

CİGSS ƏSASLI KONSENTRATORLU GÜNƏŞ ÇEVİRİCİLƏRİ

N.N. ABDULZADƏ¹, V.M. ANDREEV², D.A. ƏHMƏDOVA¹, N.N. MURSAKULOV¹,
Ç.Ə. SƏBZƏLİYEVƏ¹, M. YAKUŞEV³

¹ AMEA-nın H.M Abdullayev adına Fizika Institutu

nmursakulov@physics.ab.az

² A.F.Ioffe adına FTİ, Sankt-Peterburq

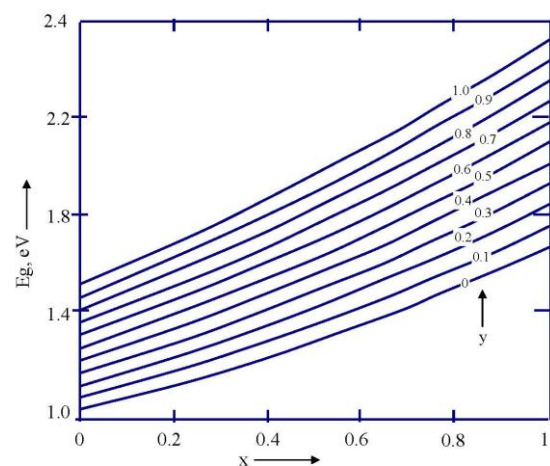
³ Fizika Bölümü, SUPA, Strathclyde Universiteti,
Glasgow G4 0NG, Birləşmiş Krallıq

İşdə göstərilmişdir ki, maqnit sistemləri sürüşdürülmüş iki maqnetrondan isti-fadə etməklə maqnetron tozlandırılması və MOCVD texnologiyalarının inteqrasiyası vasitəsi ilə I-III-VI (Cu(InGa)(SeS) (CİGSS), III-V (GaAlAs, GaInP və digərləri) və IV (Ge, Si) əsaslı yüksək effektivliyə malik çoxkaskadlı konsentratorlu günəş elementlərinin alınması mümkündür.

Ən yüksək, rekord faydalı iş əmsalı (F.İ.Ə.) konsentratorlu çoxkaskadlı günəş elementlərində alınmışdır (~40%). Bu günəş elementləri III-V qrup elementləri əsasında molekulyar şüa epitaksiyası və MÜBQE (MOCVD) texnologiyasının vasitəsi ilə həyata keçirilir. İstehsalı ucuz başa gələn nazik təbəqəli, effektiv günəş elementlərindən isə I-III-VI (Cu(InGa)(SeS) (CİGSS) əsasında günəş elementlərinin F.İ.Ə. ~ 20% təşkil edir. Zənnimizcə, tətbiq etdiyimiz, maqnit sistemləri sürüşdürülmüş iki maqnetrondan istifadə etməklə maqnetron tozlandırılması və MÜBQE texnologiyalarının inteqrasiyası vasitəsi ilə I-III-VI (Cu(InGa)(SeS) (CİGSS), III-V (GaAlAs, GaInP, dördqat və daha mürəkkəb bərk məhlullardan) və IV (Ge, Si) əsaslı yüksək effektivliyə malik çoxkaskadlı konsentratorlu günəş elementlərinin texnologiyasının işlənməsi mümkündür.

Maqnit sistemləri sürüşdürülmüş iki maqnetrondan istifadə etməklə maqnetron tozlandırılması üsulu ilə qadağan olma oblastının təbəqənin qalınlığının artması istiqamətində sabit və ya varizon şəklində alınması mümkünlüyü [1] I-III-VI nazik təbəqələrinin çoxkaskadlı, mürəkkəb strukturlu günəş elementlərində aktiv uducu rol oynaması daha məqsədəuyğundur. MÜBQE texnologiyası vasitəsi III-V birləşmələrinin istənilən konsentrasiyaya malik epitaksial təbəqələrinin alınması mümkünlüyü onun vasitəsi ilə çoxkaskadlı strukturlarda kaskadlar arası kommutasiya elementlərinin yaradılması üçün istifadə edilir. III-V materiallarına nisbətən I-III-VI materialı hesabına aktiv təbəqədə optik udma əmsalının artırılması və xüsusi müqavimətin azalması sayəsində günəş elementlərinin effektivliyinin xeyli artmasına, həmçinin günəş elementinin maya dəyərinin kəskin şəkildə aşağı düşməsinə gətirib çıxarır. Konsentratorlu foto-elektrik çevirici (FEÇ) cütünün optik oxu günəşə istiqamətlənməlidir. Bu zaman konsentrasiya etmənin tərtibi 500-1000 və daha çox olan zaman element-günəş cütünün qarşılıqlı uzlaşmasının həndəsi dəqiqliyi və günəşi izləmənin bucaq dəqiqliyi çox yüksək olur. Əhəmiyyətli dərəcədə yüksək konsentrasiya edilmiş günəş şüaları ilə işləyən FEÇ-nin istehsalının inkişaf etdirilməsi başqa tip çeviricilərə nisbətən FİƏ-nin 2-3 dəfədən çox olması, və FEÇ-i üçün işlənilən yarımkeçirici materialların istifadəsinin kəskin dərəcədə aşağı salınması, işıqlı gün ərzində qurğunun həmişə günəşə tərəf istiqamətlənməsi hesabına daha da çox elektrik enerjisi istehsal etməsidir.

