



---

## OPTICAL PHENOMENA IN SEMICONDUCTOR LED LAMPS

Arzikulov Fazliddin<sup>1</sup>

Mustafakulov Asror<sup>2</sup>

*Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Jizzakh Polytechnic Institute*

---

### KEYWORDS

traffic light, semiconductor, illuminator, quantum, R-N transition, forbidden zone, recombination

### ABSTRACT

The article provides information on the creation, principle of operation, and leading technical indicators of LED lighting.

2181-2675/© 2022 in XALQARO TADQIQOT LLC.

DOI: 10.5281/zenodo.7254318

This is an open access article under the Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)

---

<sup>1</sup> Master of Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, UZB

<sup>2</sup> Associate professor of the Physics, Department of Jizzakh Polytechnic Institute, UZB

## ЯРИМЎТКАЗГИЧЛИ СВЕТОДИОД ЛАМПАЛАРДАГИ ОПТИК ҲОДИСАЛАР

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

светодиод, яримўтказгич, ёритгич, квант, p-n ўтиш, тақиқланган зона, рекомбинация

### АННОТАЦИЯ

Мақолада светодиод ёритгичларнинг яратилиши, ишлаш принципи ва асосий техник кўрсаткичлари ҳақида маълумотлар келтирилган.

**Кириш:** Яримўтказгичлардаги p-n ўтиш жараёнида ҳосил бўладиган люминесценция ҳодисасидан ёруғлик манбаи сифатида фойдаланиш туфайли светотехникада инқилобий ўзгариш содир бўлди. Светодиод электр энергиясини бевосита ёруғлик нурланишига айлантирувчи яримўтказгичли қурилма бўлиб, электр энергиясини тежовчи энг замонавий ёритгич ҳисобланади.

**Асосий қисм:** Светодиод деб электр энергиясини когерент бўлмаган ёруғлик нурланишига айлантирувчи яримўтказгич диодга айтилади. яримўтказгич диоддан тўғри ток ўтганда асосий бўлмаган заряд ташувчи электрон ва тешиқлар ҳосил бўлади. Диоднинг база областида ҳосил бўлган p-n ўтиш, яъни электрон ва тешиқларнинг ўзаро рекомбинацияси жараёнида ҳосил бўлган ортиқча энергия ёруғлик кванти- нурланиш сифатида ажралади. Бунда асосий бўлмаган заряд ташувчилар юқори энергетик сатҳлардан қуйи энергетик сатҳларга ўтади. Бу нурланиш яримўтказгичлардаги p-n ўтиш жараёнида электронлар ва ковакларнинг рекомбинация энергиясидан ҳосил бўлади [1-3]. Чикаётган квант энергияси – рекомбинация жараёнида ажралган фотонлар, спектрнинг кўриниш областида бўлиши учун, яримўтказгичнинг тақиқланган зонаси нисбатан катта ( $E_g > 1,8$  эВ) бўлиши керак. Шу сабабли светодиодларни ясашда қуйидаги яримўтказгич материаллардан фойдаланилади: фосфид галлий (GaP), карбид кремний (SiC), қаттик аралашмалар: галлий-мышьяк-фосфор (GaAsP) ва галлий-мышьяк-алюминий (GaAsAl), ҳамда нитрид галлия (GaN), кайсики тақиқланган зонаси ( $E_g > 3,4$  эВ) га тенг. Бунинг натижасида кўриниш спектрининг киска тўлқин қисмида бинафша рангли нурланишгача ҳосил килиш мумкин.

