

Свјетлеће диоде у настави физике

Увод

Свјетлећа диода или скраћено LED (Light Emiting Diode) је врста полупроводничких диода која емитују свјетлост када кроз њу протиче електрична струја. Када је свјетлећа диода директно поларизована електрони прелази из n дијела у p дио и рекомбинују се са шупљинама, том приликом може се емитовати фотон чија је енергија приближно једнака разлици енергија проводне и валентне зоне. Енергија емитованог фотона (а тиме и таласна дужина) је често у црвеном дијелу видљивог спектра свјетлости. Данас постоје свјетлеће диоде које емитују и друге боје из видљивог спектра као и диоде које емитују невидљиво инфрацрвено и ултраљубичасто зрачење. Свјетлеће диоду имају широку свакодневну употребу почев од индикаторских лампица на разним уређајима као што су радио и ТВ пријемници, МП3 плејери, часовници, затим се могу наћи у мониторима рачунара, екранима телевизора, батеријским лампама, фаровима аутомобила...

Још 1907. г. британски истраживач Раунд је запазио да неки материјали емитују видљиву свјетлост када кроз њих протиче електрична струја и та појава је названа електролуминисценција. Године 1927 руски научник Олег Лосев је пријавио израду прве свјетлеће диоде, али је његов изум остао без примјене наредних неколико деценија. Истраживачи Тексас инструмјентса Бајард и Питман су 1961. г. открили да диода GaAs (галијум арсенид) емитује инфрацрвено зрачење када се прикључи у електрично коло и добили су први амерички патент за свјетлећу диоду иако је емитована невидљива инфрацрвена свјетлост. Ник Холоњак је 1962. г. развио прву практичну свјетлећу диоду (емитовала је црвену свјетлост) радећи за Ценерал електрик.

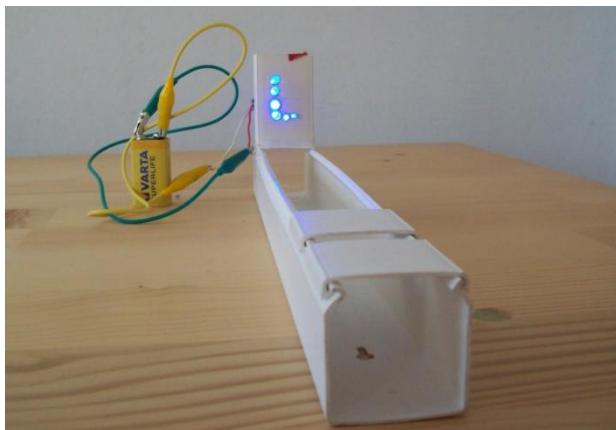
Почетком 1990-их година развијене су и (ефикасне) свјетлеће диоде које емитују плаву свјетлост. То је омогућило добијање бијеле свјетлости комбиновањем диода које емитују црвену, зелену и плаву свјетлост. Тако су створени потпуно нови свјетлосни извори, енергетски ефикаснији у поређењу са сијалицама са ужареним влакном и флуоресцентним цијевима, дуготрајни и који се лако контролишу помоћу рачунара. Ако се узме у обзир само огромна уштеда у потрошњи енергије за освјетљење (на свјетском нивоу се око једна четвртина произведене струје троши на освјетљење), ови свјетлосни извори су велика добробит за цијело човјечанство. Нобелова награда за физику 2014. г. је додијељена за развој свјетлећих диода које емитују плаву свјетлост тројици јапанских научника (Акасаки, Аmano, Накамура).

Како су свјетлеће диоде брзо шириле подручје своје примјене увидјело се да имају и велики потенцијал као наставно средство.

