

Universitatea “Politehnica” din București  
Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației

# **Sisteme moderne de iluminare bazate pe diode LED**

© Iluminare-led.ro

Anul  
2010

<http://www.iluminare-led.ro/>

## Cuprins

### I Introducere

1.1 Considerente generale.....	1
1.2 Teorie despre propagarea si perceperea luminii: .....	2
1.2.1 Spectrul, raspunsul ochiului uman.....	2
1.2.2 Unitati de lumina.....	5
1.2.3 Puterea si Intensitatea luminii.....	8

### II Continutul lucrarii.....

<b>2 Leduri ca surse de lumina.....</b>	<b>9</b>
2.1 Led uri(Diodele emitatoare de lumina).....	9
2.2 Lentile si amestecul culorilor.....	10
2.2.1 Modul de realizare.....	10
2.2.2 Amestecul culorilor.....	13
2.3 Led-uri pentru sisteme de iluminat.....	16
2.3.1 Ledurile SSL si beneficiile acestora.....	16
2.3.2 Progrese tehnologice.....	17
2.3.3 Eficienta luminoasa.....	18
2.3.3.1 Vederea fotopica.....	20
2.3.4 Durata de viata.....	21
2.3.5 Fluxul/bec.....	22
2.3.6 Costul de achizitionare.....	23
2.3.7 Costul de detinere.....	24
2.3.8 Randarea culorilor.....	27
2.3.9 Temperatura de culoare.....	31
2.3.10 Densitatea de putere la intrare in cazul cipurilor si costul per arie de unitate.....	33
2.3.11 Lungimile de unda si eficientele cipurilor si fosforilor.....	37
2.3.12 Provocari.....	39
2.4 Beneficii ale sistemelor de iluminat pe baza de Leduri SSL.....	42
2.4.1 Beneficii in ceea ce priveste energia si mediul inconjurator.....	42
2.4.2 Beneficii in ceea ce priveste calitatea luminii si a productivitatii umane.....	43
2.5 Tehnologia realizarii blocurilor componente.....	45
2.5.1 Substraturi, tamponuri(bufferuri) si epitaxie.....	45
2.6 Montarea Chip Sus vs Chip jos.....	48

### III Concluzii (pag 51)

# I Introducere

## 1.1 Considerente generale

Potentialul de reducere al energiei consumate prin utilizarea schemelor si dispozitivelor de iluminat bazate pe Diode Emitatoare de Lumina este motivul pentru care am ales realizarea acestei teme de licenta. Pe langa acest lucru, iluminarea cu LED-uri prezinta o serie de multe alte avantaje, dupa cum vom vedea pe parcursul lucrarii, cum ar fi o lumina rece, cost scazut de intretinere al dispozitivelor de iluminat, durata de viata mai lunga decat cea a dispozitivelor conventionale, folosite in prezent, flexibilitate marita, precum si o manevrabilitate a acestora mai facila.

Aceste aspecte sunt foarte bune intrucat, odata cu cresterea crizei de energie(resurse naturale in scadere), se cauta, pe langa alte surse de energie, si reducerea consumului acesteia, sub orice forma, fara insa a pierde din confort.Cea mai viabila schema de iluminat in ceea ce priveste consumul redus de energie o reprezinta, fara doar si poate, cea bazata pe LED-uri, acestea avand avantaje majore in ceea ce priveste o viata mult mai lunga si consum de putere aproape neglijabil in comparatie cu orice alt tip de sursa de lumina.

O varietate de surse de lumina cu diferite spectre de emisie pot fi realizate cu ajutorul diodelor LED.(Diode emitatoare de lumina).Acest lucru se poate realiza prin mai multe modalitati tehnice: Intr-una din acestea, lumina reflectata poate fi redirectionata afara.

O alta metoda consta in utilizarea unui LED de baza de lumina alba care se foloseste de un LED albastru si elementele asociate acestuia, care include o prisma din sticla, un strat de polimer fluorescent si un element optic de marire a extractiei, sau o lentila, astfel incat intreaga lumina emisa de catre stratul de polimer sa fie redirectionata in afara.

