



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2013 00679

(22) Data de depozit: 12.09.2013

(41) Data publicării cererii:
30.06.2015 BOPI nr. 6/2015

(71) Solicitant:
• DOMOKOS ȘTEFAN,
ALEEA PIETROASELE, BL. D3, SC. C,
AP. 6, ET. 2, BUZĂU, BZ, RO

(72) Inventatori:
• DOMOKOS ȘTEFAN,
ALEEA PIETROASELE, BL. D3, SC. C,
AP. 6, ET. 2, BUZĂU, BZ, RO

(54) **METODĂ DE DETERMINARE A DEPENDENȚEI VARIAȚIEI TEMPERATURII DE INTENSITATEA CURENTULUI, PENTRU MATERIALUL DE TIPUL ITO, ÎN CAZUL ÎN CARE NU SE APLICĂ EFECTUL JOULE, ÎN PUNCTELE ÎN CARE SE PRODUCE PERCOLAȚIA, PRIN DEZVOLTAREA ÎN SERIE TAYLOR A VARIAȚIEI DE TEMPERATURĂ ÎN FUNCȚIE DE INTENSITATEA CURENTULUI**

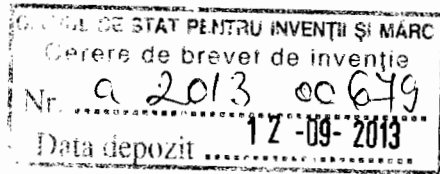
(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă de determinare a dependenței variației temperaturii de intensitatea curentului electric, pentru un material de tip ITO, prin dezvoltare în

serie Taylor a variației temperaturii în funcție de intensitatea curentului.

Revendicări: 6
Figuri: 1





DESCRIEREA INVENTIEI

Conductivitatea, ρ , este definita de relatia [1]

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1)$$

unde R este rezistenta, l este lungimea materialului prin care trece curentul electric si S este aria sectiunii transversale.

Oxidul de indiu $In_2O_3:Sn^{4+}$ (ITO) dopat puternic intr-un strat subtire combina conductivitatea electrica matalica cu transparenta optica in spectrul vizibil al luminii [2]. Aceste proprietati utile ii confera calitatea de a fi unul din cei mai importanti oxizi conductori, caracterizat de o banda interzisa cu putin mai mare de 3 eV si tipic puternic dopat dandu-i caracteristica de semiconductor degenerat [2]. Pentru semiconductorul de Ge largimea benzii interzise la temperatura camerei este intre 0.65 eV si 0.7 eV [3], astfel ca (ITO) are o largime a benzii interzise de cel putin 4 ori mai mare, si rezulta ca in stare pura are mult mai putini electroni de conductie in banda de conductie si goluri in banda de valenta, si rezulta ca are rezistivitatea mai mare decat germaniul pur.

O varianta de selectare a lungimii de unda pentru masurarea termoreflexiei este folosirea unei surse de lumina ca un bec cu incandescenta, sau a unui tub fluorescent, si selectarea lungimii de unda cu o prisma de sticla ca in bibliografie la punctele [4,5].

Percolatia in fizica, chimie si stiinta materialelor este despre micarea si filtrarea fluidelor prin materiale poroase [6].

Prin percolatie se produc clustere intr-o retea cristalina, sau un site, sau se produce percolatia legaturilor [7].

Percolatia se refera la probabilitatea producerii unei tranzitii de faza [8], ca formarea clusterilor intr-o retea cristalina [7], care nu au aceasi structura ca retea de baza.

Legam in paralel doua piese identice din cele doua materiale la aceasi tensiune, atunci prin cele doua piese trec curenti de intensitati diferite, care se pot masura cu ampermetre legate in serie cu fiecare piesa ca in bibliografie la punctul [1]. Rezistentele celor doua piese sunt [1]

$$R_1 = \frac{U}{I_1} \quad (2)$$

$$R_2 = \frac{U}{I_2} \quad (3)$$

unde U este tensiunea si I_1 si I_2 sunt intensitatile curentilor din cele doua piese. Calculand tensiunile din ecuatiile (2) si (3) prin inmultirea ambelor parti cu intensitatile curentilor I_1 si I_2 , si egaland aceste tensiuni obtinem

$$R_1 I_1 = R_2 I_2 \quad (4)$$

Inlocuind relatia (1) pentru cele doua rezistente in ecuatia (4) si simplificand lungimea conductorului si aria sectiunii transversale deoarece piesele sunt identice si aceste proprietati sunt egale, rezulta

$$\rho_1 I_1 = \rho_2 I_2 \quad (5)$$

Din ecuatia (5) se poate calcula rezistivitatea unei piese in functie de rezistivitatea celeilalte piese si in functie de intensitatile curentilor care se masoara.

