

Fotorezistorlarning asosiy parametrlari va xususiyatlari asosida PbS hamda TiO₂ asosidagi ortiqcha tok tashuvchilar kontsentratsiyasini ortishi ularini modellashtirish.

Mamatkarimov Odiljon Oxundedayevich¹.

Fizika-matematika fanlari doktori, professor.

Kuchqarov Bexzod Xoshimjanovich¹.

Fizika-matematika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD).

Бахромов Боходиржон Мирзаабдулла ўғли²

¹*Namangan muxandislik-texnologiya instituti.*

²*Миллий университет ҳузуридаги Ярим ўтказгичлар физикаси ва микроэлектроника илмий тадқиқот институти мақсадли таянч докторанти.*

email: bxquchqarov@mail.ru

tel: 998939269686

Anotatsiya. Fotorezistorlarni ishlab chiqishdagi muammolar PbS hamda TiO₂ ga juda ko'p asarlar bag'ishlangan bo'lib, ular qisman foydalanilgan adabiyotlar ro'yxatida keltirilgan, lekin asosan ushbu fotodetektorlardan foydalanganligi sababli yopiq xarakterga ega va muallifga kirish imkoni yo'q. Shunga qaramay, ushbu ish mavzuga mutlaqo yangi yondashuv sifatida qarash imkonini beradi: fotosensitiv elementlarni ularning atrof-muhit bilan o'zaro ta'sirida ko'rib chiqish va fotorezistor parametrlarini optimallashtirish uchun ushbu o'zaro ta'sirdan foydalanish, hamda uning matematik modelini yaratish muhim deb qaralmoqda.

Kalit so'z. Signal oqimini, zaryad, fotodetektor, kvant yorig'lik energiyasi, yutilish koeffitsienti, radiatsiya, kvant rentabelli, birlik hajmi, yorug'lik oqimi, foton oqimi, yutish koeffitsienti, yuqori nurlanish, Fotodetektor, fotodetektor, monoxromatik, monokristal, modulyatsiya, fotopryomnik, Fotorezistor nurlanishi.

Маматкаримов Одилжон Охундаевич¹.

Доктор физика-математических наук, профессор,

Кучқаров Бехзод Хошимжанович.¹

Доктор философских наук по физике и математике (PhD),

Бахромов Боходиржон Мирзаабдулла ўгли²

¹*Наманганский инженерно-технологический институт.*

²*Докторант НИИ физики полупроводников и микроэлектроники Национального университета им.*

email: bxquchqarov@mail.ru

tel: 998939269686

Аннотация. Проблемы разработки фоторезисторов, многие работы посвящены PbS и TiO₂, которые частично указаны в библиографии, но в основном из-за применения этих фотоприемников они носят закрытый характер и не имеют доступа к автору. Тем не менее, данная работа позволяет взглянуть на тему как на совершенно новый подход: рассмотреть светочувствительные элементы в их взаимодействии с окружающей средой и использовать это взаимодействие для оптимизации параметров фоторезистора, а также создать математическую модель его работы. считается важным.

Ключевые слово: Поток сигнала, заряд, фотодетектор, квантовая световая энергия, коэффициент поглощения, излучение, квантовый выход, единица объема, световой поток, поток фотонов, коэффициент поглощения, сильное излучение, фотодетектор, фотодетектор, монохроматический, монокристалл, модуляция, фотопучок, фоторезисторное излучение.

Mamatkarimov Odiljon Oxundedayevich¹.

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor,

Kuchkarov Bekhzod Khoshimjanovich¹.

Doctor of Philosophy (PhD) in Physical and Mathematical Sciences.

Bakhromov Bohodirjon Mirzaabdulla o'g'li²

¹Namangan Engineering and Technology Institute.

²Doctoral student of the Scientific Research Institute of Semiconductor Physics and Microelectronics under the National University.

email: bxquchqarov@mail.ru

tel: 998939269686

Annotation. Problems in the development of photoresistors, many works are devoted to PbS and TiO₂, which are partially listed in the bibliography, but mainly due to the use of these photodetectors, they are closed and do not have access to the author. Nevertheless, this work allows us to look at the topic as a completely new approach: consider photosensitive elements in their interaction with the environment and use this interaction to optimize the parameters of the photoresistor, as well as create a mathematical model of its operation. considered important.

Key words: Signal flux, charge, photodetector, quantum light energy, absorption coefficient, radiation, quantum yield, unit volume, luminous flux, photon flux, absorption coefficient, strong radiation, photodetector, photodetector, monochromatic, single crystal, modulation, photobeam, photoresistive radiation.

Kirish. Yarimo'tkazgich xossasiga ega PbS hamda TiO₂ asosidagi ko'p qatlamli strukturalardan tashkil topgan quyosh elementlarining optik xususiyatlari birinchi bo'lib Shvetsiya Federal Texnologiya institutining professori Maykl Gratsel va uning jamoadoshlari tomonidan o'rganilgan. Ushbu ishda biz ham Eng oddiy holatda, ortiqcha tashuvchilarning kontsentratsiyasining ortishi ularning optik xususiyatlaridan kelib chiqib turli xil qalinlikdagi namunalardan tajriba ishlarini olib bir biriga solishtirib ularning matematik modellash tizimini solishtirish orqali natijalar taxlil qilindi [1].

Tadqiqotlarning tavsifi va natijalari. Yarimo'tkazgich xossasiga ega PbS hamda TiO₂ asosidagi ko'p qatlamli strukturalardan tashkil topgan quyosh elementlarining tayyorlash texnologiyalarini, elektrofizik, fotoelektrik va fotogalvanik xarakteristikalarini hamda elektrolitdagi zaryad tashuvchilarning elektrofizik parametrlarini temperaturaga bog'liqligini tadqiq qilishdan iborat.