Яримўтказгич материалга активлаштриувчи-активатор киритиб нурланиш спектрининг рангини маълум диапазонда ўзгартириш мумкин. Масалан, фосфат галлий асосида, маълум микдорда руҳни лигерлаш, кислород ёки азотни лигерлаш орқали, яшил рангли нурланишни, сариқ ва қизил рангли нурланишларни ҳосил қилса бўлади. Учланган бирикмалар GaAsP ва GaAsAl асосан қизил нурланадиган светодиодлар олишда ишлатилади. Светодиод ёки ёруғлик нури чиқарувчи диод (СД, СИД, LED ингл. Light-emitting diode) — электрон-тешиқли ўтишга эга бўлган яримўтказгич материал бўлиб, ундан ток ўтказилганда оптик нурланиш ҳосил

килади. Нурланувчи ёруғлик жуда киска спектрал областда ётади. Унинг спектрал характеристикалари светодиодни ясашида ишлатилган яримўтказгич материалларнинг кимёвий таркибига, ишлатилган кимёвий элементларга боғлиқ, 1907 йилда Генри Джозеф Раунд биринчи бўлиб металл-карбид кремний (карборунд SiC), буғларидан ток ўтказилганда ҳосил бўладиган электролюминесценция ҳодисасини кузатди ва бу нурланиш сариқ, яшил ва зарғалдоқ рангда эканига гувоҳ бўлди [3,4].

Бу тажрибалар кейинчалик Раундга боғлиқ бўлмаган ҳолда, 1923 йилда О.В.Лосев томонидан қайтарилди. Лосев тўғриловчи контактларда, яъни карборунд буғи- пўлат сим ўтказгичлари контактида кучсиз нурланиш ҳосил бўлишини аниқлади. Бу яримўтказгичлар контактида ҳосил бўлаётган нурланиш-электролюминесценция ходисаси, “яримўтказгичли ўтиш” ходисаси хақида тушинчалар яратилмагани сабабли, натижалар чоп этилган бўлсада, 10 лаб йиллар давомида эътибордан четда қолиб кетди. Дастлабки кўринувчи спектр областида нурланувчи светодиод 1962 йилда Иллинойс Университетида Ник Холоньяк раҳбарлигида ишлаётган бир гуруҳ олимлар томонидан яратилди. Яримўтказгичлардаги p-n ўтиш зонасидан тўғри йўналишда ток ўтганда заряд ташувчилар электрон ва тешиклар ҳаракатланиб ўзаро рекомбинациялашганда (қўшилганда) ортиқча энергиясини кўринувчи областда люминесценция тарзида нурлантиради. Бу нурланиш фотонлари электронларнинг бир энергетик сатхдан иккинчисига ўтиши орқали ҳосил бўлади. Хамма яримўтказгичларда ҳам бу ҳодиса, рекомбинацион нурланиш кузатилавермайди. Бу ҳодиса тўғри зонали ярим ўтказгичларда хусусан зона-зона ўтиш рухсат этилган кристалларда, AIII BV типдаги (масалан, GaAs ёки InP) ва AII BVI типдаги (масалан, ZnSe ёки CdTe каби материалларда кузатилади.). Яримўтказгичлар таркибини танлаб олиш орқали ультрабинафша (GaN) нурланишдан ўртача инфрақизил (PbS) областларда ҳам нурланадиган светодиодларни яратиш мумкин. Тўғри ўтишга эга кристаллар масалан, кремний, германий ёки карбид кремний кабилар амалда деярли нурланмайди. Дастлабки кремний асосда сариқ нурланадиган светодиод КЛ 101 70 йилларда собиқ иттифокда яратилди. Аммо у нихоятда паст ёрқинликка эга бўлиб фақат индикатор сифатида ишлатилиши мумкин эди. 1961 йилда Роберт Байард ва Гари Питтманлар Texas Instruments компанияси ходимлари инфрақизил областда нурланадиган светодиод яратиш патент олдилар. Дунёда биринчи бўлиб қизил рангли амалда қўллаш мумкин бўлган светодиодларни General Electric компанияси ходимлари Ник Холоньяк раҳбарлигида 1962 йилда яратилди. Холоньяк шу сабабли «замонавий светодиодлар отаси» ҳисобланади. Унинг собиқ талабаси Джордж Крафорд, 1972 йилда дунёда биринчи бўлиб сариқ светодиод яратди ва қизил ва зарғалдоқ рангдаги светодиодлар ёрқинлигини ўнлаб мартага орттирди. 1976 йилда Т.Пирсол биринчи бўлиб юқори эффективликка эга бўлган телекоммуникацияда қўлланиладиган ёрқин, оптик толалар орқали ахборот узата оладиган

