

Hexaferrite für die elektromagnetischer Verträglichkeit (EMV) im Frequenzbereich von 1000 MHz bis 6000 MHz

NEUARTIGE EMV ENTSTÖRFERRITE DER ZUKUNFT

Gräbner, Frank, Ass.Prof.(BG), Dr.-Ing. *,**

0. GRUNDPROBLEM DER NEUTIGEN EMV FERRIT ENTSTÖRMATERIALIEN

Für die neuen EMV Probleme der Informationstechnik, Elektronik, Steuerungstechnik und Industrieelektronik gibt es auf dem Markt keine effektiv nutzbare EMV Entstörferritmaterialien. Metalle haben deutliche Nachteile der Resonanzen, das heißt der Schirmdämpfungseinbrüche.

In Bild 1 sind EMV Störungen eines heutigen Prüflings zu sehen. Deutlich sind Frequenzen > 1 GHz zu sehen.

Die Entwicklung von noch nicht vorhandenen EMV Entstörmaterialien für einen Frequenzbereich $f > 2 - 9$ GHz ist somit nach Bild 1 wichtig für die zukünftige Elektronik [1,2,3].

Denn heutige EMV Entstörferrite sind nicht für zum Beispiel PC Technik mit CPU Frequenzen von 2-3 GHz ausgelegt.

In Bild 2 ist die Anwendungsfrequenz von bekannten EMV Entstörmaterialien zu sehen.

Neuartige EMV Entstörmaterialien der Jahre 2013 - 2020 dienen als Ergänzung zu einem vorhandenen Metall bzw. einer vorhandenen Metallschicht, die zu Mehrfachreflexionen der HF-Strahlung führen. Oder sie stehen als Sintermaterialien wie SMD Ferrite/ Klappferrite zur Verfügung. Die Reflexionen können lokale Feldstärkeüberhöhungen innerhalb von elektronischen Geräten erzeugen und zu Störungen führen.

Die Nachteile von vorhandenen EMV Materialien im Jahr 2012 werden mit neu zu entwickelnden EMV Entstörmaterialien (keine Metalle) verbessert und diese Materialien arbeiten in den Frequenzbereichen, welche ab dem Jahr 2013 immer mehr eine Rolle spielen.

Dies ist in Bild 3 zu sehen.

Hintergrund ist dabei eine drastische Dämpfung durch die magnetische EMV Entstörmaterialien in Form von Absorption der Mehrfachreflexion zu erhalten und somit diese zu reduzieren, die Wärmebildung gleichmäßig zu verteilen und dadurch für den Gerätebetrieb unschädlich zu machen.

1. EINLEITUNG

Der zunehmende Betrieb von elektronischen Hochfrequenzgeräten führt zu einer zunehmenden HF-Belastung der bei der Entwicklung neuartiger Geräten, sowie Informationstechnikgeräten Rechnung getragen werden muss. Dies kann durch den Einsatz hochfrequenzabsorbierender Materialien erfolgen. Hierdurch kann die Betriebssicherheit erhöht, und die Gefahr einer bewussten oder unbewussten Beeinflussung (

EMV) notwendiger Komponenten reduziert werden. Diese HF-Reflexionen an metallischen Oberflächen können durch den Einsatz von Plattenmaterial entsprechender Wirkung [2] reduziert werden. Hierdurch wird die Funkstörfeldstärken an modernen Informationsgeräten (PC mit CPU 3 GHz, Industrie PC mit 2 GHz, GPS, Tablet usw.) bei Harmonischen der 3 GHz, bei Frequenzen > 6 - 9 GHz liegen. In diesen Frequenzbereichen liegen die vorhandenen Ferrit Entstörmaterialien nicht. Die Endfrequenzen sind bei den besten Sinterferriten (z. B. von Würth) bei 1-2 GHz.

Das ist das Problem, dass für die neuen EMV Probleme der Informationstechnik, nach den Normen der EMV, es keine auf dem Markt vorhandenen EMV Materialien für Absorption gibt.