Matematik model xisoblash tajribasini o'tkazish haqiqiy obyektini tadqiq etish mumkin. Zaryad tashuvchilarning harakatchanlik vaqtini hisobga olgan holda hisoblash tajribalarining natijalari haqiqiy obyekt ustida olib boriladigan tajribaga qaraganda juda aniq emasligini ham olish kerak.

$$\Delta p = g \cdot \tau_p \quad (1)$$

ya'ni zaryad tashuvchilarning hosil bo'lish tezligi g va ularning ishlash muddati ko'paytmasiga teng [2].

$$g = \eta(\lambda) \cdot \alpha(\lambda) \cdot I / h\nu \quad (2)$$

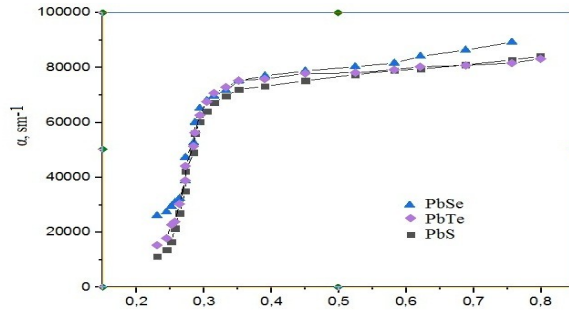
Bu erda $\eta(\lambda)$ - fotodetektorning samarali kvant rentabelligi, $\alpha(\lambda)$ - yutilish koeffitsienti radiatsiya. I - materialga o'tgan yorug'lik oqimining intensivligi. $h\nu$ - kvant yorug'lik energiyasi.

Bouger-Lambert-Beer qonuniga ko'ra, ushbu moddaning birlik hajmi uchun vaqt birligida so'rilgan yorug'lik energiyasi miqdori. [1].

$$\frac{dI}{dx} = I \cdot \alpha(\lambda) \quad (3)$$

bu erda N_ϕ - foton oqimining kuchi (Fotorezistor nurlanishi). fotodetektor.

PbS monokristallarining o'ziga xos xususiyati 1,5-3 mkm (1.2-rasm) hududida juda



yuqori nurlanishni yutish koeffitsienti bo'lib, undan foydalanishni optimallashtirish uchun qalinligi taxminan 1 mkm bo'lgan plastinka kerak bo'ladi, bu Infraqizil to'lqin uzunligi Fotorezistor kristallaridan bir necha baravar yupqaroqdir [3-4].

1.2-rasm - Qo'rg'oshin xalkogenidlaridagi yutilish koeffitsientlarining 300 K da foton energiyasiga bog'liqligi. PbTe, PbSe, PbS qo'rg'oshin xalkogenidlariga qo'llaniladigan yarim o'tkazgichlarni o'rganish usullari.

Ortiqcha zaryad tashuvchilarning statsionar kontsentratsiyasi bir xil hosil bo'lish farazi ostida aniqlanishi mumkin. Shuning uchun:

$$\Delta n_{cm} = g_n \cdot \tau_n = \eta(\lambda) \cdot \alpha(\lambda) \cdot I \cdot \tau_n / h\nu \quad (4)$$

$$\Delta p_{cm} = g_p \cdot \tau_p = \eta(\lambda) \cdot \alpha(\lambda) \cdot I \cdot \tau_p / h\nu \quad (5)$$

Radiatsiya ta'sirida fotosensitiv strukturaning o'tkazuvchanligini oshirish quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$\Delta \sigma = q (\Delta n \cdot \mu_n + \Delta p \cdot \mu_p) = q \cdot \Delta p \cdot \mu_p \cdot (1+b) = q \cdot \eta(\lambda) \cdot \alpha(\lambda) \cdot N_\phi(\lambda) \cdot \mu_p \cdot \tau_n \cdot (1+b) \quad (6)$$

Bu erda $b = \mu_n / \mu_p$ - elektron va teshiklarning harakatchanligi nisbati, natijada, ortiqcha oqim - signal oqimi.

$$I_c = U_{\phi P} \cdot \Delta \sigma \cdot \frac{a \cdot d}{l} = U_{\phi P} \cdot q \cdot \Delta p \cdot \mu_p \cdot (1+b) = \frac{U_0}{2} \cdot \frac{a \cdot d}{l} \cdot q \cdot \mu_p \cdot (1+b) \cdot \tau_{\phi\phi} \cdot \eta(\lambda) \cdot \alpha(\lambda) \cdot N_\phi(\lambda) \quad (7)$$

Bu erda $U_{\phi P} = U_0 / 2$ - mos keladigan yuk rejimida ($R_n = R_m$)da) fotosensitiv elementning chiqishlariga qo'llaniladigan kuchlanish U_0 - fotosensitiv elementdagi egilish batareyasining kuchlanishi va yuk qarshiligi R_n . d - namuna qalinligi; a - kenglik; l - uzunlik, $\alpha \cdot l = A_{\phi\phi} \tau_{\phi\phi}$ - fotootkazuvchanlikning samarali bo'shashish vaqti, uning tashuvchining ishlash muddati bilan bog'liqligi quyida muhokama qilinadi.[5-6].

