

CERCETAREA PROPRIETĂȚILOR DE ABSORBȚIE ELECTROMAGNETICĂ A MICROFIRELOR

I. Avram¹, S. Dimitrachi¹, I. Kolpakovici², M.Balanici¹, M.Beregoi¹, A.Zubarev¹

¹Universitatea Tehnică a Moldovei, bd. Ștefan cel Mare, 168, MD-2004 Chișinău, Moldova

²Institutul de Cercetări Științifice "ELIRI" S.A., Chișinău, Moldova
mishca_balanici@mail.ru, dei.mik@mail.ru, moldalex@mail.ru

Abstract. This article presents the practical data obtained as a result of microwires absorption properties investigations of different composition, geometrical parameters and electromagnetic properties. The absorption properties measures were made in accordance with S parameters (especially S_{11}), using the vectorial analyzer Agilent 8720 ES.

Cuvinte-cheie: microfir, absorbție, parametrii S, frecvență de rezonanță.

1. Introducere

Astăzi sistemele de comunicații mobile sunt cele mai dezvoltate sisteme de telefonie. În lume, la momentul actual, se numără aproximativ 250 mil. de abonați a diferitor sisteme de comunicații mobile, ce au la bază diferite standarde de comunicații mobile. Este bine cunoscut faptul că principalele componente a sistemelor de comunicații mobile sunt stația de bază și echipamentul mobil sau telefonul mobil. Aceste două părți efectuează schimbul de date, de informație, prin utilizarea canalelor radio. Deci prin urmare, părțile date sunt niște surse de formare a câmpului electromagnetice.

Câmpul electromagnetic de frecvență înaltă, creat de antena telefonului mobil, are o acțiune negativă asupra abonatului sistemului de comunicații mobile. Deci prin urmare, este foarte important și actual, determinarea și studiul unor metode de protecție a abonatului de acțiunea câmpului electromagnetic de frecvență înaltă. O astfel de metodă este utilizarea unui ecran protector confecționat din diferite materiale cu proprietăți de absorbție a radiației electromagnetice.

Pentru aceasta, inițial, ne-am propus cercetarea acestor proprietăți, utilizând microfirele de diferită compoziție, grosime, lungime și proprietăți de absorbție, care pe viitor vor sta la baza construcției ecranului protector. Studiul dat a fost efectuat printr-un șir de măsurări a parametrului S_{11} care indică coeficientul de reflexie la intrare cu o sarcină determinată la ieșire.

2. Aparatul de măsură

Măsurările au fost efectuate cu ajutorul analizorului vectorial Agilent 8720 ES (fig.1), care ne permite să determinăm cu o precizie înaltă parametrii S ai microfirului într-o bandă de frecvență destul de largă: 50 MHz – 20 GHz. Rezultatele măsurărilor de la 2 canale de intrare sunt reprezentate pe un ecran LCD. Pentru lucrul cu sectoare necoaxiale sunt utilizate diferite tipuri de calibrări precum: calibrarea

pentru regimurile de lucru mers-în-gol (open), scurt-circuit (short) și sarcină (loads), care asigură o precizie foarte înaltă în lucrul cu ghidurile de undă.



Fig.1. Analizorul vectorial Agilent 8720 ES

3. Parametrii S

Pentru determinarea parametrilor S utilizăm schema din figura 2:

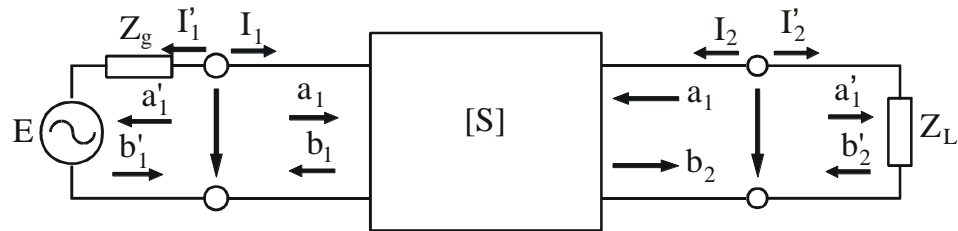


Fig.2. Schema echivalentă a instalației de măsurare

unde: $|a_1|^2$ - puterea incidentă la intrarea circuitului, egală cu puterea disponibilă de la sursa cu impedanța Z_g ;