Diese hexagonale Ferrit Materialien dienen als Ergänzung zu einem vorhandenen Metall bzw. einer vorhandenen Metallschicht, die zu Mehrfachreflexionen der HF-Strahlung führen [4]. Die Reflexionen können lokale Feldstärkeüberhöhungen innerhalb von elektronischen Geräten erzeugen und zu Störungen führen.

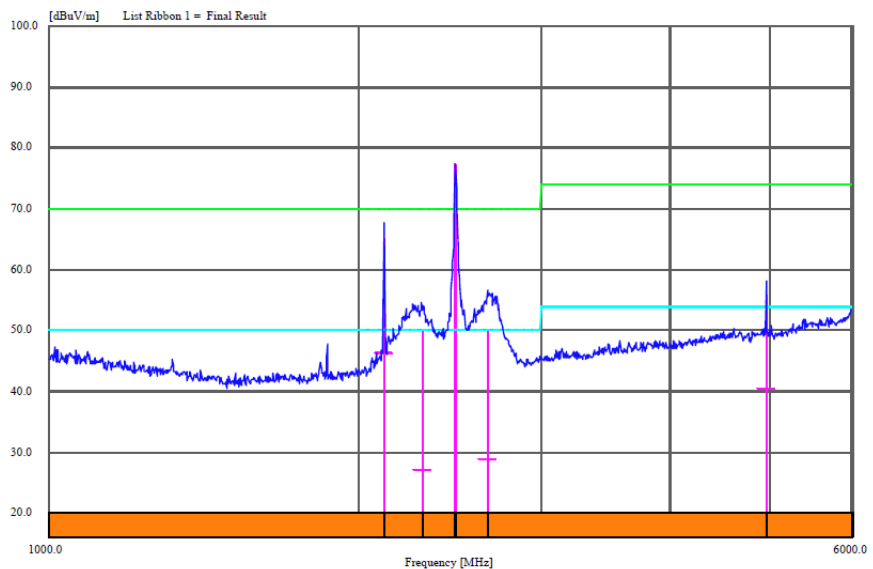


Bild 1: EMV Störfeldstärke eines Prüflings aus heutiger Zeit (Messung des IMST in Kamp Lintfort), Störfrequenzen bei 2,2 GHz; 2,6 GHz und rund 5 GHz

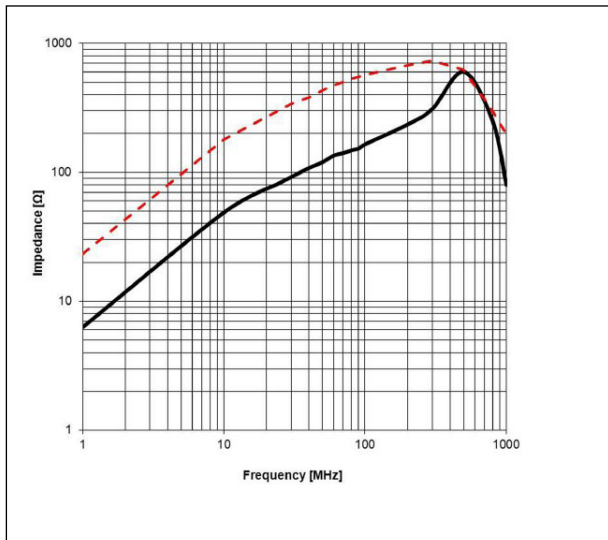


Bild 2: Nicht ausreichende Frequenzbandbreiten von 2012/2013 vorhandenen EMV Materialien für Störer 2 GHz (CPU, höherfrequente Quarze, innere Oszillatoren), Resonanzfrequenz = 500 MHz

