



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2013 00551**

(22) Data de depozit: **23.07.2013**

(41) Data publicării cererii:
30.03.2015 BOPI nr. 3/2015

(71) Solicitant:
• **DOMOKOS ȘTEFAN, CART. EPISCOPIEI**
BL. D3, SC. C, AP. 6, BUZĂU, BZ, RO

(72) Inventatori:
• **DOMOKOS ȘTEFAN, CART. EPISCOPIEI**
BL. D3, SC. C, AP. 6, BUZĂU, BZ, RO

(54) **METODĂ PENTRU VERIFICAREA DEPENDENȚEI DE
TEMPERATURĂ A LĂRGIMII BENZII INTERZISE ȘI A
FUNCȚIEI INTENSITĂȚII LUMINESCENȚEI RECOMBINĂRII
EXCITONILOR LIBERI PENTRU GE PENTRU TEMPERATURI
PÂNĂ LA 400 K ÎN CARE SE FOLOSEȘTE DEZVOLTAREA ÎN
SERIE TAYLOR A EXPONENȚIALEI**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă de verificare a dependenței de temperatură a energiei benzii interzise pentru Ge și a funcției luminescenței anihilării excitonilor liberi, prin care se efectuează o dezvoltare în serie Taylor a exponențialei din funcția luminescenței anihilării excitonilor liberi, în care se introduce dependența de ener-

gie a lărgimii benzii interzise, și se ajustează datele experimentale pentru temperaturi între 300 K și 400 K, pentru temperaturi mai joase fiind luate în considerare și corecții.

Revendicări: 4



36

DESCRIEREA INVENTIEI

În această cerere de brevet de invenție vom defini și vom folosi probabilitatea în unitatea de timp pentru a descrie o proprietate a tranziției electronilor din atomi de pe o stare cu energia mai mare pe o stare cu energia mai mică, și emisia de radiație electromagnetică [1].

Presupunem că vrem să calculăm, ca în bibliografie la poziția [1], media următoarelor 30 de numere

1, 1, 2, 2, 2, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 5, 5, 6, 6, 6, 6, 6, 6, 6, 6, 7, 7, 7, 8, 8, 9, 9, 10

Metoda directă este de a aduna într-un mod simplu toate numerele și a împărți suma la 20

$$\frac{1 + 1 + 2 + 2 + 2 + 4 + 4 + 4 + 4 + 4 + 4 + 4 + 5 + 5 + 6 + 6 + 6 + 6 + 6 + 6 + 6 + 6 + 7 + 7 + 7 + 8 + 8 + 9 + 10}{20} = 7.5$$

Un sistem, de exemplu un gaz, care conține un număr mare de entități, de exemplu molecule, este numit un ansamblu [1]. Dacă un ansamblu conține N entități, și dacă pentru o mărime fizică x numărul de entități care au valoarea x_i este N_i , atunci $f_i = \frac{N_i}{N}$ este fracțiunea de entități care au $x = x_i$, și media per ansamblu a mărimii fizice x este definită prin [1]

$$\langle x \rangle = \sum_i \frac{N_i}{N} x_i = \sum_i f_i x_i \quad (1)$$

Dacă se efectuează un experiment pentru măsurarea valorii lui x pentru o singură entitate din ansamblu, luată aleator, de exemplu o singură moleculă, atunci f_i este probabilitatea ca măsurătoarea să dea valoarea x_i [1].

Într-un ansamblu în echilibru termic sunt reprezentate toate valorile posibile ale oricărei mărimi fizice x , deoarece numărul de entități este foarte mare [1]. În această situație distribuția discretă prezentată mai sus poate fi aproximată printr-o distribuție continuă în modul următor: dacă ΔN_i este numărul de entități care au valori ale lui x între x_i și $x_i + \Delta x_i$, atunci $\Delta f_i = \frac{\Delta N_i}{N}$ este fracțiunea de entități cu valorile lui x între x_i și $x_i + \Delta x_i$ [1]. Dacă Δx_i este mic în comparație cu x_i , dar conține încă un număr mare de entități, suma din definiția (1) a mediei per ansamblu se poate aproxima printr-o integrală, și rezultă [1]

$$\langle x \rangle := \sum_i \frac{N_i}{N} x_i \rightarrow \int x \frac{dN}{N} \rightarrow \int x df \quad (2)$$

