

## RAPORT 2008

Proiectul cu titlul « Ecrane si panouri absorbante pentru utilizari speciale bazate pe compozite nano-structurale cu arhitectura predefinita si proprietati dielectrice si electromagnetice personalizate » promovează un concept inovator pentru compozite nano-conductive cu arhitectură predefinită și proprietăți dielectrice și EMC personalizate, destinate utilizării în multiple domenii civile și de apărare. Proiectul va evalua și va stabili proprietățile generale EMC ale compozitelor propuse în comparație cu cele ale sistemelor masive / multistrat care sunt utilizate în prezent în aplicațiile cu structură tip sandwich, pentru a furniza informații importante despre fezabilitatea generală a proiectării conceptului inovator de panou scut / absorbant și pentru a identifica beneficiile și costurile adoptării acestor structuri inovatoare.

Metodologia eficientă a învelișurilor va fi asociată în mod inovator și completată cu alte tehnologii, utilizate în prezent pentru alte aplicații, cum ar fi:

- tehnologia plasmei pentru modificări ale suprafeței
- tehnica prelucrării cu laser pentru încorporarea impedanțelor distribuite în învelișuri și panouri
- prototipare rapidă a miezurilor de panou cu arhitectură specială, pentru obținerea unor proprietăți termice sau mecanice speciale, precum raportul negativ Poisson, coeficient negativ de dilatare termică, rigiditate negativă.

Ca obiective generale ale proiectului pot fi enumerate:

*1. Proiectarea, simularea si producerea de ansamble polimerice nano-conductive cu arhitecturi predefinite:*

- Noi principii pentru creșterea conductivității electrice și a tgDelta a compozitelor polimerice, inclusiv prin intermediul nano-particulelor conductive.
- Selectarea optimă a nano-umpluturilor conductive
- Umluturi metalice
- Umluturi fero/fer -magnetice-nano
- Umluturi nanotuburi carbon
- Metode de creștere a conductivității electrice prin utilizarea polimerilor cu electroni auto-conductori
- Selectarea optimă a bazelor polimerice, a matricelor polimerice, a aditivilor și adezivilor specializați

*2. Proiectarea proprietatilor de filtrare EMC a compozitelor polimerice nanoconductive pentru protectie si absorbtie in domeniul de frecventa de pana la GHz:*

- Proiectarea capacităților pasive și active de absorbție de microunde și a procedurilor de testare
- Furnizarea de recomandări privind proiectarea și demonstrații software pentru conceptul structural vizat.

*3. Testarea EMC a panourilor și optimizarea designului structural multi-domeniu (tip monostrat și sandwich) / testarea complementară mecanică, acustică, termică și de mediu.*

- Proiectarea și producerea de învelișuri și panouri compozite nano-conductive (tip monostrat și sandwich)
- Teste comparative complementare (mecanice, acustice, termice) a panourilor absorbante
- Comparație a proprietăților multifizice a învelișurilor și panourilor structurale nano-compozite cu cele disponibile în prezent, realizate din spumă solidă pentru construcții tip sandwich
- Testarea comparativă dielectrică a învelișurilor și panourilor (metode de măsurare a spectroscopiei dielectrice în bandă largă și a sarcinii spațiale)
- Măsurători ale compatibilității electromagnetice / testare de mediu EMC / metodă de măsurare a transmisiei în spațiu liber și tehnică de măsurare în domeniul timp – se va folosi în mod complementar.

### **Etapa 1 : Pregatirea si promovarea proiectului**

#### **Activitati:**

- 1.1 Pregatirea si derularea vizitelor de documentare la partenerul extern.
- 1.2 Vizite de formare/lucru a partenerului strain in Romania.
- 1.3 Organizarea unui workshop
- 1.4. Proiectarea proprietăților de filtrare a caracteristicilor EMC specificate pentru scuturi și absorbante.
- 1.5 Simulare electromagnetica a reflexiilor, absorbtiei si transmisiei prin compozite polimerice nano-conductive.
- 1.6 Teste preliminare

## Raport de cercetare

### 1. Ecranarea electromagnetica. Situatia pe plan national si international

Ecranarea electromagnetica este o problema de maxima importanta pentru societatea actuala, in sensul securitatii echipamentelor electronice, implicand securitatea echipamentelor, a informatiei precum si asigurarea protectiei biologice.

Pe plan mondial se acorda o atentie deosebita obtinerii de solutii cu costura scazute, pentru ecrane electromagnetice, abordand ca modalitati de scadere a costurilor obiectivele:

- Materiale ieftine
- Tehnici ieftin角度 aplicare
- Noi tehnici de asamblare
- Solutii pentru o gama cat mai larga de frecventa

Conceptul de poluare electromagnetica este plasat la granița dintre: compatibilitate electromagnetica, telecomunicati și protectia mediului. Cadrul de abordare este reglementat de editia a doua a Directivei EMC 2004/108/EC, valabila in Romania din 20.07.2007. Eficacitatea de ecranare se poate determina prin modelare și simulare, folosind tehnicile numerice din electromagnetism, sau prin masurari directe.

Masurarea eficacitatii de ecranare se poate efectua in conditii controlate (ghid de unda coaxial sau celula TEM coaxiala pentru domeniul de frecventa 30 MHz ÷ 1,5 GHz) celula TEM dubla, pana la 1GHz, camera ecranata anecoida cu apertura, pentru domeniul de frecventa 1 GHz ÷ 4GHz; camere de reverberatie incluse una in alta, pentru frecvente de peste 1 GHz, ultima fiind dificil de realizat și costisitoare.

Astfel au fost raportate ca realizari tehnice: obtinerea unor ecrane pentru reducerea emisiilor electromagnetice radiate de PCB (placi de circuit imprimat), caracterizate prin eficacitate de ecranare de aproximativ 80 dB in domeniul de frecventa de la cativa MHz la cativa GHz, obtinerea unor structuri alcătuite din mai multe straturi metal - dielectric transparente pentru lumina („transparent metal”), care prezinta o eficacitate de ecranare de aproximativ 40 dB in domeniul de frecventa 30 kHz ÷ 1 GHz. De asemenea, exista cercetari referitoare la obtinerea unor noi materiale in vederea

ecranării electromagnetice, bazate pe o structură compozită, multiecran - multistrat, cu un răspuns selectiv în frecvență

În aceste condiții atât pe plan internațional cât și pe plan național există multiple preocupări în vederea obținerii unor materiale noi, cu performanțe mecanice, chimice și electromagnetice bune, care ar putea înlocui metalele. Astfel de materiale, mult mai ușoare și mai ieftine, sunt cerute în domeniul aeronautic, naval, domeniul electrotehnic. Referitor la domeniul electrotehnic una din aplicațiile acestor materiale ar fi la realizarea carcaselor echipamentelor electrice, care pe lângă rolul de protecție trebuie să îndeplinească și rolul de ecran electromagnetic. Echipamentele electrice și electronice sunt din ce în ce mai sensibile, mai rapide în răspuns, conțin componente care lucrează la nivele energetice foarte reduse și trebuie să funcționeze corespunzător într-un mediu electromagnetic cu un larg domeniu de frecvență și amplitudine. Acest ambient, sau înconjurător electromagnetic, care poate afecta negativ un sistem tehnic sau un sistem viu, este dat de toate câmpurile electrice sau magnetice din preajmă, provenite atât de la surse apropiate cât și îndepărtate.

În vederea realizării compatibilității electromagnetice, un rol important îl are ecranarea electromagnetică, care este realizată de o gamă largă de materiale, plecând de la plase metalice până la cele mai avansate materiale compozite. Mai ales în ultima perioadă există multe cercetări pentru obținerea unor materiale noi în vederea utilizării lor la ecranarea electromagnetică atât la nivel intrasistem cât și la nivel intersistem.

Obținerea ecranelor electromagnetice din materiale plastice („inovative shield”) poate fi realizată prin: inserția de plase conductoare în plastic; introducerea de pudre conductoare din carbon, argint, cupru în plastic; acoperirea metalică a materialelor plastice și a materialelor compozite.

Astfel au fost realizate și raportate realizări în acest sens de Maria Sabrina Sarto, Marcello D'Amore de la University of Rome “La Sapienza”, Italy, care au condus la:

- obținerea unor ecrane pentru reducerea emisiunilor radiate de PCB („printed circuit boards – plăci de circuit imprimat), caracterizate prin o eficacitate de ecranare de aproximativ 80 dB în domeniul de frecvență de la câțiva MHz la câțiva GHz.

- obținerea unor structuri alcătuite din mai multe straturi metal dielectric transparente pentru lumină („transparent metal”), care prezintă o eficacitate de ecranare de aproximativ 40 dB în domeniul de frecvență 30 kHz ÷ 1 GHz.

De asemenea, există și alte cercetări referitoare la obținerea unor *noi materiale în vederea ecranării electromagnetice*, bazate pe o structură compozită, multiecran, multistrat, cu un răspuns selectiv în frecvență.

