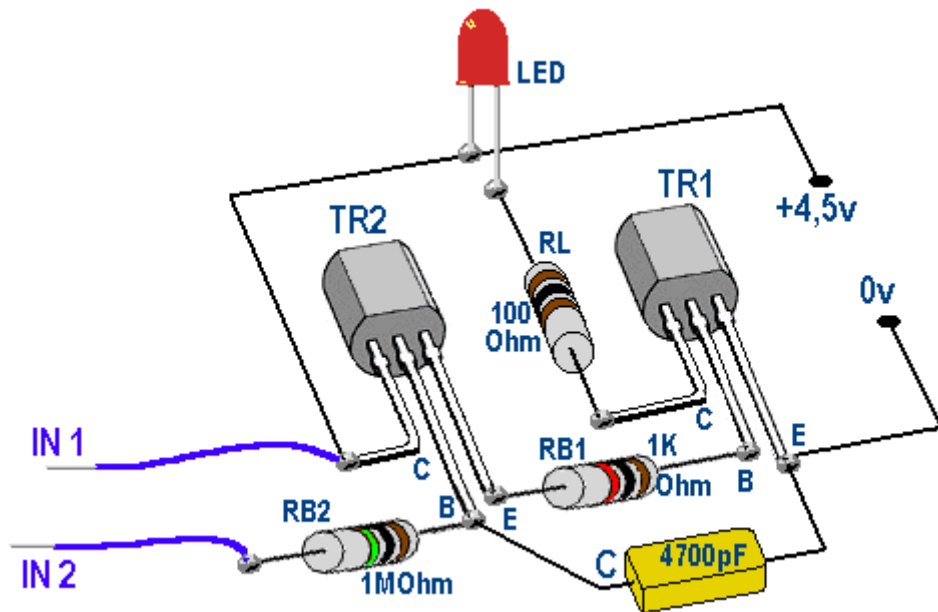


Altri tipi di diodi

La giunzione pn può essere utilizzata per creare altri tipi di diodi con usi speciali

Diodo Led

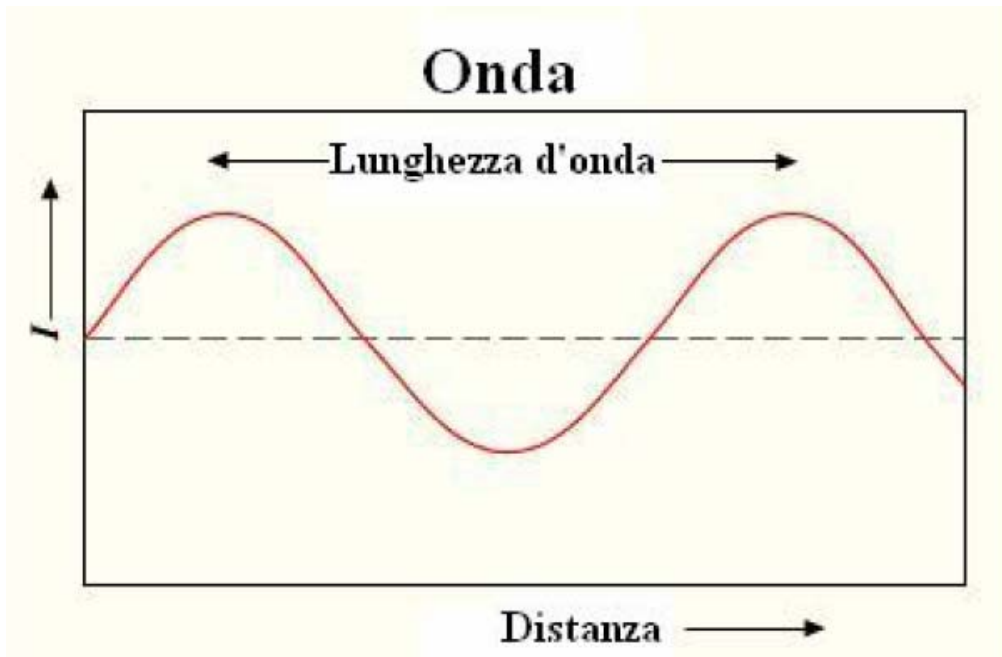
Una prima applicazione speciale del diodo è il led o light emitting diode (diodo ad emissione di luce) utilizzabile in un circuito elettronico come segnalatore luminoso (ad esempio come segnalatore di circuito acceso).



La lue è un fenomeno vibratorio, cioè un fenomeno che si riproduce identico a se stesso dopo un tempo T sempre uguale, detto periodo. L'inverso del periodo, la frequenza

$$\nu = \frac{1}{T}$$

rappresenta il numero di vibrazioni per unità di tempo. Se la vibrazione si propaga nello spazio si ha la formazione di onde analoghe alle onde che si formano in uno specchio d'acqua che si succedono ad intervalli regolari nello spazio.