Deoarece Δx_i este mic, fracțiunea de entități cu valori ale lui x între x_i și $x_i + \Delta x_i$ este proporțională cu Δx_i , și rezultă [1]

$$\Delta f_i = \frac{\Delta N_i}{N} \propto \Delta x_i \text{ sau } \Delta f_i = P(x_i) \Delta x_i \quad (3)$$

unde functia $P(x)$ este definita ca functia de distributie sau densitatea de probabilitate. $P(x)$ este probabilitatea ca o marime fizica sa aiba o valoare intre x si $x + dx$ [1]. Media per ansamblu a marimii fizice x este dat in termenii functiei de distributie de

$$\langle x \rangle := \int x P(x) dx \quad (4)$$

Observam ca deoarece $\Delta f = P(x) \Delta x$ nu are unitate de masura, fiind o simpla fractie, densitatea de probabilitate are dimensiuni care sunt inversele dimensiunilor lui x [1].

Consideram un gaz inchis intr-un cilindru cu un piston [1]. Consideram ca asupra pistonului actioneaza o forta F perpendiculara pe suprafata pistonului [1]. Consideram ca aria suprafetei pistonului este A [1]. In echilibru presiunea gazului din cilindru care actioneaza asupra pistonului este [1]

$$P = \frac{F}{A}$$

Pentru gaze la presiune mica este valabila ecuatia [1]

$$PV = \text{constant} = C$$

unde V este volumul si C este o constanta.

Considerand o incinta in care se afla N molecule, in teoria microscopica a gazelor se defineste energia interna a gazului, notata cu U , ca energia cinetica medie a unei molecule inmultita cu numarul de molecule [1]

$$U := N \left\langle \frac{1}{2} m v^2 \right\rangle$$

unde m este masa moleculei si v este viteza moleculei. Din teoria microscopica a gazelor rezulta ca [1]

$$PV = \frac{2}{3} U$$

Daca densitatea intr-un gaz creste distanta medie dintre molecule scade [1]. Cand distanta medie dintre molecule scade in apropierea valorii fortei de atractie, grupuri de molecule pot fi legate impreuna pentru a forma agregate legate [1]. Moleculele legate se aranjeaza astfel incat fiecare oscileaza in jurul pozitiei de echilibru, care este pozitia corespunzatoare energiei potentiale minime [1]. Cand un numar de atomi sunt legati in acest fel ei tind sa formeze arii ordonate astfel incat se pot forma diferite starii ale asa numitei materii condensate [1]. Daca

ordonarea este de distanta scurta, are o intindere de cativa atomi, se formeaza un lichid sau un solid amorf [1]. La presiuni mai mari atomii se aranjeaza intr-o structura de retea tridimensionala superior ordonata, formand sisteme cristaline [1].

Natura structurii cristaline poate fi variata in functie de tipul legaturilor interatomice si consideratii energetice [1]. Putem construi un model microscopic aproximativ al solidelor, prin imaginarea atomilor vecini ca fiind legati cu resorturi microscopice fiecare cu o constanta elastica interatomica k [1]. Aceasta este o aproximatie buna deoarece daca deplasarea unui atom fata de pozitia lui de echilibru este mica atunci portiunea de energie potentiala functie de deplasare, in care se misca, se poate aproxima cu o parabola [1].

Daca un sistem primeste energie, aceasta energie poate sa contribuie simultan la cresterea energiei interne si la lucrul mecanic efectuat de sistem prin dilatarea corpului impotriva fortelor externe [1]. Daca un sistem primeste caldura ΔQ atunci [1]

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W$$

unde ΔU este schimbarea de energie interna si ΔW este lucrul mecanic efectuat asupra sau de mediul extern [1]. Aceasta ecuatie se numeste principiul I al termodinamicii [1].

Pentru un gaz la presiuni mici este valabila ecuatia [1]

$$\frac{PV}{T} = K$$

unde K este o constanta.

In interpretarea microscopica a temperaturii se poate considera ca energia cinetica medie a unei molecule dintr-un gaz este data de ecuatia [1]

$$\langle \frac{1}{2}mv^2 \rangle = \frac{3}{2}kT$$

unde T este temperatura absoluta si k este constanta lui Boltzmann. Constanta lui Boltzmann are valoarea $k = 1.38 \times 10^{-23} JK^{-1}$ [1].

