YARIMO‘TKAZGICHLI TUZULMALAR MIKROTUZULMASINI O‘RGANISH USULI

I.I. Anarboyev
Andijon davlat texnika instituti
E-mail: iqboljon.anarboyev@mail.ru

Annotatsiya: Yupqa plenkali yarimo‘tkazgichli quyosh elementlariga qo‘yiladigan talablar boshqa elektron va optoelektron asboblarga nisbatan ancha sodda: optik nurlanishni yutish koeffisienti katta bo‘lgan bazaviy qatlamga ega bo‘lishi kerak; geteroo‘tish hosil qilish uchun keng zonali n-tip qatlamga ega bo‘lishi kerak; qatlamlar samarali zaryad yig‘ishni ta’minlashi kerak; ishonchli omik kontaktlarga ega bo‘lishi kerak.

Kalit so‘zlar: Yupqa plenka, yarimo‘tkazgich, quyosh elementlari, geteroo‘tish, omik kontakt.

Аннотация: Требования к тонкоплёночным полупроводниковым солнечным элементам значительно проще, чем к другим электронным и оптоэлектронным приборам: они должны иметь базовый слой с высоким коэффициентом оптического поглощения; широкозонный n-слой для формирования гетероперехода; слои должны обеспечивать эффективный сбор заряда; должны иметь надёжные омические контакты.

Ключевые слова: Тонкая плёнка, полупроводник, солнечные элементы, гетеропереход, омический контакт.

Abstract: The requirements for thin-film semiconductor solar cells are much simpler than for other electronic and optoelectronic devices: they must have a base layer with a high optical absorption coefficient; they must have a wide-gap n-type layer to form a heterojunction; the layers must provide efficient charge collection; they must have reliable ohmic contacts.

Keywords: Thin film, semiconductor, solar cells, heterojunction, ohmic contact.

Kirish

Spektroskopik ellipsometriya ko‘rinish nurlarini yupqa plenkali metrologiyaga qo‘llash bo‘lib, 1830 yilda kashf etilgan. Interferometriya va reflektometriya kichik qalinlikdagi shaffof jismlarni tadqiq qilishda asosiy usul hisoblangan. 1889 yilda Drude bu ikki usulga qutblangan nurlarni qo‘llashni tavsiya etgan. Hozir bu ellipsometriya deyiladi. Birinchi ellipsometrlarda boshlang‘ich nuqtanni topish uchun inson ko‘zi ishlatilgan. Fotoko‘paytirgich trubkalar, lazerlar, to‘lqin optikasi va zamonaviy tezkor kompyuterlarning yaratilishi ellipsometrik tadqiqotlarning takrorlanishi, aniqligi va tezligini sezilarli darajada oshirdi[1-2].

ADABIYOTLAR TAXLILI

ISSN 3030-3907

Ellipsometriya metodi turli soxalar (qo‘llanishlar) uchun juda ko‘p konfiguratsiyalar olishga imkon beradi. Aniq to‘lqin uzunlikka ega bo‘lgan ellipsometriya metodlari mikroelektronika sanoatida keng qo‘llaniladi. Real vaqt rejimida ishlovchi ko‘p kanalli spektroskopik ellipsometrlar mikroelektronika va modellashtiruvchi dasturiy ta’minotning rivojlanishi bilan yarimo‘tkazgichlarning xaraktiyeristikalari bilan shug‘ullanuvchi ilmiy laboratoriyalarda keng ommalashdi. Bu ellipsometrlar hozirgi kunda yupqa plenkali fotovoltaik sanoatda texnologik jarayonlarni nazorat qilishda keng qo‘llanilmoqda[2-3].

TADQIQOT USULI

Shunga qaramay, ishonchli yupqa plenkalar ishlab chiqarish texnologiyasiga quyidagi omillar salbiy ta’sir ko‘rsatadi: donalar chegarasi rekombinatsiya, toko‘tish va diffuziya-segregatsiya jarayonlariga salbiy ta’sir etadi. Bu ta’sirlarni tushunish uchun lokal zaryad holatlari ximiyaviy profillarni o‘rganish zarur. Yupqa plenkalardagi nuqtaviy nuqsonlar tabiati oxirigacha o‘rganilmagan. Yarimo‘tkazgichli strukturalar olishning standart metodlarida o‘tkazuvchanlik tipi va maydon profillari yaxshi o‘rganilgan kirishmalarni legirlash orqali beriladi. Yupqa plenkali quyosh elementlarida esa bu empirik amalga oshiriladi, stabillikning yomonlashishiga olib keladi. Quyosh elementlarini tayyorlashda har bir qatlamning kristall strukturasi, ximiyaviy tarkibi, optik va elektrik xossalari aniq tasavvur qilish muxim ahamiyatga ega[3]. Tayyorlanayotgan quyosh elementlari sifatini baholash uchun qator optik, elektrik, va rentgen o‘lchashlarni bajarishga to‘g‘ri keladi. Bu o‘lchashlar asosiy fotovoltaik o‘lchashlar va o‘stirish jarayonlaridan ajralmagan holda olib borilishi kerak. Quyida yupqa plenkalar misolida yarimo‘tkazgichlarning elektrofizik hususiyatlarini o‘rganishning ayrim metodlari ko‘rib chiqiladi.