Yuqori samarali nurlanishni aniqlaydigan elektrotexnika va quvvatni avtomatlashtirish tizimlarida sifat mezoni fotodetektor - S_0 ning fotorezistor sezgirliigi hisoblanadi. Normallashtirilgan nurlanish kuchida uning o'tkazuvchanligining (σ) o'zgarishi.

$$\Delta \sigma = q \cdot \eta(\lambda) \cdot \tau \cdot N_\phi \cdot \mu \quad (8)$$

Fotodetektorning (fotodetektor) monoxromatik bo'lmagan nurlanishga integral sezgirliigi fotodetektorning chiqishidagi elektr miqdorining o'zgarishining ushbu nurlanishning miqdoriy xarakteristikasiga nisbati sifatida aniqlanadi. Har qanday energiya yoki fotometrik miqdor bo'yicha:

$$S_U = \frac{U_c}{\Phi_\phi}, \quad S_I = \frac{I_s}{\Phi_\phi} \quad (9)$$

Bu erda $U_c(I_c)$ - fotosignal kuchlanishining (oqimning) ildiz o'rtacha kvadrat qiymati, Φ_ϕ - nurlanish oqimining samarali qiymati.

Yoritish texnikasi va elektr energiyasini avtomatlashtirishda Φ_ϕ nurlanish manbai harorat 2360 va 2850° C bo'lgan cho'g'lanma chiroqdir. Past nurlanish intensivligi bo'lgan obyektlarni aniqlash va kuzatish uchun xizmat qiluvchi optoelektronik tizim uchun mos yozuvlar manbalari ko'rinishida qo'llaniladi. Mutlaq qora jismning modeli (mutlaqo qora jism), mahalliy amaliyotda

PbS dan fotorezistorning parametrlarini o'lchashda 300° C gacha va xorijiy manbalarga ko'ra - 500° C gacha qizdiriladi [7].

Bunday holda, radiatsiya oqimi formula bo'yicha hisoblanadi

$$\Phi_s = \frac{\sigma_{CB} \cdot (T_1^4 - T_0^4) \cdot F \cdot A_{\text{эфф}} \cdot \beta}{\pi \cdot L^2}, \quad (10)$$

bu erda σ_{CB} - Stefan-Boltzman doimiysi. T_1 - mutlaq qora jismning bo'shlig'ining harorati, K; T_0 - mutlaq qora jismning chiqish diafragmasining harorati, K; F - diafragmaning diafragma maydoni, qora jismli, fotodetektorning samarali fotosensitiv (nurlangan) maydonini ko'rib chiqamiz, sm^2 ; L - mutlaq qora jismning diafragmasi va fotodetektorning sezgir elementi tekisligi orasidagi masofa, sm^2 ; β - radiatsiya oqimining modulyatsiya shaklining koeffitsienti.

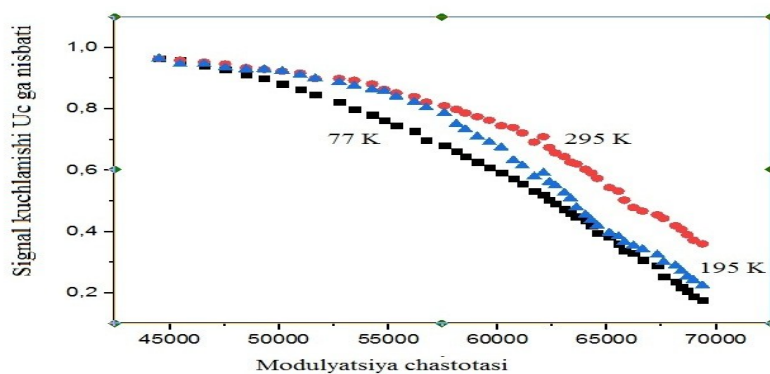
Fotodetektorlarning f chastotadagi monoxromatik nurlanishga sezgirliги formula bilan aniqlanishi mumkin. Zamonaviy infraqizil nurlanish detektorlari.

$$S_{U_f} = \frac{S_{U_0}}{\sqrt{1 + (2\pi f \cdot \tau)^2}}, \quad (11)$$

bu erda τ - qurilmaning vaqt konstantasi, S_{U_0} - past nurlanish modulyatsiyasi chastotasidagi sezgirlik qiymati.

Hozirgi vaqtda fotodetektorlarning oqimini emas, balki kuchlanishni aniqlash odatiy holdir, ya'ni. Signal oqimini emas, balki signal kuchlanishini o'lchash odatiy holdir. Shuning uchun, U indeksi quyidagi hollarda o'tkazib yuboriladi va S_0 va S_f belgilaridan foydalaniladi.

Signal kuchlanishining chastotaga odatiy bog'liqligi 1.3-rasmda ko'rsatilgan.

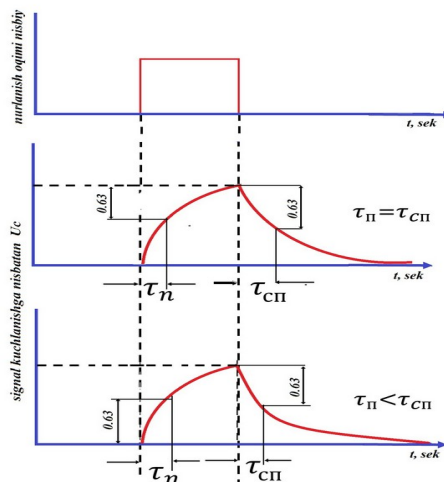


1.3-rasm - PbS asosidagi fotorezistorlarning chastotali bog'lanishi.

(12) formuladan fotorezistorning vaqt konstantasini aniqlashimiz mumkin:

$$\tau_{\text{эфф}} = \frac{1}{2\pi f_{\text{zp}}} \quad (12)$$

Bu erda f_{zp} - radiatsiya oqimining modulyatsiya chastotasi, bunda signal qiymati e faktoriga kamayadi (1.4-rasm).



1.4-rasm-o'sish tabiati va signal kuchlanishining pasayishi yorug'lik pulsining AFGA ta'siri ish uchun to'rtburchaklar (a) chiziqli (6) va kvadratik (b) rekombinatsiyalar.