## 1.2 Teorie despre propagarea si perceperea luminii

### 1.2.1 Spectrul, raspunsul ochiului uman

Lumina reprezinta o forma de energie. Practic, toata energia utilizata zilnic a fost la inceput energia solara care ajungea pe Pamant. Plantele capteaza si stocheaza o parte din energia solara si o convertesc in energie chimica. Mai tarziu, omul va folosi acea energie sub forma de hrana sau sub forma de combustibil. Restul energiei solare incalzeste suprafata terestra, aerul si oceanele. Cu ajutorul unei prisme din sticla se poate demonstra ca lumina alba ce vine de la soare este in fapt constituita din mai multe culori diferite asa cum voi arata in figura 1.1.

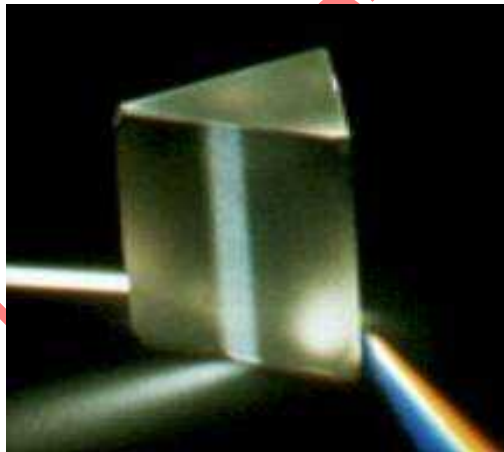


Fig 1.1

O parte din lumina se afla in partea vizibila a spectrului, pe cand anumite lungimi de unda, cum ar fi infrarosul sau ultravioletele (rezele ultraviolete), sunt in partea invizibila a spectrului.

