



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2019 00434

(22) Data de depozit: 18/07/2019

(41) Data publicării cererii:
29/01/2021 BOPI nr. 1/2021

(71) Solicitant:
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE
ȘI DEZVOLTARE PENTRU FIZICA
LASERILOR, PLASMEI ȘI RADIAȚIEI
(INFLPR), STR. ATOMIȘTILOR NR. 409,
MĂGURELE, IF, RO

(72) Inventatori:
• ION VALENTIN, STR.FIZICIENILOR 19,
BL.M2, SC.A, ET.1, AP.5, MĂGURELE, IF,
RO;
• SCARISOREANU NICU DOINEL,
STR.VOINICULUI NR.5, MĂGURELE, IF,
RO;
• BONCIU FLORINA ANCA,
STR.TINERETULUI, NR.1, BL.D3, AP.10,
DRĂGĂȘANI, VL, RO;
• DINESCU MARIA, STR. BÂRCA NR.17,
BL.M8, SC.A, ET.2, AP.17, SECTOR 5,
BUCUREȘTI, B, RO;

• BANCIU MARIAN GABRIEL,
BD. IULIU MANIU NR. 168, BL. 39, SC. 1,
ET. 7, AP.30, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B,
RO;
• GEAMBAȘU CEZAR DRAGOȘ,
STR. FIZICIENILOR NR. 26, BL. 03, SC. 1,
AP. 3, MĂGURELE, IF, RO;
• TRUPINA LUCIAN, ȘOS. ALEXANDRIA
NR. 20, BL. L6, SC. B, AP. 76, SECTOR 5,
BUCUREȘTI, B, RO;
• GHENEȘCU VETA, STR. RĂȘĂRITULUI
NR.1, BL.118, SC.2, ET.10, AP.95,
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;
• GHENESCU TRAIAN MARIAN,
STR.RĂȘĂRITULUI, NR.1, BL.118, SC.2,
AP.95, ET.10, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B,
RO;
• CHERECHES TUDOR,
STR.MIHAIL SEBASTIAN, NR.136, BL.V90,
SC.5, ET.5, AP.144, SECTOR 5,
BUCUREȘTI, B, RO;
• LIXANDRU PAUL, BD.UNIRII, NR.19,
BL.4B, SC.A, ET.5, AP.16, SECTOR 5,
BUCUREȘTI, B, RO

(54) PROCEDEU DE OBTINERE DE HETEROSTRUCTURI OXIDICE PROTECTOARE PENTRU ANTENE DE MICROUND

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un procedeu de obținere a unor heterostructuri cu rol protector împotriva radiațiilor solare, pentru dispozitivele care asigură conectivitatea microsateleților din cadrul aplicațiilor spațiale. Procedeu conform invenției pentru producerea filmelor și heterostructurilor de YSZ/AL_2O_3 a folosit un laser cu excimeri cu ArF cu lungimea de undă de 193 nm și o frecvență de 10 Hz, seturi diferite de straturi subțiri fiind depuse la diferite fluente și temperaturi pentru găsirea unor parametri optimi, substraturile folosite au fost din alumina, temperatura de depunere a fost variată consecutiv în intervalul 400...700°C urmărindu-se o creștere calitativă a materialelor depuse de YSZ și AL_2O_3 , fluența laser a variat în intervalul 1...4 J/cm² pentru obținerea unor filme cât mai groase dar fără defecte de suprafață, țintele folosite au fost ținte ceramice comerciale de puritate 99,9% având dimensiuni de 2,54 cm diametru și grosimea de 6,5 mm, în timpul depunerii țintele au fost rotite iar fasciculul laser a fost translatat pe suprafața acestora astfel încât distanța dintre țintă și substrat să fie de 5 cm și presiunea oxigenului din incintă să fie de 5×10^{-2} mbar,

încălzirea substraturilor fiind făcută gradat cu 50°C/min iar răcirea s-a realizat tot gradat cu 10°C/min, pentru procedeu de depunere fiind utilizați un număr de 3600 de pulsuri laser.

Revendicări: 2
Figuri: 5

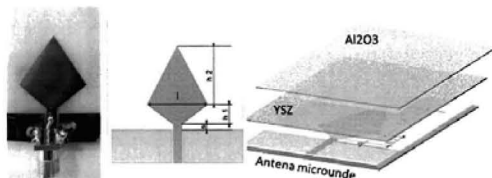


Fig. 3

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI	
Cerere de brevet de invenție	
Nr.	a 2019 s0434
Data depozit	18-07-2019

Descrierea Invenției

Procedeu de obtinere de heterostructuri oxidice protectoare pentru antene de microunde