Fotorezistorning vaqt konstantasi so'rilgan nurlanish ta'siridan keyin fotopryomnik o'tkazuvchanligini tiklash mexanizmlari bilan bog'liq bo'lib, bu [8] da aks ettirilgan. Fotodetektorlarning xususiyatlarini to'ldirish uchun hujjatlar odatda quyidagi parametr va xususiyatlarni belgilaydi:

$S_{U\lambda_{max}}$ - maksimal spektral sezgirlikdagi kuchlanish sezuvchanligi formula bilan aniqlanadi:

$$S_{U\lambda_{max}} = S_U / K_U$$

Bu erda K_U - nurlanishdan foydalanish koeffitsienti:

$$K_U = \int_0^\infty R_\lambda \cdot \xi_\lambda \cdot d\lambda / \int_0^\infty R_\lambda \cdot d\lambda = \int_0^\infty R_\lambda \cdot \rho_{omh}(\lambda) \cdot d\lambda / \sigma_{CB} \cdot T^4 \quad (13)$$

bu yerda R_λ - nurlanish oqimining spektral zichligi, $\text{Wt}/(\text{mkm sm}^2)$; $\rho_{omh}(\lambda)$ - to'lqin uzunligidagi fotodetektorning spektral xarakteristikalarining nisbiy sezgirligining qiymati.

Kichik burchak o'lchamli obyektlarni boshqarish uchun yaratilgan optoelektronik tizim atrofdagi fazoning optoelektronik tizimini skanerlashda ular tomonidan yaratilgan impuls signallarini konvertatsiya qilishga asoslangan. Ushbu tizimlarda modulyatsiyaning ish chastotasi o'rganilayotgan obyektning nurlanishiga mos keladigan normallashtiriladi.

Bunday tizimlarda sezgirlik mezoni (9) ifoda bilan aniqlangan o'tkazuvchanlikning (σ_0) ortishi emas, balki (11) formula bo'yicha aniqlangan modulyatsiya chastotasida radiatsiya quvvatining samarali qiymatiga ishora qilingan $\Delta\sigma/\sigma_0$ dir. O'tkazuvchanlik statsionar holatdagi oqim tashuvchilarning konsentratsiyasi bilan belgilanadi.

$$\sigma_0 = q(n_0 \cdot \mu_n + p_0 \cdot \mu_p) \quad (14)$$

$S \propto \Delta\sigma/\sigma_0$ ifodasida joriy tashuvchining harakatchanligi roli chiqarib tashlanadi. O'ta past nurlanishlarni aniqlash uchun yaratilgan optik-elektron tizim o'rganilayotgan fonda ham, tizimning o'zida ham shovqinlarni filtrlashi kerak. Infirazil chegarasida sezgir bo'lgan fotodetektorlar uchun fotorezistorning ichki shovqinini hisobga olish va baholash kerak. Shu maqsadda shovqin quvvati spektral zichligi $P_u(f)$ tushunchasidan foydalaniladi, shu bilan birga: termal yoki Jonson-Nyquist shovqini.

$$P_u(f) = \frac{\overline{U_w^2}}{\Delta f} = 4 k T_d R \quad (15)$$

bu erda U_w - shovqin kuchlanishi; Δf - o'lchash yo'lining tarmoqli kengligi; T_d - fotorezistorning ish harorati, K; R - fotorezistorning elektr qarshiligi;

avlod-rekombinatsiya shovqini (generatsiya-rekombinatsiya shovqini), bu tashuvchilarning hosil bo'lish va rekombinatsiya tezligining o'zgarishi oqibati bo'lib, quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$P_u(f) = \frac{4 U_{\phi p}^2}{V} \cdot \frac{(1+b)^2}{(bn+p)} \cdot \frac{np}{n+p} \cdot \frac{\tau}{1+\omega^2 \tau^2}, \quad (16)$$

bu yerda $V = A_{\phi p} \cdot d$ - yarimo'tkazgich qatlamining hajmi; n, p - elektronlar va teshiklarning namuna konsentratsiyasi;

$1/f^\alpha$ turdagi shovqin yoki miltillovchi shovqin shovqin va chastota o'rtasidagi teskari munosabat tufayli shunday nomlanadi:

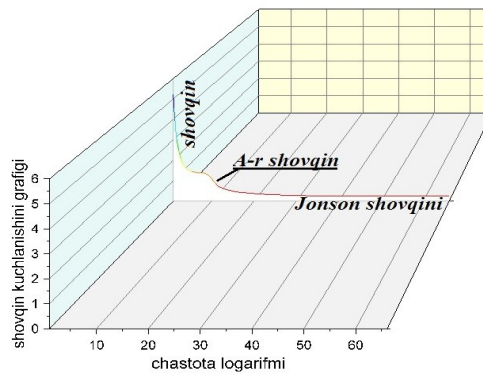
$$P_u(f) = \frac{\overline{U_w^2}}{\Delta f} = \frac{A U_{\phi p}^2}{f^\alpha}; \quad (17)$$

bu erda A va α ko'p omillarga bog'liq ba'zi koeffitsientlar. Agar siz kuchlanishdan emas, balki oqim oqimlaridan foydalansangiz, shovqinning barcha turlarini birlashtirgan formulani olishingiz mumkin:

$$P_i(f) = \frac{\overline{I_w^2}}{\Delta f} = \frac{B \cdot I_{\Phi P}^2}{f^\alpha \cdot V} + \frac{4 I_{\Phi P}^2 \overline{\Delta p^2}}{p^2 \cdot V} \frac{\tau}{1 + (2\pi \cdot f)^2 \tau^2} + \frac{4k T_d}{R} ; \quad (18)$$

bu erda $I_{\Phi P}$ - fotorezistorning egilish oqimi; V - fotosensitiv elementning hajmi; q - elektron zaryadi; k - Boltsman doimiysi; p , Δp - teshiklarning konsentratsiyasi va fotorezistordagi ortiqcha teshiklar konsentratsiyasining o'rtacha qiymati; τ - zaryad tashuvchilarning ishlash muddati.