SPM-na’munalar sirtini va elektrofizik parametrlarini zondlar yordamida o‘rganuvchi metodlarning umumiy nomidir. Zond va na’muna orasidagi o‘zaro ta’sir turiga qarab SPM ning tipi aniqlanadi. Bu metodlarning ajratish qobiliyati 1 Å gacha bo‘lib, zond geometriyasi va na’muna sirtining xarakteriga bog‘liq[4].

TAHLIL VA NATIJALAR

Birinchi SPM-metod skanirlovchi tunnel mikroskopiya (STM) deb atalgan va zond-taglik orasidagi tokni o‘lchashga asoslangan. Na’muna sirti va zond orasiga qo‘yilgan potentsiallar farqi hisobiga tunel tok yuzaga keladi va u zond uchi va sirt orasidagi masofga eksponentsial bog‘langan bo‘ladi. Zond sifatida egovlangan metall o‘tkazgich ishlatiladi (W, Mo yoki Pt/Ir qotishmasi). Sirt tasviri zond harakatlanganda tokning o‘zgarishi orqali olinadi. Tunnel tokning yuqori sezgirligi bu metod yordamida atom o‘lchamida tasvir olishga imkon beradi. Lekin bumetod faqat metallar va yarimo‘tkazgichlar sirtini o‘rganishga imkon beradi, chunki zond va sirt orasida tok yuzaga kelishi kerak[5].

ISSN 3030-3907

Ikkinchi SPM-metod atomli kuchli mikroskopiya (AFM) deb ataladi, u zond uchi va sirt orasidagi o‘zaro ta’sir kuchini aniqlash orqali yuza sirtini tasvirlashga asoslangan. AFM zondi qalinligi 1 mkm, kengligi 40 mkm, uzunligi 100-400 mkm bo‘lgan konsoldan iborat. Keyingi yillarda AFM metodga asoslangan nanostrukturalarni o‘rganishga bag‘ishlangan qirqdan ortiq metodikalar ishlab chiqilgan[6].

Kristallarda rentgen nurlari difraktsiyasi kristall strukturasi va fazaviy tuzilishini aniqlashda eng asosiy usullardan biridir. Bu usulning asosida o‘lchamlari tushuyogan nur to‘lqin uzunligi tartibida bo‘lganda difraktsiya xodisasini o‘rganish yotadi. Rentgen nurlari difraktsiyasi Breg tenglamasiga bo‘ysunadi. Odatda rentgen nurlanishi manbai sifatida 1.542 Å to‘lqin uzunlikka ega bo‘lgan mis rentgen trubkasi ishlatiladi. Olingan rentgenogramma asosida d bog‘liklik jadvali tuziladi. Kristall panjara tipi aniqlangach, jadval asosida nuqsonlar aniqlanadi. Shuningdek, rentgen tadqiqotlari plenka qalinligini aniqlashga ham imkon beradi.

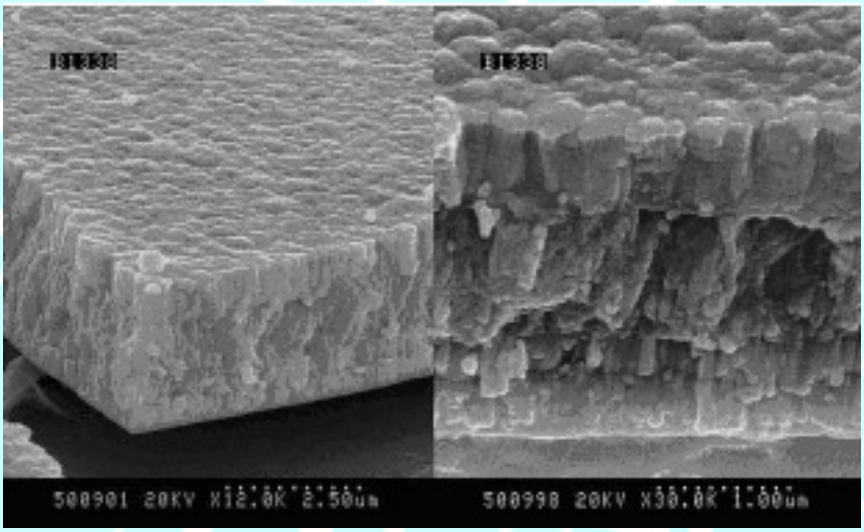
Shunday qilib, rentgen tadqiqotlari na’munalarning kristall strukturasi, fazovaty tarkibi va qalinligini ainqlashda ishlatiladi[7].