Ochiul omenesc are raspunsul la lumina asa cum este aratat in figura 1.2a

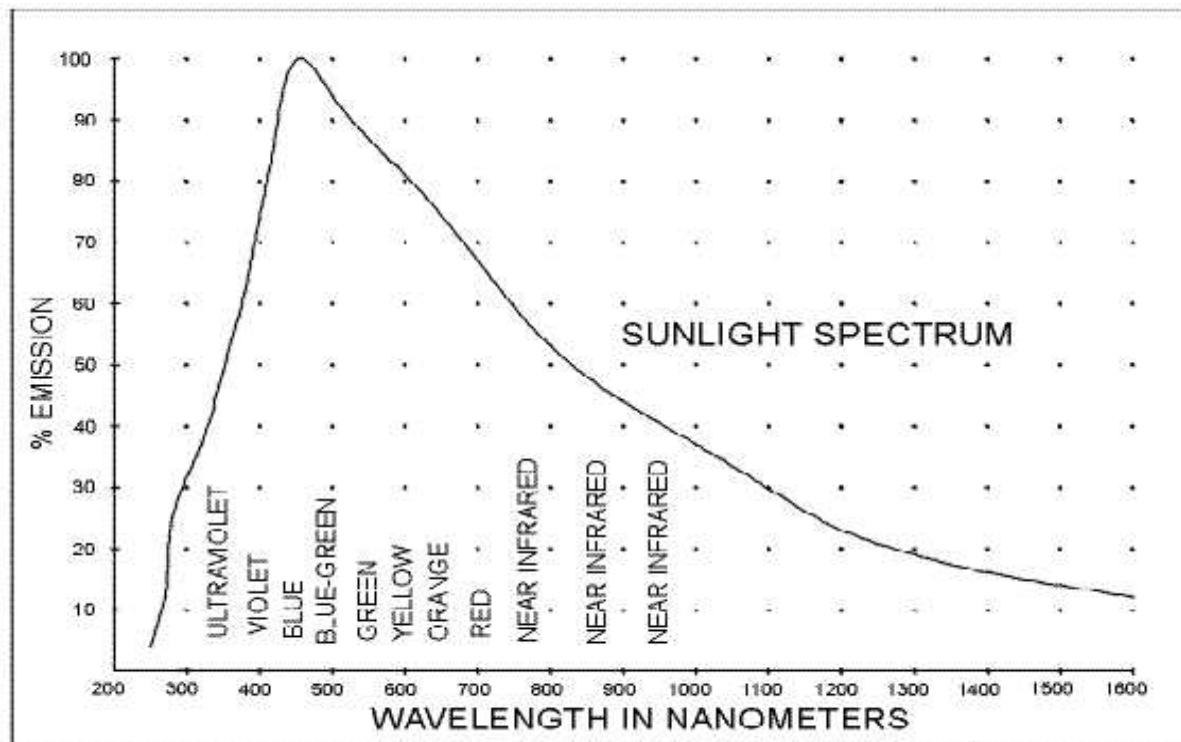


Figura 1.2 a

Emisia(%) functie de lungime de unda(nm)

Spectrul aflat chiar în afara limitei de sensibilitate “la roșu” a ochiului omenesc se numește “aproape infraroșu” sau prescurtat IR. Aceasta reprezintă porțiunea din spectru utilizată de majoritatea sistemelor actuale de comunicații bazate pe unde luminoase. Așa cum se poate observa în figura 1.1, razele solare reprezintă o sursă foarte puternică pentru această bandă de lumină, la fel ca și lampile incandescente standard sau lumina de la Blitzurile aparatelor de fotografiat. Însa multe alte surse de lumină create de om, cum ar fi lampile fluorescente și lampile stradale de culoare galbenă sau alb cu albastru, emit o cantitate foarte mică, chiar infimă de lumină infraroșie.