Datorită proprietăților lor speciale, materialele chirale sunt luate în considerație la realizarea ecranelor. Astfel există cercetări în vederea determinării proprietăților de difuzie și de ecranare ale materialelor compozite acoperite de medii chirale. Posibilitățile de obținere a invizibilității (dispersiei) și ecranării față de undele electromagnetice ale acestor medii chirale au fost puse de asemenea în evidență.

Preocupări în domeniul materialelor cu structură chirală au existat și există atât în SUA, cât și în Europa.

Determinarea proprietăților electrice ale acestor materiale se face atât prin modelare și simulare, cât și prin măsurări. Principalul lor parametru este eficacitatea de ecranare, care se definește:  $SE = 10 \cdot \log_{10} \frac{P_i}{P_t}$  sau  $SE = 20 \cdot \log_{10} \frac{E_i}{E_t}$ , unde unde  $P_i$ ,  $E_i$  sunt puterea incidentă, respectiv câmpul electric incident, iar  $P_t$ ,  $E_t$  sunt puterea transmisă prin material, respectiv câmpul electric transmis prin material.

Eficacitatea de ecranare poate fi determinată prin modelare și simulare folosind tehnici numerice din electromagnetism („three-dimensional finite-difference time-domain - 3D FDTD method” sau prin măsurări. Măsurarea eficacității de ecranare se efectuează în locuri controlate (ghid de undă coaxial sau celulă TEM coaxială pentru domeniul de frecvență 30 MHz ÷ 1,5 GHz); celulă TEM dublă, până la 1GHz; cameră ecranată anecoidă cu apertură, pentru domeniul de frecvență 1 GHz ÷ 4GHz); camere de reverberație incluse una în alta, pentru frecvențe de peste 1 GHz), fiind dificilă și costisitoare.

Dacă în domeniul conceperii de noi materiale pentru a fi utilizate la ecranarea echipamentelor electrice și electronice la toate nivelele (componentă, placă circuit imprimat, întreg ansamblul) există multe cercetări, nu același lucru se întâmplă și în domeniul materialelor pentru protejarea electromagnetică (ecranarea) unor construcții speciale cum ar fi:

- spitalele, unde funcționarea echipamentelor electrice trebuie să fie sigură;
- birourile și locuințele din preajma surselor de câmp electromagnetic.

Lucrurile sunt mult mai complicate în această situație deoarece înconjurătorul electromagnetic este mult mai complex, iar dimensiunile zonei de protejat

electromagnetic sunt mult mai mari. Există multe preocupări și interese în caracterizarea câmpurilor electromagnetice ambientale („electromagnetic environments”). Astfel în domeniul de frecvență 200 MHz ÷ 5 GHz, câmpurile sunt destul de puternice pentru a periclita funcționarea sistemelor electronice. De exemplu, o antenă de microunde de dimensiuni mici poate produce la distanțe de kilometri un câmp electric de peste 100 V/m.

## 2. Materialele compozite si nano-compozite

Competitivitatea economico-industrială a viitorului impune obținerea de produse noi, cu parametri ridicați, la care caracteristicile complexe geometrico-funcționale se combină cu exploatarea completă a proprietăților materialului. Acest scop se atinge utilizând materiale noi (compozite, ceramice, minerale și sinterizate) constituie tematica cercetărilor intense și a descoperirilor tehnice din ultimii ani și a preocupărilor în viitor pe plan internațional.

În acest context se înscriu materialele noi denumite generic materiale compozite, minerale, ceramice și sinterizate pe care specialiștii le numesc “materiale din generația a doua”, care au o largă utilizare în construcția de mașini unelte și utilaj tehnologic, în industria aerospațială, de transport naval, de material rulant, electronic

Categoria generală de materiale compozite organice/anorganice este un domeniu de cercetare ce se extinde rapid.

Materialele compozite tipice utilizate în prezent se realizează prin incluziuni simple, discrete cu materiale ceramice într-un substrat dielectric ceramic sau polimeric

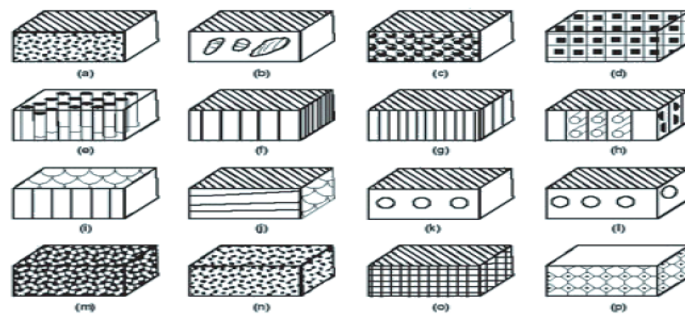


Fig.2.1 Materiale compozite tipice. (a) particule difuzate în polimer, (b) compozit cu incluziuni în formă de disc, (c) sfere în polimer, (d) compozit în formă de zar, (e) bare în polimer, (f) compozit sandwich, (g) compozit sticlă-ceramică, (h) compozit armat transversal, (i) compozit fagure vertical, (j) compozit fagure orizontal, (k) compozit perforat, (l) compozit perforat bidirecțional, (m) compozit “replamine”, (n) compozit

*“burps”, (o) compozit sandwich în cruce, (p) compozit cu structură scară.*

Deși termenul “nanotehnologie” este relativ nou în limbajul ingineriei, perfecționarea nanocompozitelor a fost o temă importantă de discuție de mai mult de un deceniu printre cercetătorii din domeniul materialelor, care analizau posibilitățile de extindere a proprietăților polimerilor.

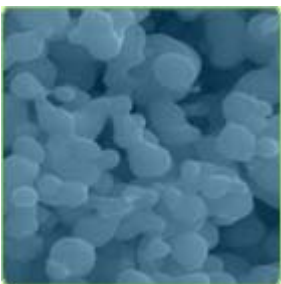
Definiția materialelor nanocompozite s-a extins semnificativ pentru a putea cuprinde o varietate de sisteme, cum ar fi sistemul unidimensional, bidimensional, tridimensional și materiale amorfe, alcătuite din componente distincte combinate la scară nanometrică.

Au fost depuse eforturi semnificative concentrate pentru obținerea controlului structurilor nano prin abordări sintetice inovative. Proprietățile nanocompozitelor depind nu numai de proprietățile componentelor, ci și de morfologie și de proprietățile de interfață pe care acestea trebuie să le aibă.

Acest domeniu într-o continuă dezvoltare generează materiale surprinzătoare cu proprietăți inedite. Aceste proprietăți rezultă din combinarea proprietăților componentelor primare într-un singur material. Există, desigur și posibilitatea existenței altor proprietăți, dar care rămân deocamdată necunoscute pentru componentele primare ale materialelor nanocompozite.

Lucrările experimentale au demonstrat că, teoretic, toate tipurile și clasele de materiale nanocomposite conduc la proprietăți îmbunătățite, prin comparație cu replicile lor macrocompozite, iar acestea pot fi sintetizate utilizând tehnici surprinzător de simple și necostisitoare. Din aceste motive nanocompozitele promit noi aplicații în foarte multe sectoare: componente cu masă redusă și proprietăți mecanice îmbunătățite, optica non-lineară, baterii catodice și ionice, nano-cabluri, senzori și alte sisteme.

#### **Nanocompozitele polimerice**



Nanotehnologiile reprezintă astăzi una dintre cele mai promițătoare oportunități de dezvoltare tehnologică a secolului 21. Pentru domeniul cercetării materialelor, dezvoltarea nanocompozitelor polimerice devine rapid o activitate multidisciplinară ale cărei rezultate pot lărgi aria de aplicare a polimerilor, cu beneficii pentru foarte multe sectoare industriale.

Nanocompozitele polimerice (NCP) sunt polimeri (termoplastice, termorigide sau elastomeri) consolidați/armați cu mici cantități de nano-particule (mai puțin de 5% din greutate). Nanocompozitul este un sistem polimeric care, în mod obișnuit, conține o particulă anorganică având o dimensiune în raza nanometrică (o bilionime de metru).

Formele particulelor folosite în nanocompozite pot fi sferice, fibrilare sau plate. Formele plate sau fibrilare conferă materialului maximum de rezistență.

Nanocompozitele polimerice au fost dezvoltate spre sfârșitul anilor '80, atât în organizațiile private de cercetare cât și în laboratoarele academice. Prima companie care a comercializat aceste nanocompozite a fost Toyota, care a introdus piese auto din nanocompozit într-unul din modelele sale populare timp de câțiva ani. Mai apoi, urmând inițiativa Toyota, și alte companii au început, de asemenea, să cerceteze nanocompozitele.

Cele mai multe interese comerciale s-au concentrat pe termoplastice. Termoplasticele pot fi împărțite în două categorii: rășini de uz frecvent, ieftine, și rășini scumpe, de performanțe ridicate, pentru uzul ingineriei. Unul dintre obiectivele nanocompozitelor a fost înlocuirea rășinilor mai scump de procesat cu rășini polimerice ieftine de uz frecvent. Prin această substituție a rășinilor cu costuri mari de procesare cu o rășină nanocompozită ieftină, dar cu aceleași performanțe se așteaptă mari reduceri la costurile totale de procesare.

