

LASER DIODA GALIUM ARSENIDA SEBAGAI PERAGA SEVEN SEGMENT

Pertumpun Gurusinga

Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknik Universitas Satya Negara Indonesia
E-mail pertumpun_gs01@yahoo.com

ABSTRAK

Penguatan cahaya dengan proses emisi terangsang (light amplification by stimulated emission of radiation) yang dikenal dengan laser merupakan bagian dari optoelektronika yaitu teknologi, gabungan ilmu optik dan elektronika yang bekerja atas dasar operasi persambungan bahan semikonduktor tipe p-n seperti gallium arsenida dalam bentuk padat dapat dibuat sebagai dioda pengendali cahaya (light emitted diode = LED) digunakan dalam instrumen elektronika sebagai peraga

ABSTRACT

Gain of light with process of radiation of emission stimulated by amplifying light recognized with laser represent the part of optoelektronika that is technology optics alliance and elektronika laboring on the basis of semi materials extension operation of type semiconductor of p-n like arsenida gallium in the form of solid can in making as dioda controller of light (light emitted diode LED used in electronics instrument as display)

Key Word : Display, Semiconductor, and Laser

Pendahuluan

Latar Belakang

Pada tahun 1917 Albert Einstein menemukan teori tentang penguatan cahaya dengan proses emisi radiasi terangsang (eksitasi) yang dikenal dengan laser (light amplification by stimulated emission of radiation). Penemuan ini dibuktikan oleh Townes dan Weber pada tahun 1954 melalui percobaan dengan menggunakan sampel batu delima (ruby). Emisi radiasi eksitasi terjadi apabila pada bahan diberi tambahan tenaga (energi) yang memungkinkan terjadinya gerak lubang (hole) dan elektron pada persambungan sehingga terjadi rekombinasi lubang dan elektron, kehantaran dan efek suhu pada bahan akan menghasilkan radiasi tampak yang koheren. Penambahan energi akan menimbulkan inversi huni pada pita valensi & pita konduksi melalui injeksi pembawa minoritas pada persambungan akibatnya terbentuk resonansi optik disekitar persambungan (laser kecil), hal inilah yang dimanfaatkan dalam pembuatan laser. Pada tulisan ini dibahas laser dioda dari bahan semikonduktor Gallium Arsenida yang sangat bermanfaat dalam instrumen opto elektronik seperti peraga tujuh segmen (display seven segment).

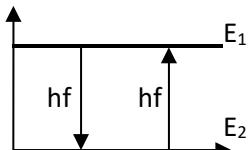
Metode Penulisan

Metode penulisan yang penulis gunakan adalah metode penulisan Deskriptif, di mana penulisan dimungkinkan untuk menggambarkan situasi yang terjadi melalui dokumen yang tertulis dari kepustakaan, seperti buku, artikel, jurnal (*e-journal*), majalah situs internet, dan sebagainya.

Landasan Teori

Laser Laser merupakan alat yang memperkuat cahaya dengan metode emisi radiasi eksitasi, untuk memahami proses emisi radiasi dapat ditinjau pada sekumpulan atom-atom yang sifat atomnya dapat berada pada suatu ruang tertutup dan konstan. Jika atom-atom tersebut berada pada (state) keadaan antara state energi E₁, atau pada state E₂ seperti pada gambar 1 maka akan terjadi transisi transisi ke energi yang lain akibat penyinaran dengan gelombang elektromagnetik dengan frekwensi f atau

dimana : $h = \text{konstanta planck } (6, 62 \cdot 10^{-34}) \text{ Joule detik}$
 $f = \text{frekuensi radiasi}$