ITO este folosit pe scara larga in monitoare plate si tehnologia de celule solare de film subtire, dispozitive pentru emisia luminii, dispozitive electro-cromice, si acoperiri reflectatoare de caldura [2]. Filme subtiri ITO sunt fabricate in mod uzual folosind metode de depunere fizice din vapori ca evaporarea pulberilor de In_2O_3/SnO_2 sau tehnici de sputtering care asigura o calitate optica buna si conductivitate electrica inalta, dar aceste metode cer procese in vid costisitoare [2].

Se urmareste gasirea unor variante de productie alternative pentru aplicatii mai ieftine [2]. Tehnicile de printare permit structurarea fara pasi de lipire chimice umede extractive, si de asemenea folosirea substraturilor flexibile si sensibile la temperatura, cu beneficii suplimentare evidente pentru piata [2]. De aceea nanoparticule ITO dimensionate sunt sintetizate si folosite pentru dispersii si cerneluri [2]. Tehnici de depunere umede ca printarea cu jet de cerneala au fost aplicate cu succes si au fost testate pentru aplicatii electronice [2]. In mod tipic, straturile nonoparticulate trebuie optimizate dupa depunere printr-un procedeu de recoacere [2]. Dupa care se pot atinge conductivitati specifice de $10^2 - 10^3 \Omega^{-1}cm^{-1}$ [2].

Termorefectanta folosita in articolul de la punctul [2] din bibliografie produce imagini termice cu rezolutie mare, este utila pentru observarea distributiei termice, si in multe cazuri observarea petelor fierbinti [2]. Rezolutia spatiala si termica a acestei metode este de $250 nm$ si $10 mK$ [2].

Termorefectanta este o metoda de determinare a temperaturii folosind dependenta temperaturii de reflectivitate; prin masurarea schimbarii relative a reflectivitatii suprafetei de interes, se poate determina schimbarea corespunzatoare de temperatura folosind aproximatia de ordinul intai care exprima relatia dintre schimbarea relativa a reflectivitatii si schimbarea temperaturii [2]

$$\frac{\Delta R}{R_0} = \left(\frac{1}{R} \frac{\partial R}{\partial T} \right) \Delta T = C_{TR} \Delta T \quad (6)$$

unde schimbarea de reflectivitate indusa termic ΔR este normata folosind reflectivitatea la temperatura camerei R_0 , si sclat de coeficientul de termorefectivitate C_{TR} , care depinde de lungimea de unda si de material [2].

Din punct de vedere al aplicatiei, este de mare valoare de stiut gradul de percolatie in stratul granular deoarece incalzirea Joule va fi depozitata de a lungul directiei curentului [2]. Daca un electrod din nanoparticule ITO trebuie combinat cu electronica organica, se produc solicitari de caldura neuniforme datorita efectelor de percolatie al curentului in electrod la suprafata stratului de interfata si pot induce oboseala componentei organice si de acea sa aiba consecinte fatale pentru dispozitiv [2].

Exista doua tipuri de puncte fierbinti [2]: puncte fierbinti induse de percolatie, si puncte fierbinti imbunatatite. Temperatura probei a fost masurata la diferiti curenti [2]. Este de asteptat o functie de raspuns a variatiei de temperatura (ΔT) produsa prin incalzire Joule in functie de intensitatea curentului de tipul [2]

$$\Delta T \propto P \propto I^N \quad (7)$$

cu $N = 2$ in cazul rezistiv ideal, P este puterea disipata, si I este intensitatea curentului. Exponentul N este extras pentru ambele tipuri de puncte fierbinti in articolul de pa punctul [2] din bibliografie: puncte fierbinti canal si imbunatatit. Pentru portiunea de canal, $N = 2.03$ [2]. Aceasta este suficient de aproape de 2 pentru a confirma ca imaginea termica arata o incalzire Joule [2]. Acest rezultat este folosit pentru a valida punctul fierbinte pentru care $N = 2.38$ [2].