Termoplasticele combinate cu materiale nanometrice au proprietăți diferite față de termoplasticele combinate cu materiale convenționale. Unele proprietăți ale nanocompozitelor, cum ar fi rezistența crescută la întindere, pot fi obținute folosind o cantitate mai mare de umplutură convențională, cu riscul creșterii masei și diminuării luciozității. Alte proprietăți ale nanocompozitelor, cum ar fi claritatea sau proprietățile îmbunătățite de barieră nu pot fi imitate cu umplutura de rășină, indiferent de cantitate.

În prezent este produsă o cantitate semnificativă de nanocompozite, peste 20 de milioane de tone.

**Principalele obiective** al acestui capitol de cercetare în colaborare cu echipa partenerului strain au fost următoarele:

- electropolimerizarea pirolului
- pregătirea filmelor subtiri din poliacrilonitril/ polipirol conductiv
- efectuarea de teste în privința determinării proprietăților dielectrice ale filmelor din polipirol obținute de echipa partenerului turc

Din punct de vedere electric polimerii conductivi au o deosebită importanță datorită proprietăților lor electrice, electrochimice și optice:

- proprietăți electrice bune



- insolubilitate si infusibilitate slaba
- lipsa de stabilitate
- capacitatea de modificare

<b>POLIMER</b>	<b>Conductivitate (<math>\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}</math>)</b>	<b>Stabilitate (in stare dopata)</b>	<b>Posibilitati de procesare</b>
<b>Poliacetilena</b>	103 - 105	slaba	limitate
<b>Polifenilena</b>	1000	slaba	limitate
<b>P.fenilen-sulfida</b>	100	slaba	excelent
<b>PPV</b>	1000	slaba	limitate
<b><i>Polipirol</i></b>	<b><i>100</i></b>	<b><i>buna</i></b>	<b><i>bune</i></b>
<b><i>Politiofena</i></b>	<b><i>100</i></b>	<b><i>buna</i></b>	<b><i>excelente</i></b>
<b>Polyanilinea</b>	10	buna	bune

Fig.2 Conductivitatea si stabilitatea unor polimeri conductivi

Unul din cei mai utilizati polimeri conductori este **polipirolul**. Avantajele folosirii lui intr-o varietate mare de aplicatii constau intr-o stabilitate relativ buna a proprietatilor si in posibilitatea de sinteza sub diverse forme - homopolimeri, copolimeri, compozite, nanostructuri -. Interesul pentru aplicatiile polipirolului este justificat de avantajul pretului relativ scazut si posibilitatea realizarii unor variante constructive noi.

Dupa anii '80 s-au intensificat studiile asupra polipirolului. S-a observat ca polipirolul cunoscut pana atunci ca o pulbere neagra insolubila, poate fi obtinut in diverse alte forme: chimic, electrochimic, sub forma de compozite, la dimensiuni micro si nanometrice.

### **Electropolimerizarea polipirolului**

In electropolimerizarea pirolului, complexitatea procesului de formare a filmului dar si alti parametri influenteaza procesul de electropolimerizare. Variatia acestor parametri duce la formarea polimerilor structurali.

Cu toate ca pirolul poate fi sintetizat chimic, electropolimerizarea este usor de obtinut si una din cele mai comune metode preparative.

Cele mai de calitate filme au fost obtinute prin utilizarea de TEABF<sub>4</sub> (tetrametil de amoniu tetrafluoroborat) in conditii galvanostatice.

S-a reusit polimerizarea cu solutie saturata de apa, dar cu toate acestea filmele obtinute pe baza de acetonitril au fost de calitate superioara, cu toate ca acetonitrilul in stare pura fara nici un continut de apa a rezultat in formarea de filme neuniforme care adera putin cu suprafata electrodului. Prin cresterea continutului de apa intr-un solvent s-a observat si cresterea aderenței filmului.

In general, electropolimerizarea pe metale are ca rezultat obtinerea unor filme mai aderente si mai fine decat materiale precum sticla sau substraturi semiconductoare.

Alte substraturi din metale inerte care au fost analizate pentru polimerizarea polipirolului au inclus fibrele de carbon si carbon lucios. Reactia de electropolimerizare a fost complexa si a cuprins formarea complexului acetonitril/apa, dimeri de acetonitril, legaturi de hidrogen si complecsi pirol/ acetonitril. Sustitua pe inelul de pirol afecteaza potentialul la care polimerizarea are loc, mai mult sau mai putin anodic decat pentru monomerul de pirol nesubstituit. In acest caz polimerizarea a inceput la +650 mV.

Prezenta acizilor in solutie previne eliberarea de protoni si duce la formarea oligomerilor de pirol. Apa, ca baza solida in acetonitril retine protonii care sunt eliberati prin dimerizarea oligomerilor si duce la formarea invelisurilor nonconductive. Caracteristicile structurale ale polipirolului sunt detectate prin masuratori dielectrice (determinarea constantei dielectrice) si prin teste electrochimice.

#### - Pregatirea filmelor subtiri din poliacrilonitril/ polipirol conductiv

Etape:

1. Polimerizarea matricei de poliacrilonitril (PAN) are loc in DMF (Dimetilformamid- (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>NC(O)H- solvent pentru reactiile chimice)
2. PAN este dizolvat in DMF urmat de pirol iar solutia rezultata este agitata in mod continuu timp de o ora
3. In final este adaugat in solutia rezultata Ce(IV). Se observa imediat ca solutia isi schimba culoarea in albastru inchis ceea ce indica de fapt polimerizarea pirolului.
4. Tratarea in vid

Solutia obtinuta sub forma vascoasa a fost distribuita apoi pe o suprafata de sticla sub forma unui film foarte subtire avand o grosime de  $120\mu\text{m}$ . S-a utilizat un aplicator cu patru laturi fig de mai jos:

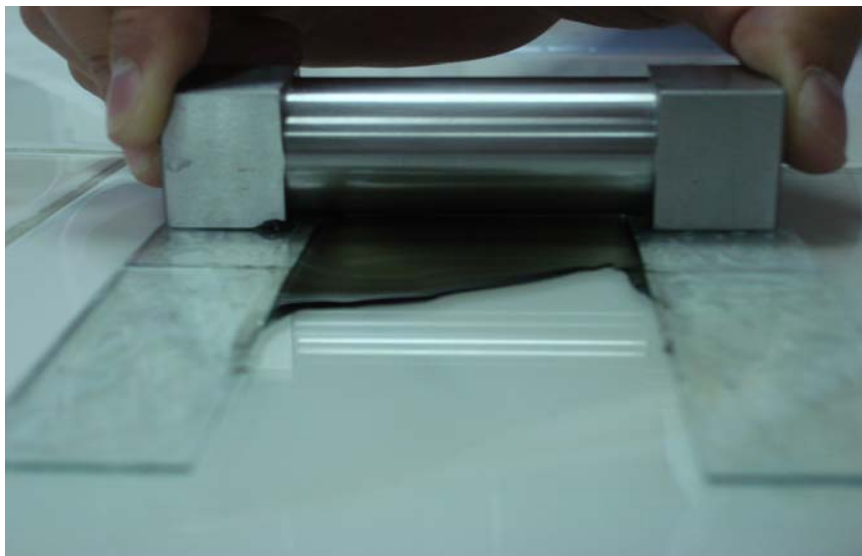
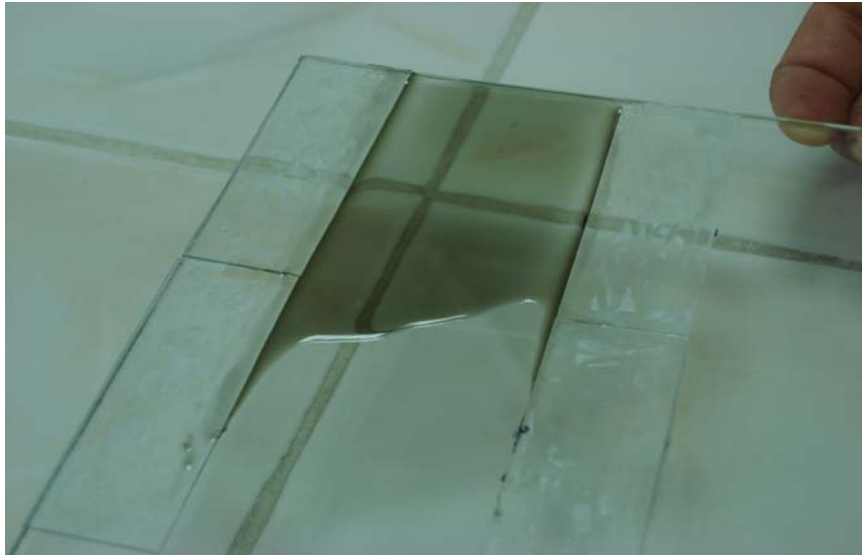


Fig.3 Distribuirea solutiei utilizand aplicatorul cu 4 laturi

Grosimea filmului a fost masurata cu ajutorul dispozitivului Byko-cut.

