

CERCETĂRI PRIVIND REALIZAREA ECRANELOR ELECTROMAGNETICE PE BAZĂ DE SUBSTRATURI TEXTILE

Dr. ing. Lilioara SURDU¹, Dr. ing. Emilia VISILEANU¹, Dr. ing. Ion Răzvan RĂDULESCU¹,
Dr. Bogdana MITU²

¹ INCDTP, București, România ² INFLPR, Măgurele-București, România

REZUMAT. În lucrare prezentăm cercetări privind realizarea ecranelor electromagnetice pe bază de substraturi textile țesute, care au fost acoperite prin pulverizare/sputtering de tip magnetron cu straturi fine, metalice. Țesăturile acoperite cu straturi subțiri de cupru pe ambele fețe au prezentat valori ale atenuării electromagnetice cuprinse între 3 și 8,5 dB., iar țesăturile cu fire conductive inserate și tratate pe ambele fețe cu strat subțire de cupru au prezentat valori ale atenuării electromagnetice cuprinse între 20 și 33 dB.

Cuvinte cheie: textile; plasma, sputtering; pelicule subțiri de Cu; ecrane electromagnetice

ABSTRACT. In this paper we present results regarding the realization of electromagnetic shields based on woven textile substrates, which were covered with fine metallic layers by magnetron sputtering. The fabrics coated with thin copper layers on both sides showed electromagnetic attenuation values ranging between 3 and 8,5 dB while the double-sided copper layer woven fabrics with inserted conductive yarns showed electromagnetic shielding values between 20 and 33 dB.

Keywords: textile; magnetron plasma sputtering; Cu thin films; electromagnetic shields

1. INTRODUCERE

Sănătatea omului și a viețuitoarelor sunt afectate de radiația neionizantă a undelor electromagnetice și de radiațiile generate de telefonie mobilă de tip GSM sau de rețelele de internet de tip WiFi [1]. Undele electromagnetice produc o încălzire a țesuturilor care dăunează pe termen lung atât direct sănătății omului cât și mediului în care trăim [2]. Mai mult, funcționarea dispozitivelor electronice poate interfera cu undele electromagnetice care rezultă din diverse surse (de exemplu, linii electrice, telecomunicații, radiodifuziune) și necesită astfel soluții adecvate.

Sursele de generare a undelor electromagnetice sunt atât naturale, cât și artificiale. De exemplu, soarele este o sursă naturală, în timp ce diversele dispozitive electrice și electronice sunt surse artificiale de radiații electromagnetice [3]. Toate dispozitivele și sistemele electronice care lucrează cu frecvențe și puteri variate produc unde electromagnetice (EM) de nivel diferit. Utilizarea dispozitivelor și sistemelor electronice cum sunt rețelele de comunicații electronice, emițătoarele radio și TV, sateliții, aparatele electronice pentru birou, dispozitivele medicale, telefoane mobile, stații, computere etc, nu numai că ne facilitează viața, însă, de asemenea, produc probleme de interferență electromagnetice (EMI). EMI este o energie

electromagnetică care afectează negativ performanța dispozitivelor electrice și electronice prin crearea unor răspunsuri nedorite sau oprirea completă a acestora. Efectele periculoase ale undelor electromagnetice asupra sănătății umane pot fi, de asemenea, considerate probleme de interferență deoarece corpul uman este de fapt un sistem electronic cu un sistem nervos sensibil [3-4].

Ecranarea undelor electromagnetice aparține domeniului electronicii de compatibilitate electromagnetică (EMC). Scopul principal al EMC este asigurarea funcționării corespunzătoare a dispozitivelor electronice și integrarea lor cu alte componente electronice. Astfel, pentru a se evita interferența între diferitele dispozitive electronice care funcționează la frecvențe diferite, trebuie respectat un set riguros de măsuri, în special în faza de proiectare a dispozitivelor electronice.

La acest moment sunt încă incomplet evaluate efectele expunerii plantelor, animalelor, persoanelor, la câmpurile electromagnetice generate de rețelele de telefonie mobilă amplasate pe acoperișurile clădirilor, de liniile de înaltă tensiune, de aparatele electrice (mai ales, plăcile de inducție folosite în bucătărie), de dispozitivele medicale, radare, televizoare, computere, rețele informatice (Wi-Fi, CPL), radiofonice etc. În numărul din aprilie/2018 al revistei Environment

REALIZAREA ECRANELOR ELECTROMAGNETICE PE BAZĂ DE SUBSTRATURI TEXTILE

Science and Pollution Research (ESPR) a fost publicat un studiu, rezultat dintr-un experiment cu 13 șoareci de laborator, expuși 6 săptămâni la unde cu o frecvență de 900 MHz, din care reiese că undele electromagnetice emise de antenele de telefonie influențează echilibrul energetic al organismului, somnul, reglarea termică a corpului și diminuează pofta de mâncare.

