

## GÜNƏŞ ELEMENTLƏRİNDƏ NANOTEKNOLOGİYANIN TƏTBİQİ PERSPEKTİVLƏRİ VƏ GƏLƏCƏK PROQNOZLAR

R.C. MƏDƏTOV, A.Ə. SADIQOVA

*Azərbaycan MEA Radiasiya Problemləri İnstitutu,  
AZ 1143, F. Ağayev k., 9, Bakı*

Məqalədə günəş elementlərinin effektivliyinin artırılması və rəqabətə davamlılıq baxımından fotoçeviricinin səth və daxili oblastlarında nanotexnologiyanın tətbiqi istiqamətləri araşdırılmışdır. Göstərilmişdir ki, nanohissəciklərdən istifadə edərək batareyanın səthinin sahəsinin onun həcminə nisbətini artırmaq olur və nəticədə faydalı iş əmsalı artır.

Müasir dövrdə elmi və dövrü nəşrlərdə, elektron kütləvi informasiya mənbələrində müxtəlif formalarda nanoölçülər, nanomateriallar, nanotexnologiyalar sözləri tez-tez təkrar olunur. Bir çoxları insan fəaliyyətinin praktik olaraq bütün sahələrində yüksək texnologiyalar sferasında inqilabi dəyişiklər rolunda ümumi şəkildə sadalanan nanosistemlər anlayışını bir dayaq nöqtəsi kimi görürlər.

Tədqiqatçıların fikrinə görə nanosistem anlayışı öz aralarında bağlı olan problemlərin kifayət qədər geniş spektrini daşıyır. Bu zaman nanotexnologiyanın konkret texnoloji istiqamətə tətbiq olunması üçün baxılması zəruridir. Nanotexnologiyaların müvəffəqiyyətlə reallaşması nümunəsi təmsalında seolit sistemləri üçün katalizatorları və 1nm ölçülü məsələlərə malik katalizator daşıyıcılarını göstərmək olar. Digər seolit sistemlərində qıtsəsikillə adsorbsiya metodu ilə qazların selektiv ayrılması aparılır. Ötən əsrin sonunda əmələ gələn nanofiltrli membranlar di- və polivalent ionlardan monovalentləri müvəffəqiyyətlə ayırır [1].

Nanosistemlərin mühüm əlaməti onların reallaşması zamanı hal-hazırda mövcud olan model və nəzəriyyələrlə izah oluna bilməyən material və qurğuların, məhsulların xassələrinin və keyfiyyət dəyişiklərinin alınmasıdır.

Ümumi şəkildə nanotexnologiyaların informatikada, yeni materialların alınmasında, maşınqayırmada, biomühəndislikdə, tibbdə, energetikada potensial imkanları yadda qurğularının effektivliyini iki və daha çox artırmağa, poladdan onlarla dəfə möhkəm olan materialların alınmasını, maşınqayırmada ifratminiatur məmulatların əldə olunmasını, günəş batareyalarının energetik effektivliyini bir neçə dəfə artırmağa real şərait yaradır [2].

Fotovoltaik texnologiya günəş şüalanması enerjisini birbaşa olaraq elektrik enerjisinə çevirən yeganə texnologiyadır. Günəş batareyası adətən yarımkeçirici materialdan hazırlanır. Işıq yarımkeçiricidə udularaq, onda elektron və deşiklər generasiya edir ki, onlar da öz növbəsində elektrik kontaktlarına tərəf diffuziya edərək, bununla da onda elektrik cərəyanı yaradır. Nəzəri olaraq ultrabənövşəyidən infraqırmızıya qədər görünən spektrin bütün hissələri istifadə oluna bilər. Lakin bu istifadə olunan materialın növündən və konfigurasiyasından asılıdır. Bəzi hallarda artıq günəş batareyaları rəqabətə girmək baxımından yararlıdır (məsələn, uzaq və əlçatmaz yerlərdə). Lakin onların daha geniş miqyaslı tətbiqinə yüksək maya dəyəri və aşağı faydalı iş əmsalı mane olur. Bu göstəricilərin yaxşılaşdırılması günəş batareyalarının inkişafında əsas şərtidir. Nanotexnologiyanın tətbiqi bu baxımdan hər iki problemi həll edə bilər [3].