In figura de mai jos este reprezentat schematic procesul de polimerizare si obtinerea filmelor compozite subtiri:

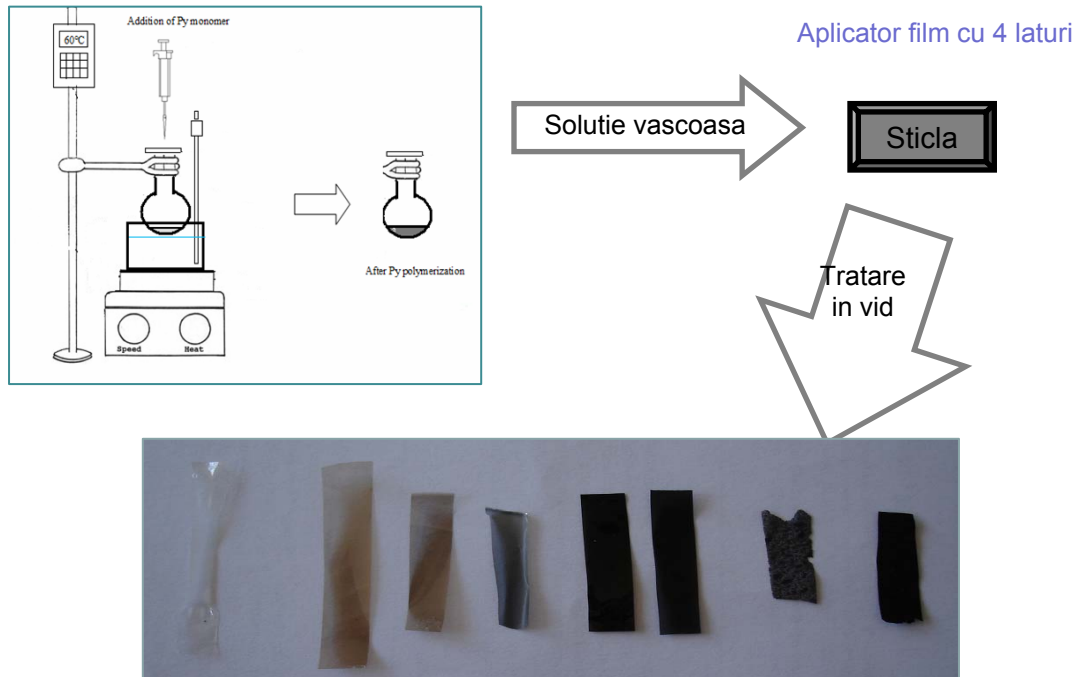


Fig.4 Procesul general de polimerizare cu obtinerea filmelor subtiri

Dupa obtinerea filmelor conductive subtiri din poliacrilonitril/polipirol s-a trecut la analiza lor morfologica. S-a utilizat un echipament special de scanare si anume SEM (Scanning Electron Microscope). Astfel s-a observat ca in lipsa polipirolului structura filmului nu prezinta “micro granule” (fig.5 ) asa cum se intampla in prezenta polipirolului (fig.6 )

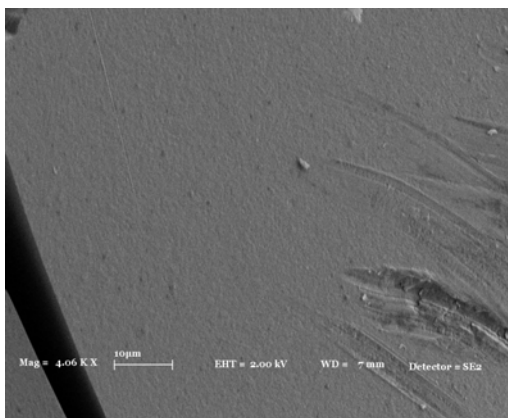


Fig.5 Structura in absenta PPy

PPy

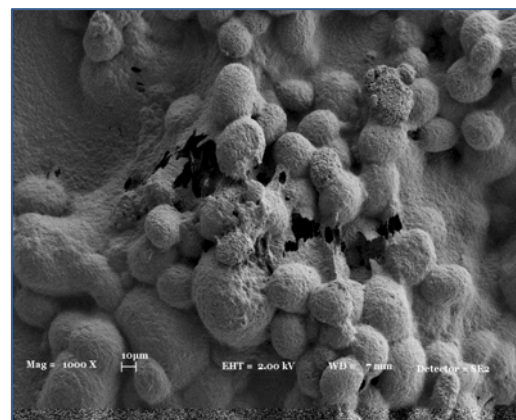


Fig.6 Structura in prezenta

Particularizand cele de mai sus pentru 350 $\mu$ l pirol polimerizat in solutie de PAN/DMF se observa o microstructura tip "conopida"

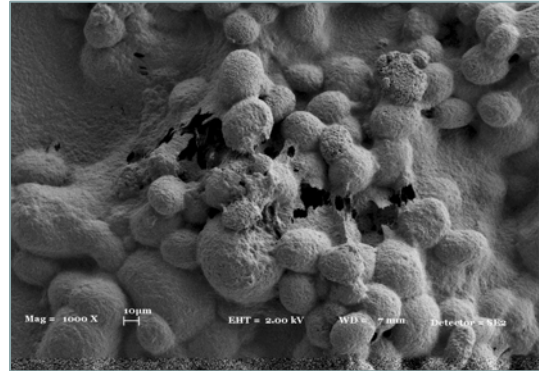
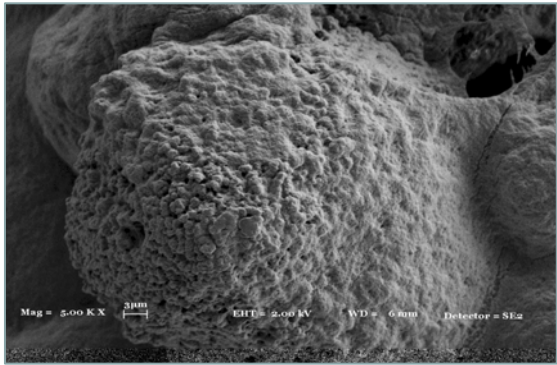


Fig.7 Microstructura tip "conopida"

### Teste preliminarii in privinta determinarii proprietatilor dielectrice

Caracterizarea proprietatilor dielectrice a filmelor de material polimeric de polipirol s-a realizat pe baza analizei evolutiei constantei dielectrice, pierderilor dielectrice, conductivitatii, modulului electric cat si a impedantei.

Acesta constituie un studiu preliminar dorindu-se doar observarea unor diferente din punct de vedere calitativ si nu cantitativ. Se observa din graficele prezentate mai jos o serie de modificari ale parametrilor electrici de interes.

Masuratorile au fost realizate pe 3 esantioane de materiale cu diferite compozitii. In sensul observarii reproductibilitatii spectrelor s-au realizat cate 2 masuratori asupra fiecarui esantion.

Esantioanele de material au fost furnizate de partenerul turc sub forma unor filme cu grosimea de  $100\mu\text{m}$  si suprafata  $50\times 50\text{ mm}^2$  (S2, S3,S4,S5).

Studiul a fost realizat cu ajutorul unui spectrometru dielectric furnizat de Novocontrol. Celula de masura (fig.7) a fost una de tipul ZGS Alpha Active Sample Cell (fig.8) Diametrul electrozilor din aur a fost de 20mm.

Toate masuratorile au fost efectuate la temperatura ambianta.

