

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

FARG'ONA DAVLAT UNIVERSITETI

**FarDU.
ILMIY
XABARLAR**

1995-yildan nashr etiladi
Yilda 6 marta chiqadi

**2024/3--SON
ILOVA TO'PLAM**

**НАУЧНЫЙ
ВЕСТНИК.
ФерГУ**

Издаётся с 1995 года
Выходит 6 раз в год

MATEMATIKA

S.S.Jo'raboyev, M.X.Abdumutalova Tengsizliklarni isbotlashda ehtimollar nazariyasi elementlaridan foydalanish metodikasi	13
Sh.T.Karimov, J.J.Jahongirova Teskari masalalarni yechishning chekli ayirmalar sxemasini teskarilash usuli	18
B.M.Mamadaliev, M.I.Davlatboeva About geometry on subspaces in 2R_5	22
A.O.Mamanazarov, Y.B.Djuraeva The existence of the solution of a boundary value problem for the benjamin, bona and mahony equation including the hilfer fractional differential operator	27
A.M.Mirzaqulov Kompyuterli matematik modellashtirish asoslari	33
A.O.Mamanazarov, D.R.Ibrohimova Vaqt yo'nalishlari turlicha bo'lgan parabolo-giperbolik tenglama uchun chegaraviy masala.....	38

FIZIKA-TEXNIKA

V.R.Rasulov, B.B.Axmedov, I.A.Muminov Elektronlarning energiya spektrini Kroning va Penni usuli yordamida hisoblash	43
M.M.Sobirov, M.M.Kamolova, Q.Q.Muhammadaminov Atmosferadagi quyosh nurlanish oqimi maydonini shakllanishiga begona aralashmalarning ta'siri	49
M.M.Sobirov, J.Y.Roziqov, Q.Q.Muhammadaminov Yarim cheksiz o'lchamdagi kristallarda qutblangan nurlanish oqimini ko'chirilishi.....	55
V.R.Rasulov, I.A.Muminov, G.N.Maqsudova Xoll effektini brilliyen zonalari nazariyasi yordamida o'rganish	60
M.M.Sobirov, V.U.Ro'ziboyev Yer sirtidan qaytgan quyosh nurlanish oqimini atmosferadagi nurlanish maydoniga ta'siri	64
G'R.Raxmatov Infraqizil quritishning mahsulot sifat kattaliklariga ta'siri.....	70
V.U.Ro'ziboyev "Bipolyar tranzistorlarni ulanish va ularning kuchaytirish xususiyatlarini o'rganish" laboratoriya ishida arduinodan foydalanish	75
J.Y.Roziqov Quyosh nurlanishining atmosferada yutilishi va sochilishi. Zaiflashish qonuni	82
O.K.Dehkonova Fizika ta'limi jarayoniga raqamli texnologiyalar va zamonaviy usullarni joriy etish orqali innovatsion infratuzilmasini shakllantirish	86
Q.I.G'aynazarova, T.M.Azimov Uchlamchi qotishmalarning istiqbollari	98
B.U.Omonov Bi_2Te_3/Sb_2Te_3 yarimo'tkazgich yupqa pardalarning termoelektrik xususiyatlari	103
K.E.Onarkulov, G.F.Jo'rayeva Afk elementlarining tuzilishi va xususiyatlarining bog'lanish o'rganish	109
З.Хайдаров, Д.Ш.Гуфророва, С.Х.Мухаммадаминов Исследование преобразовательных и выходных характеристик системы полупроводник – плазма газового разряда с дополнительным сеточным электродом	116
M.Kholdorov, G.Mamirjonova Achievements in the dehydration of fruits and vegetables and the advantages of the methods used	121
M.Kholdorov, G.Mamirjonova Electronic conduction phenomena observed on the surface of semiconductors and metals....	124



UO'K: 202.372.29

AFK ELEMENTLARINING TUZILISHI VA XUSUSIYATLARINING BOG'LANISH O'RGANISH**ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗИ СТРУКТУР И СВОЙСТВ АФН ЭЛЕМЕНТОВ****STUDY OF THE RELATIONSHIP OF STRUCTURES AND PROPERTIES OF APV ELEMENTS****Onarkulov Karimberdi Egamberdiyevich¹**¹Farg'ona davlat universiteti f.-m.f.d., professor**Jo'rayeva Gulnoza Fazlitdinovna²**²TATU farg'ona filiali, katta o'qituvchi**Annotatsiya**