Past chastotali mintaqada shovqin (ehtimol) tashuvchilar sonining o'zgarishi ularning harakatchanligi tufayli namunaning o'tkazuvchanligidagi tebranishlar bilan aniqlanadi. Ushbu tebranishlarni aniqlaydigan jarayonlar turli vaqt konstantalariga ega. Ko'pincha kuchaytiruvchi qurilmaning o'rta chastota diapazonida "oq" shovqin qismini ajratish mumkin, bu erda U chastotaga bog'liq emas. 1.5-rasmda fotodetektorning shovqin quvvati zichligi spektrining (shovqin kuchi spektral zichligi) klassik ko'rinishi ko'rsatilgan [9].



1.5-rasm - umumiy ko'rinish SPMSH fotodetektorlari.

Odatda, shovqin spektri (shovqinning chastotali reaksiyasi) uning avlod-rekombinatsiya komponenti bilan belgilanadi, (Yarim o'tkazgichlarda tebranish hodisalari) tomonidan tasvirlangan va R. Petrits [Shovqin va vaqt doimiysi] boshchiligidagi bir qator ishlar bilan tasdiqlangan. Qo'rg'oshin sulfidli foto o'tkazuvchan plyonkalar bo'yicha Hall tadqiqotlari. Amalda, ba'zi hollarda ortiqcha shovqin deb ataladigan komponent muhim bo'lib, u bir qator ishlarda batafsil tavsiflangan (Infraqizil tizimlar, Qo'rg'oshin tuzi, foto o'tkazgichlar, qattiq jismlarning fotoo'tkazuvchanligi, infraqizil nurlanish fizikasi va texnologiyasi). Generatsiya-rekombinatsiya shovqini (generatsiya-rekombinatsiya shovqini) va $1/f^\alpha$ tipidagi shovqin (ortiqcha) tarkibiy qismlarining nisbati fotorezistorning xususiyatlarini tahlil qilish va hisoblashni murakkablashtiradi [10].

Petritsning (Yarim o'tkazgich plyonkalardagi fotoo'tkazuvchanlik nazariyasi) ishida pozitsiya ifodalangan, unga ko'ra birlamchi avlod-rekombinatsiya shovqini kristallardagi zaryad tashuvchilarning (teshiklarning) tebranishidir. GR shovqin spektri $1/(1+\omega^2 \tau_s^2)$ sifatida ifodalanadi, t - fotoo'tkazuvchanlik vaqti doimiysi. Ushbu spektr o'zgaruvchan nurlanish bilan signal kuchlanishining chastotaga bog'liqligi bilan bir xil shaklga ega.

Fotodetektorlarning asosiy parametrlari:

Φ_n^i - o'ziga xos sezuvchanlik chegarasi ($Vt^{-1} \cdot Gs^{1/2} \text{ sm}^{-1}$) o'ziga xos detektivlikning o'zaro nisbati:

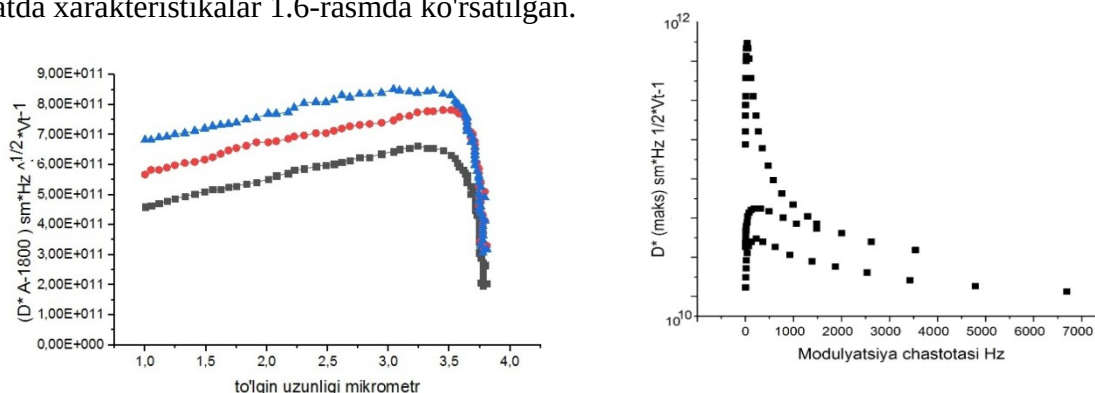
$$\Phi_n^i = \frac{\Phi_\Sigma \cdot U_w}{U_c \cdot \sqrt{A_{\Phi\Phi} \Delta f}} \quad (19)$$

D^i - o'ziga xos detektivlik ($Vt^{-1} \cdot Gs^{1/2} \text{ sm}$), formula bo'yicha hisoblanadi:

$$D^i = \frac{U_c \sqrt{A_{\Phi\Phi} \Delta f}}{\Phi_\Sigma \cdot U_w} = \frac{S_{U_0} \sqrt{A_{\Phi\Phi} \Delta f}}{U_w} ; \quad (20)$$

Bu erda U_c - fotosignal kuchlanishning o'rtacha kvadrat qiymati, $A_{\phi\phi} = l \cdot b$, (L - uzunlik, b - kenglik) fotosensitiv elementning (fotosensitiv element) samarali maydoni; Δf - kuchaytiruvchi qurilmaning ekvivalent tarmoqli kengligi; U_m - shovqin kuchlanishining rms qiymati.

Volt sezgirli (S_{U_0}) va D^* odatda radiatsiya manbai - butunlay qora tana (qora tana) haroratiga qarab aniqlanadi: 300° C, 100° C yoki 500 K (S_{300} , S_{500} , D^*_{300} , D^*_{500}). Odatda xarakteristikalar 1.6-rasmda ko'rsatilgan.