Cu(In_xGa_{1-x})(Se_yS_{1-y})₂ materiallarının nazik təbəqələrinin elastik metal və orqanik poliamid altlıqlar üzərində formalaşması şəraitinin müəyyən edilməsi və onlar əsasında yüngül, radiasiyaya davamlı, yüksək effektivliyə malik nazik təbəqəli günəş elementlərinin kifayət qədər sadə üsullarla alınma texnologiyasının işlənməsidir [1-5].

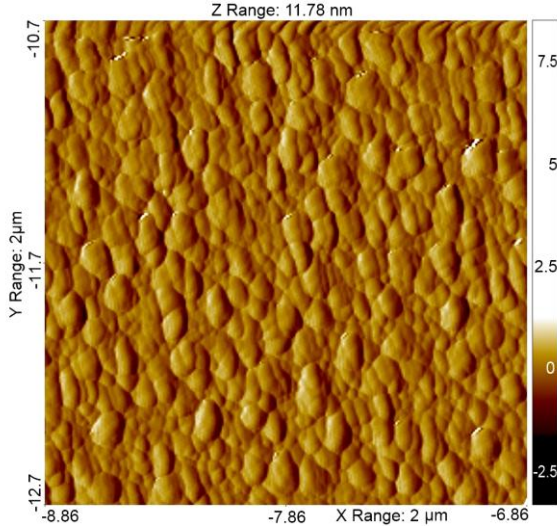


Şəkil.1. CuIn_{1-x}Ga_x(Se_{1-y}S_y)₂ materiallarında qadağanolma oblastının materialın tərkibindən (x,y) asılılığı [1].

Günəş elementləri (GE) üçün ən perspektivli materiallar kimi, yüksək optik uduculuq keyfiyyətlərinə malik, radiasiyaya davamlı, qadağan olma oblastı (Şəkil.1.) tərkibdən (x və y-in qiymətlərindən) asılı olaraq geniş diapazonda, yəni 1.0 eV-dan 2.4 eV-a qədər dəyişən CuIn_{1-x}Ga_x(Se_{1-y}S_y)₂ (CİGSS) materialları istehsal dəyəri ucuz başa gələn III nəsill günəş çeviricilərinin istehsalında geniş tətbiq olunur.

Bu sahədə elmi ədəbiyyatın tədqiqatından görünür ki, CuIn_{1-x}Ga_x(Se_{1-y}S_y)₂ (CİGSS) nazik təbəqələrinin sənaye üsulu ilə alınmasının ən müasir üsulu müxtəlif altlıqlar üzərində əvvəlcədən çəkilmiş Cu-In-Ga nazik təbəqələrinin halkogen (selen, kükürd) atmosferində dəmlənməyə qoyulmasıdır [1-5]. CİGSS materialları əsasında ən yüksək effektivliyə malik günəş elementləri halkopirit strukturlu CuIn_{1-x}Ga_xSe₂ dördqat mis birləşmələrinə əsaslanan uducu təbəqələri olan günəş elementləri əsasında alınmışdır (21.7%) [5]. Kristalix parametrləri (qəfəs sabitləri) uyğun olan oturaq üzərində göyərdilmiş kristalix CİGSS materiallarının daha yüksək

