

**ISTRAŽIVANJE MAGNETSKE SUSCEPTIBILNOSTI
AMORFNIH I RELAKSIRANIH
BINARNIH SISTEMA ZrCu**

**INVESTIGATION OF MAGNETIC SUSCEPTIBILITY IN
AMORPHOUS AND RELAXED
BINARY ZrCu SYSTEMS**

Doc.Dr.Sc. Suada BIKIĆ, physicist
Faculty of Metallurgy and Materials Science, Zenica, B&H

Mr.Sc. Suada SULEJMANOVIĆ, physicist and Nusret BAJROVIĆ, physicist
Faculty of Sciences, Dept. Physics, Sarajevo, B&H

Doc.Dr.Sc. Izet GAZDIĆ, physicist
Faculty of Sciences, Dept. Physics, Tuzla, B&H

Doc.Dr.Sc. Diana ĆUBELA, B.Sc. and Mr.Sc. Almida GIGOVIĆ-GEKIĆ, B.Sc.
Faculty of Metallurgy and Materials Science, Zenica, B&H

REZIME

U ovom radu su prezentirani rezultati istraživanja magnetske susceptibilnosti amorfnih i relaksiranih binarnih sistema Zr₄₉Cu₅₁, Zr₄₀Cu₆₀, Zr₃₅Cu₆₅. Dobijeni amorfni sistemi nakon ispitivanja su relaksirani na temperaturi od 573K u trajanju od 5 sati.

Ovo je bila eksperimentalna provjera teorijskih rezultata kvantne teorije paramagnetizma amorfnih i uređenih sistema.

Ispitivanja magnetske susceptibilnosti kao funkcije temperature uzorka su se izvodila u intervalu od 80K do 250K. Za ova istraživanja korištena je specijalna, jako osjetljiva metoda za mjerenje ac magnetske susceptibilnosti koja omogućava istovremeno mjerenje realne i imaginarne komponente magnetske susceptibilnosti.

Istraživanja su fundamentalna i pripadaju oblasti fizike čvrstog stanja i fizike metala.

Dobijeni rezultati su prezentirani grafički.

Ključne riječi: amorfni metalni sistem, ac susceptibilnost, paramagnetizam

ABSTRACT

In this paper the investigation of magnetic susceptibility in binary amorphous and relaxed Zr₄₉Cu₅₁, Zr₄₀Cu₆₀, Zr₃₅Cu₆₅ systems was reported. Amorphous systems were relaxed at temperature 573K for 5 hours.

That was the test of the theoretical results of the quantum theory paramagnetism of the amorphous system and the crystal system.

The tests were realized in temperature range from 80K to 250K by investigation the temperature dependence of the magnetic susceptibility. For this investigation was used a special sensitive method for measuring ac magnetic susceptibility which enabled a simultaneous measurement of the real and the imaginary component of the susceptibility.

The research is fundamental, i.e. belongs to physics of the solid state and physics of metals.
The obtained results are presented graphically.

Keywords: Amorphous Metallic Alloys, ac Susceptibility, Paramagnetism

1. UVOD

Teorijsko razmatranje paramagnetizma amorfnih metala i kristalnih metala daje slijedeće relacije za paramagnetsku susceptibilnost koje imaju opći karakter

$$\chi_a = 4\pi \left(\frac{2m}{h^2} \right)^{3/2} \mu_B^2 E_F^{1/2} \left\{ \left[1 - \frac{1}{8} \left(\frac{\eta}{E_F} \right)^2 \right] - \frac{\pi^2}{24} \left(\frac{kT}{E_F} \right)^2 \left[1 + \frac{15}{8} \left(\frac{\eta}{E_F} \right)^2 \right] \right\}, \quad (1)$$

$$\chi_{cr} = 4\pi \left(\frac{2m}{h^2} \right)^{3/2} \mu_B^2 E_F^{cr/2} \left[1 - \frac{\pi^2}{24} \left(\frac{kT}{E_F^{cr}} \right)^2 \right], \quad (2)$$

gdje su:

m - masa elektrona

h - Planckova konstanta

μ_B - Bohrov magneton

E_F - Fermijev nivo

k -Boltzmanova konstanta

T - apsolutna temperatura

η - koeficijent raspršenja.

Relacija (1) odnosi se na amorfne metale, a relacija (2) na kristalne metale. Komparacijom relacija (1) i (2) paramagnetska susceptibilnost sistema se povećava pri prelasku sistema iz amornog u kristalno stanje.