светодиодларни яратди. Светодиодлар 1968 йилгача жуда киммат бўлиб (донаси ўртача \$ 200), ишлатиш чекланган эди. «Монсанто» Компанияси биринчи бўлиб светодиодларни кўплаб ишлаб чиқаришни йўлга қўйди. Дастлаб бу светодиодлар индикатор сифатида чўнтак калькуляторларида ишлатилди. 1970 йил бошларигача америкалик олимлар светодиодларни «Losev Light» «Лосев свети» деб атаб келганлар. Собиқ иттифоқда светодиодлар ривожига кам эътибор қаратилгани сабаб бу лосев свети ибораси кейинчалик унутилди.

Светодиодларнинг вольт-ампер характеристикаси чизикли эмас. Диод электр токини ўтказиши учун маълум чегаравий ток кийматидан ошиши керак бўлади. Бу кучланиш қиймати орқали яримўтказгич материални аниқ танлаш мумкин.

Светодиод ёритгичларнинг асосий кўрсаткичлари

Ранги	Тўлқин узунлиги (нм)	Кучланиш (В)	Яримўтказгич материали
Инфрақизил	$\lambda > 760$	$\Delta U < 1.9$	Арсенид галлий (GaAs) Алюминий галлий арсенид (AlGaAs)
Қизил	$610 < \lambda < 760$	$1.63 < \Delta U < 2.03$	Алюминий-галлий арсенид (AlGaAs) Галлий арсенид-фосфид (GaAsP) Алюминия-галлия-индия фосфид (AlGaInP) Галлий(III) фосфид (GaP)
Зарғалдоқ	$590 < \lambda < 610$	$2.03 < \Delta U < 2.10$	Галлий фосфид-арсенид (GaAsP) Алюминий-галлий-индий фосфид (AlGaInP) Галлий(III) фосфид (GaP)
Сариқ	$570 < \lambda < 590$	$2.10 < \Delta U < 2.18$	Галлий арсенид-фосфид (GaAsP) Алюминий-галлий-индия фосфид (AlGaInP) Галлий(III) фосфид (GaP)
Яшил	$500 < \lambda < 570$	$1.9[3] < \Delta U < 4.0$	Индий-галлий нитрид (InGaN) / Галлий(III) нитрид (GaN) Галлий(III) фосфид (GaP) Алюминий-галлий-индий фосфид (AlGaInP)

			Алюминий-галлий фосфид (AlGaP)
Ҳаво ранг	$450 < \lambda < 500$	$2.48 < \Delta U < 3.7$	Селенид цинк (ZnSe) Индий-галлий нитрид (InGaN) Карбид кремния (SiC), субстрата сифатида Кремний (Si), субстрата сифатида — (иш жараёнида)
Бинафша	$400 < \lambda < 450$	$2.76 < \Delta U < 4.0$	Индия-галлия нитрид (InGaN)
Тўқ кўкиш	Бир нечта ранглар уйғунлиги	$2.48 < \Delta U < 3.7$	Иккиланган: кўк/қизил диод, Кўк қизил люминофор билан, Ёки ок зарғалдоқ ранг билан
Ультрабинафша	$\lambda < 400$	$3.1 < \Delta U < 4.4$	Олмос (235 nm)[4] Нитрид бор (215 nm)[5][6] Нитрид алюминий (AlN) (210 nm)[7] Нитрид алюминий-галлий (AlGaInN) Нитрид алюминий-галлий-индий (AlGaInN) — (down to 210 nm)[8]
Оқ	Кенг спектр	$\Delta U \approx 3.5$	кўк/ультрабинафша диод люминофор билан.