Ushbu maqolada strukturaviy jihatdan juda tartibsiz bo'lgan anomal fotovoltaikali yarimo'tkazgich yupqa pardalarda anomal fotokuchlanish (AFK) hosil bo'lishi nazariyalari bevosita amalda olingan yupqa pardalarning parametrlari acosuda tahlil qilingan, hamda kristallitlar chegarasini xarakterlovchi geometrik kattaliklar, kristallizatsiya frontlarining to'qnashuvi chegarasida hosil bo'ladigan sirt holatlari haqida fikr yuritilgan.

Аннотация

В данной статье анализированы теоретические представления появления аномальной фотонапряжения (АФН) в структурно неоднородных полупроводниковых пленках с аномальной фотовольтаики на основе параметров тонких пленок, непосредственно полученных на экспериментах, а также обсуждены геометрические величины характеризующие границу кристаллитов, поверхностные состояния образующуюся на границе столкновения фронтов кристаллизации.

Abstract

This article analyzes theoretical concepts of the appearance of anomalous photovoltage (APV) in structurally inhomogeneous semiconductor films with anomalous photovoltaics based on the parameters of thin films directly obtained in experiments, and also discusses the geometric quantities characterizing the crystallite boundary, the surface state formed at the boundary of the collision of crystallization fronts.

Kalit so'zlar: anomal fotovoltaika, anomal fotokuchlanish, kristallizatsiya fronti, orientatsiya, tekstura, kristallitlar chegarasi, dislokatsiya, molekulyar oqim.

Ключевые слова: аномальная фотовольтаика, аномальная фотоэдс, фронт кристаллизации, ориентация, текстура, граница кристаллитов, дислокация, молекулярный поток.

Key words: anomalous photovoltaics, anomalous photovoltage, crystallization front, orientation, texture, crystallite boundary, dislocation, molecular flow.

KIRISH

Ma'lumki, anomal fotovoltaika nazariyasida qatlam qalinligi muhim parametrdir va shuning uchun yupqa pardalar ko'pincha nazariy tahlillarni eksperimental tekshirish uchun qulay vositadir. Bunda, aniq natijalarga erishish uchun yupqa pardalarning strukturaviy xususiyatlarini doimiy ravishda saqlash kerak. Bu vakurmdagi yupqa parda hosil bo'lish jarayoni va materialning bog'lanish parametrlariga bog'liq bo'ladi [1].

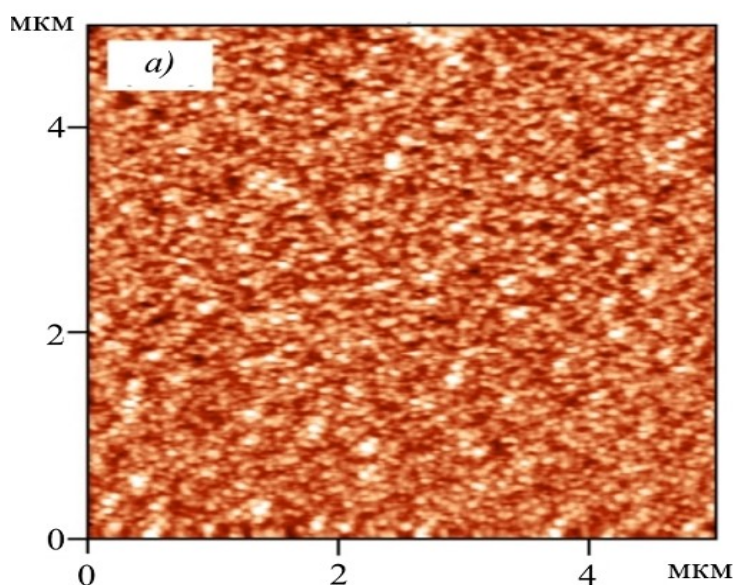
ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYA

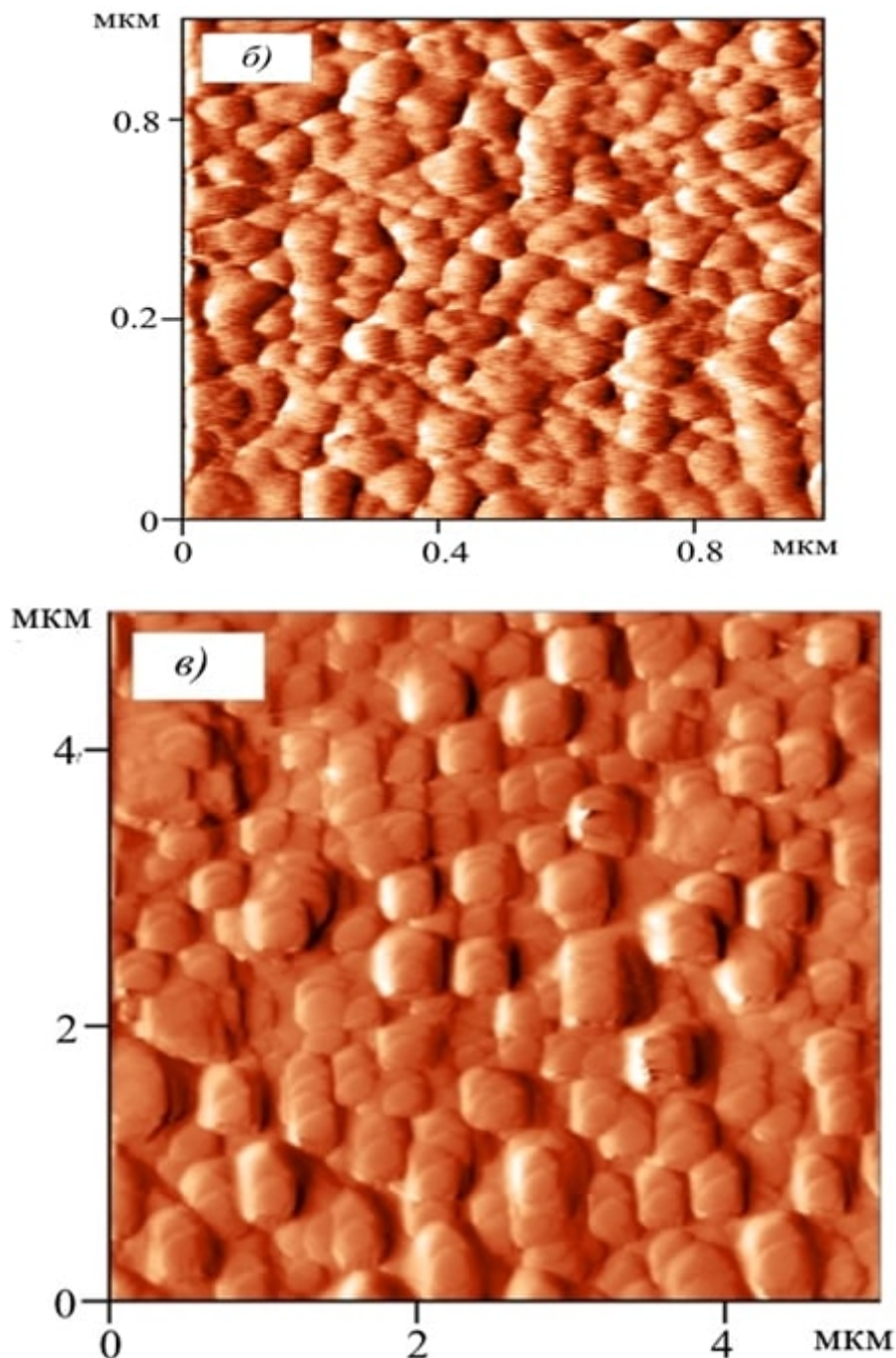
Alohida sharoitlarni hisobga olmasa, moddaning qotishida "tuguncha"lar deb ataluvchi ko'plab kristallanish markazlarida o'z-o'zidan amalga oshadi. Qo'shni ikkita "tuguncha"lar o'sib borib kristallizatsiya frontlari to'qnashadi va umumiy sirtni hosil qiladi. Bu sirtni biz kristallitlar chegarasi deb ataymiz. Har bir "tuguncha" hosil bo'layotgan kristallitga o'zining xususiy kristallografik orientatsiyasini o'rnatadi. Kristallizatsiya frontlarining to'qnashuvi chegarasida ular individual orientirlangan, lekin hosil bo'ladigan kristallitlar chegarasi ma'lum qonuniyatlarga