Prezenta invenție se refera la un procedeu de obtinere de heterostructuri cu rol protector impotriva influentei radiatiilor solare din materiale oxidice pe baza de dioxid de zirconiu dopat cu 8% ytriu (YSZ) si oxid de aluminiu (Al_2O_3), obtinute prin procesare laser – Depunere Laser Pulsata (PLD), pentru dispozitive de microunde folosite in aplicatii spatiale. Deasemenea, performantele antenelor sunt pastrate si dupa socurile mecanice care apar in procesul de lansare in spatiul cosmic. Acest procedeu implica utilizarea tehnicii de depunere de straturi subtiri PLD pentru acoperirea dispozitivelor de tip antena de microunde cu straturi subtiri alternative de Al_2O_3 si YSZ pentru pastrarea proprietatilor functionale ale antenelor si anume caracteristica de reflexie pentru operare intr-o banda de frecvențe între 2,9 GHz si 5,3 GHz,

Fundamentul invenției

Odata cu aparitia conceptului de microsatelet folosit in spatiu pentru aplicatii diverse a fost necesara miniaturizarea dispozitivelor ce intra in componenta acestuia. Printre aceste dispozitive se regasesc si dispozitivele ce asigura conectivitatea microsateletilor. Transmiterea si receptionarea de date se efectueaza folosind antene de marimi si forme diverse pentru emisie/receptie in benzi diferite. Aceste antene pot fi antene ce folosesc rezonatori dielectrice sau de tip planar, microstrip, etc. Antenele microstrip/planare sunt extrem de versatile în ceea ce privește frecvența de rezonanță, polarizarea și impedanța, sunt compatibile cu circuite integrate și circuite optoelectronice, au greutate redusă și sunt ușor de fabricat. Toate aceste proprietăți fac ca aceste antene sa fie foarte atractive pentru utilizarea în comunicațiile prin satelit. Pentru aceste antene, atat substratul cat si partile metalice joacă un rol important, cuantificat prin pierderi scazute, caracteristica permitivității dielectrice, calitatile mecanice ale metalului si a capacității de a lucra în condiții extreme de mediu.

Director General,

Dr. Traian DASCALU



Unul din dezavantajele majore al acestor tipuri de dispozitive este aparitia de semnale zgomotoase (PIM) datorate atat procesului de fabricatie cat si defectiunilor induse de mediu extrem din spatiu (radiatii, impact cu micrometeoriti, variatii mari de temperatura) [1]. Aceste semnale zgomotoase afecteaza direct capacitatea antenei de a transmite sau receptiona semnale. Daca procesul de fabricatie al acestor dispozitive poate fi controlat riguros evitandu-se astfel lansarea in spatiu a unor sateliti ce nu pot receptiona sau transmite date, aparitia defectiunilor antenelor induse de efectul radiatiilor sau a altor factori de mediu nu poate fi controlat odata ce satelitul este pe orbita. Pentru a minimiza efectul acestora si a prelungi timpul de utilizare al unui microsatelet este necesar protejarea acestor antene contra efectului radiatiilor solare din spatiul cosmic. Raspunsul in frecventa al acestor tip de dispozitive este afectat de prezenta pe suprafata metalica a materialelor dielectrice, alegerea tipului de materiale si a grosimii acestora fiind foarte dificila [2].

Problema pe care o rezolva inventia de fata, este realizarea unui procedeu de obtinere de acoperiri multistrat capabile sa protejeze dispozitivele folosite in microunde in aplicatii spatiale contra radiatiilor solare si sa fie rezistente la socurilor mecanice si acceleratiile aparute in timpul lansarii dar fara sa afecteze negativ functionarea acestor dispozitive.

Principalul motiv al acestui brevet il reprezinta tendinta de scadere a pretului de productie si lansare a unui microsatelet. Fabricarea, lansarea si timpul de viata al unui microsatelet se reflecta in costul total. Prin protejarea unor componente electronice precum antenele de microunde se poate prelungi timpul de viata al unui microsatelet.

Director General,
Dr. Traian DASCALU



Datorita proprietatilor intrinseci materialele oxidice precum dioxidul de zirconiu dopat cu ytriu si oxidului de aluminiu sunt considerate printre cele mai promitatoare materiale capabile sa asigure o protectie adecvata pentru circuite electronice folosite in aplicatii spatiale. Printre aceste proprietati putem aminti duritatea aluminei (Al_2O_3 , 9 pe scala Moch), conductivitatea termica de $35 \text{ W/m}^{-1}\text{K}$ (ASTM C408) la temperatura camerei si coeficientul mic de expansiune termica de 8.4 pe un interval de temperature cuprins intre $25\text{-}1000^0 \text{ C}$ (ASTM C372). In cazul zirconiei stabilizata cu ytriu (YSZ) conductivitatea termica are o valoare de $2.7 \text{ W/m}^{-1}\text{K}$ si un coeficient de expansiune termica de 11, cu o duritate de 6.5 pe scala Mohs [3].

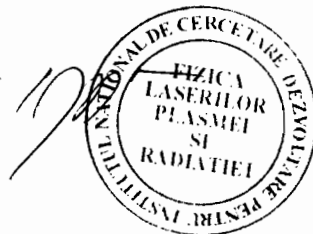
Inainte de a efectua experimentele de obtinere au fost efectuate simulari ale comportamentului acestora in medii ostile.

