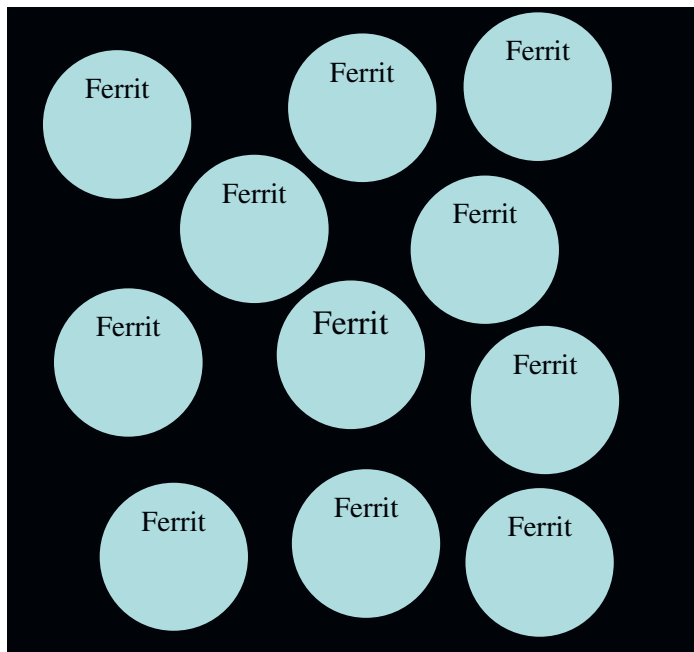


Gyro-Polymerferrit-Material für Höchsthfrequenz- und Radartechnik



Der Stand der Technik der Gyromaterialien beschreibt neue EMV-HF-Möglichkeiten und -Anwendungen mit interessanten Eigenschaften. In dieser Arbeit sollen Gyromaterialien für den EMV-Bereich dargestellt werden, die auch über 2 GHz eingesetzt werden können.

Die EMV-HF-Einsatzmöglichkeiten und -Anwendungen eröffnen sich durch folgende Eigenschaften:

- Nutzen für Spintronic, bei z.B. neuen magnetischen Halbleitern [1]
- Nutzung eines sinnvollen Schirmkonzeptes
- Aufbau eines optomagnetischen Bauelementes [2]
- Anwendung als Frequenzverdoppler
- Aufbau von Gyromaterialien für RAM Materialien [3, 4]
- Verwendung zur Unterdrückung des radialen Magnetfelders für ein depolarisiertes faseroptisches Interferenz Gyroskop [7]
- Möglichkeit, einen negativen Brechungsindex zu realisieren [8]
- Konstruktion von frequenzelektiven Mess-, Absorberbeschichtungen und Filtern [9]

Autoren:

Frank Gräbner,
Ass.Prof.(BG) Dr.*/**
Christian Kallmeyer,
Dipl.-Ing. (FH)*
Pravat Kanti Nath, M. Sc.*

*IMG Electronic & Power Systems GmbH
**University of Ruse, Faculty of Electrical and Electronics Engineering

Physikalische Synthese und Analyse

Es existiert eine deutsche Norm der Messtechnik für Gyromate-

rialien der Mikrowellentechnik DIN EN 60556:2017-02. Jedoch rechtfertigen die folgende Fakten umfangreiche physikalische Synthese und Analyse von magnetischen Gyromaterialien [3] für die EMV:

- Aktuelle EMV-Ferritabsorber absorbieren nur bis 2 GHz.

Die aktuellen EMV-Normen (Industrie, Medizintechnik, Informationstechnik) werden in den Prüfverfahren „HF gestrahlt“ jedoch bis über 2 GHz neue Materialien erfordern. Dieser Widerspruch wird mit den vorgestellten Gyromaterialien gelöst. Diese Einsatzfrequenzen erreichen vorhandene absorbierende Ferritabsorber nicht.

Neue Eigenschaften von Gyromaterialien sind:

- Nutzung des Faraday-Effekts (Polarisationsdrehung Transmission)
- Nutzung des Voigt-Effekts
- Nutzung der Frequenzverdopplung, der Phasenverschiebung und der Steuerbarkeit

Somit wurde dargelegt, dass der Stand der Technik in Bezug auf die Absorption künftiger EMV-Störaussendungsphänomene/Suszeptibilitätsphänomene durchaus unbefriedigend ist und die Entwicklung von neuartigen Materialien für Frequenzen >2 GHz notwendig erscheint. In dieser Arbeit sollen Gyromaterialien für den EMV-Bereich dargestellt werden, die über 2 GHz funktionieren.