Functia de unda, notata cu $\psi(x, t)$, este o marime fizica care ridicat la patrat da probabilitatea de a gasi particula in unitatea de volum [1].

Aceasta probabilitate se poate determina experimental [1]. In cazul miscarii unidimensionale probabilitatea de a gasi particula intre x si $x + dx$ la momentul t este [1]

$$P(x, t)dx = |\psi(x, t)|^2 dx \quad (5)$$

unde $P(x, t)$ este densitatea de probabilitate in cazul unidimensional.

Un semiconductor poate sa absoarba lumina cu frecventa, ν , mai mare decat cea corespunzatoare largimii benzii interzise $\nu = \frac{E_g}{h}$, unde E_g este largimea benzii interzise, si $h = 6.6 \times 10^{-34} J s$ este constanta lui Planck [1]. Aceasta frecventa corespunde lungimii de unda $\lambda = c/\nu$, unde $c = 3 \times 10^8 m/s$ este viteza luminii in vid, Pentru o energie de $1 eV$ corespunde in Joule valoarea $1.6 \times 10^{-19} J$ [1]. Cand semiconductorul este iluminat cu lumina cu frecventa mai mare decat frecventa de mai sus corespunzatoare largimii benzi interzise atunci se produc tranzitiile unui numar de electroni din banda de valenta (BV) in banda de conductie (BC), creste numarul purtatorilor de sarcina negativi din BC si pozitivi din BV, si creste conductivitatea semiconductorului [1]. Daca pe semiconductor se aplica o tensiune, si este iluminat cu lumina cu proprietatile de mai sus, atunci creste curentul din semiconductor [1].

Semiconductorii de siliciu, *Si*, si germaniu, *Ge*, absoarb lumina cu lungimea de unda de $\lambda = 850 nm$, care corespunde energiei de [1]

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad (6)$$

unde E este energia corespunzatoare acestei lungimi de unda. Rezulta o energie care se calculeaza in ecuatia urmatoare

$$E = \frac{1}{1.6 \times 10^{-19}} \times \frac{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{850 \times 10^{-9}} = 1.46 eV \quad (7)$$

care corespunde valorii de $1.46 eV$ din bibliografia de la pozitia [2]. Datorita proprietatilor acestora, straturi subtiri de *Ge* pe substrat de *Si* se pot folosi pentru integrarea fotodetectorilor rapizi de *Ge* pe dispozitive complementare de *Si* metal-oxid-semiconductor (CMOS) si pentru conectori optici [1,2].

Largimea benzii interzise a *Ge* la temperatura de $7 K$ este $0.742 eV$ [2].

Pentru *Si* la temperatura camerei largimea benzii interzise este $1.1 eV$ [3].

Pentru impuritatile care induc vibratii suficiente si pordu fononi, s-a detectat o luminescenta, in spectrul de fotoluminescenta (PL), explicata prin recombinarea excitonilor liberi care nu este asistata de fononi [1,2]. In cazul impuritatilor care nu induc vibratii suficiente ca sa produca fononi, s-a constatat ca fotoluminescenta produsa de recombinarea excitonilor liberi care nu este asistata de fononi nu se produce [2]. De asemenea s-au observat picuri fotoluminiscente corespunzatoare recombinarilor asistate de fononi [2].

In bibliografie la pozitia [2] s-a confirmat experimental ca PL rezulta din recombinarea excitonilor , care sunt indirect generate de crearea electronilor si golurilor.

Conectand o bobina la cei doi poli ai unei baterii am observat producerea unei scantei, pentru studiul careia propunem o metoda in aceasta cerere de brevet de inventie. In acest

experiment am folosit un cui de fier cu diametrul de 6 mm de la Ductil Buzau, pentru a creste inductia magnetica a miezului bobinei de aproximativ 1000 de ori, pe care am infasurat patru straturi de spire din sarma de cupru cu diametrul de 0.3 mm, folosita la bobinaj in Buzau ca in pozitiile [1] si [4] din bibliografie. Prin scoaterea cuiului magnetizat din bobina am obtinut o tensiune electromotoare indusa prin inductie electromagnetica de 9.4 mV.