Fluxurile reale intalnite in spatiu variaza foarte mult, depinzand de orbita satelitului, de activitatea solara si nu in ultimul rand de ecranarea acestora. Testarea in spatiu a acestor componente este foarte putin practicata datorita costurilor ridicate si a timpului necesar testarii efective. Determinarii adancimii de patrundere in material a protonilor si particulelor alfa de diferite energii in heterostructurile din materiale dielectrice si superdure de tipul $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{YSZ}$ au fost modelate si simulate cu programul SRIM (Stopping Range In Matter) [4,5] Pe masura ce patrund in material particulele incidente (protoni, electroni, alfa) pierd din energie datorita ionizarii atomilor materialelor tinta rezultand o acumulare de doza de-a lungul traseului parcurs in material de particulele incidente. Adancimea de penetrare a protonilor si a particulelor alpha, in heterostructurile de interes pentru un spectru energetic larg este prezentata in figura 1a. Domeniul energetic ales a fost intre 10keV si 1 MeV.

Din simularile numerice, folosind un numar de 5000 de protoni (H^+ ioni) cu energia de 10 keV, 50keV respectiv 100keV care patrund in heterostructura, acestia sunt stopati de heterostructura folosita. La o energie de 50keV, particulele alfa, datorita masei de 4 ori mai mare decat cea a protonului, sunt in mare masura stopate in primul strat al heterostructurii.

Director General,

Dr. Traian DASCALU



Considerand protoni monoenergetici, unidirectionali ce au cazut perpendicular pe suprafata probei s-a evidentiat defectele ce pot fi generate in structurile de interes. Din analiza datelor generate in urma simularilor Monte Carlo s-a determinat rata cu care energia protonului incident este absorbita de produsii de recul de-a lungul traseului parcurs de acestia.. Figura 1b ilustreaza incetinirea protonilor in timp ce traverseaza materialul, cu deplasarea punctului de maxim de defecte. Asa cum se poate observa raspunsul structurii de Al_2O_3/YSZ depinde de energia protonilor incidenti. Se confirma inca odata faptul ca protonii de 10keV isi pierd intreaga energie in primii 150nm ai stratului de Al_2O_3 .

Heterostructurile obtinute prin procesare cu laser nu trebuie sa stopeze doar radiatiile ci sa fie rezistente la socuri si vibratii ce au loc in timpul lansarii microsatelitului. Simularile de comportament la vibratii si socuri au fost facute in concordanta cu standardele: test de șoc mecanic, conform MIL STD 750 TM 2016, Test B (50 de impulsuri – pe orientare (în planurile X1, Y1, Z1) - ,1500g, durata de 0.5 ms); test de vibrații, conform MIL STD 750, TM 2056, Test A (20g, 10 – 2000 Hz, de 120 de ori); test de accelerație constantă, conform MIL STD 750, TM 2006 Test D (20000g, accelerația centrifugală rezultată în planurile X1, Y1, Z1)[6-9]. A fost simulat comportamentul heterostructurilor din materiale dielectrice si superdure (structural, mecanic, tribologic) pentru evaluarea acestora in conditii de lansare in spatiu. Excitația s-a făcut armoniic, în bază, cu frecvența de la 100 Hz la 4 kHz, cu accelerația a cărei amplitudine a fost 20g, aplicându-se principiul suprapunerii modale, utilizând primele 12 moduri de vibrații. Amplificarea accelerației, dată prin curbele de rezonanță, reproduce situația simulată pentru structura de bază, amplificată de 20 de ori. Astfel, la rezonanță se ating vârfuri ale amplitudinii accelerației de răspuns, în funcție de modul de fixare, între 300g și 350g, stări care nu pun în pericol capacitatea de rezistență a structurii. Simularea numerică a testului de solicitare cvasistatică produsă de o accelerație constantă de 20000g pune în evidență faptul că antena, indiferent de modul de rezemare, nu trece testul din cauza regimului foarte dur de încărcare. În etapa următoare trebuie luată o decizie în legătură cu această problemă.

Director General,

Dr. Traian DASCALU



Descrierea procedurii de obtinere de heterostructuri oxidice protectoare pentru antene de microunde

