud əldə oluna bilən yeganə həll olduğundan elementlərin layihələndirilməsində istifadə olunmuşdur ki, nəticədə bu layihə aydın şəkildə optimallaşmamışdır və daha yaxşı modelləşmə metodlarına ehtiyac duyulur.

Bi_2Te_3 – monokristalları ilkin komponentlərin kvartz ampulada 48 saat ərzində gedən sintezi nəticəsində alınmışdır. Sonradan nümunə yerləşən ampula temperatur gradienti altında soyudulmuşdur. Nümunələr p -tip keçiriciliyə və yükdaşıyıcıların konsentrasiyası $1,1 \cdot 10^{19} \text{sm}^{-3}$ malik olmuşdur. Bi_2Se_3 – nazik təbəqəsi (0001) müstəvisi üzrə yenidən doğranmış Bi_2Se_3 monokristalından diskret termal tozlanma üsulu ilə alınmışdır. Təbəqələr n -tip keçiriciliyə və yükdaşıyıcıların konsentrasiyası $1,1 \cdot 10^{19} \text{sm}^{-3}$ malik olmuşdur. $p-n$ heteroqəçidləri silisium nümunələrinin yüksək temperaturu qızması metodu ilə əldə edilmişdir. Yeni hazırlanmış p -tip keçiriciliyə malik olan Bi_2Te_3 parçalarının səthində n -tip keçiriciliyə malik olan $\text{Bi}_2\text{Te}_{3-x}\text{Se}_x$ nazik monokristal təbəqə formalaşır. $\text{Bi}_2\text{Te}_{3-x}\text{Se}_x$ təbəqəsinin qalınlığı və onun strukturu selen atmosferində yerləşmə müddətinə və temperatura görə tənzimlənir. Beləliklə $p-n$ heteroqəçidlər hamar formada olurlar. Düzəlmə faktoru 30-40 təşkil edərək, 0,15V-gərginliyə dözə bilər. Təbəqələrin xassələrinin birbaşa olaraq onların kondensasiyası prosesində idarə olunması vahid texnoloji tsikldə verilmiş yükdaşıyıcı konsentrasiyasına malik $p-n$ heterostrukturlar formalaşdırmağa imkan verir. Ən yaxşı parametrlə təbəqələr altlıqın temperaturu 250-280°C olarkən tozlanan zaman və sonradan bu nümunənin 20-30 dəqiqə ərzində qızdırılması nəticəsində alınır. Təbəqələrin alınmasında optimal sürət 2-5 nm/san təşkil edir və onun sonrakı artımı təbəqələrin strukturunun pisəlməsi ilə gedir. $p-n$ strukturlu p

-Bi₂Te₃ – n -Bi₂Se₃ təbəqələr, bircinsli iş tsiklində diskret-termik tozlanma metodu ilə alınmışdır və aşağı gərginlikli düzləndirici qurğularda istifadə üçün yararlıdır.

Bu ölçmələrin gözlənilməz nəticələrindən biri germaniumda birbaşa enerji keçidinin iki- və üçqatına uyğun gələn enerjili fotonlar üçün çoxpilləli daşıyıcıların müşahidə olunmasıdır (şəkil 3).



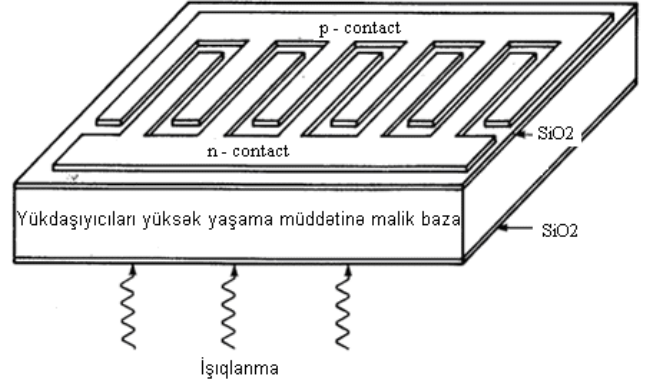
Şəkil 3. Germaniumda birbaşa keçid enerjisinin iki- və üçqatına uyğun gələn çoxpilləli daşıyıcıların enerjiləri.