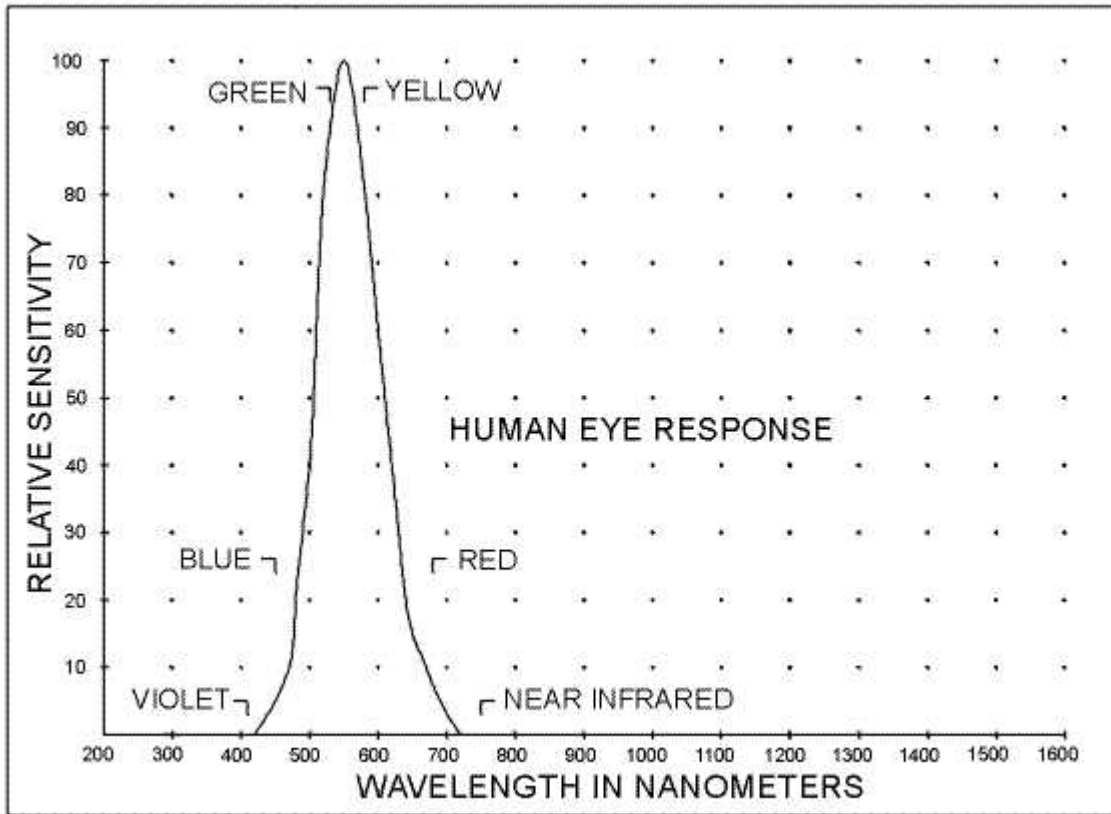


Figura 1.2 b

Sensibilitatea relativa functie de lungimea de unda

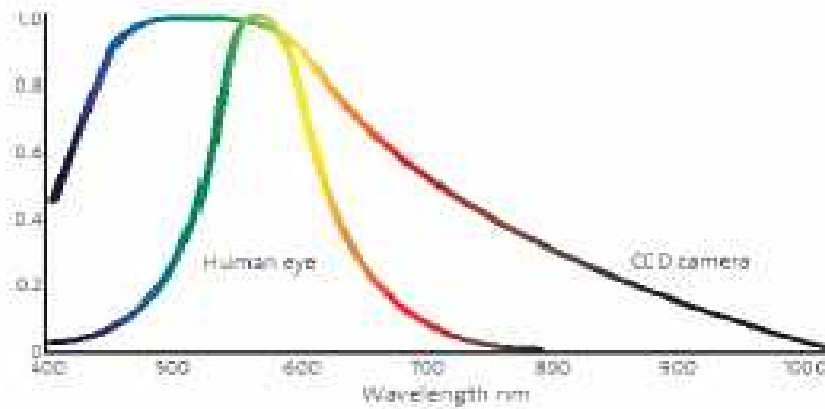


Figura 1.2b'

Sensibilitatea relativa la lungimea de unda a ochiului omenesc fata de un senzor CCD

## 1.2.2 Unitati de lumina

Asa cum se observa in figura 1.2c, un bec incandescent standard cu wolfram emite un spectru variat de lumina. Daca am lua in considerare toate lungimile de unda, incluzandu-le si pe cele vizibile de catre ochiul omenesc, puterea electrica a becului la eficienta de conversie a puterii luminii se apropie de 100%. Totusi, o cantitate foarte mare din lumina emisa de o asemenea sursa ia forma de lungimi de unda infrarosii de caldura.

Desi considerate ca fiind lumina, lungimile de unda de caldura se afla cu mult in afara curbei de raspuns atat in ceea ce priveste ochiul omenesc, cat si detectorul cu Silicon.

In cazul in care se ia in calcul numai portinua vizibila a spectrului, eficienta becului ar fi numai de 10%, dar pentru un detector care ar fi sensibil la lungimile de unda ale caldurii, eficienta becului ar parea sa se apropie de valoarea de 90%. Acest lucru ne aduce in cea mai confuza zona a stiintei: Cum definim luminozitatea sau intensitatea unei surse de lumina?