Parametrii de depunere: Condițiile experimentale utilizate pentru producerea de heterostructuri de YSZ/Al₂O₃ au fost optimizate printr-un studiu parametric. Astfel pentru depunerea filmelor și heterostructurilor s-a folosit un laser cu excimeri cu ArF cu o lungime de undă de 193 nm și o frecvență de 10 Hz. Seturi diferite de straturi subțiri independente au fost depuse la diferite fluente și temperaturi urmărindu-se astfel găsirea unui set de parametri optimi pentru obținerea filmelor de YSZ și Al₂O₃. Substraturile folosite au fost din alumina, substraturi folosite și în cazul antenelor, de siliciu platinizat și de siliciu. Temperatura de depunere a fost variată consecutiv în intervalul 400-700⁰ Celsius, urmărindu-se o creștere calitativă a materialelor depuse (YSZ și Al₂O₃). Fluentele laser au fost variate în intervalul 1-4 J/cm², urmărindu-se obținerea de filme cât mai groase dar fără apariția defectelor pe suprafața filmului. Tintele folosite au fost tinte ceramice comerciale, cu puritate de 99.9%, cu dimensiuni de 2.54 cm diametru și grosime de 6.5 mm. În timpul depunerii tintele au fost rotite iar fasciculul laser a fost translatat pe suprafața acestora. Distanța dintre tinta și substrat a fost setată la 5 cm iar presiunea de oxigen din încănta la valoarea de 5*10⁻² mbar. Încălzirea substraturilor a fost făcută cu o rampă de 50⁰ C/min iar răcirea a fost de 10⁰ C/min. Numărul de pulsuri laser a fost de 36.000.

Proprietățile straturilor subțiri au fost determinate prin diverse tehnici: topografia suprafeței a fost evidențiată cu ajutorul microscopiei de forță atomică, grosimile straturilor prin măsurători de spectroelipsometrie și microscopie electronică de baleaj, analiza chimică prin EDAX.

Pentru depunerea heterostructurilor s-au folosit aceiași parametri ca și în cazul filmelor independente, depunerea făcându-se folosind un sistem multi-tinta ce permite schimbarea acestora fără a mai aerisi încănta de depunere. În acest fel a fost eliminat riscul de contaminare a suprafeței primului strat și favorizarea unei creșteri multistrat cu o interfață curată între cele două straturi.

Director General,

Dr. Traian DASCALU



Din analizele de microscopie de forta atomica pe arii mici (5x5 microni) ale stratului superior de Al₂O₃ se observa ca suprafetele sunt curate fara defecte sau picaturi (fig 2a) . Analizele de microscopie electronica efectuate atat pe suprafata cat si in sectiune transversala indica prezenta catorva picaturi pe suprafata filmului de Al₂O₃, acesta fiind stratul superior. Grosimile heterostructurilor depuse la fluenta de 4 J/cm² cu un numar de pulsuri de 36000 pentru fiecare film sunt aproximativ 600 nm (figura 2b) cu observatia ca filmul de YSZ este cu aproximativ 10% mai gros decat cel de alumina. Rezultate similare au fost obtinute si prin analiza de spectroelipsometrie, grosimile calculate ale straturilor fiind de 278 nm pentru stratul de YSZ si 323 de nm pentru stratul de Al₂O₃ cu punerea in evidenta a unui strat de intermix (interfata) intre cele doua materiale cu grosime de aproximativ 20 nm. Folosind formula empirica rata depunere =grosime/numar de pulsuri se obtini rate de depunere de 0.772 nm/puls pentru YSZ si 0.897 nm/puls pentru Al₂O₃.

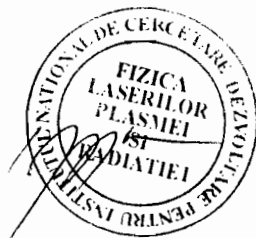
Compozitia elementelor chimice, determinata cu ajutorul tehnicii EDAX si prezentate in tabelul 1 indica prezenta tuturor elementelor (Y, Zr, O₂, Al) in heterostructura, filmele fiind pure cu o compozitie omogena similara cu compozitia tintelor folosite in experimentele de depunere.

% at	O K	Al K	Si K	Y L	Zr L	Al/O	Zr/Y
Si/Al ₂ O ₃	58.16	41.58	0.26	-	-	0.714924	-
Si/YSZ/Al ₂ O ₃	57.58	14.71	20.74	1.06	5.38	0.255471	5.075472

Dupa caracterizarea initiala a heterostructurilor si stabilirea unui set de parametri la care se obtin grosimi rezonabile capabile sa protejeze substratul la radiatii au fost depuse heterostructuri direct pe dispozitive de tip antena de microunde. Un astfel de dispozitiv este prezenat in figura 3. Antena de microunde formata din substrat de alumina cu dimensiuni de 48x30 mm si grosime de 0.5 mm si partile metalice de Pt/Ni cu grosimi de 500 nm Ni si 100 nm Pt a fost acoperita cu doua straturi de oxizi, primul strat fiind de YSZ urmat de stratul de suprafata de Al₂O₃.

Director General,

Dr. Traian DASCALU



Antena vârf de săgeată fără depuneri protective a fost proiectată pentru o bandă de frecvențe 2,9 GHz - 5,3 GHz, curba roșie din fig. 4a. Caracteristica de reflexie măsurată în cameră anecoidă prezintă un singur minim de reflexie în loc de doua minime semnificative ca în simulările electromagnetice. Ușoara diferență dintre curba simulată și cea măsurată se poate datora tranziției de la linia coaxială a conectorului SMA la linia coplanară cu planul de masă de o parte și de alta a liniei de semnal. Această tranziție nu a fost considerată în simulările electromagnetice și de aici ușoara diferență dintre datele măsurate și cele simulate.

