



Universitatea *Transilvania* din Braşov

TEZĂ DE ABILITARE

-rezumat-

**Contribuții la dezvoltarea și aplicarea unor metode numerice în
domeniul simulării propagării undelor și pulsurilor elastice în medii
omogene și neomogene**

Domeniul: INGINERIA MATERIALOR

Autor:CRETU NICOLAE CONSTANTIN

Universitatea:Transilvania din Brasov

BRASOV, 2015

Lucrarea de față prezintă principalele contribuții științifice ale autorului, domeniile de cercetare abordate și realizările aferente marcate mai ales prin articole și carti publicate în literatura de specialitate.

Se pot distinge câteva etape clare în activitatea de cercetare, corelate și cu o anumită eșalonare în timp, după cum urmează:

Prima etapă conține preocupări în domeniul elaborării unor materiale de tipul granat – cu proprietăți ferimagnetice și aplicarea acestora la circuitele pasive de microunde. Evident s-a făcut și un studiu al propagării în astfel de medii a microundelor și au fost construite generatoare de microunde folosind cavități din YIG și $Y_3-xDyxFe_5O_{12}$. Preocupările din acest domeniu au fost corelate cu activitatea de cercetare pentru obținerea doctoratului, titlu obținut în 1998. Tot în această perioadă autorul a construit și autorizat metrologic aparatul FIM 02, un fluxmetru magnetic integrator, util în măsurători magnetice la caracterizarea materialelor dure și moi (aparatul a făcut și obiectul unui contract de cercetare, fiind apoi livrat și câtorva firme din domeniu cum ar fi Electromagnetica Bucuresti și Electroprecizia Săcele).

Următoarea etapă conține cercetări în domeniul propagării undelor și pulsurilor elastice în medii neomogene semiinfinite, la care neomogenitatea poate fi descrisă printr-o funcție continuă și care matematic poate fi dezvoltată în serie. Activitatea de cercetare din această perioadă s-a derulat și în cadrul unui proiect european de tipul COPERNICUS, coordonat de către Profesorul P. P. Delsanto (Politehnica din Torino), din proiect făcând parte cercetători din Italia, Cehia și România. Activitatea de cercetare în cadrul acestui proiect a inclus și două perioade de cercetare desfășurate la Torino, în strânsă colaborare cu cercetătorii italieni. Rezultatele acestei cercetări au condus la extinderea metodei dezvoltării în serie a soluției și funcției de neomogenitate ca metodă de simulare a propagării undelor continue și pulsurilor în medii elastice neomogene. Metoda a fost rapid recunoscută și publicată în una din cele mai prestigioase reviste de specialitate din domeniu, Journal of the Acoustical Society of America. Comunicări pe această temă s-au făcut în cadrul unor prestigioase manifestări internaționale cum ar fi COMPAC și IMSE. Un loc aparte l-au constituit în acest caz mediile cu neomogenitate armonică, care pot avea impotante aplicatii. Activitatea de cercetare din această etapă este prezentată în Capitolul 1.

Metoda dezvoltării în serie nu poate fi aplicată mediilor finite și mediilor cu discontinuități. Pentru a studia propagarea în astfel de medii s-a trecut la o metodă mai generală, metoda matricii de transfer. În cadrul acestei etape am extins aplicarea metodei matricii de transfer pentru transformatele Fourier ale perturbațiilor elastice, artificiu matematic care permite o mai rapidă calculare a matricii de transfer, care în cazul 1D devine simplă și simetrică. Operațiile cu matrici permit o mai ușoară simulare a perturbației elastice prin medii elastice, și de asemenea reconstrucția semnalului în punctele de interes ale mediului. Cercetările pe această temă au fost publicate în *Ultrasonics* și *Computational Materials Science*. Un loc aparte în aceste cercetări l-au ocupat mediile magnetoelastice, la care magnetostricțiunea în câmpuri neomogene conduce la neomogenitatea impedanței caracteristice elastice. Astfel de medii pot avea aplicații în acustică și în domeniul defectoscopiei. Activitatea de cercetare din această etapă este prezentată în Capitolul 2.

Studiind din punct de vedere experimental fenomenul de propagare a pulsurilor elastice prin medii de tipul multistrat, obținute prin conectarea unor straturi metalice, am fost surprins de repetabilitatea rezultatelor experimentale în ceea ce privește frecvențele semnalului transmis, obținute prin analiză Fourier. Evident acestea erau modurile proprii ale sistemelor cercetate, moduri care se obțin atunci când unda este confinată în interiorul sistemului elastic. Plecând de la cazul simplu al unei bare elastice cu propagare longitudinală, am reușit să îmi dau seama că în acest caz nu contează mediile exterioare sistemului elastic, ci contează numai undele care se propagă în sistem. În acest caz am definit pentru sistem o matrice proprie pe care am numit-o matrice intrinsecă de transfer care are proprietatea că la frecvențele modurilor proprii ale sistemului are valori proprii reale. Acest comportament este foarte important nu numai teoretic dar și practic întrucât permite determinarea vitezei undelor longitudinale în materiale care intră în configurația sistemului elastic, iar aceasta permite mai departe estimarea modulului de elasticitate al materialului. Metoda matricii intrinseci de transfer este prin urmare extrem de utilă pentru determinarea constantelor elastice la materiale care nu pot fi cercetate prin metodele clasice de rezonanță, de exemplu ceramici speciale care nu pot fi confecționate la dimensiuni mari astfel încât să prezinte rezonanțe în domeniul măsurabil. Pentru astfel de probe se pot confecționa probe disc, care înglobate în sisteme binare (ex. Alamă-ceramica) sau ternare