Functia de probabilitate a excitonilor este descrisa de functia de probabilitate Fermi-Dirac, care in aproximatia Boltzmann este [2]

$$f_B(E) = e^{-(E-E_0)/kT} \quad (8)$$

unde $E_0 = E_g - E_{exciton} \pm E_{fonon}$, unde $E_{exciton}$ este energia de legatura a excitonului liber si E_{fonon} este energia ffononului. Pentru tranzitii indirecte densitatea starilor de excitoni este proportionala cu [2]

$$(E - E_0)^{0.5} \quad (9)$$

Rezulta ca luminiscenta anihilarii excitonilor liberi pentru Ge trebuie sa aiba forma [2]

$$f_B(E) = (E - E_0)^{0.5} e^{-(E-E_0)/kT} \quad (10)$$

Ecuatia (10) a fost demonstrata pentru temperaturi de 100 K, 200 K, 3000 K, si 400 K [2]. In ecuatia (10) exponentiala se poate dezvolta in serie Taylor [5]

$$e^x = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{x^n}{n!} \quad (11)$$

Notand cu $x = -\frac{E-E_0}{kT}$ si efectuind dezvoltarea Taylor din ecuatiile (10) si (11) obtinem

$$f_B(E) = (E - E_0)^{0.5} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{x^n}{n!} = (E - E_0)^{0.5} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{n!} \left(-\frac{E - E_0}{kT} \right)^n \quad (12)$$

Folosind integrala [1,5,6] pe un interval mai mic de energie in care poate varia energia E , in ecuatia (12) se pot pastra un numar de m termeni semnificativi, si ecuatia (12) se poate integra in functie de energie, de la energia E_1 la energia E_2 , pentru diferite temperaturi pentru care s-au efectuat experimente, si se obtine o ecuatie care se poate calcula

$$\int_{E_1}^{E_2} f_B(E) = \sum_{n=0}^m \frac{1}{(n + 1.5)n!} \frac{(-1)^n}{(kT)^n} (E - E_0)^{n+1.5} \Big|_{E_1}^{E_2} \quad (13)$$

Deoarece logaritmul natural [1,5,6] al functiei (10) in functie de energie conform teoriei si datelor experimentale este aproximativ o dreapta si derivata acestui logaritm da panta dreptei

care se obtine experiemntal [2], putem calcula in cate doua puncte apropiate logaritmul ecuatiei (13) luind primii termeni semnificativi si astfel putem calcula panta drepteii pe care o comparăm cu datele experimentale.

Dependenta de temperatura a largimii benzii interzise E_g a Ge poate fi descrisa cu ecuatie empirica Varshni [2]

$$E_g(T) = 0.742 - 4.8 \times \frac{10^{-4}T^2}{(T + 235)} \quad (14)$$

Pentru 300 K rezulta folosind ecuatie (14) o largime a benzii interzise de $E_g = 0.661 \text{ eV}$.

Pentru temperaturi intre 300 K si 400 K, largimea benzi interzise se poate calcula cu formula (14), care da rezultate verificate experimental in lucrarea de la punctul [2] din bibliografie, energia de absorție a fononului care presupunem ca este energia fononului calculata in aceasi lucrare pentru temperaturi intre 100 K si 400 K este $E_{fonon} = 8 \text{ meV}$, si cunoscand energia excitonului, $E_{exciton}$, se poate calcula energia E_0 , si cu aceasta energie se poate fita dependenta de energie a ecuatiei (10) si (12) pentru temperaturi intre 300 K si 400 K.

Daca inlocuim ecuatie (14) in ecuatie (10) si folosim valoarea pentru energia fononului de mai sus obtinem

$$f_B(E) = \left(E - \left(0.742 - 4.8 \times \frac{10^{-4}T^2}{(T + 235)} - E_{exciton} \pm E_{fonon} \right) \right)^{0.5} e^{-\left(E - \left(0.742 - 4.8 \times \frac{10^{-4}T^2}{(T + 235)} - E_{exciton} \pm E_{fonon} \right) \right) / kT} \quad (15)$$

Daca se cunosc energiile excitonului si fononului atunci ecuatie (15) se poate reprezenta grafic in functie de energie, sau se poate aplica logaritmul natural ecuatiei (15) si acesta sa se reprezinte grafic, si in ambele cazuri de reprezentari grafice sa se verifice rezultatele experimentale din lucrarea de la punctul [2] din bibliografie pentru temperaturi intre 300 K si 400 K. Presupunem ca datele experimentale obtinute in pozitia [2] din bibliografie au fost fitate in functie de energie in aceasta lucrare din bibliografie de la pozitia [2] la temperaturile de 300 K si 400 K folosind ecuatie (15).