Technischer Aufbau der Gyromaterialien

Hier wird die Anwendung der neuentwickelten Gyro-Polymerferrit-Materialien als absorbierende Einfachschicht diskutiert. Die Aufmachergrafik zeigt dazu Ferritpartikel in einer Spezialpolymermatrix (schwarze Farbe). Das Spezialpolymer mit den Ferritpartikeln kann ein europäisches Unternehmen herstellen. Es wurde nach Bild 1 eine

Teststruktur aufgebaut, welche in der Lage ist, die elektromagnetische Welle mit einer Frequenz >2 GHz aufzunehmen.

Gyrotrope Materialien können sein:

- Spezialferrite mit und ohne Spezialpolymer
- vormagnetisierte Plasmen
- Aerosole (mit Ferritpartikeln)

Theoretische Betrachtungen zu Gyromaterialien

Bei Gyromaterialien weisen, aufgrund eines angeregten Drehimpulses, die Suszeptibilitätstensoren unsymmetrische Anteile auf, und die elektromagnetische Strahlung hat anisotrope Ausbreitungswechselwirkungen. Dies ist in Formel 1 zu sehen:

$$\vec{\mu} = \begin{vmatrix} \mu & jk & 0 \\ -jk & \mu & 0 \\ 0 & 0 & \mu \end{vmatrix} \quad (1)$$

Beispiel: Gegeben sei ein unendlich ausgedehntes, gyotropes Material (mit anisotrop vormagnetisierten Ferritpartikeln) mit den folgenden technischen Daten:

f = 5 GHz
M₀ = 1000G/4π
ε_r = 6,1
H₀ = 300 Oe
f₀ = 840 MHz
f_m = 2800 MHz

Wenn vor einer Empfangsrichtung (z.B. Metallstabeinrichtung) ein Gyrotropiematerial die einfallende Welle in Bezug auf die Polarisation so drehen soll, dass der E-Feld-Vektor die Anordnung durchdringen kann, wäre dies mit den angegebenen Materialwerten möglich? Der Faraday-Winkel sei auf z = 9,423 mm bezogen. Als zweite Frage soll geklärt werden, welche Dämpfung die elektromagnetische Welle durch das

$$\mu = \mu_0 \left[1 + \frac{f_0 f_m}{f_o^2 - f^2} \right] = 0,903 \mu_0 \quad (2)$$

$$\kappa = \mu_0 \left[\frac{f f_m}{f_o^2 - f^2} \right] = -0,576 \mu_0 \quad (3)$$

$$\beta^- (\text{phasen} \text{ _ links }) = \omega \sqrt{\epsilon(\mu - \kappa)} = 314,51 \text{ m} \quad (4)$$

$$\beta^+ (\text{phasen} \text{ _ rechts }) = \omega \sqrt{\epsilon(\mu + \kappa)} = 147,81 \text{ m} \quad (5)$$

$$\Phi = -z(\beta^+ - \beta^-) / 2 = 1,57 \text{ rad} \equiv 90^\circ \quad (6)$$

$$Z_{in} = \sqrt{\frac{\mu_r \kappa_r}{\epsilon_r}} \quad (7)$$

$$S_r [dB] = 20 \log \left[\frac{Z_{in} - 1}{Z_{in} + 1} \right] = 4,09 \text{ dB} \quad (8)$$

Material erfährt. Lösung siehe Formel 2-8.

Die durch das gyrotrope Material transmittierte Welle wird um 90° gedreht und ca. 4 dB gedämpft. Die Welle passiert die Empfangseinrichtung, z.B. ein Metallstabgebilde, wenn die Metallstäbe gleich polarisiert sind wie die Ausgangswelle und der Abstand der Gitter weit genug ist.

Es zeigte sich, dass die Werte der Dämpfung der elektromagnetischen Feldstärke im EMV-Fall ebenso wirken.

EMV-Material-Messergebnisse von gyrotropen Materialien

Bild 1 zeigt die Ergebnisse der Bestimmung der elektromagnetischen Materialparameter im Hochfrequenzbereich. Gemessen wurde die Transmissionsdämpfung im Bereich 40...3800 MHz. Offensichtlich ist, dass das Gyromaterial (bestehend aus einem Sonderpolymer und einem Ferritpulver) deutlich gute elektromagnetische Dämpfungseigenschaften besitzt. Somit steht ein Material zur Verfügung, welches

die elektromagnetische Störfeldstärke als EMV-Effekt wirkungsvoll dämpft.