După depunerea de straturi dielectrice (YSZ și Al_2O_3), măsurătorile de atenuare de reflexie indică o ușoară deplasare a benzii de frecvență (atenuare de reflexie la -10 dB) spre frecvențe mai mari. Antena cu depuneri funcționează de la 3,3 GHz până dincolo de 6 GHz. În urma constatării că banda de frecvențe la -15 dB se lărgeste, putem considera că, depunerile îmbunătățesc atenuarea de reflexive (figura 4b).

Caracteristicile de directivitate pentru antena acoperită cu straturi dielectrice (YSZ și Al_2O_3) nu diferă substanțial de cele ale antenei fără depuneri dielectrice. Prin însăși proiectarea ei, antena vârf de săgeată se comportă ca o antenă monopol, fără însă de a beneficia de prezența unui plan de masă infinit așezat perpendicular pe direcția monopolului. Caracteristica de directivitate în planul E se bazează pe simetria axială a vârfului de săgeată și poate fi ușor explicată prin comparația cu antena monopol (figura 5 a). Totuși caracteristica de directivitate în planul H prezintă foarte multe nului și diferă de caracteristica în planul H a unui monopol, cauza fiind poziția planului de masă în același plan cu linia coplanară și a antenei vârf de săgeată (figura 5b).

Setul optim de parametrii utilizat în procedeul de obținere de heterostructuri oxidice protectoare este următorul: lungimea de undă a fascicului laser de 193 nm; Fluente laser de $4\text{J}/\text{cm}^2$; distanța tinta-substrat 5 cm; temperatura de depunere 600°C ; rampa de încălzire-răcire de 50 și respectiv 10°C , presiunea de oxigen din timpul depunerii de $5 \cdot 10^{-2}$ mbar.

Director General,

Dr. Traian DASCALU



Setul optim de parametri:

Lungimea de unda	Fluenta laser	Distanța tinta - substrate	Temperatura de depunere	Presiune oxigen	Rampa de incalzire	Rampa de racire
193 nm	4 J/cm ²	5 cm	600 °C	5*10 ⁻² mbar	50 ⁰ C/min	10 ⁰ C/min

Heterostructurile cu grosimi de ordinul sutelor de nanaometri obtinuti prin tehnici de procesare cu laser pot fi utilizate pentru acoperiri protectoare pentru dispozitive gen antena de microunde folosite in aplicatii spatiale.

Prin aplicarea inventiei se obtin urmatoarele avantaje:

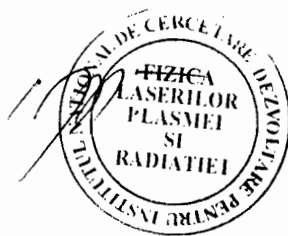
- Se obtin straturi de materiale oxidice capabile sa protejezeantenele de microunde de efectul radiatiilor;
- Se simplifica procesul tehnologic implicat in obtinerea acestor heterostructuri prin depunerea laser pulsata consecutiva a staturilor subtiri oxidice de Al₂O₃ si YSZ folosind sisteme multitinta si aceeasi parametri de depunere;
- Metoda poate fi aplicata si in cazul altor tipuri de dispozitive folosite in conditii de mediu ostile.

Fisa Bibliografica

- [1] J.R. Wilkerson, I. M. Kilgore, K. G. Gard, M. B. Steer, "Passive intermodulation distortion in antennas", IEEE. Trans. On Antennas and Propagation, vol. 63, pp474-482, 2015
- [2] Ye Chunfei et al, Journal of Electronics, Vo1.15 No.1, 1998
- [3] CoorsTek, Inc., Golden, Colo., www.coorstek.com
- [4] <http://www.srim.org/>
- [5] J. F. Ziegler, Stopping of energetic light ions in elemental matter, Journal of Applied Physics 85, 1249 (1999)
- [6] MIL STD 750 TM 2016
- [7] MIL STD 750, TM 2056
- [8] MIL STD 750, TM 2006
- [9] Cyril M. Harris, Charles E. Crede, "Șocuri și vibrații", Vol. I, "Bazele teoretice. Măsurări", Editura Tehnică, 1968

Director General,

Dr. Traian DASCALU



7

Revendicari

1. Procedeu de obtinere de heterostructuri protectoare din YSZ/Al₂O₃, heterostructuri ce nu afecteaza functionalitatea unei antene de microunde dar ii asigura protectia in medie ostile;
2. Set de parametri de obtinere de heterostructuri: lungimea de unda a fascicului laser de 193 nm; Fluenta laser de 4J/cm²; distanta tinta-substrat 5 cm; temperatura de depunere 600⁰ C; rampa de incalzire-racire de 50 si respectiv 10⁰ C, presiunea de oxigen din timpul depunerii de 5*10⁻² mbar;

