

Državno natjecanje iz fizike
26. do 29. travnja 2022., Podgora
EKSPERIMENTALNI ZADATAK

4. skupina

Pribor: svjetleće diode (po dvije crvene, žute, zelene, plave i bijele), spojne žice, dvije velike spajalice, potencijometar (trimer) $1\text{k}\Omega$, odvičaj, otpornici (330Ω), multimetri, baterija 9V, mjerna traka na letvici, mjerna traka, optička rešetka (500 pukotina po mm), pločica za LED, gumena tamna cjevčica, arak papira sa obojanim pravokutnicima, milimetarski papir, gumice.

Upute:

Pri izvođenju eksperimentalnog zadatka kao indikatori se koriste posebne vrste izvora svjetlosti – LED diode. Tijekom prolaza električne struje poluvodičkom diodom u dodirnom NP – sloju stalno se rekombiniraju slobodni elektroni i šupljine. Pritom se u nekim poluvodičima, pri rekombinaciji, oslobođena energija pretvara u svjetlost. Takve se diode nazivaju svjetleće diode. LED (Light Emitting Diode) rade na načelu unutarnjeg fotoelektričnog učinka. Na frekvenciju zračenih elektromagnetskih valova, odnosno na boju emitirane svjetlosti, može se utjecati odabirom odgovarajućeg poluvodičkog materijala te odabirom i koncentracijom točno određenih primjesa.



Kristal poluvodiča sastoji se od velikog broja pravilno razmještenih atoma čiji se energijski nivoi cijepaju u niz bliskih susjednih stanja koja se zovu vrpčama. One su odijeljene energijskim procjepom. U slučaju unutarnjeg fotoelektričnog učinka, kod poluvodiča, valentni elektroni koji apsorbiraju foton prelaze u vodljivu vrpču. Ako je energija apsorbiranih fotona veća od energije energijskog procjeka, elektroni na račun dobivene energije mogu prijeći iz valentne vrpce u vodljivu vrpču i postati pokretni i mogu biti nositelji električne struje u kristalu.

Svaki materijal ima različitu širinu energijskog procjeka i zato emitira svjetlost različitih valnih duljina. Za LED crvene boje to svojstvo ima (GaAsP), LED plave boje (GaN) i LED zelene boje (GaP).

Ako kroz svjetleću diodu prolazi prevelika struja, dolazi do oštećenja. Struju treba ograničiti pomoću otpornika! Svjetleća dioda ima pozitivan i negativan pol. Na kućištu je negativan pol označen, tako da je kućište sa strane gdje je negativan pol lagano zaravnato. Dioda vodi kada joj je anoda spojena na pozitivni pol izvora, a katoda na negativni pol izvora. Ako se dioda spoji u suprotnom smjeru, neće svijetliti.

Napomena: ne skraćujte ili savijajte izvođe na svjetlećim diodama!

Zadaci:

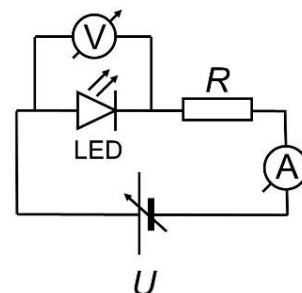
1. dio:

a) Odredite strujno-naponske karakteristike svjetlećih dioda.

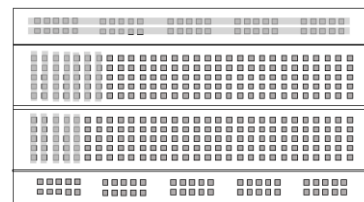
Za crvenu, žutu, zelenu, plavu i bijelu svjetleću diodu nacrtajte, na milimetarskom papiru (prilog 1), strujno naponske karakteristike, na istom grafu.

