

## OPTIK ALOQA TIZIMLARIDA QO‘LLANILADIGAN FOTOQABULQILGICHLAR

**Kurbanov Mirzaahmad**

O‘zbekiston Milliy universiteti professori, akademik

E-mail: [kurbanov1949@bk.ru](mailto:kurbanov1949@bk.ru)

**Sodiqova Shohida**

O‘zbekiston Milliy universiteti dotsenti, (PhD)

E-mail: [sohidasodikova2@gmail.com](mailto:sohidasodikova2@gmail.com)

### ANNOTATSIYA

Maqolada optik aloqalarni elektr signallariga aylantirish uchun yarimo‘tkazgichli fotodiodlar, ya’ni fotodiod, p-i-n fotodiodlar, ko‘chkisimon fotodiod, shuningdek, optik signallarni uzatuvchi modullar haqida ma’lumotlar tahlil qilingan.

**Kalit so‘zlar:** Optik nur tola, foton, yarimo‘tkazgichli fotodiod, fotodiod, p-i-n fotodiodlar, ko‘chkisimon fotodiod, modul, p-soha, n-soha.

### PHOTORECEIVER USED IN OPTICAL COMMUNICATION SYSTEMS

**Kurbanov Mirzaahmad, Sodikova Shokhida**

Professor of the National University of Uzbekistan,

Associate Professor of the National University of Uzbekistan (PhD)

E-mail: [kurbanov1949@bk.ru](mailto:kurbanov1949@bk.ru), [sohidasodikova2@gmail.com](mailto:sohidasodikova2@gmail.com)

### ABSTRACT

The article analyzes information about semiconductor photodiodes, i.e. photodiodes, p-i-n photodiodes, avalanche photodiodes, as well as optical signal transmission modules for converting optical communications into electrical signals.

**Keywords:** Optical fiber, photon, semiconductor photodiode, photodiode, p-i-n photodiode, avalanche photodiode, module, p-field, n-field.

### KIRISH (ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION)

Fotoqabulqilgich – umuman fotorezistorga o‘xshash tuzilgan. Uning p-n o‘tishiga kuchlanish teskari qutbli qilib beriladi. Bunday zanjirda, agar diod yoritilmasa, xuddi odatdagi berk yarimo‘tkazgichli dioddagi kabi, katta bo‘lmagan teskari tok o‘tadi. Bu tok qorong‘ulikdagi tok deb ataladi. Agar endi o‘tish sohasi yoritilsa, u holda uning

qarshiligi kamayganligi uchun tok keskin oshadi. Tok kuchi kuchlanish  $E$  ga, yuklama qarshiligi  $R_{yu}$  ga va yorug'lik oqimiga bog'liq. Shunday qilib fotoqabulqilgich o'zini xuddi fotoqarshilik kabi tutadi, ammo uning sezgirligi ancha yuqori, shuning uchun bu asbobdan yoritilganlik miqdori juda ham past bo'lganda foydalanish mumkin.

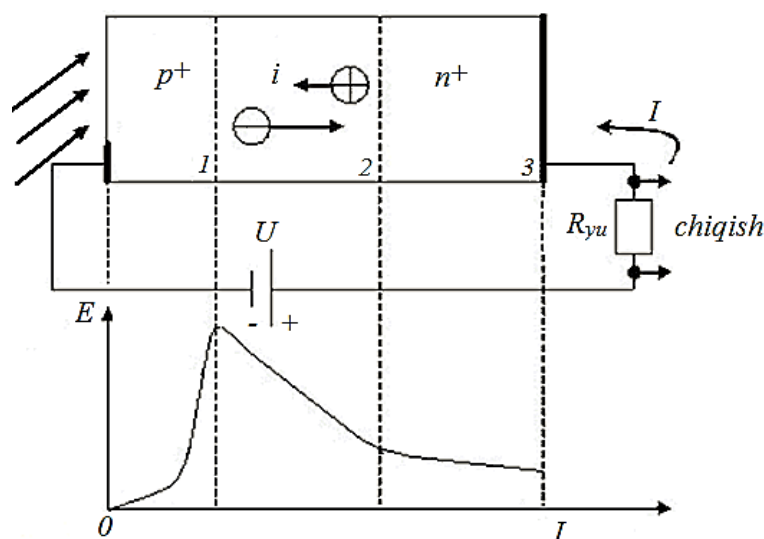
Fotoqabulqilgichlar germaniydan (qorong'ulikdagi toki 10 mA dan katta) va kremniydan (qorong'ulikdagi toki 1mA gacha) yasaladi. Fotodiodlarning sezgirligi taxminan 30 mA/Lyumen. Bu shuni bildiradiki, agar yorug'lik oqimi bir lyumenga o'zgarsa, fotodioddan o'tuvchi tok 30 mA ga o'zgaradi.