Zusammenfassung

Gyromaterialien werden als nichtlineare Materialien für Bauelemente wie Isolatoren, Zirkulatoren, Phasenschieber und Filter genutzt [6]. Die gyromagnetische Resonanzbandweite (ΔH) ist eine Charakteristik für Mikrowellenferrite und Gyromaterialien. In Tabelle 2 der Veröffentlichung [5] ist zu erkennen, dass Ferrite hohe gyromagnetische Resonanzbandweiten aufweisen. Diese Mikrowellenverluste sind auch für die EMV als Absorptionsverluste bei EMV-Entstörmaterialien nutzbar. An einem Beispiel wird von einem Ferrit, als Gyromaterial, der Faraday-Winkel und der Dämpfungsverlust berechnet.

In der vorgestellten Arbeit wird ein Sonderpolymerferrit, welches auch als Gyromaterial genutzt werden kann, im HF/Radar-Bereich auf Wirksamkeit untersucht.

Zusammenfassend zu den theoretischen und experimentellen Arbeiten kann man sehen, dass ein Gyromaterial die elek-

tromagnetische Welle (z.B. die Funkstörfeldstärke in der EMV) sehr gut dämpft. Es ist die Wirkung im Frequenzbereich von 40 bis 3800 MHz festzustellen. Eine maximale Dämpfung von 54 dB wirkt.

Die IMG und Partner werden in der Zukunft stärker Themen um die Anwendung und Erforschung von EMV-Materialien, Radarmaterialien und Gyromaterialien für die unterschiedlichsten Anwendungen bearbeiten.

Die Autoren sind tätig bei/für: IMG Electronic & Power Systems GmbH und University of Ruse, Faculty of Electrical and Electronical Engineering

Literatur

[1] D. Censor, M.Fox: "First Order Material Effects in Gyromagnetic Systems", Progress In Electromagnetic Research, PIER 35, 217-250, 2002

[2] M. Koledintseva, A. Kitaytsev, V. Konkin: "Application of Composite Gyromagnetic Materials for Absorbing Radiation Produced by Microwave Oven" Proceedings of the International Symposium on Electromagnetic Compatibility, 1999, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Jan 1999, 405-407

[3] S. P. Heims, E. T. Jaynes: "Theory of Gyromagne-

tic Effects and Some Related Magnetic Phenomena", Reviews of Modern Physics, Vol. 34, No 2. 143-165, April 1962

[4] H. G. Beljers: "Determination of the Gyromagnetic Ratio and the Magnetic Resonance Damping Coefficient of Ferrites", Philips Res. Repts 13, 10-16,1958

[5] V. Voronkov: "Microwave Ferrites: the Present and the Future", J. Phys. IV France 7 (1997), S. C1-35

[6] EXXELIA Firmenschrift "Microwave Ferrites & FDA", 07/ 2015, www.exxelia.com/uploads/PDF/d-series-v1.pdf

[7] Zhou, Y., Zhao, Y., Zhang, D., Shu, X., & Che, S.: "A New Optical Method for Suppressing Radial Magnetic Error in a Depolarized Interference Fiber Optic Gyroscope", Scientific Reports, 8 (1), 1972

[8] Shen, J. Q. (2006): "Negative refractive index in gyrotropically magnetoelectric media", Physical Review B, 73 (4), 045113

[9] Koledintseva, M. Y., Mikhailovsky, L. K., & Kitaytsev, A. A. (2000): "Advances of Gyromagnetic Electronics for EMC problems. In Electromagnetic Compatibility", 2000, IEEE

International Symposium on (Vol. 2, pp. 773-778) ◀

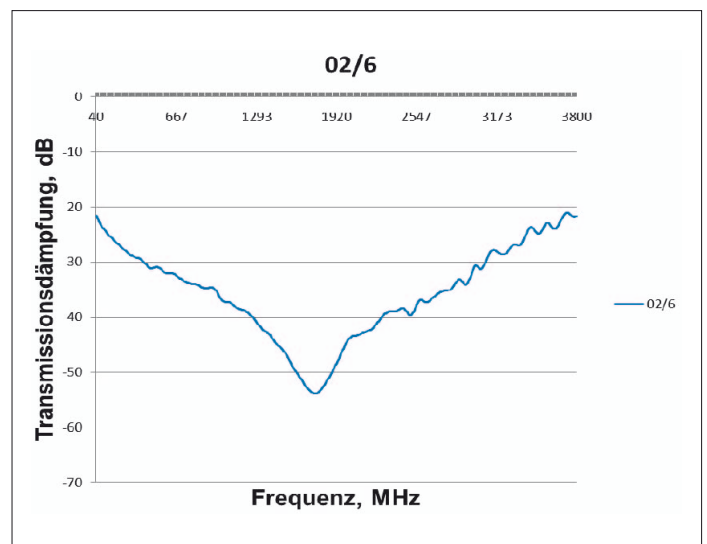


Bild 1: Messkurve, s. Text