Daca luam in considerare dependenta rezistivitatii de temperatura, data de ecuatie [2]

$$\rho(\Delta T) = a\Delta T + \rho_0$$

unde a este coeficientul de temperatura a rezistivitatii, atunci dependenta lui ΔT de intensitatea curentului se schimba [2]. Sa consideram rezistorul $\rho(\Delta T)$ in contact termic cu un rezervor de caldura la temperatura constanta [2]. Atunci caldura produsa de rezistor prin efect Joule $\rho(\Delta T)I^2$ este egala cu fluxul de caldura catre rezervor, $\Lambda\Delta T$ [2]

$$\rho(\Delta T)I^2 = \Lambda\Delta T$$

Daca din ultimele doua ecuatii de mai sus calculam ΔT obtinem [2]

$$\Delta T = \frac{\rho_0 I^2}{\Lambda - aI^2}$$

Pentru $I \ll \sqrt{\Lambda/a}$, numitorul equatiei de mai sus este egal cu constanta Λ , si rezulta o disipare de caldura de tip Joule $\Delta T \propto I^2$ [2]. Daca $I \approx \sqrt{\Lambda/a}$, temperatura in functie de intensitatea curentului creste mai puternic decat in efectul Joule [2]. Considerand un exemplu cu valorile $\rho_0 = 100$, $\Lambda = 1$, si $a = 1$ am reprezentat acest comportament este prezentat in Figura 1, in care

am reprezentat ecuatia de mai sus si ecuatia in functie de I^2 , si in care observam ca pentru $I = 0.375$ valorile ΔT sunt inca apropiate si cu cresterea intensitatii curentului aceste valori se departeaza. In articolul de la punctul [2] din bibliografie se presupune ca in pata imbunatatita curge un curent suficient de mare pentru ca sa se produca un regim care nu corespunde efectului Joule si rezulta un exponent efectiv $N_{ef} > 2$.

Conform ecuatiei prezentate anterior a rezistivitatii in functie de temperatura rezulta ca rezistivitatea creste in functie de temperatura. Dar functia de distributie Fermi-Dirac care da probabilitatea de a gasi electronul in banda de conductie (BC) cu energia E este, conform celor prezentate in bibliografie la punctul [1],

$$f(T) = \frac{1}{e^{(E-E_F)/kT} + 1}$$

si rezulta ca daca temperatura creste, functie exponentiala scade, functia de distributie creste, si concentratia de electroni in BC creste, si rezulta ca rezistivitatea scade, ceea ce este in contradictie cu rezultatele din articolul de la punctul [2] din bibliografie.

Explicatia fenomenului de dependenta de tipul $\Delta T \propto I^{2.38}$ pentru petele fierbinti, punctele fierbinti, imbunatatite este cresterea rezistivitatii in functie de temperatura, si astfel rezistivitatea nu ramane constanta, si astfel se produce o crestere mai mare a temperaturii, care produce din nou o crestere a rezistivitatii, si astfel este o abatere de la legea lui Joule, $\Delta T \propto I^2$ [2].

Acest comportament al acestui material ITO il face sa fie caracterizat de proprietati ale metalelor pentru care rezistivitatea creste cu temperatura [1,2].

