

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA MAXSUS
TA‘LIM VAZIRLIGI**

QARSHI DAVLAT UNIVERSITETI

Qo‘l yozma huquqida

UDK 539.122

YAVQOCHDIYEV MAHMUD OTAMURODOVICH

**Mavzu: “METALLARDAN FOTOELEKTRONLAR EMISSIYASINING
CHIQISH ISHI VA FOTONLAR ENERGIYASIGA BOG‘LIQLIGINI
O‘RGANISH”**

5A140202-fizika

MAGISTR

Akademik darajasini olish uchun yozilgan dissertatsiya

Ilmiy raxbar

_____prof. A. Q. Tashatov

Qarshi-2013 y

MUNDARIJA

Kirish	3
 I BOB. ADABIYOTLARNING QISQACHA TAXLILI	
1.1. Metallardan fotoelektronlarning kvant chiqishi va tashqi fotoeffekt qonunlari	5
1.2. Ultrabinafsha nurlarning fotoelektron spektroskopiyasi (UBES)	8
1.3. Fotoelektron spektroskopiya yordamida metallar va yarim o'tkazgichlar zonalarining parametrlarini aniqlash	13
1.3.1. Metall sirti zonalarining parametrlarini aniqlash	13
1.3.2. Aralashmasi yo'q ideal yarim o'tkazgich zonalarining parametrlarini aniqlash	15
1.3.3. Aralashmali o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan yarim o'tkazgich zonalarining parametrlarini aniqlash	16
1.4. Tadqiqotlarning asosiy vazifalari	20
 II BOB. FOTOELEKTRONLARNI QAYD QILISH SPEKTRINI O'RGANISH QURILMASI	
2.1. Fotonlar manbaining tuzilishi	21
2.2. To'rt to'rtli fotoelektron spektrometri.....	23
 III BOB. METALLARDAN FOTOELEKTRONLAR EMISSIYASINING CHIQISH ISHI VA FOTONLAR ENERGIYASIGA BOG'LIQLIGINI O'RGANISH QURILMASINING ANIMATSIYASI	
3.1. Virtual stend xaqida umumiy tushunchalar	26
3.2. LabVIEW dasturi	27
3.3. Flash MX texnologiyasi	30
3.1.1. Foydalanuvchi interfeysini tashkil etish	32
3.1.2. Vaqt diagrammasi	31
3.4. Jarayonning animatsiyasi yordamida $V(E)$, $W(E)$, $W(\lambda)$ bog'liklarini o'rganish	37
3.5. Ultrabinafsha nurlarning elektron spektrlari yordamida kremniy energetik zonasi parametrlarining ionlar implantatsiyasi va keyingi qizdirish ta'sirida o'zgarishini o'rganish	37
3.6. Ultrabinafsha nurlar elektron spektrlari asosida yupqa plyonkalar va chegaraviy qatlamlarning energetik diagrammalarini tuzish	53
 XULOSA	 57
 FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR	 58

KIRISH

Dolzarbligi: qattiq jism, ayniqsa metall sirtining holati uning emissiya xususiyatlariga keskin ta'sir qiladi. Shuning uchun ham fotoelektron va ikkilamchi elektron emissiya usullari yuza holatlarini o'rganish uchun keng qo'llaniladi. Jumladan yuzaning chiqish ishini o'zgarishini FEE yordami bilan juda kichik xatolik bilan ($\leq 0,1 \%$) aniqlanadi. Umuman qattiq jism yuza qatlamlari va nanoplenkalarning elektron tuzilishi to'g'risida faqatgina fotoelektron spektroskopiyasi usullari yordamidagina ishonarli ma'lumotlar olish mumkin.

Zamonaviy tekshirish usullari jism yuzasiga zarralar (elektron, ion, neytral atom yoki molekula, foton (to'lqin tabiatini tekshirganimiz uchun fotonlarni ham zarra deb ataymiz)), keskin qizdirish yoki kuchli elektr maydoni bilan ta'sir qilib, undan uchib chiqayotgan zarralarni har tomonlama taxlil qilishga asoslangan. Amalda ionlar, elektronlar va fotonlar ta'siriga hamda taxliliga asoslangan usullar ko'p qo'llaniladi.

Qattiq jism yuzalarining elektron tuzilishini o'rganish uchun ultrabinafsha nurlarning fotoelektron spektroskopiyasi usulidan keng foydalaniladi. Bu usul yuzalarning zonalari parametrlarini aniqlash, ularda. elektronlar taqsimoti to'g'risida bevosita axborot bera oladigan yagona usuldir

Maqsadi: fotoelektron effekt va unga chiqish ishi hamda foton energiyasining ta'sirini o'rganish uchun virtual laboratoriya ishini yaratishdir.

Vazifalari:

-Fotoelektronlarning kvant chiqishi va tashqi hamda ichki fotoeffekt qonunlarni o'rganish;

-Ultrabinafsha nurlarning fotoelektron spektroskopiyasi usulini va qurilmasini mukammal o'rganish;

-Lab VIEW dasturi va Flash Mex texnologiyasini o'rganish va jarayonning animatsiyasini yaratish;

-UBES yordamida yarim o'tkazgichning energetik zona parametrlariga ionlar implantatsiya va qizdirishning ta'sirini o'rganish;

- UBES asosida yupqa plyonkalar va chegaraviy qatlamlarning energetik diagrammalarini tuzish.

Tadqiqot usullari: maxsus kompyuter programmalari, Flash texnologiyasi, ultrabinafsha nurlarning fotoelektron spektroskopiyasi.

Tadqiqot obekti: Si monokristall yuzasi olingan SiO_2 , SiF_4 , BaSi_2 nanoplyonkalari.

Uslubi: Plyonkalarni kichik energiyali ionlar implantatsiyasi va qizdirish jarayonining ta'sirini ultrabinafsha elektronlar spektroskopiyasi usuli yordamida o'rganish.

Ilmiy yangiligi: Birinchi marta fotoelektron emissiya xodisasi va uning chiqish ishiga bog'liqligi animatsiyasi stendi yaratildi.

Amaliy ahamiyati: Yuqori vakuumda o'tkaziladigan murakkab tadqiqotlarni qisman kamaytirish imkonini beradi.

Xajmi va strukturasi: Dissertatsiya kirish, uchta bob, xulosa va foydalanilgan adabiyotlar ro'yxatidan iborat. Umumiy xajmi 62 bet, 36 rasmdan va 48 adabiyotlar ro'yxatidan iborat.

I BOB. ADABIYOTLARNING QISQACHA TAXLILI

Qattiq jism yuzasidan uchib chiqayotgan fotoelektronlarning chiqish ishi va soni yuzaning holatiga o'ta sezgir. Shuning uchun fotoemissiyaga asoslangan fotospektroskopiya usullari yuzalarning modifikatsiyasi va qattiq jismlarning elektron tuzilishini o'rganish uchun keng qo'llaniladi.

1.1. Metallardan fotoelektronlarning kvant chiqishi va tashqi fotoeffekt qonunlari

Qattiq jism yuzasiga fotonlar oqimi kelib tushganda undan elektronlar uchib chiqishi kuzatiladi. Bu hodisa tashqi fotoeffekt deb ataladi. Bu elektronlarning energiya bo'yicha taqsimotini tahlil qilish orqali yuzalarning holati to'g'risida qimmatli ma'lumotlar olish mumkin. Olinishi lozim bo'lgan ma'lumotning turiga qarab har xil to'liq uzunlikli (chastotali) yorug'lik nurlaridan foydalanish mumkin. Bunda albatta fotonlarning energiyasi ($\epsilon=h\nu$) elektronlarning chiqish ishiga ($A=e\phi$) teng yoki undan katta bo'lishi kerak. Shuning uchun ham fotoelektronlarning spektroskopiyasida asosan ultrabinafsha ($h\nu\sim 3\div 50$ eV) va rentgen ($h\nu\sim 50\div 2000$ eV) nurlar ishlatiladi. (Ichki fotoeffekt hodisalarga asoslangan metodlarda infraqizil va ko'zga ko'rinuvchi nurlardan foydalaniladi) [1 – 3].

Kvant (foton)larning energiyasi juda kichik qiymatga ega bo'lganligi uchun, ularni Joullarda emas elektron-voltlarda o'lchash qulaydir.

$$1\text{eV} = 1,6\cdot 10^{-19}\text{J} \quad (1.1)$$

Kvantning elektron-voltlarda ifodalangan energiyasi bilan uning nanometrlarda o'lchangan to'liq uzunligi orasida quyidagi bog'lanish mavjud:

$$\epsilon=h\nu=hc/\lambda=1236/\lambda \quad (1.2)$$

Masalan, binafsha nurlar uchun λ - 380 nm ligi ma'lum bo'lsa, bu nurlarning har bir kvantining energiyasi

$$\epsilon_{\delta}=1236/380=3,25\text{ eV}$$

bo'radi.

Elektromagnit nurlanishning asosiy xarakteristikasi bo'lib elektromagnit to'qlinlarning chastotasi ν yoki to'qlin uzunligi $\lambda=c/\nu$ hisoblanadi [4, 5].

Bir xil chastotali (to'qlin uzunlikli) nurlar dastasi monoxromatik nurlar deyiladi. Birlik vaqt ichida birlik yuzadan o'tayotgan fotonlar oqimini quyidagi formuladan aniqlash mumkin:

$$N_q = F/h\nu \quad (1.3)$$

Fotoeffektni miqdoriy jihatdan xarakterlash uchun fotoelektronlarning kvant chiqishi γ degan kattalik ishlatiladi.

$$\gamma = \frac{n}{N_\phi} \quad (1.4)$$

n - uchib chiqqan fotoelektronlarning soni; N_ϕ - yuzaga tushayotgan fotonlarning soni.

Yorug'lik ta'sirida qattiq jism yuzasidan vakuumga uchib chiqayotgan elektronlarning emissiyasiga oid qonunlarni ko'rib o'tamiz. Fotoeffektning asosiy qonunlari eksperimentlar asosida yaratilgan bo'lib u monoxromatik nurlar uchun quyidagilardan iborat:

1. To'yinish rejimida (ya'ni uchib chiqayotgan barcha fotoelektronlar qayd qilinganda) fototokning qiymati jismga tushayotgan nurlarning intensivligiga to'g'ri proporsional bo'ladi. (Stoletov qonuni).

2. Har bir jism uchun ma'lum bir chegaraviy λ_0 to'qlin uzunlik mavjud bo'lib, jismga tushayotgan nurlarning to'qlin uzunligi λ undan katta bo'lsa fotoemissiya hodisasi ro'y bermaydi. Ko'pincha bu qonun fotoeffektning qizil (yoki uzun to'qlinli) chegarasi deb ataladi. Uzun to'qlinli chegaraga chastotaning eng kichik qiymati mos keladi: $\nu_0=c/\lambda_0$. Bu erda ν_0 chegaraviy chastota deyiladi. Agar tushayotgan nur chastotasi ν_0 dan kichik bo'lsa fotoeffekt ro'y bermaydi.

3. Fotoelektronlarning maksimal kinetik energiyasi chastota oshishi bilan oshib boradi va fotonlarning intensivligiga bog'liq bo'lmaydi. (Eynshteyn qonuni).

Umuman Eynshteyn fotoeffekt qonunlarini o'zida to'la mujassamlashtirgan qonunni yaratdi. Bunday qonunni yaratishda u o'zi tajribalar yordamida asoslagan quyidagi ikkita mulohazalardan foydalandi: birinchidan foton jism elektroni bilan to'qnashganda unga o'zining

barcha energiyasini to'la beradi, ikkinchidan jism elektroni bitta fotonidan energiya olib hayajonlanish davrida ($\tau=10^{-13}\div 10^{-14}$ s) boshqa fotonlardan energiya olmaydi, ya'ni har bir uchib chiqqan elektron faqatgina bitta fotonning energiyasini olgan bo'ladi. (Bu aytilgan fikrlar yuqori intensivlikli nurlar uchun, masalan lazer nurlari uchun bajarilmaydi) [6 – 9].

Eynshteyn qonuni to'laroq holda quyidagicha ifodalanishi mumkin: jismga tushayotgan foton energiyasining bir qismi chiqish ishini engishga qolgan qismi esa elektronlarga kinetik energiya berishga sarf bo'ladi.

$$h\nu = A + \frac{m\vartheta_{\max}^2}{2} \quad (1.5)$$

Bu erda A - fotoelektronlarning chiqish ishi, m - elektronning massasi, $\vartheta_{\max}$ - fotoelektronlarning maksimal tezligi, $\frac{m\vartheta_{\max}^2}{2}$ - ularning maksimal kinetik energiyasi.

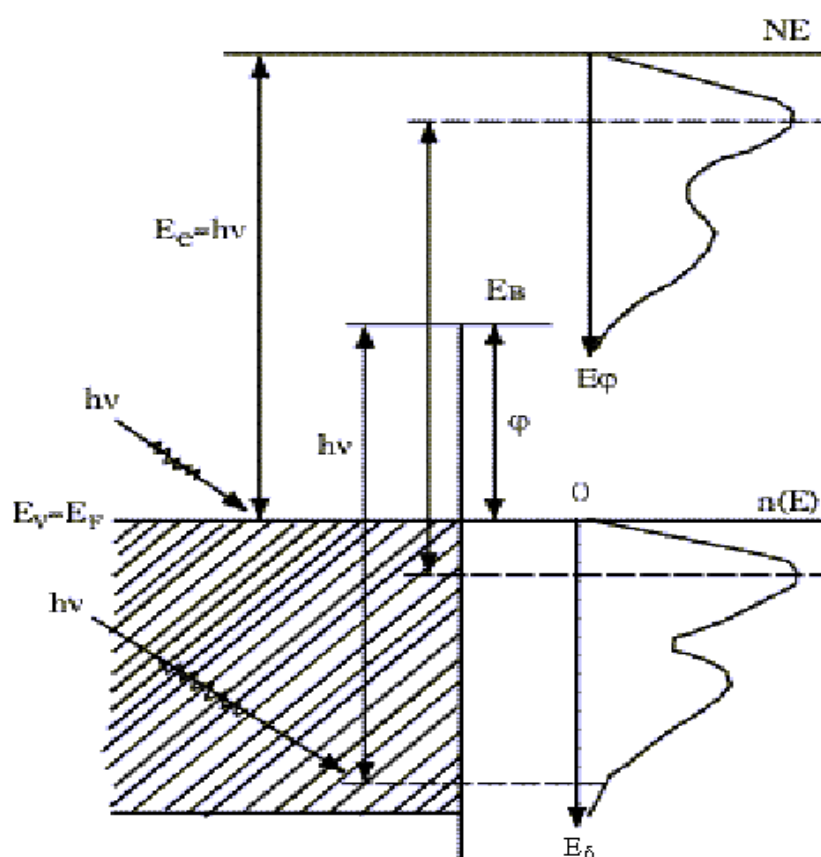
Uchib chiqayotgan fotoelektronlarning vakuumdagi maksimal kinetik energiyasi (tezligi) har xil bo'lishi mumkin. Bunga sabab bu elektronlarning jism ichida turgan paytidagi boshlang'ich energiyalarining har xilligidir. Foton energiyasini olganga qadar jism ichidagi elektronlarning energiyasi qancha katta bo'lsa, uchib chiqqandan keyin ham uning energiyasi shuncha katta bo'ladi. Masalan, qattiq jismning valent zonasidagi elektronlar ichida valent zonaning tepa qismidagilari eng katta energiyaga ega bo'ladi. Demak, vakuumda ham bu zonaning tepa qismidan chiqqan elektronlar eng katta energiyaga ega bo'ladi. Valent zonaning pastki qismlaridan chiqqan elektronlar kamroq energiyaga ega bo'ladilar [10].

1.2. Ultrabinafsha nurlarning fotoelektron spektroskopiyasi (UBES)

Valent zonadagi elektronlarning energiya bo'yicha taqsimlanishi to'g'risida ma'lumot olish uchun UBES metodi juda keng qo'llaniladi. Buning uchun fotoelektronlar hosil qilayotgan tok bilan to'xtatuvchi potensial orasidagi bog'lanish egri chizig'ining birinchi tartibli differensial (hosilasi), ya'ni fotoelektronlarning spektri $N_f(E)=dI_f(E)/dE$ yozib olinadi. $N_f(E)$ bog'lanishni yozib olishning elektron sxemasi ikkilamchi elektronlarning spektrini (masalan, oje-elektronlarni) yozib olish sxemasidan deyarli farq qilmaydi. Faqatgina bu erda birlamchi elektronlar manbai o'rniga fotonlar manbasi o'rnatiladi. Ultrabinafsha nurlar sohasida $N_f(E)$ spektrini yozib olishda ko'p to'rtli sferik analizatorlar ishlatish ancha qulaydir [11 – 15].

1.1-rasmda metallning yuza qismida valent elektronlarning energetik taqsimoti va shu metall dan vakuumga uchib chiqayotgan fotoelektronlarning spektri sxematik ravishda ko'rsatilgan. Bu spektrlarning ko'rinishi bir- biriga juda o'xshash. Bundan fotoelektronlar

spektrini yozib olish orqali valent elektronlarning taqsimoti haqida to'g'ridan-to'g'ri ma'lumot olish mumkin degan xulosa kelib chiqadi.



1.1-rasm. Metallda valent elektronlarining energiya bo'yicha taqsimlanishi $n(E)$ va fotoelektronlarning spektri $N(E)$, E_δ - boshlang'ich energiyasi (valent elektronlarning energiyasi), E_F – fotoelektronlarning energiyasi, E_V - vakuum sathi, E_V – valent zonaning eng yuqori sathi, E_F – Fermi sathi.

uning vakuumga uchib chiqishi uchun quyidagi shart bajarilishi kerak

$$E = h\nu \geq E_V + \Phi \quad (1.6)$$

Bu erda E_v - valent zonaning eng yuqori sathi. Bu sath metallarda Fermi sathi bilan ustma-ust tushadi. F - fotoelektronlarning chiqish ishi. U holda vakuumga uchib chiqqan elektronlarning energiyasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$E_{kin} \approx (E + h\nu) - (E_v + F) \quad (1.7)$$

Jism ichidagi eng katta energiyaga ega bo'lgan elektronlar E_v sathda joylashgan bo'ladi, ya'ni $E = E_v$ sathdan uchib chiqqan elektronlar eng katta kinetik energiyaga ega bo'ladi. Demak $E = E_v$ bo'lgan hol uchun (1.7) quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$E_{kin, mak} \approx h\nu - F \quad (1.8)$$

Bu formula Eynshteyn formulasidir.

Elektronlar valent zonasining E_v ga nisbatan qancha quyi sohasidan uchib chiqsa, uning vakuumdagi kinetik energiyasi shuncha kam bo'ladi. Bunda ma'lum energiya bilan chiqayotgan fotoelektronlarning soni valent zonadagi elektronlarning zichligiga bog'liq bo'ladi: zichlik katta (maks.) bo'lgan sohalaridan uchib chiqqan elektronlar soni ko'p, zichlik kichik bo'lgan sathlardan uchib chiqqan elektronlar soni esa kam bo'ladi [16 – 20].

Metall va yarim o'tkazgichlarning valent zonasidagi elektronlarining energiya bo'yicha taqsimotini o'rganishda energiyasi $h\nu = 10 \div 15$ eV bo'lgan fotonlardan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Fotonlar energiyasi bundan katta bo'lsa, uchib chiqayotgan fotoelektronlar tarkibida *ikkilamchi* (fotoelektronlar jism ichida harakat qilishi vaqtida hosil qilgan) elektronlarning miqdori oshib ketishi mumkin. Natijada fotoelektronlar spektrining ko'rinishi valent elektronlar spektridan farq qilishi mumkin agar $h\nu \leq 10 \div 15$ eV bo'lsa, fotoelektronlar valent zonaning pqori sathlaridangina chiqishi mumkin.