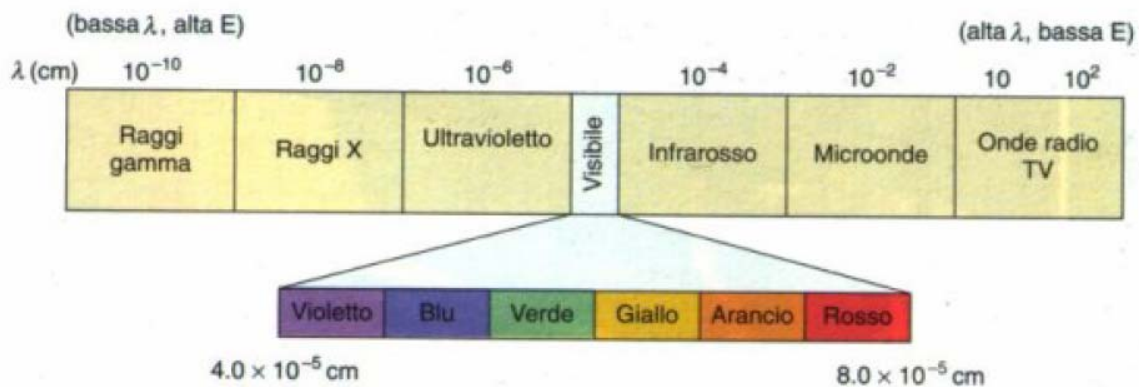


L'intervallo spaziale fra due creste dell'onda prende il nome di lunghezza d'onda λ . Esso si può calcolare come lo spazio percorso dall'onda in un periodo T . Quindi se c è la velocità di propagazione della luce si ha

$$\lambda = cT = \frac{c}{\nu}$$

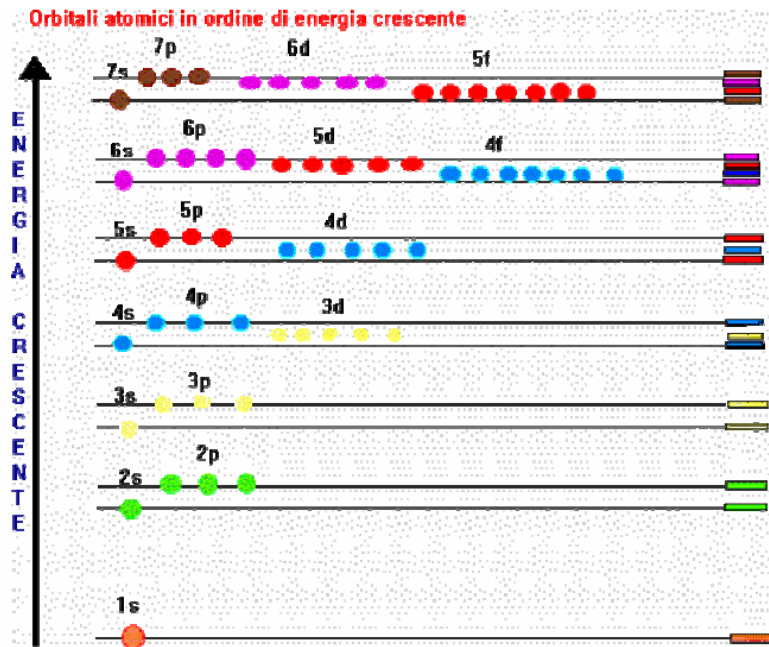
E' utile anche considerare l'inverso della lunghezza d'onda che prende il nome di numero d'onda e rappresenta il numero di lunghezze d'onda in un'unità di misura

$$\sigma = \frac{1}{\lambda} = \frac{\nu}{c}$$

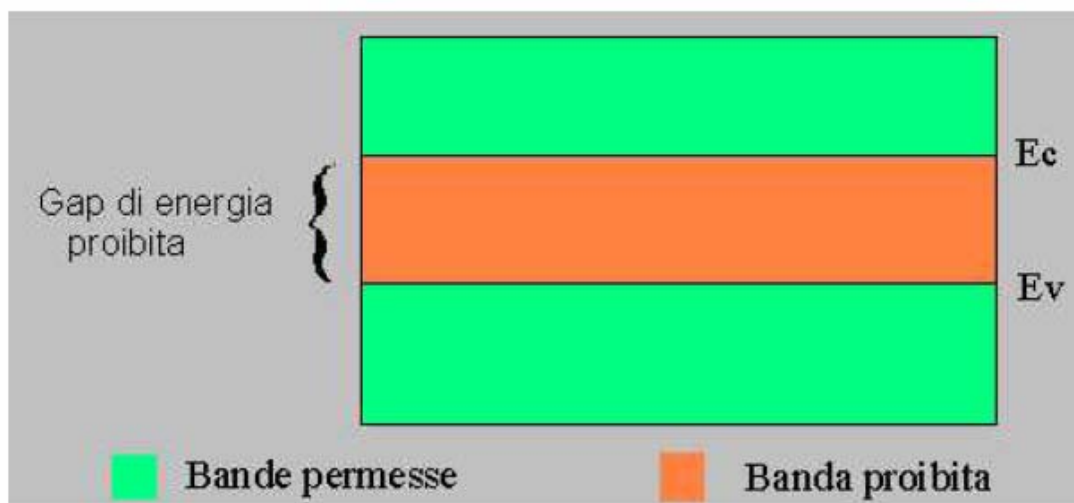


La luce visibile, le onde radio, i raggi x, i raggi gamma sono tutti esempi di onde elettromagnetiche. Ciò che li distingue è soltanto la lunghezza d'onda.

Ricordiamo ora la natura quantizzata dell'energia posseduta da un elettrone in un atomo



Se l'atomo è inserito in un reticolo cristallino, le interazioni elettriche fra gli elettroni di un atomo e quelli dell'atomo successivo complicano le cose e fanno moltiplicare i livelli energetici possibili. : si creano bande di valori di energia che un elettrone non può possedere.



Abbiamo tre possibili bande di energia:

- la banda di valenza, è un insieme di valori di energia che possiede un elettrone

vincolato all'atomo,

- la banda proibita o gap costituita da un insieme di valori di energia che un elettrone non può possedere

- la banda di conduzione. Un elettrone che acquista una tale energia abbandona l'atomo e diventa libero.