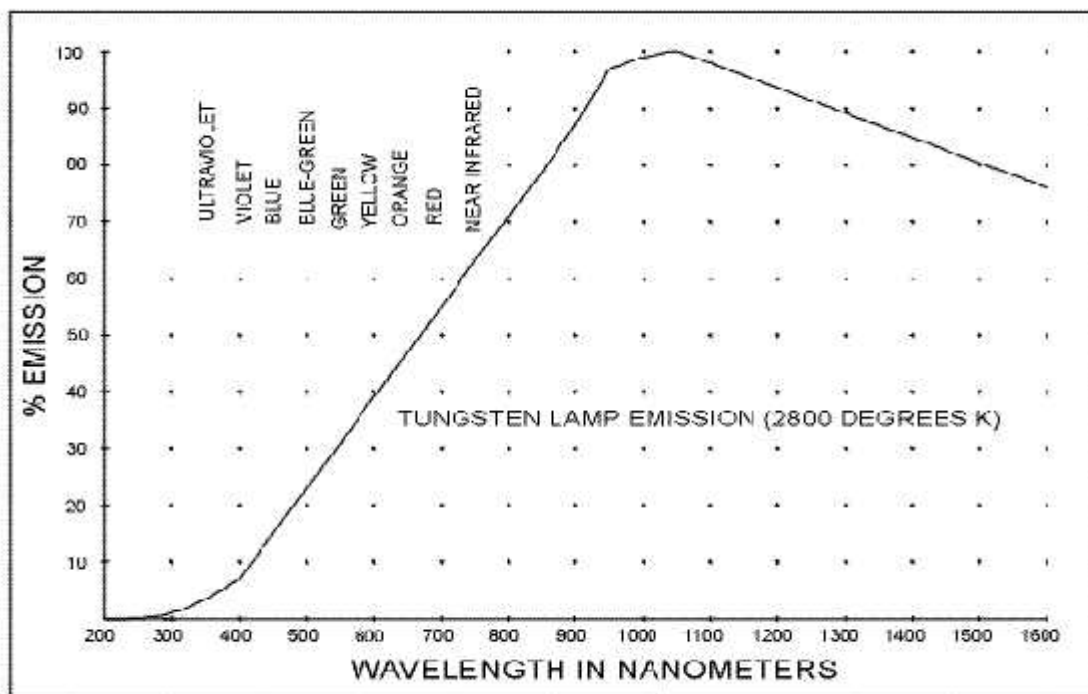


Figura 1.2 c

Emisia (procente) functie de lungimea de unda(nm)

Nu este de ajuns sa emitem ipoteza ca un bec standard de 100 de Wati emite mai multa lumina decat un bec micut de 1 Watt.Desigur, ca in cazul in care am plasa un bec mare de 100Watti alaturi de unul mult mai mic, de lanterna, de 1Watt, becul mare va parea ca emite mai multa lumina.

Dar sunt multi factori de luat in considerare in cadrul definirii luminozitatii unei surse de lumina.Anumiti factori se refera la natura luminii emise si altii la natura detectorului folosit pentru masurarea luminii.

In cazul unor dispozitive emitatoare de lumina, cum ar fi becul incandescent cu wolfram, lumina este proiectata in afara in toate directiile(omni-directional).Comparata vizual cu un bec de 1 Watt, lumina emisa de un bec de 100 Watti va aparea intoatdeauna mai puternica.

Totusi, daca am pozitiona becul mic de 1 Watt in fata unei oglinzi, asemenea unui reflector ca la lanterna, lumina care va rezulta din ansamblul astfel format, cu puterea tot de 1 Watt, va aparea mult mai intensa decat cea emisa de becul de 100 de Watti, observatia fiind facuta de la distanta de 30 de metri.

Prin urmare, modalitatea de proiectie a luminii de la sursa poate influenta luminozitatea aparenta a sursei. Un exemplu extrem de sursa directionala la nivel foarte inalt il reprezinta laserul. Anumiti laseri cu gaz, la aceasta categorie fiind inclusi si multi laseri comuni cu fascicul rosu din domeniu vizibil(acei pointeri) sunt intr-atat de directionali incat raza emisa se imprastie foarte putin.

Spotul puternic de lumina emis poate ramane mic chiar si dupa cateva sute de metri.De asemenea, tratarea diferentiala a anumitor lungimide unda, in detrimentul altora, de catre un detector de lumina, poate cauza faptul ca anumite surse de lumina sa apara mai puternice decat altele.

Ca exemplu, se foloseste un detector de lumina cu silicon, in cadrul comparatiei luminii emisa de o lampa de lumina neagra de 100 de Watti care emite lumina ultravioleta(invizibila pentru ochiul omenesc) si a unui bec cu wolfram tot de 100 de Watti.La o distanta de doar cativa metri, detectorul cu silicon va indica o cantitate mare de lumina emisa de catre becul cu wolfram, insa va detecta foarte putina de la becul cu ultraviolete, cu toate ca lumina ultravioleta ar putea cauza arsuri de piele in decurs de doar cateva minute.

Prin urmare se pune intrebarea care din cele doua becuri este mai puternic in ceea ce priveste intensitatea luminii. Pentru a defini cata lumina este emisa de catre o sursa trebuie specificat mai intai ce lungimi de unda trebuie luate in considerare.

De asemenea, trebuie asociata o anumita valoare fiecarei lungimi de unda luata in calcul, lucru care se bazeaza pe fiecare detector ce va fi utilizat.

In acelasi timp, intrucat multe surse de lumina emit lumina in toate directiile, trebuie totodata definita geometria masurarii luminii.

