

Peningkatan Sifat Absorpsi Gelombang Elektromagnetik Melalui Rekayasa Mikrostruktur dan Struktur Sel Material Penyerap Sistem Barium Hexaferrite = The Enhancement of Electromagnetic Wave Absorption Properties Through Microstructure Engineering and Cell Structure of Barium Hexaferrite Absorbing Material System

Yana Taryana, author

Deskripsi Lengkap: <https://lib.ui.ac.id/detail?id=9999920554595&lokasi=lokal>

Abstrak

RAM (Radar Absorbing Material) merupakan sebuah bahan yang dapat menyerap dan melemahkan gelombang elektromagnetik. Dalam satu dekade terakhir, RAM banyak menggunakan bahan berbasis Barium Hexaferrite karena sifat-sifatnya yang memiliki magnetisasi saturasi (M_s), medan koersivitas (H_c), medan anisotropi (H_a) dan konstanta anisotropi (K) yang besar, dan frekuensi resonansi yang tinggi. Sifat-sifat dasar tersebut berkaitan erat dengan sifat serapan gelombang elektromagnetik. Pada penelitian ini dilakukan rekayasa mikrostruktur dan struktur sel senyawa barium hexaferrite ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) dengan komposisi $\text{BaFe}_{(12-x)}\text{Sn}_{0,5x}\text{Zn}_{0,5x}\text{O}_{19}$ ($x = 0,0 - 1,0$) dan komposisi $\text{BaFe}_{(11,65-x)}\text{Sn}_{0,35}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$ ($x = 0,0, 0,05, 0,1, \text{ dan } 0,15$) pada perubahan struktur parameter kristal, sifat magnetik, dan pengaruhnya terhadap sifat serapan gelombang elektromagnetik dalam jangkauan frekuensi RADAR. Penyiapan sampel dilakukan melalui reaksi pemaduan basah secara mekanik (mechanical alloying). X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscope (SEM), permagraph, dan vector network analyzer (VNA) masing-masing digunakan untuk mengamati dan menganalisis fasa dan struktur kristal, morfologi permukaan, sifat-sifat magnetik, dan serapan gelombang elektromagnetik. Material fasa tunggal $\text{BaFe}_{(12-x)}\text{Sn}_{0,5x}\text{Zn}_{0,5x}\text{O}_{19}$ diperoleh pada komposisi $x = 0,35$ memiliki grain seragam terdistribusi secara acak dengan ukuran rata-rata grain meningkat dari 126 nm pada komposisi $x = 0,05$ sampai 154 nm pada komposisi $x = 0,35$ sedangkan pada komposisi $x > 0,35$ menurun secara drastis hingga 71 nm pada komposisi $x = 1,0$. Sifat-sifat magnetik M_s , H_c , H_a , dan K_1 menurun dengan pertambahan kandungan x dalam sampel. Sementara, sifat serapan gelombang elektromagnetik meningkat dengan bandwidth yang lebar karena penurunan H_c . Serapan maksimum terjadi pada komposisi $x = 0,35$ dengan reflection loss (RL) sebesar -28,09 dB (menyerap 96,06 % intensitas gelombang yang datang) pada frekuensi 9,92 GHz dan bandwidth 3,10 GHz. Optimalisasi penyerapan gelombang RADAR ditelusuri pada material dengan komposisi $\text{BaFe}_{(11,65-x)}\text{Sn}_{0,35}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$ ($x = 0,0, 0,05, 0,1, \text{ dan } 0,15$). Fasa tunggal terjadi pada semua komposisi dengan struktur mikro terdiri dari grain terdistribusi secara random. Ukuran rata-rata grain adalah 91 nm pada $x = 0,0$ mengalami sedikit peningkatan sampai 142 nm pada $x = 0,15$. Optimalisasi penyerapan gelombang RADAR pada material $\text{BaFe}_{(11,65-x)}\text{Sn}_{0,35}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$ terjadi pada komposisi $x = 0,05$ dengan RL sebesar -36,39 dB (menyerap 98,48 % intensitas gelombang yang datang) pada frekuensi 9,96 GHz dengan bandwidth 2,74 GHz. Terjadi peningkatan nilai RL sebesar 2,42 % dibandingkan dengan penyerapan optimal material penyerap $\text{BaFe}_{(12-x)}\text{Sn}_{0,5x}\text{Zn}_{0,5x}\text{O}_{19}$ komposisi $x = 0,35$. Peningkatan ini disertai dengan penurunan bandwidth sebesar 11,61 %. Hasil penelusuran efek ukuran partikel terhadap optimalisasi penyerapan memperlihatkan semakin kecil dan seragam ukuran partikel, semakin besar penyerapan intensitas gelombang elektromagnetik disertai dengan pergeseran frekuensi puncak serapan ke frekuensi yang lebih rendah dan bandwidth yang semakin sempit. Maksimum RL diperoleh pada material dengan komposisi