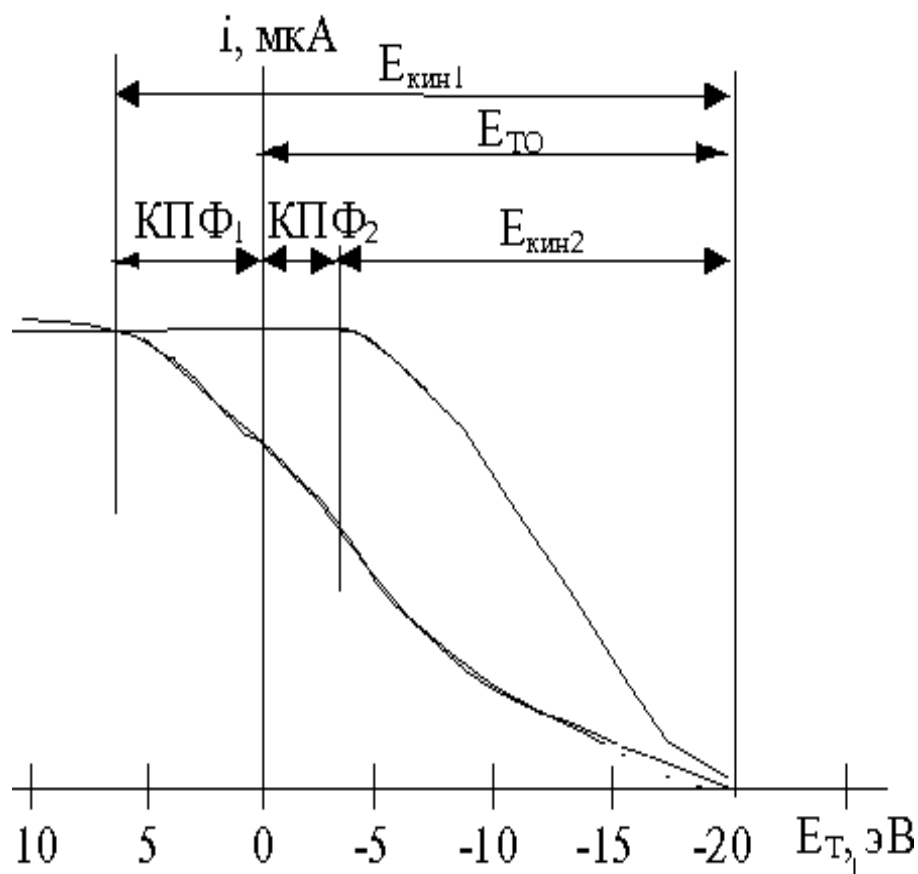
Dielektriklarning valent zonalarini tahlil qilishda esa fotonlarning energiyasini $20 \div 25$ eV gacha oshirish mumkin. chunki ta'qiqlangan zonasi keng bo'lgan dielektriklarda chiqish ishi 8 - 10 eV ni tashkil qiladi.

1.3. Fotoelektron spektroskopiya yordamida metallar va yarim o'tkazgichlar zonalarining parametrlarini aniqlash

Fotoelektronlar hosil qilgan tokning to'xtatuvchi potensialga nisbatan o'zgarishini volt-amper xarakteristika (VAX) deb ataladi. VAX yoki uning birinchi tartibli differensial (fotoelektronlarning spektri) yordamida qattiq jism sirti zonalarining ayrim parametrlarini aniqlash mumkin. Bu erda biz ideal metall va yarim o'tkazgich ($T=0$ K) uchun bunday parametrlarni aniqlashni qisqacha ko'rsatib o'tamiz.

1.3.1. Metall sirti zonalarining parametrlarini aniqlash

Elektronlarning spektrini qayd qilishda nishon va kollektor orasida kantakt potensiallar farqi vujudga keladi. Nishonning chiqish ishi kollektornikidan katta yoki kichik bo'lishi mumkin. Shuning uchun to'xtatuvchi potensialni (energiyani) noldan emas ma'lum bir musbat qiymatdan boshlash kerak.



1.2-rasm. Chiqish ishlari ikki xil M1 va M2 metallar uchun fotoelektronlar tokining to'xtatuvchi potensialga bog'liqlik egri chizig'i.

Yuqoridagi rasmda ikki xil metall uchun fotoelektronlar tokining to'xtatuvchi potensialga bog'liqlik egri chizig'i ko'rsatilgan. M_1 metall uchun $F_{M1} < F_K$, M_2 metall uchun $F_{M2} > F_K$. 1.3-rasmda ikkita metall (masalan nishon va kollektor) orasida potensiallar farqining vujudga kelishi sxemasi keltirilgan.

Ma'lumki, kontakt paytida har bir jismning Fermi sathlari E_F bir-biri bilan mos tushadi, ya'ni bitta gorizontall chiziqda joylashadi [21 – 25].

Eng katta energiyali elektronlar valent zonaning eng yuqori E_v sathidan chiqadi. Metallarda E_v va E_F bir-biri bilan ustma-ust tushadi. Shuning uchun metallarda fotoelektronlarning chiqish ishi F_M va termoelektronlarning chiqish ishi ϕ_M doim bir-biriga teng bo'ladi. Eng tez elektronlar to'xtatuvchi potensialning eng katta qiymatida to'xtaydi. Demak eV_0

nuqta valent zonaning b qori qismiga mos tushadi. Spekrning o'zi esa valent zonadagi elektronning energetik taqsimotini ifodalaydi. 1.2-rasmga asoslanib F_M ni quyidagicha topamiz:

$$\varphi_M = h\nu - eV_{\max} = h\nu - eV_0 - e\Delta V \quad (1.9)$$

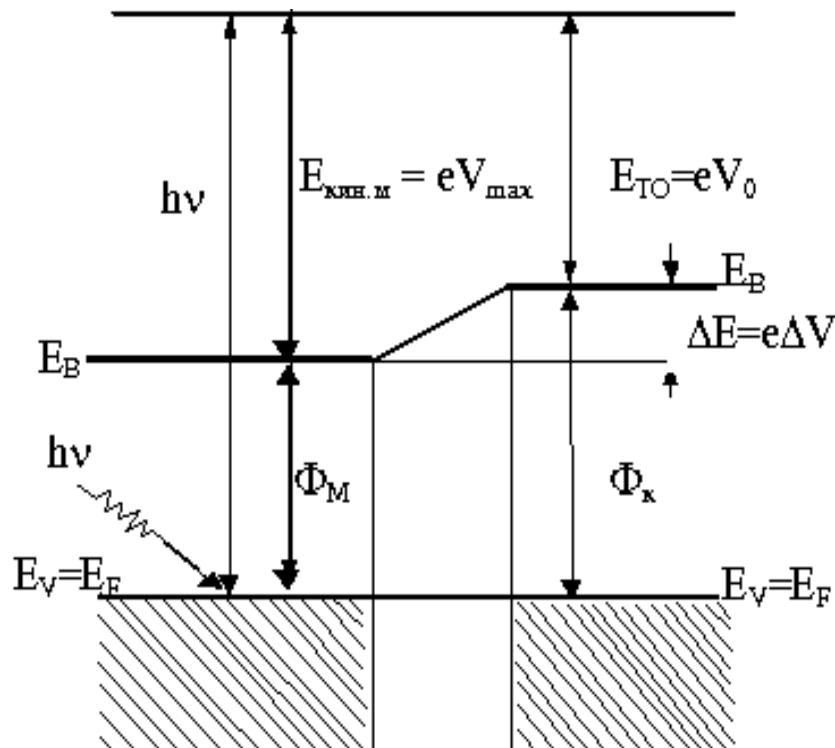
$E_{TO}=eV_0$ - to'xtatuvchi potensialning eng katta qiymati, ΔV - kontakt potensiallar farqi (KPF). Bu erda F ning qiymati o'tkazuvchanlik zonasining metall-vakuum chegarasigacha bo'lgan kengligiga tengdir.

$$e\Delta U_K = F_K - F_M \quad (1.10)$$

ekanligini hisobga olsak, quyidagi natija hosil bo'ladi:

$$eU_0 = E_0 = h\nu - F_K \quad (1.11)$$

Demak, metallarda to'xtatuvchi potensialning kattaligi elektronlarning metallardan chiqish ishiga bog'liq emas, faqatgina kollektorning chiqish ishiga F_K bog'liq bo'lar ekan. Bundan, $h\nu = \text{const}$ bo'lganda har qanday metall uchun eV_0 bitta qiymatga ega bo'lishligi kelib chiqadi. $h\nu$ ning qiymatini o'zgartirilsa, spektrining kengligi E_{VAL} ham o'zgaradi. ya'ni $h\nu$ ni o'zgartira borib, valent zona kengligini topish mumkin [26, 27].



1.3-rasm. Metallar uchun tashqi fotoeffektning energetik sxemasi. $F_A \div F_M$ - A va V metallardan fotoelektronlarning chiqish ishlari, ΔE -KPF to'g'ri kelgan energiya.

1.3.2. Aralashmasi yo'q ideal yarim o'tkazgich zonalarining parametrlarini aniqlash

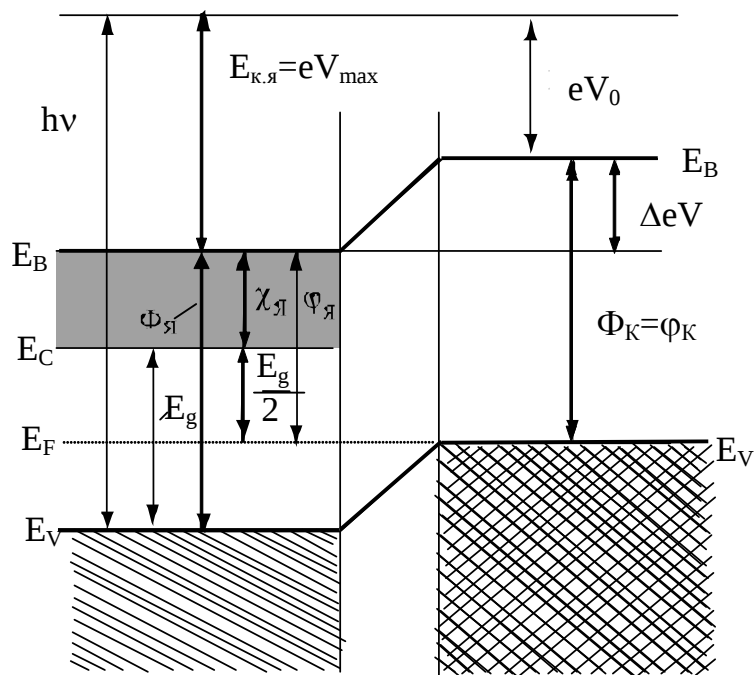
Ideal xususiy yarim o'tkazgichlarda Fermi sathi taqiqlangan zonaning o'rtasida joylashadi. Absolyut nol temperatura deb qaralsa, yarim o'tkazgich yuzasiga tushayotgan fotonlar elektronlarni E_V sath va undan pastki sathlardan chiqara oladi. E_V dan E_B (qattiq jism va vakuum chegarasi) gacha bo'lgan energetik masofa **fotoelektron chiqish ishiga** teng bo'ladi [28 – 33]. **Termoelektron chiqish ishi esa E_F dan E_B gacha bo'lgan energetik oraligni** ifodalaydi (1.4-rasm).

$$F_{ya} = \varphi_{ya} + \frac{E_g}{2} \quad (1.12)$$

Bu erda F_{ya} – yarim o'tkazgich uchun fotoelektronlar chiqish ishi, φ_{ya} – termoelektronlarning chiqish ishi, ΔE_g – taqiqlangan zonaning kengligi. E_V sathdan chiqayotgan elektronlar eng katta kinetik energiyaga ega bo'ladi va uni quyidagi formuladan aniqlash mumkin:

$$eV_{\max} = h\nu - \varphi_{\text{я}} - \frac{E_g}{2}. \quad (1.13)$$

Yarim o'tkazgichdan uchib chiqqan elektronlar kollektorga kelib tushadi, ya'ni nishon va kollektor orasida kontakt hosil bo'ladi. Bu holda ularning Fermi sathlari bitta gorizontal chiziqda yotgani uchun (1.13) ni quyidagicha yozish mumkin:



1.4-rasm. Ideal yarim o'tkazgich uchun tashqi fotoeffektning energetik sxemasi.

$$eV_{\max} = eV_0 + e\Delta V, \quad (1.14)$$

$$e\Delta V = \varphi_K - \varphi_A, \quad (1.15)$$

φ_K – kollektorning termoelektron chiqish ishi.

U holda eng tez elektronlarni to'xtatuvchi potensial maydonining energiyasi

$$eV_0 = h\nu - \varphi_K - \frac{E_g}{2} \quad (1.16)$$

bo'ladi. Bu formuladan ko'rinadiki, yarim o'tkazgichlarda to'xtatuvchi potensialning eng katta qiymati eV_0 , metalldan farqli ravishda, yorug'liq kvanti energiyasi $h\nu$ va kollektorning materialidan tashqari yarim o'tkazgichning turiga ham bog'liq bo'lar ekan. Har xil yarim o'tkazgich uchun E_g ning qiymati ham har xil, demak E_{T0} ning qiymati ham har xil bo'ladi [34 – 39].

Bu formuladan eV_0 , $h\nu$ va φ_K ning qiymatlarini bilgan holda taqiqlangan zona kengligi E_g ni ham aniqlash mumkin bo'ladi. Umuman UBES yordamida yarim o'tkazgichlarning (dielektriklarning ham) E_V , E_F , E_C sathlarining energetik o'rnini, zonalarining kengligini aniqlash mumkin. Bulardan tashqari real yarim o'tkazgichlar uchun yuzada zonalarining egilish kattaligini hamda taqiqlangan zonada hosil bo'ladigan har xil donor va akseptor sathlarning holatini (o'rnini) aniqlash mumkin.

1.3.3. Aralashmali o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan yarim o'tkazgich zonalarining parametrlarini aniqlash

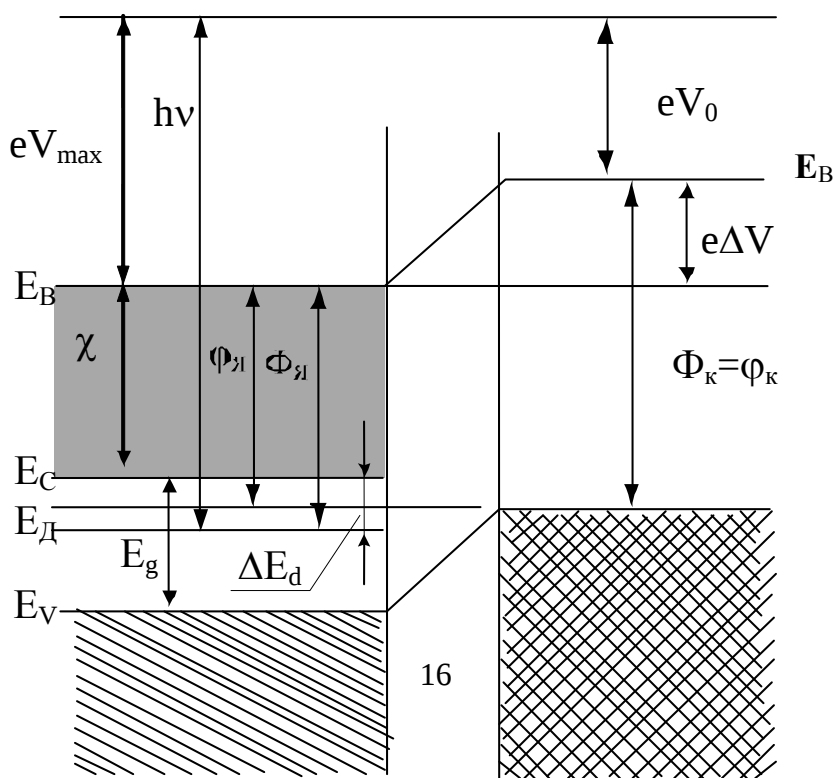
Radioelektronikada, umuman elektron texnikaning hamma sohalarida ishlatiladigan yarim o'tkazgichlarning deyarli hammasi ma'lum bir aralashmaga ega bo'ladi. Bu aralashmaning tarkibiga qarab yarim o'tkazgich teshikli (r-tipli) yoki elektronli (n-tipli) o'tkazuvchanlikka ega bo'lishi mumkin. Bu o'tkazuvchanlik ishlatish jarayonida asosiy rolni o'ynagani uchun aralashmali yarim o'tkazgichlarning zonalar parametrlarini aniqlash hozirgi zamon elektronikasi, umuman asbobsozlik uchun katta ahamiyatga ega bo'ladi. UBES usulidan foydalanib kerakli ma'lumotlar olish mumkin. 1.5-rasmda n-tipli yarim o'tkazgich va kollektor orasidagi vujudga keladigan potenciallar farqi va boshqa energetik bog'lanishlar ko'rsatilgan. Bu keltirilgan sxema asosida energiyalar orasidagi muvozanatlarni qo'yidagicha ifodalash mumkin:

$$h\nu = eV_{\max} + \Phi_{\text{я}} = eV_{\max} + \varphi_{\text{я}} + \frac{\Delta E_d}{2} = eV_0 + e\Delta V + \Phi_{\text{я}}, \quad (1.17)$$

$$e\Delta V = \varphi_{\text{к}} - \varphi_{\text{я}} = \Phi_{\text{к}} - \Phi_{\text{я}} + \frac{\Delta E_d}{2}. \quad (1.18)$$

Bu yerda (1.17) dan yarim o'tkazgichning fotoelektron chiqish ishini aniqlash mumkin, undan keyin esa (1.18) dan foydalanib donor sathlarning o'rnini (ya'ni E_D ni) aniqlash mumkin.

Shuni ta'kidlash lozimki, fotoelektronlar tarkibida donor sathlar yoki akseptor sathlar borligi tufayli vujudga keladigan fotoelektronlarning miqdori juda kam bo'ladi. Ularni qayd qilish uchun yuqori darajadagi tokni kuchaytira oladigan maxsus kuchaytirgichli tizimlar ishlatiladi. Bu sathlardan chiqqan fotoelektronlar hosil qilgan toklari valent zonadan uchib chiqayotgan fotoelektronlar hosil qiladigan toklarga nisbatan juda kichik bo'lishiga qaramasdan ularni katta aniqlik bilan qayd qilish mumkin. ×unki donor sathlar hosil qiladigan cho'qqilar



1.5 – rasm. n – tipdagi yarim o‘tkazgich uchun tashqi fotoeffektning energetik sxemasi.

kuzatiladigan holatlar valent elektronlar spektridan energetik jihatdan sezilarli ($\geq 0,6$ eV) farq qiladi. Akseptorli yarim o'tkazgichlarda esa bu sathlardan chiqayotgan fotoelektronlar hosil qilgan cho'qqi E_v ga juda yaqin joylashgan bo'ladi va bu cho'qqini valent elektronlarning spektridan ajratib qarash birmuncha qiyinchilik uyg'otadi [40 – 45].

yarim o'tkazgichlarning boshqa parametrlari esa aralashmasiz yarim o'tkazgichlarniki kabi aniqlanadi. Shuni ta'kidlash lozimki, yarim o'tkazgichlarda yuza qismning holati hajm holatidan farq qilgani uchun zonalarining egilishi ro'y beradi. UBES yordamida bu egilish kattaligini ham aniqlash mumkin.

1.4. Tadqiqotlarning asosiy vazifalari

Adabiyotlarning taxlili shuni ko'rsatdiki fotoelektronlarning spektroskopiyasi usuli qattiq jism yuzalari va nanoo'lchamli qatlamlarning elektron tuzilishi to'g'risida aniqroq ma'lumot beradigan eng noyob usuldir. Bunda ultrabinafsha nurlarning har qanday murakkab tartibli materiallarning FES i valent zonasida elektronlarning energiya bo'yicha taqsimoti va zonalarining energiya bo'yicha taqsimoti va zonalarining parametrlari baholash imkoniyatini beradi. UBES qurilmasining asosini ultrabinafsha nurlarning manbasi tashkil qiladi [22, 23].