$|a_2|^2$ - puterea incidentă la ieșirea circuitului, echivalentă cu puterea reflectată de sarcină Z_L ;

$|b_1|^2$ - puterea reflectată de portul de intrare al circuitului;

$|b_2|^2$ - puterea reflectată de portul de ieșire al circuitului, egală cu puterea incidentă pe sarcină;

Sistemul de ecuații care caracterizează circuitul dat are forma:

$$\begin{cases} b_1 = S_{11}a_1 + S_{12}a_2 \\ b_2 = S_{21}a_1 + S_{22}a_2 \end{cases} \quad (1)$$

unde parametrii S reprezintă:

$S_{11} = \left. \frac{b_1}{a_1} \right|_{a_2=0}$ - coeficientul de reflexie la intrare cînd la ieșire este prezentă o sarcină determinată;

$S_{12} = \left. \frac{b_1}{a_2} \right|_{a_1=0}$ - coeficientul de transfer invers cînd la portul de intrare e conectată o sarcină stabilită;

$$S_{21} = \frac{b_2}{a_1} \Big|_{a_2=0} \quad - \text{coeficientul de transfer la conectarea la portul de ieșire a unei sarcini determinate};$$

$$S_{22} = \frac{b_2}{a_2} \Big|_{a_1=0} \quad - \text{coeficientul de reflexie la ieșire cînd la intrare este prezentă o sarcină de valoare stabilită}.$$

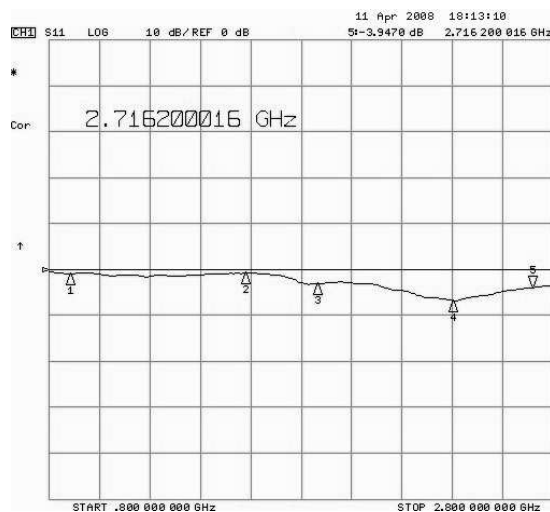
4. Rezultatele obținute

În măsurările efectuate am utilizat 6 probe de microfir și 2 probe de fișii subțiri de material magnetic, lucrînd în diapazonul de frecvență 50 MHz – 3,05GHz:

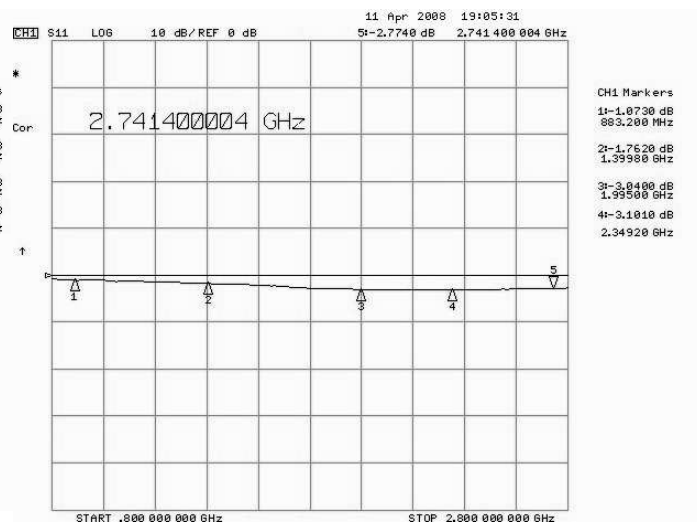
- 1) microfir din Mn (tip ПЭВМТ), $d = 30 \mu\text{m}$;
- 2) microfir din Mn (tip ПЭВНХ), $d = 50 \mu\text{m}$;
- 3) microfir rezistiv în izolație de sticlă din aliaj de Ni, $d = 10 \mu\text{m}$, $R=750\Omega$;
- 4) microfir magnetic din oțel (tip 5206), $d = 11,8 \mu\text{m}$, $\mu = 10 \cdot 10^3$, $R=680\Omega$;
- 5) microfir magnetic din oțel (tip 5219), $d = 11 \mu\text{m}$, $\mu = 35 \cdot 10^3$, $R=720\Omega$;
- 6) microfir magnetic din oțel (tip 5226), $d = 10,6 \mu\text{m}$, $\mu = 25 \cdot 10^3$, $R=720\Omega$;
- 7) fișie subțire de material magnetic (Ni), $l = 1\text{mm}$;
- 8) fișie subțire de material magnetic (oțel), $l = 1 \text{mm}$.