BaFe_{11,6}Sn_{0,35}Zn_{0,05}O₁₉ berukuran rata-rata partikel 400 mesh -53,45 dB atau menyerap 99,79 % intensitas gelombang yang datang pada frekuensi 9,42 GHz, bandwidth 0,4 GHz. Kesimpulan umum dari hasil penelitian ini adalah substitusi ion Sn⁴⁺ dan Zn²⁺ terhadap ion Fe³⁺ pada senyawa BaFe₁₂O₁₉ efektif menurunkan koersivitas dan mempertahankan magnetisasi remanen. Nilai RL material penyerap komposisi BaFe_{11,6}Sn_{0,35}Zn_{0,05}O₁₉ mencapai 98,48 % (- 36,39 dB) dengan bandwidth 2,74 GHz dalam jangkauan frekuensi Radar (x-band). Peningkatan lanjut nilai RL mencapai 99,79 % (-53,45 dB) dapat diperoleh dengan mengecilkan ukuran rata-rata partikel lolos saringan 400 mesh disertai konsekuensi penurunan bandwidth sebesar 85,40 %.

.....Radar Absorbing Material (RAM) is material capable of absorbing and reducing electromagnetic waves. Over the last decade, most RAM has been made from materials based on barium hexaferrites due to its properties which have high values of saturation magnetization (M_s), coercivity (H_c), anisotropic field (H_a), magnetocrystalline anisotropic constant (K_1), and a high natural resonance frequency. These properties are closely related to the absorption properties of electromagnetic waves. In this study, the modification of barium hexaferrite (BaFe₁₂O₁₉) to BaFe(12-x)Sn_{0,5x}Zn_{0,5x}O₁₉ ($x = 0.0 - 1.0$) and BaFe(11,65-x)Sn_{0,35}Zn_xO₁₉ ($x = 0.0, 0.05, 0.1, \text{ and } 0.15$) compositions was performed, which led to changes in crystal structure parameters, magnetic properties and their effect on electromagnetic wave absorption properties within the RADAR frequency range. The samples were prepared via a wet mechanical alloying reaction. X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscope (SEM), permeagraph and vector network analyser (VNA) were used to observe and analyse phases, crystal morphology, magnetic properties and absorption of electromagnetic wave, respectively. The single-phase material BaFe(12-x)Sn_{0,5x}Zn_{0,5x}O₁₉ obtained at composition $x = 0.35$. The microstructure consisted of uniform grains whose orientation was random and the mean size of the grains changed from 126 nm at composition $x = 0.05$ to 154 nm at composition $x = 0.35$. While at composition $x > 0,35$ it decreased dramatically to 71 nm at composition $x = 1,0$. The magnetic properties of M_s , H_c , H_a , and K_1 decreased with increasing x content in the sample. Meanwhile, the absorption properties of electromagnetic waves increase with a large bandwidth as a result of a decrease in H_c . The maximum absorption occurred in the $x = 0.35$ composition with a reflection loss (RL) of -28,09 dB (absorb 96.06% of the incoming wave intensity) at a frequency of 9.92 GHz and a bandwidth of 3.10 GHz. The optimization of the absorption of RADAR waves has been traced to the composite materials BaFe(11.65-x)Sn_{0.35}Zn_xO₁₉ ($x = 0.0, 0.05, 0.1 \text{ and } 0.15$). Single-phase materials were obtained in all compositions with a microstructure composed of randomly oriented grains. The mean grain size is 91 nm at $x = 0.0$, rising slightly to 142 nm at $x = 0.15$. Optimization of RADAR wave absorption on BaFe(11.65-x)Sn_{0.35}Zn_xO₁₉ material occurs at composition $x = 0,05$, resulted in RL of -36.39 dB (absorbs 98.48% of the incoming wavelength) at a frequency of 9.96 GHz with a bandwidth of 2.74 GHz. The RL value increased by 2.42% compared to the optimum absorption of BaFe(12-x)Sn_{0.5x}Zn_{0.5x}O₁₉ at $x = 0.35$. The increase was accompanied by 11.61 % decrease in bandwidth. The effect of particle size on absorption shows that the smaller and more uniform the particle size, the greater the absorption of magnetic waves. The increase in absorption was accompanied by a shift in the absorption peak frequency to a lower frequency and narrower bandwidth. The largest RL was obtained from material with a composition of BaFe_{11.6}Sn_{0.35}Zn_{0.05}O₁₉, with the mean particle size of 400 mesh (37 m). This resulted in RL of -53.45 dB or absorbing 99.79% of incoming wave intensity at a frequency of 9.42 GHz and a bandwidth of 0.4 GHz. The general conclusion from the results of this study is that the substitution of Sn⁴⁺ and Zn²⁺ ions on Fe³⁺ ions in BaFe₁₂O₁₉ compounds is effective in reducing coercivity, and maintaining remanent

magnetization. $\text{BaFe}_{11.6}\text{Sn}_{0.35}\text{Zn}_{0.05}\text{O}_{19}$ has reached 98.48% (-36.39 dB) with a bandwidth of 2.74 GHz in the radar (x-band) frequency range. In addition, an increase in RL to 99.79% (-53.45 dB) was achieved by reducing the mean particle size through a 400 mesh filter with a substantial decrease in bandwidth of 85.40%.