Za mjerenje magnetske susceptibilnosti korištena je „ac tehnika“, jako osjetljiva metoda koja omogućava istovremeno mjerenje realne i imaginarne komponente magnetske susceptibilnosti [1]. Ukupna magnetska susceptibilnost jednaka je

$$Mag.sus. = \sqrt{(\text{Re}.sus.)^2 + (\text{Im}.sus.)^2}. \quad (3)$$

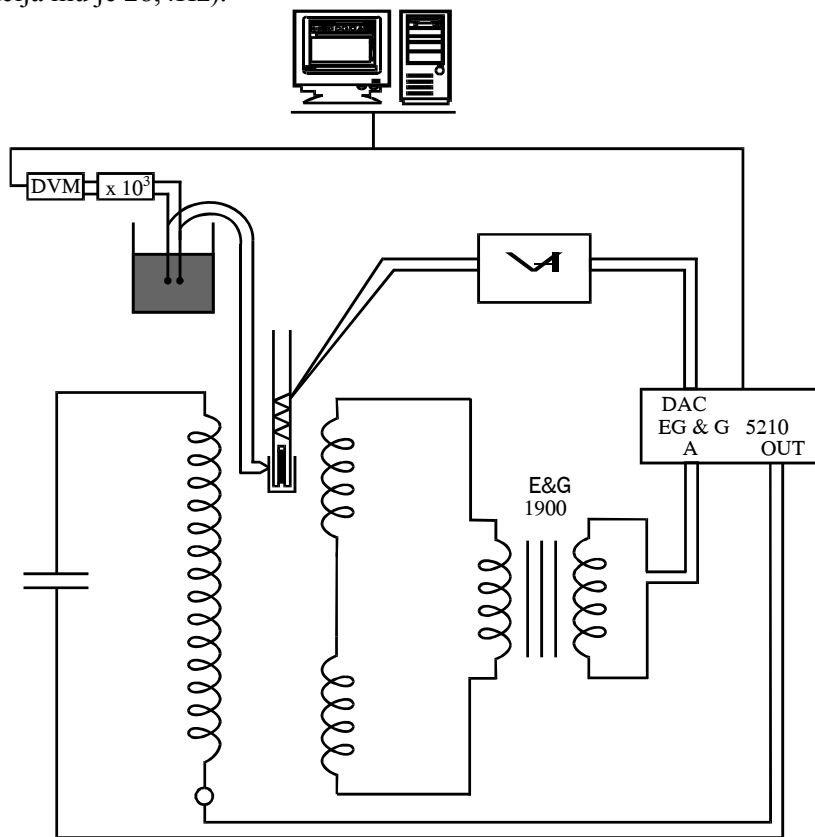
2. EKSPERIMENTALNO ISTRAŽIVANJE

U Laboratoriji za fiziku metala na Prirodno-matematičkom fakultetu u Sarajevu proizvedene su legure sastava Zr35Cu65 (Zr: 35 at.%; Cu: 65 at.%), Zr40Cu60 (Zr: 40 at.%; Cu: 60 at.%), Zr49Cu51 (Zr: 49 at.%; Cu: 51 at.%) u elektro-lučnoj vakuumskoj peći u atmosferi argona. Dobijene legure su na sobnoj temperaturi imale svojstva paramagnetika.

Nakon dobijanja navedenih legura od njih su se proizvele amorfne trake tz. melt-spinning metodom [2].

Na amornim trakama ispitivana je magnetska susceptibilnost u ovisnosti o temperaturi uzorka koja se kretala u intervalu od 80K do 250K. U tom temperaturnom intervalu trake su bile paramagnetične. Dat je shematski prikaz sistema za mjerenje magnetske susceptibilnosti na slici 1. gdje su: EG&G 5210 fazno osjetljivi detektor (lock-in amplifier) koji služi kao izvor ac signala napona od 1V i jačine struje od 1mA, zatim kao izvor dc napona od 1V do 15V i kao instrument za mjerenje izlaznog naponskog ac signala sa uzorka čija se osjetljivost kreće od 3V do

1nV, DVM-Keithley (instrument za mjerenje napona sa tačnošću do šeste decimale-temperature), V-I-potencijometar i EG&G 1900-transformator (pojačalo koje pojačava signal od 10 do 1000 puta, radna frekvencija mu je 28,4Hz).