Director General,

Dr. Traian DASCALU



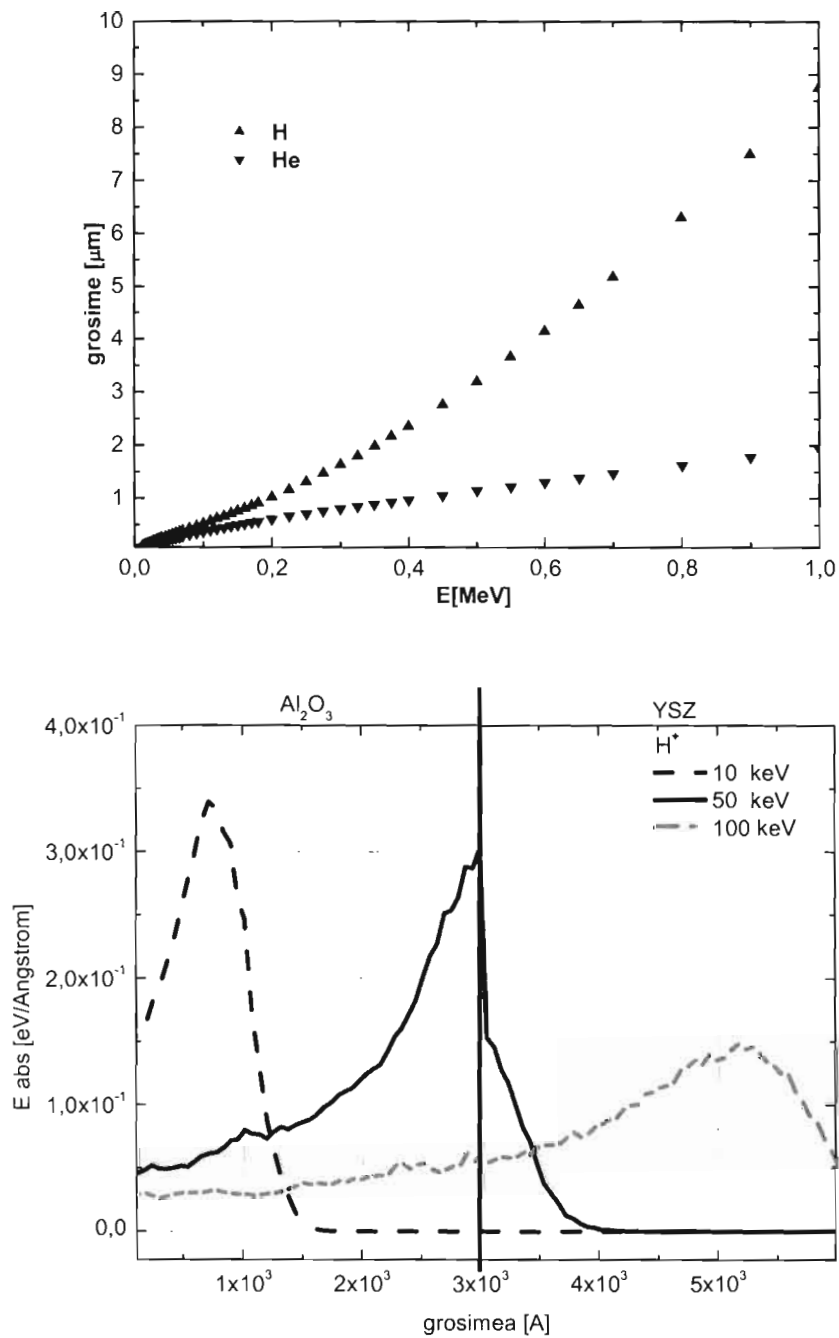


Figura 1 a (sus) Adancimea de penetrare a protonilor si a particulelor alpha, in heterostructurile de interes pentru un spectru energetic larg; b (jos) incetinirea protonilor in timpul traversarii materialului