Alte cercetări au demonstrat că expunerea la câmpuri de radiofrecvență (RF) în jur de 1 MHz poate provoca diferite forme de cancer sau pierderi de memorie. Unii medici susțin, în literatura de specialitate, că folosirea telefonului mobil de tinerii cu vârstă sub 20 de ani conduce la o creștere de cinci ori a șanselor ca aceștia să dezvolte tumori la creier. Franz Adlkofer, biolog german de la centrul de cercetări transeuropene, împreună cu echipa sa de cercetători au ajuns la concluzia că telefoanele mobile distrug "bucăți" de ADN sau pot determina apariția unor boli degenerative ale sistemului nervos, precum Parkinson sau Alzheimer.



Figura 1. Interferența undelor electromagnetice cu organismul uman sursa: Identifying the environmental causes of disease: www.acmedsci.ac.uk/p99puid115.html

Efectele biologice potențiale ale undelor electromagnetice asupra mediului și asupra organismului uman sunt preocupări importante pentru cercetătorii actuali, care le încadrează în două categorii:

- efecte termice, care sunt indirecte, și care pot să inducă vibrații moleculare, ceea ce are drept urmare o creștere locală a temperaturii;

- efecte non-termice, rezultate din interacțiunea directă între unde și moleculele biologice.

Utilizarea de ecrane electromagnetice se folosește din ce în ce mai mult în mediul ambiant deoarece acesta este plin de semnale electromagnetice.

În lucrare prezentăm cercetări privind realizarea ecranelor electromagnetice pe bază de substraturi textile țesute.

2. ECRANE ELECTROMAGNETICE

Expunerea corpului uman la radiația electromagnetică neionizantă a fost studiată de oamenii de știință (fizicieni, medici) la nivel teoretic, fiind finalizate și o parte din studiile pe subiecți umani aferente teoriilor elaborate. O parte din studii sunt

încă în derulare, rezultatele acestora fiind condiționate de observația pe termen lung.

La nivel teoretic, s-au stabilit legături cauzale între expunerea la radiații și procese intra și intercelulare la nivelul țesuturilor umane, care pot modifica morfologia și fiziologia normală a acestora și implicit a organelor aferente [1-5].

Efectele câmpurilor de frecvențe radio asupra țesuturilor umane pot fi atât de natură termică, cât și netermică. Prin urmare, oamenii încep să acorde atenție problemei interferențelor electromagnetice (EMI) și cum să se protejeze de undele electromagnetice, prevenind astfel îmbolnăvirea și menținând sănătatea [5]. Efectele negative ale undelor electromagnetice asupra corpului uman constituie o prioritate pentru specialiști și cercetători. În vederea reducerii propagării radiațiilor electromagnetice care afectează oamenii și echipamentele sunt utilizate o serie de materiale conductive, materiale textile din fire și fibre metalice, folii metalice, materiale acoperite cu vopseluri și lacuri conductive. Acest proces este denumit "ecranare electromagnetică". Suprafețele textile cu conductivitate electrică sunt unele dintre materialele de protecție care sunt utilizate pentru a preveni efectele nocive ale undelor electromagnetice. Durata de viață și eficiența dispozitivelor electronice pot fi mărite prin ecranarea eficientă a interferențelor electromagnetice. Ecranele electromagnetice sunt utilizate la diminuarea poluării electromagnetice. Eficiența de ecranare se poate defini ca reducerea intensității câmpului electric și/sau magnetic provocat de un material de ecranare. Eficiența ecranelor (S) se măsoară de obicei în decibeli (dB) și se exprimă prin următoarea relație:

$$S_T = 10 \log_{10} \left(\frac{\text{densitatea puterii incidente}}{\text{densitatea puterii transmise}} \right) \quad (1)$$

Eficiența de ecranare totală a unui material (S_T , dB) se exprimă prin următoarea relație:

$$S_T = R + A + B \quad (2)$$

unde: R – pierderi prin reflexie;

A – pierderi prin absorbție;

B – factor de corecție

Pentru acest studiu au fost proiectate și realizate structuri textile țesute din fire 100% BBC Nm20/1; Nm 10/1 și din fire filamentare din 100% PES 167 dtex /48x2 și fire metalice tip Bekinox BK Nm50/2, fir metalic cu conținut de argint STATEX 117 dtex. Țesăturile proiectate și realizate în cadrul proiectului cu acronim TexEMFiRe au fost acoperite cu straturi metalice de Cu utilizând metoda de depunere a straturilor subțiri prin pulverizare magnetron în radiofrecvență, utilizând ținte comerciale din Cu cu

PROGRESUL TEHNOLOGIC, REZULTAT AL CERCETĂRII

diametrul de 5,08 cm și grosime de aproximativ 6 mm, argonul drept gaz de lucru și o putere RF de 100 W. Grosimea straturilor metalice a fost de 1200 nm pentru fiecare probă de țesătură.