Shuning uchun bu magistrlik dissertatsiyasiga quyidagilarni asosiy vazifalar qilib olindi:

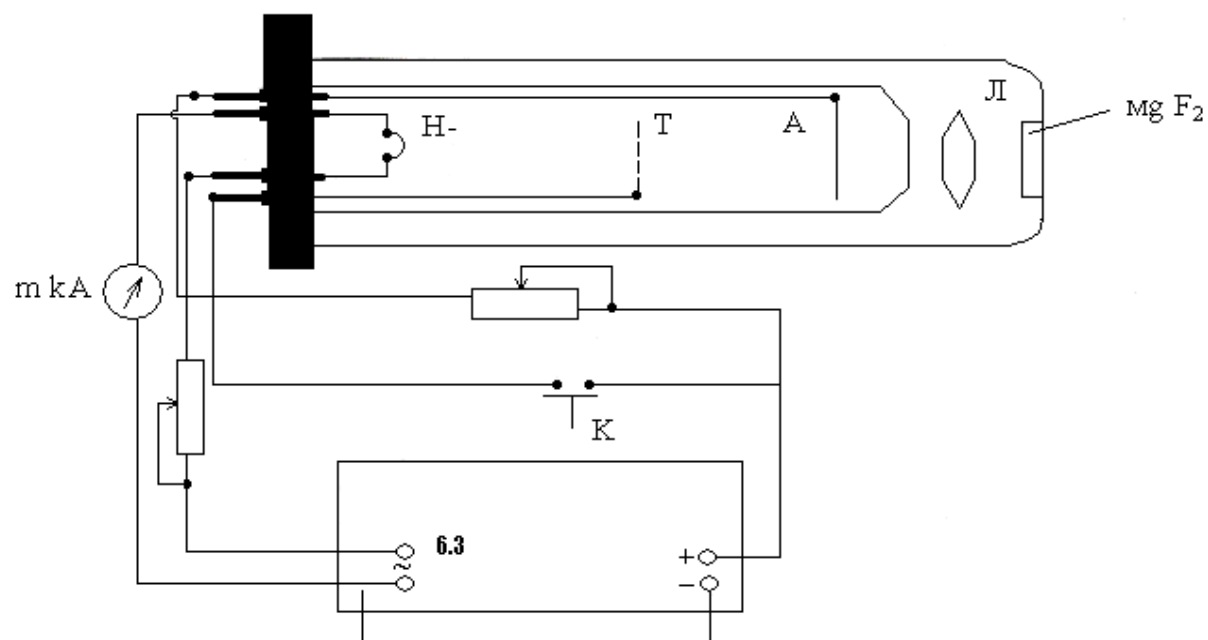
1. Mavzu bo'yicha adabiyotlarni tahlil qilish.
2. Fotoelektron emissiya qurilmasi tuzilishi va ishlash tamoyillarini o'rganish.
3. Fotoelektron emissiya qurilmasining animatsiyasini yaratish.
4. Elektronlar energiyasi va tezligining chiqish ishi va energiyaga bog'liqligini aniqlash.

II BOB. FOTOELEKTRONLARNI QAYD QILISH SPEKTRINI O'RGANISH QURILMASI

Qurilma asosan 3 qismdan iborat bo'ladi. Fotonlar manbai, fotoelektronlarni qabul qilish tizimi (analizator) va o'rganilayotgan jism. Fotoelektronlarni qayd qilish o'ta yuqori vakuum (10^{-8} mm sim. ust.) sharoitida amalga oshiriladi. Ishchi kamerada ($R \sim 10^{-7}$ Pa) zarur vakuumni hosil qilish uchun moysiz so'rish sistemasidan foydalaniladi. So'rish avval seolit nasos bilan, so'ngra magnit razryadli nasos bilan amalga oshiriladi. Asbobning hamma qismlarini bir necha soat davomida qizdirilgandan so'ng NMD – 0,4 nasosi yordamida vakuum $\sim 5 \cdot 10^{-7}$ Pa ga etkaziladi. $\sim 10^{-7}$ Pa vakuum olinguncha so'rish suyuq azot bilan sovutib turiladigan titan-sublimatsion nasosda davom ettiriladi.

2.1. Fotonlar manbaining tuzilishi

Qattiq jismlar yuzalarining elektron tuzilishini o'rganishda asosan ultra binafsha nurlardan foydalaniladi. Bunda valent zonada elektronlarning taqsimlanishi va zonalarining parametrlarini aniqlash uchun fotonning energiyasi $h\nu = 10 - 20$ eV qilib olinadi. Fotonlarning manbai sifatida kriptonli, ksenonli, vodorodli standart chiziqli spektrga ega bo'lgan gazorazryad lampalardan va katta quvvatli simob lampalardan foydalaniladi. Bunda asosan quyidagi spektrlardan foydalanish qulay bo'ladi: vodorod 115 nm (10,8 eV); 123,6 nm (10,2 eV); kripton (8,4 eV) va simob 60,8 nm (21 eV). Ko'pincha ultrabinafsha nurlarning havoda yutilishini kamaytirish uchun fotonlar manbai yuqori vakuumli kameraga joylashtiriladi. Gazorazryad lampa (GL) tuzilishining sxematik tasviri va uni elektr manbasiga ulash sxemasi 2.1 – rasmda keltirilgan. Yuqori darajada stabil ishlaydigan UIP – 1 manbasining o'zgaruvchan 6,3 V li klemmalariga GL ning nakal tolasi ulanadi. Undan uchib chiqqan elektronlar lampa ichiga to'ldirilgan gaz bilan to'qnasha boshlaydi. Anod A ga o'zgarmas kuchlanishli manbaning musbat qutbi ulanadi. Razryadni vujudga keltirish uchun T ga anoddagiga nisbatan kattaroq kuchlanish beriladi.



2.1 – rasm. Gazorazryad lampa: N – cho‘g‘lantiruvchi nakal; A – anod; T - to‘r; K – kalit; L – fokuslovchi linza; UIP – universal manba

2.2. To'rt to'rtli fotoelektron spektrometri

Jism yuzasini tekshirish uchun undan chiqayotgan fotoelektronlarni tahlil qilish usuli fotoelektron spektroskopiya deyiladi. Fotoelektronlarning energetik spektrida, (yani $N(E) = di/dE_2$) asosiy cho'qqilar bilan bir qatorda juda kichik intensivlikka ega bo'lgan cho'qqichalar hosil bo'ladi. Ularni yaqqol sezish uchun spektrdan yana bir marta hosila olinadi:

$$dN(dE) = di_{\phi}^2 / dE_2^2.$$

Fotoelektronlarni hosil qilish, ularni qabul qilish va kuchaytirish, hamda differentsiallangan energetik spektrlarini yozib olishlarni amalga oshiruvchi qurilmalar fotoelektron spektrometrlar deb ataladi. Analizatorning tuzilishi va ishlash prinsipiga qarab spektrometrlarning turlari har xil bo'ladi. Biz shulardan eng ko'p tarqalgan to'rt to'rtli kvazisferik analizatorni ko'rib o'tamiz. Boshqa turdagi analizatorlar ham mohiyat jixatidan undan tubdan farq qilmaydi.

Eng oddiy ko'rinishdagi FES qurilmasi quyidagilardan iborat bo'ladi: yuqori vakuumli ($R \leq 10^{-6}$ Pa) kamera, fotonlar manbai, nishon (tekshirilayotgan jism) va elektron analizator (spektrometr). FES yuzaning holatiga katta darajada bog'liq bo'lganligi uchun tekshirishlar o'ta yuqori vakuum sharoitida olib borilishi kerak. Yorug'lik manbasi yuqori darajada fokuslangan (nishondagi o'lchamli 1000 – 1500 mkm), intensivligi kerakli darajada ($\sim 10^{14}$ foton/sek) katta bo'lgan fotonlar oqimini hosil qiladi. Qo'pincha bu fotonlar energiyasi $E_f = 10 - 20$ eV oralig'ida bo'ladi. Analizator esa fotoelektronlarni energiya bo'yicha taqsimlanishini tahlil qilishga xizmat qiladi.

To'xtatuvchi maydonli analizator sferik (yarim sferik) ko'rinishdagi to'rtlar (2 tadan 4 tagacha) va kollektordan iborat bo'ladi. To'rtta to'rtga ega bo'lgan analizatorli spektrometrning chizmasi 2.2-rasmda keltirilgan. Bu erda T_1 to'rt nishondan uchib chiqayotgan fotoelektronlarning maydonsiz fazoda harakatlanishini ta'minlashga xizmat qiladi. Buning uchun nishon bilan to'rt T_1 taxminan bir xil potensialga ega bo'lishi kerak (Ular orasidagi kontakt potentsiallar farqi U_{nt} manba yordamida kompensasiya qilinadi).

Shuning uchun fotoelektronlar T_1 gacha o'z yo'nalishlarini o'zgartirmay etib keladi. Fotoelektronlarni to'xtatuvchi potensial (maydon) T_1 va T_2 oralig'ida beriladi. To'xtatuvchi U_t potensialning to'rt katakchalari o'rtasida ham bir xilda qolishini ta'minlash uchun T_2 ga juda yaqin qilib T_3 to'rt joylashtiriladi. Energiyasi to'xtatuvchi maydon energiyasidan katta bo'lgan elektronlar kollektorga tushadi. Kollektor va T_{23} to'rtlar orasidagi sig'imni keskin kamaytirish uchun ular orasiga T_4 to'rt joylashtiriladi. To'xtatuvchi potensialni sekin-asta 0 dan U_1 gacha monoton o'zgartira borib $i_f(U_f)$, ya'ni $i_f(E_f)$ bog'lanish egri chizig'ini yozish mumkin. Bu bog'lanishning hosilasini olish uchun T_{23} to'rtga U_t bilan birgalikda ω chastotali ozgina

kuchlanish ($\Delta U = K \sin \omega t$) beriladi. Bu erda $K = 0,5 \div 3V$ atrofida bo'ladi. Natijada kollektorga o'tayotgan fototok ω chastota bilan modulyasiyalangan (tebrangan) bo'ladi, ya'ni uni quyidagicha yozish mumkin: $I_f(U_2 + \Delta U)$. Bu ifodani Teylor qatoriga yoyib chiqamiz:

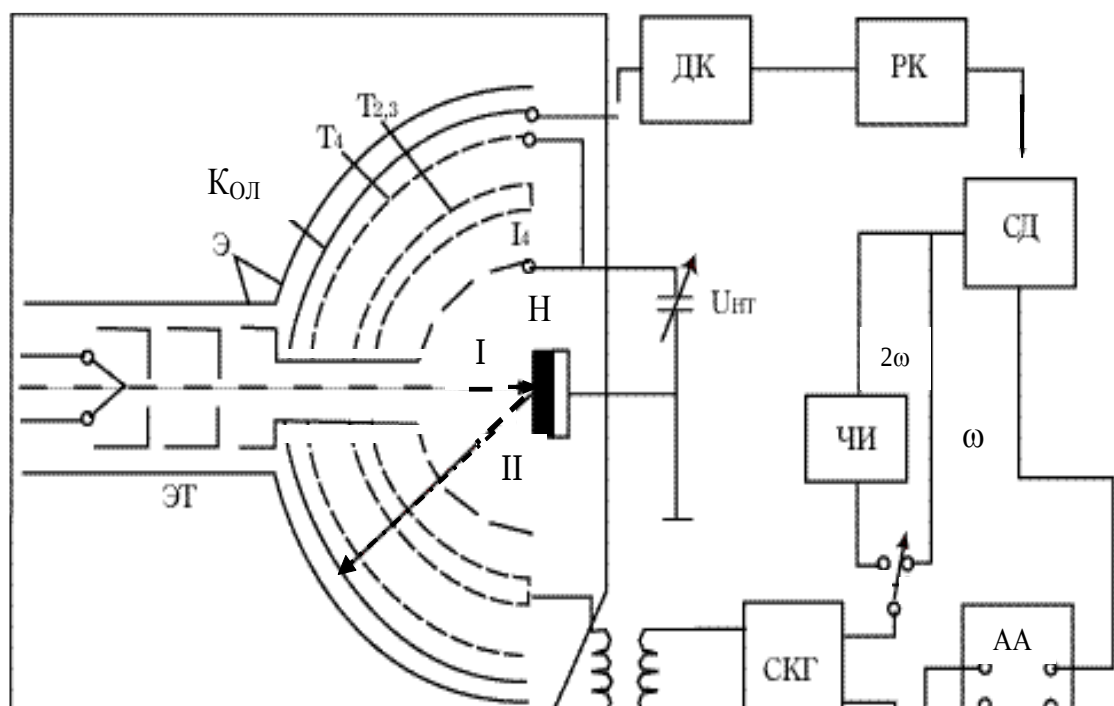
$$I_\phi(U_\phi + K \sin \omega t) = I_{\phi 0}(U) + I_\phi^I K \sin \omega t + I_\phi^{II} K^2 \frac{\sin^2 \omega t}{2} + \dots + \quad (2.1)$$

Ma'lum almashtirishlardan keyin (2.1) ni quyidagicha yozish mumkin:

$I_\phi(U + K \sin \omega t) = I_{\phi 0}(U) + (I_\phi^I K + \frac{I_\phi^{III}}{2} K^3 + \dots) \sin \omega t - (\frac{I_\phi^{II}}{4} K^2 + \frac{I_\phi^{IV}}{48} K^4 + \dots) \cos 2\omega t$. Bu erda $I_{f0}(U)$ – vaqtga bog'liq bo'lmagan hamma hadlarni o'z ichiga oladi. $K \ll U$ bo'lganligi uchun K^3 va undan yuqori darajali hadlarni tashlab yuborsak:

$$I_\phi(U + K \sin \omega t) = I_{\phi 0}(U) + I_\phi^I (K \sin \omega t) - \frac{I_\phi^{II}}{4} K^2 \cos 2\omega t \quad (2.2)$$

Qabul qiluvchi sistemadagi dastlabki va rezonans kuchaytirgichlarni hamda sinxron detektorni ω chastotada ishlaydigan qilib sozlansa, yozib oluvchi qurilmada $N(E)$ qayd qilinadi. $N(E)$ spektr fotoelektronlarning birinchi garmonikasining amplitudasi $I_f^I K$ ga proporsional bo'ladi. Qayd qiluvchi sitemani 2ω chastotaga sozlab $I_f^{II} K^2$ amplitudaga proporsional bo'lgan $N^1(E) = dN_f/dE_f$ signallarni yozib olish mumkin.



III BOB. METALLARDAN FOTOELEKTRONLAR EMISSIYASINING CHIQISH ISHI VA FOTONLAR ENERGIYASIGA BOG‘LIQLIGINI O‘RGANISH QURILMASINING ANIMATSIYASI

3.1. Virtual stand xaqida umumiy tushunchalar

Virtual laboratoriya stendi bu o‘qitishning avtomatlashtirilgan tizimi bo‘lib, u o‘z ichiga o‘quv fanining didaktik, uslubiy va axborot-ma’lumot materiallarini qamrab olgan bo‘lib, ulardan mustaqil bilim olish va bilimini nazorat qilishda kompleks foydalanish imkonini beradi.

Virtual stand avvaliga masofali (distansion) o‘qitish uchun yaratilgan. Vaqt o‘tishi bilan virtual stand o‘zining imkoniyatlari kengligi tufayli o‘qish tizimining har xil sohalarida qo‘llanila boshlandi. Lazer diskdagi virtual stendlar hozirgi kunda qog‘ozdagi adabiyotlar kabi mustaqil ta’lim olishda, biror kursni uslubiy ta’minlashda, jumladan laboratoriya ishlarini bajarishda keng qo‘llanilmoqda.

rganilayotgan hodisalarni aks ettirishda eng ko‘p qo‘llaniladigan asbob multimediadir (multi – ko‘p, media – muhit). Multimedia mahsulotlari axborotlarning turli xildagi ko‘rinishlarini aks ettira oladi: kompyuter axborotlarini, tele- va tasvir axborotlarini, ovoz va musiqani. Bunday turli xil axborotlarni aks ettirish uchun kompyuter orqali boshqariladigan televizor, videomagnitofon, audiotizim va hokazolarni o‘z ichiga oluvchi turli xil qayd qilish va yozib olish texnik vositalaridan foydalanish lozim. Shunday qilib multimedia o‘z tabiatiga ko‘ra

interaktiv vositadir, ya'ni multimedia mahsulotini ko'ruvchilar va eshituvchilar passiv holda bo'lishi mumkin emas.

Multimedia o'rganish sifatini oshiradi va o'rganuvchilarning fikrini kerakli ob'ektga to'liq yo'naltirish imkonini beradi. Real eksperimentlarni o'tkazish o'ta qiyin yoki o'tkazib bo'lmaydigan hollarda, ularni inson ongiga etkazishda virtual stendlar juda katta ahamiyatga egadir. Bu hollarda o'rganilayotgan jarayon va hodisalar kompyuter yordamida modellashtiriladi, ya'ni kompyuterli eksperimentlar o'tkaziladi. Masalan atomlarning tuzilishi, ularda elektronlarning harakati, qattiq jismlarning kristall tuzilishi kabi mavzularni o'rganishda virtual stendlar juda qulaydir.

Texnika va elektronika fanlarida ayrim laboratoriya ishlarini bajarishda, murakkab qurilmalarning ishlash prinsiplarini demonstratsiya qilishda juda xilma-xil, noyob o'lchash asboblardan, yozish va ko'rsatish tizimlaridan foydalanish zarur bo'ladi. Bunday asbob va uskunalardan iborat zamonaviy qurilmalarni har doim ham yaratish va ulardagi kerakli universallikni, o'zaro muvofiqlashuvini to'liq amalga oshirish mumkin bo'lavermaydi. Masalan, nanomateriallar olish va o'rganish qurilmalari hozirgi kunda sanoqli ishlab chiqilgan va o'ta qimmat turadi. Tayyor qurilmalarda ham ularning ichki tizimlarini to'liq ko'rish mumkin emas. Ularni tayyor qurilmada o'rganish juda ko'p vaqtni oladi. Bunday hollarda o'qituvchi ishtirokida mutaxassislar tomonidan tayyorlangan virtual stendlar ham arzon, ham tushunarli va qulay bo'ladi. Virtual stendlarni LabVIEW, Macromedia Flash va boshqa programmalar yordamida yaratish mumkin.

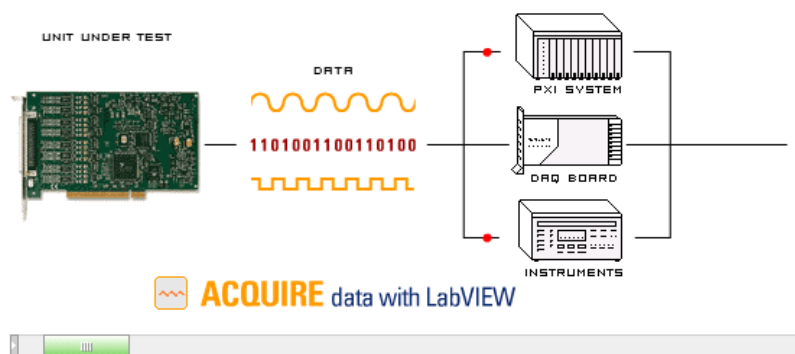
3.2. LabVIEW dasturi

Grafik dasturlash qobig'i National Instruments LabVIEW juda kam vaqt va mablag' sarf etib, o'lchash, boshqarish va sinovdan o'tkazish imkoniyatini beruvchi moslashuvchan va masshtabi onson o'zgartiriladigan ilovalar yaratish uchun qulaydir (3.1 – rasm). LabVIEW an'anaviy dasturlash tili bilan birgalikda ekspress aks ettirish interaktiv texnologiyasini o'zida mujassamlashtirgandir. Ekspress aks ettirish interaktiv texnologiyasi o'z ichiga kodni avtomatik yaratishni, o'lchashni konfiguratsiya qilishda yordamchilardan foydalanishni, ilovalarning shablonlarini va moslashtiriluvchi ekspress aks ettirishlarni o'z ichiga oladi.

Что такое LabVIEW?