În continuare prezentăm caracteristicile spectrale a coeficientului S_{11} pentru diferite tipuri de microfiri:

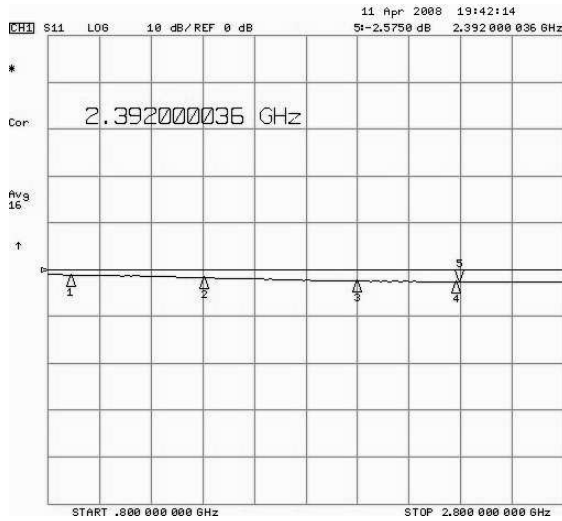
1. Scară logaritmică (Log Mag – logarithmic magnitude)
2. Caracteristica de fază (Phase Chart)
3. Caracteristica Smith (Smith Chart)



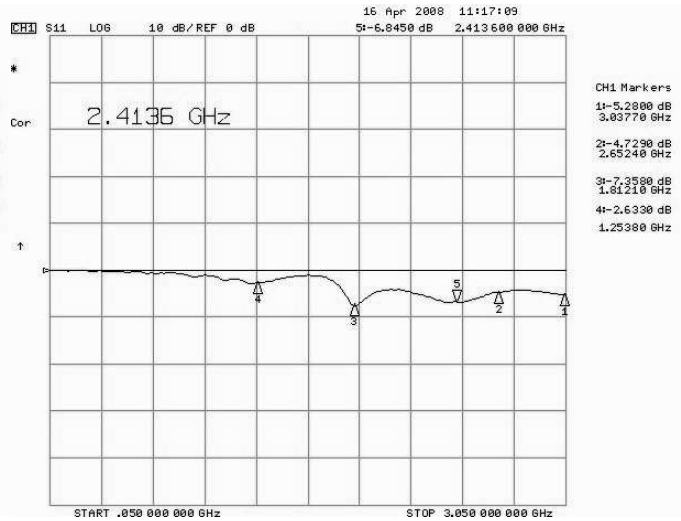
a)



b)



c)



d)

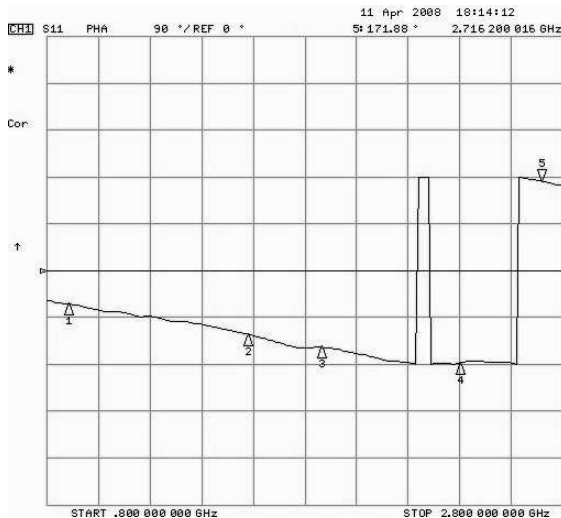
Fig.3. Caracteristicile Log Mag obținute pentru microfibrele:

- a - microfir din Mn (tip ПЭБМТ, d = 30 μm); b - microfir rezistiv din aliaj de Ni (d = 10 μm);
 c - microfir magnetic din oțel (tip 5226, d = 10,6 μm, $\mu = 25 \cdot 10^3$); d - fișie subțire de Ni.

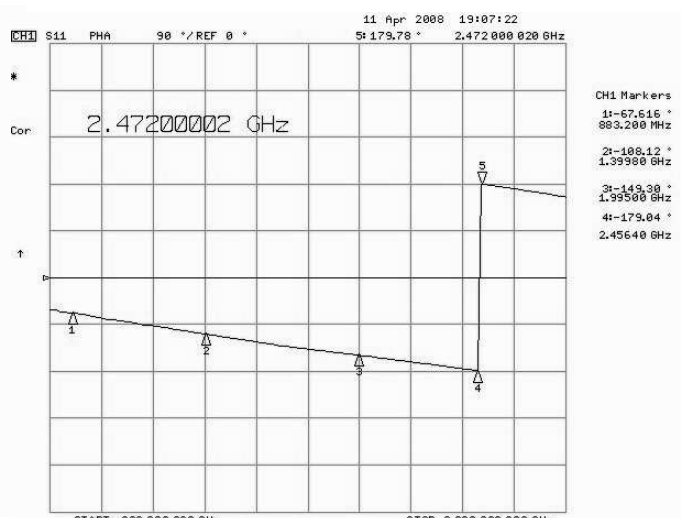
Analizând caracteristicile spectrale obținute, observăm că pentru microfirul din Mn (a) absorbția este neuniformă și este maximă la frecvențe majore (în jurul frecvenței de 2,4 GHz). Aceasta este destul de inefficient datorită faptului că proba dată nu poate fi folosită în diapazonul GSM. Cu toate acestea însă, poate fi utilizată în filtrele de frecvențe supraînalte.

Cercetînd dependențele (b) și (c), trebuie de menționat că între acestea este prezentă o asemănare destul de substanțială, caracteristicile sunt relativ uniforme, ceea ce relevă concluzia că absorbția este constantă într-un diapazon mai larg de frecvență, aceasta îmbunătățind posibilitatea utilizării acestor microfibre în calitate de absorbante a radiației electromagnetice.

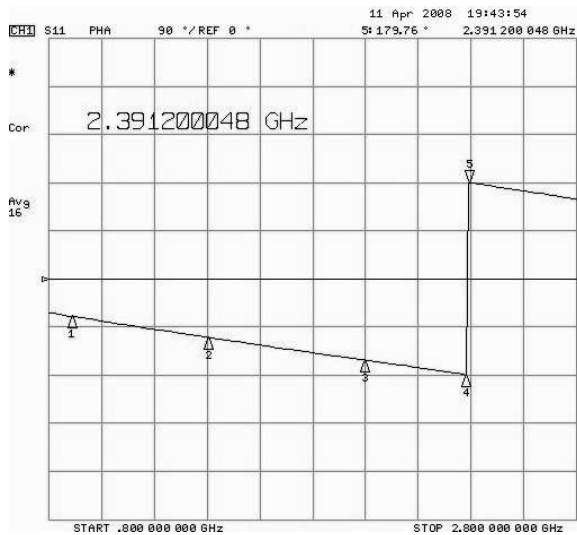
Caracteristica spectrală (d) pentru fișia subțire de Ni este foarte neuniformă, cu o variație bruscă a absorbției la diferite frecvențe. Aceasta o face practic inefficientă pentru implementare în direcția propusă.