Enerji böhranının qəbul olunması çərçivəsində yerüstü günəş elektrik qurğularına maraq artmışdır. Bir çox səbəblərdən belə qənaətə gəlinmişdir ki, yüksək konsentrasiyalarla işləmək mümkün olmayacaqdır [1]. Bu səbəblər arasında – yüksək sel altında ardıcıl müqavimətin elementin effektivliyini azaltması; elementlər yüksək temperaturda işləməli olduğundan aşağı faydalı iş əmsalına malik olması; yüksək temperaturdan yaxa qurtarmaq çətin olması nəticəsində torun xəttlərinin əriməsi təhlükəsi vardır [4].

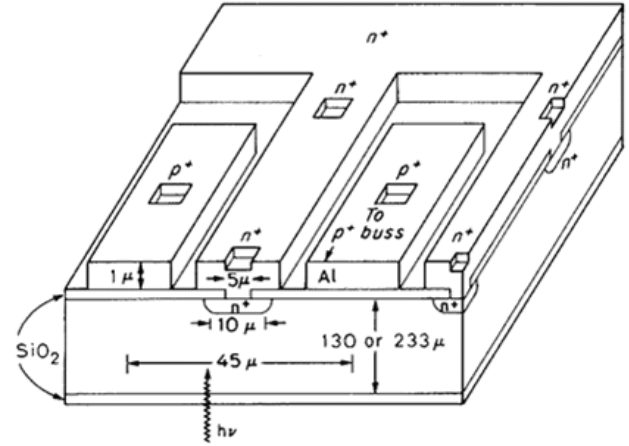
Termofotovoltaik layihəli elementlər tezliklə yüksək günəş şüası konsentrasiyalarında işləməyə yararlı oldular. Germanium əsaslı barmaqvari əks kontaktlı termofotovoltaik elementlərin hazırlanmasında əldə olunmuş uğurlar yüksək konsentrasiya ilə işləyə bilən silisium əsaslı barmaqvari əks kontaktlı elementlərə tətbiq olunmağa başladı (şəkil 4).

Bu cür ilk elementlər germaniumda olduğu kimi analitik metodlar istifadə olunmaqla əldə edildi. Silisiumun səthinin müvəffəqiyyətlə passivasiya olunması və əsas baza oblastda yükdaşıyıcıların böyük yaşama müddətinə nail olunması ilə müəyyən olunmuşdur ki, günəş elementlərinin işinin məhdudlaşmasında dominəedici faktor yarımkeçirici-metal interfeysində rekombinasiyadır [5, 6]. Bunun reallaşmasında aparıcı rolu barmaqvari əks kontakt tutur ki, metallaşma üçün kifayət edən böyük səthi oblast üstünlüyünü saxlamaq şərti ilə yarımkeçirici ilə metal arasındakı kontakt oblastını azaldır və bununla da ardıcıl müqavimətin aşağı düşməsinə nail olunur.

Şəkil 5-də göstərilən nöqtəvi kontaktlı element yarımkeçirici ilə yalnız kiçik oblastlarda təmasda olur və nəticədə yüksək effektivliyə malik olan yüksək günəş şüaları konsentratorları ilə işləyən silisium elementi əldə olunur [7].



Şəkil 4. Barmaqvari əks kontaktlı silisium elementi.



Şəkil 5. Nöqtəvi kontaktlı silisium termofotovoltaik elementi.