Оптичка клупа од приручног материјала

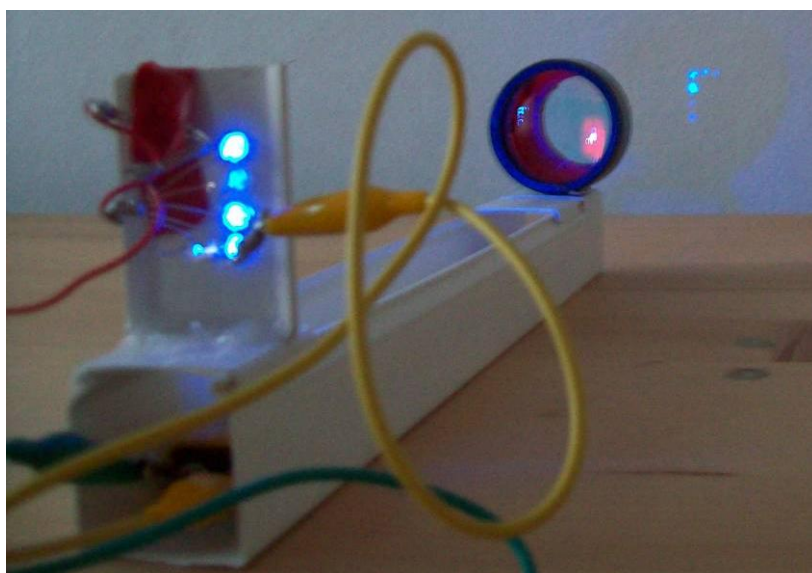
Сасвим функционалну оптичку клупу је могуће направити од пластичне водилице за површинске каблове [1]. Водилице се могу наћи у већини продавница електроматеријала и израђују се са различитим површинама попречног пресека (нпр. $6 \times 4 \text{ cm}$, $4 \times 4 \text{ cm}$) и продају се у комадима дужине 2 m. Водилица се може одсјећи на жељену дужину нпр. тестером за метал, а поклопац водилице се исјече на мање комаде, од којих ће сваки служити као држач неког елемента на оптичкој клупи. Свјетлосни извор у облику слова L је направљен од свјетлећих диода а сочива, заклон се лијепком учврсте за носаче направљене од комада поклопца водилице за каблове. Дуж оптичке клупе може се исцртати скала за мјерење дужине или налијепити метарска трака тако да се лако могу мјерити растојања при помјерању елемената оптичке клупе. На сликама 1 и 2 је приказана позната демонстрација из оптике да сабирна сочива дају реалан и изврнут лик предмета.

Слика 1. Предмет на оптичкој клупи је слово L направљено од свјетлећих диода



Овако направљена оптичка клупа је лагана, лако преносива и њен извор свјетлости напаја обична батерија (нпр. од 9 V) , за разлику од класичних оптичких клупа гдје је извор свјетлости обично снажна сијалица коју напаја наизмјенични напон од 220 V.

Слика 2. Предмет и сабирно сочиво на оптичкој клупи. На зиду је уочљив изврнут лик предмета



Помоћу овакве оптичке клупе лако се може извршити демонстрација закона на којим је заснован рад телескопа. У ту сврху потребно је прибавит два сабирна сочива различитих жижних даљина и учврстити их држаче на оптичкој клупи (комаде поклопца водилице).

Увећање телескопа се израчунава формулом $u = f_1/f_2$ гдје је f_1 жижна даљина објектива а f_2

жижна даљина окулара.

Мијењањем растојања између сочива на оптичкој клупи и посматрањем кроз овај систем пронађе се међусобни положај сочива који даје увећан и изврнут лик удаљеног предмета. Мјерењем растојања између сочива d потвдиће се да је код телескопа $d = f_1 + f_2$ тј. да су сочива телескопа постављена тако да имају заједничку жижну раван.

Свјетлећа диода као фотосензор

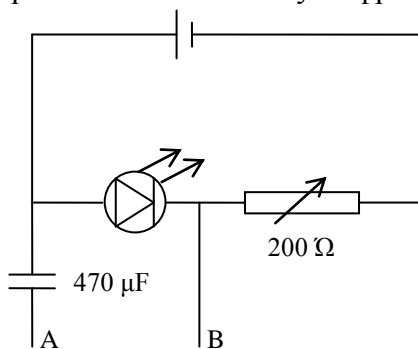
Недовољно је познато да се свјетлећа диода може искористити као јевтини фотосензор. Када се свјетлећа диода обасја видљивом свјетлошћу на њеном p-n споју настане напон. Што је диода јаче освјетљена настаје виши напон (напон на диоди је сразмјеран њеној освјетљености) који се може измјерити обичним мултиметром који се подеси за мјерење једносмјерног напона у опсегу 200 mV. Помоћу једноставног прибора који се састоји од свјетлеће диоде и свјетлосног извора који су учвршћени на оптичкој клупи као и мултиметра могуће је експериментално потврдити закон фотометрије да освјетљеност (енргија која пада на јединицу површине у јединици времена) опада са квадратом удаљености од свјетлосног извора.

