

MATERIALE OPTOELECTRONICE

Scopul lucrării:

Scopul acestei lucrări de laborator este cunoașterea unor materiale folosite în optoelectronică, măsurarea caracteristicilor unor dispozitive optoelectronice: diode luminescente (LED) și fototranzistoare.

Rezumat:

În contextul acestei lucrări, prin “optoelectronică” înțelegem numai dispozitivele optoelectronice bazate pe semiconductoare, unde procesele de recombinare emit lumină. Acest proces de radiație este numit emisie spontană a luminii, pentru că are loc statistic fără alte ingrediente în afara electronilor și golurilor. Încă nu vom studia aici procesul opus – absorbția luminii, fenomen important în funcționarea fotodiodelor sau a celulelor solare. De asemenea transmisia luminii prin ghidurile de undă nu este considerată aici.

Siliciul este un material indirect și energia emisă nu produce fotoni în cantitate apreciabilă și, ca urmare, nu este folosit în aplicații pentru optoelectronică. Aceasta este parțial adevărat, deoarece există materiale semiconductoare indirecte care emit suficienți fotoni pentru a fi folosite în aplicații practice în optoelectronică. Dar, încă o dată, în general, se folosesc materiale directe de la care se așteaptă ca recombinarea să aibă ca rezultat emisia luminii.

Un LED este o diodă semiconductoare ce emite lumină la polarizarea directă a joncțiunii p-n. Acest efect este o formă de electroluminescență. Astfel un LED face conversia energiei electrice în energie luminoasă.

Recombinarea electron-gol eliberează o cantitate de energie - un foton. Prin urmare, pentru a face un semiconductor să radieze este necesar să susținem recombinarea electron-gol. Diferența este că în diodele obișnuite, această recombinare eliberează energie sub formă de căldură - nu sub formă de lumină (adică într-un alt domeniu al spectrului). Într-un LED, aceste recombinări eliberează energie sub formă de lumină. Recombinarea generatoare de căldură se numește neradiativă, în timp ce recombinarea generatoare de lumină se numește radiativă. În realitate, în orice diodă au loc ambele tipuri de recombinări; când majoritatea recombinărilor sunt radiative, avem un LED. Curentul direct injectează electroni în regiunea sărăcită de purtători, unde ei se recombină cu golurile în mod radiativ sau neradiativ. Prin urmare, recombinările neradiative "consumă" din electronii excitați necesari recombinării radiative, ceea ce scade eficiența procesului. Acest fapt este caracterizat prin eficiența cuantică internă, η_{int} , parametru care arată ce fracție din numărul total de electroni excitați produce fotoni.

Raționamentul de mai sus poate fi formulat astfel: puterea luminoasă, P , este energia per secundă, adică numărul de fotoni înmulțit cu energia unui foton, E_p . Numărul de fotoni este egal cu numărul de electroni injectați, N , înmulțit cu eficiența cuantică internă.

Timpul de viață, τ , al purtătorilor este timpul dintre momentul în care ei sunt injectați în regiunea golită și momentul în care ei se recombina. Din acest motiv se mai folosește și denumirea de timp de viață de recombinare.

Banda de modulație, BW , este intervalul de frecvențe de modulație în cadrul căruia puterea electrică detectată scade la -3dB. În cazul unui LED, aceasta este limitată de timpul de viață al purtătorilor. Explicația fizică a acestui principiu este următoarea: presupunem că un electron este excitat în banda de conducție; lui îi ia τ ns până când sa cadă în banda de valență prin recombinare. În acest interval de timp nu se poate modifica starea lui, astfel încât chiar dacă se întrerupe curentul direct, trebuie așteptat τ ns până când radiația va înceta practic. Ca și diodele, toate tranzistoarele sunt sensibile la lumină. Fototranzistoarele sunt concepute special pentru “a profita” de acest fapt. Varianta cea mai comună este un tranzistor NPN bipolar cu baza expusă. În acest caz, semnalul electric de intrare aplicat pe bază este înlocuit de semnal electromagnetic luminos, deci, un fototranzistor amplifică variațiile de semnalului luminos de intrare.

Tabele:

Tabelul 4-2

Treapta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
U(V)	0	0.	0.	1.	1.77	2.22	2.6	3.0	3.5	3.9	4.4	4.8	5.3	5.7	6.1	6.6
		45	87	32			4	9	3	8	1	6	1	6	8	3

Tabelul 4-3

Treapta	1	2	3	4	5	6	7	8
U(V)	0	0.83	1.67	2.5	3.26	4.10	4.93	5.77

Tabelul 4-4

$R_1 = 100 \Omega$

Treapta			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	U_x	[V]	0	0.45	0.87	1.32	1.59	1.69	1.77	1.85	1.93	1.99	2.06	2.12	2.19	2.26	2.32	2.38
Dioda L_R	U_y	[V]	0	0	0	25.26 m	75 m	0.12	0.17	0.23	0.28	0.31	0.33	0.39	0.44	0.50	0.55	0.60
	$I_D = U_y/R_1$	[mA]	0	0	0	0.025	0.075	1.2	1.7	2.3	2.8	3.1	3.3	3.9	4.4	5	5.5	6
	$U_D = U_x - U_y$	[V]	0	0.45	0.87	1.30	1.52	1.57	1.6	1.62	1.65	1.68	1.73	1.73	1.75	1.76	1.77	1.78
	U_x	[mV]	0	0.45	0.87	1.32	1.73	1.86	1.94	2.02	2.09	2.17	2.23	2.30	2.37	2.43	2.49	2.56
Dioda L_V	U_y	[V]	0	0	0	0	5.56 m	50.75 m	99.38 m	0.15	0.20	0.26	0.31	0.36	0.42	0.47	0.52	0.58
	$I_D = U_y/R_1$	[mA]	0	0	0	0	0.056	0.05	0.1	1.5	2	2.6	3.1	3.6	4.2	4.7	5.2	5.8
	$U_D = U_x - U_y$	[mV]	0	0.45	0.87	1.32	1.72	1.81	1.84	1.87	1.89	1.91	1.92	1.94	1.95	1.96	1.97	1.98
	U_x	[V]	0	0.45	0.87	1.32	1.76	2.21	2.55	2.69	2.78	2.87	2.95	3.03	3.1	3.17	3.24	3.31
Dioda L_A	U_y	[mV]	0	0	0	0	0	0	12.8	57.47	106.9	159	200	260	310	360	420	470
	$I_D = U_y/R_1$	[mA]	0	0	0	0	0	0	0.13	0.58	1.07	1.59	2	2.6	3.1	3.6	4.2	4.7
	$U_D = U_x - U_y$	[mV]	0	0.45	0.87	1.32	1.76	2.21	2.54	2.63	2.68	2.71	2.75	2.77	2.79	2.81	2.82	2.84

Grafice:



