



HAL
open science

MATERIAUX MAGNETO-DIELECTRIQUES A BASE DE NANOFERRITES POUR LA MINIATURISATION D'ANTENNES IMPRIMEES

Wafa Abdouni, David Souriou, Anne-Claude Tarot, Ala Sharaiha, Jean-Luc Mattei, Alexis Chevalier, Patrick Queffelec

► **To cite this version:**

Wafa Abdouni, David Souriou, Anne-Claude Tarot, Ala Sharaiha, Jean-Luc Mattei, et al.. MATERIAUX MAGNETO-DIELECTRIQUES A BASE DE NANOFERRITES POUR LA MINIATURISATION D'ANTENNES IMPRIMEES. Journées de Caractérisation Microondes et Matériaux, Mar 2010, Brest, France. pp.P.11. hal-00488995

HAL Id: hal-00488995

<https://hal.univ-brest.fr/hal-00488995>

Submitted on 3 Jun 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

MATERIAUX MAGNETO-DIELECTRIQUES A BASE DE NANOFERRITES POUR LA MINIATURISATION D'ANTENNES IMPRIMEES

Wafa ABDOUNI¹, David SOURIOU², Anne-Claude TAROT¹, Ala SHARAIHA¹, Jean-Luc MATTEI²,
Alexis CHEVALIER², Patrick QUEFFELEC²

¹IETR, Université de Rennes 1, UEB,
263 Avenue General Leclerc, 35042 Rennes Cedex, France

²LabSTICC, UEB, Université de Bretagne Occidentale,
6 av. Le Gorgeu, CS 93837, 29238 BREST Cedex3, France
tarot@univ-rennes1.fr, ala.sharaiha@univ-rennes1.fr

1. INTRODUCTION

Les travaux de recherche pour la miniaturisation d'antennes, utilisant de nouveaux matériaux, se sont intensifiés ces dernières années, et notamment avec l'utilisation de matériaux possédant des propriétés magnétiques. La miniaturisation des antennes imprimées est rendue possible en chargeant le volume de l'antenne avec des matériaux à haute permittivité [1], ferroélectriques [2], ferromagnétiques [3], magnéto-diélectriques [4, 5, 6], etc. Plus traditionnellement, les diélectriques présentant une permittivité élevée ont été employés pour diminuer les dimensions physiques de l'élément rayonnant [7]. Les problèmes souvent rencontrés avec les substrats de haute permittivité sont, par exemple, la dégradation de la bande passante et du gain et donc l'efficacité de l'antenne. L'utilisation de matériaux magnétiques serait une solution intéressante pour la miniaturisation d'antennes sans dégrader les performances grâce à la valeur importante de la perméabilité. Or à ce jour, malgré les progrès technologiques importants réalisés sur les matériaux ferrites doux, ceux-ci sont utilisés principalement en basse fréquence pour la réalisation de dispositifs non réciproques (circulateurs, isolateurs) ou de circuits accordables (filtres, déphaseurs...). Dans la bande UHF, leurs pertes élevées, liées à une contribution des déplacements de parois séparant les domaines magnétiques, excluent leur utilisation comme substrat d'antennes imprimées.

Dans ce travail, nous développons un nouveau matériau magnéto-diélectrique pour l'application antennaire. Ses performances sont comparées à celles d'un matériau disponible dans le commerce.

2. MATERIAUX MAGNETO-DIELECTRIQUES

L'utilisation de substrats magnéto-diélectriques pour la réduction de taille des antennes imprimées est possible grâce à leur indice de réfraction ($n = \sqrt{\epsilon_r \mu_r}$) élevé. En effet, la dimension d'un patch est inversement proportionnelle à l'indice de réfraction n du substrat (1). Plus ce dernier est grand, plus la taille de l'antenne diminue.

$$L = \frac{\lambda_g}{2} = \frac{\lambda_0}{2\sqrt{\epsilon_r \mu_r}} \propto \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}} = \frac{1}{n} \quad (1)$$

De plus, l'un des intérêts que présentent les ferrites fabriqués à partir de grains de taille nanométrique (nanoferrites) réside dans la taille réduite des grains, qui en garantie la structure monodomaine. L'absence des pertes associées à la relaxation des parois magnétiques, relaxation qui se produit à basse fréquence, est un avantage important qui permet d'envisager des applications au-delà de 500MHz. Nous avons donc effectué la synthèse chimique, par co-précipitation, de ferrites spinelles sous forme de poudres nanométriques. Dans le cadre de ce travail, nous avons réalisé deux substrats magnéto-diélectriques. Les traitements thermiques appliqués aux pièces crues, formées par pressage des poudres, confèrent aux substrats ainsi obtenus des propriétés magnéto-diélectriques intéressantes jusqu'à 0.7 GHz et 0.5 GHz, respectivement [8] (figure 1).

Le substrat de type « M1 » est de composition $\text{Ni}_{0.5}\text{Zn}_{0.3}\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$; celui de type « M2 » est de composition $\text{Ni}_{0.5}\text{Zn}_{0.3}\text{Co}_{0.2}\text{In}_{0.075}\text{Fe}_{1.925}\text{O}_4$. Les figures (1) et (2) présentent la perméabilité et la permittivité mesurées de ces deux matériaux.

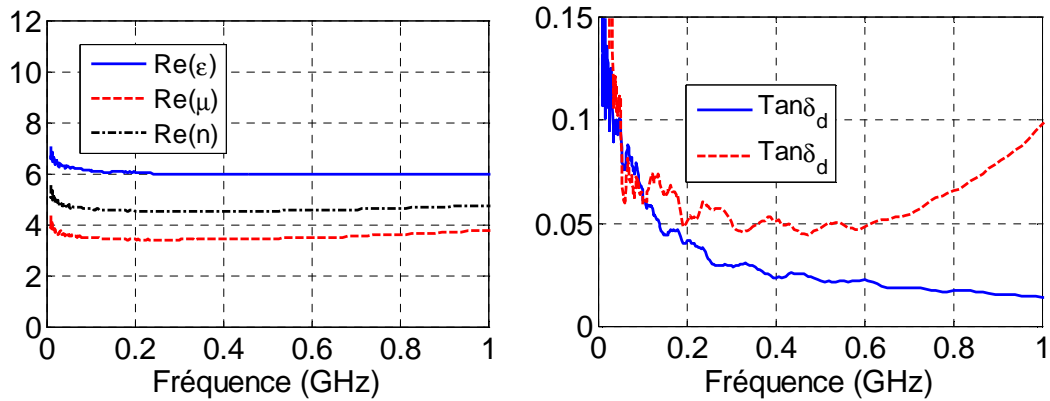


Figure 1 : Paramètres mesurés du substrat M1

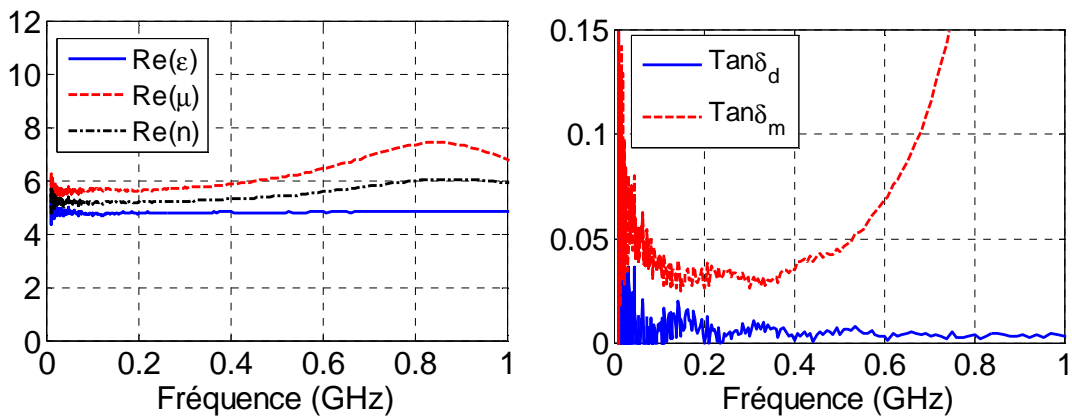


Figure 2 : Paramètres mesurés du substrat M2

Ces deux matériaux possèdent un indice de réfraction quasiment égale à celui d'un matériau du commerce de type (MF-114), et avec des pertes relativement faibles. Les paramètres effectifs du MF-114 sont présentés sur la figure 3.

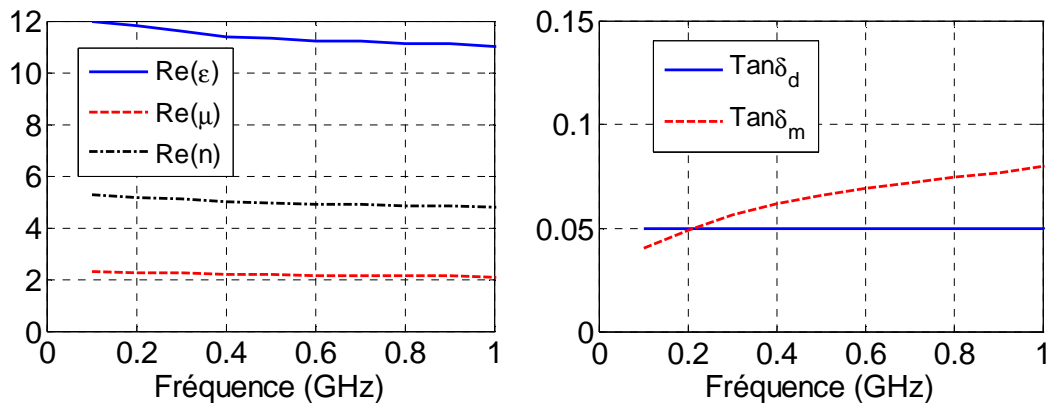


Figure 3 : Paramètres effectifs du matériau MF-114

Nous comparons les pertes des trois matériaux en calculant le produit des tangentes de pertes diélectriques ($tan\delta_d$) et magnétiques ($tan\delta_m$). La figure 4 représente la somme des tangentes de pertes des trois matériaux dans la bande [0 - 1GHz].

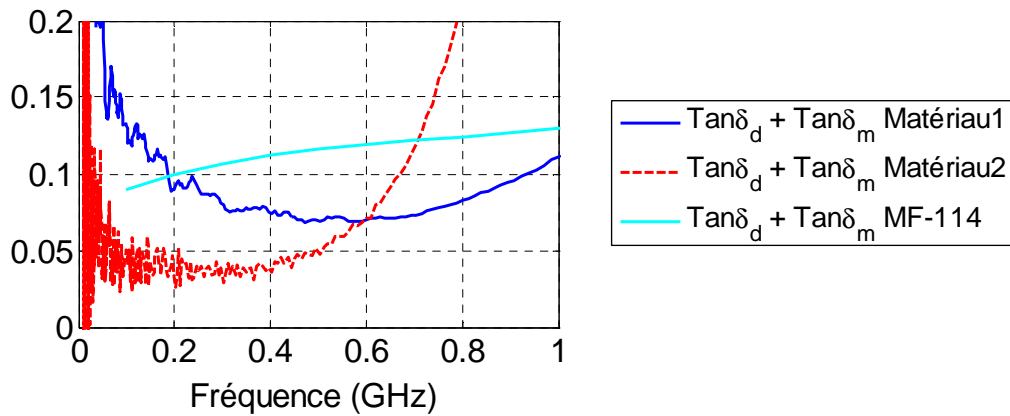


Figure 4 : Somme des tangentes de pertes diélectriques et magnétiques des trois matériaux

Nous constatons que les pertes sont plus importantes dans le matériau MF-114 que dans les échantillons développés dans la bande [0.2 – 0.7 GHz]. Le matériau M2 devrait être le plus performant puisqu'il possède les pertes les moins élevées et inférieures à 0,05.

3. MINIATURISATION D'UNE ANTENNE PATCH

Nous avons utilisé les matériaux cités précédemment pour la miniaturisation d'une antenne patch circulaire de 8cm de diamètre (figure 4a). Les coefficients de réflexion de l'antenne simulée sur les deux matériaux M1 et M2, et sur le matériau du commerce de type (MF-114), sont représentés sur la figure 4b.