Dezvoltarea in serie a functiei $\frac{1}{1-x^2}$ este [9]

$$\frac{1}{1-x^2} = \sum_{n=0}^{\infty} x^{2n}, \quad |x| < 1$$

Daca notam $x = \sqrt{a/\Lambda}I$, atunci termenul $\frac{1}{\Lambda - aI^2}$ se poate scrie ca

$$\frac{1}{\Lambda - aI^2} = \frac{1}{\Lambda} \frac{1}{\left(1 - \frac{a}{\Lambda}I^2\right)} = \frac{1}{\Lambda} \frac{1}{1 - \left(\sqrt{\frac{a}{\Lambda}}I\right)^2} = \frac{1}{\Lambda} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\sqrt{\frac{a}{\Lambda}}I\right)^{2n}$$

Daca pastram primii doi termeni din aceasta dezvoltare obtinem

$$\Delta T \approx \rho_0 I^2 \frac{1}{\Lambda} \left(1 + \frac{a}{\Lambda} I^2\right) = \frac{\rho_0}{\Lambda} I^2 + \frac{\rho_0 a}{\Lambda^2} I^4$$

Prin derivata variației de temperatura prezentate mai sus in functie de intensitatea curentului se obtine o functie care variaza cu intensitatea curentului crescator cea ce arata ca se produce o crestere a variației temperaturii in functie de curent care are panta crescatoare.

$$\frac{d}{dl} \Delta T = \frac{2\rho_0 l}{\Lambda - al^2} + \frac{2\rho_0 al^3}{(\Lambda - al^2)^2}$$

BIBLIOGRAFIE

- [1] M. Mansfield et al., Understanding physics, Wiley, 2011.
- [2] R. Chavez et al., J. Appl. Phys. 112, 083705 (2012) License Number 3225201293512 year 2013 Copyright Clearance Center.
- [3] R. R. Lieten et al., Phys. Rev. B 86, 035204 (2012).
- [4] Stefan Domokos, Cerere de Bravet de Inventie nr. A/00590 din data de 12.08.2013.
- [5] Samuel Wesley Straton, A college course of laboratory experiments in general physics, The University of Chicago Press, Chicago, 1898, Lexington, 2013.
- [6] Percolation, Wikipedia.
- [7] Phys. Rev. Lett. 85, 4104 (2000).
- [8] H. Kesten, What is ... percolation, Notices of the American Mathematical Society May 2006.
- [9] S. A. Leduc, Cliffs Quick Review Differential Equation, Wiley Publishing, 1995.

REVENDICARI

1.Revendicam o metoda prin care legam doua piese cu dimensiuni identice, din ITO si din Ge, in paralel, la aceasi tensiune, legam cate un ampermetru in serie cu fiecare piesa, si determinam rezistivitatea fiecarei piese in functie de rezistivitatea celeilalte piese folosind ecuatia (5) din descrierea inventiei, de exemplu calculam rezistivitatea primei piese cu ecuatia

$$\rho_1 = \rho_2 \frac{I_2}{I_1}$$

2.Revendicam o metoda de determinare a indicelui de refractie al sticlei prin care in formula indicelui de refractie de la revendicarea numarul 6 din bibliografie de la punctul [4] conform cu lucrarea de la punctul [5] din bibliografie se foloseste unghiul de deviatie minim, deoarece prin variatia unghiului de incidenta rezulta o variatie si a unghiului de deviatie, si aceasta este si metoda de determinare a unghiului de deviatie minim, se modifica unghiul de incidenta pana cand se obtine unghiul de deviatie minim, incepand de la care unghiul de deviatie creste.

3.Revendicam o metoda de determinare a valorii intensitatii curentului pana la care se produce efectul Joule prin care folosim o metoda grafica si, spre deosebire de articolul de la punctul [2] in care graficul este cu scala logaritmica, noi folosim o scala liniara ca in Figura 1, unde am ales corespunzator intervalul de valori ale intensitatii curentului si am reprezentat ecuatia

$$\Delta T = \frac{\rho_0 I^2}{\Lambda - aI^2}$$

si ecuatia in functie de patratul intensitatii curentului, si am folosit Microsoft Mathematics 4.

4.Revendicam o metoda de aproximare a dependentei variatiei temperaturii in functie de intensitatea curentului prin care folosim dezvoltarea in serie Taylor a numitorului ecuatiei de la punctul 3 din revendicari si pastram primii doi termeni si obtinem ecuatia

$$\Delta T \approx \rho_0 I^2 \frac{1}{\Lambda} \left(1 + \frac{a}{\Lambda} I^2 \right) = \frac{\rho_0}{\Lambda} I^2 + \frac{\rho_0 a}{\Lambda^2} I^4$$

si astfel obtinem o abatere care este in functie de I^4 fata de efectul Joule, aproximatie pe care am reprezentat-o in Figura 1 si in care observam o buna aproximare pana la valoarea intensitatii curentului $I = 0.625$, aproximatie care se poate imbunatatii folosind mai multi termeni de ordin superior.