Materiallarning elektron mikroanalizi asosida tez elektronlar bilan hosil qilinuvchi xarakteristik rentgen nurlari yordamida qayd qilish va o‘lchash yotadi. U elementlar tarkibini aniqlash va miqdoriy tahlil qilish uchun ishlatiladi. Bu analizning asosini fokuslangan elektronlar oqimi yordamida na’muna sirtidagi kichik soxalarda uyg‘onishlarni qayd qilishdir. Bu uyg‘onishlar hajmi mikron tartibida bo‘ladi. Elektronlar oqimi material tarkibining gorizontal taqsimotini tasvirlashi mumkin. Turli materiallar plenkalarrining elementlar tarkibi «Cameca-MBX», «JEOL-6400» va«Stereoscan-360» rentgen mikroanalizatorlari va AN 10000 spektrometri yordamida amalga oshiriladi. (Link Analitic, Velikobritaniya), ajratish qobiliyati 1 mkm^3 va aniqligi 4 %. Bu usulda birlamchi rentgen nurlari yoki elektronlar oqimi na’munaga tushib, uning atomlaridagi elektronlarni siqib chiqaradi va vakansiyalar hosil qiladi. Elektronlar tomonidan hosil qilingan nurlanishlar yarimo‘tkazgichli detektorlarda elektr signallarga aylantiriladi va qayta ishlash uchun EHMga uzatiladi, u yerda esa na’munaning ximiyaviy tarkibihaqida ma’lumotlar aniqlanadi.

SEM-o‘lchashlar olib borish uchun yuzdan bir mikrongacha ajratish qobiliyatiga ega bo‘lgan elektron mikrofotolar oluvchi elektron mikroskoplar ishlatiladi.

Skanirlovchi elektron mikroskopiya plenka sirti morfologiyasi, donlar o‘lchamlari va turli qatlamlar mikrostrukturasini baholashga imkon beradi. Buni amalga oshirish uchun elektron pushka va elektromagnit yig‘uvchi linzalar yordamida elektron oqimi hosil qilinadi va tezlashtiriladi[8].

ISSN 3030-3907



1-rasm. Mo/Cu(In,Ga)$(Se)_2$/CdS/ZnO shisha strukturasining SEM tasviri.

Kristallar, plenkalar va qattiq eritmalarning optik xossalari yutilish soxasida yetarlicha o‘rganilgan. Optik xossalar (man qilingan zona kengligi, zonalar aro o‘tish tipi va h.k) haqida ma’lumotlar turli usullar bilan olingan va bir-birlariga qarama qarshidir. Bu plenkalarning tarkibi va olinish texnolgiyalari bilan bog‘liq. Optik xossalarni tadqiq qilishda n va k optik doimiylar dispersiyasini o‘rganish eng ishonchli usullardan biridir, bu plenkalarning zonaviy tuzilishi haqida to‘liq ma’lumotlar olishga imkon beradi.

Bu usul plenkaga tushayotgan nurlanishning interferentsiyasini o‘rganishga asoslangan. n va k optik doimiylarni aniqlash uchun o‘tkazish va qaytarish koeffisientlarini aniqlash orqali amalga oshiriladi. Bunda n va k optik doimiylarning haqiqiy va mavxum qismlari, o‘tkazish va qaytarish koeffisientlari orasidagi bog‘lanish murakkab transtsendent tenglamalarga olib keladi va ular EHMlar yordamida maxsus sonli usullar asosida yechiladi.

Polikristall ko‘p qatlamli fotovoltaik qurilmalarda donlar o‘lchami bir necha nanometrdan yuzlab msikrometrgacha boradi. Qatlamlarning qalinligi ham shu chegarada o‘zgaradi. Donalar chegaralari va o‘tish chegralari bilan bog‘liq effektlar (sirtiy rekombinatsiya, segregatsiya, interdiffuziya) yupqa plenkalarning tadqiqot diapazonini belgilaydi.