Hozirgi kunda fotoqabulqilgichlar optik aloqa tizimlarida keng qo'llaniladi. Fotoqabulqilgichlar optik aloqa tizimlarida optik signallarni elektr signallarga aylantirib beradi [2].

### ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYA (ЛИТЕРАТУРА И МЕТОДОЛОГИЯ / METHODS)

p-i-n - fotodiodlar tezkorligi va parametrlarining barqarorligi bilan ajralib turadi. p-i-n fotodiodlar tuzilishi (1-rasm) odatdagi p-n fotodioddan farq qiladi. p-i-n fotodiodda p+ va n+ sohalarini aralashmalar bilan legirlanishi juda yuqori (+yuqori legirlanishni bildiradi), bu p+ va n+ sohalarini o'tkazuvchanligini oshiradi. i - sohaga esa aralashmalar kamroq qo'shiladi.

Elektr maydonning maksimal qiymati i - sohada hosil bo'ladi. p-i-n tuzilishga teskari siljishli  $U_0$  kuchlanish beriladi. Yorug'lik i - sohaga tushganda, unda elektron-kovak juftligi hosil bo'ladi. Elektr maydon ta'sirida ular tezda bo'linib va qarama-qarshi yo'nalishlarda o'zlarini elektrodlariga qarab harakatlanishadi. Elektrodni egallab, elektr toki hosil bo'ladi. p-i-n fotodiod tuzilishi i- sohadan tashqarida nurlanish yutilishini keskin kamaytiradi (1-rasm) [4].

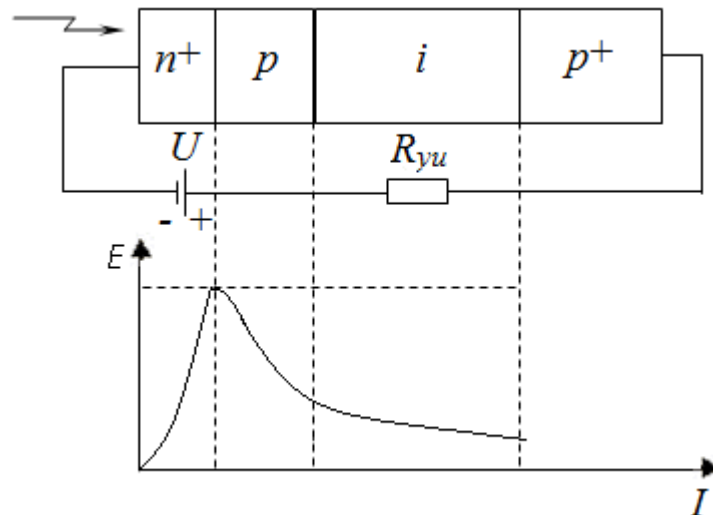


1-расм. p-i-n turdagi fotodiod va elektr maydon kuchlanganligini taqsimlanishi.

## NATIJALAR (РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS)

Ko'chkisimon fotodiodlarni odatiy fotodioddan asosiy farqi ko'chkisimon elektron ko'payishga asoslangan holda signallarni ichki kuchayishi hisoblanadi. Ko'chkisimon fotodiolda p+-i-n+ tuzilishga p-soha (p+-i-p-n+) qo'shiladi (2-rasm) [4].

p-soha eng yuqori qarshilik, shuningdek eng yuqori elektr maydon kuchlanganligiga ega bo'lishi kerak. i-sohaga yorug'lik ta'sir qilganda elektron-kovak juftliklari hosil bo'ladi va ular bo'linib, elektrodlarga tamon harakat qiladi. Erkin elektronlar i-sohadan p-sohaga tushganda, p-sohadagi yuqori elektr maydon kuchlanganligi tufayli ular tezlashadi. p-sohani o'tkazuvchanlik zonasida tezlashgan va yetarlicha energiyaga ega bo'lgan bu dastlabki elektronlarni atomlar bilan urilishidan, ya'ni zarb ionlanish tufayli yangi elektron-kovak juftliklari hosil bo'ladi.