Se poate dori a fi luata in calcul cantitatea de lumina care este detectata la o anumita distanta. Lungimile de unda care se doresc a fi masurate depind de instrumentele utilizate pentru masura.

Daca acest instrument este reprezentat chiar de ochiul omenesc, atunci trebuie luate in calcul lungimile de unda vizibile, iar acestea trebuie luate in calcul conform curbei de sensibilitate a ochiului omenesc.

Daca instrumentul utilizat este un detector cu silicon, atunci se va utiliza graficul curbei de raspuns al acestuia. In cadrul studiului luminii, exista diferite unitati de masura cum ar fi candela, luxii, lumenii, candela putere, sau Watti pe steradian.

Anumite unitati de masura se refera la energia sursei de lumina, iar altele la putere. Multe unitati de masura iau in considerare numai sensibilitatea ochiului omenesc.

Unitatile de masura a luminii pot fi cu atat mai confuze cand luam in calcul faptul ca anumite surse de lumina, cum ar fi becul obisnuit, emit in toate directiile, in timp ce altele, cum ar fi laserii, concentreaza lumina in fascicule inguste.

Se presupune ca fiecare sursa de lumina are un spectru distinct de emisie si o geometrie anume de emisie. Fiecare sursa de lumina va trebui astfel tratata diferit, in functie de modalitatea de utilizare.

Daca este utilizata in sisteme de comunicatii optice, va fi luata in calcul doar lumina transmisa pe directia detectorului. De asemenea, trebuie luata in calcul lumina care se incadreaza in curba de raspuns a detectorului utilizat. Restul luminii trebuie tratata ca fiind pierduta si nefolositoare.

Din moment ce toate sursele de lumina tratate in aceasta lucrare se bazeaza pe electricitate pentru a produce lumina, fiecare sursa va avea putere electrica aproximativa masurata in watti si putere optica, masurata tot in watti, asa cum un detector cu silicon va percepe.

Se poate utiliza eficienta de putere aproximativa si geometria cunoscuta a luminii emise pentru a calcula cantitatea de lumina emisa, trimisa pe directia detectorului de lumina si colectata de acesta.

### 1.2.3 Puterea si Intensitatea luminii

Unitatea stiintifica de masurare a puterii este wattul. Cum intensitatea unei surse de lumina poate fi descrisa ca fiind puterea luminii, watt-ul reprezinta cea mai buna unitate de masura pentru definirea intensitatii luminii.

Totusi, nu trebuie facuta confuzie intre putere si energie. Energia reprezinta puterea inmultita cu timpul. Cu cat o sursa de lumina ramane functionala mai mult timp, cu atat mai multa energie transmite. Majoritatea detectorilor de lumina sunt independenti de energie. Acestia convertesc puterea luminii in putere electrica

Aproape in acelasi mod cum o sursa de lumina poate converti puterea electrica in putere luminoasa. De specificat ca aceasta conversie este independenta de timp. Acesta reprezinta un concept foarte important si reprezinta baza multor circuite utilizate in comunicatii.

Pentru a ilustra cum acest lucru influenteaza detectia luminii, se considera doua surse de lumina. Una dintre acestea va emite un watt de lumina timp de o secunda, iar cealalta emite un milion de watti pentru doar a milioana parte de secunda. In ambele cazuri se emite aceeasi cantitate de energie. Totusi, intrucat detectoarele de lumina sunt sensibile la puterea luminii, pulsul mai scurt de lumina va aparea ca fiind de un milion de ori mai puternic, si, prin urmare, va fi mai facul de detectat.

Acest concept de sensibilitate a puterii de varf a procesarii luminii reprezinta un concept foarte important si este adeseori neglijat in cadrul multor sisteme optice de comunicatii care au aparut in diverse publicatii

## II Continutul lucrării

### 2.1 Led-uri (Diodele emitatoare de lumina)

Există o varietate largă de surse de lumină care se pot utiliza în scopul iluminării. Categoria pe care o voi trata în această lucrare o reprezintă LED-urile.