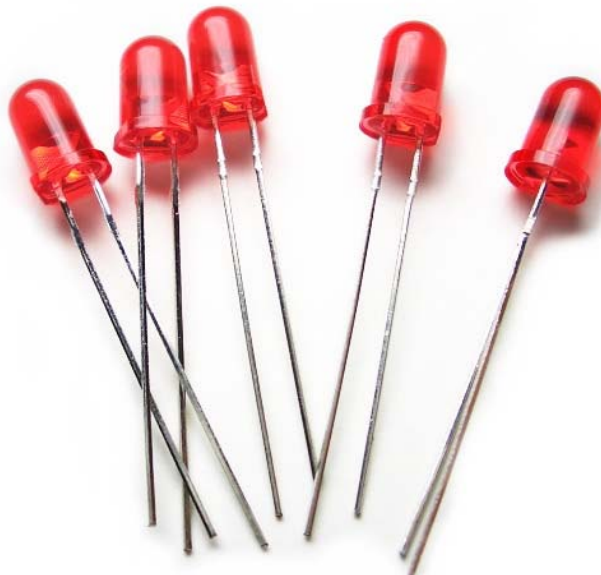
Quando un elettrone libero subisce una ricombinazione cadendo in una lacuna e legandosi di nuovo all'atomo, passa da uno stato ad energia superiore ad uno stato ad energia inferiore. Ciò significa che, in qualche modo debba restituire all'ambiente l'energia in più che possedeva. La cessione di energia avviene attraverso l'emissione di onde elettromagnetiche. La teoria dualistica della luce afferma che una radiazione luminosa si comporta sia come un'onda elettromagnetica che si propaga nello spazio sia come un fascio di particelle senza massa dette fotoni. Si dimostra che l'energia posseduta da un fotone di luce è legata alla frequenza della radiazione dalla relazione

$$E=hu$$

dove

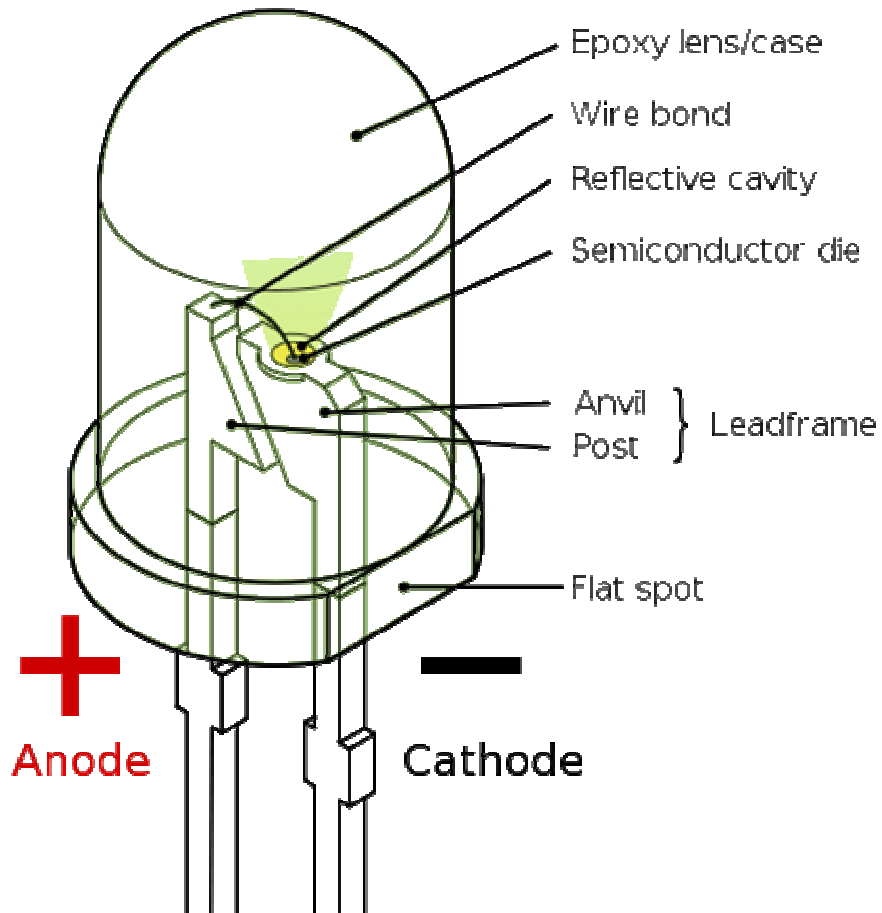
$$h = 6,626\ 06896(33) \times 10^{-34} Js.$$

è la cosiddetta costante di Plank.

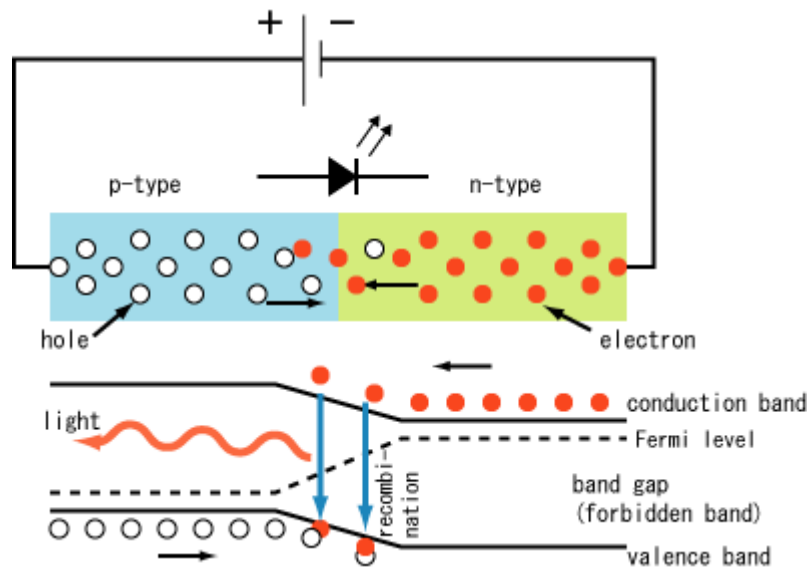


Il led è strutturalmente del tutto identico ad un diodo normale: la differenza consiste nel fatto che esso è realizzato con materiali semiconduttori particolari nei quali le

onde elettromagnetiche emesse hanno una lunghezza d'onda compresa nella banda del visibile.