2-rasm. Ko'chkisimon fotodiod tuzilishi va elektr maydonini taqsimlanishi.

Natijada dastlabki elektron-kovak juftligi hosil qilgan elektr toki ko'chkisimon tarzda oshadi. Shuning uchun bu jarayon birlamchi fototokni ko'chkisimon ko'payishi yoki kuchayishi deyiladi [1]. Fototokni bunday oshishi M-ko'chkisimon ko'payish koeffitsiyenti bilan xarakterlanadi. U holda ko'chkisimon fotodiod chiqishidagi tok qiymati

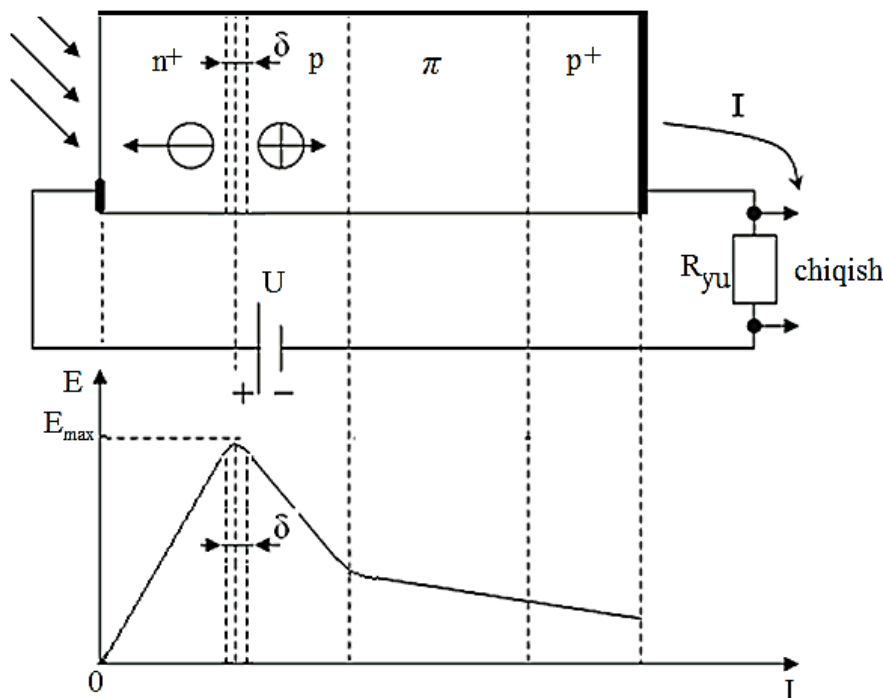
$$I = \eta q \left( \frac{P}{h\nu} \right) = S \cdot P \quad (1)$$

(1) dan aniqlangan qiymatdan yuqori bo'ladi [4].

$$I_{KFD} = M \frac{\eta \cdot q}{h\nu} \cdot P \quad (2)$$

Bunda –  $I_{KFD}$ - ko'chkisimon fotodiod,  $M$ -ko'chkisimon ko'payish koeffitsiyenti,  $\eta$ -kvant samaradorlik koeffitsiyenti,  $q$ -elektron zaryadi,  $P$ - optik nurlanish quvvati,  $h\nu$  – kvant energiyasi.

Ko'chkisimon fotodiodlarda  $M$  ga proporsional holda kuchayadigan, foydali signaldan farqli ravishda shovqin tezroq kuchayadi. Shuning uchun ko'chkisimon ko'payish koeffitsiyenti  $M$  qiymati optimal, odatda 30 dan 100 gacha oraliqda tanlanadi.  $M$  oshgan sari, ko'chkisimon fotodiod tezkorligi kamayadi [1]. Kremniyli ko'chkisimon fotodiodlarda  $M=100$  da vaqt doimiysi taxminan 3 martaga oshadi, ya'ni tezkorligi kamayadi, shunchaga o'tkazish polosasi kamayadi. Bu kamchilikni i-sohani kuchsiz legirlangan, bir necha mikrometrli  $\pi$ -soha bilan almashtirish orqali bartaraf etish mumkin (3-rasm) [4].



3-rasm.  $\pi$ -sohali ko'chkisimon fotodiod tuzilishi va elektr maydonini taqsimlanishi.