Director General,

Dr. Traian DASCALU



5

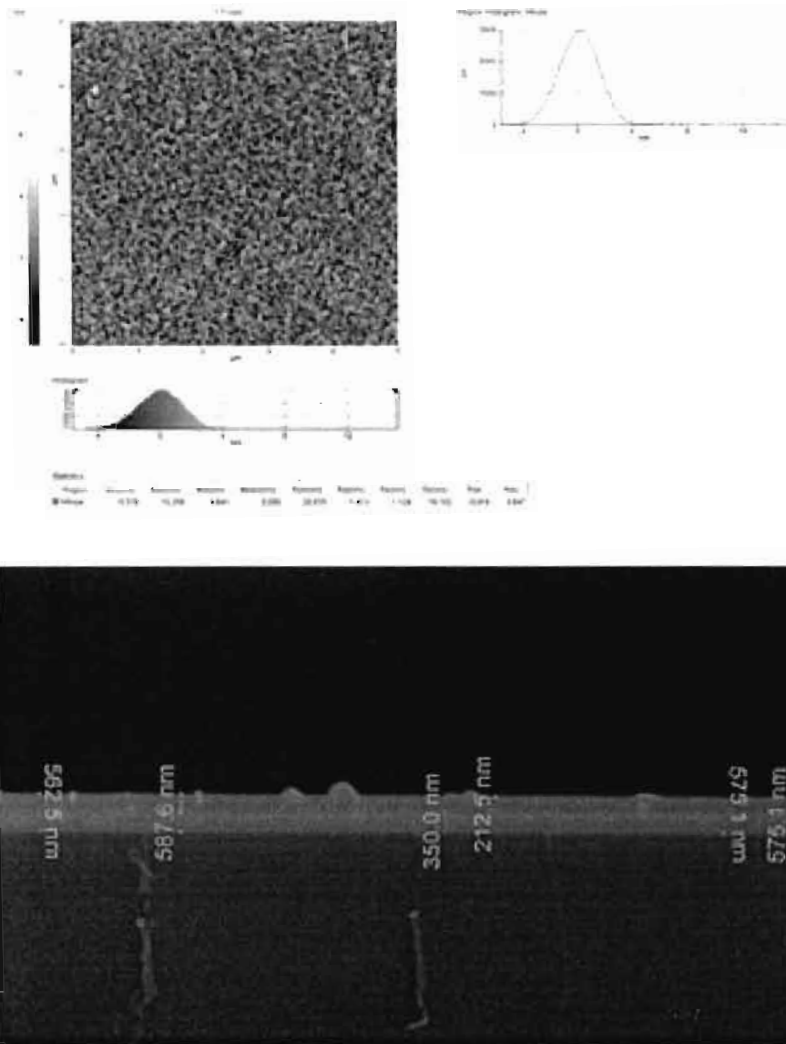


Figura 2 a (sus) topografia suprafeței heterostructurii pe arie de 5x5 microni; 2 b (jos) imagine SEM în vedere laterală a unei heterostructuri formată din YSZ și Al₂O₃ depusă pe substrat de siliciu.

Director General,
Dr. Traian DASCALU



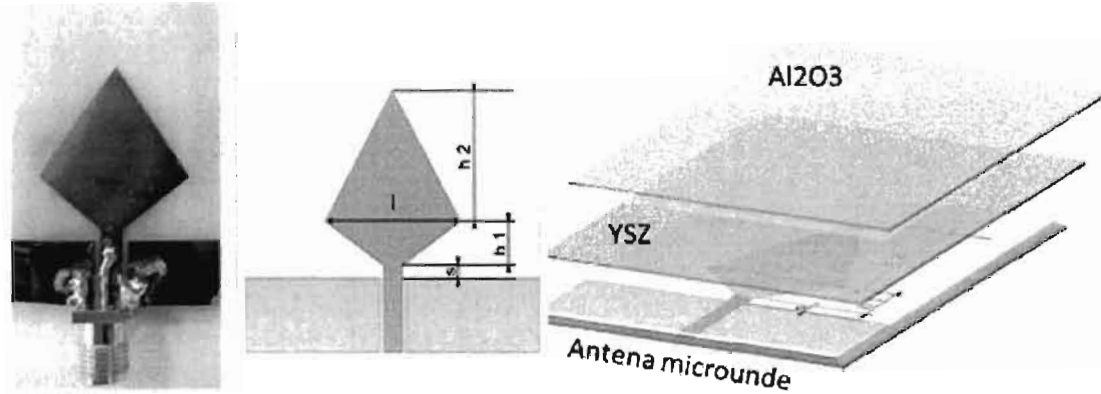


Figura 3 Antena de microunde acoperita cu heterostrucura protectoare de YSZ/ Al_2O_3 (stanga); schita antena de microunde neacoperita (centru); schita structura finala, antena acoperita cu heterostrucuri (dreapta).