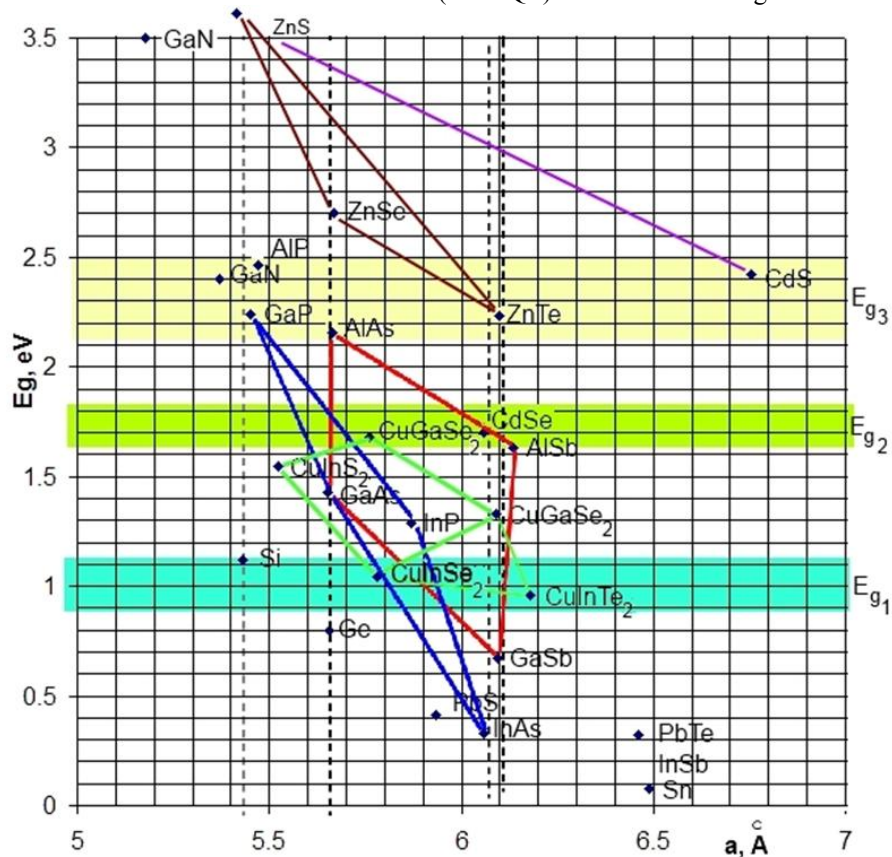
kristallik keyfiyyətə, tələb olunan elektrik və optik xassələrə malik olması, defektlərin konsentrasiyasının aşağı olması, Si, Ge, GaAs, InP, InAs və GaSb əsaslı oturmaqlardan istifadə etməklə maqnetron tozlandırılması üsulu ilə CIGSS materiallarının uyğun epitaksial təbəqələri alınma bilər. Şəkil 2-də GaAs üzərinə göyərdirilmiş nazik $\text{CuIn}_{1-x}\text{Ga}_x\text{Se}_2$ təbəqəsinin Atom Güc Mikroskopu (AFM) vasitəsi səth morfologiyasının tədqiqi üçün (2×2) mkm sahədən 3d skan şəkildən görünür ki, səth hamardır və hər hansı defekt yoxdur.



Şəkil.2. GaAs üzərində göyərdirilmiş $\text{CuIn}_{1-x}\text{Ga}_x\text{Se}_2$ təbəqəsinin AFM 2d şəkli.

CIGSS materiallarının mikrostruktur, elektrik və optik xassələrinin onların alınma şəraitlərindən asılılığının tədqiqi əvvəlcədən verilmiş xassələrə malik materialların alınma texnologiyalarının optimallaşdırılmasına gətirə bilər. Təcrübə zamanı Mo və digər kontakt materialı və A_3B_5 yarımkəçiricilər əsaslı oturmaqlar üzərində Ga ilə zəngin CIGSS təbəqənin deyil, daha kiçik E_g -yə malik, In ilə zəngin materialın alınması texnologiyası işlənmişdir. Oturmaqların seçilməsi üçün Qadağanolma zonasının qəfəs parametrlərindən asılılığını göstərən Şəkil 3.-dən istifadə edilmişdir. Texnologiyanın təkmilləşdirilməsi ilə $\text{CuIn}_{1-x}\text{Ga}_x\text{Se}_2$ materialının böyüməsi istiqamətində materialın qadağanolma zonasının dəyişən olması üçün texnoloji rejimlər araşdırılmış və təkmilləşdirilmişdir. Belə ki, texnoloji rejimin seçilməsindən asılı olaraq, təbəqənin qalınlaşması istiqamətində qadağan zonasının böyüməsi və ya kiçilməsi, yəni varizon strukturun alınması imkanları araşdırılmışdır. Alınmış təbəqələrin və onlar əsasında yaradılmış strukturların optik və fotoelektrik xassələri tədqiq olunmuşdur.

İşin tədqiqat obyektini günəşin konsentrasiya olunmuş şüa enerjisini yüksək effektivliklə elektrik enerjisə keçirmə qabiliyyətinə malik A_3B_5 qrup yarımkəçirici materialları (GaAs, AlAs, InP və b.) əsasında yaradılmış heterostruktur günəş elementlərinin, onların modullarının alınma texnologiyasının inkişaf etdirilməsi üçün Fizika institutu və A.F.İoffe adına FTİ-əməkdaşlarının əməyinin bu vacib məsələnin həllinə konsentrasiya edilməsidir. Heteroquruluşlu konsentrasiyalı günəş elementlərinin alınması üçün metal üzvi birləşmələrdən qaz epitaksiyası (MÜBQE) metodu ilə alınacağı nəzərdə tutulur.