Светодиодларнинг ёритилганлик қуввати ниҳоятда катта бўлиб 200 люмен/ватт қийматга эга. Cree Компанияси янги светодиод лампани XLamp MK-R, ишлаб чиқарди, унинг ёруғлик бериш қуввати 200 люмен/ватт бўлиб, 8-ватт қувватли светодиод лампочкаси 100 Вт қувватли чўғланма лампа берадиган ёритилганликни хосил килади, яъни 1550-1630 люмен ёруғлик оқимини беради. 200 люмен/ватт (lpw) — лампочкалар яратишдаги энг юқори кўрсаткич ҳисобланади. Чўғланма лампаларда бу кўрсаткич 4 дан 15 lpw гача, галоген лампаларда — тахминан 27 lpw, люминесцент лампаларда 50 дан 100 lpw гача, газ разряд лампаларда (автомобилларнинг ксенон лампалари ва б.) 100 lpw, ва ундан ошиқроқ қийматга эга бўлган. Шу сабабли ёруғлик бериш қувватининг 200 lpw дан ортиши — бу энг юқори кўрсаткич ҳисобланади. Cree компаниясида яратилган светодиод лампа 208

1рw қийматга эга бўлиб, у максимал қийматга 25°C температурада, хона ҳароратида эришади, бироқ иш жараёнида светодиода 85°C гача қизийди ва бу ҳолда ёруғлик бериш қуввати 106,7 l рw гача камаяди [4,5]. Одатда светодиодлар нурланиши монохроматик бўлиб, тўлқин узунлигининг максимумидан озроқ четланиши мумкин. Светодиодлар олишдаги асосий технологик усул - бу эпитаксиаль ўстириш усулидир. Бу эпитакция жараёни суюқлик ёки газ ҳолида бажарилади. Айрим ҳолларда, масалан карбид кремний ишлатилганда аралашмаларни диффузиялаш усулидан фойдаланилади (аралашмалар (акцептор ёки донорлар) газ ҳолатидан кварц ампула ичида диффузияланади). Светодиодларнинг асосий параметрларидан бири нурланишнинг ёрқинлиги яъни ёруғлик кучининг ёритилаётган майдон юзасига нисбатидир. Бу нисбат кандела тақсимланган метр квадратда ўлчанади. Светодиоднинг спектраль характеристикаси нурланиш интенсивлигининг нурланишнинг тўлқин узунлигига боғлиқлигидан келиб чиқади. Нурланиш спектрининг тўлқин узунлиги рекомбинация жараёнида электронларнинг икки энергетик сатҳлари орасидаги фарқ орқали аниқланади. Бу фарқ эса яримўтказгич материалга киритилган аралашма орқали ўзгартирилиши мумкин.

Электр энергиясини тежаш борасида, яъни яримўтказгичлардаги р-п ўтиш жараёнида ҳосил бўладиган люминесценция ҳодисасидан ёруғлик манбаи сифатида фойдаланиш туфайли светотехникада инқилобий ўзгариш содир бўлди. Чунки, светодиод электр энергиясини бевосита ёруғлик нурланишига айлантирувчи яримўтказгичли қурилмадир. Бу нурланиш яримўтказгичлардаги р-п ўтиш жараёнида электронлар ва ковакларнинг рекомбинация энергиясидан ҳосил бўлади. р-п ўтиш бўлиши учун р-типли ва п -типли яримўтказгичларнинг контактини ҳосил қилиш керак. Бунинг учун яримўтказгич кристалига бир томондан акцептор аралашма, иккинчи томондан донор аралашмалар киритилади. Ҳосил қилинган светодиодаги тақиқланган зона кенлиги кўринадиган областдаги ёруғлик қвантлари энергиясига яқин бўлиши, яримўтказгич материалнинг нуқтавий ва аралашмали нуқсонлардан холи бўлиши талаб этилади. Акс ҳолда рекомбинацион жараён нурланишсиз амалга ошади.  $h\nu = E_1 - E_0$  (1)  $h\nu$  (380-760 нм).