Director General,
Dr. Traian DASCALU



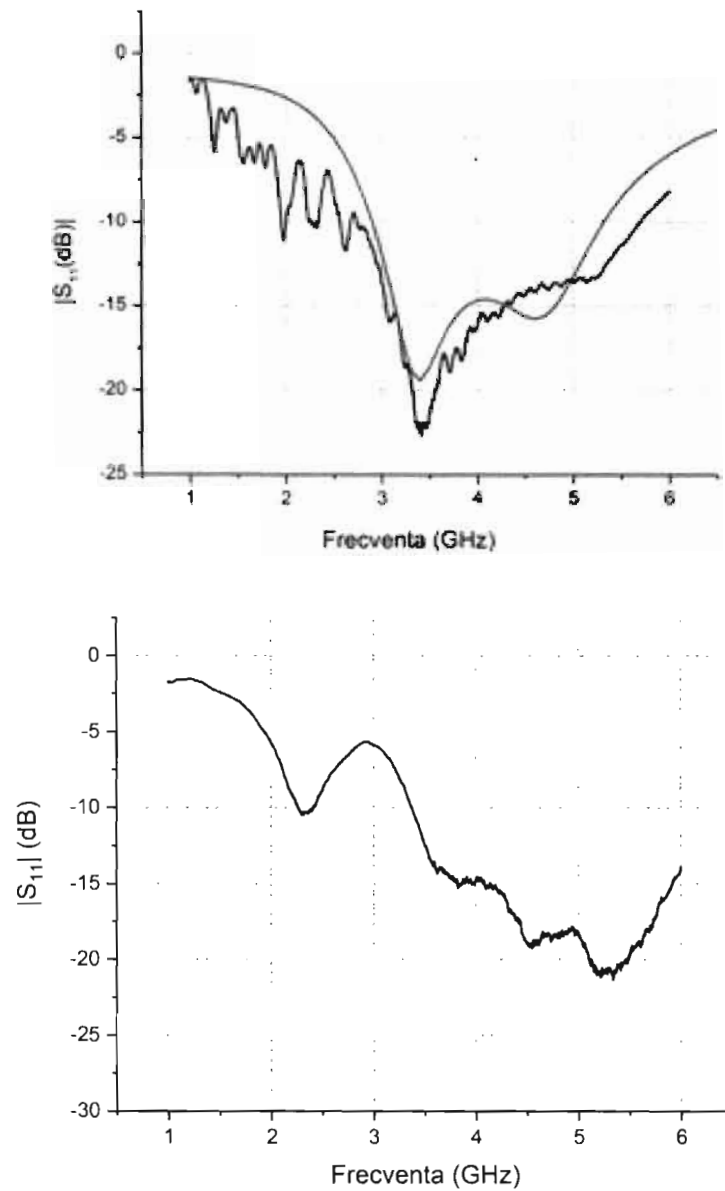


Fig. 4. A (sus)Antena inainte de depunere: Atenuarea de reflexie. Rosu - simulata, albasatru – masurata; b (jos) dupa acoperire cu heterostructura (YSZ/Al₂O₃) Atenuare de reflexie

Director General,

Dr. Traian DASCALU



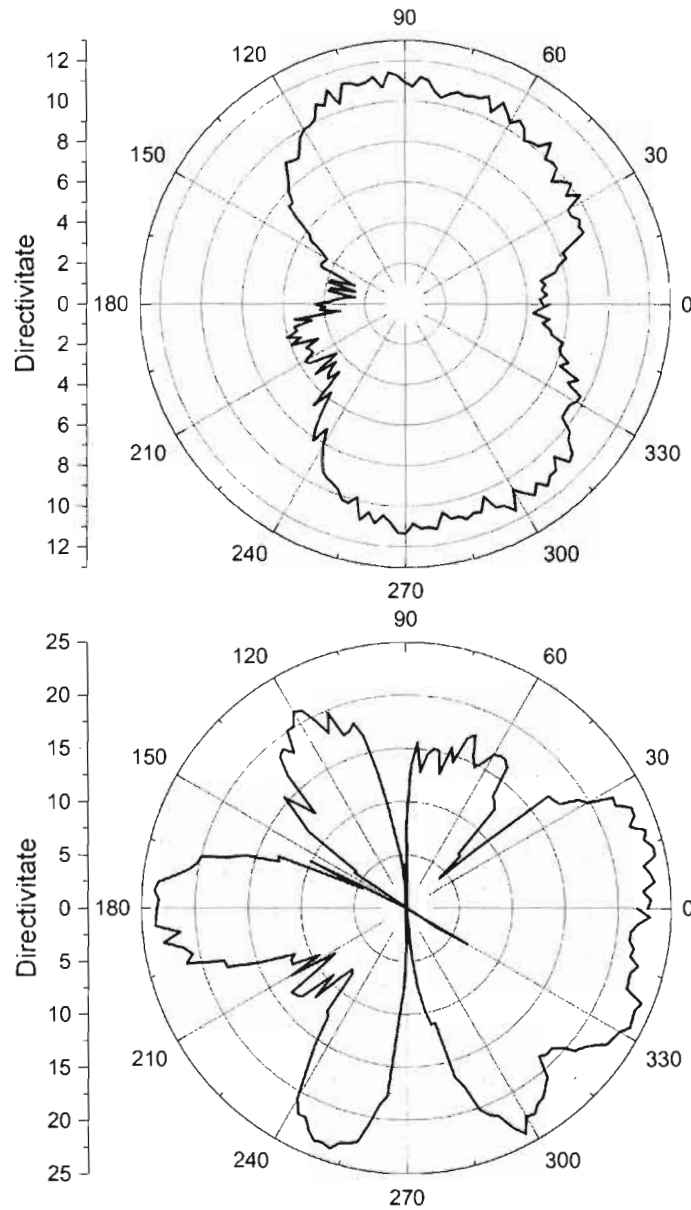


Figura. 5 (sus) Caracteristicile de directivitate dupa acoperire cu heterostructura (YSZ/Al₂O₃) Caracteristica de directivitate in planul E; b (jos) Caracteristicile de directivitate d upa acoperire cu heterostructura (YSZ/Al₂O₃) Caracteristica de directivitate in planul H

Director General,
Dr. Traian DASCALU