Извор свјетлости и свјетлећа диода се поставе на растојање нпр. 10 cm и измјери напон на ножицама диоде – означимо га са U_0 . Након тога повећамо растојање између

извора и диоде и поново се измјери напон на диоди. Поступак се понавља док се не прикупи десетак мјерења. На основу прикупљених података се црта график зависности напона (а тиме и свјетлости) на диоди од растојања између извора и диоде. Практичније је умјесто напона на вертикалну осу наносити однос U/U_0 , гдје је U измјерени напон на растојањима већим од почетног растојања. Из добијеног графика је видљиво да има изглед графика степене функције са негативним експонентом, али из облика графика није могуће процијенити да ли је експонент -2 тј. да ли освијетљеност опада баш са квадратом растојања. Да би се одредила вриједност експонента потребно је нацртати график $\log(U/U_0)$ у зависности од $\log(r)$. Са графика је видљиво да је коефицијент правца добијене праве $k = \Delta(\log(U/U_0))/\Delta(\log(r))$ [2]. Израчуната вриједност је приближно 2 што је у границама грешке експеримента.

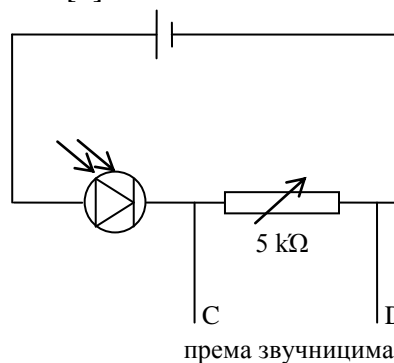
Инфрацрвена диода као преносник сигнала

Помоћу два једноставна електрична кола може се на ефектан начин демонстрирати пренос сигнала помоћу инфрацрвеног зрачења [3].



према прикључку за
слушалице аудио
уређаја

а) амплитудна модулација ИС-зрачења



према звучницима

б) демодулација аудио сигнала
кога преноси ИС-зрачење

Електрично коло са слике *a* се састоји од извора једносмјерне струје (батерија), диоде која емитује невидљиво инфрацрвено зрачење, отпорника промјенљиве отпорности и кондензатора. Кад између тачака А и В није прикључен неки спољашњи напон кроз ово коло тече струја сталне јачине а диода емитује инфрацрвено зрачење сталног интензитета. Уколико се између тачака А и В прикључи напон са излаза за слушалице неког аудио уређаја (транзисторски радиопријемник, МРЗ плејер и сл.) напон на диоди ће се мијењати у ритму промјене напона намијењеног за слушалице. Промјенљив напон на диоду изазива и промјенљиву јачине струје кроз диоду и због тога диода емитује инфрацрвено зрачење промјенљивог интензитета. На тај начин је извршена модулација промјенљивог напона (сигнала) који потиче од аудио уређаја – интензитет емитованог инфрацрвеног зрачењасе мијења на исти начин као и доведени напон од аудио уређаја.

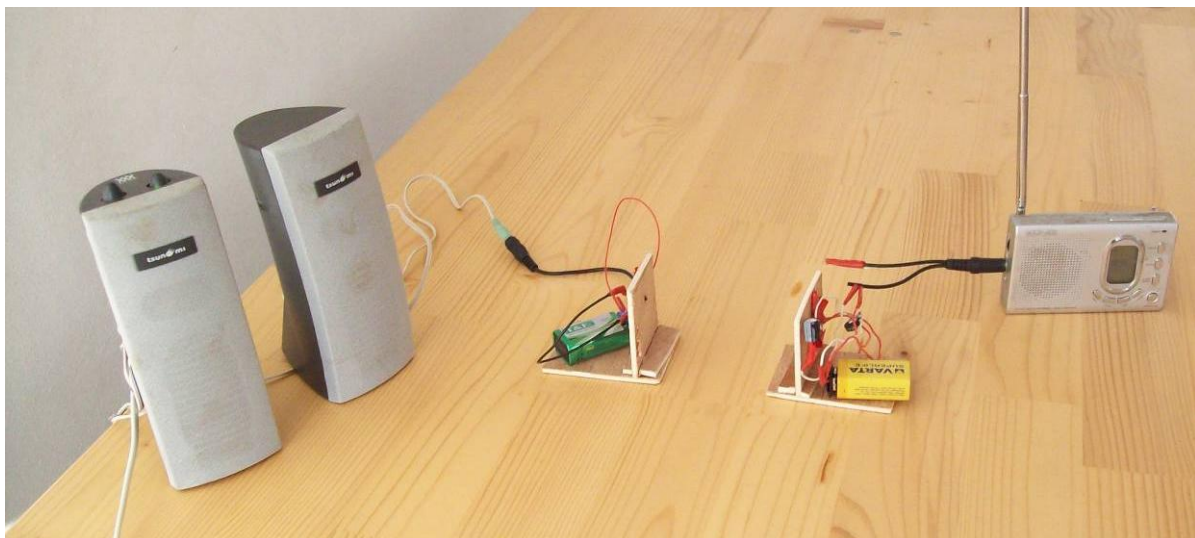
Пријемно коло слика *б* састоји се од извора струје, фототранзистора и промјенљивог отпорника. Када фототранзистор није освијетљен он не проводи струју, ако је мало освијетљен пропушта малу јачину струје, а ако је јаче освијетљен пропушта јачу струју.