bo'ysunadi. Bu kristallitlar o'sishi tasodifiy bo'lmashligini bildiradi. Birinchidan, hech bo'lmasa kristallarda bitta kristallografik yo'nalish mos kelishi kerak. Bu holat taglik orientatsiyasi yoki teksturasi, shuningdek temperatura gradienti yoki massa o'tishi yo'nalishlari bilan bog'liq belgilanadi. Masalan, orientirlangan tagliklarda o'stirilgan katlamlarda kristallitlar molekular oqimni tushish yo'nalishi bo'ylab orientirlanadi (massa o'tishi yo'nalishi). Shunday qilib, kristallitlarning shunday tartibda joylashuvida namoyon bo'ladigan, ya'ni ba'zi kristallografik o'qlarning yo'nalishi bir-biriga yaqin bo'ladigan yoki umuman aytganda mos keladigan, kristallitlar chegarasini xarakterini belgilaydigan geometrik (strukturaviy yoki morfologik) faktor polikristallarning teksturasi hisoblanadi. Zich teksturalangan polikristallarning asosiy strukturaviy xususiyati ularda mavjud bo'lgan donachalararo kontaktlar kichik o'rta va katta burchakli kristallitlar chegarasi bo'lib, ularni sirti barcha kristallitlar yo'nalishiga (masalan o'sish yo'nalishiga), parallelligida bo'ladi. Bunda asosan kichik burchakli chegaralar hosil bo'ladi. Qolgan katta burchakli chegaralar yaqqol tekis sirtlarni hosil qiladi.

Bularning izohli ko'rinishi bo'lib ba'zi polikristall ob'ektlarning strukturasi mikroscopik tadqiqotlari natijalari keltirilgan 1- rasmlar xizmat qiladi. 1a- rasmdan ko'rinadiki kristallitlar molekular oqim yo'nalishi bo'ylab orientirlangan chegaraga ega. 1b-1-b rasmlar esa polikristall yupqa qatlamlar strukturasi kondensatsiya sharoitlarini optimallashtirganida (taglik temperaturasi T_1 orttirilgan) tartiblanishi haqida ma'lumot beradi [1,2].

Kristallitlar chegarasini xarakterlovchi geometrik kattaliklar sifatida quyidagilar kiritiladi: ikkita kristallitlarning fazodagi o'zaro orientatsiyasini belgilovchi 3 ta θ burchak, kristallitlar chegarasi tekisligini orientatsiyasini belgilovchi 2 ta burchak. Egrilangan chegaralar yassi qismlardan tuzilganligini isbotlanganidan kelib chiqib, odatda yassi kristallitlar chegarasini ko'rib chiqish bilan kifoyalaniladi.





1-rasm. Polikristall yupqa pardalarning elektron mikroskopik tasvirlari.

Bir necha gradusdan katta bo'lmagan, Θ ning kichik qiymatlarida Shokli-Rid dislokatsiyasi modeli qo'llaniladi. Unga ko'ra kristallitlar chegarasi bitta tekislikda yotgan (dislokatsion tizim) yoki turli burchak vektorli (dislokatsion setka) bir necha kesishuvchi majmualar ko'rinishida bo'ladi. $\Theta \geq 10^\circ$ bo'lganda dislokatsiyalar shunchalik darajada zich bo'ladiki, kristallitlar chegarasini qator biriga bog'liq bo'lmagan tizim sifatida ko'rish mumkin bo'lmaydi.

Katta burchakli orientatsiyalashmagan kristallitlar chegarasini geometrik ifodalash uchun mos tugunlar konsepsiyasi qo'llaniladi. Uning asosi quyidagicha: mavjud bo'lgan qo'shni kristallitlar orasida o'zaro mos bo'lmagan orientatsiyalari to'plami bo'lib, ularning panjaralarini birlashishida ma'lum bir qism tugunlar mos keladi va mos tugunlar panjarasi (inglizcha coincidence site lattice) deb ataluvchi tizim hosil qiladi. Θ_n ning ushbu qiymatida kristallitlar chegarasining shunday

orientatsiyasi va shunday birlashini energetik jihatdan qulay bo'lib, bunda imkoni boricha ko'proq mos tugunlar joylashadi [3].

