YUPQA PARDALI YARIMO‘TKAZGICHLARNING ELEKTRIK XOSSALARINI O‘RGANISH USULLARI

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

Annotatsiya: 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.

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

Аннотация: Спектроскопическая эллипсометрия – это применение видимого света в метрологии тонких плёнок, открытое в 1830 году. Интерферометрия и рефлектометрия были основными методами исследования прозрачных тел малой толщины. В 1889 году Друде предложил использовать поляризованный свет для этих двух методов. Сейчас это называется эллипсометрией. Первые эллипсометры использовали человеческий глаз для определения начальной точки. Развитие фотоэлектронных умножителей, лазеров, волновой оптики и современных высокоскоростных компьютеров значительно повысило повторяемость, точность и скорость эллипсометрических исследований.

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

Abstract: Spectroscopic ellipsometry is the application of visible light to thin-film metrology, discovered in 1830. Interferometry and reflectometry were the main methods for studying transparent bodies of small thickness. In 1889, Drude suggested using polarized light for these two methods. This is now called ellipsometry. The first ellipsometers used the human eye to find the starting point. The development of photomultiplier tubes, lasers, wave optics, and modern high-speed computers has significantly increased the repeatability, accuracy, and speed of ellipsometric studies.

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

Kirish

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.

Ellipsometriyada na’munasirtidan qaytgan s- va p-qutblangan nurlar nisbati o‘lchanadi. Bu bilan u reflektometriyadan farq qiladi, unda tushayotgan va qaytgan nurlar intensivliklari nisbati o‘lchanadi. Bu prinsip ellipsometriyaning fundamental tenglamasiga qo‘yilgan[1].

$$tg\Psi e^{i\Delta}=R^P/R^S \qquad (3.1)$$

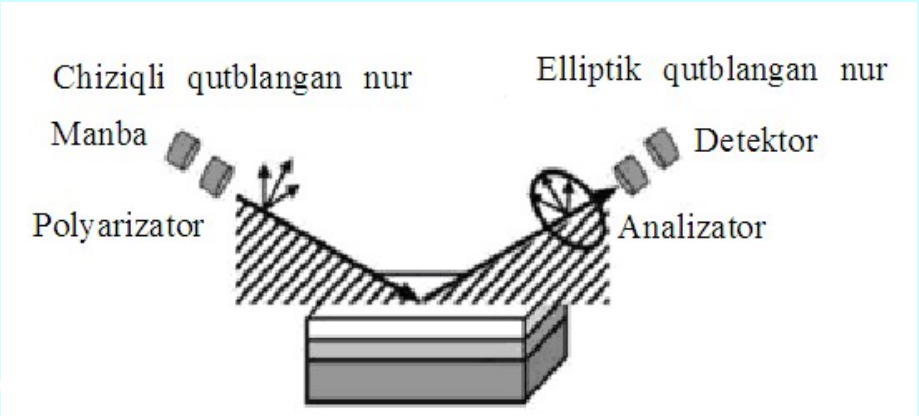
bu yerda R- s- va p-qutblangan nurlar qaytarish koeffisientlari, Δ-parametr

Ψ- s- va p-qutblangan nurlar fazalari farqi.

ADABIYOTLAR TAXLILI

Keyin optik modellar yordamida qalinlik va optik doimiylar hisoblanadi. Ni aniqlash uchun tushuvchi va qaytuvchi nurlarning qutblanish darajalarini bilish zarur. Ellipsometr yoroug‘lik manbai, tushuvchi nur qutblanishini fiksirlash uchun polyarizator, qaytuvchi nur qutlanishini aniqlash uchun analizatorva detektordan tashkil topgan[2]. Shu asosiy qismlar bilan ellipsometr harakatsiz, analizator aylanganda va polyarizator modulyasi rejimlarida ishlashi mumkin.