Yuqori energetik elektron zondlar yordamida mikrometrdan nanometrgacha ajratish qobiliyatiga ega bo‘lgan shulalanuvvchi elektron mikroskopiya yupqa plenkalarni tadqiq qilishda qo‘llanilgan. Energetik yo‘qotishlar spektroskopiyasi va energo dispertsion spektroskopiya qo‘shilishi bilan shulalanuvvchi elektron mikroskopiya analitik shulalanuvvchi elektron mikroskopiya polikristall ko‘p qatlamli strukturalarning tarkibi va ximiyaviy xarakteristikalarini tahlil qilishda eng ishonchli usullardan biriga aylandi.

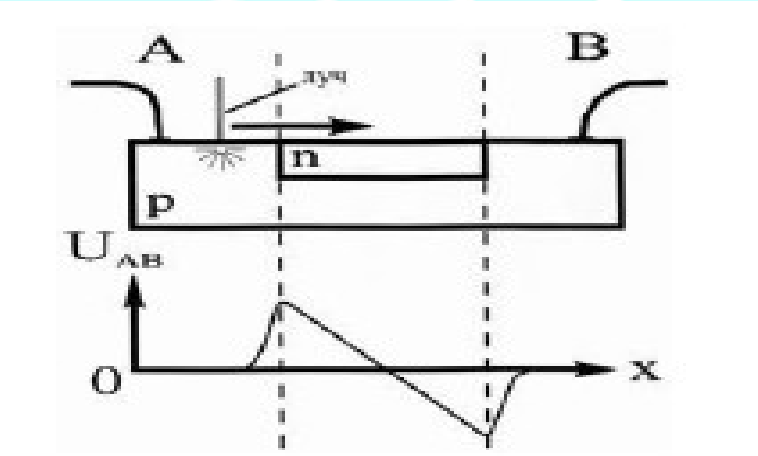
Ma’lumki, quyosh elementlarining sifati bazaviy materialning fazoviy bir jinsliligiga sezilarli bog‘liq. Bazaviy materialda fazoviy nobirjinsliliklarning

ISSN 3030-3907

(qattiq eritma tarkibida, zaryad tashuvchilar kontsentratsiyasida, nuqsonlar zichligida va h.k.) mavjudligi QE xarakteristikalarining pasayishiga, yaroqli elementlar kamayishiga olib keladi. Shuning uchun bazaviy material parametrlarini fazoviy ajrata oluvchi o‘lchashlar yuqori samarali fotoo‘zgartirgichlar yasashda juda muxim ahamiyatga ega. Skanirovchi lazer mikroskopiyasi metodining ishlash prinsipi yarimo‘tkazgich materilaning nobirjinsli qatlamini lokal yoritishda fotoEYuK yuzaga kelishiga asoslangan. Agar fotonlar energiyasi yarimo‘tkazgichning taqiqlangan zonasi kengligidan katta bo‘lsa, yoritilgan joyda elektron-kovak juftligi generatsiyalanadi.

Faraz qilaylik na’muna yupqa plenkadan, ya’ni ikki o‘lchamli modeldan iborat. Nomuvozanatli elektronlar va kovaklar yoritish joyidan barcha tomonlarga diffuziyalanadi. Faraz qilaylik, diffuziya uzunligidan kam masofalarda elektr maydon yuzaga kelsin. U xolda elektronlar va kovaklar ajraladi va butun hajmda nomuvozantli zaryad tashuvchilar taqsimotidagi radial simmetriya buziladi. Umumiy holda ixtiyoriy ikki nuqta orasidagi potentsiallar farqi noldan farqli bo‘ladi. Uning qiymati hosiol bo‘lgan elektr maydonidan o‘lchanayotgan nuqtagacha bo‘lgan yo‘nalish va zaryad qiymati bilan aniqlanadi. Bu effekt LBIC nomini olgan (Laser-Beam Induced Current). Na’munadagi harakatsiz kontaktlar va harakatdagi nurlanishlar orasidagi signalning xarakterini planar p-n-o‘tish asosida tushunish mumkin. Soddalik uchun bir o‘lchamli modelni olamiz. Faraz qilaylik, na’muna bir jinsli legirlangan r-tip materialga bir jinsli legirlangan n-tip materialdan tashkil topgan. Na’muna n-soxa chapidan yoritilganda o‘tish chegarasiga yetib borgan elektronlar n-soxa ichiga elektr maydon tomonidan tortiladi. Kovaklar o‘z yo‘lida potentsial to‘siqqa duch keladi. Fazoviy ajralgan zaryadlar A va V kontaklar orasida potentsiallar farqini yuzaga kelitiradi (2-rasm). Zaryad tashuvchilar o‘ztish chegarasiga yaqinlashgan sari potentsiallar favrqi ortib boradi va nur chegarada bo‘lganda maksimumga erishadi. Nur n-soxa markazini yoritganda elektronlar va kovaklarning fazoviy taqsimoti bir xil va ular bir-birlarini kompensatsiyalaydi, natijada LBIC signal nolga teng bo‘ladi. O‘tish chegarasiga o‘ng tomondan yaqinlashganda ham signal ortib boradi, lekin ishorasi qarama-qarshi bo‘ladi. Shunday qilib, planar p-n-o‘tishni LBIC signal bilan skanirlaganda ikki qutbli signal hosil bo‘ladi. Bu misol LBIC metodning ishlash prinsipini tushunishga imkon beradi.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Planar p-n-o‘tishni LBIC signal bilan skanirlaganda hosil bo‘ladigan signal profili.