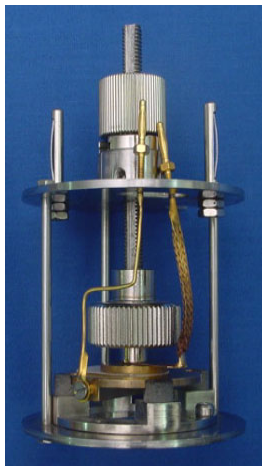


Fig. 7 Celula de masurare

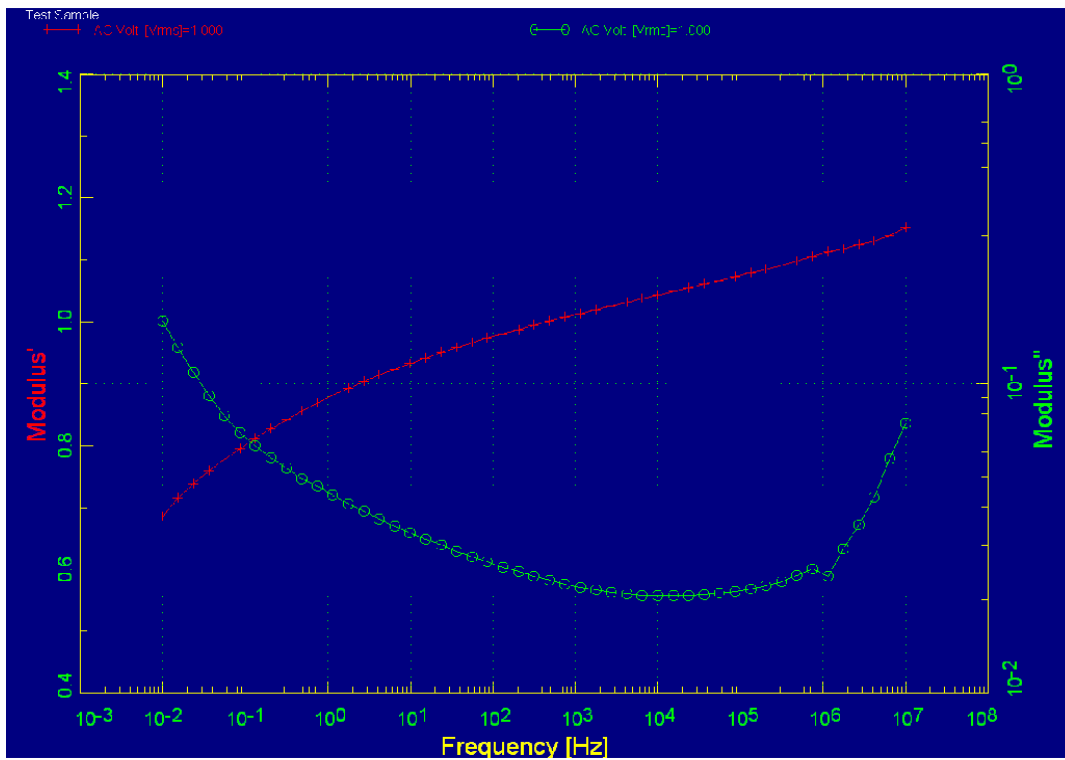
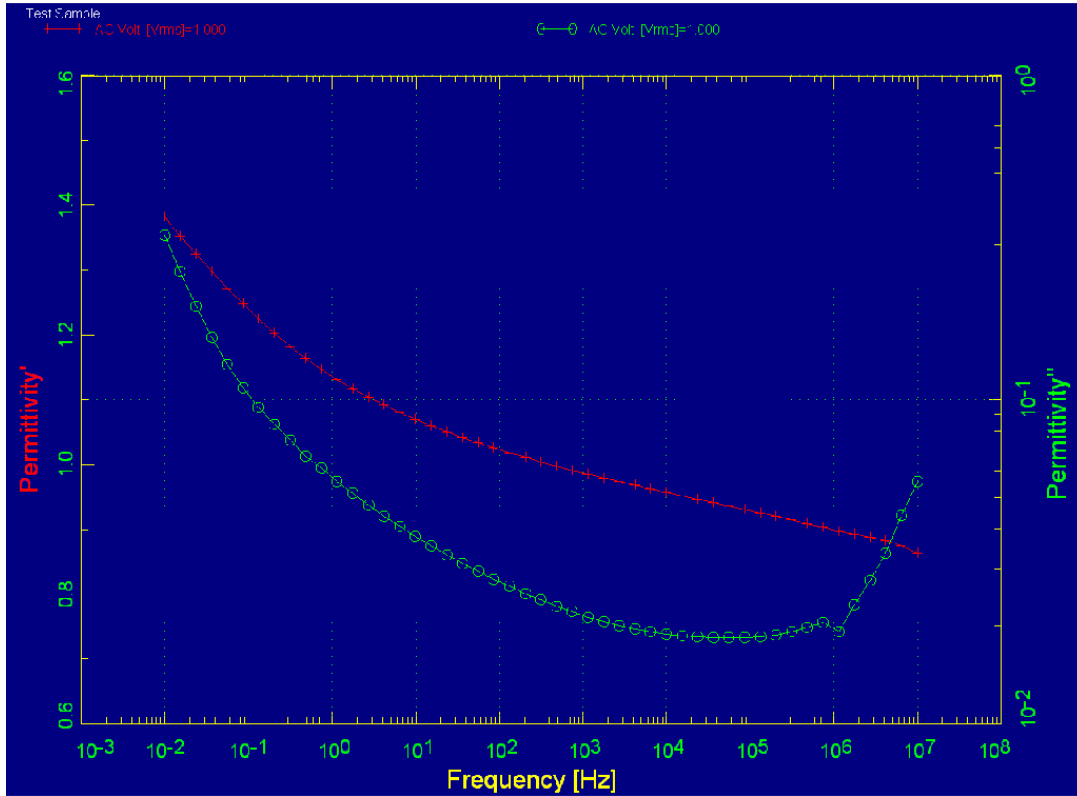


Fig. 8 Celula activa

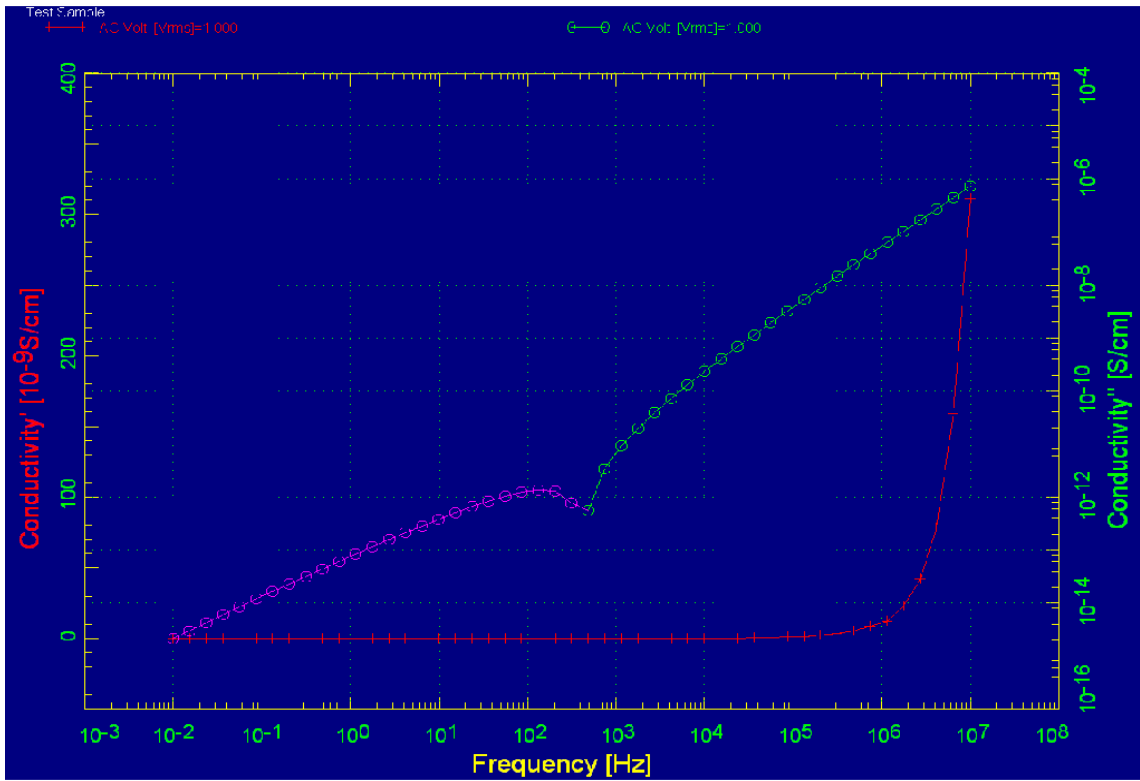
In figurile de mai jos este prezentat bancul de masurari.