Gambar 1 Aras pita Energi

Transisi tersebut dapat terjadi hanya dengan satu jalan yaitu penyerapan (absorbsi) sebuah foton energi dari medan radiasi absorpsi foton dari gelombang tersebut mengakibatkan suatu transisi dari arus E_1 ke arus E_z sehingga huni aras 2 lebih besar dari harganya dalam kesetimbangan termal. Atom-atom yang sudah berada didalam state energi atas (E_2 dapat mengadakan transisi radiatif ke state E_1) state bawah dengan cara emisi radiasi eksitasi. Didalam interaksi antara sebuah atom dengan gelombang maka gerak elektron-elektron yang terikat pada atomnya akan mengalami gangguan karena gelombang yang datang mempunyai fasa yang berlawanan dengan gerak elektron akibatnya atom akan kehilangan energi dan memancarkan foton bila hal ini terjadi pada sekumpulan atom maka kumpulan atom ini mempunyai fase yang berlawanan agar gerak elektron dan semua atom akan memancarkan foton secara serentak dan menghasilkan radiasi koheren yang terangsang dibawah syarat resonansi, bila frekwensi gelombangdatang ini tepat dengan frekwensi transisi maka foton -foton yang dihasilkan oleh emisi terangsang tersebut frekwensi sarna dengan gelombang yang datang atau terjadi penguatan terhadap radiasi yang datang dan sebanding dengan kuat gelombang elektromagnetik yang datang. Distribusi atom-atom state energi atas dan bawah ditentukan dalam statistik Maxwell Boltzman. Didalam keseimbangan thermis pada temp T dinyatakan pada persamaan 2 sebagai berikut

Dimana :

N₁ Jumlah electron keadaan bawah pita energi

N₂ Jumlah electron keadaan an atas pita energi

K ; Konstanta Boltzma (1,38 x 10⁻²³ J/mol°K)

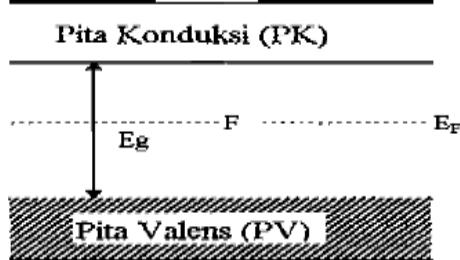
T : Temperatur Kelvin

Persamaan 2 dapat menentukan besar emisi radiasi tereksitasi pada daerah optik dengan panjang gelombang = 500 Å, hasilnya sebuah cahaya koheren yang kuat.

Laser Semikonduktör

Laser Semiconductor
Laser telah diamati pada beberapa semikonduktor, terutama pada Gallium-Arsenida dan Timah-Selenida. Pada tulisan ini hanya menguraikan sifat-sifat utama dari laser Gallium-Arsenida sebagai bahan dasar peraga tujuh ruas yang yang digunakan sebagai peraga(display) pada banyak alat elektronika

Ssemikonduktor berbeda dari kristal-kristal ionik terutama dalam hal struktur aras energinya . Pada laser semikonduktor aras-aras energi dari suatu kristal merupakan hal yang sangat penting . Skema aras energi untuk kristal semikonduktor yang murni ditunjukkan pada gambar 2. di bawah ini.



Gambar 2 Aras-aras energy pada semikonduktor murni

Spektrum energi terdiri dari pita-pita lebar dengan aras-aras yang diperbolehkan : pita-valensi (P.V) dan pita-konduksi (P.K) dipisahkan oleh sebuah pita terlarang (selang) yang lebarnya (E_g). Kerapatan state-state pada pita-valensi dan pita-konduksi adalah fungsi energi. Masing-masing state/keadaan dapat diduduki paling banyak oleh satu elektron (hukum larangan Pauli). Keboleh-jadian bahwa suatu keadaan tertentu diisi; dinyatakan dengan fungsi distribusi Fermi-Dirac.

$$F = \frac{1}{(1 + e^{(E-F)/KT})} \quad 3$$

Dimana

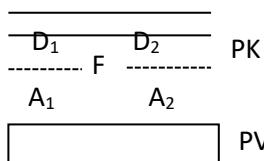
F : Aras Fermi

E : Energi elektron

T : Temperatur mutlak dalam derajat Kelvin

Untuk kristal semikonduktor murni pada 0 K, maka pita valensi terisi penuh sedang pita konduksi kosong. Di atas 0 K, beberapa elektron sebaliknya berada pada pita konduksi. Oleh karena itu arus listrik dapat mengalir baik sebagai hasil dari gerak elektron pada pita-konduksi maupun sebagai hasil gerak lubang pada pita valensi. Lubang diciptakan di pita valensi ketika elektron dieksitasi ke pita konduksi. Pada sebuah semikonduktor yang ideal, jumlah elektron pada pita konduksi sama dengan jumlah lubang pada pita-valensi