Şəkil.3. A_3B_5 , A_2B_6 , $\text{A}_2\text{B}_3\text{C}_6$, onların bərk məhlulları və b. yarımkəçiricilər üçün E_g -nin kristallik qəfəs parametrlərindən asılılığı. İki və üç kaskadlı günəş elementləri üçün optimal optimal E_g oblastları (rənglənmiş oblastlar)

Bu metod A_3B_5 qrup elementlərindən hər birinin epitaksial təbəqəsinin və onların çoxlaylı strukturlarının alınmasına aşağıda sadalanan səbəblərə görə imkan verir: 1) metod təbəqələrin qalınlığının nm dəqiqliyi ilə idarə edilməsinə imkan verir; 2) epitaksial təbəqələrin göyərmə sürətini geniş diapazonda dəyişməyə imkan verir, idarə olunan ən yüksək göyərmə sürətlərində keyfiyyətli təbəqələrin alınmasına imkan verir; 3) İfrat yüksək vakuum tələb etmir; 4) işiəri tərkiyə malik epitaksial təbəqələri almağa imkan verir; 5) optik in-situ analiz metodlarını tətbiq etməyə imkan verir. MÜBQE-epitaksiya metodunun vasitəsi ilə: 1) A_3B_5 yarımkəçiriciləri əsasında heteroquruluşlu kaskad günəş elementləri alınacaq və onlar yüksəkenerji effektivlikli günəş batareyaları modullarında quraşdırılacaq. 2) dəyişən qadağan olma oblastına malik epitaksial müxtəlif tərkiyəli (dəyişən x) $InGa_{1-x}As$

təbəqələrin və onlar əsasında günəş elementlərinin alınma texnologiyası işlənəcəkdir. Bu işi Azərbaycan tərəfi həyata keçirəcəkdir. Bu, dəyişən qadağan olma zonaya malik təbəqələr maqnit sistemləri bir-biri tərəfə sürüşdürülmüş maqnetronlar sistemi vasitəsi ilə həyata keçiriləcək. Yeni quruluşlu günəş elementlərinin F.İ.Ə.-nin konsentrasiya ediləcəkdir. Günəş şüalarının konsentrasiyası qismində mütəvəzi şəkilli Frenel linzaları ikinci optika sistemləri ilə birgə şüaların 500-dən 1000 dəfəyədək toplamağa imkan verir və günəş batareyası modullarının günəşə tərəf çox dəqiqliklə orientasiya olunmasına çox da böyük tələblər qoymur. Bu zaman biz optik sistem parametrlərinin, Frenel linzası – ikinci optika- günəş elementləri sisteminin optimallaşdırılması istiqamətində axtarışlar aparılması nəzərdə tutulur.

-
- | | |
|--|---|
| <p>[1] <i>N.N.Abdulzadə, S.T.Ağaliyeva, K.Ə.Əsgərova, D.A.Əhmədova, Ç.E.Səbzəliyeva, A.K.Zamanova, N.N.Mursakulov.</i> AJP “FİZİKA”, 2018, v.XXIV, N1, section:Az, pp13-17.</p> <p>[2] <i>E.P.Zaretskaya, V.F.Gremenok, I.A.Ivanov, V.B.Zalesski, N.N.Mursakulov, N.N.Abdulzadə, Ch.E.Sabzaliyeva</i> AJP “Fizika”. Vol. XVI, N2, Series: En, June, 2010, pp 403-407.</p> <p>[3] <i>A.V.Mudryi, A.V.Korotki, V.F.Gremenok, E.P.Zaretskaya, V.B.Zalesski, N.N.Mursakulov, N.N.Abdulzadə,</i> AJP “Fizika”. Vol. XVI, N2, Series: En, June, 2010, pp 408-413.</p> <p>[4] <i>В.Ф. Гременок, В.Б. Залесский, Н.Н. Мурсакулов, М.С. Тиванов.</i> Тонкопленочные солнечные</p> | <p>элементы на основе полупроводниковых материалов $Cu(In,Ga)(Se,S)_2$ со структурой халькопирита (монография). Баку “ЭЛМ”, 2013.</p> <p>[5] <i>P. Jackson, D. Hariskos, R. Wuerz, O. Kiowski, A. Bauer, T.M. Friedlmeier and M. Powalla.</i> Phys. Status Solidi RRL, 2015, 9, N. 1, p. 28-31.</p> <p>[6] <i>В.М.Андреев, В.А.Гриликес, В.Д.Румянцев</i> «Фотоэлектрические преобразователи концентрированного солнечного излучения» (монография) Издательство «Наука», 1989.</p> <p>[7] <i>V.M.Andreev, V.A.Grilikhes, V.D.Rumyantsev</i> “Photovoltaic Conversion of Concentrated Sunlight” (monoqrafiya), John Wiley & Sons, 1997.</p> |
|--|---|