1.6-rasm – D^* ning turli omillarga bog'liqligi [3]: a) – turli T uchun $D^*(\lambda)$; b) - D^* ning modulyatsiya chastotasiga bog'liqligi.

1.6-rasm, a dan ko'rinib turibdiki, uzun to'lqinli mintaqada (maksimaldan tashqari) detektivlik chiziqli qonunga muvofiq kamayadi. Xarakteristikaning qisqa to'lqinli mintaqadagi xatti-harakati, bu egri chiziqlar teng energiyali spektr uchun chizilganligi bilan izohlanadi. Shuni ta'kidlash kerakki, Fotorezistansga ko'ra, polikristal qatlamlar va monokristallar uchun sezgirlikning spektral taqsimot egri chiziqlari juda o'xshash. Yarimo'tkazgich qatlami qalinligining pasayishi bilan maksimal sezgirlik qisqa to'lqin uzunliklari tomon bir oz siljiydi va aksincha, qatlam qalinligining oshishi bilan bu maksimal uzun to'lqin uzunliklariga siljiydi. Xona haroratida sun'iy monokristallarning qarshiligi odatda $10^{-2} \dots 10^{-3} \text{ Om} \cdot \text{sm}$ oralig'ida bo'ladi, bir xil sharoitlarda polikristal qatlamlarning qarshiligi esa, qoida tariqasida, ikki barobar yuqori. Bu farq, asosan, zaryad tashuvchilarning konsentratsiyasida emas, balki harakatchanlikdagi farq bilan bog'liq. 1.6a-rasmda ideal fotodetektor uchun D^* parametrining cheklovchi qiymatining egri chizig'i ko'rsatilgan. Ideal fotodetektor fonda cheklangan rejimda ishlaydi (BF yoki BLIP - fonda cheklangan infraqizil fotodetektor), ya'ni uning shovqini fon nurlanishining tebranishlari bilan belgilanadi. Ushbu kontsepsiya E. Burstein va G.S. Pikus tomonidan kiritilgan. (cheklangan infraqizil aniqlash):

$$D^*_{\lambda O\Phi} = \frac{\lambda_{\max}}{hc \cdot \sqrt{2 N_{\phi}}} \quad (21)$$

$\lambda_{\max} = 2,5 \text{ mkm}$, $f = 2 \text{ kHz}$ uchun bu nisbat $1 \cdot 10^{11} \text{ Vt}^{-1} \text{ sm Gs}^{0,5}$ qiymatini beradi.

PbS hamda TiO_2 plyonkalariga nisbatan qo'llanilganda, $T = 300 \text{ K}$ da termal hosil bo'lgan tashuvchilarning cheklovli past konsentratsiyasiga asoslanib, tebranish kuchiga emas, balki cheklovchi D_{MAX} ni aniqlash to'g'riroq bo'ladi. Ideal detektor uchun shovqinning chastota spektri signal yoki sezuvchanlik bilan bir xil bo'ladi va shuning uchun detektivlik chastotaga bog'liq bo'lmaydi (Radiatsiya detektorlari uchun yangi tasniflash tizimi).

PbS hamda TiO_2 sezgirligining spektral bog'liqliklari Moss va Scanlon tomonidan o'rganildi. Infraqizil nurlanishning zamonaviy qabul qiluvchilari, yarimo'tkazgichlarning optik xususiyatlari, qo'rg'oshin sulfid, selenid va tellurid. Yarimo'tkazgichli qurilmalarda ishlatiladigan materiallar.

Spektral xarakteristikasi $S(\lambda)$, kuchlanish sezuvchanligi S_u , aniqlovchi D^* , fotoo'tkazuvchanlikning bo'shashish vaqti konstantasi τ va fotorezistorning qorong'i qarshiligi R_d pasport parametrlari bo'lib, $D^*(\lambda)$ qiymatiga ta'sir qiluvchi shovqinining chastota reaksiyasi

bilan vaziyat yanada murakkablashadi. (f). Fotorezistorlarning turli ichki qarshiliklari uchun ularning spektral sezgirlik bog'liqliklarining tabiati yarimo'tkazgich qatlamining teng qalinligi uchun bir xil bo'lib qolishi juda xarakterlidir. Yarimo'tkazgich qatlamining qalinligining pasayishi bilan, yuqorida aytib o'tilganidek, sezgirlik maksimali qisqa to'lqin uzunliklari tomon bir oz siljiydi va aksincha, qatlam qalinligining oshishi bilan bu maksimal uzun to'lqin uzunliklariga siljiydi.

Kimyoviy yotqizish natijasida olingan standart va kuchli oksidlangan plyonkalarining spektral bog'liqliklari [11] ga ko'ra, bir-biriga o'xshash va shu bilan birga oksidlanmagan plyonkaga bog'liqlikdan farq qiladi. Oksidlangan materiallar yuqori foton energiyasigacha o'z javobini saqlab qoladi, oksidlanmagan plyonkalarining reaksiyasi esa foton energiyasining oshishi bilan kamayadi. Nopoklarning o'zboshimchalik bilan taqsimlanishi tufayli yuzaga keladigan kristallitlar orasidagi potentsial to'siqning mahalliy o'zgarishlari, ehtimol, spektrning shakliga ta'sir qiladi. Potensial o'zgarishlar tarmoqli oralig'ida "dumlar" paydo bo'lishiga olib keladi va shu bilan to'liq yutish energiyasini kamaytiradi. Nazariyaning spektral xarakteristikasi o'rtasidagi nomuvofiqlik kislorod ta'sirida materialning tarmoqli bo'shlig'i ortganligini ham anglatishi mumkin.