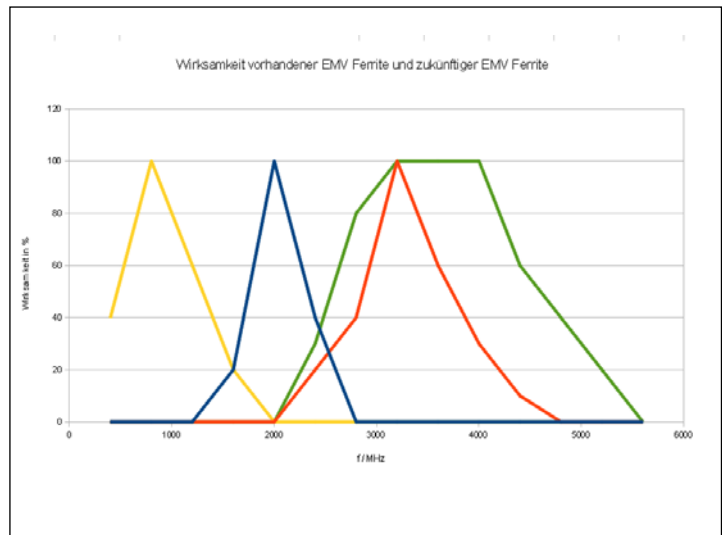


Bild 3: Darstellung der Wirksamkeit von herkömmlichen EMV Materialien und zukünftiger EMV Materialien (gelbe Linie - Wirksamkeit heutiger Entstörmaterialien 2012, blaue Linie - EMV Störer der Jahre 2013-2017, rote Linie - EMV Störer der Jahre 2017-2020, grüne Linie - Wirksamkeit der EMV Zukunftsmaterialien der Jahre 2013 - 2020)

In Bild 4 ist das Beispiel eines weichmagnetischen Ferritpulvers in Kautschuk zu sehen. Dieses vorhandene EMV Ferritmaterial wirkt als Weichferrit auch bis in höchste Frequenzbereiche wie rund 100 GHz, jedoch nur mit 10 dB Absorption, da die Resonanzfrequenz des Weichferrites nicht für die Zukunftsfrequenzen ausreicht.

2. THEORETISCHE BETRACHTUNGEN

Die theoretischen Betrachtungen sollen die Gefüge Eigenschaftsabhängigkeit der neuen Ferrit EMV Bauelemente zeigen.

Im Strukturbild (Bild 5) ist die vereinfachte Kristallstruktur eines neuartigen Hexaferrit EMV Materials zu sehen. Beispiele diese hexagonalen Struktur sind Ferrite des W Typs, Y Typs und Z Typs. Klar zu sehen ist die anisotrope Struktur. Es gibt eine kristallographische Vorzugsachse [5].

Vertreter dieser Zukunftsferrite sind Bariumferrite, Strontiumferrite und z.B. Kobaltferrite mit den unterschiedlichen Mischformen und Stöchiometrien [6], Bild 5.

Die Größen M , H , μ , X und B sind komplexe, Zeit, Frequenz und ortsabhängige Größen. Die Landau Lifschitz Gleichung (1) beschreibt stark vereinfacht das Absorptionsverhalten von Ferriten z.B. :

$$\frac{dM}{dt} = \gamma (M_x H_{eff}) \quad (1)$$

Nach komplexen Umformungsschritten gilt das Gleichungssystem (2 - 4) :

$$j\omega M_x = -2^{\omega_0} M_y + 2^{\omega_m} H_y \quad (2)$$

$$j\omega M_y = -2^{\omega_0} M_x + 2^{\omega_m} H_x \quad (3)$$

$$j\omega M_z = \gamma (M_x H_y - M_y H_x) \quad (4)$$

Unter Nutzung von :

$$B = \mu_{rel} \mu_0 H \quad (5)$$

und nach weiteren Auflösungen und unter Einbeziehung des Inversionsgrades ξ gilt nach Rozanov/ Koledintseva [7] :