Yüksəkeffektivli nanoheteroquruluşlu günəş elementləri əgər günəş şüalanması konsentratorları sistemi altında işləyirlərsə yerüstü enerji sistemləri üçün çox perspektivlidir. Şüalanmanın konsentrə olunması sadə və ucuz Frenel linzasının

köməyi ilə əldə oluna bilər. Məsələn, 40mmx40mm ölçülü səthə düşən günəş şüalanması 3mm<sup>2</sup>-dən kiçik səthə toplanılır. Elementlər bu zaman mini linzaların köməyi ilə toplanan günəş şüalanmasının vahid gücünün kiçik olması səbəbindən qızınırlar. Bu cür konsentratorlu fotoelektrik sistemlərində elektroenerjinin maya dəyəri günəş elementinin sahəsinin 1000 dəfə kiçilməsi hesabına 2 dəfə azala bilər. Bu zaman konsentratorlu fotoelektrik sistemlərində xüsusi enerji çıxışı yüksək faydalı iş əmsalına və daim Günəşə dəqiqliklə yönəlmə hesabına görə 3 dəfə arta bilər.

Daha ucuz materiallardan və istehsalat proseslərindən istifadə etməklə günəş batareyalarının maya dəyərini aşağı salmaq olar. Batareyaların effektivliyini artırmaq üçün isə, onların düşən işığı mümkün qədər udma qabiliyyətini artırmaq və elektrikə çevirmək lazımdır. Nanohissəciklərdən istifadə edərək batareyanın səthinin sahəsinin onun həcminə nisbətini artırmaq olur və nəticədə faydalı iş əmsalı artır. Fotovoltaik elementlər bazarında balansına 90% düşən silisium günəş batareyaları iki növdə olurlar: monokristallik və polikristallik. Birincilər ən çox faydalı iş əmsalına malikdirlər (kommersiya məhsulu kimi adətən 15%, laboratoriya şəraitində isə 25%-ə qədər), lakin yuxarıda qeyd edildiyi kimi bu cür batareyalar bahalıdır, belə ki, onlarda ifratəmiz yarımkeçiricidən istifadə olunur. Polikristallik batareyalar ucuzdur, lakin onların qeyri-mütəmadi kristallik strukturuna malik olması onların faydalı iş əmsalını kifayət qədər aşağı salır.

Hal-hazırda alternativ olaraq bir çox müxtəlif üzvi və qeyri-üzvi materiallar işlənmə mərhələsindədirlər ki, onların bəziləri aşağıda qeyd olunur:

- Müxtəlif sərt və əyilə bilən substratlar üzərinə nazik təbəqələr şəklində aktiv örtüklər çəkilə bilər. Müasir dövrdə daha çox istifadə olunan amorf silisiumdur. Onların əsasında hazırlanmış günəş batareyalarının kristallik silisiuma nəzərən maya dəyəri aşağıdır, belə ki, kifayət qədər az material sərf olunur. Lakin onların faydalı iş əmsalı nisbətən aşağıdır - təxminən 8%. Nazik təbəqələrin istehsalında digər materiallardan da istifadə olunur: mis diselenid, indium diselenid və kadmium tellurid. 2003-cü ildə naziktəbəqəli günəş batareyalarının ümumi istehsalat həcmində yeri təxminən 6% təşkil etmişdir.

- Boyacılarla sensibillə olunmuş günəş batareyaları bitkilərdəki fotosintezə oxşar olan mexanizmin köməyi ilə günəş işığını konversə edir. Onlar nisbətən maya dəyəri aşağı olan texnoloji istehsalatın köməyi ilə yüksək təmizliyə malik olmayan ucuz materiallardan hazırlana bilər. Işıqın boyacı molekulda udulması ilə sərbəst elektronlar əmələ gəlir və ardıcıl olaraq onlar nanoquruluşlu titan oksidində köçürülür. Bu cür batareyaların faydalı iş əmsalı nisbətən aşağıdır – eksperimental nümunələrdə 10%. Daha bir problem istehsalatın əməkətutumlu olmasıdır, belə ki, elektronun köçürülməsi elektrolitin olmasını tələb edir. Buna baxmayaraq, bu cür batareyalar

yaların maya dəyəri silisiyuma nəzərən təxminən 60% azdır, buna görə onların bazarda payı, çox güman ki, artacaqdır.