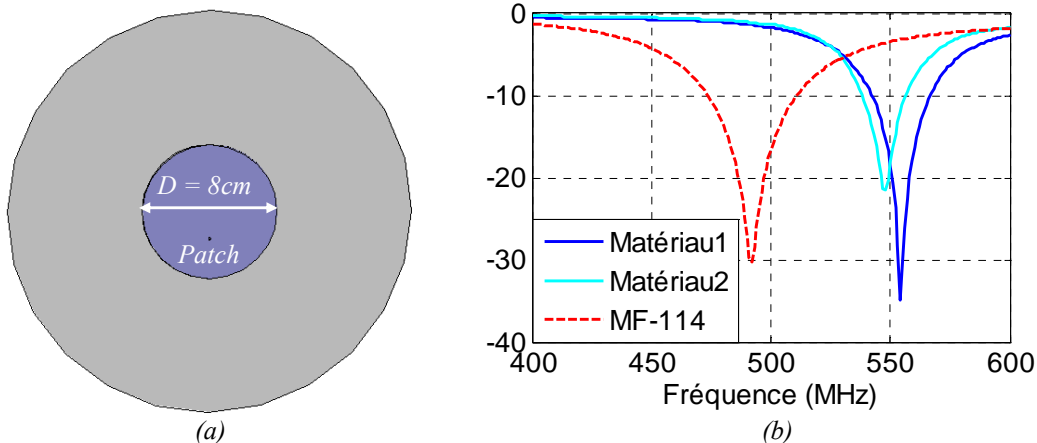


Figure 4 : (a) Géométrie de l'antenne (b) Coefficients de réflexion de l'antenne simulés sur les deux matériaux que nous avons synthétisés (M1 et M2) et sur le matériau du commerce (MF-114)

Les performances de l'antenne sur les deux matériaux sont regroupées dans le tableau suivant :

| | f_r (MHz) | G (dB) | D (dB) | Eff (%) |
|-----------|-------------|----------|----------|-----------|
| Matériau1 | 554 | -3.39 | 5.78 | 12.1 |
| Matériau2 | 548 | -2.62 | 5.75 | 14.5 |
| MF-114 | 492 | -9.14 | 5.35 | 3.5 |

Tableau 1 : Performances de l'antenne sur les matériaux

4. CONCLUSION

L'antenne imprimée sur le substrat M2 est plus performante en termes de gain, que celle imprimée sur le substrat commercial MF-114. Ceci s'explique par le fait que la perméabilité du premier est plus importante, les pertes magnétiques et diélectriques qu'il présente sont plus faibles. Le matériau

M2 semble donc plus adapté pour les applications antennaires allant jusqu'à 700MHz. Il serait intéressant dans l'avenir d'optimiser ce type de matériau pour couvrir une bande de fréquence plus large allant jusqu'au 1GHz avec des bonnes performances en termes de pertes et de valeur de μ supérieur à ϵ pour couvrir des applications tel que le DVB ou autre.

REMERCIEMENTS : Ce travail a été financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) dans le cadre du projet NAOMI et soutenu par le pôle de compétitivité "Images et réseaux".

5. REFERENCES

-
- [1] J.S. Colburn and Y. Rahmat-Samii, Patch antennas on externally perforated high dielectric constant substrates, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 47, no. 12, pp. 1785–1794, Dec. 1999.
 - [2] H. Mosallaei and K. Sarabandi, Ferro-Electric materials for miniaturization Broad-Band Antennas, *IEEE AP-S'04, Antennas and Propagation Society International Symposium and USNC/CNC/URSI National Radio Science Meeting*, Monterey, California, June 20-26, 2004.
 - [3] A.D. Brown, J.L. Volakis, L.C. Kempel, Y.Y. Botros, Patch antennas on ferromagnetic substrates, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 47, no. 1, pp. 26-32, 1999.
 - [4] R.C. Hansen and M. Burke, Antenna with magneto-dielectrics, *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 26, no. 2, pp. 75–78, 2000.
 - [5] C.R. Simovski, M.E. Ermutlu, A.A. Sochava, S.A. Tretyakov, Magnetic properties of novel high impedance surfaces, *IET Microwaves, Antennas & Propagation*, , vol. 1, no. 1, pp. 190-197, Feb. 2007.
 - [6] H. Mosallaei and K. Sarabandi, Magneto-dielectrics in electromagnetics: concept and applications, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 52, no. 6, pp. 1558–1567, June 2004.
 - [7] J. S. Colburn and Y. Rahmat-Samii, "Patch antennas on externally perforated high dielectric constant substrates," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 47, no. 12, pp. 1785–1794, 1999.
 - [8] J-L. Mattei, D. Souriou, A. Chevalier, P. Queffelec, Quelques paramètres de contrôle des propriétés électromagnétiques de ferrites de nickel-zinc dans la bande UHF-V, Présentée aux JCMM 2010 , Brest