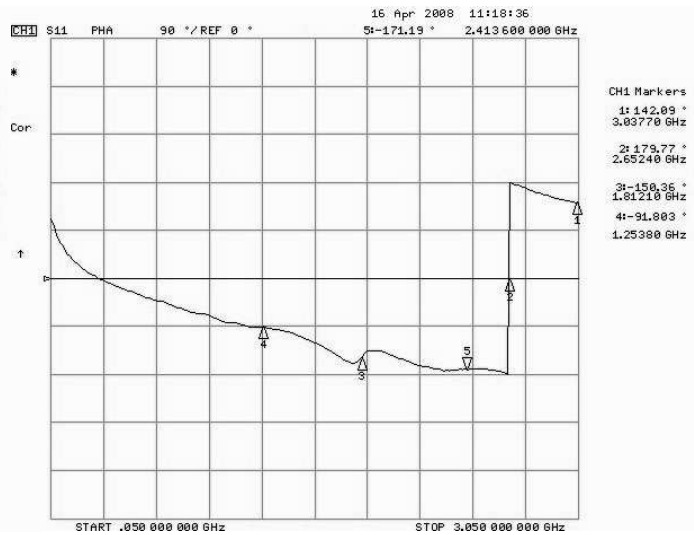
a)



b)



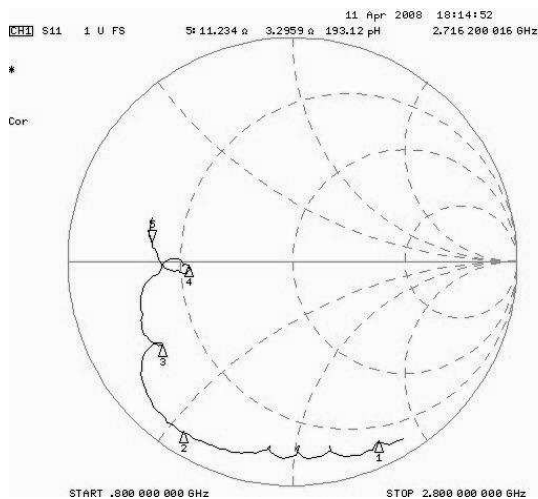
c)



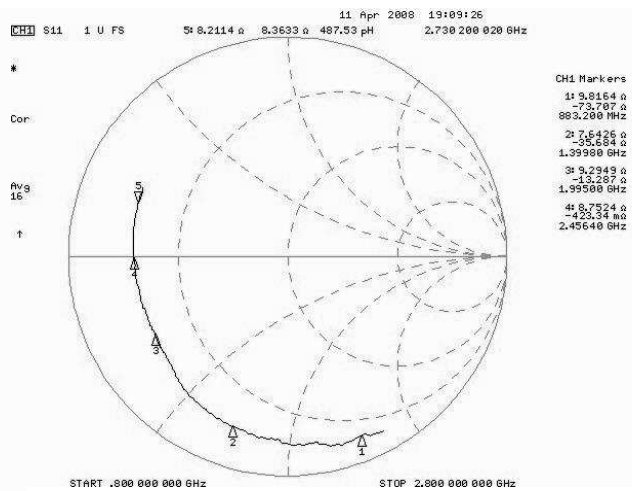
d)

Fig.4. Caracteristicile Phase Chart obținute pentru microfibrele:

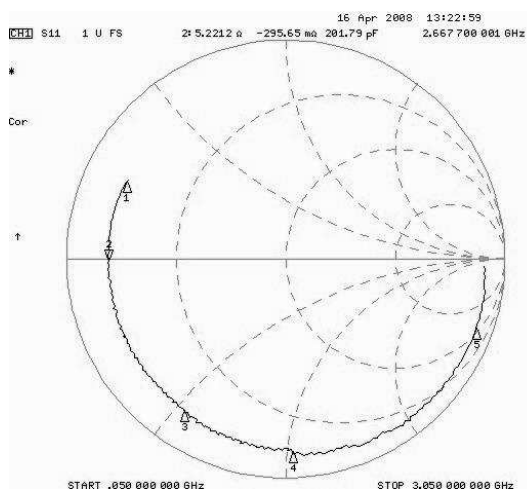
- a - microfir din Mn (tip ПЭВМТ, d = 30 μm);
- b - microfir rezistiv din aliaj de Ni (d = 10 μm);
- c - microfir magnetic din oțel (tip 5226, d = 10,6 μm, μ = 25*10³);
- d - fișie subțire de Ni.