☎ Есть вопросы? +7 (495) 783 6851

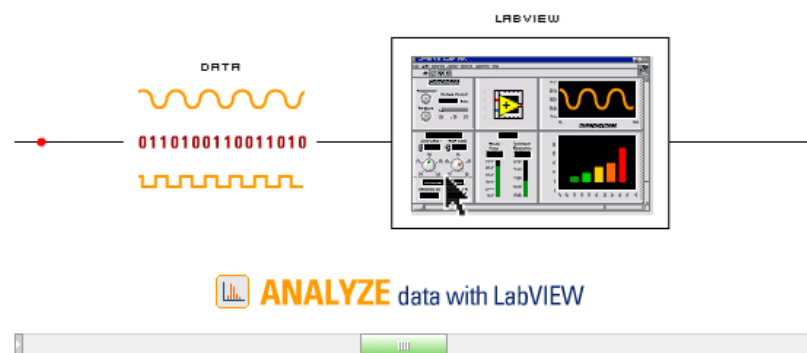
ACQUIRE, ANALYZE and PRESENT data with LabVIEW



Что такое LabVIEW?

☎ Есть вопросы? +7 (495) 783 6851

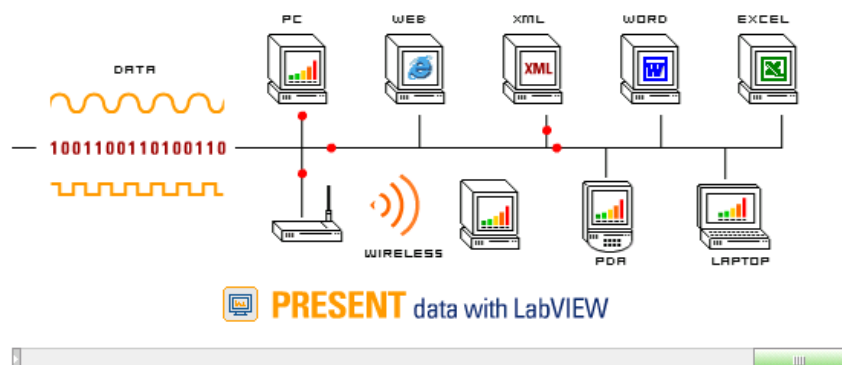
ACQUIRE, ANALYZE and PRESENT data with LabVIEW



Что такое LabVIEW?

☎ Есть вопросы? +7 (495) 783 6851

ACQUIRE, ANALYZE and PRESENT data with LabVIEW



3.1 – rasm. LabVIEW da taxlil qilingan jarayon.

Bu afzalliklar tufayli dasturdan endi foydalanishga boshlagan foydalanuvchilar ham, dasturni yaxshi biladigan ekspertlar ham LabVIEW da ilovalarni tez va onson yaratishlari mumkin. Grafiklarni dasturlash jarayoni intuitiv darajada tushunarli bo'lgani uchun, foydalanuvchi asosiy e'tiborni dasturlashga emas, o'lchashlar va boshqarishlar bilan bog'liq bo'lgan muammolarni hal qilishga qaratishi mumkin bo'ladi.

LabVIEW ning asosiy afzalliklari:

- Kamchiliklarsiz dasturlash tili
- Grafiklarni dasturlash jarayoni intuitiv darajada tushunarligi
- Ma'lumotlarni yig'ish, qayta ishlash va taxlil qilishning keng imkoniyatlari, asboblarni boshqarish, hisobotlarni yaratish va ma'lumotlar bilan tarmoq interfeyslari yordamida almashina olish
- 2000 dan ziyod asboblarning drayverlari mavjudligi
- Kodni interaktiv yaratish imkoniyati
- Ilovalarning shablonlari, shablonlarning 1000 dan ortiq namunalari mavjudligi
- Kompilyasiya qilingan dasturlarni tezkorlik bilan bajarilishi
- Irgatishning va texnik ta'minotning jahon miqiyosidaligi
- Windows2000/NT/XP, Mac OS X, Linux va Solaris operatsion sistemalari bilan o'zaro ishlay olishi

LabVIEW ning qo'llanilish sohalari:

- Avtomobilsozlik sanoati
- Telekommunikatsiyalar
- Aerokosmik sanoati
- Yarim o'tkazgichlar sanoati
- Elektronika sanoati
- Texnologik jarayonlarni boshqarish
- Biotibbiyot

3.3. Flash MX texnologiyasi

Flash texnologiyasi Shockwave Flash (SWF) formatidagi vektor grafikadan foydalanishga asoslangan. Albatta bu format eng kuchli formatlardan bulmasada, SWF yaratuvchilariga grafikani imkoniyatlari, grafika bilan ishlovchi vositalar va natijani Web-saxifalarga kushish mexanizmlarini birlashtirish urtasida eng kulay echim topilgan. SWF ni

kushimcha imkoniyatlardan yana biri bu uning moslashuvchanligidir, ya'ni bu format barcha platformalarda (MacOS sistemali Macintosh kompyuterlari yoki Windows sistemali IBM kompyuterlarida) ishlatilishi mumkin. SWF ning yana bir kulay imkoniyati uning yordamida yaratilgan tasvirlar nafakat animatsiyali bulishi, balki interaktiv elementlar va tovush bilan boyitilishi mumkin.

Shuni aytib o'tish kerakki, xozirgi vaktida ushbu instrumentlarning bir qancha to'lik to'plamlari mavjud: multimediya prezentatsiyalarni yaratish uchun – Macromedia Director Shockwave Studio, grafik tasvirlar uchun – Macromedia FreeHand va Macromedia Fireworks, interaktiv urgatuvchi kurslarni yaratish imkoniyatini beruvchi – Macromedia Authorware va Macromedia CourseBuilder. Lekin Web-yaratuvchilar orasida eng kup ishlatiladigani bu Macromedia Flash dir, chunki ushbu dastur xar kandy saytga mashxurlik olib keluvchi Web-saxifalar yaratish imkonini beardi. Balki shuning uchundir SWF formatini oddiy kilib Flash deb atalish odatga kirib kolgandir. Shunday kilib Flash-texnologiyalar kuyidagilardan iborat:

- vektorli grafika;
- animatsiyani bir kancha turlarida ishlash imkoniyati;
- interfeysni interaktiv elementlarini yaratish imkoniyati;
- sinxron ovoz kushish imkoniyati;
- HTML formati va boshka Internetda ishlatiluvchi barcha formatlarga eksportini ta'minlash;
- platformali mustakillik;
- Flash-filmlarni avtonom rejimda xam, Web-brauzer yordamida xam kurishni imkoniyati mavjud;
- vizual yaratish instrumentlari mavjudligi Flash-film yaratuvchilarini kuplab murakkab operatsiyalardan xalos etadi, shuningdek Flash-texnologiyalarning texnik aspektlarni urganish zarur bulmaydi.

3.3.1. Foydalanuvchi interfeysini tashkil etish

Muxarrirni foydalanuvchi interfeysini tashkil etish umumiy xolda barcha Windows-dasturlar kabi standart ko'rinishga egadir, o'sha menyular to'plami, o'sha asosiy buyruqlar joylashtirilgan instrumentlar paneli va boshqalar. Notanish bo'lgani bu vaqt diagrammasidir.

Muxarrirni ilk marotaba ishga tushirilganda asosiy oyna ustidan qo'shimcha dialog oynasi - Welcome (Xush kelibsiz) paydo bo'ladi. Bu oyna sizga ish joyini o'zinigiz xoxishingiz bo'yicha sozlash imkonini beradi.

Flash MX ning asosiy oynasining muxim elementlari 3.2 – rasmda ko'rsatilgan.

3.3.2. Vaqt diagrammasi

Ish oblastini yuqori qismida vaqt diagrammasi (Timeline) paneli joylashgan. Ish stoli kabi vaqt diagrammasi ham filmning konkret bir sahnasiga tegishli bo'ladi. Vaqt diagrammasi sahnadagi qavatlar joylashuv tartibi, ob'ektlar holatini o'zgarish ketma-ketligi, va boshqa amallarni bajarish uchun mo'ljallangan. Vaqt diagrammasi animatsiyani yaratishda va filmni interaktiv elementlarini holatini tavsiflashda asosiy instrumentdir.

Vaqt diagrammasi paneli juda murakkab strukturaga ega va juda ko'p boshqaruv elementlarini o'z ichiga oladi. Bundan tashqari, vaqt diagrammasi in tashqi ko'rinishi o'rnatilgan parametrlarga qarab juda keng diapazonda o'zgarishi mumkin. Shunday bo'lsa ham, vaqt diagrammasidan foydalanish bilimlari Flash bilan ishlash samarasini oshiradi.

Shunday qilib, umumiy holda vaqt diagrammasi panelida quyidagi elementlar namoyon bo'lishi mumkin (3.3 – rasm):

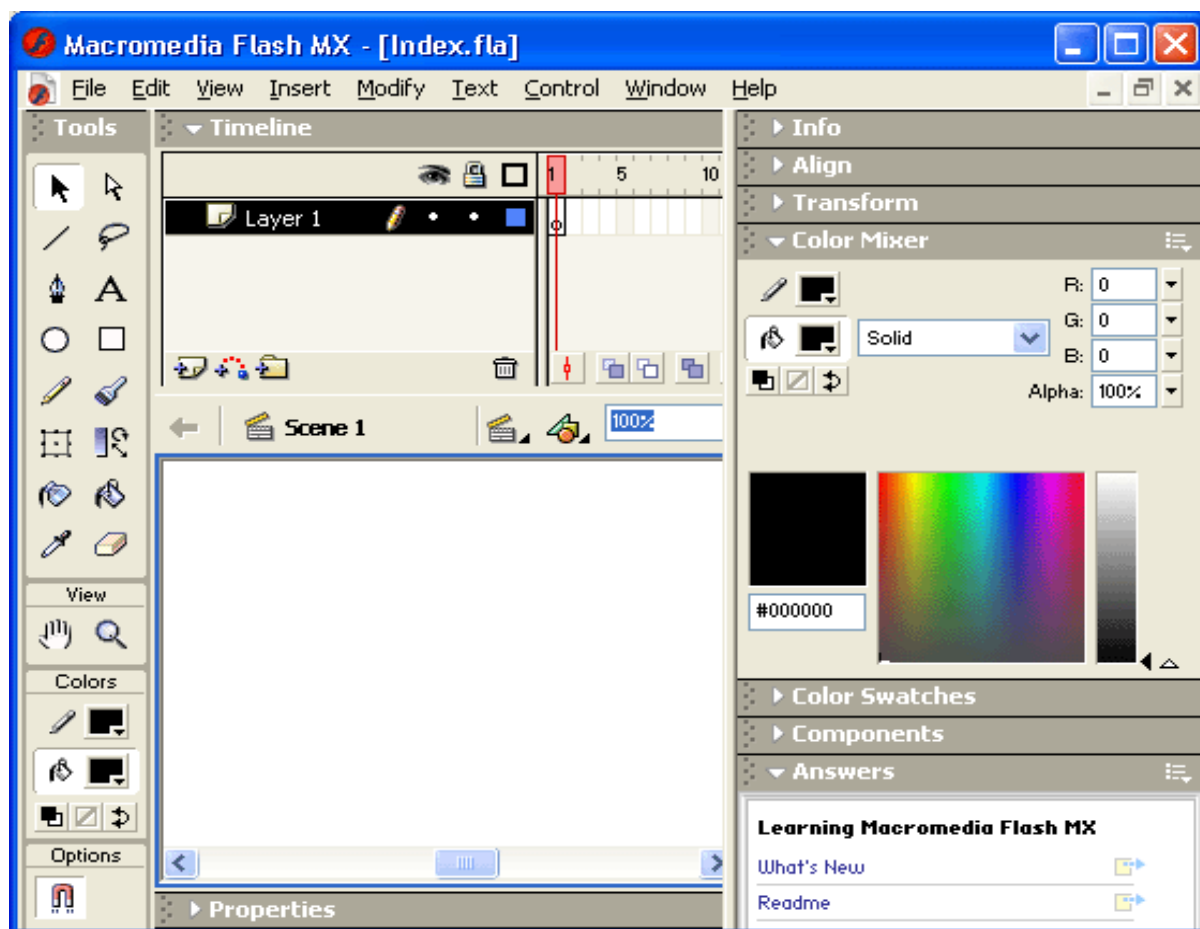
- filmni ayni vaqtdagi sahnasining qavatlarini ta'rif; bu ta'rif o'ziga xos bir nechta ustunchalardan iborat jadval ko'rinishida bo'ladi, bu ustunchalarda qavatlar nomi va ularni atributlari ko'rsatiladi;
- kadrlar shkalasidan iborat vaqt diagrammasi, «o'qish kallagi» va sahnani har bir qavati uchun vaqt diagrammasi;
- vaqt diagrammasida kadrlar namoyish etish formatini tanlash menyusi;
- vaqt diagrammasi oynasini xolat satri (stroka sostoyaniya), bu satrda filmni bir necha parametrlari to'g'risidagi ma'lumot va ish stolidagi animatsiya kadrlarini boshqarish knopkalari bo'ladi.

Vaqt diagrammasini elementlarini ko'rib chiqamiz

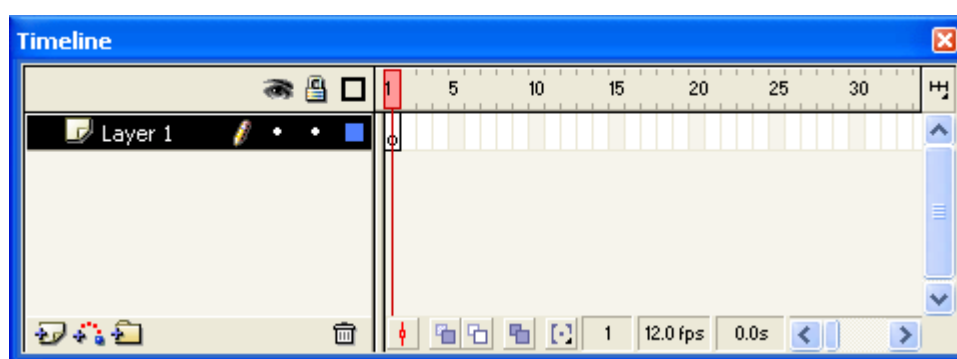
Kadrlar shkalasi sahnaning barcha qavatlari uchun umumiydir. Kadrlar shkalasida kadrlar numeratsiyasi o'sish tartibida ko'rsatilgan. Numeratsiya qadami 5 ga teng (u kadrlarning barcha formatlarida o'zgarmasdir).

O'qish kallagi (Play head) o'ziga xos indikator, u animatsiyani joriy (aktiv) kadrini ko'rsatib turadi. Navbatdagi kadrni yaratilganda va filmni namoyish etishda o'qish kallagi vaqt diagrammasi bo'ylab avtomatik ravishda suriladi. Sichqoncha yordamida o'qish kallagini faqat film yaratilgandan so'ng surish mumkin.

Aloxida qavatni vaqt diagrammasi kadrlar ketma - ketligini grafik tasviri ko'rinishida bo'ladi. Vaqt diagrammasidagi kadrlar tasviridan juda ko'p ma'lumot olish mumkin.



3.2 – rasm. Flash MX ni asosiy oynasini strukturasi.



3.3 – rasm. Vaqt diagrammasi paneli.

Masalan, kadrlar tasviridan qaysi qavatga animatsiyani qay usuli qo'llanilganligini bilish mumkin. Quyida qavatning (aniqrog'i, unda joylashgan ob'ektlarning) vaqt diagrammasini turli formatlari qisqa xarakteristikasi keltirilgan.

Vakt diagrammasida kadrlar tasvirlash formatlari:

Ko'chish tweened-animatsiyasi uchun asosiy kadrlar (klyuchevye кадры) strelkali chiziq bilan birlashtirilgan qora nuqtalar bilan belgilanadi, nuqtalar orasidagi masofa och-ko'k fonda bo'ladi (strelkali chiziq barcha oraliq kadrlarni almashtiradi).

Transformatsiya tweened-animatsiyasi uchun asosiy kadrlar strelkali chiziq bilan birlashtirilgan qora nuqtalar bilan belgilanadi, nuqtalar orasidagi masofa och-zangor fonda bo'ladi (strelkali chiziq barcha oraliq kadrlarni almashtiradi). Punktirli chiziq oxirgi (yakunlovchi) kadr yo'qligini bildiradi. Qora nuqta va undan keyin kulrang kadrlar ketma-ketligi bo'lgan yakka asosiy kadr ushbu asosiy kadrni o'zgarimasligini bildiradi va bu holda yakunlovchi kadr bo'sh to'rtburchak bilan belgilanadi.

Kichik «a» xarfi bu kadrda Actions (Deystviya) paneli yordamida biror - bir amal berilganligini bildiradi. Qizil bayroqcha bu kadrda belgi (metka) yoki izox berilganligini bildiradi. Qora nuqtalar bilan tasvirlangan asosiy kadrlarning uzilmas ketma-ketligi kadrma-kadr animatsiyani bildiradi.

Sariq belgicha bu kadr film kadrlari o'rtasida navigatsiya qilish uchun ishlatiladigan, nomlangan belgini o'z ichiga olishini bildiradi, agar diagrammada joy etarli bo'lsa, u holda sariq belgicha yonida uning nomi ko'rinish turadi.

Vaqt diagrammasini ko'rinishi kadrlarni tanlangan formatiga ham bog'liq bo'ladi. Bu formatlarni tanlash Frame View menyusi yordamida amalga oshiriladi. Bu menyu buyruqlari vaqt diagrammasining barcha qator (qavat) lariga taaluqlidir. Menyu punktlari to'rtta guruxga bo'lingan (3.4 – rasm).

Birinchi guruxdagi buyruqlar kadr yacheykasi razmerini gorizontal yo'nalishda o'rnatilishini bildiradi, quyidagi variantlar mavjud:

- *Tiny* (Juda mayda);
- *Small* (Mayda);
- *Normal* (Oddiy);
- *Medium* (O'rta);
- *Large* (Yirik).

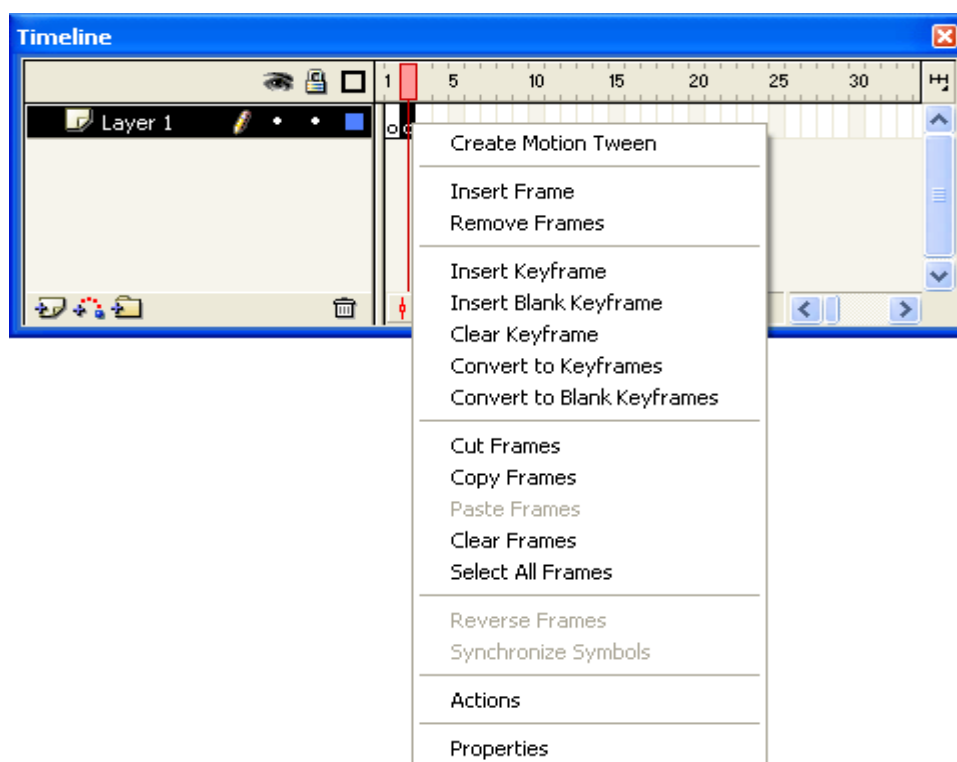
Large formatini tovush parametrlarini ko'rish uchun ishlatish maqsadga muvofiq.