3-rasmda  $\pi$ -sohali ko'chkisimon fotodiodda elektr maydoni quyidagicha taqsimlangan:

- 1- egri chiziq elektr maydon o'tish doirasida va ko'chkisimon ko'payish yuzaga kelgan xolatga mos keladi;
- 2- egri chiziq elektr maydon p-soha chekkasiga yetgan xolatni bildiradi;
- 3- egri chiziq elektr maydon  $\pi$ -sohaga kirganligini ko'rsatadi va shu sohada generatsiyalanadigan tashuvchilarni ajratadigan maydon yaratiladi.

Bunday  $\pi$ -sohali ko'chkisimon fotodiodlar p-i-n fotodiodlardaka vaqt doimiysiga va ko'chkisimon fotodiodlardaka ichki kuchayishga ega [4]. Ko'chkisimon

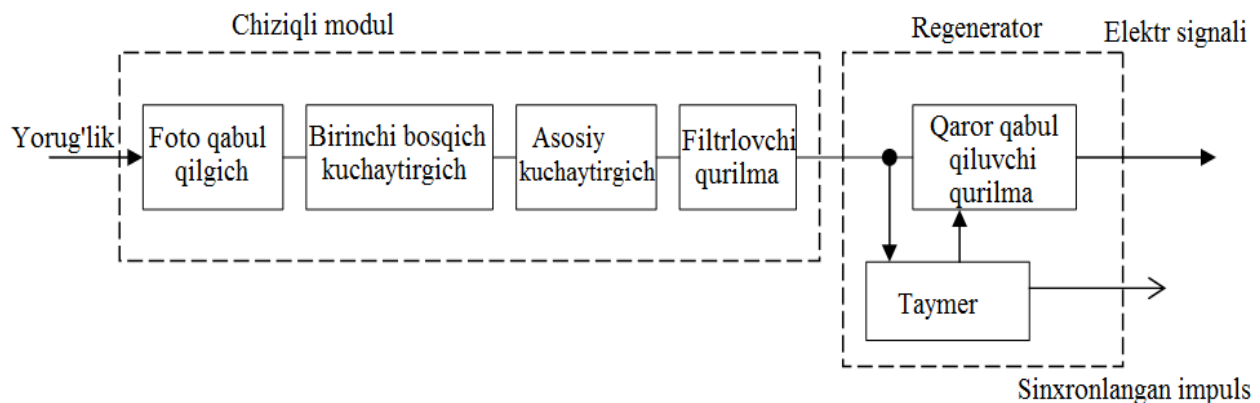
fotodiodlarni sezgirligi p-i-n fotodiodlardan ancha yuqori bo'lib, ishchi diapazonda 20-60 A/Wt ni tashkil etadi. Ko'chkisimon fotodiodlarni sezgirligi yuqori bo'lganligi uchun ular 2,5 va 10 Gbit/s yuqori tezlikli tizimlarda qo'llaniladi. p-i-n fotodiodlardan esa kichik tezlikli (<622Mbit/c) tizimlarda foydalaniladi.

2,5 Gbit/s li tolali optik aloqa tizimlarida JnGaAs/JnP ko'chkisimon fotodiodlardan foydalanish p-i-n fotodiodlardan foydalanishga nisbatan 7 dB va 10 Gbit/s tezlikda esa 5-6 dB yutuqqa olib kelishi mumkin [6].

Ko'chkisimon fotodiod p-i-n fotodiodga qaraganda yuqori ishchi kuchlanishni talab etadi va ko'payish koeffitsiyentini haroratga sezgirligi yuqori. Bu esa kerakli ishchi kuchlanishni ishlab chiqaruvchi maxsus elektr zanjirlarni, shuningdek, harorat barqarorligini ta'minlovchi tizimlarni qo'llanilishini talab etadi [1].

### МУНОКАМА (ОБСУЖДЕНИЕ / DISCUSSION)

Optik signalni qabul qiluvchi modullar. Optik aloqani qabul qiluvchi modullar optik aloqa tizimining muhim elementi hisoblanadi. Uning vazifasi toladan qabul qilingan optik signalni elektr signaliga aylantirish bo'lib, so'ng bu signallarga elektr qurilmalar yordamida ishlov beriladi [3].



4- rasm. Raqamli optik qabul qiluvchi modulning funksional elementlari.