Noi propunem folosirea ecuatiei (12), in care pastram primii m termeni semnificativi, pentru fitarea datelor experimentale in functie de energie din bibliografie de la pozitia [2], si in aceasta ecuatie sa inlocuim largimea benzii interzise data de ecuatie (14), energia excitonului si energia fononului, la temperaturi intre 300 K si 400 K, si astfel obtinem pentru fitarea datelor experimentale ecuatie

$$f_B(E) = \left(E - \left(0.742 - 4.8 \times \frac{10^{-4}T^2}{(T + 235)} - E_{exciton} \pm E_{fonon} \right) \right)^{0.5} \sum_{n=0}^m \frac{1}{n!} \left(\frac{E - \left(0.742 - 4.8 \times \frac{10^{-4}T^2}{(T + 235)} - E_{exciton} \pm E_{fonon} \right)}{kT} \right)^n (-1)^n \quad (16)$$

1. In aceasta cerere de brevet de inventie propunem spre brevetare o metoda de masurare esantionata, in intervale scurte de timp, a radiatiei emise prin dezexcitarea a doua elemente chimice sau molecule diferite, pentru care probabilitatea de tranzitie pe starea de energie mai joasa este diferita, si astfel prin spectroscopie si spectrometrie sa se obtina intensitatile diferite ale celor doua linii si probabilitatile diferita de tranzitie ale celor doua stari, metoda prin care se foloseste un fotodetector integrat rapid format din straturi subtiri de *Ge* pe substrat de *Si*, conform cu cel descris mai sus si prezentat in bibliografie la pozitia [2], astfel incat atunci cand de pe starea de pe care se produc tranzitiile mai repede, s-au produs tranzitiile, si raman semnalele emise prin tranzitiile de pe celalta stare atunci se poate determina intensitatea radiatiei emise prin al doilea tip de tranzitie, care se scade din intensitatea totala de la inceputul masuratorii, si se obtine intensitatea primului tip de radiatie.

2. In acest brevet de inventie propunem spre brevetare o metoda de masurare esantionata, in intervale scurte de timp, a intensitatii radiatiei emisa prin producerea unei scatei cand se conecteaza cei doi poli ai unei baterii, prin care se foloseste fotodetectorul inegrat rapid din *Ge* descris mai sus, si astfel obtinerea dependentei in timp a intensitatii radiatiei electromagnetice emise de scanteie pentru una, doua sau mai multe frecvente.

3. In aceasta inventie propunem o metoda prin care se foloseste ecuatia (12) pentru determinarea energiei E_0 si demonstrarea dependentei de temperatura data de ecuatia (10) a luminiscentei anihilarii excitonilor liberi pentru *Ge* prin faptul ca se verifica valabilitatea ecuatiei (10) pentru diferite temperaturi prin verificarea dependentei de energia E a ecuatiei (10) la diferite temperaturi, si determinarea constantei lui Boltzmann, si prin care se foloseste ecuatia (13) a carei integrala se poate calcula pentru un interval de energie de la E_1 la E_2 pentru diferite temperaturi, si a carei valoare se poate compara cu rezultatele experimentale, cu ajutorul carora se poate obtine o curba si se poate calcula aria de sub curba ca integrala intensitatii intre cele doua energii, care corespunde integralei functiei date de ecuatia (10) intre cele doua energii, pentru verificarea dependentei de temperatura a ecuatiei (12) si de asemenea si dependentei de energia E_0 a ecuatiei (12), si deoarece logaritmul natural [1,5,6] al functiei (10) in functie de

energie conform teoriei si datelor experimentale este aproximativ o dreapta, si derivata acestui logaritm da panta drepteii, care se obtine experiemntal [2], putem calcula in cate doua puncte apropiate logaritmul ecuatiei (13), luind primii termeni semnificativi, si astfel putem calcula panta drepteii pe care o comparam cu datele experimentale.

4. Noi propunem propunem spre brevetare o metoda prin care in ecuatie (12) inlocuim largimea benzii interzise data de ecuatie (14), energia excitonului si energia fononului, la temperaturile de 300 K si 400 K si astfel obtinem ecuatie (16) pe care o folosim pentru fitarea datelor experimentale in functie de energie obtinute in lucrarea din bibliografie de la punctul [2], si verificam dependenta de temperatura a ecuatiei (10) la temperaturile de 300 K si 400 K .