1-rasmda ko‘p qatlamli yupqa lenkali strukturalarni tahlil qilish uchun mo‘ljallangan ellipsometr konfiguratsiyalari keltirilgan. Ellipsometrik o‘lchashlar talabga ko‘ra to‘lqin uzunlikka bog‘liq (spektroskopik), tushish burchagiga bog‘liq (o‘zgaruvchi burchakli monoxrom-spektrnoskopik) va vaqtga bog‘liq (real vaqtli monoxrom-spektrnoskopik) ko‘rinishlarda bajarilishi mumkin[3].



1-rasm. Ko‘p qatlamli yupqa plenkali strukturalarni tahlil qilishga mo‘ljallangan tipik ellipsometr.

ISSN 3030-3907

Real vaqtli o‘lchashlar texnologik jarayonlarni boshqarish va kuzatish uchun ishlatiladi. Odatdagi yupqa plenkali ellipsometrik analiz quyidagi bosqichlardan tashkil topgan:

- ellipsometrik parametrlarni o‘lchash;
- na’munaning optik xossalarini funktsional tavsiflash uchun optik modellashtirish;
- optik model asosida ma’lumotlarni generatsiyalash;
- generatsiyalashda yo‘l qo‘yilgan hatoliklarni minimizatsiya qilish uchun so‘nggi qayta ishlash.

TADQIQOT USULI

Tahlil natijasida olingan ma’lumotlar aniqligi asosan optik modelga bog‘liq. Materialning optik doimiylarini tavsiflash uchun ostsillyatorlarning bir qancha klassik va kvantovo-mexanik modellari ishlab chiqilgan. Klassiko ostsillyatorlarning eng fundamentali Lorents ostsillyatori bo‘lib, u prujinaga osilgan yukka ekvivalentdir. Ko‘p qatlamli strukturalarning aniq optik modelini qurish uchun na’muna tabiatini bilish zarur. Oksidlanish va notekislik tufayli sirtning noidealligiham hisobga olinishi kerak. Brugmanning notekis sirtlarni hisobga oluvchi effektiv muxit yaqinlashishi modeli notekislik darjasi 0,1 bo‘lishini talab qiladi, bu yerda zondlovchi nurning to‘lqin uzunligi [4].

Ellipsometrik o‘lchashlar odatda bashorat qilingan prametrlardan og‘ishlarni aniqlash uchun ishlatiladi. Texnologik jarayonlarni boshqarrish va kuzatishga imkon beradi.

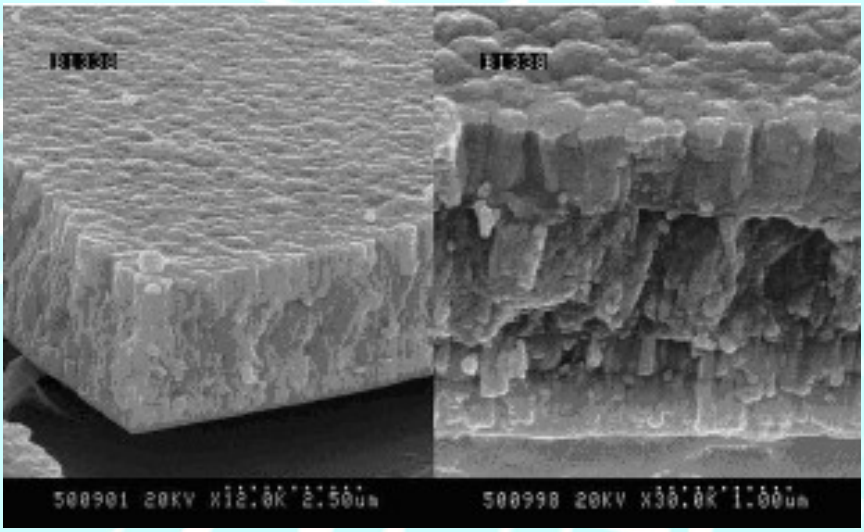
TAHLIL VA NATIJALAR

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 [5].

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 [6-8].

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.

XULOSA

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.

ISSN 3030-3907

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.

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.

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