Documentele de referință pentru determinarea ecranării electromagnetice sunt următoarele:

ASTM E57-83 “Test method for measuring the electromagnetic shielding effectiveness of planar materials”;

ASTM D4935-89 “Standard test method for measuring the electromagnetic SE of planar materials”;

IEEE Std 299-2006 „Standard method for measuring the effectiveness of electromagnetic shielding enclosures”.

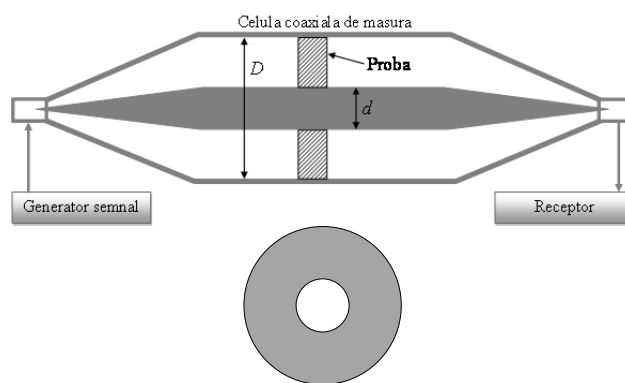


Figura 2. Ansamblul de măsură și forma probelor de măsurat.

Tabelul 1

3. MOD DE LUCRU SI REZULTATE

În vederea măsurării probele sunt decupate sub formă de șaibă, cu diametrul exterior de 100 mm și diametrul interior de 30 mm și montate în interiorul celulei de măsurare prezentate în Figura 2 cu ajutorul unui strat de vopsea conductivă pe baza de argint aplicat pe marginea epruvetelor.

Ecranarea electromagnetică (SE_{dB}) este redată în diferența dintre nivelul semnalului măsurat fără probă și nivelul de semnal măsurat cu proba montată în interiorul celulei de măsură.

Echipamentele utilizate sunt prezentate în tabelul 1.

Măsurătorile au fost efectuate în domeniul de frecvență cuprins între 0,1 MHz și 1 GHz., la o temperatură de lucru de 20,3°C și în condiții de umiditate redusă, 31%.

Valorile obținute pentru eficacitatea ecranării electromagnetice (SE_{dB}) a probelor testate sunt prezentate în în figura nr. 3.

Nr. crt.	Echiptament	Caracteristici
1	Osciloscop Tektronix model MDO 3102	<ul style="list-style-type: none"> • Număr canale analogice: 2; • Lărgime de bandă analogică: 1 GHz; • Timp de creștere: 400 ps; • Rata de eșantionare: 5 GS/s; • Analizor de spectru încorporat: 9 kHz – 3 GHz.
2	Celula coaxiala model TEM 2000	<ul style="list-style-type: none"> • Domeniul de frecvență: 0.01–1000 MHz; • Impedanța de undă: 50 Ω; • Dinamica de măsură: 80 dB; • Diametrul conductorului extern: 100 mm; • Diametrul conductorului intern: 30 mm.
3	Amplificator de putere Model SMX5	<ul style="list-style-type: none"> • Domeniu de frecvență: 10 kHz – 1 GHz; • Putere de ieșire: 50 W.
4	Generator de semnal tip E8257D	<ul style="list-style-type: none"> • Domeniu de frecvență: 250 kHz – 40 GHz; • Nivel maxim semnal ieșire: 12 dBm.

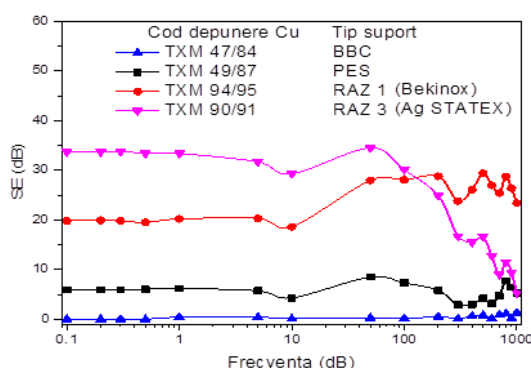


Figura 3. Eficacitatea ecranării electromagnetice (SE_{dB}).