(alamă-ceramică-aluminiu, alamă-ceramică-alamă) , prin măsurarea frecvențelor proprii ale sistemului și ținând cont de caracterul real al valorilor proprii ale matricii intrinseci de transfer putem determina viteza undelor longitudinale in aceste probe. Cercetări legate de teoria și aplicarea matricii intrinseci de transfer au fost publicate în *Mechanics of Materials* și *Journal of Sound and Vibration*. Activitatea de cercetare din această etapă este prezentată în Capitolul 3.

Metoda matricii intrinseci de transfer a fost apoi generalizată pentru a include și atenuarea, fenomen care trebuie luat în calcul atunci când dimensiunea mediului elastic pe direcția propagării este semnificativă. S-au făcut de asemenea studii legate de influența mediilor conexe din sistemele ternare, care sunt considerate medii etalon. S-a studiat de asemenea influența coeficientului de atenuare asupra frecvenței modurilor proprii ale sistemului. Lucrarea pe aceasta tema a fost trimisă la revista *Case Studies in Mechanical Systems and Signal Processing*. Activitatea de cercetare din această etapă este prezentată în Capitolul 4.

Metoda matricii intrinseci de transfer poate fi combinată cu succes cu algoritmi de optimizare ai unor structuri de tipul multistrat, cu scopul proiectării unor materiale care să fie folosite în izolare fonică sau ca filtre acustice. Algoritmul pe care l-am utilizat este simulated annealing. In acest caz funcția de cost specifică acestui algoritm este definită în funcție de funcția de transfer prescrisă și funcția de transfer a structurii supuse optimizării, considerându-se acea structură care minimizează funcția de cost. Articole pe această tematică au fost comunicate la *International Congress on Ultrasonics Santiago de Chile*, *Simpozionul DAAAM Viena* și de asemenea au fost publicate în *Computational Materials Science* și *Physics Procedia*. Activitatea de cercetare din această etapă este prezentată în Capitolul 5.

In anul 2005 am avut un stadiu de cercetare de o lună la colaboratorul meu DI Gelu Niță, research professor la *New Jersey Institute of Technology*, Departamentul de Fizică. Echipa coordonată de profesorul Dale Garry folosea analiza statistică de semnal, mai precis analiza Kurtosis la studiul fenomenelor tranzitorii din radiația solară de microunde. Ideea pe care am avansat-o și pe care am si aplicat-o a fost de a folosi această analiză și in cazul analizei de semnal magnetoacustic. Am dezvoltat această metodă în spațiul Fourier și am aplicat-o la studiul fenomenului de emisie magnetoacustică, studiul punând în evidența capabilitatea metodei de a

fi aplicata în NDT. Comunicări pe această temă am avut în special la Congresul ICU și la conferințele NDT din Cehia. Activitatea de cercetare din această etapă este prezentată în Capitolul 6.

Intrucât matricea intrinsecă de transfer are o anumită formă, similară cu un split cuaternion în reprezentare matricială, și întrucât matricea produsului de doi cuaternioni poate fi scrisă ca un produs al celor două matrici ale cuaternionilor, înseamnă că pentru un mediu multistrat format din n elemente binare periodice matricea de transfer are o anumită formă, iar în cazul unui defect o altă formă. Prin urmare evaluarea la rezonanță a componentelor matricii globale ale sistemului ne permite să estimăm existența unui defect de aranjare a straturilor mediului și poziția acestui defect. Lucrări pe această tematică au fost comunicate la International Congress on Ultrasonics Metz Franța (2015), în Physics Procedia și de asemenea au fost trimise spre publicare la Computational Mechanics. Activitatea de cercetare din această etapă este prezentată în Capitolul 7.

O parte a activității de cercetare în domeniul materialelor s-a derulat în cadrul unor colaborări interdisciplinare cu colective din Universitatea Transilvania sau INCDFM Măgurele, dintre acestea pot fi menționate:

- a. Studiul influenței lichidelor ionice asupra calității și proprietăților furnirelor
- b. Studiul și caracterizarea unor materiale ceramice folosite ca electrozi în pilele de combustie IT-SOFC
- c. Studii asupra calității și influenței lemnului de rezonanță folosit la confecționarea corpului chitarelor clasice
- d. Studii și măsurători ale proprietăților electrice ale unor structuri oxidice depuse prin sputtering

Activitatea de cercetare din această etapă este prezentată în Capitolul 9.

Toate aceste activități de cercetare trebuie corelate și cu o intensă activitate de achiziție și dotare cu aparatură modernă de cercetare, aparatură care a intrat în dotarea Laboratorului de Acustică Fizică sau la ICDT. Activitatea aferentă prezentei etape este prezentată în Capitolul 8.