- Polimer batareyalarda nazik təbəqə təmsalında yarımkeçirici xassəsinə malik bəzi üzvi polimerlər (məsələn, polifeniləvinil) istifadə olunur. Onların aşağı maya dəyəri vardır və həm də onların faydalı iş əmsalı aşağıdır. Bununla yanaşı onlar hava və nəmliyə həssasdırlar.

- Çoxtəbəqəli günəş batareyaları çoxqatlı quruluşa malikdir. O bir substrat üzərində ardıcıl şəkildə böyüdülmə müxtəlif energetik zonalı müxtəlif yarımkeçirici materiallardan formalaşmışdır. Üçölçülü batareyalarda artıq 34% faydalı iş əmsalı əldə olunmuşdur.

- Kvant quyuları, karbon nanoboruları və füllerenləri, nanoplastlar və dendrimerlər də günəş batareyaları üçün material təmsalında diqqəti cəlb edir. Lakin günəş elementlərinə tətbiq nöqtəyi nəzərdən bu texnologiyaların gələcəyi haqqında proqnozlar vermək hələ tezdir.

Nanotexnologiyalar hələ ki, günəş batareyalarının istehsalında zəif istifadə olunur. Lakin onlar gələcəkdə aşağıda göstərilən məsələlərdə artan rol oynayacaqdır:

- nazik təbəqələrin, qatların və səthlərin işlənilmə hazırlanmasında,
- işçi səthin artırılması üçün nanohissəciklərdən istifadə,
- nanokristallik materiallardan istifadə,
- yeni materialların yaradılması.

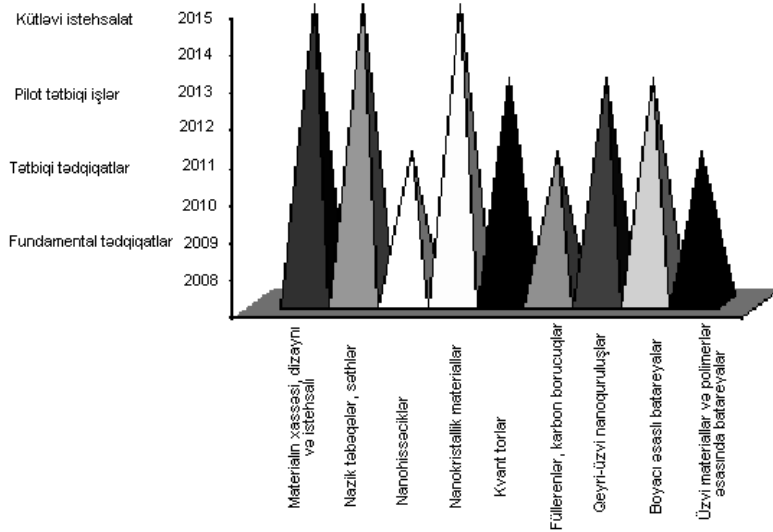
Nazik təbəqələr, qatlar və səthlər günəş batareyalarının istehsalında ən çox intensiv şəkildə istifadə olunan material-

lardır, bunun ardınca nanokristallik materiallar və nanohissəciklər gəlir. Bu material və texnologiyalar boyacılarla sensibillə olunmuş günəş batareyaları ilə yanaşı növbəti onillikdə lider mövqedə olacaqdır. Müasir dövrdə ilk kommersiya tətbiqli mərhələdə olan boyacı və elektrolit əsaslı nazik təbəqələrdən və batareyalardan fərqli olaraq nanotexnologiyaların günəş batareyaları sahəsinə tətbiqi fundamental tədqiqat mərhələsindədir.