LBIC metod yarimo‘tkazgichlardagi nafaqat chiziqli, balki tangensial nobirjinsliliklarni ham qayd qilishga imkon beradi. Bundan tashqari LBIC metod asosiy bo‘lmagan zaryad tashuvchilarning yashash vaqtlari kamayishini qayd qilishga ham imkon beradi.

XULOSA

Bu oqim na’muna bilan o‘zaro ta’sirlashganda ikkilamchi elektronlar generatsiyalanadi va ular musbat zaryadlangan to‘rga tortilib, undan o‘tadi hamda stsintillyatorga tushadi va fotonlar nurlantirib yutiladi. Stsintillyatorda nurlangan fotonlar svetovod orqali o‘tib fotoko‘paytirgich katodiga tushadi, bu yerda ikkilamchi elektronlarda yo‘qotilgan energiya fotoelektronlarga aylanadi. Oxirgi kuchaytirilgan signal fotoko‘paytirgich anodida yig‘iladi va kuchlanish pulsatsiyalari hosil bo‘ladi. Bu pulsatsiyalar displeyda na’muna sirtining tasvirini hosil qiladi. Skanirlovchi elektron mikroskopiyaning ajratish qobiliyati yuzdan bir mikrongacha boradi.

ADABIYOTLAR

1. M. S. Saidov, B. M. Abdurakhmanov, and L. O. Olimov. // Applied Solar Energy 2007, vol. 43. 4, p.203÷207.

2. Саидов А.С., Лейдерман А.Ю., Маншуров Ш.Т. Особенности поликристаллического кремния, полученного пятикратной переплавкой на солнечной печи. // Гелиотехника, 2010, №2, 35-38.

3. PatentUz IAP 0561. **Termoelektrik material va uni tayyorlash usuli** 29.06.2018. Byul., № 6. B.M. Abduraxmanov, M.M. Adilov. M.X. Ashurov. va boshqalar.

4. Patent FAP20190154 25.02.2021. Granulalangan yarimo‘tkazgichli termoelektrik materiallar tayyorlash usuli Olimov L.O., Anorboev I.I., Mamirov A., Omonboev F.L., Omonboeva M.L.

ISSN 3030-3907

5. L.O. Olimov, I.I. Anarboyev. Some electrophysical properties of polycrystalline silicon obtained in a solar oven // Silicon. Springer Nature Published: 27 January 2022 volume 14, p.p 3817–3822(№11 Springer, Impact Factor 2,941)
6. L.O. Olimov, I.I. Anarboyev. Some electrophysical properties of polycrystalline silicon obtained in a solar oven // Silicon. Springer Nature Published: 27 January 2022 volume 14, p.p 3817–3822(№11 Springer, Impact Factor 2,941)
7. L.O. Olimov, I.I. Anarboyev, A.M. Mamirov Granullangan yarimutkazgichli termoelektrik materiallar tayyorlash usuli // Uzbekistan Respubliki Fanlar akademyasining maruzalari // 2020 y. №4, bet.20 -24. (№7)
8. L.O.Olimov, I.I.Anarboyev, Issledovaniye mikrostrukturi i elektricheskix svoystv kremniya, poluchennogo chastichnim nagrevom solnechnogo izlucheniya // Andijon Davlat Universiteti Ilmiy Xabarnoma fizika – matematika tatqiqotlari 2021. V 3.I 2 pp 43-47.(№13)

ISSN 3030-3907