Fotootkazuvchanlik potentsial o'zgarishlardan kelib chiqqan tutqich markazlarida tashuvchilarning ajralishi tufayli ortadi va shuning uchun foton qo'zg'alish energiyasi ortishi bilan ishlash muddati kamayadi. Jonson (T.H. Jonson,) [12] ga ko'ra muhim natija shundan iboratki, yutilish koeffitsienti qiymati deyarli oksidlovchi vositadan foydalanishga bog'liq emas, fotoresponse qiymati esa bog'liq. Uch turdagi plyonkalar (oksidlanmagan, standart oksidlangan va kuchli oksidlangan) asosidagi detektorlarning xarakteristikalaridagi asosiy farqlar, ko'rinishidan, erkin tashuvchilarning ishlash muddati o'zgarishi bilan izohlanadi. Bu faqat oksidlangan materiallarda mavjud bo'lgan sezgir markazlarga asoslangan fotootkazuvchanlik modeliga mos kelmaydi. Shu munosabat bilan, standart materialning juda yupqa plyonkalari qalinroq plyonkalarni masshtablash orqali kutilishi mumkin bo'lgan qiymatlar bilan taqqoslanadigan D^* qiymatlarini berishi ta'kidlangan. Ushbu yupqa plyonkalar shunchalik nozik ediki, alohida donalardan hosil bo'lgan orollar yuqori plyonka qarshiligiga olib keldi.

Qo'rg'oshin tuzi detektorlari va PbS va PbSe massivlarda qayd etilgan yuqori haroratlarda fotootkazuvchanlikning so'nishi 0,23 eV faollanish energiyasiga to'g'ri keladi. Agar bu natijalar sezgir markazlar nuqtai nazaridan talqin etilsa, u holda ular o'tkazuvchanlik zonasining pastki qismidan taxminan 0,23 eV past bo'lishi kerak. Aynan shu qiymat tuzilmalarni sensibilizatsiya qilish (kislorodni kiritish) jarayonida hosil bo'lgan energiyani ushlash markazlari bilan bog'liq. Uch turdagi plyonkalardan (oksidlanish darajasiga ko'ra) standarti kislorodning singishiga eng kam sezgir; yupqa plyonkalar, ya'ni bir yoki ikkita qoplamadan, to'rt qavatli plyonkalarga qaraganda kislorodning kiruvchanligiga nisbatan sezgirroqdir va nihoyat, oksidlanmagan material kislorodning yutilishi yoki desorbsiyasi bilan ham sezgir bo'lishi mumkin emas.

Moss [13] ga ko'ra, birlamchi jarayon, ya'ni fotonning yutilishi uchun zarur bo'lgan vaqt juda qisqa, taxminan 10^{-14} s. Biroq, erkin tashuvchilarning shakllanishi darhol boshlangan bo'lsa-da, ortiqcha tashuvchi kontsentratsiyasi ma'lum bir nurlanish qiymati uchun maksimal signalga mos keladigan statsionar qiymatga yetguncha biroz vaqt talab etiladi.

Joriy signalning paydo bo'lishi va yorug'likni o'chirgandan so'ng uning yo'qolishi bir vaqtning doimiysi t bo'lgan oddiy eksponensial jarayonlar ekanligi aniqlandi, garchi ba'zida vaqt doimiysining ikki xil qiymati topiladi [14].

Shokli-Read, Zemel va Varela [PbS hamda TiO_2 fotootkazgichlarining sirt xususiyatlarini Statistik ma'lumotlaridan foydalanib, past tashuvchisi konsentratsiyasiga ega bo'lgan kimyoviy yotqizilgan plyonkalar uchun rekombinatsiyaning cheklovchi bosqichi rekombinatsiya markazlarida teshiklarni ushlab turish ekanligi aniqlandi [13]. Optimal deb ataladigan qabul qiluvchilarning xarakteristikalari turli kompaniyalar tomonidan ishlab chiqarilgan namunalar uchun juda mos keladi. Fotorezistor uchun odatda quyidagi qiymatlar beriladi: D_λ^i 295, 193 va 77 K ish haroratida va 60°C ko'rish burchagi maydoni $(0,8...1,5)\cdot 10^{11}$,

$(4...6) \cdot 10^{11}$, $(1,5) \dots 2, 5) \cdot 10^{11}$ sm·Gs^{1/2}/Vt nazariy qiymatda $D_{\lambda}^i = 5,8 \cdot 10^{12}$ Vt⁻¹·cm·Gs^{1/2}; maksimal $S_{V_{hmax}} = (1...400) \cdot 10^4$ V/V; $h=2,4$ mkm; vaqt doimiysi [15].

Xona haroratida 0,1 ... 0,5 ms va past haroratlarda bir necha millisekundlar Tor bo'shliqli yarimo'tkazgichlarning xususiyatlari va qo'llanilishi asosida ushbu fotorezistorlarning parametrlari idealdan uzoqdir va qurilmalarning o'zlari fonda cheklangan rejimda ishlamaydi. Agar ortiqcha shovqin komponentini chiqarib tashlasak va erkin oqim tashuvchilarning kontsentratsiyasini termal ionlangan deb aniqlasak, u holda biz bitta kristalli plyonkalarda erishilgan parametrlarda (τ , p , $\eta(\lambda)$) va PRni yaratishda D^* ni hisoblashimiz mumkin. Infira qizil nurlanish to'lqinlarining ma'lum bir uzunliklari diapazoni uchun "ideal" fotodetektor bilan solishtiring, bu uning D^* ni faqat fon nurlanishining tebranishlari bilan cheklaydi [16].

Xulosa.

Jarayonda PSEda kuzatilgan nuqsonlarning paydo bo'lish sabablari aniqlanmagan. Saqlash va ishlatish, bundan tashqari, ularning yarimo'tkazgich qatlamining fenomenologik parametrlari bilan aloqasi aniqlanmagan.