Diodele emitatoare de lumină deschid calea unei eficiențe în iluminare, precum și unei eficiențe în ceea ce privește consumul energiei electrice. Pentru dioda InGaN, eficiența totală scade odată cu creșterea lungimii de undă. Așadar, cu toate că LED-urile roșii și LED-urile albastre au atins o eficiență record, eficiența LED-urilor verzi este redusă dramatic. LED-urile verzi nu sunt utilizate în producerea luminii “albe” datorită acestei eficiențe scăzute.

În schimb, soluția practică este de a utiliza un fosfor, tipic Ce dopat YAG plasat direct pe LED-ul albastru în scopul realizării unui element de lumină aproximativ albă.

Această metodă a devenit foarte eficientă, în ciuda faptului că arandarea de culoare este oarecum slabă datorită fosforului, care are un maxim larg în zona galbenă, și o zonă de cadere în regiunea roșie.

Fosforul trebuie plasat uniform, cu aceeași grosime, plasat într-o matrice de silicon astfel încât să stea fix, însă dezavantajul este că dacă devine prea gros va constitui un impediment luminii emise de el însuși. Funcționalitatea se păstrează, astfel ca lumina albastră să fie absorbită, iar lumina galbenă emisă, însă lumina galbenă emisă din direcția opusă întâmpină probleme întrucât aceasta trebuie emisă din interiorul LED-ului și implicit trebuie să treacă prin stratul de fosfor (care este dens și prezintă un grad de împrăștiere destul de ridicat).

În ciuda dificultăților acestei metode, aceasta are un foarte mare succes datorită simplității în comparație, de exemplu, cu utilizarea separată a ledurilor roșii, verzi (porțiunea verde a spectrului include, de asemenea, lumina galbenă) și albastre, combinate în scopul realizării unei lampi “albe”.

Un alb cald poate fi creat cu o pierdere de eficiență prin adăugarea unui fosfor roșu YAG:Ce-ului galben, și există o abundență de fosfori din care se poate face alegerea.

Există o nouă dezvoltare a acestei tehnici care promite realizarea unui fosfor solid ieftin, oferit de firma Nippon Sheet Glass. Lumina emisă din spate poate trece prin stratul de fosfor cu mai multă ușurință din moment ce stratul de fosfor nu mai prezintă împrăștiere.

Exista de asemenea solutii propuse care permit ambelor emisfere(intreaga emisie sferica dintr-un strat de fosfor) sa scape.

O vopsea, spre deosebire de pudra de fosfor anorganica, poate fi cu usurinta facuta foto-permisiva.Astfel incat, prin imprastierea unei vopsele avand o suprafata mai mare(sau volum mai mare) si avand densitati de energie mai mici, se asigura conditiile necesare ca un sistem de vopseluri sa functioneze.

La polul opus, o pudra anorganica de fosfor poate fi aplicata direct pe suprafata ledului.Mai mult, multe pudre de fosfor anorganice sunt suficient de robuste incat sa permita aplicarea directa pe o suprafata de iluminare intensa(lumina albastra si UV prezinta, de asemenea energie mai mare)

## **2.2 Lentile si amestecul culorilor**

### **2.2.1 Modul de realizare**

Led-ul poate fi plasat la un capat al unei baghete de index foarte refractiv.Intreaga lumina emisa de Led va fi capturata de fata de intrare a baghetei si canalizata catre fata de iesire.Acolo, un plastic sau un o portiune de polimer poate fi pozitionat astfel incatsa aiba incastrat un strat de vopsea.

Aceasta va trebui sa fie foarte sensibila la lumina emisa de catre Led si sa emita, de asemenea, lumina, pe o lungime de unda mai mare, cu eficienta cuantica interna mai mare de 80%.O lentila sau alta structura cu rol de extractie va fi pozitionata dupa polimer(in mod ideal cuplata optic cu acesta), astfel incat lumina emisa de pe stratul de polimer vopsit sa iasa in aer in emisfera dinainte.

Lumina va fi emisa izotrop in mediul polimeric(care este de preferat sa fie polistiren sau toluen de polivinil).Se ia in calcul si lumina emisa spre emisfera din spate.