Pada sebuah kristal yang rapi, aras energi tambahan biasanya terdapat disela-sela energi yang terlarang, misalnya aras-aras D dan A pada gambar 3 di bawah ini :



Gambar 3 Aras energy Semikonduktor takmurni

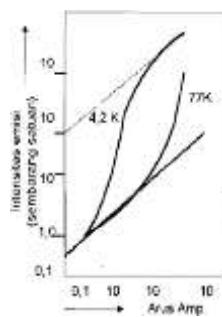
Aras-aras energi seperti ini terjadi akibat ketidak sempurnaan kristal yaitu : Ketidak murnian karena kotor (Impurities) Lowongan (hole) dan dislokasi (pergeseran)

Pada sebuah kristal yang real maka jumlah partikel yang berfungsi sebagai pembawa arus ditentukan oleh adanya ketidak murnian-ketidak murnian (impurity) dan dapat diklasifikasi dalam 3 (tiga) kategori :

1. Ketidak murnian-ketidak murnian pemberi (donor impurities). aras energinya terletak dekat pita-konduksi (P.K)
2. Ketidak murnian-ketidak murnian penerima (Acceptor impurities). Aras energinya terletak dekat pita-valensi, dan
3. Ketidak murnian (impurity) lain. Aras-aras energinya terletak dekat pertengahan selang terlarang.

Kedua jenis yang pertama (ketidak murnian pemberi dan penerima) sangat penting, dan dipakai untuk menciptakan semi-konduktor type-n dan type-p berturut-turut. Sebuah semikonduktor type-n diperoleh, bila dimasukkan kedalam kisi kristal sebuah element yang mempunyai elektron valensi lebih banyak dari

pada elektron valens pada atom-atom kekisinya. Atom atau ion semacam itu menjadi pemberi electron(donor) , dan memberi sebuah elektron yang dapat bergerak didalam kristal dengan relatif bebas. Sela suatu element dengan valensi yang lebih rendah dari pada valensi atom kristal dimasukkan kedalam kisi, maka elemen itu disebut : penerima-elektron. Dalam hal ini suatu lubang (hole) akan terjadididalam kristal yang disebut semikonduktor type-p, seringkali sebuah kristal semikonduktor didope dengan adanya ketidakmurnian dari kedua jenis tersebut diatas dimana adanya mayoritas atom-atom donor pada satu bagian dari semikonduktor, sedang atom-atom akseptor menonjol pada bagian yang lain. Daerah transisi yang memisahkan bagian-bagian ini, disebut sambungan p-n. Untuk beberapa bahan semikonduktor, sela energi terlarang antara pita valens dengan pita konduksi sesuai dengan riau gelombang radiasi didaerah optis. Jadi radiasi yang dihasilkan dalam semikonduktor-semikonduktor ini ketika elektron-elektron pada pita konduksi dan lobang-lobang (hole-hole) pada pita valens digunakan untuk menghasilkan Radiasi Koheren. Akan tetapi energi rekombinasi itu, dapat didissipasikan dengan cara-cara lain yang tidak radiatif (Non-radiatif). Misalnya : dengan berinteraksi langsung dengan fonon- fonon kisi, elektronelektron bebas atau ionbang-lobang lain ataupun dengan proses-proses penggantian dengan aras-aras ketidak-murnian. Didalam banyak semikonduktor, proses-proses yang tidak radiatif mini memegang peranan sedemikian rupa sehingga keboleh-jadian rekombinasi radiatipnya kecil. Akan tetapi, dalam beberapa semikonduktor, misalnya ; Gallium-Arsenida, keboleh-jadian transisi untuk peluruhan radiatip dari suatu pasangan elektronlobang adalah tinggi. Oleh karena inversi huni dapat diperoleh dalam bahan ini maka kerja laser dapat terjadi. Untuk bahan-bahan ini, energi maksimum dari pita-valens dan energi minimum daripada pita-konduksi. Kedua-duanya terjadi pada titik yang sama dalam ruang K (pada K =0 untuk Gallium-Arsenida) dan transisi radiatip antara kedua pita itu diperbolehkan. Riau gelombang dari radiasi rekombinasi mempunyai range yang sangat sempit yang sesuai dengan pinggir pita. Inversi hni diperoleh dengan menginjeksi pembawa minoritas melewatisambungan p -n dengan bias maju. Resonator optis terbentuk oleh bahan itu sendiri disekitar sambungan, sehingga dapat dibuat laser semikonduktrot yang sangat kecil. Laser Oioda Gallium- Arsenida. Pertama sekali kerja laser dioda semikonduktor ditemukan pada kristal GalliumArsenida. Oua permukaan yang berhadapan yang tegak lurus dengan bidang sambungan dipolis (dihaluskan) sehingga menjadi rata dan sejajar untuk membentuk Resonator optis yang sejajar dan datar. Sesatan dalam kesejajaran kedua permukaan itu tidak boleh melebihi beberapa riau gelombang. Kedua permukaan lain yang tegak lurus dengan sambungan dibuka kasar, untuk mencegah osilasi akibat refleksi (pantulan). Kapasitas daya laser dioda gallium-Arsenida kecil, karena dissipasi panas didalam sambungan terbatas dan kebanyakan percobaan-percobaan pada awalnya dikerjakan pada temperatur disekitar 77 K dan denyut arus selama 0,5 J.I. detik, dimana dapat terulang lagi dengan kecepatan antara 100 CIS dan 1 KC/S. Densitas (rapat) arus ambang untuk laser dioda Gallium-Arsenida antara 800 dan 10.000 Amp/cm. Emissi terjadi dalam range yang sangat sempit pada 8400 AO, Bentuk variasi Intensitas dari radiasi yang dipancarkan (emisi) dengan arus, untuk suatu dioda Gallium-Arsenida ditunjukkan pada gambar 3. dibawah ini.