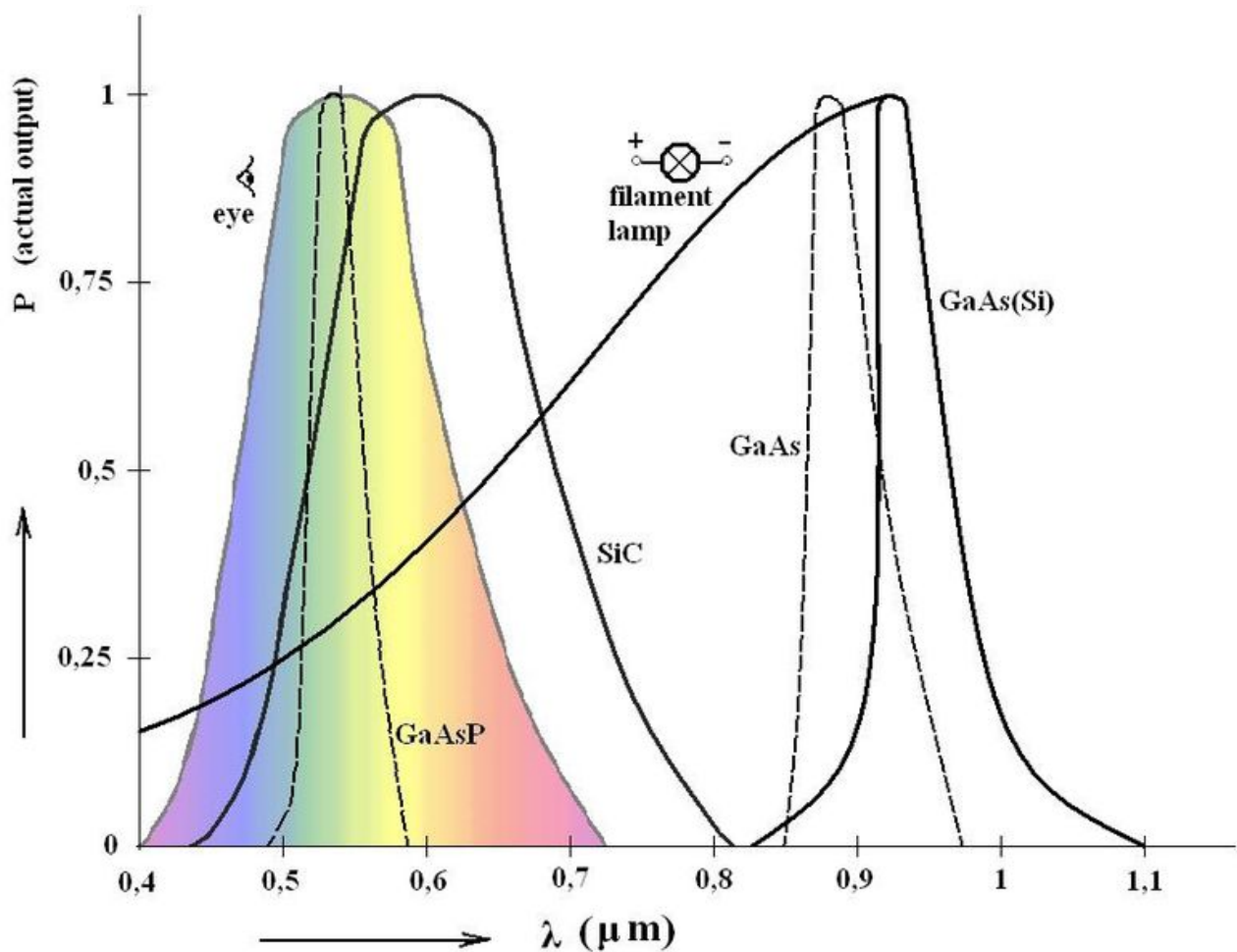


A causa dello spessore ridotto del dispositivo un ragionevole numero di questi fotoni può abbandonarlo ed essere emesso come luce. I LED sono formati da GaAs (arseniuro di gallio), GaP (fosfuro di gallio), GaAsP (fosfuro arseniuro di gallio), SiC (carburo di silicio) e GaInN (nitruro di gallio e indio). L'esatta scelta dei semiconduttori determina la lunghezza d'onda dell'emissione di picco dei fotoni, l'efficienza nella conversione elettro-ottica e quindi l'intensità luminosa in uscita.

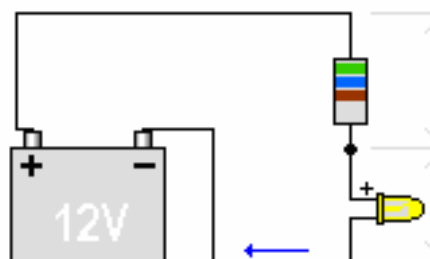


A seconda del drogante utilizzato, i LED producono i seguenti colori:

- AlGaAs - rosso ed infrarosso
- GaAlP - verde
- GaAsP - rosso, rosso-arancione, arancione, e giallo
- GaN - verde e blu
- GaP - rosso, giallo e verde
- ZnSe - blu
- InGaN - blu-verde, blu
- InGaAlP - rosso-arancione, arancione, giallo e verde
- SiC come substrato - blu
- Diamante (C) - ultravioletto
- Silicio (Si) come substrato - blu (in sviluppo)
- Zaffiro (Al₂O₃) come substrato - blu



Quando si inserisce un led in un circuito bisogna proteggerlo da eccessive correnti. Consideriamo ad esempio il seguente circuito. Occorre innanzitutto sapere che la corrente che può circolare in un led deve essere compresa fra circa 10 e 20 milliampere: correnti troppo piccole possono impedire che il led emetta una luce sufficiente mentre correnti troppo alte possono portare al danneggiamento del led.