Светодиод нурланишида инфрақизил ва ультрабинафша нурланишлар бўлмайди, светодиод деярли қизимайди. У механик жиҳатдан мустаҳкам, ишлаш муддати назарий жиҳатдан 100 минг соатгача етади. Светодиод лампалар чўғланма лампаларга нисбатан 100 мартагача, люминесцент лампаларга нисбатан 5-10 мартагача кўпроқ ишлайди (чўғланма лампаларнинг иш муддати 1000 соат, люминесцент лампаларнинг иш муддати 5000 соат қилиб белгиланган). Светодиод лампалар электр энергияси сарфи тежалишини кафолатлайди, муқобилэнергия манбалари ҳисобига ҳам ишлайди [6-8], замонавийлик ва қулайликни яратади, ишлаш муддати эса 100000 соатга тенг, яъни 12-13 йил узлуксиз ишлаши мумкин. Симоб моддаси бўлмагани эса экологик софликни таъминлайди.

Қуйида CD-LM 3 w ва LM-LBL 5-7 w моделларда яратилган светодиод



лампаларининг техник-иктисодий кўрсаткичларини келтирилади [4].

Иш кучланиши	160-240 v	130-265 v	130-265 v
Ток кучи	0.01-0.02 A	0.03-0.04 A	0.03-0.04 A
Ёруғлик оқими	200-210 lm	595-630 lm	595-630 lm
Самарадорлиги	85-90 lm/w	85-90 lm/w	85-90 lm/w
Қуввати	3 w	5 w	7 w
Ишлаш муддати	25000 соат	10000 соат	10000 соат
Қувват коэффициенти	0.5-0.6	0.5-0.6	0.5-0.6

Яримўтказгич материалга тақиқланган зонаси кенглиги ҳар хил бўлган аралашмаларни киритиш-легирлаш орқали битта светодиода спектрнинг кўриниш областида бир неча хил нурланишларни ҳам ҳосил қилиш мумкин. Бу светодиод лампаларда оқлик даражаси, ёруғлик ранги-ҳарорати 6500 К бўлиб, бу кундузги ёруғликка якин.

**Хулоса:** Светодиодларнинг ишлаш муддати люминесцент лампаларнинг ишлаш муддатидан 6-8 марта ортиқ. Светодиод лампа 100000 соат ишлаш ресурсига эга, бу, демак 10-12 йил узлуксиз ишлаш дегани. Неон ва люминесцент лампалар 10 минг соат ишлаши мумкин. Агар бу вақтда люминесцент лампалар ишлатилса, уларни 8-10 марта алмаштиришга тўғри келади. Чўғланма лампаларни ишлатсак, 40 мартагача лампаларни алмаштириш керак бўлади. Светодиод лампаларни ишлатганимизда энергия сарфи 87% гача камаяди. Ишлаш ҳарорати ҳам кенг диапазонга эга бўлиб, энг замонавий энергиятежамкор қурилма ҳисобланади.

#### Адабиётлар:

[1]. Спроул Р. Современная физика. Пер.с англ. М.1974. Изд-во “Наука”. стр. 356, 445.

[2]. Моделунг О. Локализованные состояние. Пер.с англ. М.1985. Изд-во “Наука”. стр. 112

[3]. Гаркуша И.П. Элементы физики и полупроводников. Днепропетровск. Учеб. пос. НГУ. 2012. стр. 45.

[4]. [egl-nur@mail.ru](mailto:egl-nur@mail.ru)

[5]. Mustafakulov A., Ahmadjonova, U., Jo'raeva, N. ., & Arzikulov , F. . (2021). Свойства Синтетических Кристаллов Кварца . Физико-технологического образование, 3(3). извлечено от <https://education.jspi.uz/index.php/phys-tech/article/view/2429>.

[6]. Mustafakulov, A., & Akhmadjonova, U. Экономика И Социум. Экономика, 141-144.

[7]. Mustafakulov, A. A., Yuldashev, U., & Devaraj, N. (2022). Prospects For The Use Of Alternative Energy Sources. *Telematique*, 5421-5428.

[8]. Мустафакулов, А., & Джураева, Н. Экономика И Социум. *Экономика*, 538-541.