5.Revendicam o metoda de demonstrare a variatiei temperaturii in functie de intensitatea curentului pentru materialul de tip ITO prin care facem derivata variatiei de temperatura in functie de intensitatea curentului si obtinem ecuatia

$$\frac{d}{dI} \Delta T = \frac{2\rho_0 I}{\Lambda - aI^2} + \frac{2\rho_0 a I^3}{(\Lambda - aI^2)^2}$$

6.Revendicam o metoda de obtinere a concentratiei de purtatori in functie de energia minima a BC intr-un semiconductor, ca ITO, prin care dezvoltam in serie exponentiala functiei de distributie Fermi-Dirac, si pe urma dezvoltam in serie raportul obtinut, si pe urma calculam energia minima a BC din concentratia de purtatori.

DESENE EXPLICATIVE

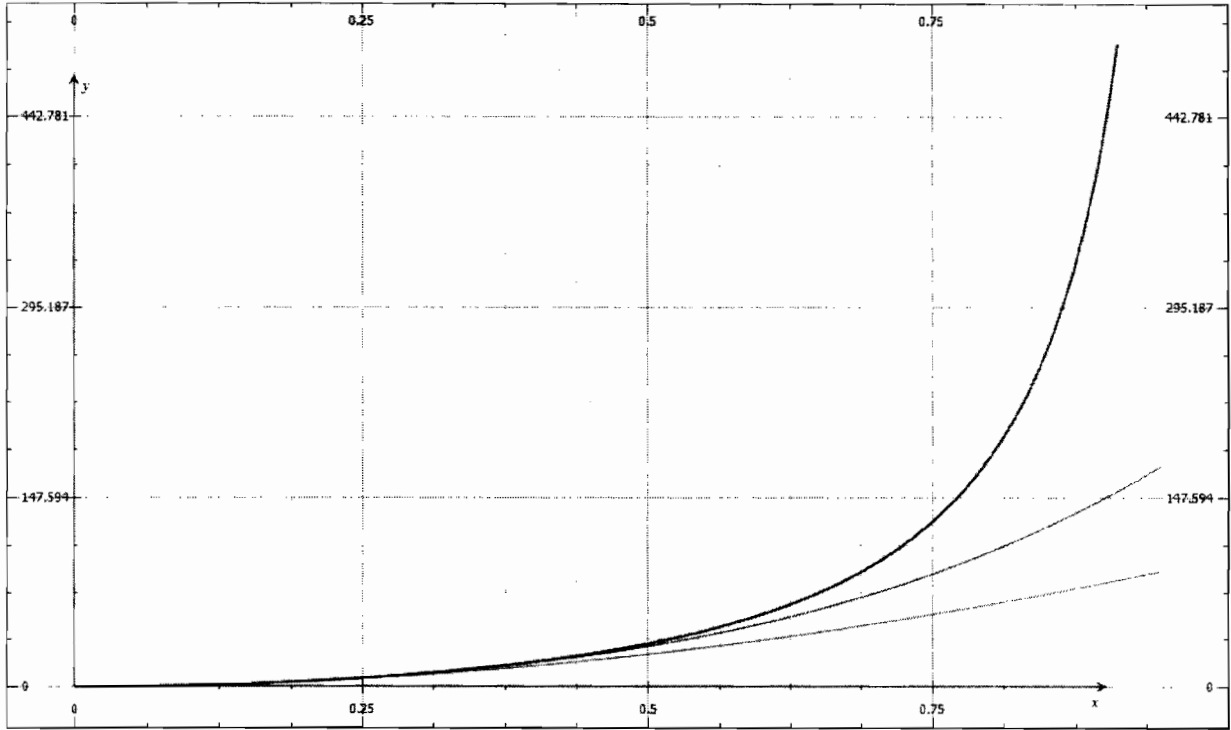


Figura 1.