$$\mu'' = \frac{\omega \gamma M \xi}{\omega^2 - \omega_0^2} \quad (6)$$

γ - Gyrotropiekonstante
 ω - Kreisfrequenz

Die Absorption bei neuartigen Hexafer-

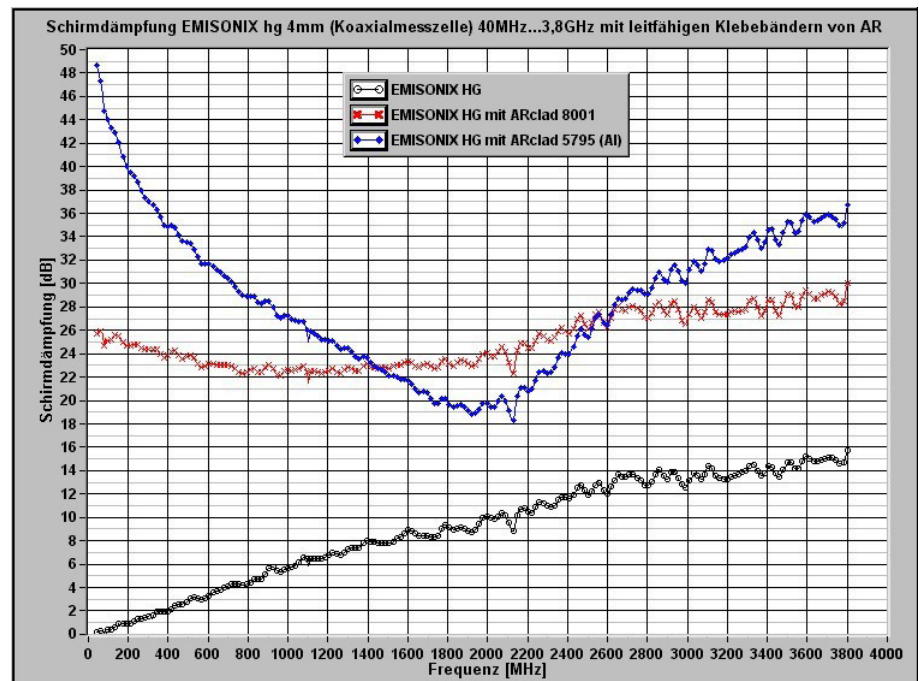


Bild 4: Schirmdämpfung des EMISONIX Vergleich (weichmagnetisches Ferritpulver in Kautschukmatrix, Dicke 6 mm), [9]

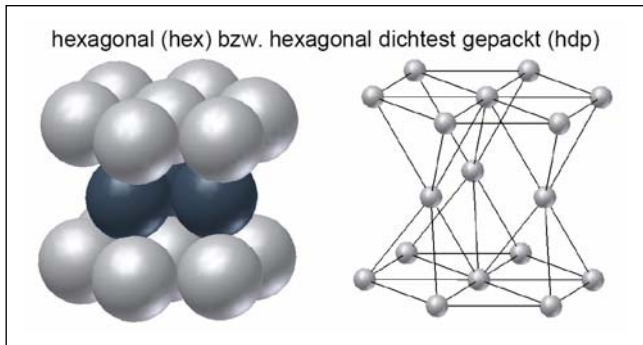


Bild 5: Struktur eines hexagonalen Ferrites - Struktur der EMV Zukunftsferrite [8]

ritmaterialien in Abhängigkeit vom Inversionsgrad und unterschiedlicher Hexaferrite mit unterschiedlichen Strukturen und den daraus folgenden Resonanzfrequenzen ω_0 kann mit Formel (6) beschrieben werden.

Die Absorptionsabhängigkeit eines neuartigen Ferrit Compounds vom Füllgrad, Resonanzfrequenz und von der Partikelform des Ferritkristalls ist in der Maxwell Garnett Formel zu sehen [7].