Osnovni se strujni krug sastavlja prema shemi:

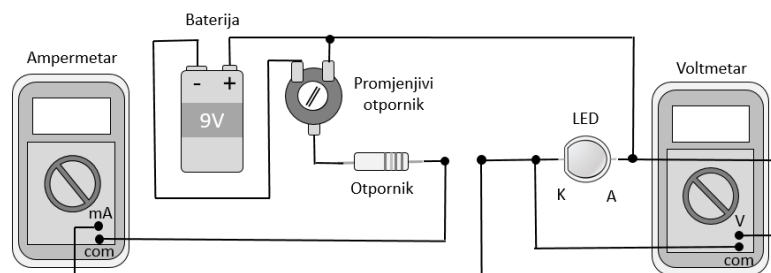
Umjesto laboratorijskog izvora napona kao izvor napona koristite bateriju od 9V. Kako bi za vrijeme mjerenja mogli mijenjati napone dodaje se promjenjivi otpornik (trimer od $1\text{k}\Omega$). Zakretanjem okretnog dijela s utorom na sredini trimera, mijenja se vrijednost napona na diodi. Koristite priloženi odvičaj za zakretanje. Potrebno je dodati i otpornik od 330Ω u seriju.



Strujni se krug sastavlja na eksperimentalnoj pločici. Ova se pločica sastoji od plastičnog kućišta na čijoj se gornjoj strani nalazi mnoštvo rupica namijenjenih umetanju nožica različitih komponenti. Rupice su u unutrašnjosti pločice međusobno povezane prema određenom pravilu. Na slici su označene međusobno povezane rupe. One predstavljaju mjesta jednakog potencijala. Na slici je označen dio međusobno spojenih rupa.



Primjer spajanja vašeg eksperimentalnog postava prikazan je na slici. Svjetleća dioda, promjenjivi otpornik i otpornik trebaju biti postavljeni na eksperimentalnu pločicu.



Prije mjerenja, na multimetru kojim se mjeri napon, odaberite odgovarajuće mjerno područje na zakretnom dijelu (DCV, 20.). Na multimetru kojim mjerite struju odaberite mjerno područje DCA .200mA. Spojne žice se spajaju na COM ulaz multimetra (-) i VΩmA ulaz (+).

Mjerite parove vrijednosti napona i struje. Očitajte barem 10 parova napona i struje počevši od trenutka kad je LED tek zasvijetlila. Mjerenja provodite isključivo u propusnom smjeru diode! Struja ne smije premašiti 20 mA!!!

Mjerenja i rezultate prikazite tablično i grafički!

- Usporedite dobivene grafove. O kakvim se karakteristikama radi?
- LED pri određenom istosmjernom naponu počinje emitirati svjetlost. Izmjerite napon na svakoj pojedinoj diodi upravo kada počne svijetliti (napon praga U_0). Iz dobivenih mjerenja za svaku svjetleću diodu odredite energiju koja se pri rekombinaciji pretvorila u svjetlost. Energije izrazite u eV! Obrazložite postupke svojih izračuna! Navedite primijenjene izraze i imenujte sve veličine.
- Povucite pravac duž linearnog dijela strujno naponske karakteristike. Očitajte vrijednost napona na naponskoj osi kroz koji pravac prolazi (U_0'). Ponovite postupak za svaku svjetleću diodu i očitajte pripadne napone. Ove se vrijednosti razlikuju od vaših prethodnih očitovanja. Obrazložite.
- Diskutirajte napon praga bijele LED u odnosu na ostale svjetleće diode.

Konstante: brzina svjetlosti u vakuumu $c=3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$, Planckova konstanta $h=6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$.

2. dio:

Da bi odredili valnu duljinu emitirane svjetlosti upotrijebit ćete optičku rešetku koja ima 500 pukotina po jednom milimetru. Na slici je shematski prikaz pokusa u kojem treba odrediti valnu duljinu izvora svjetlosti.



Optičku rešetku (u plastičnom okviru) postavite u veliku spajalicu za papir. Eksperimentalnu pločicu koju ste koristili u prvom dijelu vježbe okrenite okomito. Neka je LED postavljena u gornjem dijelu pločice (na skici nije prikazan elektronički sklop iz prethodog dijela zadatka, potreban za napajanje diode!). Pričvrstite letvicu s mjernom trakom pomoću gumica, neposredno iznad LED kako je prikazano na slici.

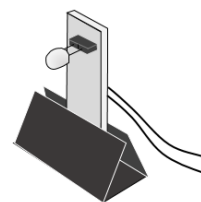
Uključite LED i promotrite njezinu svjetlost kroz optičku rešetku, tako da vam je oko vrlo blizu rešetke. Promotrite dobiveni spektar. Udaljenosti namjestite tako da dobro vidite spektar prvog reda.