Ikkinchi guruxga yagona buyruq kiradi – Short (Qisqa). Bu buyruq kadr yacheykasi razmerini vertikal yo‘nalish bo‘yicha kichiklashtirishni bildiradi (3.5 – rasm). Bunday o‘zgarish vaqt diagrammasining chap qismi formatiga ta’sir qiladi (bu qismda qavatlar ta’rifi joylashgan).

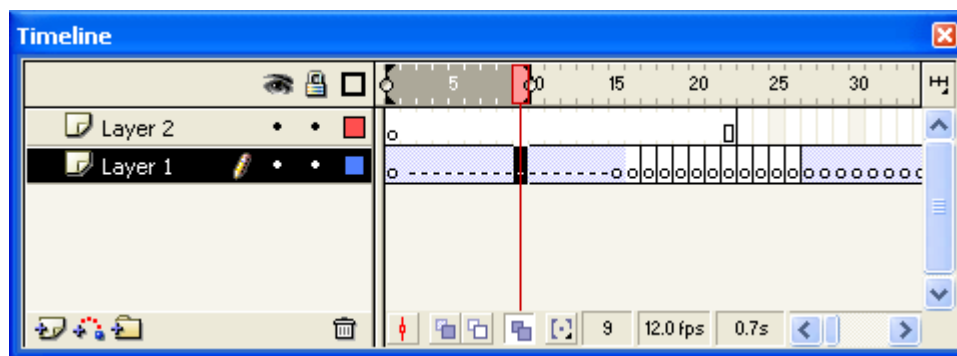
Uchinchi guruxga ham yagona buyruq kiritilgan – Tinted Frames (Bo‘yalgan kadrlar). Ushbu punkt tanlanganda animatsiyani turli xillari uchun kadrlarning rangli indikatsiyasi ishlatiladi.

To‘rtinchi gurux ikki buyruqdan iborat:

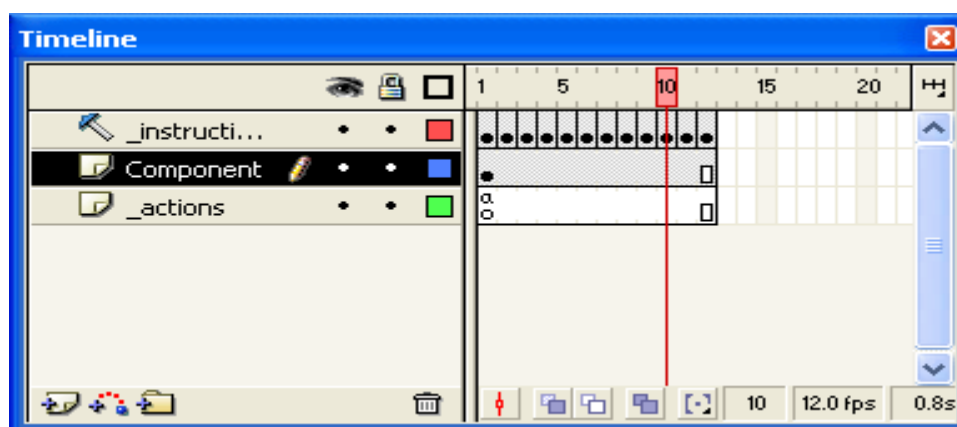
- Preview (avvaldan ko‘rish – predvaritelnyy prosmotr) – bu buyruq qo‘llanilganda vaqt diagrammasida animatsiyani asosiy kadrlarini kichik ko‘rinishi namoyon bo‘ladi (3.6 – rasm, yuqorida);
- Preview In Context (predvaritelnyy prosmotr v kontekste) – bu buyruqni agar har bir asosiy kadrda ikki va undan ortiq ob’ektlar o‘zgarib tursa ishlatish maqsadga muvofiq, negaki bu buyruq vaqt diagrammasida kadr yacheykasiga sahnani barcha joyini topshiradi, leknn bu holda kadr tasviri Preview buyrug‘i ishlatilgandagindan ham kichikroq bo‘ladi (3.6 – rasm, pastda).



3.4 – rasm. Kadrlar formati menyusi.



3.5 – rasm. Short buyrug`idan so`ng vaqt diagrammasi formatini o`zgarishi.



3.6 – rasm. Preview va Preview In Context buyruqlari qo`llanilgandagi natija.

3.4. Jarayonning animatsiyasi yordamida $V(E)$, $W(E)$, $W(\lambda)$ bog`liklarini o`rganish

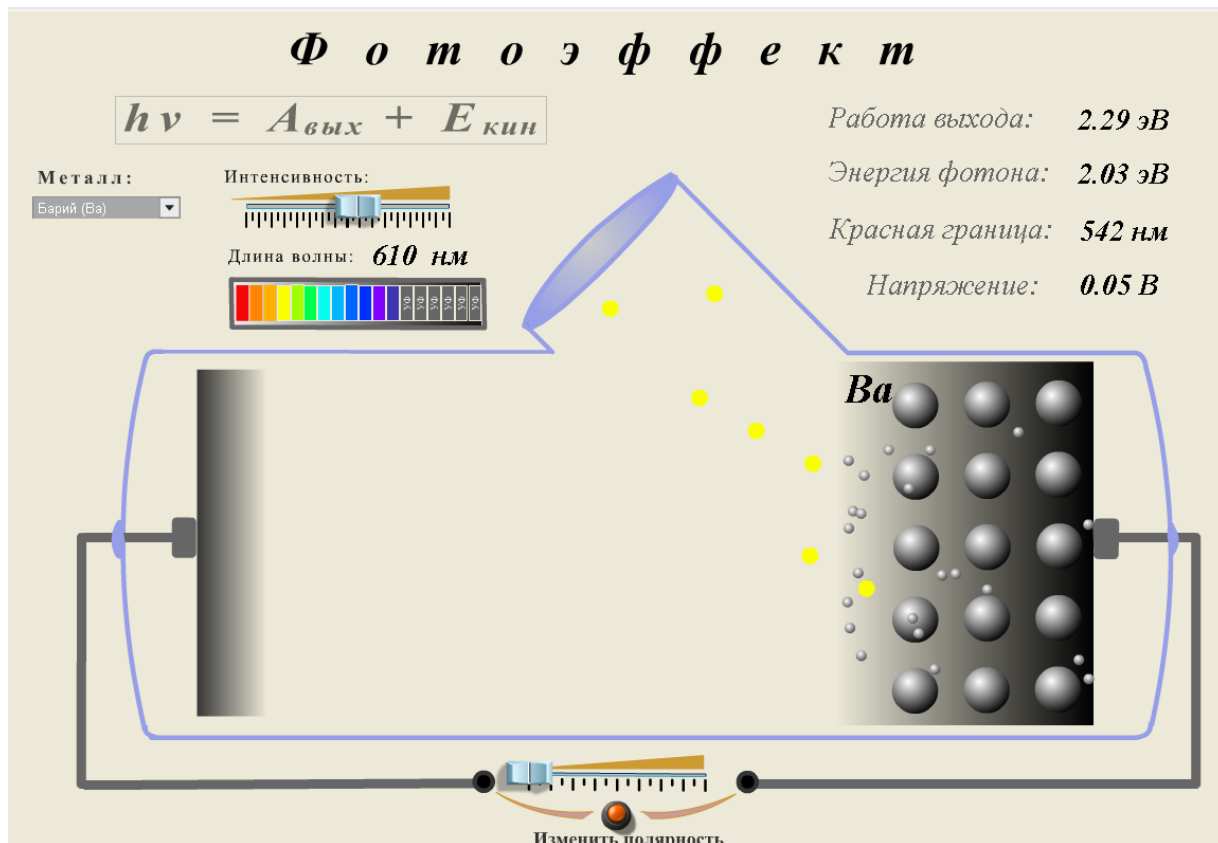
Bu animatsiya yordamida 18 ta element uchun $V(E)$, $W(E)$, $W(\lambda)$ bog`liklarni va fotoeffekt qonunlarini o`rganish mumkin. Magistrlik dissertatsiyasining bu bo`limida ixtiyoriy tanlangan 3 ta element uchun  $V(E)$ ,  $W(E)$ ,  $W(\lambda)$  bog`liklar va fotoeffekt qonunlari o`rganib chiqilgan (3.7 – 3.24 rasmlar va 3.1 – 3.3 jadvallar).

3.5. Ultrabinafsha nurlarning elektron spektrlari yordamida kremniy energetik zonasi parametrlarining ionlar implantatsiyasi va keyingi qizdirish ta'sirida o`zgarishini o`rganish

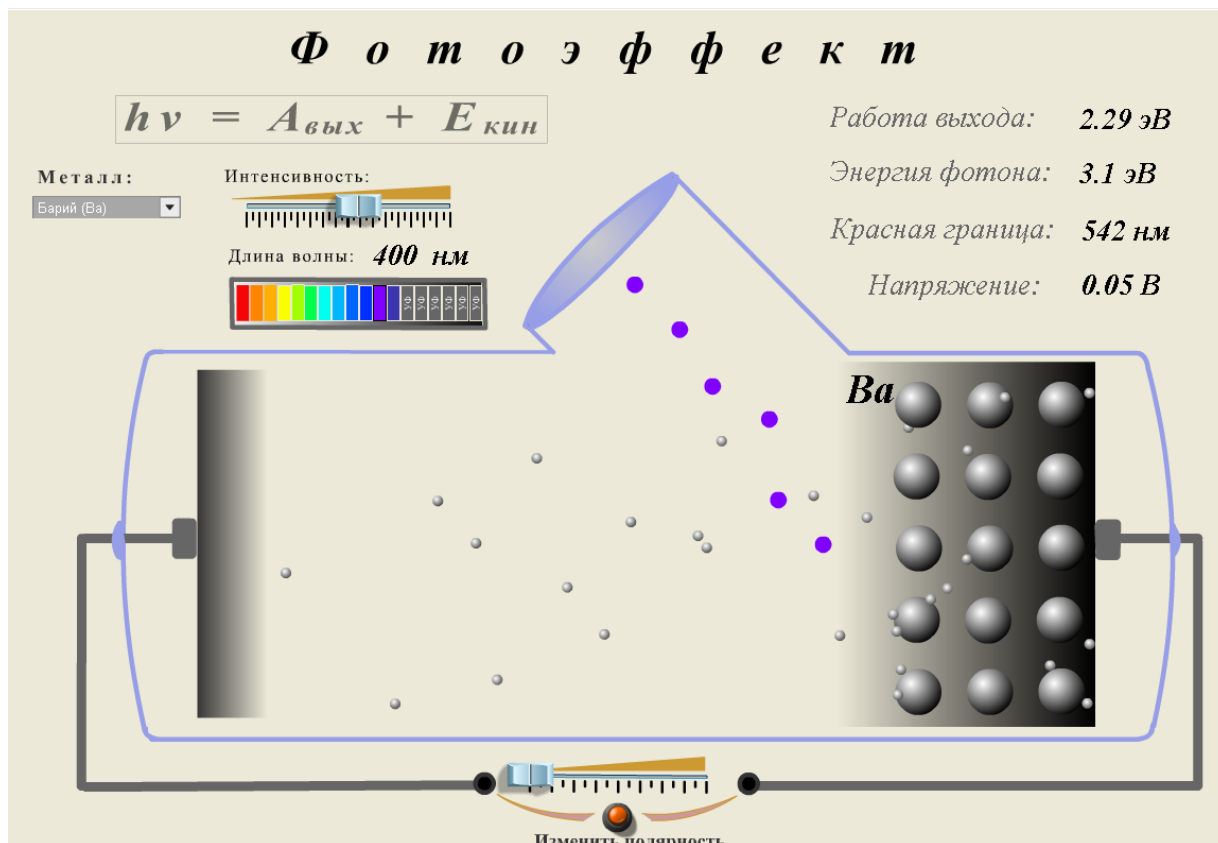
Birinchi va ikkinchi boblarda metall va yarim o`tkazgich zona parametrlari va valent zonada elektronlar taqsimotini o`rganish uchun foton energiyasi 10 – 15 eV bo`lsa etarli ekanligi, dielektriklar uchun ta'qiqlangan zona kengligi xisobiga  $h\nu \approx 15 - 20$  eV olinishi ko`rsatilgan edi. Biz ushbu ishda $h\nu = 10,8$ eV va $h\nu = 21$ eV bo`lgan fotonlar ta'sirida yozib olingan elektronlar spektrini o`rgandik va uni tahlil qilish orqali zonalar parametrlari va

elektronlarning valent zonadagi energetik taqsimotini baholashga harakat qildik. Energiyasi $h\nu = 10,8$ eV bo'lgan nurlar gaz razryadli kripton lampa KpPm ($\lambda = 116,54$ eV) yordamida, $h\nu = 21$ eV bo'lgan fotonlar esa simobli lampalar yordamida olingan. Bu lampalarni to'g'ridan-to'g'ri vakuum kameraga ulash mumkin.

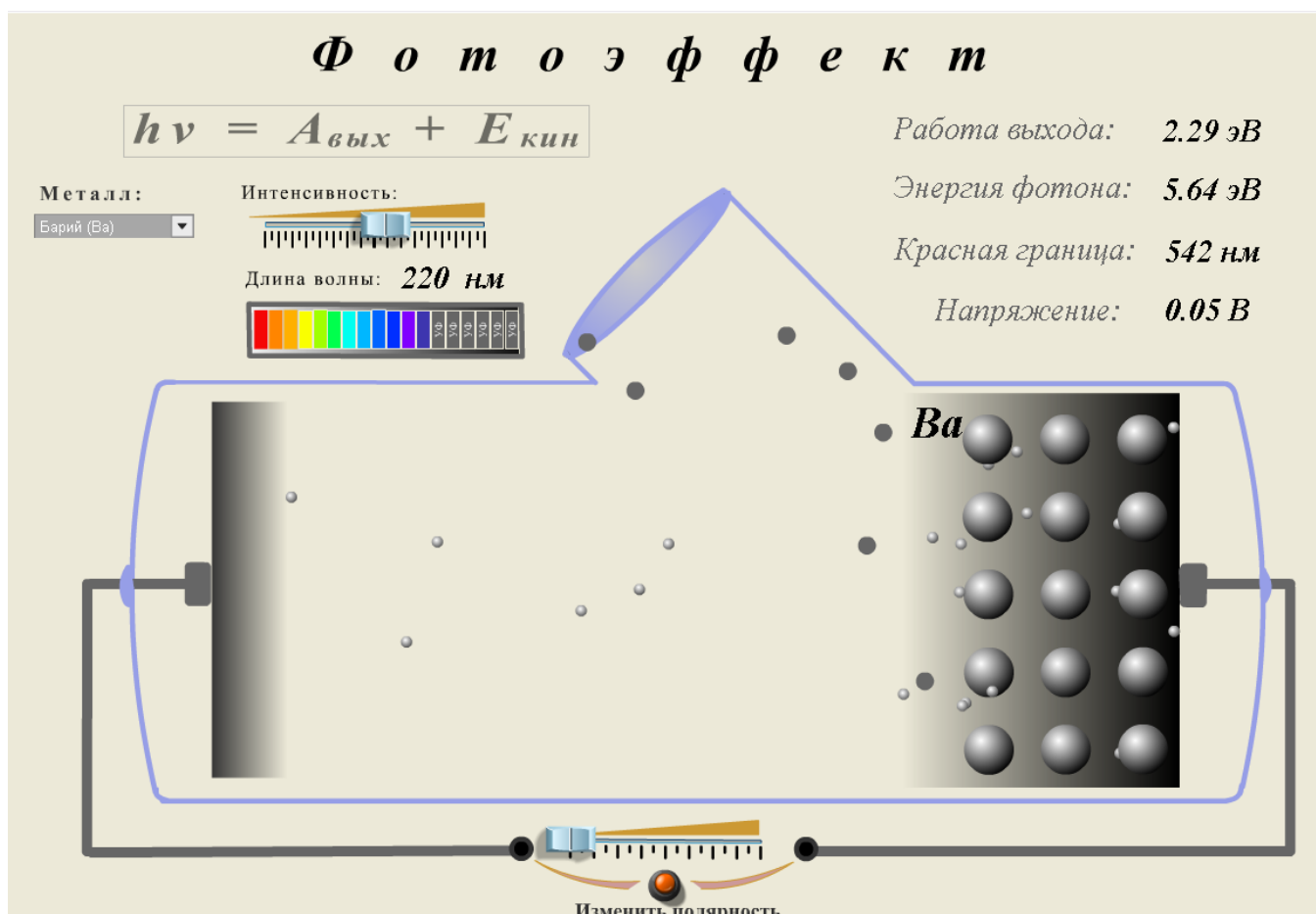
3.25 – rasmda Pd, Si va Va^+ ionlari bilan $E_0 = 1$ keV energiya va $D = 6 \cdot 10^{16}$ sm⁻² doza bilan bombardimon qilingan Si ning, hamda unga yuqori haroratda ishlov berib, hosil qilingan BaSi₂ ning yupqa plyonkalari uchun fotoelektron spektrlar keltirilgan. Bu erda Pd va Si bitta taglikka o'rnatilgan va u Si ning Fermi sathini aniqlash uchun xizmat qiladi



3.7 – rasn.



3.8 – rasm.

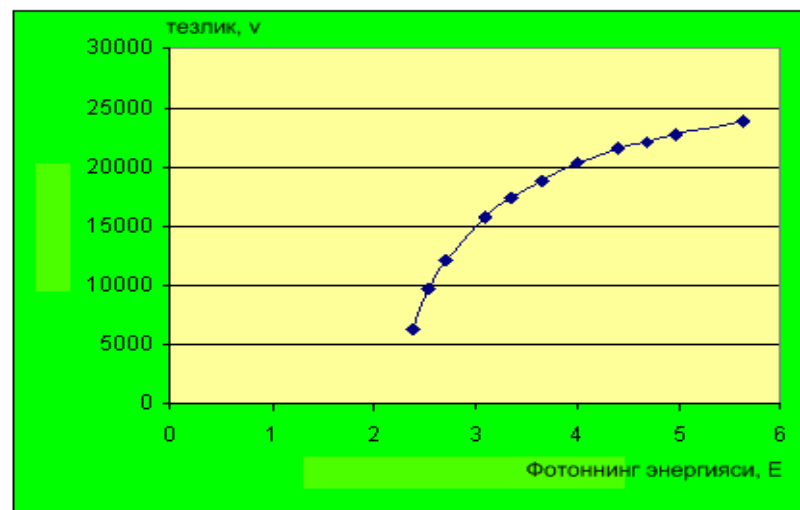


3.9 – rasm.

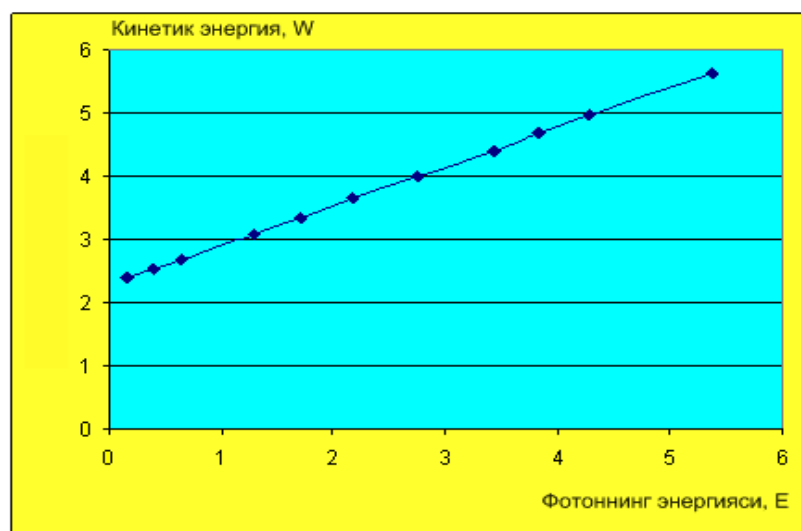
3.1 – jadval.