Data la tensione di alimentazione (nell'esempio 12 volt) occorre porre in serie al led un resistore in modo che la corrente che circola nel le non sia eccessiva. Applicando la legge di ohm generalizzata si ha

$$12 = V_d + RI_d$$

La tensione ai capi del led si può approssimare con la sua tensione di soglia: la tensione di soglia di un led è superiore a quella di un diodo normale e dipende dal colore del led come da tabella seguente.

Tipologia LED	tensione di giunzione V_f (volt)
Colore <u>infrarosso</u>	1,3
Colore <u>rosso</u>	1,8
Colore <u>giallo</u>	1,9
Colore <u>verde</u>	2,0
Colore <u>arancio</u>	2,0
Flash <u>blu/bianco</u>	3,0
Colore <u>Blu</u>	3,5 V
Colore <u>Ultravioletto</u>	4 ÷ 4,5 V

Fissando la corrente nel led ad esempio a 15 mA si ha

$$R = (12 - V_d) / 15 \cdot 10^{-3}$$

Diodo laser



Laser è l'acronimo inglese di Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, ovvero Amplificazione di Luce tramite Emissione Stimolata di Radiazione. Questa sigla indica un dispositivo in grado di emettere un fascio di luce coerente e monocromatica,

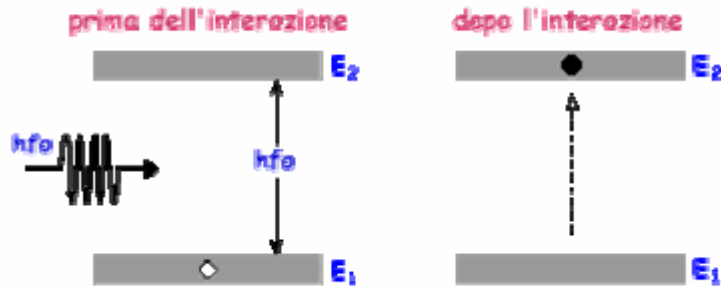
e (con alcune eccezioni) concentrata in un raggio rettilineo estremamente collimato. Inoltre la luminosità (brillanza) delle sorgenti laser è elevatissima a paragone di quella delle sorgenti luminose tradizionali. Queste tre proprietà (coerenza, monocromaticità e alta brillantezza) sono alla base del vasto ventaglio di applicazioni che i dispositivi laser hanno avuto e continuano ad avere nei campi più disparati. Un diodo laser è un laser in cui il componente attivo è un semiconduttore simile quelli impiegati nella produzione di LED (Light Emitting Diode). La tipologia più pratica e comune di diodo laser è formata da una giunzione p-n alimentata da corrente elettrica iniettata. Le applicazioni sono le più varie:

- Lettori CD utilizzano diodi laser infrarossi, DVD rossi visibili, mentre i nuovi formati Blu-ray e HD DVD fanno uso di laser blu-violetti.
- Come sorgenti luminose nelle fibre ottiche.
- In strumenti di misurazione, come il telemetro.
- Nei lettori di codici a barre.
- Puntatori laser (vengono utilizzati laser visibili di colore rosso, verde, giallo, viola e blu).
- Mouse ottici laser per computer.

L'interazione della radiazione elettromagnetica con la materia avviene mediante tre fenomeni fondamentali: assorbimento, emissione spontanea ed emissione stimolata, tutti relativi all'emissione di un fotone da parte di un atomo.

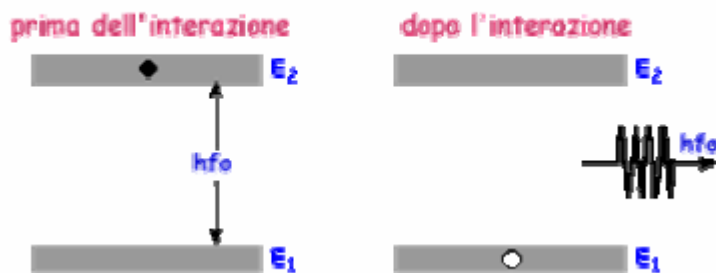
In particolare, quando un fotone a frequenza f_0 , e quindi energia $E=h \cdot f_0$ interagisce con un atomo, esso può essere assorbito provocando la transizione di un elettrone dal livello E_1 al livello $E_2 > E_1$ ($E_2 = E_1 + h \cdot f_0$).

ASSORBIMENTO



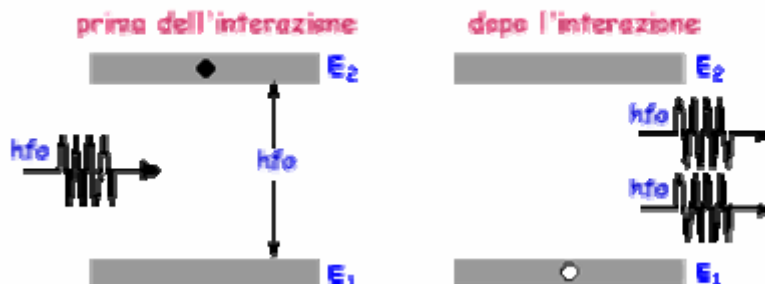
Gli elettroni eccitati, a partire da questo stato, possono tornare allo stato originario attraverso l'emissione spontanea di un fotone con energia $h\nu$.

EMISSIONE SPONTANEA



Se un fotone interagisce con un atomo con un elettrone sul livello E_2 , si può avere emissione stimolata di un ulteriore fotone con energia $h\nu$, che accompagna il fotone originario e la transizione dell'atomo sul livello E_1 .

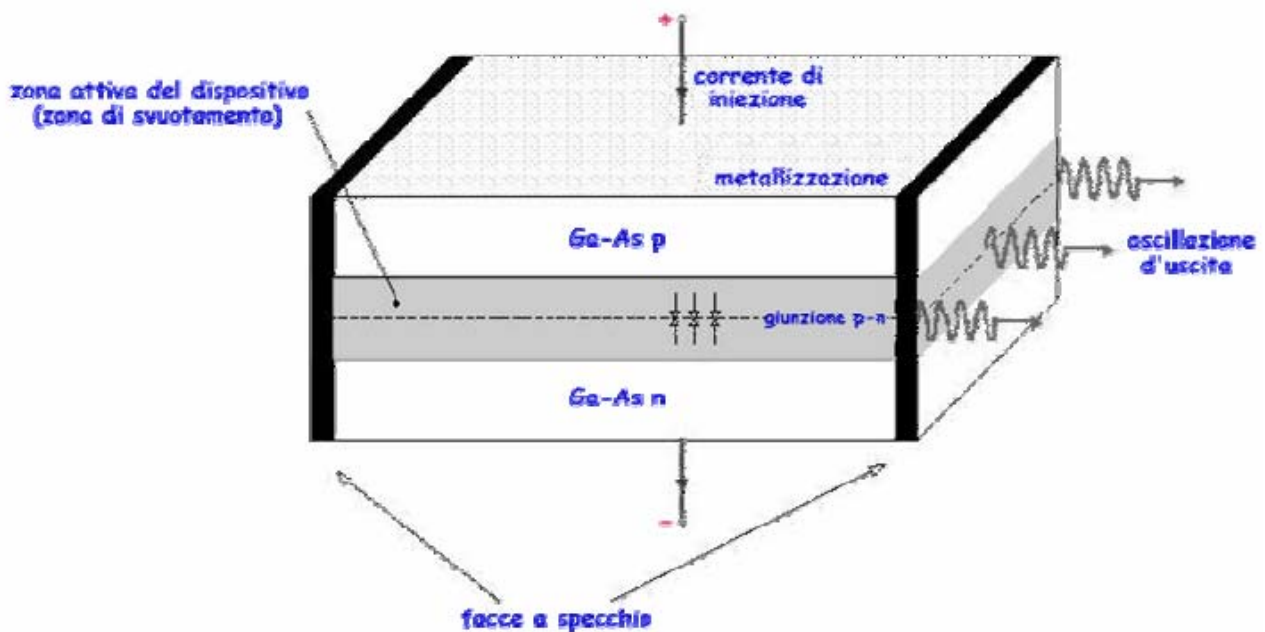
EMISSIONE STIMOLATA



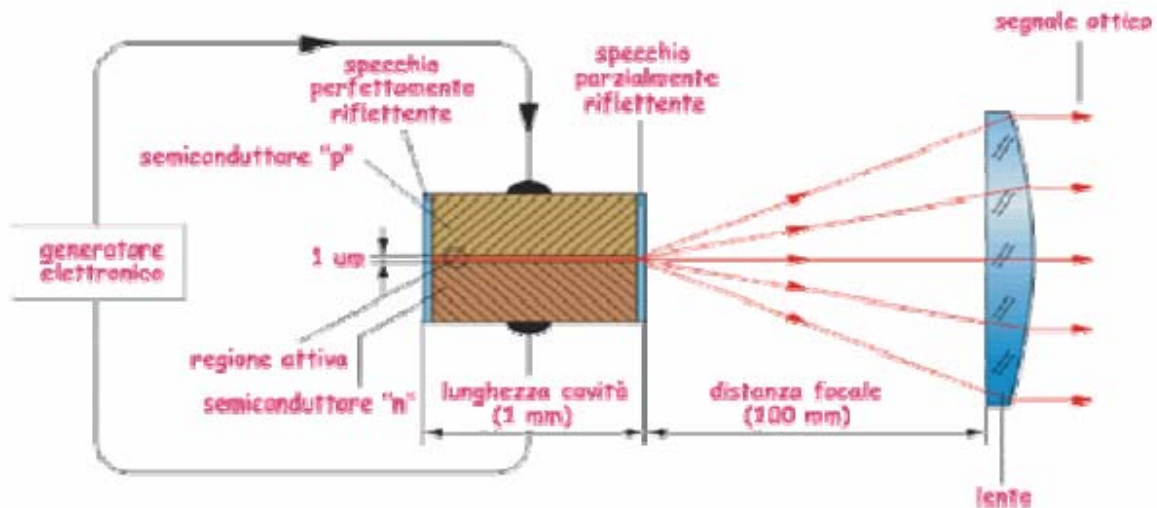
La caratteristica principale dell'emissione stimolata è che il fotone secondario ha la stessa energia e la stessa direzione (quantità di moto) del fotone primario. Al campo elettromagnetico, dovuto ai fotoni primari, si aggiungono i contributi dei fotoni

secondari che, per quanto detto, possono considerarsi in fase con i fotoni primari dando luogo all'emissione coerente, caratterizzata da un'unica frequenza di emissione. Il modo più semplice per ottenere il diodo laser è di confinare il segnale ottico amplificato per emissione stimolata in una porzione definita del materiale amplificatore, soddisfacendo opportune condizioni di coerenza temporale. Un modo per ottenere quanto detto è l'uso di una "cavità" (ottica), cioè dotare di facce riflettenti i lati contrapposti del mezzo amplificatore.