Optik aloqani qabul qiluvchi modullarni soddalashtirilgan blok sxemasining asosiy elementlari quyidagicha (4-rasmda ko'rsatilgan):

- foto qabul qilgich (p-i-n fotodiod yoki ko'chkisimon fotodiod) qabul qilingan optik aloqalarni elektr signallariga aylantiradi;
- elektr kuchaytirgichlar kaskadi, signalni kuchaytiradi va unga ishlov berish uchun kerakli ko'rinishga o'zgartiradi. Aloqalar bir yoki bir necha bosqichlarda kuchaytiriladi. Birinchi bosqichdagi kuchaytirgich, birinchi bosqich kuchaytirgich deyiladi. Beradigan shovqin sathini kichikligi uning xususiyati hisoblanadi;
- asosiy kuchaytirgich, dastlabki kuchaytirgichdan co'ng signal yuqori quvvatli asosiy kuchaytirgichda kuchaytiriladi; - filtrlovchi qurilma, signalning shovqin nisbatini oshirib, shovqinlarni kamaytiradi;

- qabul qabul qiluvchi qurilma. Dispersiya tufayli qabul qilingan impuls oxirlari chizilib boshlang'ich to'g'ri burchakli ko'rinishni yo'qotish mumkin. To'g'ri burchakli boshlang'ich ko'rinishni tiklash uchun qaror qabul qiluvchi zanjir yoki diskreminator o'rnatiladi. U chegaraga ega bo'lib, agar unga tushgan signal amplitudasi chegaradan kichik bo'lsa, unda signal hal bo'lmaydi, agar chegaradan oshsa, unda chiqishida ma'lum amplitudali signal hosil bo'ladi. Bunda impuls uzunligi buzilishi, shovqinni foydali signal deb, xato qaror qabul qilishi kabi kamchiliklar bo'lishi mumkin. Bu kamchiliklarni bartaraf etish uchun diskreminator impulslar ketma-ketligi chastotasi haqidagi axborotga ega bo'lishi kerak;

- taymer, yuqoridagi kamchiliklarni bartaraf etib, sinxronizatsiyani, ya'ni optik uzatuvchi va qabul qiluvchi modullarni sinxron ishlashini ta'minlanadi [1].

### **XULOSA (ЗАКЛЮЧЕНИЕ / CONCLUSION)**

Optik aloqa tizimida fotoqabulqilgichlar boshqaruvchi signal ёруғлик оқимидан ёки унинг ўзгаришидан иборат бўлган автоматик ростлаш схемаларида датчиклар сифатида жуда кенг ишлатилади. Жумладан,

- optoelektronik integral sxemalar: yarimo'tkazgichli fotoqabulqilgichlar optik aloqa tizimini ta'minlaydi, shuningdek, funktsional aloqani saqlab turganda quvvat va boshqaruv davrlarini samarali galvanik izolyatsiyasini kafolatlaydi.

- ko'p elementli fotoqabulqilgichlar: skanerlar, fotosezgirliги yuqori bo'lgan apparatlarda, fotodiodli panellari. Optoelektrik element ob'ektning yorqinligi xususiyatini ta'minlaydi hamda to'liq vizual tasvirni yaratishga qodirdir.

Shuningdek, boshqa sohalarda, ya'ni optik tolali tarmoqlar, lazer nurini uzatishda, pozitron- emissiya tomografiyalarida qo'llaniladi [5].

### **FOYDALANILGAN ADABIYOTLARRO'XATI (ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES)**

1. Убайдуллаев Р.Р. Волоконно–оптические сети–М.: Эко– Трендз, 2000.
2. Курбанов М., Содиқова Ш.М. Намойиш тажрибалар воситасида талабаларнинг интеллектуал қобилиятларини ривожлантириш. Ж: Educational Research in Universal Sciences, Vo 1, No2, 2022. -Pp.113-116.
3. Kurbanov M., Toxtaboyeva H. Issiqlik nurlanishi" mavzusini o'qitishda innovatsion ta'lim texnologiyalarni qo'llash. Ж: Educational Research in Universal Sciences, Vol. 1 No,3, 2022 .-Pp. 29–32.
4. Оптические системы передачи: Учебник для вузов/Б.В. Скворцов, В.И. Иванов, В.В. Крухмалев и др.; Под ред. В.И. Иванова.–М.: Радио и связь, 1994.
5. Kurbanov M. Juraev Kh. O. Methodology of Developing Technical Creativity of Students Through Training of Robotics Elements in Physics Lessons. Ж: Social Science Journal vol.13, n°1 2023й. 251-257 Pp
6. Фриман Р. Волоконно–оптические системы связи: Перевод с английского под ред. Н.Н. Слепова.–М.: Техносфера, 2003.