Инфрацрвено зрачење промјенљивог интензитета емитовано из кола са *a* пада на фототранзистор кола *б*, због тога кроз коло *б* тече струја чија се јачина мијења на исти начин као и јачина ИС-зрачења, а напон на отпорнику ће се мијењати у ритму промјене јачине струје. На овај начин је извршена демодулација сигнала пренесеног инфрацрвеним зрачењем. Промјенљиви напон на отпорнику истог је облика као и напон који испоручује аудио уређај. То је лако доказати ако између тачака С и D спојимо звучнике које у себи

имају појачавач (нпр. звучници за рачунар), са звучника ће се јасно чути звук који емитује аудио уређај. Приликом извођења ове демонстрације инфрацрвена диода и фототранзистор су на малом растојању (до 10 cm), слика 3. Да се пренос сигнала заиста врши инфрацрвеним зрачењем лако је доказати ако поставимо испружен длан између диоде и фототранзистора звук са звучника се не чује, ако умјесто длана поставимо лист папира звук се чује, али слабије јачине. На овај начин, користећи најлон, стакло, пластику, дрво и сл. може се нагрубо испитати њихова пропустљивост за инфрацрвено зрачење.

Уколико пријемно и предајно коло размакнемо на веће растојање нпр. од 80 – 100 cm звук са звучника ће сасвим утихнути због тога што освјетљеност фототранзистора опада са квадратом растојања од свјетлосног извора (диоде). Закони оптике важе како за видљиву тако и за невидљиву свјетлост, па је могуће поново чути звук ако сабирно сочиво (нпр. лупа) поставимо између диоде и фототранзистора, слика 4. За дато растојање између предмета и lika (диоде и фототранзистора) постоје два положаја сабирног сочива који дају јасан лик предмета (Беселова метода за одређивање жижне даљине сочива). Помјерањем сочива између диоде и фототранзистора могуће је пронаћи та два положаја и у тим положајима се поново чује јасан звук са звучника. Тиме је демонстрирано да закони геометријске оптике важе и за инфрацрвено зрачење.

Слика 3. Практична изведба електричних кола са слика *a* и *b*



Слика 4. Лупа између предајног и пријемног кола омогућава успјешан пријем одасланог инфрацрвеног зрачења и потврђује важење закона геометријске оптике



Закључак

Примјена цвјетлећих диода у настави физике се намеће само по себи због њихових изванредних особина.

- Светлеће диоде су јефтине, а могу се такође наћи у многим расходованим апаратима (који се користе свакодневно).

- Раде на малим једносмјерним напонима што омогућава да ученици безбједно изводе различите експерименте.

- Представљају практично тачкасте свјетлосне изворе, притом дају и јак интензитет свјетлости.

- Емитује различите боје свјетлости као и невидљиву инфрацрвену свјетлост.

- Могу се користити при изучавању великог броја тематских цјелина: кинематика, енергија, електрично пшолје, кола једносмјерне струје, кондензатори, кола наизмјеничне струје, електромагнетне осцилације, геометријска оптика, таласна оптика, електромагнетно зрачење, фотони и фотоелектрични ефекат, полупроводници, емисија свјетлости, флуоросценција и фосфоросценција

Овдје је наведено само неколико примјера примјене свјетлећих диода. Дугачак списак експеримената који се могу извести кориштењем свјетлећих диода се може наћи у [4].

Литература

[1] Leos Dvorak, *Phys. Teach.* **49** (2011) 452-455

[2] Mickey Kutzner, Richard Wright and Emily Kutzner, *Phys. Teach.* **48** (2010) 341-323

[3] Mak Se-yuen, *Phys. Educ.* **38** (2003) 103-107

[4] Gorazd Planinsic, Eugenia Etkina, *Phys. Teach.* **52** (2014) 94-99