2015-ci ilə qədər tədqiqatların əsas oblası materialların xassələri, onların dizaynı və istehsalı olacaqdır. Bu cür tədqiqatların məqsədi fotovoltaiq faydalı iş əmsalını və batareyanın işinin etibarlılığını artırmaqdan ibarətdir.

Praktik olaraq bütün batareyalar ilk kommersiya təklifləri mərhələsinə 2010-cu ilə qədər çıxmalı, nazik təbəqəli günəş batareyaları isə geniş bazara çıxmalıdır. 2015-ci ilə qədər onun ardınca nanokristallik materiala malik batareyalar gələcəkdir. Gözlənilir ki, boyacı və elektrolitlər əsaslı batareyalar artıq 2005-ci ildə kiçikmiqyaslı şəkildə bazara çıxmaqla, 2015-ci ildə geniş şəkildə istifadə olunacaqdır.

Kvant günəş batareyaları çox yüksək nəzəri faydalı iş əmsalına (təxminən 86%), həmçinin verilmiş dalğa uzunluğunu udma qabiliyyətinə malikdir, lakin onlar 2015-ci ildə işlənmə mərhələsində olacaqdır. Buna görə kvant günəş batareyalarına olan yüksək maraq qalacaqdır. Günəş batareyalarının 2015-ci ilə qədər ümumi inkişaf mənzərəsi şəkil 1-də göstərilmişdir.



Şəkil 1. Nanotexnologiya əsaslı günəş batareyalarının 2015-ci ilə qədər inkişaf mərhələləri

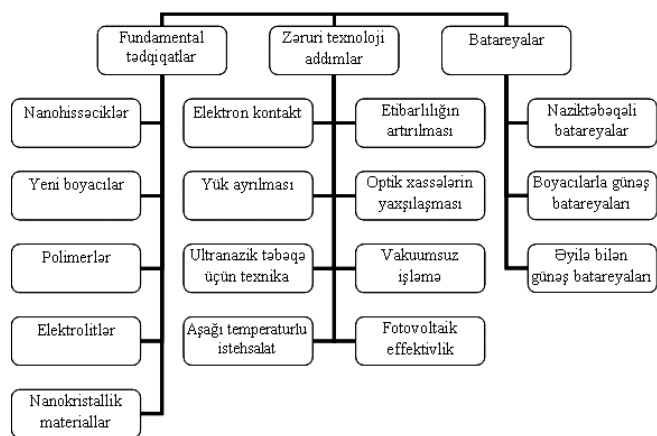
Yuxarıda qeyd edildiyi kimi günəş batareyalarının inkişafında əsas məsələ onların maya dəyərinin aşağı salınması və effektivliyinin artırılmasıdır. Digər tərəfdən, bu qurğuların etibarlılığının və istismar müddətinin artırılması zəruridir. Yaxın zamanlarda faydalı iş əmsalının artırılması və maya dəyərinin aşağı salınması çox güman ki, iki biri-birindən asılı olmayan tədqiqat istiqaməti kimi inkişaf edəcəkdir. Yaxın on ildə əsas tədqiqat gücü növbəti problemlərin həllinə yönəlməlidir:

- müxtəlif qadağa zonası eninə və ya müxtəlif udulma spektrinə malik fotoakseptorlar çeşidinin bir batareyada inteqrasiyası hesabına çoxlu miqdarda düşən işığı udma qabiliyyətinə malik materialların yaradılması (kvant torlar, yeni boyacılar, çoxtəbəqəli ultranazik nanokristallik materiallar bu məqsədə çatmaq üçün yaxşı namizədlərdir);

- yük daşınmasının maksimallaşması. Nazik təbəqəli və çoxtəbəqəli batareyalar üçün kristallik strukturun yüksək təşkili olması zəruridir ki, bunu da nanokristallik materiallar istifadə olunmaqla almaq mümkündür. Boyacı və polimer əsaslı batareyalarda yükün fotoakseptordan elektroda köçürülməsi elektrolit olmasını tələb edir. Nanohissəciklər əsasında olan batareyalarda da elektrolitə ehtiyac vardır və ya yükün birbaşa köçürülməsi üçün nanohissəciklər biri-birinə kifayət qədər yaxın yerləşməlidirlər;

- fotoakseptorların, yük daşınması strukturunun və elektrodların bir cihazda düzgün inteqrasiyası hesabına batareyaların yüksək etibarlılığı və böyük istismar müddətinin təminatı;

- sənaye miqyasında batareya istehsalının texnoloji qaydalarının asanlıqla reallaşma təminatı.