№	Element	λ , nm	A_{chiq} , eV	h , J·s	s , m/s	W_k , eV	E_f , eV	m_f , 10^{-27} , kg	v_e , m/s
1	Ba	220	2,29	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	5,363	5,64	$3,008 \cdot 10^{-27}$	23886,41724
2	Ba	250	2,29	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	4,28	4,96	$2,645 \cdot 10^{-27}$	22753,9433

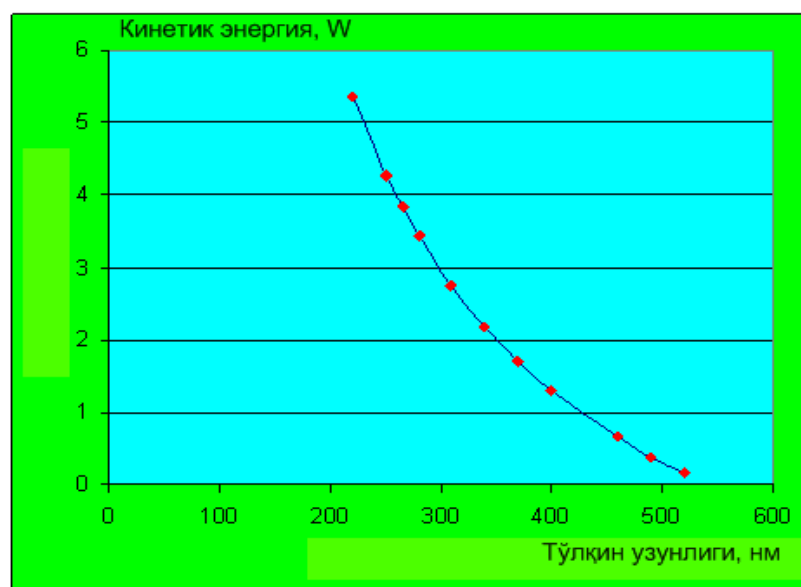
3	Ba	265	2,29	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	3,83	4,68	$2,496 \cdot 10^{-27}$	22160,08083
4	Ba	280	2,29	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	3,42	4,4	$2,346 \cdot 10^{-27}$	21623,40002
5	Ba	310	2,29	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	2,74	4	$2,133 \cdot 10^{-27}$	20282,20259
6	Ba	340	2,29	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	2,17	3,65	$1,946 \cdot 10^{-27}$	18918,03432
7	Ba	370	2,29	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	1,70	3,35	$1,786 \cdot 10^{-27}$	17467,58653
8	Ba	400	2,29	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	1,30	3,1	$1,653 \cdot 10^{-27}$	15868,41049
9	Ba	460	2,29	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	0,65	2,7	$1,44 \cdot 10^{-27}$	12049,81608
10	Ba	490	2,29	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	0,39	2,53	$1,349 \cdot 10^{-27}$	9605,596497
11	Ba	520	2,29	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	0,15	2,33	$1,242 \cdot 10^{-27}$	6242,601028
12	Ba	550	2,29	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	-0,053	2,26	$1,205 \cdot 10^{-27}$	-
13	Ba	580	2,29	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	-0,239	2,14	$1,141 \cdot 10^{-27}$	-
14	Ba	610	2,29	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	-0,408	2,03	$1,082 \cdot 10^{-27}$	-



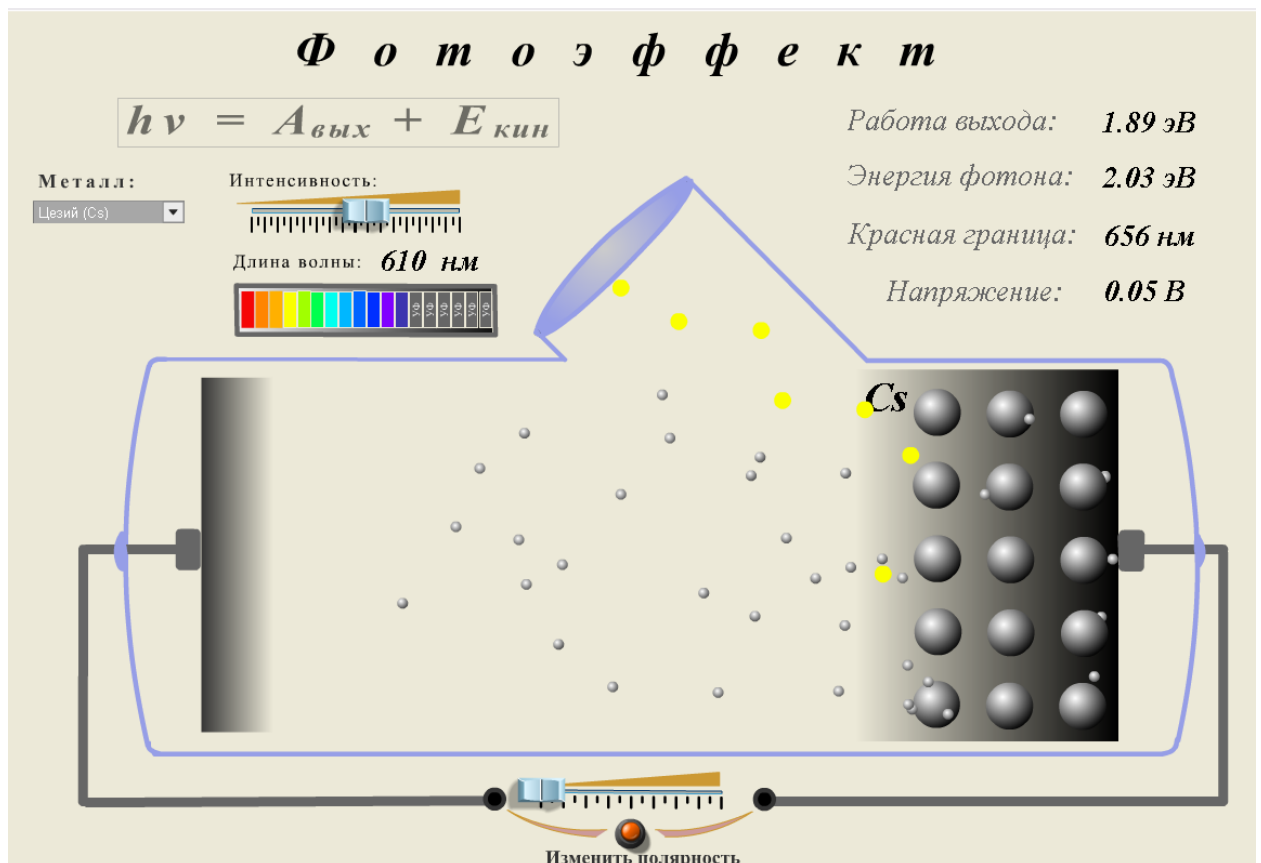
3.10 – rasm.



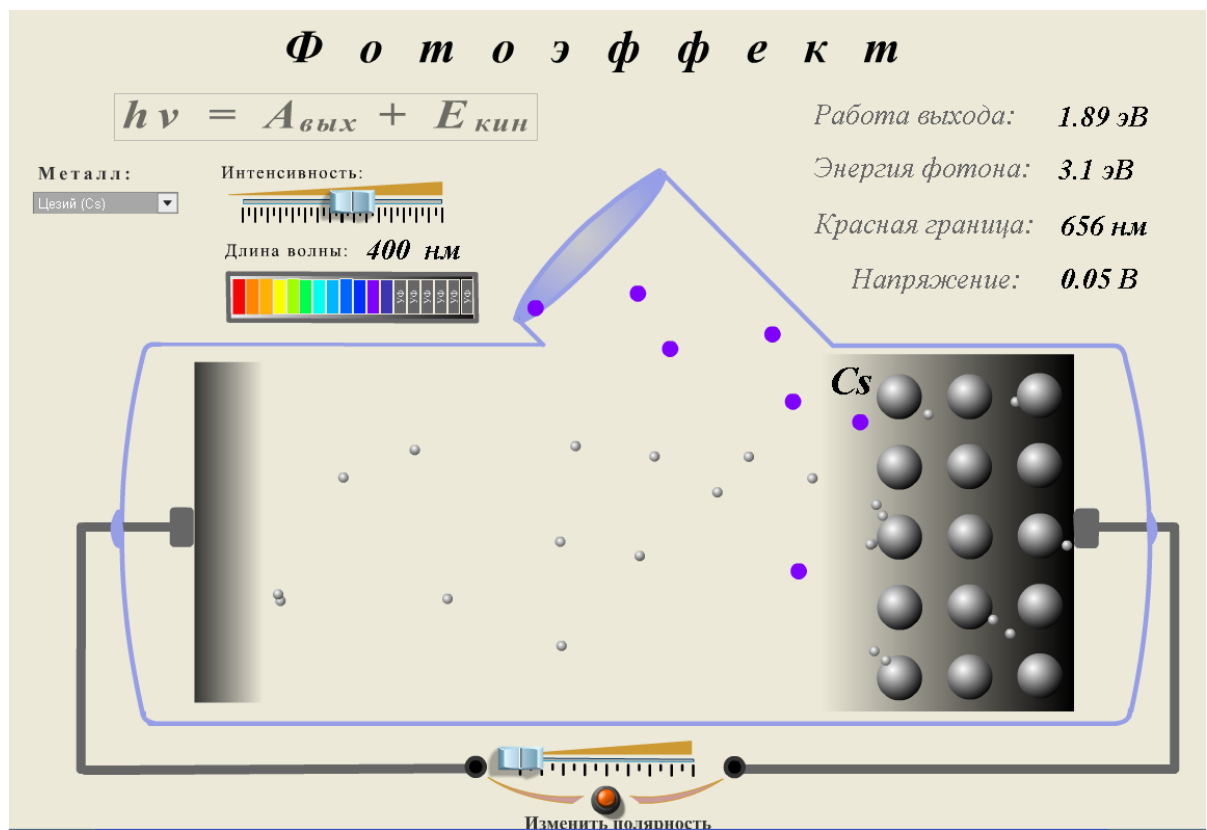
3.11 – rasm.



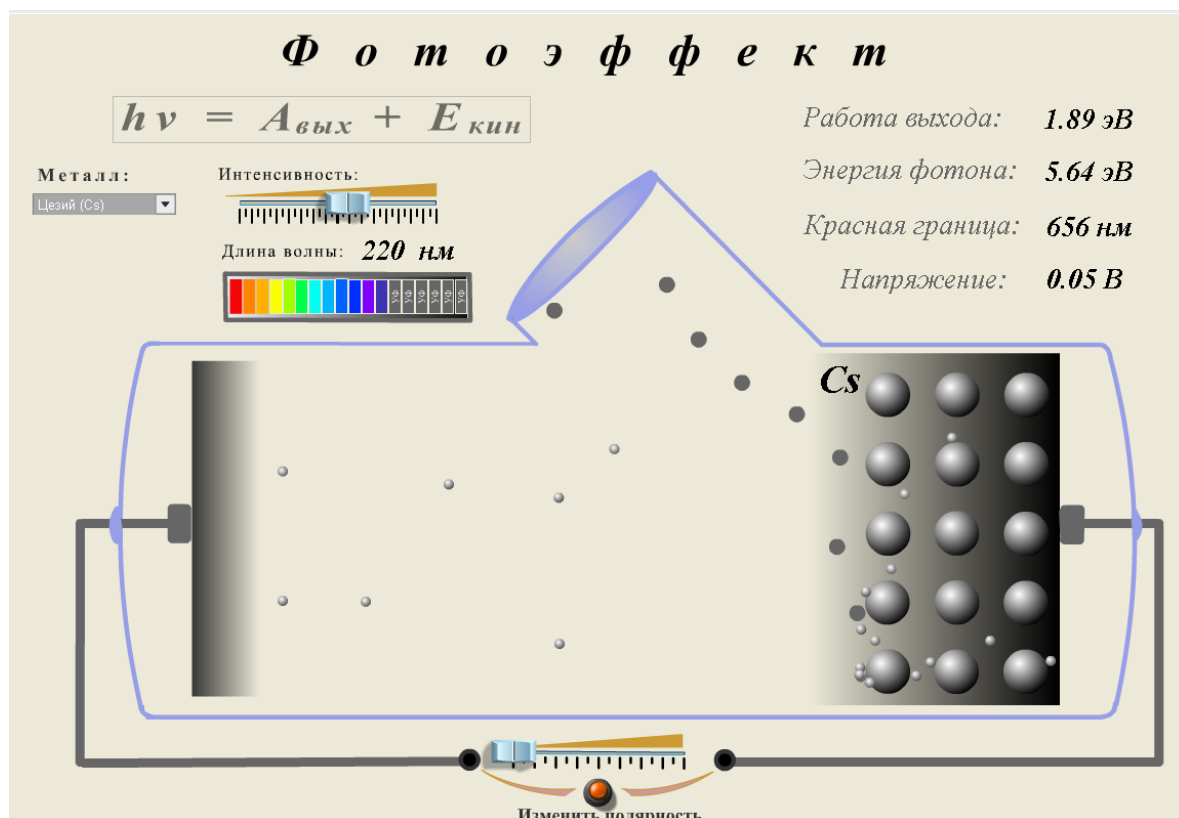
3.12 – rasm.



3.13 – rasm.



3.14 – rasm.

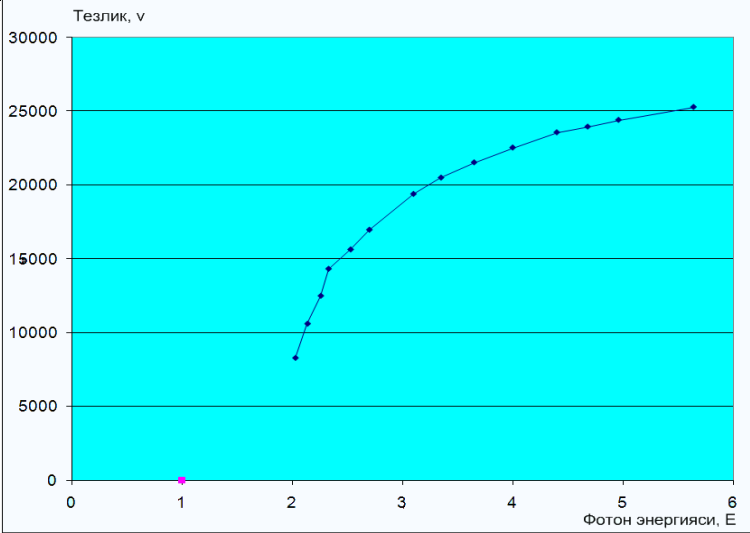


3.15 – rasm.

3.2 – jadval

№	Element	λ , nm	A_{chiq} , eV	h , J·s	s , m/s	W_k , eV	E_f , eV	m_f , 10^{-27} , kg	v_e , m/s
1	Cs	220	1,89	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	6,003272727	5,64	$3,008 \cdot 10^{-27}$	25271,44703
2	Cs	250	1,89	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	4,92	4,96	$2,645 \cdot 10^{-27}$	24395,92774
3	Cs	265	1,89	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	4,470339623	4,68	$2,496 \cdot 10^{-27}$	23939,93451
4	Cs	280	1,89	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	4,068857143	4,4	$2,346 \cdot 10^{-27}$	23555,13014
5	Cs	310	1,89	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	3,382451613	4	$2,133 \cdot 10^{-27}$	22524,82501
6	Cs	340	1,89	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	2,817176471	3,65	$1,946 \cdot 10^{-27}$	21519,70032
7	Cs	370	1,89	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	2,343567568	3,35	$1,786 \cdot 10^{-27}$	20487,64127
8	Cs	400	1,89	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	1,941	3,1	$1,653 \cdot 10^{-27}$	19382,39973
9	Cs	460	1,89	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	1,293391304	2,7	$1,44 \cdot 10^{-27}$	16953,47427

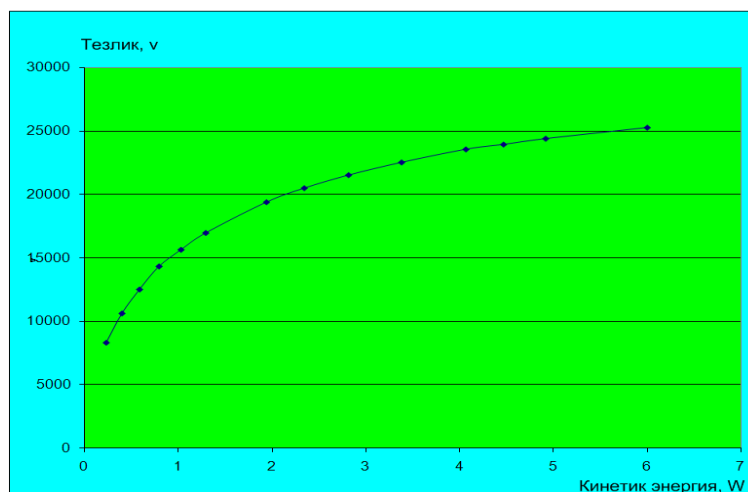
10	Cs	490	1,89	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	1,029061224	2,53	$1,349 \cdot 10^{-27}$	15621,97619
11	Cs	520	1,89	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	0,795230769	2,33	$1,242 \cdot 10^{-27}$	14310,15219
12	Cs	550	1,89	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	0,586909091	2,26	$1,205 \cdot 10^{-27}$	12482,65087
13	Cs	580	1,89	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	0,400137931	2,14	$1,141 \cdot 10^{-27}$	10591,89336
14	Cs	610	1,89	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	0,231737705	2,03	$1,082 \cdot 10^{-27}$	8276,104333



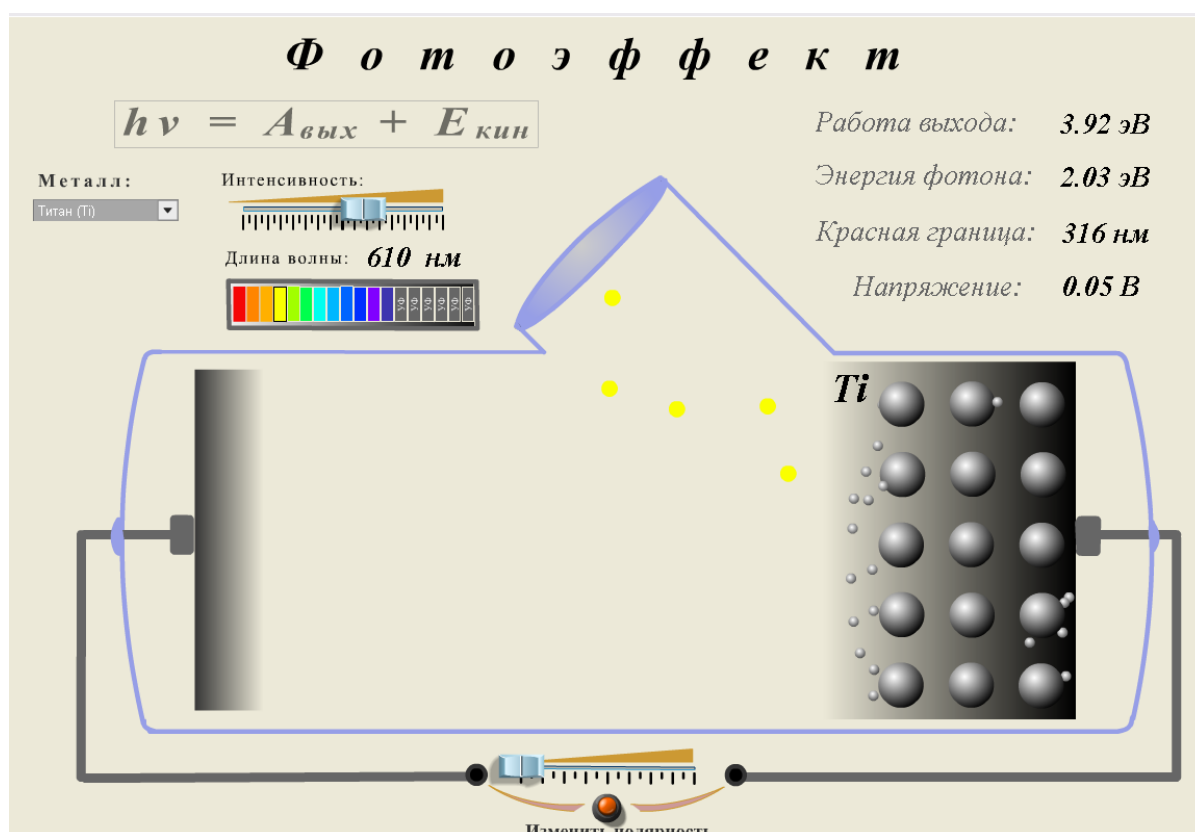
3.16 – rasm.