Strukturaviy jihatdan juda tartibsiz bo'lgan yarimo'tkazgich anomal fotokuchlanishli (AFK) yupqa pardalari boshqa namunalardan farq qilishi mumkin. Masalan, Strukturasi nisbatan ko'proq tartibsizlangan (bir jinsli emaslik, anizotropilik) yarim o'tkazgich yupqa pardalar monokristal na'munalaridan keskin farq qiladi. Yupqa pardalarda tunnel effekti kabi hodisalar kuzatilishi, magnit maydonning kirib borish chuqurligini qalinligi bilan solishtirish mumkinligi, elektr qarshiligining oshishi, magnitoptik xususiyatlarning o'zgarishi ularning qalinligi bilan bog'liq. Shuningdek, qalinlikning kamayishi zaryad tashuvchilarning sirtida harakatlanishining ortishi bilan bir qatorda, elektr qarshiligining ham oshishiga olib keladi. Qatlam yuzasining elektron mikroskopik tadqiqotlari natijalari, alohida mikrokristallarning o'lchamlarini baholash va qatlam qalinligining qarshiligi va fotovoltaiq qiymatlari o'rtasidagi bog'liqlikni kuzatish AFK effekti past o'lchamli yupqa pardalarda kuzatilishini ko'rsatdi [3].

Tabiiyki, qatlam qalinligi oshishi bilan qatlam hajmining ta'siri ortadi. Kichik qalinliklarda alohida mikrokristallitlarning orasidagi o'tish qarshiligi muhim rol o'ynay boshlaydi [4].

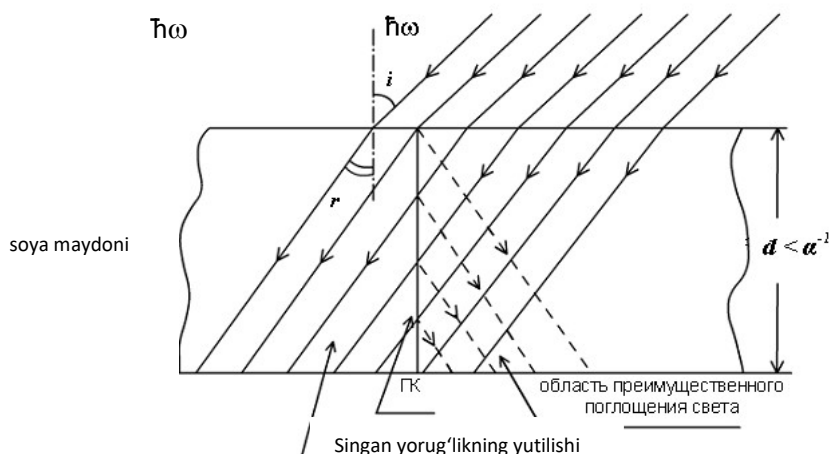
NATIJA VA MUHOKAMA

Tajribalar shuni ko'rsatadiki, har bir yarim o'tkazgich material AFK yupqa pardasi uchun AFK effekti kuzatiladigan chegaradagi qalinlik mavjud.

AFKga ega bo'lgan yupqa pardalar moddaning dielektrik asosga (masalan, shisha) vakuumda termik kondensatsiyasi orqali olinadi. Bunday yupqa pardalar molekulyar oqimlar yo'nalishi bo'yicha doimiy ravishda o'sib boradi va ustunsimon tuzilishga ega bo'ladi. Molekulyar oqimning yo'nalishini o'zgartirish, masalan, taglik holatini o'zgartirish orqali – asosda tekisligi molekulyar oqim yo'nalishiga perpendikulyar bo'lmagan kristallitlar o'sishi, turli yo'nalishlarda xususiyatlari aynan bir xil bo'lmagan o'zgarishlarga olib keladi.

Har bir kristallitning yuzasi "g'adir-budir" ekanligi eksperimental ravishda tasdiqlangan. Bu "tabiiy g'adir-budirlik" deb ataladigan relefdir, bu ham erkin energiyaning minimallik talabiga bog'liq. G'adir-budirlik, shuningdek, kristallitlar chegarasida (KCH) sirt holatlarini (SH) paydo bo'lishining sababchisi bo'lishi mumkin.

Yupqa pardalardagi kristallitlar sirtining individualligini e'tiborga olinsa, optik hodisalarda yorug'likning KCH orqali o'tish xususiyatlarini, xususan, uning qaytarilishini hisobga olish kerak. KCHdagi g'adir-budirlik ularning qaytaruvchanlik darajasining asosiy sababi bo'lishi mumkin (2-rasm).