Maxwell Garnett Misch Gesetz nach [7]:

$$\frac{X_{eff}}{1 + nX_{eff}} = p \frac{X_{incl}}{1 + nX_{incl}}$$

- p Volumenanteil Ferrit in Compound
- X_{eff} Effektive magnetische Suszeptibilität des Compounds
- X_{incl} Magnetische Suszeptibilität des Ferrites
- n Form Faktor des Ferrites

Im Ergebnis der theoretischen Betrachtungen sind folgende Thesen zu synthetisieren den neuen EMV Entstörferriten für die Zukunft festzustellen:

- 1) **Inversionsgrad:** Für eine gute EMV Entstöreeigenschaft ist eine hohe Absorption der elektromagnetischen Welle notwendig. Dazu sollte im Hexaferrit der Zukunft ein hoher Inversionsgrad im Kristall angetrebt werden.
- 2) **Volumenanteil:** In einem Stoffgemisch, z.B. einem Compound sollte ein möglichst hoher Volumenanteil Ferrit sein .
- 3) **Resonanzfrequenz:** Um in die hohen Zukunftsfrequenzen der neuen technischen Anwendungen zu kommen sollten die EMV Zukunftsferrite hohe Resonanzfrequenzen haben. Dies ist nur über Hexaferrite gegenüber den heutigen Weichferriten möglich.

3. EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNG

In den experimentellen Untersuchungen wurde mit Transmissionsdämpfungsmes-

sungen an einem Hohlleitersmessungen die HF Verluste in nicht elektrisch leitenden Polymer Ferrit Folien bestimmt.

Die Transmissionsdämpfungsmessung wurde von 5,8 Ghz bis 8,2 Ghz durchgeführt.

In Bild 6 ist die Messanordnung zu sehen. In den folgenden Bildern ist die Dämpfung der neuartigen Hexaferrit EMV Materialien dargestellt.

Eine Bariumferritpolymerfolie (Bild 7) als neuartiges EMV Entstörmaterial für die höheren Frequenzen besitzt einen HF Verlust von rund 6 dB. Dicke des Materials war nur 1 mm. Von der roten Referenzgeraden ist der Messwert nach unten in den Minus dB Bereich zu lesen.

Bei der Auswertung der Experimente ist festzustellen, dass alle Folienarten mit eingemischtem neuartigem EMV Hexa Ferrit reproduzierbar in den hohen Frequenzbereichen von 5000 Mhz - 8000 MHz gute Dämpfungswerte aufweisen.

Die optimalste Mischung stellte ein Material mit Hexaferritpulver vermischt mit Mn Zn Ferrit dar. Dieses Material wies bei einer Foliendicke von 1mm eine gute Wirkung von 12 dB auf.

4. ERGEBNISZUSAMMENFASSUNG

Es ist in diesem Artikel die Notwendigkeit der Nutzung neuer EMV Ferrite nachgewiesen worden, da auf dem Markt die vorhandenen weichmagnetischen Ferrite (Bild 2) - wegen der Kristallstruktur - nicht die Möglichkeit haben, die EMV Störer der Zukunft in Frequenzbereichen > 3000 MHz zu erreichen (Bild 3), dass neuartige EMV Entstörferrite zu nutzen sind .

Mit theoretischen Betrachtungen wurde nachgewiesen, dass ein hoher Inversions-



Bild 6: Transmissionsmessungen mit IEC Hohlleiter

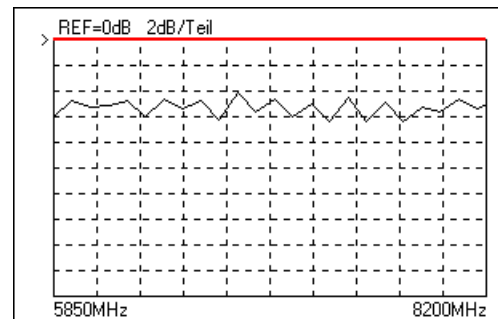


Bild 7: Transmissionsdämpfung im Hohlleiter, Bariumferritpolymerfolie ohne Mn Zn Ferrit (INNOVENT Jena), Wirkung = 6 dB

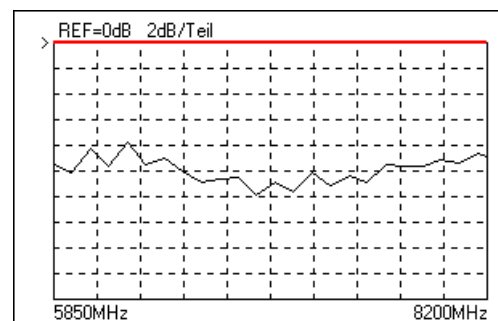


Bild 8: Transmissionsdämpfung im Hohlleiter Bariumferritpolymerfolie mit Mn Zn Ferrit (Innovent Jena); Wirkung bis 12 dB

grad, eine hohe Anisotropie und ein hoher Füllgrad von Ferrit dazu notwendig ist. Erste experimentelle Untersuchungen zeigten gute Dämpfungen einen sehr dünnen Folie von 1 mm Dicke mit 12 dB bei Anwendung eines neuartigen EMV Hexaferrites auf.