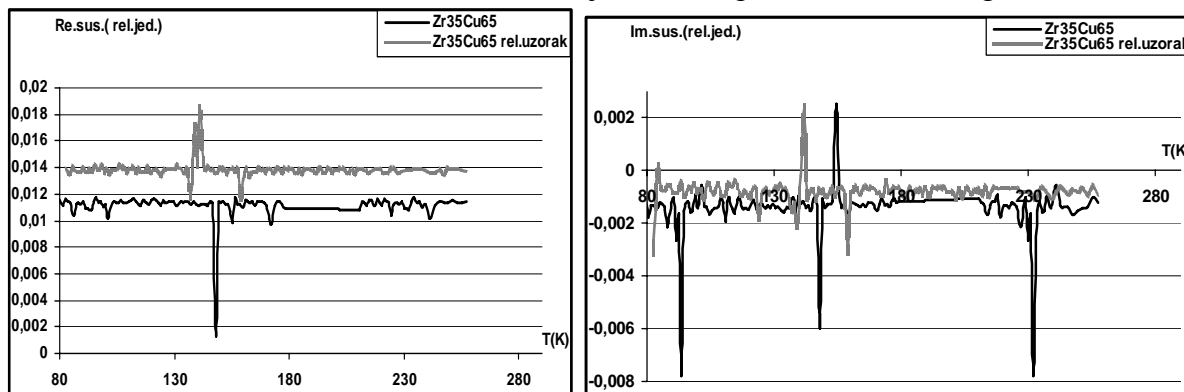
Slika 1. Shematski prikaz sistema za mjerenje magnetske susceptibilnosti.

Isti uzorci su zagrijani na temperaturu od 573 K na kojoj su se držali 5 sati. Nakon toga su ponovljena ispitivanja magnetske susceptibilnosti u istom temperaturnom intervalu.

3. REZULTATI I ZAKLJUČCI

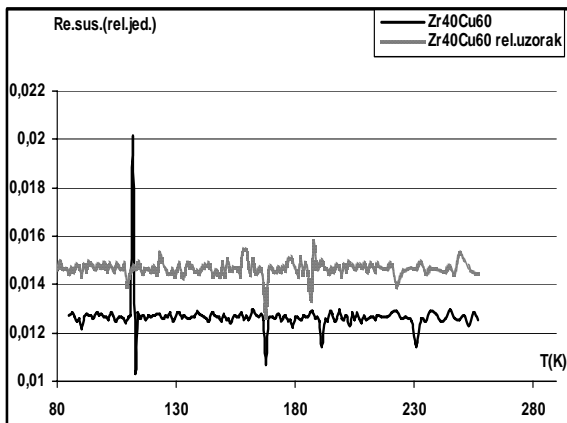
Analizom dobijenih rezultata koji su grafički prikazani može se zaključiti slijedeće:

1. Za sistem Zr35Cu65 teorijski rezultat potvrđen je eksperimentom (slika2. a)), realna komponenta magnetske susceptibilnosti koja je vezana za disperzione efekte u uzorku, za relaksirani sistem ima manje izražene pikove od amornog sistema.

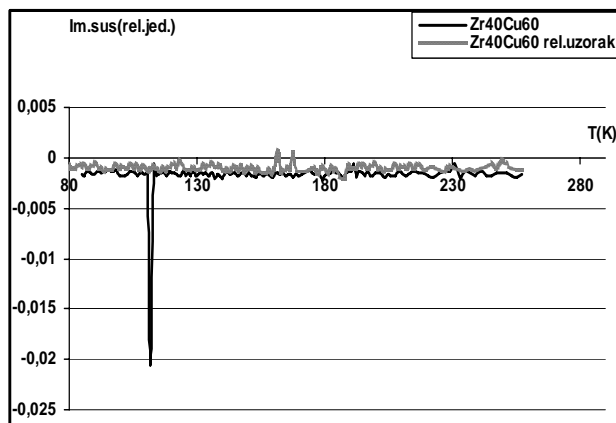


a)