## Sample S2

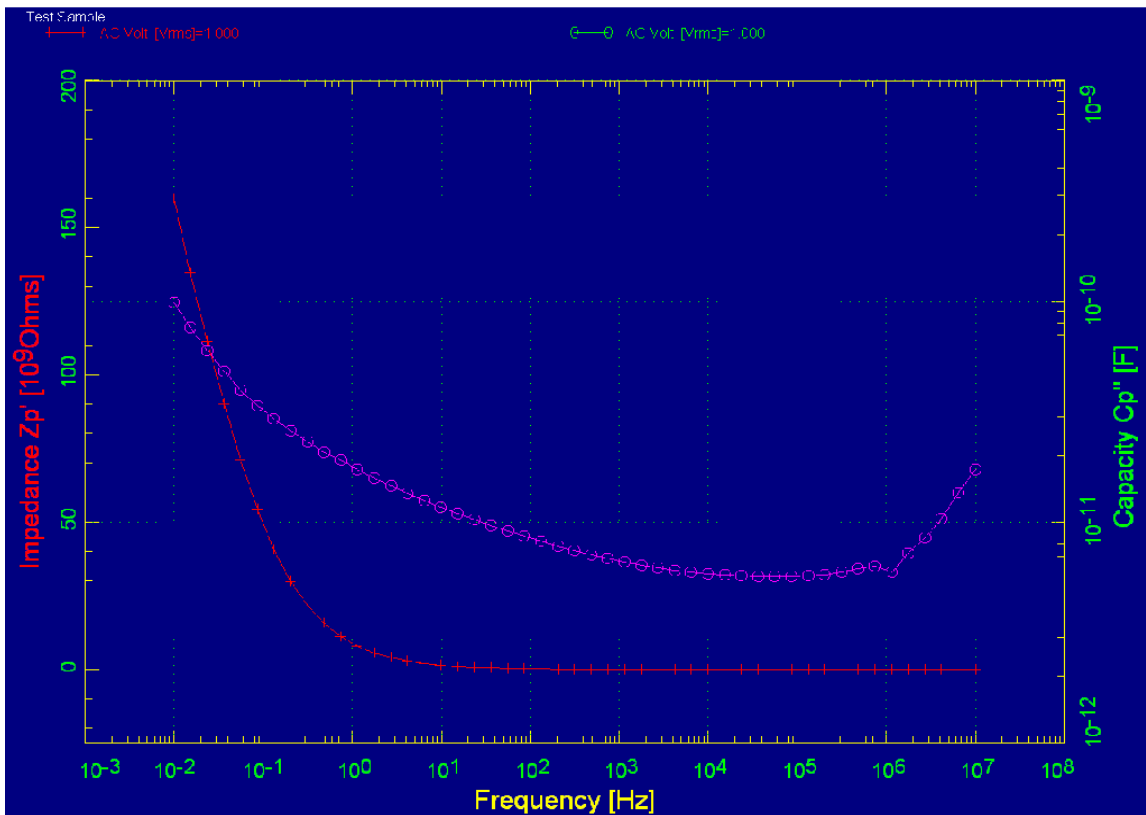
Constanta dielectrica si pierderi dielectrice



## Conductivitatea



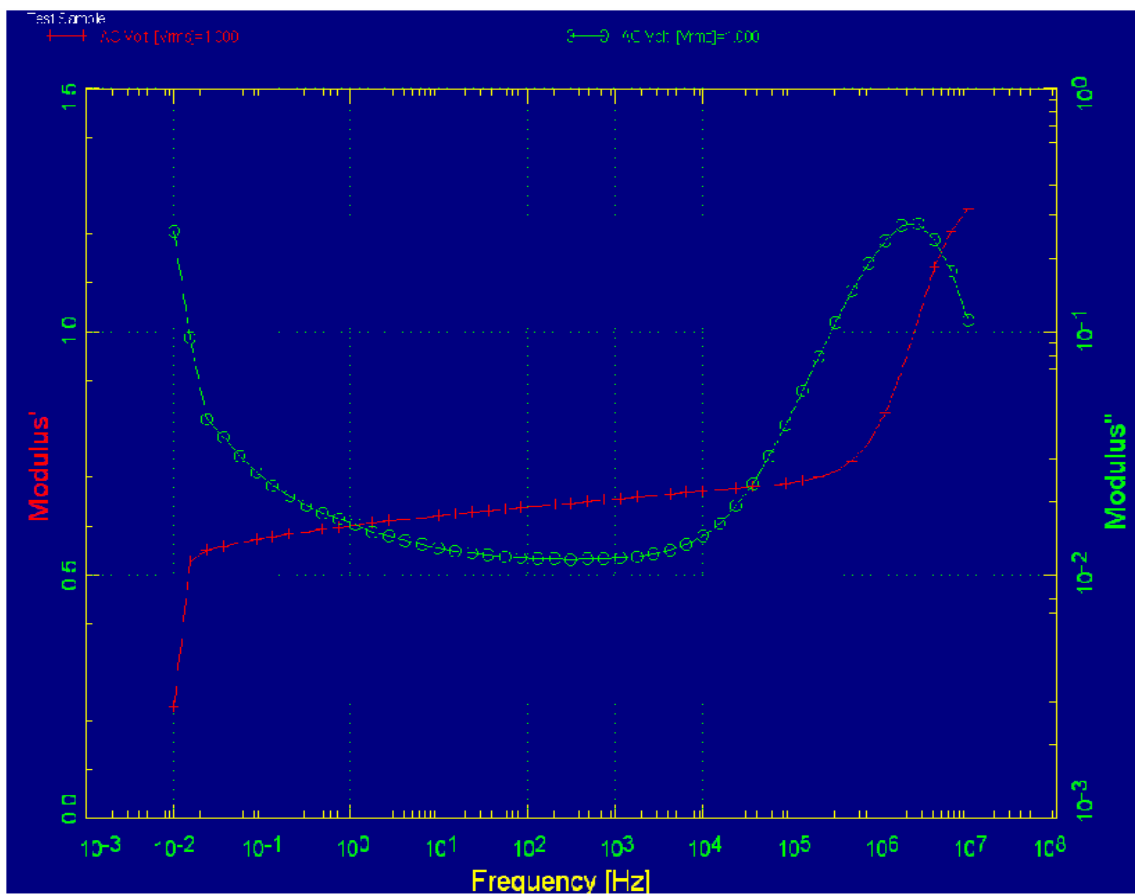
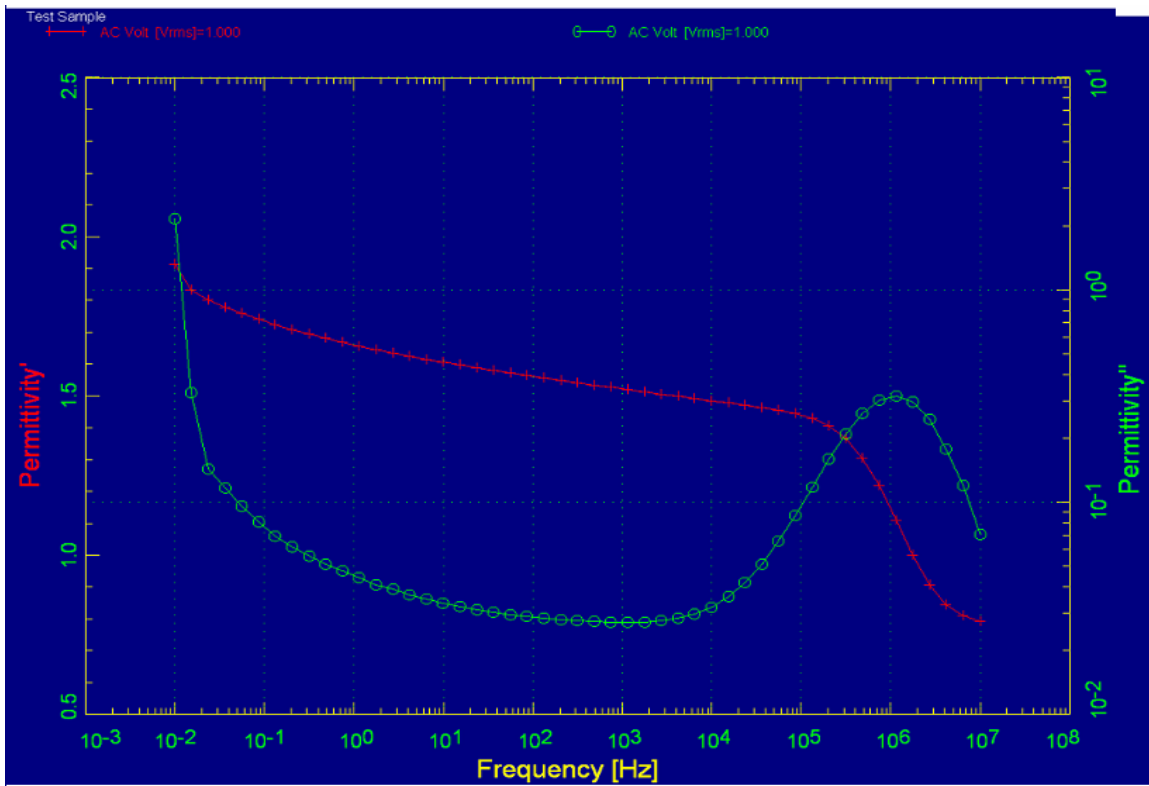
## Impedanta