4. CONCLUZII

Utilizarea de ecrane electromagnetice se folosește din ce în ce mai mult în mediul ambiant deoarece acesta este plin de semnale electromagnetice.

Creșterea exigențelor în domeniul compatibilității electromagnetice pentru dispozitive electronice

specifice rețelelor de telecomunicații în diverse medii electromagnetice a determinat creșterea numărului de aplicații care utilizează materiale absorbante electromagnetice atât în domeniul kHz cât și GHz. Materialele de ecranare convenționale s-au dovedit mai puțin eficiente odată cu creșterea domeniului de frecvență.

Pentru realizarea ecranelor electromagnetice flexibile s-au utilizat structuri textile țesute din fire de 100% BBC Nm 20/1; Nm 10/1 și din fire filamentare din 100% PES 167 dtex /48x2 și fire metalice cu conținut de inox Bekinox BK Nm 50/2, fir metalic cu conținut de argint STATEX 117 dtex. Structurile textile țesute au fost acoperite cu straturi metalice subțiri pe instalații cu plasmă de pulverizare magnetron.

Rezultatele corespunzătoare măsurătorile de atenuare electromagnetică obținute pe o celulă TEM, se situează între 20-33 dB, pentru variantele de țesături cu fire conductive de argint (TXM94/95) și respectiv de inox (TXM90/91) acoperite în plasmă cu straturi de cupru. S-a identificat o corelație relativ bună între conductivitatea lineară a materialelor textile și atenuarea EM. Pentru țesăturile ce nu conțin în structura lor fire conductive, valoarea atenuării EM s-a situat la un nivel mai scăzut cuprins între 3 și 8,5 dB.

Acknowledgement:

Acest proiect este finanțat prin programul ERANET Manunet TexEMFiRe-MNET17/NMAT-1154 și de către Ministerul Cercetării și Inovării prin Programul 1 – Dezvoltarea sistemului național de cercetare-dezvoltare, Subprogram 1.2 – Performanță instituțională - Proiecte de finanțare a excelenței în CDI, Contract nr. 6PFE din 16.10.2018.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Shahin, Saba; Banerjee, Somanshu; Singh, Surya Pal; Chaturvedi, Chandra Mohini (2015). "2.45 GHz Microwave Radiation Impairs Learning and Spatial Memory via Oxidative/Nitrosative Stress Induced p53-Dependent Independent Hippocampal Apoptosis: Molecular Basis and Underlying Mechanism". *Toxicological Sciences*. 148 (2): 380–99. doi:10.1093/toxsci/kfv205. PMID 26396154
- [2] Rafi Korenstein, A. Barbul, "Exposure of human peripheral blood lymphocytes to electromagnetic fields associated with cellular phones leads to chromosomal instability", *BioElectroMagnetism*, Volume 24, Issue8, December 2013, Pages 583-585
- [3] Wartenberg, Maria; Wirtz, Nina; Grob, Alexander; Niedermeier, Wilhelm; Hescheler, Jürgen; Peters, Saskia C; Sauer, Heinrich (2008). "Direct current electrical fields induce apoptosis in oral mucosa cancer cells by NADPH oxidase-derived reactive oxygen species". *Bioelectromagnetics*. 29 (1): 47- 54. doi:10.1002/bem.20361. PMID 17786977
- [4] Rohan, Michael; Parow, Aimee; Stoll, Andrew L; Demopoulos, Christina; Friedman, Seth; Dager, Stephen; Hennen, John; Cohen, Bruce M; Renshaw, Perry F (2014). "Low-Field Magnetic Stimulation in Bipolar Depression Using an MRI-Based Stimulator". *American Journal of Psychiatry*. 161 (1): 93– doi:10.1176/appi.ajp.161.1.93. PMID 1470225
- [5] The Health Protection Agency's (HPA), www.hpa.org.uk
- [6] Nadezhda Dvurechenskaya, Paweł R. Bajurko, Ryszard J. Zieliński, Yevhen Yashchyshyn, Measurements Of Shielding Effectiveness Of Textile Materials Containing Metal By The Free-Space Transmission Technique With Data Processing In The Time Domain, *Metrol. Meas. Syst.*, Vol. XX (2013), No. 2, pp. 217–228
- [7] A. Schwab and W. Kuerner, *Compatibilitate electromagnetica*, Bucharest: AGIR Publishing House, 2013.
- [8] Safarova, V., Militky, J., Electromagnetic shielding properties of woven fabrics made from high-performance fibers, *Textile Research Journal*, 0(00) 1–13, 2014, DOI: 10.1177/0040517514521118.
- [9] Veer, J; Kotharia, V K., Electromagnetic shielding effectiveness of woven fabrics having metal coated zari wrapped yarns, *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, Vol. 42, September 2017, pp. 271-277.
- [10] Mustafa S. ÖZEN, İsmail USTA, Ali BEYİT, Muhammet UZUN, Erhan SANCAK, Erkan İŞGÖREN, An Investigation Of Electromagnetic Wave Absorption Potential Of Woven Fabrics With Stainless Steel Wire, *RMUTP International Conference: Textiles & Fashion 2012*, July 3-4, 2012, Bangkok Thailand
- [11] A. Dasa, V K Kothari, A. Kothari & A. Kumar, Effect of various parameters on electromagnetic shielding effectiveness of textile fabrics, *Indian Journal of Fibre & Textile Research* Vol. 34, June 2009, pp. 144-148.
- [12] Huseyin Gazi Ortlek, Gamze Kilic, Gamze Okyay, Sinem Bilgin, Electromagnetic shielding characteristics of different fabrics knitted from yarns containing stainless steel wire, *Industria Textila*, 2011, vol. 62, nr. 6.