- Usporedite i opišite dobivene spektre pojedinih svjetlećih dioda, uključujući i svjetleću diodu koja emitira bijelu svjetlost.
- Odredite valne duljine crvene, žute, zelene i plave svjetleće diode. Za svaku diodu izvršite seriju od 5 mjerenja i procijenite točnost mjerenja. Što je sve uvjetovalo točnost vaših mjerenja? Rezultate prikažite tablično! Na skici označite mjerene veličine. Navedite sve izraze koje ste koristili za izračune!
- Iz dobivenih mjerenja (koristite srednje vrijednosti dobivenih rezultata u b) dijelu) odredite energije emitiranih fotona. Energije izrazite u eV!
- Usporedite dobivene energije s energijama dobivenima u 1. dijelu zadatka. Obrazložite rješenja.

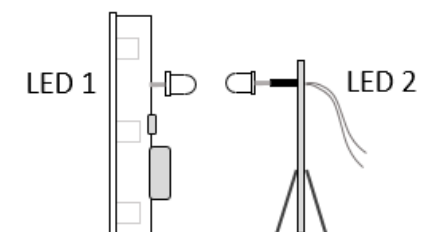
3. dio:

Namjena je svjetlećih dioda, u pravilu, emitiranje svjetlosti. Međutim, ako na svjetleću diodu spojite voltmetar, i pri dnevnoj svjetlosti, očitat ćete vrijednosti i od nekoliko mV, nekoliko desetaka mV i više. Vaš je zadatak istražiti ovisnost napona koji očitavate na svjetlećoj diodi o valnoj duljini svjetlosti koja na nju upada.

Sastavite eksperimentalni postav prikazan na slici.



LED 1 (predajnik) postavljena je na eksperimentalnoj pločici kao i u prvom i drugom dijelu zadatka. Spojite diodu na bateriju. Na pločicu na kojoj se nalazi konektor s dva utora postavite LED 2 (prijemnik) i zatim diodu spojite na voltmetar (mjerno područje 200 mV).



Postavite prvo crvenu LED i osvjetljavajte redom svjetlošću crvene LED, zatim žute, zelene i plave LED.

Nakon toga osvjetljavajte žutu LED redom svjetlošću crvene, žute, zelene i plave LED. Na isti način nastavite s osvjetljavanjem zelene i plave LED i očitavajte pripadne napone na LED 1.

LED 1 i 2 treba postaviti jednu naspram druge, vrlo blizu. Namještajte tako dugo dok nije očitana najveći napon na voltmetru. Ukoliko okolno osvjetljenje smeta, možete svjetleće diode postaviti na krajeve priložene gumene crne cjevčice. Cjevčicu možete skratiti kako bi dobili željenu duljinu.

- Sastavite tablicu u kojoj ćete prikazati izmjerene napone u ovisnosti o valnoj duljini primijenjene svjetlosti.
- Što možete zaključiti na osnovu dobivenih podataka?
- Obrazložite moguća odstupanja u svojim mjerenjima.
- Je li moguće koristiti svjetleće diode kao naponske ćelije? Obrazložite. Kako biste odredili maksimalnu snagu ovakve naponske ćelije?
- U 1. i 2. dijelu zadatka objašnjavali ste spektre bijele LED i ostalih svjetlećih dioda. Također ste razmatrali napone praga za bijelu i ostale svjetleće diode. Jeste li uspjeli povezati napon praga bijele i ostalih dioda? Usporedite strujno naponske karakteristike bijele i plave LED. Uzmite svaku od dobivenih svjetlećih dioda i pokušajte vidjeti poluvodički element (PN spoj) u unutrašnjosti svake diode. Usporedite pogled u unutrašnjost kućišta, npr. plave i bijele LED. Što opažate?

Zadatak je da pomoću jedne od svjetlećih dioda (crvene, zelene ili plave) i jednog od obojanih pravokutnika (prilog 2) dobijete bijelu svjetlost. U prilogu 2 otisnut je niz pravokutnika obojanih običnim bojama (tinta pisača) i niz pravokutnika obojanih fluorescentnim flomasterima. Obrazložite rezultat izvedenog pokusa.

Na osnovu svega prethodnog, pokušajte pojednostavljeno objasniti načelo rada vaše bijele LED.