Interessant ist die Vergleichsprobe der Fer-

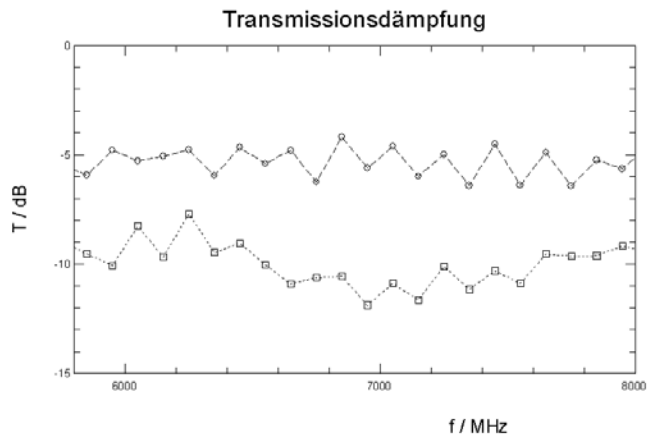


Bild 9: Transmissionsdämpfung im Hohlleiter (Kurve mit Rechtecken - Bariumferrit Polymerfolie mit MnZn Ferrit , Kurve mit Kreisen - Bariumferrit Polymerfolie ohne MnZn Ferrit, Referenzlinie 0 dB)

ritmischung aus Bariumhexaferrit und MnZn Ferrit. Es ist ein höherer HF Verlust auch im interessanten Frequenzbereich von 5000 MHz - 8000 MHz dieser Ferritmischung gegenüber dem reinen hexagonalen Bariumhexaferrit zu konstatieren.

Damit ist ein sehr großer Bereich von Anwenden und Anwendungsbereichen gegeben: PC Technik, DSP , Gbit Switch Technik, Funkanwendungen WLAN, Industrie PC Technik.

Es ist dringend der Übergang von den heute nicht mehr in allen Technikgebieten wirkenden weichmagnetischen EMV Ferriten zu

den vorgestellten neuartigen EMV Hexaferriten zu finden.

5. LITERATUR

[1] Ötzgür et all. submitted to Journal of Material Science Materials in Electronics 2009 „ Microwave Ferrites part 1 „

[2] Charangjet Sing Hysteresis analysis of Co-Ti substituted M-Type Ba-Sr hexagonal-ferrite, Materials Letters 63 (2009) 1921-1924

[3] N. Dishovsky Rubber Based Composites Witch Active Behavior To Microwaves, Journal of the University of Chemical Tech-

nology and Metallurgy, 44, 2, 2009

[4] Hiroyasu Ota Broadband Microwave Absorber Using M-type hexagonal Ferrites, IEEE 1999, 0-7803-5057-X/99

[5] Nakamura, T Control of high frequency permeability in polycrystalline (Ba,Co) Z-Type hexagonale ferrite, Journal of Magnetic Materials and Magnetism 257 (2003) 158-164

[6] Charangjet Sing Electromagnetic Properties of Co Zr Substituted Ba Sr Ferrite Parafin Wax Composite for EMI/ EMC Applications, 978-1-4244-6051-9/11/2011 IEEE

[7] Rozanov, INTECH 2012, <http://dx.doi.org/10.5772/48769> Koledintseva

[8] Ulrich Rapp hexagonale Ferrite – Strukturen, 2012 , www.ulrich-rapp.de

[9] www.hoermann-img.de

Autoren
*), **=