Yüksək günəş şüası konsentratorları ilə işləyən silisium elementlərinin çoxlu miqdarda müxtəlif həndəsi konfigurasiyaları, o cümlədən şaqulu keçidli birləşmələr mövcuddur. Ən yüksək effektivliyə malik yüksək günəş şüası konsentratorları işləyən elementlər III-V, V-VI qrup monolit tandem elementləridir. Bununla yanaşı onlar termofotovoltaik işlərin ilkin inkişaf fazasında olmamışdır. Termofotovoltaik elementlərə son zamanlar artan marağı nəzərə alaraq demək olar ki, III-V, V-VI tandem elementləri termofotovoltaik sistemlərin tərkib hissələri kimi istifadəsi yolunda tədqiq olunmaqdadır.

[1] C. Backus. "A Historical Perspective on Concentrator Photovoltaic," International Solar Concentrator Conference for the Generation of Electricity or Hydrogen, Alice Springs, Australia. Nov. 10-14, 2003.
 [2] D. White and R.Schwartz. "P-I-N Structures for Controlled Spectrum Photovoltaic Converters," AGARD Conference, Cannes, France, 1964, pp. 879-922.
 [3] C. Kim. "P-I-N Thermo-Photo-Voltaic Diode, PhD thesis, Purdue University, 1968.
 [4] E. Kittl, R.Schwartz and M. Lammert. "Performance of Germanium PIN-Photovoltaic Cells at High Incident Radiation Intensities," 11th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, Phoenix, Az, May 1975, pp. 424-427.

[5] R.Swanson, S.Beckwith, R.Crane, W.Eades, Y.Kwark, R.Sinton and S.Swirhun. "Point Contact Concentrator Solar Cells," IEEE Electron Devices, Vol. ED-31, No. 5, May 1984, pp. 661-664.
 [6] J. Gray and R. Schwartz. "Two-Dimensional Computer Simulation of Single Crystal Silicon Concentrator Cells," 17th IEEE Photovoltaic Specialist Conference, Kissimmee, FL, May 1-4, 1984, pp. 1297-1302.
 [7] R. Sinton, Y. Kark, S. Swirhun and R. Swanson. "Silicon Point Contact Concentrator Solar Cells," IEEE Electron Devices Letters, Vol. EDL-6, No.8, August 1985, pp.405-407.

G.M. Akhmedov

HIGH INTENSITY THERMOPHOTOVOLTAIC CELLS ON THE BASIS Bi_2Te_3 – Bi_2Se_3 TO LIGHT CONCENTRATION APPLICATIONS

The transformation problems of a solar energy into electrical power with the help of thermophotovoltaic systems are considered. The monocrystals Bi_2Te_3 of p -type as and Bi_2Se_3 n -type conduction are offered to use in the capacity of p - and n -transitions. The p - and n - film structure p - Bi_2Te_3 - n - Bi_2Se_3 , obtained by a method of discrete thermal evaporation in a uniform technological cycle, are suitable for usage in thermophotovoltaic devices. And also it is shown, that advantage of these devices before traditional solar elements are a wide sensitivity spectrum and tolerance to the concentrated solar irradiation.

Г.М. Ахмедов

ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫЕ ТЕРМОФОТОВОЛЬТАИЧЕСКИЕ ЯЧЕЙКИ НА ОСНОВЕ Bi_2Te_3 – Bi_2Se_3 ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ РАБОТЫ В СВЕТОВЫХ КОНЦЕНТРАТОРАХ

Рассматриваются вопросы преобразования солнечной энергии в электрическую энергию с помощью термофотовольтаических систем. В качестве p и n – переходов предлагается использовать монокристаллы Bi_2Te_3 p -типа и Bi_2Se_3 n -типа проводимости. Пленочные p - n структуры p - Bi_2Te_3 - n - Bi_2Se_3 , полученные методом дискретного термического испарения в едином технологическом цикле, пригодны для использования в термофотовольтаических устройствах. А также показано, что преимуществом этих устройств перед традиционными солнечными элементами являются широкий спектр чувствительности и терпимость к концентрированному солнечному излучению.

Received: 15.03.07