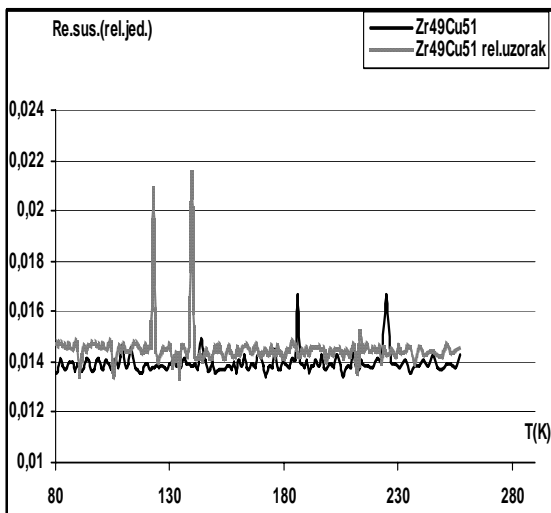
b)



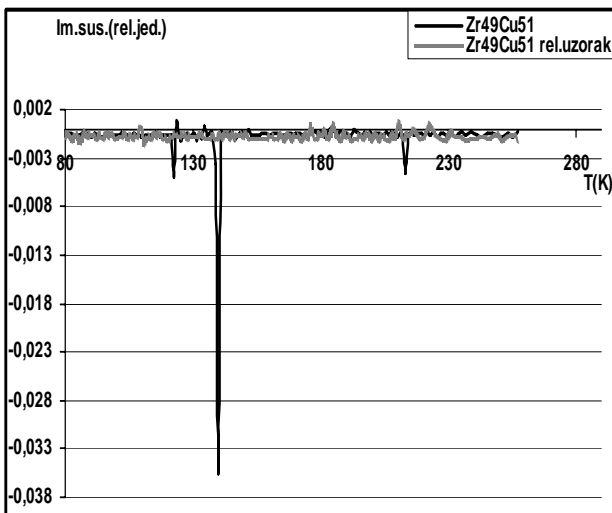
c)



d)

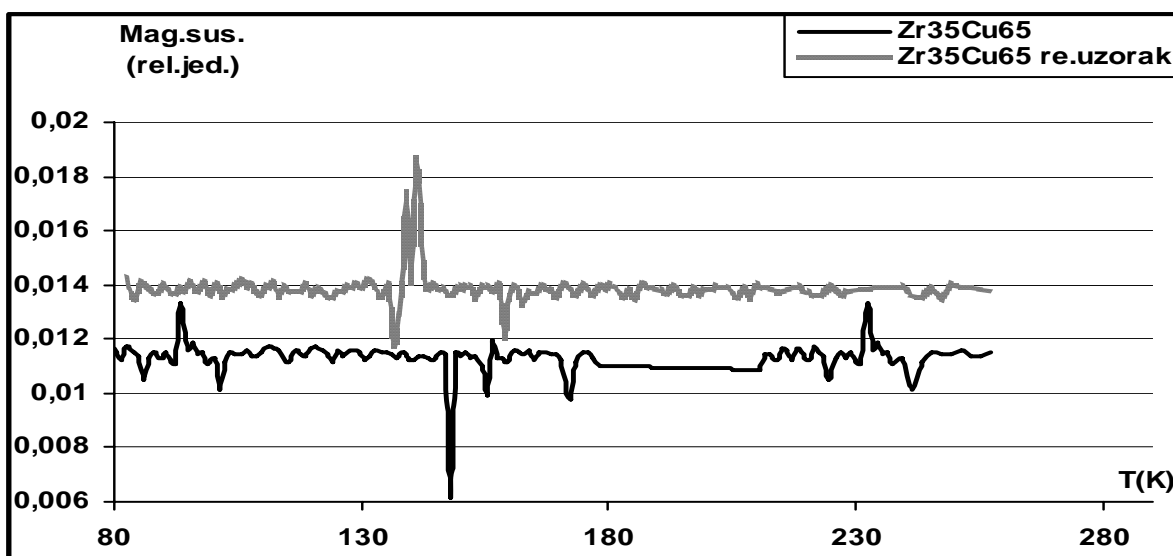


e)