Il segnale all'interno della cavità subisce riflessioni multiple e viene contestualmente amplificato in modo da autosostenere una oscillazione (onda stazionaria). Se le due facce sono parzialmente riflettenti è possibile estrarre una parte dell'emissione interna, purché la perdita di potenza non sia tale da disinnescare l'oscillazione, per accoppiarla esternamente. Quando il guadagno ottico, all'interno del materiale, bilancia esattamente le perdite interne per assorbimento e la parte di segnale trasmesso all'esterno, si ottiene la condizione di stabilità dell'oscillazione

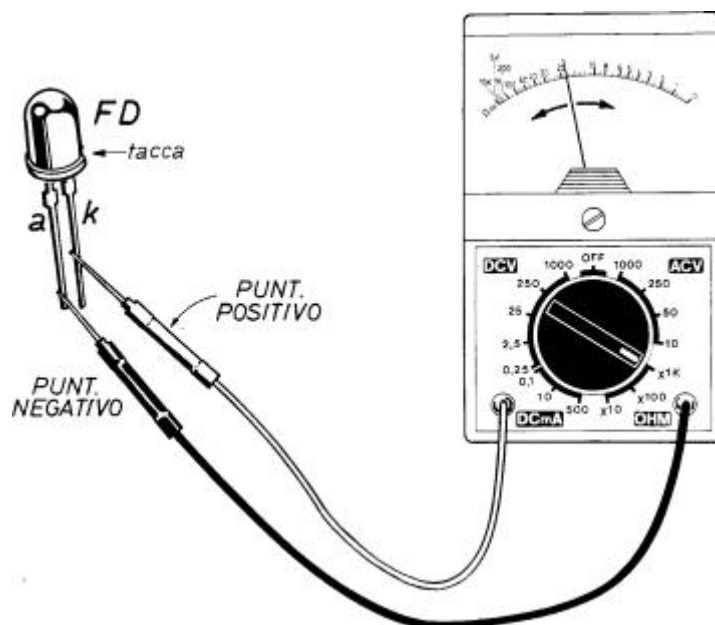


schema di principio di un LASER a cavità a semiconduttore



Fotodiodi

I fotodiodi, al contrario dei led, anziché emettere luce, debbono ricevere luce dall'esterno per funzionare. Più precisamente, quando sono illuminati, oppongono una resistenza molto bassa al passaggio della corrente, nella misura di alcune decine di ohm, mentre al buio la loro resistenza diviene elevatissima, dell'ordine dei 10 megaohm. Nei circuiti utilizzatori, i fotodiodi vanno inseriti con polarizzazione inversa, al contrario dei diodi led che, per accendersi, debbono essere polarizzati direttamente. In sostanza, quindi, il fotodiodo si comporta come una resistenza variabile o, meglio, come una fotoresistenza, il cui valore ohmico dipende da quello della luce che lo colpisce.



Il materiale con cui è prodotto il fotodiodo è di importanza critica per il suo funzionamento. Da essi dipende infatti l'energia minima che il fotone dovrà possedere per poter generare la fotocorrente. I materiali più comunemente utilizzati per produrre fotodiodi sono:

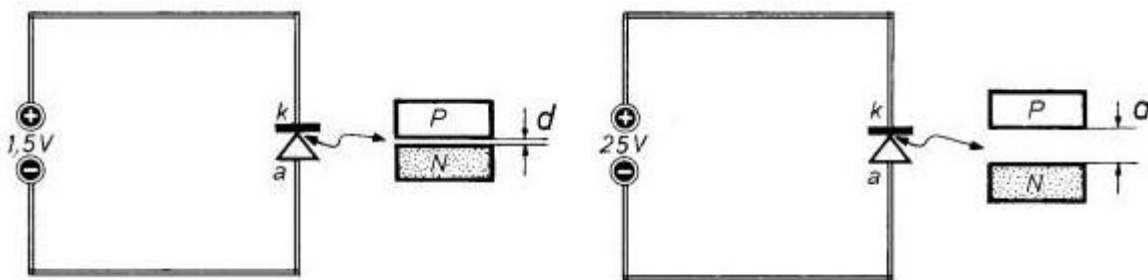
Materiale	Lunghezza d'onda (nm)
Silicio	190-1100
Germanio	800-1700
Arseniuro di Indio Gallio	800-2600
Solfuro di Piombo	<1000-3500

Diodo varicap

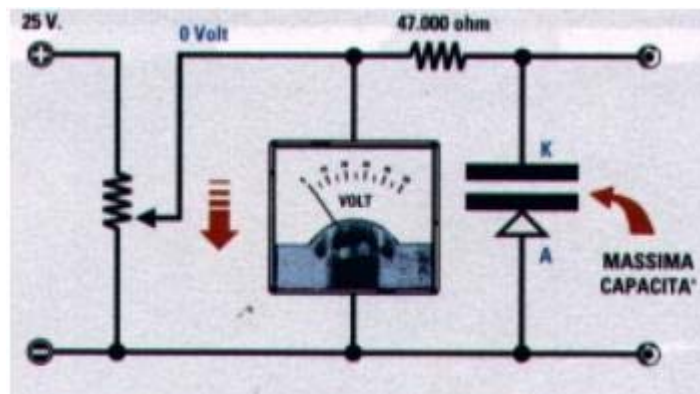


Il diodo varicap o varactor è un particolare tipo di diodo a semiconduttore la cui caratteristica principale è di variare la capacità di giunzione al variare della tensione di polarizzazione inversa. La sua funzione è quella di condensatore variabile, e la sua natura di diodo è quindi secondaria. Il diodo viene polarizzato inversamente in modo che non vi sia flusso di corrente. In queste condizioni, nella giunzione viene a formarsi una zona di svuotamento in cui i portatori liberi di cariche si ricombinano e scompaiono, e restano solo le cariche fisse non