$t = 80 \dots 130$ ms (bilan) bilan PSE olishning haqiqiy usullari $F P \leq 2 \cdot 10^{-9}$ Vt/sm Hz^{1/2}). Bunday PSE larning rentabelligi past va beqaror, shakllangan PSE larni qo'shimcha qayta ishlash ko'pincha parametrlarning barqarorligini ta'minlamaydi.

Qayta takrorlanish bilan beqarorlik (parametrlarning yomonlashuvi) sabablarini xisobga olgan xolda tajriba va nazariyada solishtirish natijasini umumlashtirib taxlil qilib chiqildi. Termal tayyorgarlik +65...80° C haqida va yuqori haroratlarda uzoq muddatli saqlashi va ularni barqarorligini sinab ko'rish imkonini yaratib berdi.

Foydalanilgan adabiyotlar.

[1]. Arof A.K., Mat Nor N.A., Aziz N., Kufian M.Z., Abdulaziz A.A., Mamatkarimov O.O. Investigation on morphology of composite poly(ethylene oxide)-cellulose nanofibers. // *Materials Today: Proceedings*. 2019. V.17 P.388–393. (№3 Scopus, IF:0,576).

[2]. Абдукаримов А.А., Маматкаримов О.О., Икрамов Р.Г. Исследования характеристик тонкопленочных солнечных ячеек полученных по основе гелевых полимерных электролитов. // *Доклады Академии Наук РУ*. 2019. №6.С. 6-9. (01.00.00; №7).

[3]. B.T.Abdulazizov, G.Gulyamov, P. J. Baymatov, Sh. T. Inoyatov, M. S. Tokhirjonov and Kh. N. Juraev//Peculiarities of the Temperature Dependence of the Chemical Potential of a Two-dimensional Electron Gas in Magnetic Field// *SPIN* Vol. 13, No. 1 (2022) .pp (2-7), <https://doi.org/10.1142/S2010324722500023>

[4]. Abdugarimov A. A., Ikramov R. G., Mamatkarimov O.O., Arof A. K. Dependence of the characteristics of Dye-Sensitized solar cells on amount tetrapropylammonium iodide // *Узбекский Физический Журнал*. 2020. №4. (01.00.00; №5).

[5]. B.T. Abdulazizov/Cyclotron mass of an electron in strong magnetic fields in a wide InAs quantum well/ *Eurasian Journal of Physics and Functional Materials* (2022), 6(1), pp 32-37, doi.org/10.32523/ejpfm.2022060103

[6]. Abdugarimov A.A., Arof A.K., Mat Nor N.A., Aziz N., Kufian M.Z., Mamatkarimov O.O. Characterization of poly (ethylene oxide) reinforced nanocellulose fibers produced via electrospinning technique// *International conference prospect of an intensive approach to innovative development*. Namangan. 2018.P.45-46.

[7]. G.Gulyamov, B.T.Abdulazizov, P.J.Baymatov.Three-band simulation of the g-factor of an electron in an InAs quantum well in strong magnetic fields .*Journal of Nanomaterials*, Volume (2021), Article ID pp (559-563), <https://doi.org/10.1155/2021/5542559>

[8].Vlasov S.I., Saparov F.A., Ismailov K.A. Semiconductor Physics, Quantum Electronics and Optoelectronics. 2010. Vol. 13. No. 4. P.363.

[9].B Kuchkarov, O Mamatkarimov, and A Abdulkhayev. «Influence of the ultrasonic irradiation on characteristic of the structures metal-glass-semiconductor». ICECAE 2020 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 614 (2020) 012027 Conference Series:

[10]. P.J. Baymatov, B.T. Abdulazizov. Concentration dependences of the electron effective mass , Fermi energy, and filling of subbands in doped InAs/AlSb quantum wells.Украинский Физический Журнал. Ukr. J. Phys.2017. Vol. 62, No. 1, стр 46-50 , <https://doi.org/10.15407/ujpe62.01.0046>

[11].S.I.Vlasov, D.N.Nazirov. B.K.Kuchkarov, K.U.Bobokhujayev. “Influence of all-round compression on formation of the mobile charge in lead-borosilicate glass structure” Uzbekiston Fizika Zhurnali №16/3 str 231-233.

[12].B.Kh.Kuchkarov, O.O.Mamatkarimov “Influence of ultrasonic action on the rate of charge formation of the inversion layer in metal-glass-semiconductor structures” Vestnik KRAUNC. Fiziko-Matematicheskie Nauki. Tom-29. №4 str.125-134.

[13]. БХ Кучкаров. Влияние ультразвукового воздействия на скорость формирования заряда инверсионного слоя в структурах металл-стекло-полупроводник. Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. 2019. 29/4. стр.125-134.

[14]. Kuchkarov, B.H., Mamatkarimov, O.O., Abdukarimov, A.A., Khalmirzayev, A., Mirtojiyeva, D.M. Influence of All-Round Compression on Formation of the Mobile Charge in Lead-Borosilicate Glass Structure. AIP Conference Proceedings, 2022, 2432, 030039

[15]. G Gulyamov, BT Abdulazizov. [On the thermodynamics of a two-dimensional electron gas with non-parabolic dispersion.](#) World Journal of Condensed Matter Physics,pp 294-299. doi: [10.4236/wjcmp.2016.64028](https://doi.org/10.4236/wjcmp.2016.64028)

[16]. Fazliddinov, S., Kuchkarov, B., Sharibaev, N., Abdulkhaev, A., Tulkinov, M.-A. Analysis of modern methods of determination of mechanical status and diagnostic models of power transformers. Journal of Physics: Conference Series, 2022, 2388(1), 012173.