BIBLIOGRAFIE

- [1] M. Mansfield and C. O'Sullivan, Understanding physics, Wiley, 2011.
- [2] R. R. Lieten et al., Phys. Rev. B 86, 035204 (2012).
- [3] J. Hecht, LaserFocusWorld, Vol. 48 No. 12 (2012) pag 50-50.
- [4] N. Ardley, 101 great science experiments, Dorling Kindersley, 2006.
- [5] Steven A. Leduc, Cliffs Quick Review Differential Equations, Wiley, 1995.
- [6] B. V. Zandy et al., Cliffs Quick Review Calculus, Wiley, 2001.

REVENDICARILE

1. In aceasta cerere de brevet de inventie propunem spre brevetare o metoda de masurare esantionata a radiatiei emise prin dezexcitarea a doua elemente chimice sau molecule diferite, pentru care probabilitatea de tranzitie pe starea de energie mai joasa este diferita, si astfel prin spectroscopie si spectrometrie sa se obtina intensitatile diferite ale celor doua linii si probabilitatile diferite de tranzitie ale celor doua stari, metoda prin care se foloseste un fotodetector integrat rapid format din straturi subtiri de *Ge* pe substrat de *Si*, conform cu cel descris mai sus si prezentat in bibliografie la pozitia [2], astfel incat atunci cand de pe starea de pe care se produc tranzitiile mai repede, s-au produs tranzitiile, si raman semnalele emise prin tranzitiile de pe celalta stare, atunci se poate determina intensitatea radiatiei emise prin al doilea tip de tranzitie, care se scade din intensitatea totala de la inceputul masuratorii, si se obtine intensitatea primului tip de radiatie.

2. In acest brevet de inventie propunem spre brevetare o metoda de masurare esantionata, in intervale scurte de timp, a intensitatii radiatiei emisa prin producerea unei scatei cand se conecteaza cei doi poli ai unei baterii, prin care se foloseste fotodetectorul integrat rapid din *Ge* descris mai sus, si astfel obtinerea dependentei in timp a intensitatii radiatiei electromagnetice emise de scanteie pentru una, doua sau mai multe frecvente.

3. In aceasta inventie propunem o metoda prin care se foloseste ecuatia (12) pentru determinarea energiei E_0 si demonstrarea dependentei de temperatura data de ecuatia (10) a luminescentei anihilarii excitonilor liberi pentru *Ge* prin faptul ca se verifica valabilitatea ecuatiei (10) pentru diferite temperaturi prin verificarea dependentei de energia E a ecuatiei (10) la diferite temperaturi, si determinarea constantei lui Boltzmann, si prin care se foloseste ecuatia (13) a carei integrala se poate calcula pentru un interval de energie de la E_1 la E_2 pentru diferite temperaturi, si a carei valoare se poate compara cu rezultatele experimentale, cu ajutorul carora se poate obtine o curba si se poate calcula aria de sub curba ca integrala intensitatii intre cele doua energii, care corespunde integralei functiei date de ecuatia (10) intre cele doua energii, pentru verificarea dependentei de temperatura a ecuatiei (12) si de asemenea si dependentei de energia E_0 a ecuatiei (12), si deoarece logarithmul natural [1,5,6] al functiei (10) in functie de energie conform teoriei si datelor experimentale este aproximativ o dreapta, si derivata acestui logarithm da panta dreptei, care se obtine experimntal [2], putem calcula in cate doua puncte apropiate logarithmul ecuatiei (13), luind primii termeni semnificativi, si astfel putem calcula panta dreptei pe care o comparam cu datele experimentale.

4. Noi propunem propunem spre brevetare o metoda prin care in ecuatia (12) inlocuim largimea benzii interzise data de ecuatia (14), energia excitonului si energia fononului, la temperaturile de 300 K si 400 K, si astfel obtinem ecuatia (16) pe care o folosim pentru fitarea datelor experimentale in functie de energie, la diferite temperaturi, obtinute in lucrarea din bibliografie de la punctul [2], si verificam dependenta de temperatura a ecuatiei (10) la

temperaturile de 300 K si 400 K , si temperaturi mai mici folosind corectiile din lucrarea indicata mai inainte.