2-rasm. Molekulyar oqimning taglik tekisligiga perpendikulyar tushishi sharoitida olingan yupqa pardaga i burchak ostida tushgan tekis-parallel yorug'lik nurining yutilishi . r – sinish burchagi; d - yupqa parda qalinligi; α - yorug'likni yutilish koeffitsienti.

2-rasmdan kelib chiqadigan asosiy xulosa, KCH tomonidan unga tushgan yorug'likning qaytishi tufayli yupqa pardaning hajmi bo'yicha yorug'likning yutilishi bir hil bo'lmaydi. Yorug'lik nurining normal tushishi paytida yuzaga keladigan simmetriya sirtga burchak ostida yoritilganda buziladi va yorug'lik va soyaning ustivor yutilish joylari shakllanishiga olib keladi. Bu bunday

FIZIKA-TEXNIKA

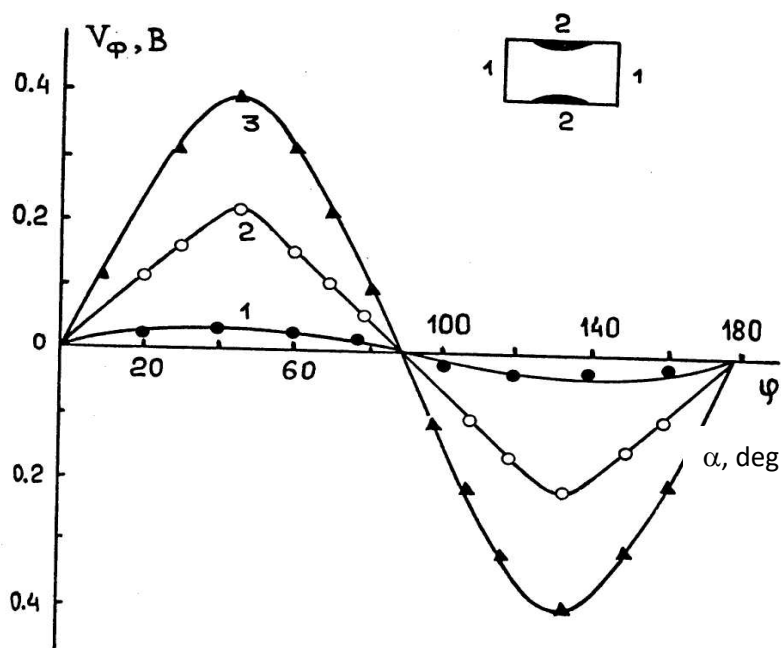
tuzilmalarda AFK paydo bo'lishining tabiiy sabablaridan biridir. KCH orqali soya hududiga kirib boradigan nurning intensivligi yupqa pardaga tushadigan birlamchi nurning intensivligidan pastroq intensivlikka ega.

Shunday qilib, AFKning paydo bo'lishiga sabab, KCHda nurning yoritilishidagi assimetriyadir. Qilingan xulosalarini aniqlash uchun biz CdTe yupqa pardalarida AFK effektining burchakka bog'liqliklarini o'rgandik. Yupqa pardalar taglikka molekulyar oqimning tushish burchagini (φ) o'zgartirish orqali olingan. Bunda φ taglik tekisligi va molekulyar oqim ($0 \leq \varphi \leq 90^\circ$) orasidagi o'tkir burchak. Filmlar aniq polikristal tuzilishga ega edi. KCH dagi SH larining konsentratsiyasini, energiya spektrini va boshqa xususiyatlarini o'zgartirish uchun namunalarga havoda qizdirish bilan ishlov berildi.