Şəkil 2. Günəş batareyalarının gələcək inkişaf və tətbiqi üçün həll olunacaq tədqiqat məsələləri.

Əylə bilən günəş batareyaları üçün altlığa təbəqə çəkilməsi problemi vardır. Yüksəktemperaturlu metodlar yaxşı təkrar olunandırlar, lakin yüksək temperatur polimer əsası dağdır, alternativ aşağıtemperaturlu texnologiyalar isə (CVD, buxardan və ya aeroxoldan qazofaza kondensasiyası) hələ ki, müəyyən çatışmamazlığa malikdirlər. Boyacı və elektrolit

əsaslı batareyalar effektivliyinə görə çoxtəbəqəli günəş batareyaları ilə rəqabətə girə bilməyə də, daha ucuzdur və əylə bilən altlığa asanlıqla çəkilir. Onlar üçün əsas tədqiqat istiqaməti ətraf mühitə (temperaturun dəyişməsi, nəmlilik və s.) qarşı dayanıqlığın təmin edilməsidir. Yeni boyacı molekulların alınması və istifadə olunması başqa bir tədqiqat məsələsidir.

Şəkil 2-də günəş batareyalarının bundan sonrakı inkişafı və tətbiqi üçün həll olunacaq tədqiqat məsələləri ümumiləşmişdir.

Günəş şüalanması enerjisinin elektrik enerjisinə çevrilməsi problemi dünyanın demək olar ki, bütün ölkələrində yeni növ enerji resursları ilə məşğul olan mütəxəssislər üçün xüsusi maraq kəsb etmişdir. Nanoquruluşlu birləşmələrin heterostrukturuları əsasında hazırlanacaq günəş elementləri faydalı iş əmsalının böyük qiymətlərinin əldə olunması, və yüksək radiasiya dayanıqlığı baxımından böyük potensiala malik olacaqdır. Silisium elementləri ilə müqayisədə heterofotoçeviricilərin əsas üstünlüyü onların güclü şəkildə konsentrasiya olunmuş (500 – 1000 dəfə) günəş şüalanmasını effektiv şəkildə çevirmək qabiliyyətinə malik olmasıdır. Bu da öz növbəsində günəş elementlərinin sahəsinin və maya dəyərinin kəfiyyət qədər azalması perspektivlərini ön sıraya çəkir və bununla da günəşdən alınan elektroenerjinin maya dəyəri aşağı düşür.

[1] V.P. Dubyaga, I.B. Besfamilniy. Nanotekhnologii i membrani. Kriticheskie tekhnologii. Membrani. 2005, №3(27), s.11-16. (in Russian)

[2] V.M. Andreev. International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology ISJAE, 2007, №2(46), s.93-98. (in Russian)

[3] V.V. Sichev. Ros. khim. j. (J. Ros khim. ob-va im. D.I. Mendeleeva), 2008, t. LII, №6, s.118-128.

R.S. Madatov, A.A. Sadygova

## PROSPECTS AND FORECASTING OF APPLICATIONS NANOTECHNOLOGY IN SOLAR ELEMENTS

In this paper the direction of nanotechnology application on the surface and photo-transformer internal area with the purpose of efficiency increase and competitiveness of solar elements is investigated. It is shown, that using nanoparticles, it is possible to increase the relation of the battery surface area to volume therefore the efficiency of elements increases.

P.C. Мадатов, А.А. Садыгова

## ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЙ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

В статье исследовано направление применения нанотехнологий на поверхности и внутренней области фотопреобразователя с целью повышения эффективности и конкурентоспособности солнечных элементов. Показано, что, используя наночастицы, можно увеличить отношение площади поверхности батареи к объему, в результате чего КПД элементов возрастет.

Received: 24.06.09