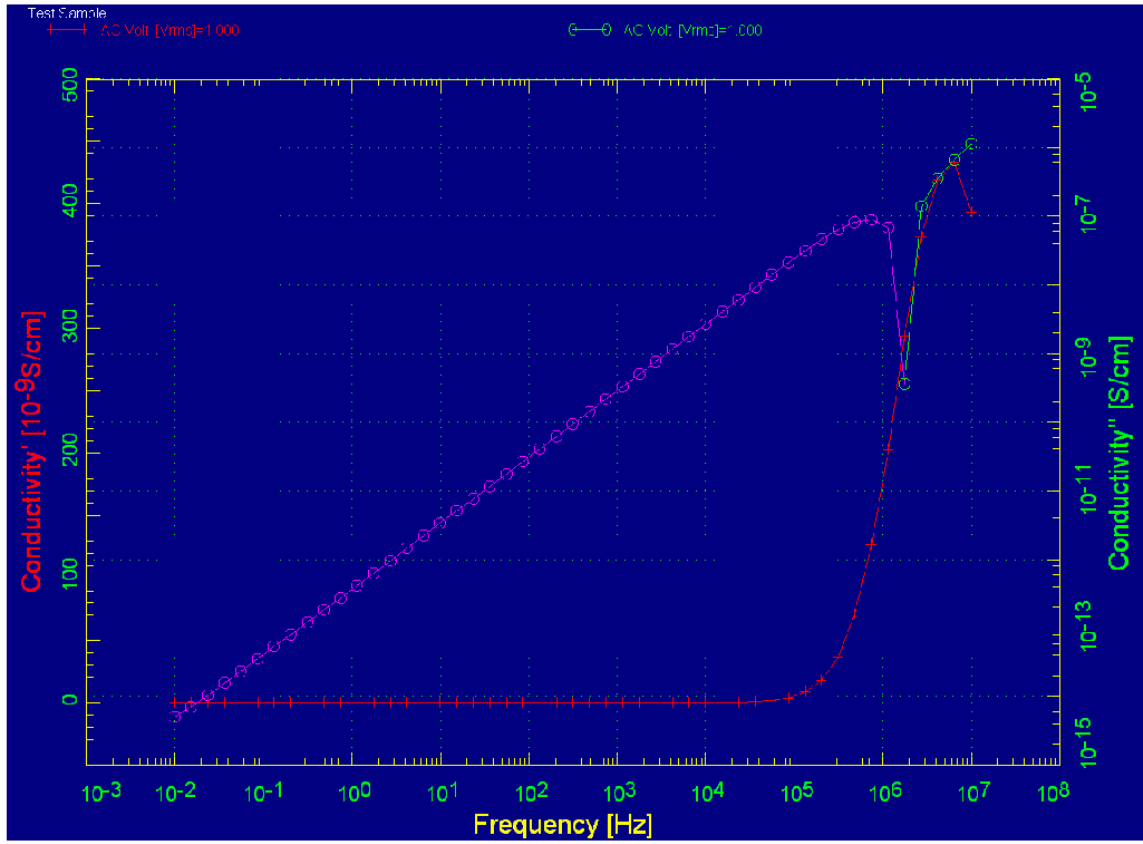


### Sample S3

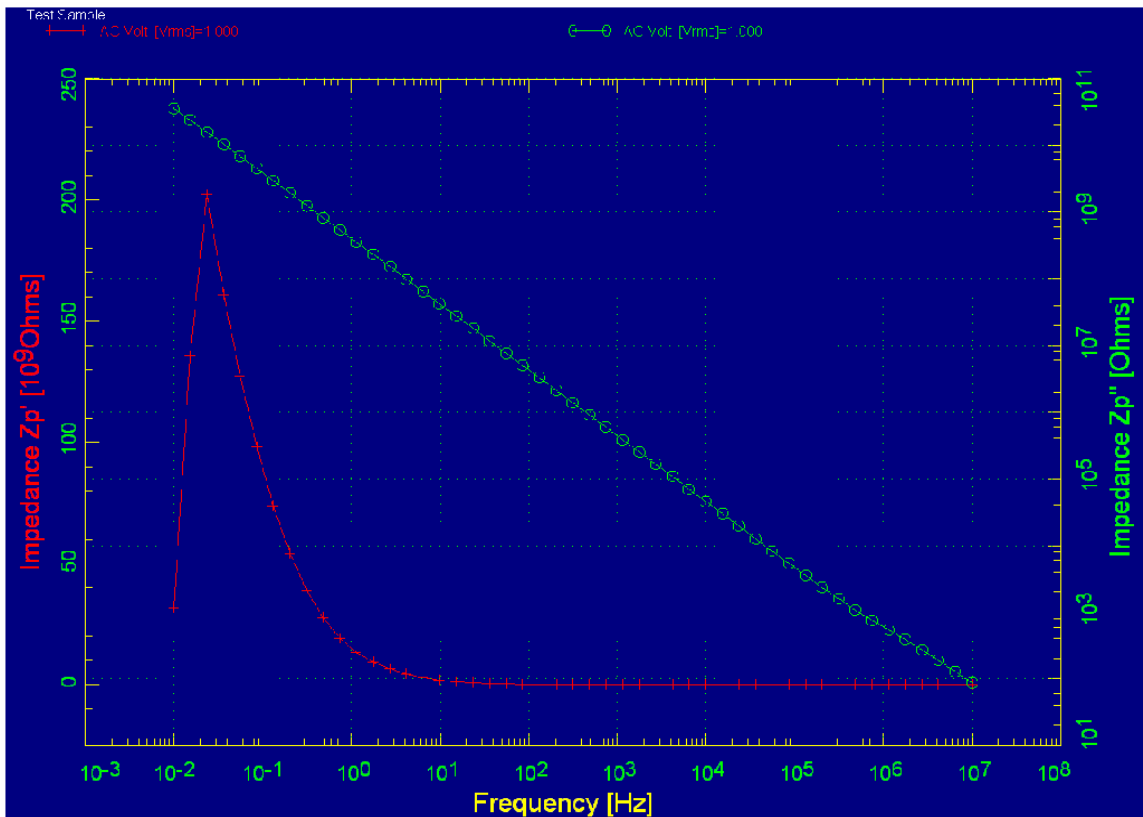
Constanta dielectrica si pierderi dielectrice



# Conductivitatea

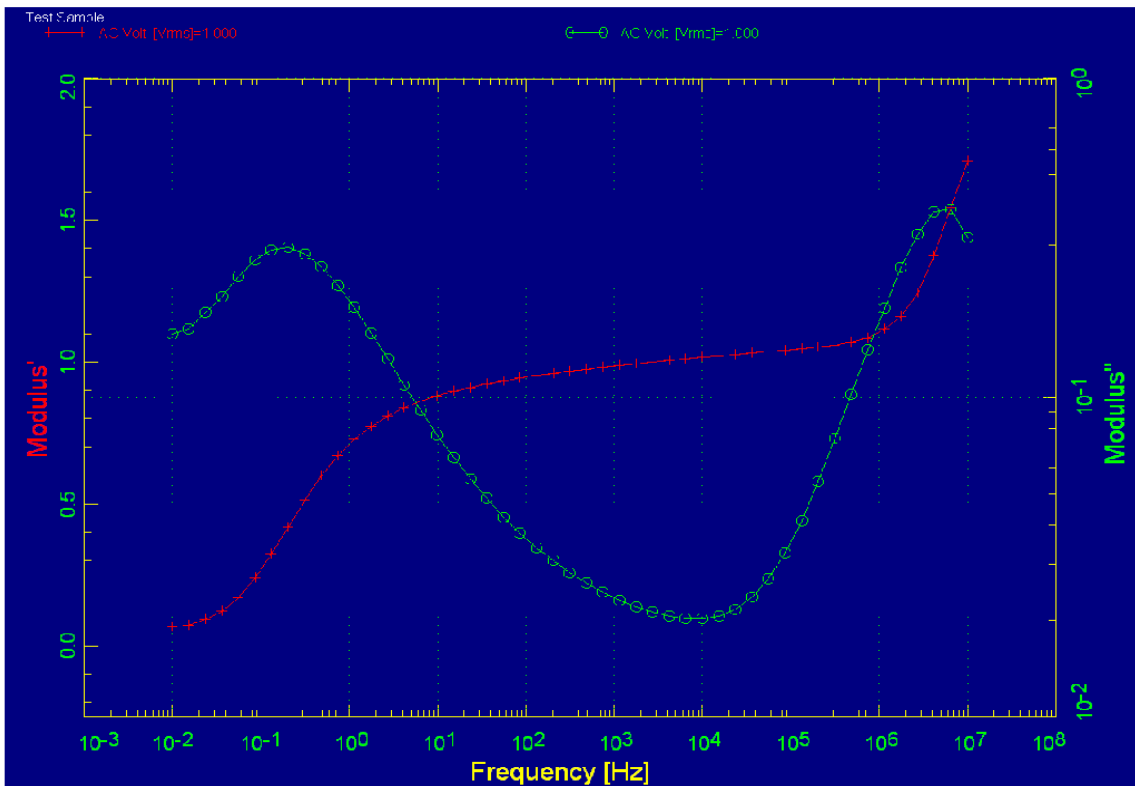
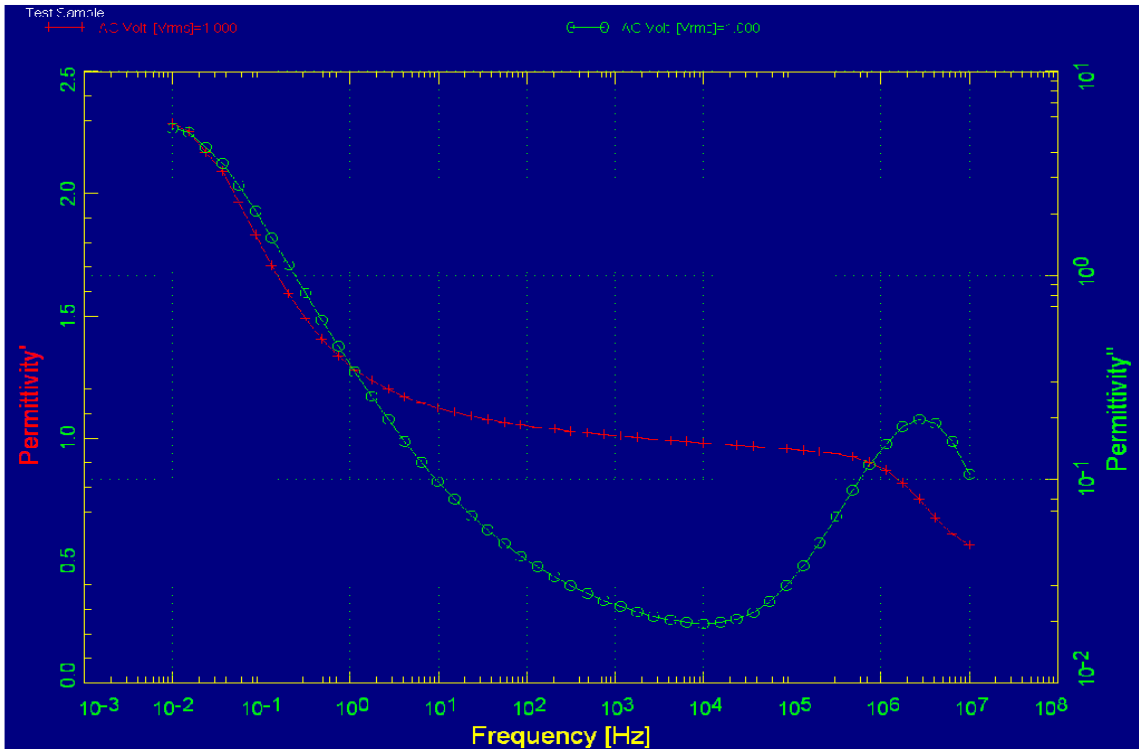