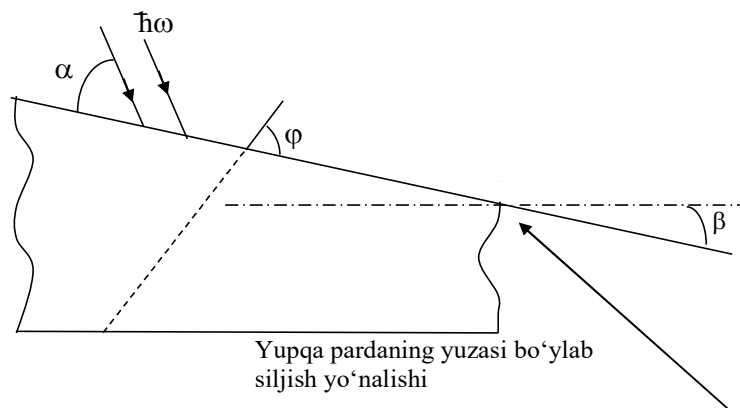
3-rasmda AFK amplitudasining (V_{AFK}) taglikka perpendikulyar bo'lgan molekulyar oqimni o'tqazish natijasida olingan yupqa pardalar uchun tushayotgan yorug'lik oqimi burchagiga (α) bog'liqligi ko'rsatilgan ($\varphi=90^\circ$). Yoritish burchagi $0 \leq \alpha \leq 180^\circ$ oralig'ida o'zgardi, shuning uchun $\alpha = \varphi=90^\circ$ da yorug'lik KCH tekisligiga parallel ravishda tarqaladi. Rasmdan ko'rinadiki V_{AFK} belgisining inversiyasi $\alpha = \varphi=90^\circ$ da sodir bo'ladi. AFKning xarakteristikasi $V_{AFK}(\alpha)$ inversiya nuqtasiga (molekulyar oqimning tushish yo'nalishi) nisbatan qat'iy simmetrikdir. Inversiya nuqtasining chap va o'ng tomoniga ta'sirning amplitudasi bir xil. Qizdirish bilan ishlov berish jarayonida faqat ta'sir amplitudasining oshishi kuzatiladi, bu SH parametrlarining o'zgarishiga olib keladigan diffuziya jarayonlari tufayli KCH elektron xususiyatlarining o'zgarishi bilan bog'liq.

Ushbu ma'lumotlardan ko'rinib turibdiki, ta'sirning eksperimental namoyon bo'lishida geometrik omil aniq namoyon bo'ladi:

1) molekulyar oqim va u tushayotgan tekislik-parallel yorug'lik yo'nalishlari to'g'ri kelganda ta'sirning inversiyasi yana kuzatiladi; tajribalarimiz geometriyasida $\varphi + \alpha = 180^\circ$ shart bajarilganda (4-rasm);



3-rasm. Taglik tekisligiga perpendikulyar molekulyar oqim tushisganda yupqa pardalarda fotokuchlanishning burchakka bog'lanishi. 1 - yangi otqazilgan yupqa parda; 2.3 - mos ravishda 200 va 300 °C da havoda qizdirish bilan ishlov berishdan keyin.