Gambar 4 Hubungan Intensitas cahaya(radiasi) dengan arus untuk Galium Arsenid)

Gambar variansi output cahaya dengan arus dari laser Dioda Gallium-Arsenida pada 77°K dan 4.2°K. Pada temperatur 77 °K radiasi bertambah besar secara linier dengan arus sampai densitas arus kurang ⁴ lebih 10 Ampere/cm² (90 Ampere) dan diatas densitas arus tersebut maka radiasi bertambah dengan

cepat. Jika temperatur kerja diturunkan sampai 4,2 K, maka ambangnya turun sampai 1500 Amp/cm^2 (12 Amp). Pada temperatur 4,2 K output cahaya jauh diatas ambang, kembali menjadi linier dengan arus dan pengukuran yang teliti menunjukkan bahwa effisiensi kwantum dari dioda tersebut hampir satu yaitu untuk setiap elektron yang mengalir melalui dioda dipancarkan satu foton dari permukaan-permukaan sambungan yang dihaluskan.

Dari pembahasan-pembahasan ini kita dapat melihat bahwa laser dioda semikonduktor mempunyai 2 (dua) keuntungan, jika dibandingkan dengan laser-. laser zat padat lain atau laser-laser gas, yakni :

Oleh karena inversi huni diperoleh dengan melewatkannya arus melalui dioda, maka modulasi intensitas eahaya output dapat dihasilkan secara sederhana dengan memodulasikan arus. Jadi disini tidak diperlukan modulator tak gayut seperti yang digunakan dalam laser jenis lain.

Ukurandari pada alat ini sangat kecil jika dibandingkan dengan laser jenis lain, sehingga dioda-dioda semikonduktor sangat baik dipakai bila ruang pereobaan kecil, misalnya dalam satelit dan sebagainya.

Bekerjanya laser-Gallium-Arsenida, memprakasai suatu penelitian terhadap bahari-bahan sernikondutor yang lain, juga memperlihatkan kerjanya laser.