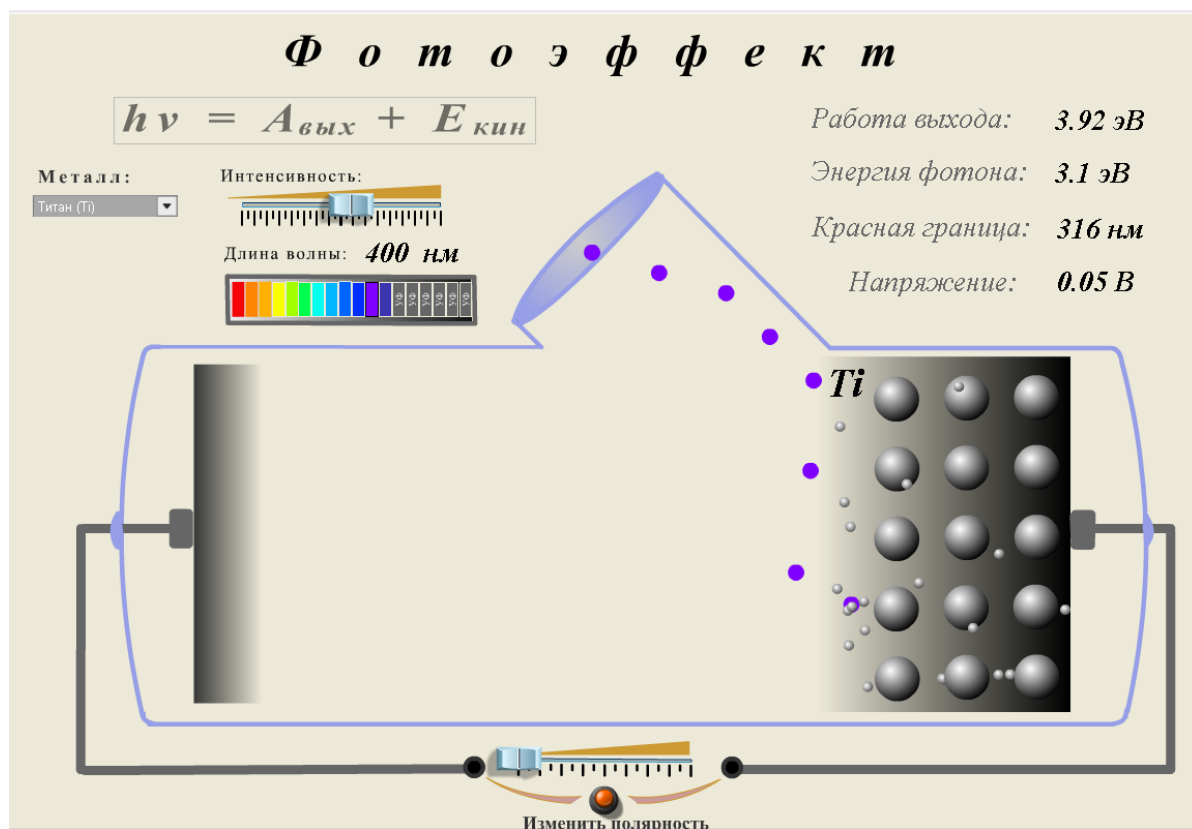
3.17 – rasm.



3.18 – rasm.



3.19 – rasm.



3.20 – rasm.

Ф о т о э ф ф е к т

$$h\nu = A_{\text{вых}} + E_{\text{кин}}$$

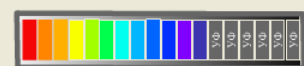
Металл:

Титан (Ti)

Интенсивность:



Длина волны: 220 нм

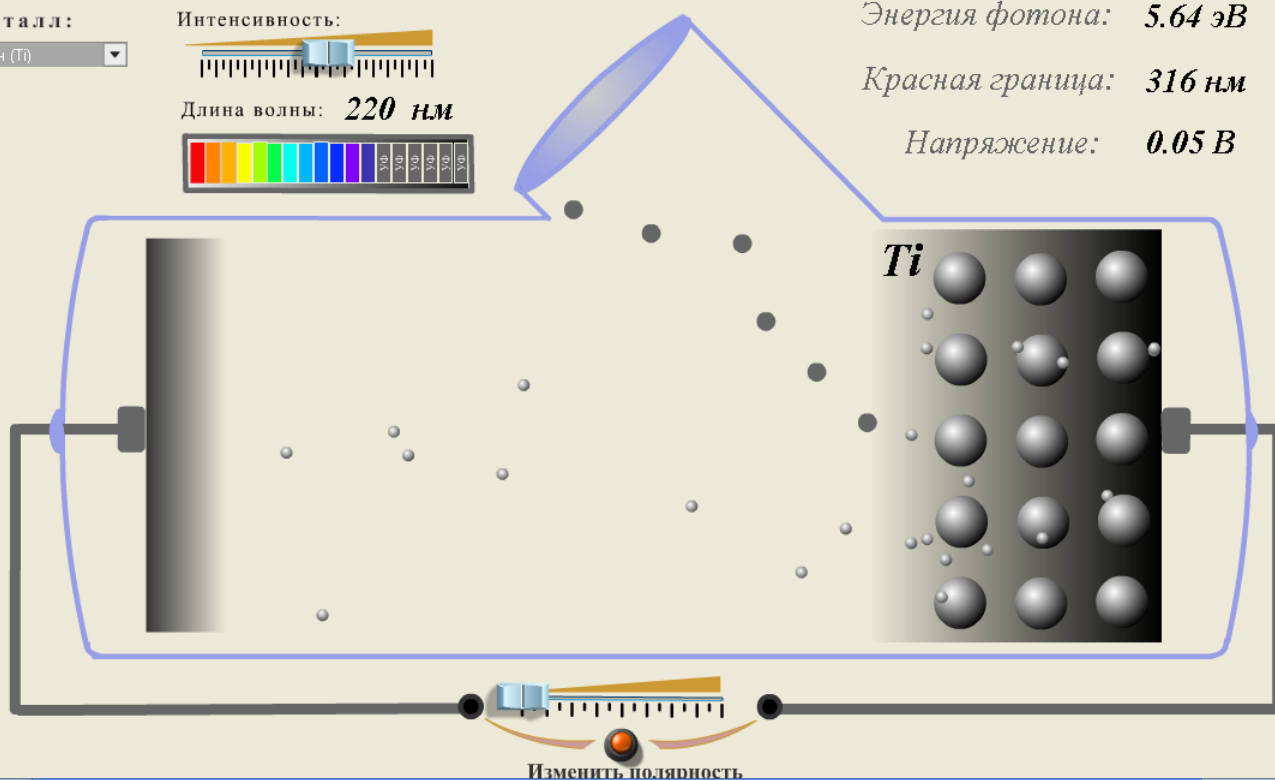


Работа выхода: 3.92 эВ

Энергия фотона: 5.64 эВ

Красная граница: 316 нм

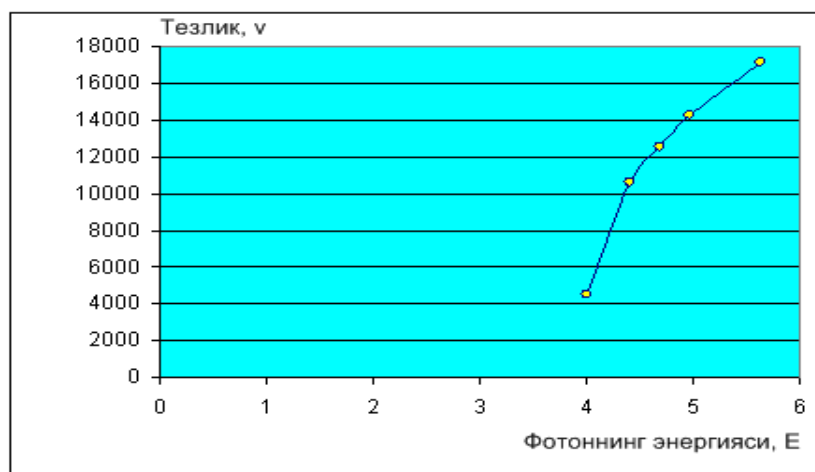
Напряжение: 0.05 В



3.21 – rasm.

3.3 – jadval.

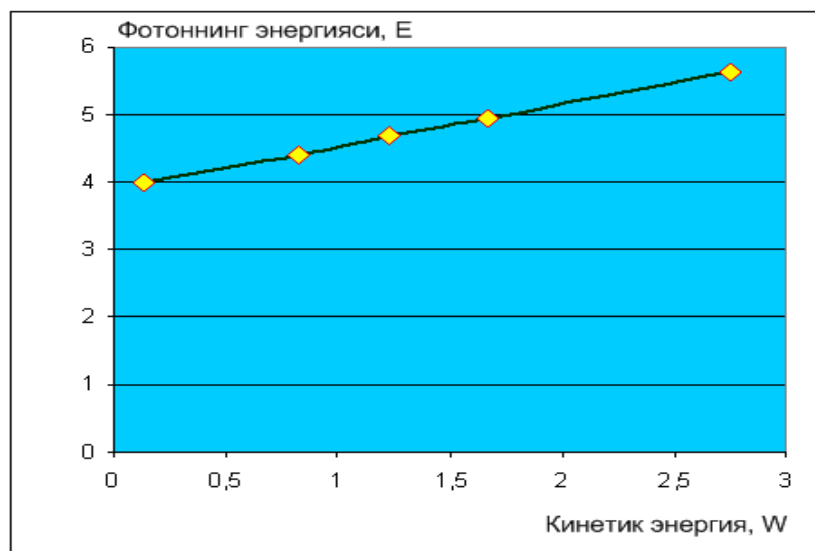
№	Element	λ , nm	A_{chiq} , eV	h , J·s	s , m/s	W_k , eV	E_f , eV	m_f , 10^{-27} , kg	v_e , m/s
1	Ti	220	3,92	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	2,755272727	5,64	$3,008 \cdot 10^{-27}$	17120,57592
2	Ti	250	3,92	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	1,672	4,96	$2,645 \cdot 10^{-27}$	14221,74618
3	Ti	265	3,92	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	1,222339623	4,68	$2,496 \cdot 10^{-27}$	12518,39479
4	Ti	280	3,92	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	0,820857143	4,4	$2,346 \cdot 10^{-27}$	10579,93691
5	Ti	310	3,92	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	0,134451613	4	$2,133 \cdot 10^{-27}$	4490,850914
6	Ti	340	3,92	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	-0,43082352	3,65	$1,946 \cdot 10^{-27}$	-
7	Ti	370	3,92	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	-0,9044324	3,35	$1,786 \cdot 10^{-27}$	-
8	Ti	400	3,92	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	-1,307	3,1	$1,653 \cdot 10^{-27}$	-
9	Ti	460	3,92	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	-1,95460869	2,7	$1,44 \cdot 10^{-27}$	-
10	Ti	490	3,92	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	-2,21893877	2,53	$1,349 \cdot 10^{-27}$	-
11	Ti	520	3,92	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	-2,45276923	2,33	$1,242 \cdot 10^{-27}$	-
12	Ti	550	3,92	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	-2,66109090	2,26	$1,205 \cdot 10^{-27}$	-
13	Ti	580	3,92	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	-2,84786206	2,14	$1,141 \cdot 10^{-27}$	-
14	Ti	610	3,92	$6,62 \cdot 10^{-34}$	$3 \cdot 10^8$	-3,01626229	2,03	$1,082 \cdot 10^{-27}$	-



3.22 – rasm.

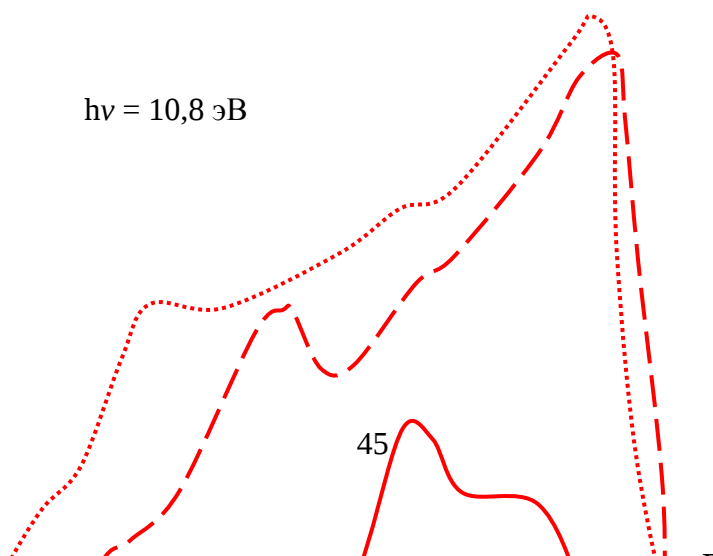


3.23 – rasm.



3.24 – rasm.

$$h\nu = 10,8 \text{ эВ}$$



N(E)

3.25 – rasm. Ultrabinafsha nurlarning fotoelektron spektrlari. 1 – Pd; 2 – Si (111) n – tip; 3 – $\text{Ba}^+ \rightarrow \text{Si (111)}$, $E_0 = 1 \text{ keV}$, $D = 6 \cdot 10^{16} \text{ sm}^{-2}$, $T = 300 \text{ K}$; 4 – $\text{Ba}^+ \rightarrow \text{Si (111)}$, $T = 1100 \text{ K}$.

(Kontaktidagi barcha materiallarning Fermi sathlari bitta sathda (chiziqda) yotadi). Avvaliga Pd ning zona parametrlarini topamiz. Pd uchun $E_v = E_c - E_F$. E_v ning qiymati fotoelektron chiqish ishi F orqali topiladi:

$$h\nu = F + \Delta E \text{ dan } F = h\nu - \Delta E$$

ΔE – spektrning kengligi, $h\nu = 10,8 \text{ eV}$. Rasmdan ko‘rinadiki, Pd uchun $\Delta E = 5,7 \text{ eV}$. U holda $F_{Pd} = 10,8 \text{ eV} - 5,1 \text{ eV}$.

Demak, Pd uchun $E_v = E_F$ sath vakuum sathidan (E_v) $5,1 \text{ eV}$ pastda joylashar ekan. ΔE ning qiymati nishon – kollektor orasidagi kontakt potentsiallar farqiga bog‘liq. Kollektorning (Ti dan tayyorlangan) chiqish ishi $F = \phi = 4,5 \text{ eV}$. Demak Pd va kollektor uchun $eU_{KPF} = \phi_{kol} - \phi_{Pd} = -0,6 \text{ eV}$ (3.25 – rasm). Endi r – tip Si (111) ning zona parametrlarini aniqlaymiz. $\Delta E_{Si} = 5,5 \text{ eV}$ bo‘lganligi uchun

$$\Phi_{Si} = E_{v_{Si}} = h\nu - \Delta E_{Si} = (10,8 - 5,5) \text{ eV} = 5,3 \text{ eV}$$

Si uchun ta‘qiqlangan zona kengligi $E_g \approx 1,1 \text{ eV}$ ligini inobatga olsak, uning elektronga moyilligi:

$$\chi_{Si} = \Phi - E_g = 5,3 - 1,1 = 4,2 \text{ eV}$$

Fermi sathi holatiga asosan termoelektron chiqish ishini aniqlaymiz:

$$\phi_{Si} \approx E_{v_{Si}} - \delta_s = 5,3 \text{ eV} - 0,5 \text{ eV} = 4,8 \text{ eV}$$

Bu erda δ_s valent zonasining eng yuqori sathi E_v va Fermi sathi E_F orasidagi energetik masofa.

3.25 – rasmdan ko‘rinadiki, $\delta_s \approx 0,5 \text{ eV}$, u holda Si va kollektor orasidagi KPF:

$$eU_{KPF} = \phi_{kol} - \phi_{Si} = 4,5 - 4,8 = -0,3 \text{ eV}$$

Si uchun δ_s ning (E_v va E_F orasining) qiymati ancha kattaligi Si – vakuum chegarasida zonalarining pastga egilishi tufayli deb qarash mumkin. Hajmda E_v va E_F orasidagi masofa V_s juda kichik ($0,01 \text{ eV}$) ekanligini hisobga olinsa chegarada zonalarining egilish kattaligi $\Delta \approx 0,4 - 0,5 \text{ eV}$ bo‘lishi mumkin deb baholash mumkin (3.26 – rasm).

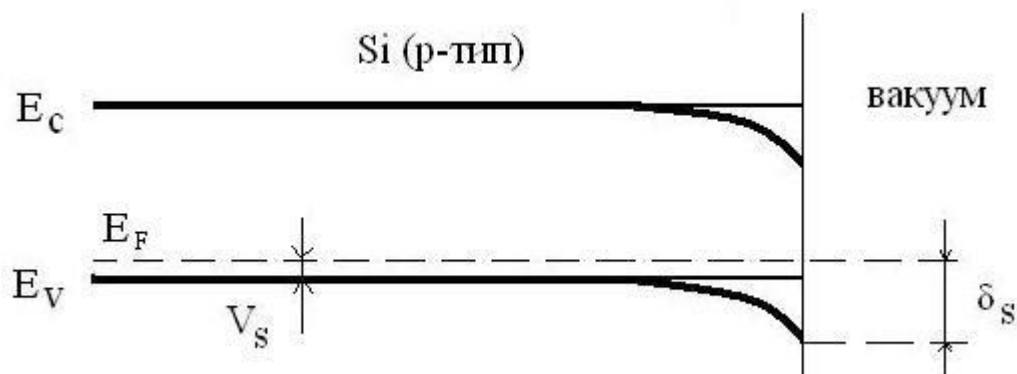
Si ni Va ionlari bilan bombardimon qilinganda uning yuza qatlamlari kristall panjarasi buziladi, bu qatlamlarda Va atomlari o'tirib qoladi, yangi birikmalar hosil bo'ladi. Shuning uchun Va^+ ionlari implantatsiya qilingan kremniyning UBFES spektri toza Si ning spektridan keskin farq qiladi: spektrning kengligi ΔE kattalashadi, undagi maksimum va minimumlarning joyi va intensivliklari o'zgaradi, spektrning boshlang'ich qismida kichik intensivlikli va o'rtacha kengligi 0,2 – 0,3 eV bo'lgan yangi maksimum hosil bo'ladi. Spektrning boshlang'ich (yuqori energiyali) qismi 0,2 – 0,3 eV surilishi valent zona yaqinida defektlar hisobiga tig'iz energetik zonalari hosil bo'lishi, spektrning kichik energiyali qismining $\sim 1 - 1,5$ eV kengayishi esa Si chiqish ishining kamayishi bilan tushuntiriladi. Spektrning yuqori energiyali sohasida yangi maksimumning hosil bo'lishi esa o'tkazuvchanlik zona yaqinida $n -$ tipdagi tig'iz joylashgan elektron sathlar hosil bo'lishi bilan tushuntiriladi. Shuning uchun ham E_F ning joyi yuqori energetik sohaga keskin siljigandek bo'lib ko'rinadi. Spektrning maksimum va minimumlar intensivligi va joylarining o'zgarishi BaSi, BaSi birikmalari, Ba va Si ning birikma hosil qilmagan ortiqcha atomlari vujudga kelishlari sababli ro'y berishi mumkin. Va implantatsiya qilingan Si zonalari uchun quyidagi parametrlar mos keladi: $F_{il} = 2,4$ eV = $\phi_{il} = 2,4$ eV; $E_g = 0,7$ eV, $\chi = 2,4$ eV, $eU_{KRP} = \phi_{kol} - \phi_{il} = 4,5 - 2,4 = 2,1$ eV.