# Impedanta

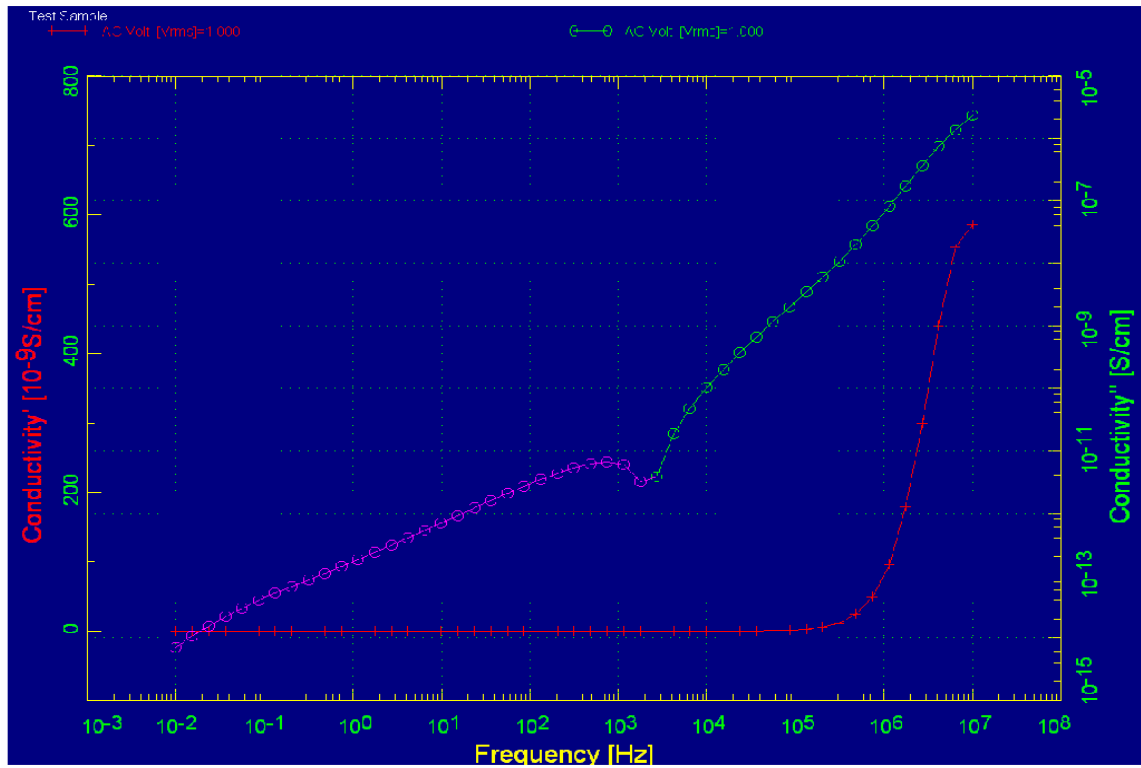


### Sample S4

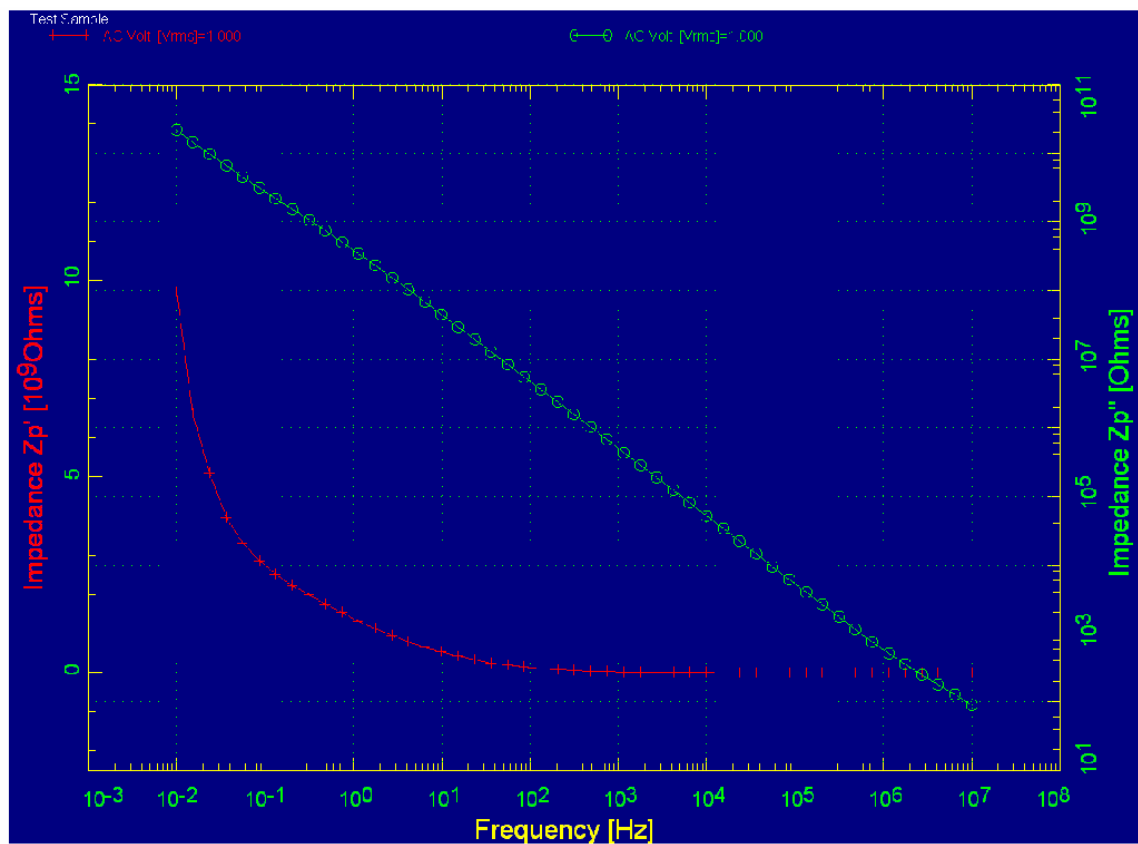
Constanta dielectrica si pierderi dielectrice



## Conductivitate



## Impedanta



**Colectiv de lucru**

**Prof.Dr. Ing. Romeo Cristian CIOBANU**

**Prof.Dr.Ing. Cristina SCHREINER**

**Conf.Dr.Ing. Marinel TEMNEANU**

**Prof.Dr.Ing Alexandru SALCEANU**

**Drd.Ing Marius OLARIU**

**Asist.Drd. Ing.Ec. Alexandru Florentin TRANDABĂȚ**

**Drd Ing. Sebastian ARĂDOAEI**

**Drd.Ing. Ramona BURLACU**

**Drd. Ing. Cristina BRATESCU**

**Director de proiect**

**Prof.Dr. Ing. Romeo Cristian CIOBANU**