Despre autori

Dr ing. **Lilioara SURDU**

Cercetător științific gradul I la INCDTP – București,

Absolventă a Institutului Politehnic "Gheorghe Asachi" din Iași, Facultatea de Tehnologie și Chimia Textilelor, specializarea Tehnologie Firelor și Țesăturilor. Studii doctorale la Institutul Politehnic "Gheorghe Asachi" Iași. Facultatea de Textile – Pielarie și Management Industrial, specializarea Inginerie Industrială. Actual, Coordonator Colectiv în Departamentul Cercetare Investigare Materiale din cadrul INCDTP, auditor în domeniul calității, RQ responsabil Departament Standarde-Calitate. Recunoașterea științifică s-a materializat prin publicarea a peste 60 lucrări științifice în calitate de autor și participarea în colectivul de realizare la peste 20 proiecte de cercetare.

Dr. ing. **Emilia VISILEANU**

cercetator științific gr.I la INCDTP – Bucuresti

absolventă a Institutului Politehnic „Gh.Asachi”, Iași – Facultatea de Industrie Ușoară cu peste 40 ani experiență în participarea și coordonarea de proiecte de cercetare, derulate în programele naționale și internaționale de CDI și peste 20 ani în managementul organizational și al activității de cercetare - dezvoltare. Recunoașterea științifică s-a materializat prin publicarea a 16 cărți în calitate de autor și coautor, 56 lucrări științifice publicate în reviste sau proceeding-uri ale unor conferințe, 15 brevete de invenții

PROGRESUL TEHNOLOGIC, REZULTAT AL CERCETĂRII

și peste 95 de premii și medalii ale saloanelor de invenții și inovații. Președinte al SIT-AGIR, SCCR și CT-103 ASRO, vicepreședinte ASRO.

Dr. ing. **Ion Răzvan RĂDULESCU**

Cercetător științific gradul III în cadrul INCDTP – București/ Departamentul DCIM

Doctor la Universitatea Politehnica București, cu tema asigurării compatibilității electromagnetice prin structuri textile. Specializare în tratamentul materialelor textile în mediu de plasmă, caracterizarea materialelor textile din punct de vedere al confortului termofizologic, determinarea unghiului de contact pentru evidențierea caracteristicilor de suprafață ale materialelor textile. Numeroase aplicații informatice în domeniul textil în limbajul de programare PHP / MySQL (Intranet INCDTP). Proiecte în coordonare pe programul Erasmus+ – formare profesională – Advan2Tex (2014-2016), TexMatrix (2016-2018) și Skills4Smartex (2018-2020).

Dr. **Bogdana MITU**

Cercetător științific gradul I la INFLPR și șef al Laboratorului Plasmă de Temperatură Joasă

Este doctor în Fizică al Universității București din anul 2003. Este specializată în dezvoltarea de sisteme și procese cu plasmă pentru modificarea suprafețelor și depuneri de filme subțiri, pentru aplicații în domeniul nanomaterialelor, electronicii și biomedicinii. A coordonat proiecte la nivel național și internațional, și este în prezent director al proiectului MANUNET Manufacturing textiles with electromagnetic shielding and fire retardant properties by plasma based methods- acronym TexEMFiRe, ctr 28/2018.