Ion implantatsiya qilingan kremniy 900 °S haroratda 30 minut qizdirilgandan keyin qalinligi 40 – 50 Å bo'lgan BaSi₂ plyonkasi hosil bo'ladi. Bu plyonka uchun olingan UBFES 3.25 – rasmning 4 – egri chizig'ida aks ettirilgan. Spektrni tahlil qilib uning zonalari parametrlarini aniqladik: $F \approx 4$ eV, $\phi = 3,9$ eV, $\chi = 3,3$ eV, $E_g = 0,7$ eV. Bu erda E_g ning qiymatini adabiyotlardan oldik (Uning qiymatini UBFES bilan birgalikda to'la toklar spektroskopiyasi (TTS) usulini qo'llab aniqlash mumkin).

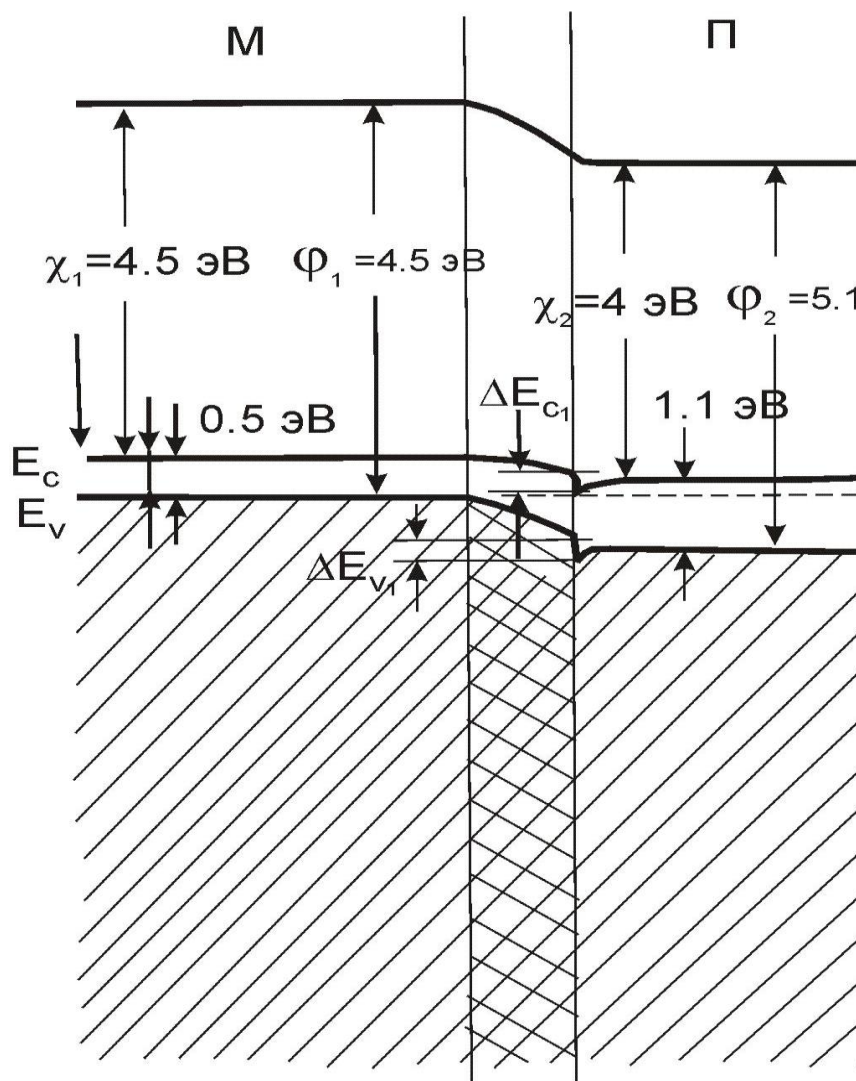
3.6. Ultrabinafsha nurlar elektron spektrlari asosida yupqa plyonkalar va chegaraviy qatlamlarning energetik diagrammalarini tuzish

UBFES usuli hozirgi vaqtda qattiq jism yuzalari, nanomateriallar, yupqa va chegaraviy qatlamlarning elektron tuzilishini aniqlashda eng asosiy omil bo'lib xizmat qilmoqda. Ko'p hollarda UBFES ni TTS usuli bilan birgalikda qo'llab o'tkazuvchanlik zonasidagi bo'sh elektron sathlarning energetik taqsimoti to'g'risida ham ma'lumot olish mumkin. 3.27 – rasmda Si va BaSi₂ larning yupqa plyonkalari uchun energetik diagrammalar keltirilgan. Bu diagrammani tuzishda UBFES spektri (elektronlarning energetik taqsimot egri chizig'i) shakli valent zonada elektronlarning energetik taqsimoti bilan bir xil bo'ladi deb qabul qilingan.

Xuddi shu usul bilan ikki qatlamli, masalan yarim o'tkazgich – dielektrik tizim uchun energetik diagramma tuzish mumkin. Buning uchun avval kerakli qalinlikdagi birinchi plyonka taglik yuzasida hosil qilinadi va uning spektri yozib olinadi. Keyin uning ustiga sekin asta ikkinchi plyonka o'tqazila boshlaydi va har xil qalinliklarda (masalan 5, 10, 20 Å larda) energetik spektrlar yozib boriladi.



3.26 – rasm. Si va vakuum chegarasida zonalarning energetik sxemasi.



3.27 – rasm. $\text{BaSi}_2/\text{Ba}_x\text{Si}_y/\text{Si}$ sistemasi uchun energetik zonaviy diagramma.

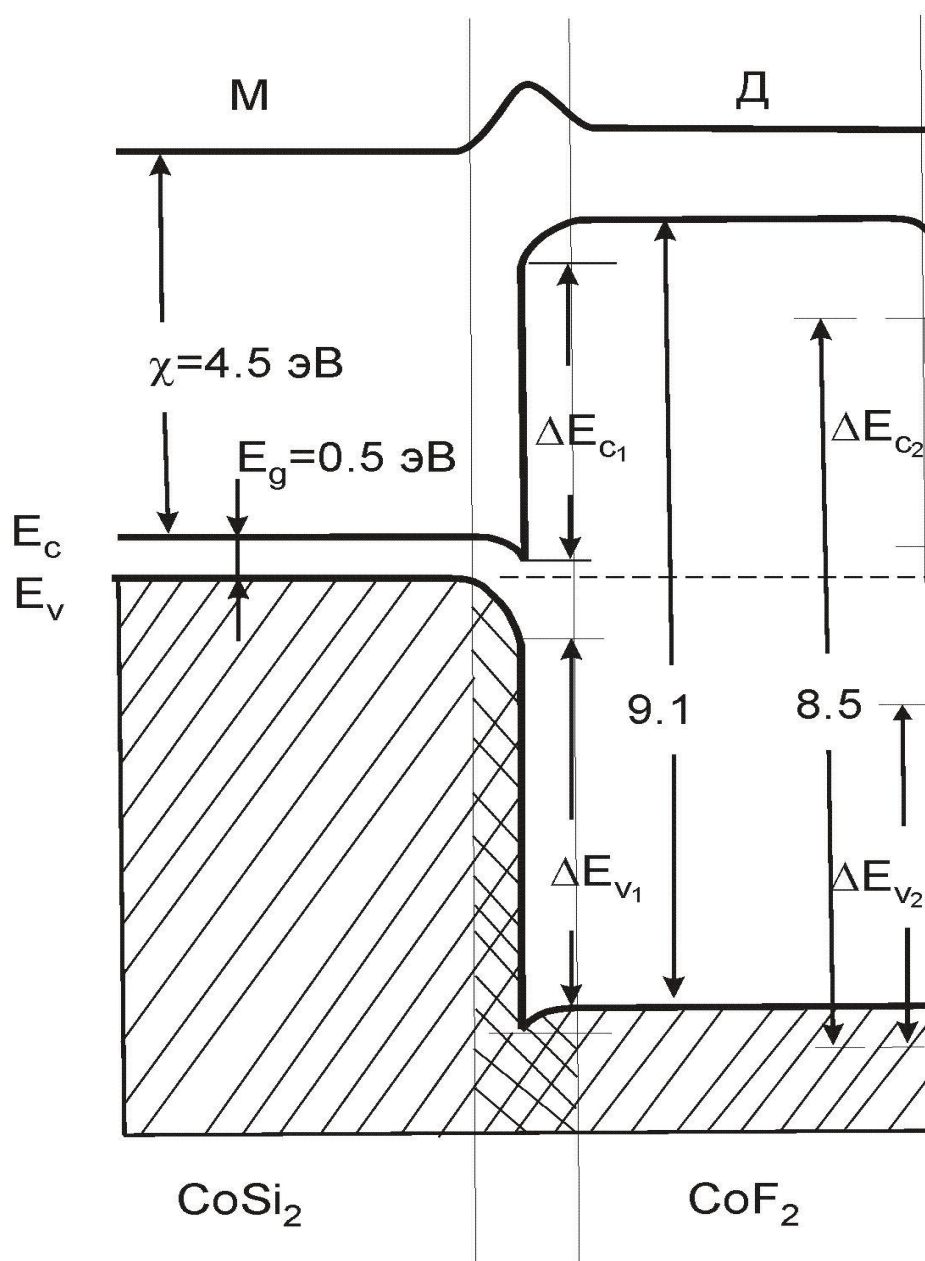
Ma'lum bir qalinlikdan boshlab energetik spektrning shakli o'zgarmay qoladi. Bu spektr o'tkazilgan plenka spektri deb, oraliqdagi spektrlarni esa o'tish qatlamiga mansub deb qaraladi. Quyidagi jadvalda qalinligi 100 E bo'lgan CoSi_2 va unga o'stirilgan CaF_2 ($\theta = 200$ E) plyonkasining UBFE spektrlaridan foydalanib hisoblangan energetik zona parametrlari keltirilgan.

3.4 – jadval

$\text{CoSi}_2/\text{CaF}_2$ tizimi energetik zonaviy parametrlari

Plyonka	E_V	E_F	E_g	χ
CoSi_2	4,5	4,6	0,5	4,0
CaF_2	10,1	4,7	9,1	1,0

Bu jadvaldan foydalanib $\text{CoSi}_2/\text{CaF}_2$ ikki qatlam tizimning elektron diagrammasi tuzildi (3.28 – rasm). CoSi_2 va CaF_2 larning panjara doimiylari deyarli bir xil bo'lganligi uchun ($a_{\text{CoSi}_2} = 5,41$ E, $a_{\text{CaF}_2} = 5,45$ E) ular orasidagi o'tish qatlami juda kichik ($40 - 50 \text{ \AA}$) bo'ladi.



3.28 – rasm. $\text{CoSi}_2/\text{CaF}_2$ sistemasi uchun energetik diagramma.

XULOSA

1. Fotoelektronlar emissiyasi va FES qurilmasining ishlash prinsipini mufassal o‘rganildi.
2. “Metallardan fotoelektronlar emissiyasining chiqish ishi va fotonlar energiyasiga bog‘liqligini o‘rganish” qurilmasining animatsiyasi yaratildi.
3. Fotonlar energiyasi va chiqish ishining fotoelektronlar emissiyasiga ta’siri o‘rganildi.
4. Ultrabinafsha nurlar fotoelektron spektroskopiyasi usuli yordamida ion implantatsiya usuli bilan hosil qilingan plenkaning elektron tuzilishi o‘rganildi.
5. BaSi_2/Si va $\text{CoSi}_2/\text{CaF}_2$ tizimlarining tahminiy elektron diagrammalari tuzildi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Бехштедт Ф., Эндерлайн Р. Поверхности и границы раздела полупроводников. М.:Мир. 1990. 480с.
2. Умирзаков Б.Е. Қаттиқ жисм юзаларини текшириш усуллари. Ўқув қўлланма. ТДТУ. 1995. 64б.
3. Ченг Л., Плог К.Ю Молекулярно-лучевая эпитаксия и гетероструктуры. Москва.:Мир. 1989. 560с.
4. http://www.intel.com/technology/itj/2002/volume06issue02/art05_transistorarch/p05_architecture.htm
5. Нормуродов М.Т., Умирзаков Б.Е., Пармонқулов И.П. Электрон техника материалларининг технологияси. Тошкент. «Меһнат» 2004. 310б.
6. Умирзаков Б.Е., Ташмухамедова Д.А. Электронная спектроскопия нанопленок и наноструктур, созданных ионной имплантацией. Ташкент ТГТУ, 2004. 148 с.
7. Барыбин А.А. Электроника и микроэлектроника. Физико-технологические основы. Учебное пособие. Физматлит. 2006. 589с.
8. <http://www.ufn.ru/>
9. Ормонт Б.Ф. Введение в физическую химию и кристаллохимию полупроводников. М.: Высшая школа. 528с.
10. Нормуродов М.Т., Умирзаков Б.Е. Энергетические спектры поверхности твердых тел, имплантированных ионами низких энергий. Ташкент. Фан. 1989. 158с.
11. Нормуродов М.Т., Умирзаков Б.Е., Ражаббоев Р.Р. Қаттиқ жисм сиртларининг иккиламчи электрон спектроскопияси. Ўқув қўлланма. Тошкент. Конструктор. 1993. 66 б.
12. <http://www.phys.rsu.ru/web/nano/elements.html>
13. Касымов А.Х. Электрониканинг физикавий асослари. Ўқув қўлланма. Тошкент. Фан. 1997. 186 б.

14. Умирзаков Б.Е. Қаттиқ жисм юзалари ва чегаравий қатламларининг тузилиши. Маърузалар матни. ТДТУ. 2001. 84б.
15. В.А.Грибков, Ф.И.Григорьев, Б.А.Калин и др. Перспективные радиационно-лучевая технология обработки материалов. М.: Круглый год 2001. 528 с.
16. «SOI Technology: IBM next advance in chip design», //http: www.chips.ibm.com/bluelogic/showcase/soi.
17. Оура К., Лифшиис В.Г., Саранин А.А., Зотов А.В., Катаяма М. Введение в физику поверхности. М.: Наука. 2006. 490 с.
18. Неволин В. Зондовые нанотехнологии в электронике. М.: Техносфера. 2006. 160с.
19. Панкратов С., Панов В. Поверхности твердых тел. НиТ. Научные журналы. Наука и жизнь. 2 декабря 2002 г. (ранее опубликовано Наука и жизнь. 1986. №5, №6). <http://www.n-t.ru/nj/nz/1986/0501.htm>
20. Курганский С.И., Борщ Н.А. Геометрическая структура и спектральные характеристики электронных состояний кремниевых наночастиц. //Физика и техника полупроводников. 2004. т.38. вып. 5. с. 580 – 584.
21. Жакбаров О. WEB технологиялари. Услубий қўлланма. Наманган. 2007. 44 б.
22. Матросов А., Сергеев С., Чаунин К. HTML 4.0 в подлиннике. BHV-СПб, 2000.
23. Озеров А.Г., Алтухов А.А., Иванов В.В., Митягин А.Ю., Муравьев Э.Н., Орловский В.П., Тананаев И.В. Молекулярно-лучевая эпитаксия фторидов металлов на полупроводниках. //Известия Академии Наук СССР, серия «Неорганические материалы», 1990, т.26, № 9, с.1797-1808.
24. <http://www.flashmx.ru>
25. Colinge J.P. // Silicon-on-Insulator Technology: Materials to VLSI., 2nd Edition, published Sept.1997, Kluwer Academic Publishers, USA.
26. Громов Д.Г., Мочалов А.И., Соломатина Т.В., Евдокимов В.Л., Сулимин А.Д., Вахин И.А. "Дисилид кобальта в технологии КМОП СБИС субмикронного уровня: достоинства и проблемы формирования"; "Электронная промышленность, т.3, 2000, стр.34.

27. Алтухов А.А., Жирнов В.В., Митягин А.Ю., Шинкаренко В.В. «Эпитаксиальные гетероструктуры $\text{CoSi}_2/\text{CaF}_2$ (100) и $\text{Si}/\text{CoSi}_2/\text{CaF}_2$ (100)», VII Симпозиум по вторичной электронной, фотоэлектронным эмиссиям и спектроскопии поверхности твердого тела; тезисы докладов, г.Ташкент, 1990, стр.153-154.
28. Жирнов В.В., Житковский В.Д., Алтухов А.А. «Эпитаксиальные комбинации Si, CaF_2 и CoSi_2 », Материалы 2-го межрегионального совещания «Тонкие пленки в электронике», Москва-Йошкар-Ола, 1992 г., стр.6-13.
29. <http://www.flashblog.ru>
30. <http://www.dice.ucl.ac.be/soi/index.html>
31. Зигбан К., Нордлинг К. и др. Электронная спектроскопия (пер. с англ. под ред. Боровского И.Б.). М.: Мир. 1971. 330 с.
32. Гомоюнова М.В. Фотоэлектронная спектроскопия адсорбированных атомов и молекул. //ЖТФ. 1977. Т. 47, № 4. С. 673 – 707.
33. Зенгуил Э. Физика поверхности. М.: Мир. 1990. 536 С.
34. Немошкаленко В.В., Алешин В.Г. Электронная спектроскопия кристаллов. Киев: Наукова думка. 1976. 336 С.
35. Кирюхансев-Корнеев Ф.В., Шевейко А.Н., Левашов Е.А., Штанский Д.В. Перспективные наноструктурные покрытия для машиностроения. – Вопросы материаловедения, 2009, №2, с.187– 201.
36. Решетняк Е.Н., Стрельникий В.Е. Синтез упрочняющих наноструктурных покрытий. – Вопросы атомной науки и техники. Серия: Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение, 2008, №2, с.119–130.
37. Федосеенко С.И., Адамчук В.К., Мостовский А.А. и др. Исследование поверхностных свойств фотоактивных слоев селенида кадмия и гетероструктур на их основе методом фотоэлектронной спектроскопии. //Изв. АН СССР. Сер. Физ. 1976. Т.40. №8. С. 1615 – 1620.
38. Лифшиц В.Г. Электронная спектроскопия и атомные процессы на поверхности кремния. М.: Наука. 1985. 200 с.

39. Карлсон Т. Фотоэлектронная и оже-спектроскопия. /Л.: Машиностроение. 1981. 432 С.
40. Щульман А.Р., Фридрихов С.А. Вторично-эмиссионные методы исследования твердого тела. М.: Наука. 1977. 550 С.
41. Кораблев В.В. Электронная Оже-спектроскопия. ЛПИ им. М.И.Калинина, Л.: 1973, 57 С.
42. Умирзаков Б.Е., Ташмухамедова Д.А., Курбанов Х.Х. Оценка изменения параметров кристаллической решетки и энергетических зон при изменении размеров нанокристаллов и нанопленок силисидов, полученных ионной имплантацией // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – Москва, 2011. – № 7, – С. 91-95.
43. Праттон М. Введение в физику поверхности (состав и структура). Удмуртский государственный университет. Oxford. 2000. 216с.
44. <http://til.catalysis.ru/catalog.php?action=show&id=136&lang=ru&>
45. www.ioffe.rssi.ru/journals/ftt/
46. Tashatov A.Q. Yavqochdiyev M.O. “Aralashmasiz yarim o‘tkazgichliklarni energitik zona paramertlarini fotoelektron spektroskopiyasi yordamida aniqlash”. “Fan taraqqiyot va yoshlar” Qarshi 2012 y 69 b
47. Tashatov A.Q. Yavqochdiyev M.O. “Nanotexnologiyaning dolzarb vazifalari va muammolari” “Fan taraqqiyot va yoshlar” Qarshi 2012 y 82 b
48. Tashatov A.Q. Yavqochdiyev M.O., Ismoilov D.M., “Yupqa ko‘p qatlamli plyonkalar hosil qilish va ularni xususiyatlarini o‘rganish” “QarDu xabarlari” 2013y 16 b.