Dioda pengemis cahaya (Light Emitted Dioda ,LED)

LED merupakan komponen elektronik sebagai peraga. Lampu pijar telah diganti dengan LED karena LED merupakan sumber cahaya piranti optoelektronik yang bekerja atas dasar operasi persambungan p_n-n. daerah operasi LED rendah sekitar 1-2 volt, dengan onoff =10⁹ detik dengan usia ± 20 tahun. LED yang banyak ditemukan dipasar bebas adalah tipe TTL 221 dan TTL 222. TTL 221

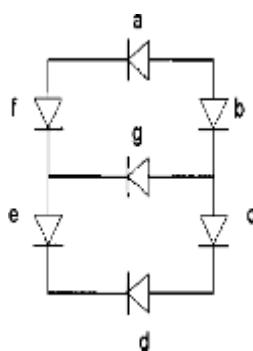
terbuat dari bahan semikonduktor Gallium-Arsenida fosfida , berwarna merah

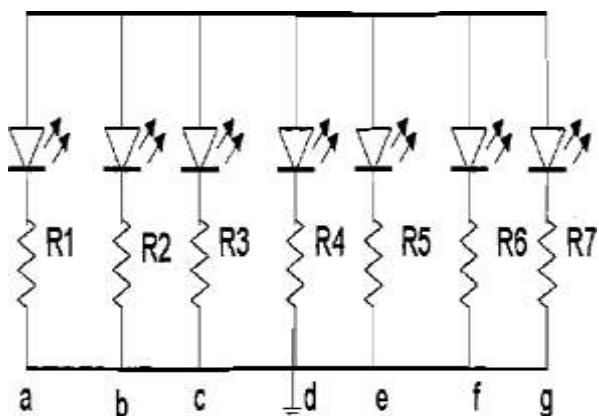
Cara kerja TTL ini sebagai berikut : Bila diberi bias maju akan memancarkan cahaya merah dengan tegangan lutut 1,5 volt, gambar LED seperti tergambar :



Gambar 5 Simbol Dioda

jika pada rangkaian arus yang telah ada ditambah maka tegangan akan naik akibatnya intensitas cahaya akan naik hampir 2 (dua) kali kenaikan tingkat arus, biasanya intensitas cahaya disini selain dipengaruhi perubahan arus juga dipengaruhi perubahan suhu. Selain berwarna merah LED juga berwarna hijau, kuning, biasanya LED hijau digunakan untuk instrumen-instrumen kecil jam digital sebab daya yang digunakan kecil. LED TTL 221 biasanya digunakan sebagai display yang lebih besar misalnya display pada alat mekanik besar. Prinsip kerja alat ini seperti pada gambar dibawah ini.





Gambar 6 Peraga 7(tujuh) ruas untuk 4 bit(1 desimal)

Dalam tegangan catu daya mencatu anoda (+) maka katoda(-) akan diketanahkan akibatnya saklar LED akan tertutup dan LED yang bersangkutan akan bertegangan maju dan mengimisi cahaya. Hal ini terjadi karena elektron-elektron bebas akan melintasi sambungan dan jatuh kedalam lubang dan pada saat keduanya berkombinasi (bergabung kembali) elektron-elektron bebas akan meradiasi energi karenamereka jatuh dari peringkat energi tertinggi keperingkat energi rendah

Kesimpulan

Dari perubahan tentang bahan laser Gallium-Arsenida yang diberi fosfor sangat baik sebagai displaysuatu instrumen elektron terlihat dari karakternya yang memiliki usia panjang (20 tahun) dengan tegangan yang kecil (1-2) volt dan waktu yang digunakan untuk mencetak suatu data sangat tepat. Komponen-komponen elektronik yang banyak dijual dipasaran sangat tepat bila digunakan bagian dari praktek rnahasiswa untuk mata kuliah rangkaian elektronik digital seperti pembuatan alat peraga tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Bela A Lengyel, *Introduction to laser Physics* Wiley, 1966.
J.S. Throp, "Maser dan Laser", Mac Milan, 1967.
Allister Ferguson, *How to make An X Ray Laser*, New Scientist, 1975.
Albert Paul Malino, *Semiconductor Circuit Approximation*, Mc Grow Hell, 1985.Jacob Milman & Chustas Halkis, *Integrated Circuit* McGrow Hill, 1975'
Samuel C Lee "Rangkaian Digital dan Rancangan Logika" Terjemahan, Erlangga Jakarta 1991
Thomas Sri Widodo "Optoelektronika Komunikasi Serat Optik" Andi Offset Jogyakarta 1995