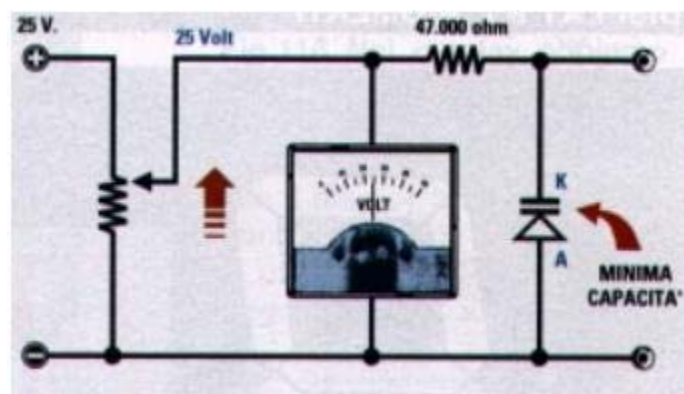
neutralizzate degli ioni droganti del cristallino. Lo spessore di questa zona, e la carica presente, sono proporzionali alla radice quadrata della differenza di potenziale applicata. Siccome è presente una carica dipendente da una variazione di potenziale, la giunzione ha un comportamento capacitivo. La zona di svuotamento agisce contemporaneamente come dielettrico e come armatura di un condensatore.



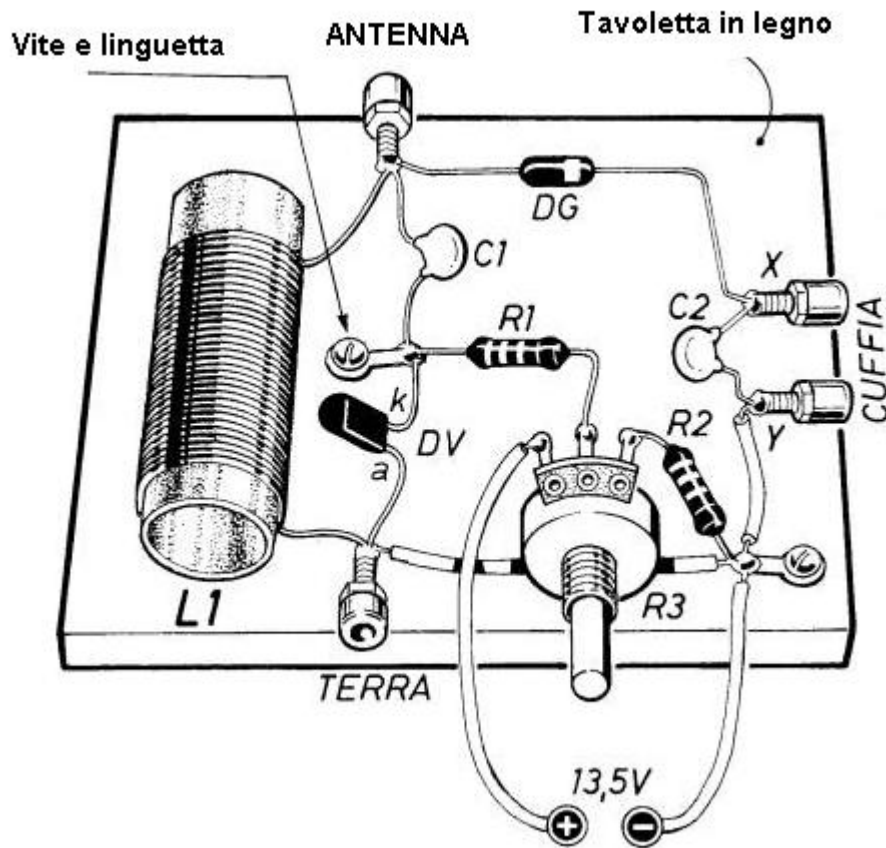
Massima capacità. Si ottiene la massima capacità, ruotando il Trimmer resistivo verso Massa.



Minima capacità. Si ottiene la minima capacità, ruotando il Trimmer resistivo verso la massima Tensione di lavoro che potrebbe essere indicata anche da un Volmetro (Come Sopra).



Un esempio di utilizzo dei varicap è costituito dai circuiti di sintonizzazione negli apparecchi radio.



Qualsiasi apparecchio radio ricevente, sia esso in onde medie, in modulazione di frequenza, in video o qualsivoglia altro tipo, ha assolutamente bisogno, al suo ingresso e cioè immediatamente dopo l'antenna ricevente, di un appropriato circuito di sintonia adatto a selezionare la stazione trasmittente che si vuole ricevere senza altre interferenze. Se ciò non avvenisse riceveremmo tanti disturbi radioelettrici ed un accavallamento infinito di segnali radio provenienti da ogni parte. Ciò si ottiene con un filtro cioè un dispositivo passivo che permette il passaggio di frequenze all'interno di un dato intervallo (la cosiddetta banda passante) ed attenua le frequenze al di fuori di esso. Un esempio di un circuito analogico che si comporta come filtro passa banda è un circuito RLC (una rete elettrica formata da resistore-induttore-capacitore prelevando l'uscita sul resistore).