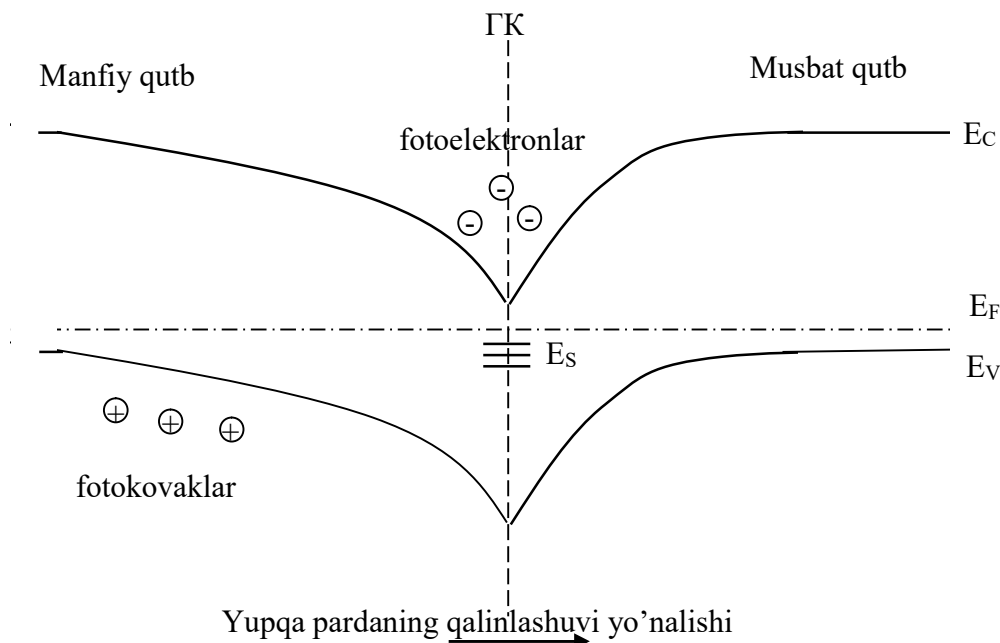
4-rasm. Tajribaning geometriyasi

2) molekulyar oqimning har bir tushish burchagi sohasidagi burchak xarakteristikalari ta'sir belgisining inversiya nuqtasiga nisbatan assimetrik bo'ladi (birinchi navbatda, bu ta'sir amplitudasiga tegishli); Buning sababi shundaki, o'ngdan yoritilganda, bizning terminologiyamizdagi yupqa parda hajmining katta qismi soya maydoniga aylanadi;

3) ta'sirning maksimal amplitudasi kuzatiladigan yorug'likning tushish burchagi molekulyar oqimning tushish burchagidan keyin keladi; Bundan tashqari, AFK ning maksimalligi burchak holatiga empirik bog'liqlikka ega bo'ladi.

Chapda $\alpha_1(V_{AFK}^{MAX}) \approx (180-\varphi)/2$ va o'ngda $\alpha_2(V_{AFK}^{MAX}) \approx \varphi/2$, shunday qilib $\alpha_1(V_{AFK}^{MAX}) + \alpha_2(V_{AFK}^{MAX}) = 90^\circ$.

AFK effekti yupqa pardaning yupqaroq qismidagi qo'shni potensial to'siqqa diffuziyalanadigan fotoelektronlarni hosil qiladi (5-rasm).



5-rasm. Yoritilgan p -CdTe yupqa pardaasining zonaviy tuzilishi

XULOSA

Qizdirish bilan ishlov berish paytida ta'sir amplitudasining oshishi (3-rasm 2, 3 egri chiziqlar) KCH bo'ylab kislorod atomlarining diffuziyalanishidan hosil bo'lgan kislorod SH tufayli KCHdagi potensial to'siq balandligining o'zgarishi bilan bog'liq. Inversion kanalda zonalar egrilanishi amplitudasining oshishi elektronlar konsentratsiyasining oshishiga olib keladi, natijada bu

FIZIKA-TEXNIKA

kanaldagi elektronlarning umumiy sonidagi fotoelektronlarning ulushini pasayishiga olib keladi. Ionizasiyalashgan elektronlar fotoelektronlarni itaradi va bu AFK effekti amplitudasining pasayishiga olib keladi.

Yangi o'tqazilgan va kam ishlov berilgan yupqa pardalar uchun $V_{AFK}(\alpha)$ bog'lanishda chap va o'ng tomonda V_{AFK} maksimal qiymatining qo'shimcha do'ndliklarning paydo bo'lishi, ehtimol, asosiy fototashuvchilarning effektga qo'shgan hissasi bilan bog'liq bo'ladi. Ularning paydo bo'lishi va diffuziyalanish jarayonlari namunalarning burchakli yoritilishida yorug'lik va soya sohalarning ustuvor yutilish sohalari shakllantirish bilan bog'liq. Shunday qilib, keltirilgan nazariy fikrlar, bu erda muhokama qilingan tajribalar bilan deyarli to'liq mos kelishuvni ko'rsatadi.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Колосов В.Ю., Веретенников Л.М., Старцева Ю.Б., Швам К.Л. Электронно-микроскопические исследования микроструктуры поликристаллических конденсатов на основе халькогенидов: влияние состава и толщины на внутреннее искривление кристаллической решетки. // ФТП.- 2005.- Т.39. В.8.
2. Наймарк О.Б. Нанокристаллическое состояние как топологический переход в ансамбле зернограничных дефектов. // ФММ. 1997. Т.84. №4. С.5-21.
3. Неустроев Л.Н., Осипов В.В., Онаркулов К.Э. Исследование внутренней структуры фоточувствительных поликристаллических пленок сульфида свинца с помощью вакуумного прогрева. ФТП.1987.Т.21В.7.С. 5-12.
4. Атакулов Ш.Б., Зайнолобидинова С.М. Влияние структурных особенностей поллюкристаллических пленок полупроводников на формирование эффекта аномального фотонапряжения. I. Механизм явления. // Физика и техника полупроводников, 2011, № 46-(6).-с.728-733.