Reflectia Interna Totala(RIT-en.TIR) are efect in lateralul baghetei, prin urmare nu va scapa lumina pe fetele laterale.Partea din spate este imbracata cu o oglinda, cu o mica deschizatura astfel incat lumina Led-ului sa patrunda, iar marimea ideala a baghetei este

determinata de considerentele de cost, dar cu intelegerea faptului ca cu cat mai mare va fi zona de Led a baghetei, cu atat eficienta va creste.

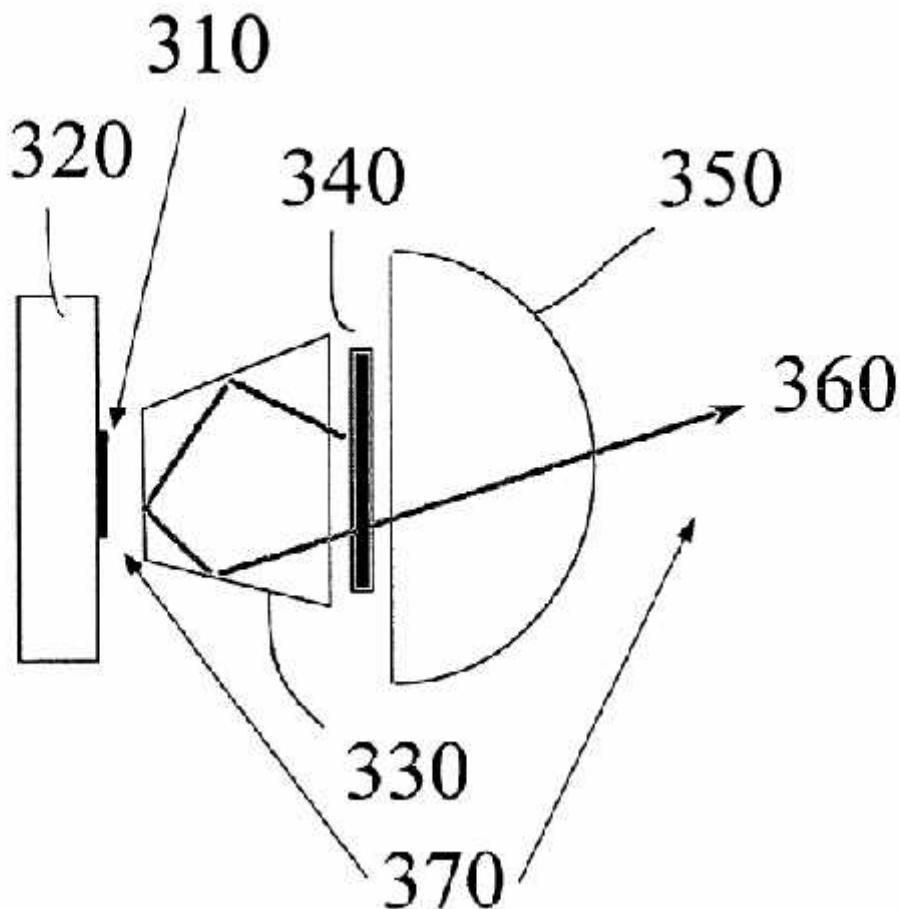


Figura 2.1

In figura de mai sus, Ledul notat cu 310 este montat pe o placa imbracata de metal(notata 320). cu o prisma optica rectangulara sau in forma de piramida 330 care are rolul de a redirectiona lumina care se duce in spate generata de stratul de polimer convertor de lungime de unda(340), catre o directie inainte notata pe figura cu 360.

Dupa ce va trece fara imprastiere prin polimerul vopsit(340), poate sa iasa in aer 370, cu ajutorul unui dispozitiv optic exterior, cum este lentila 350(emisferica, confectionata din plastic, sticlasau polimer tratat cum ar fi siliconul)

Avem un led de 1x1 mm, o prisma de 8x8x8 mm plasata astfel incat aproape sa atinga suprafata Led-ului.La fata de intrare se monteaza o oglinda pentru apertura de 1x1 mm.In acest caz, mai mult de 99% din lumina emisa in spate de catre polimer este redirectionata in emisfera din fata si devine lumina folositoare, asa cum este ilustrat in figura 2.2.















































