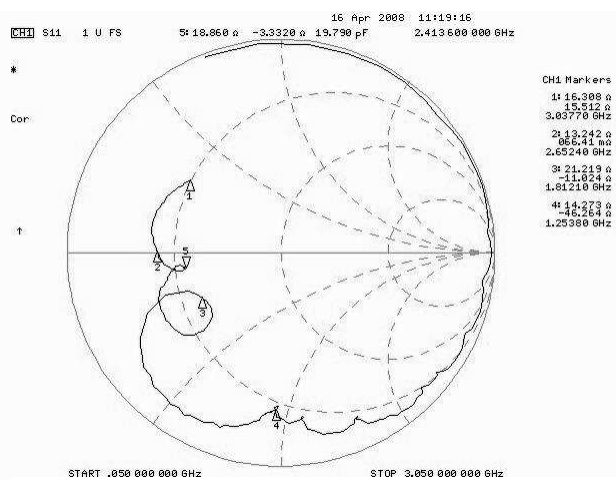
a)



b)



c)



d)

Fig.5. Caracteristicile Smith Chart obținute pentru microfirele:

- a - microfir din Mn (tip ПЭВМТ, $d = 30 \mu\text{m}$); b - microfir rezistiv din aliaj de Ni ($d = 10 \mu\text{m}$);
c - microfir magnetic din oțel (tip 5226, $d = 10,6 \mu\text{m}$, $\mu = 25 \cdot 10^3$); d - fișie subțire de Ni.

Caracteristicile de fază indică variația fazei în dependență de frecvență. Observăm că specific tuturor probelor le este prezența unui salt (markerele 4 – 5) care corespunde frecvenței de rezonanță. La această frecvență are loc schimbarea caracterului componentei reactive: de la capacitiv (partea inferioară a graficului) la inductiv (partea superioară). Trebuie de menționat că frecvența de rezonanță este determinată în mare măsură de proprietățile magnetice ale materialului: cu cât ele sunt mai pronunțate cu atât frecvența de rezonanță este de valoare mai joasă ($\omega_0 \sim \frac{1}{L}$).

Analizând diagramele Smith Chart, putem confirma cuvintele relatate mai sus, adică, la frecvența de rezonanță predomină doar componenta rezistivă activă: $Z = R$ iar componentele reactive (X_L și X_C) se compensează reciproc ($X_L = X_C$): $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = R$. Acest punct pe diagramă, corespunde markerului 4 (pentru a, b) și markerului 2 (pentru c, d). Pentru diagramele a, d se observă o serie de distorsiuni și o neliniaritate pronunțată a caracteristicilor datorate parametrilor geometrici și capacităților parazite introduse de aceste probe datorită dimensiunilor lor relativ majore (în comparație cu probele din diagramele b și c).

5. Concluzii

Rezultatele obținute în urma măsurărilor parametrilor de absorbție pentru diferite probe de microfir ne dau o viziune relativ largă în ceea ce privește materialele care pot fi utilizate pentru fabricarea unui ecran protector ce ar proteja capul abonatului de acțiunea negativă a radiației electromagnetice. Probabil că metoda dată ar avea succes datorită faptului că la etapa actuală încă nu există căi de soluționare a problemei menționate. Trebuie de relevat aici că cercetările efectuate în acest domeniu ar putea servi ca bază practică pentru fabricarea unor filtre de frecvență înaltă și supra-înaltă, dar aceasta ar fi o altă direcție de cercetare. Avem drept scop în viitor să determinăm și parametrii S_{21} și S_{22} pentru o aprofundare mai amplă în problema studiată.

6. Referințe

1. Agilent Technologies Network Analyzers, User's Guide, Printed in USA, June 2002;
2. Л. А. БЕССОНОВ, Теоретические основы электротехники, Высшая школа, Москва 1973;
3. В. И ВОЛЬМАН, Ю. В. ПИМЕНОВ, Техническая электродинамика, Связь, Москва 1971;
4. Enciclopedia Wikipedia, Parametrii S.