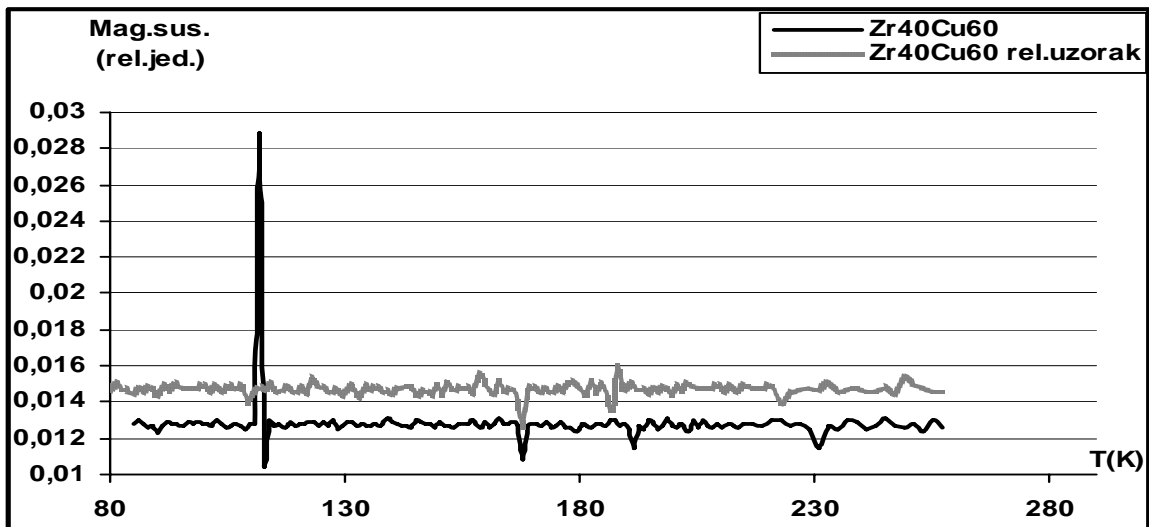


f)

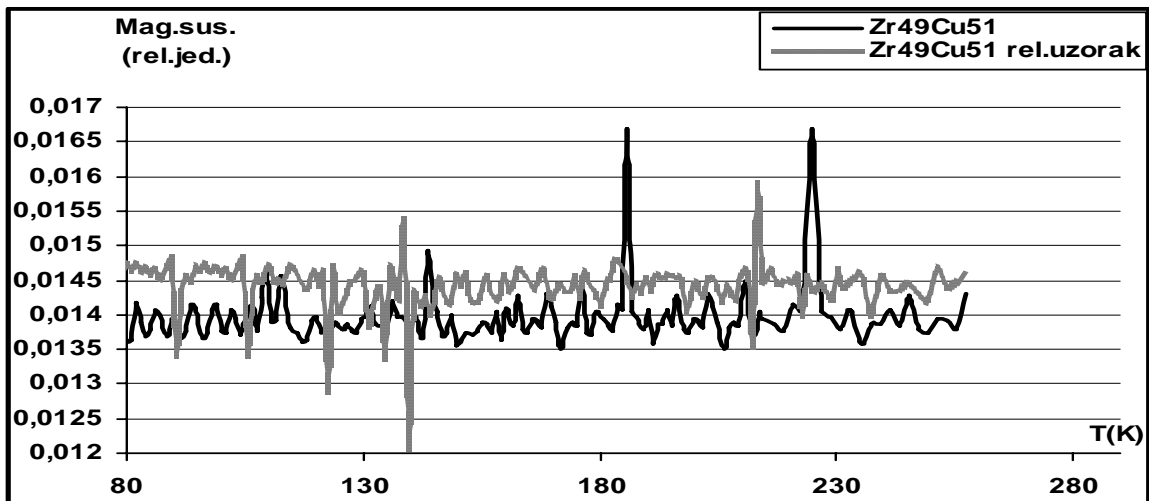
Slika 2. Realna i imaginarna komponenta magnetske susceptibilnosti u ovisnosti o temperaturi amorfno^g i relaksiranog sistema (Re.sus.-realna komponenta magnetske susceptibilnosti; Im.sus.-imaginarna komponenta magnetske susceptibilnosti; rel.jed.-relativna jedinica; rel.-relaksiran).



a)



b)



c)

Slika 3. Magnetska susceptibilnost u ovisnosti o temperaturi amornog i relaksiranog sistema (Mag.sus.-magnetska susceptibilnost; rel.jed.-relativna jedinica; rel.-relaksiran),

2. Temperatura relaksacije nije dovela do prijelaza sistema u kristalno stanje. Sistem je ostao amorfan. Svaki pik predstavlja prijelaz sistema iz jednog metastabilnog stanja u drugo.
3. Energetska stabilnost relaksiranog uzorka je veća nego amornog (slika 2. b)).
4. Zaključci pod 1., 2. i 3. vrijede i za sistem Zr40Cu60 (slika 2. c) i d)).
5. Teorijski rezultati potvrđeni eksperimentalnim rezultatima dobijenim za sisteme Zr35Cu65 i Zr40Cu60 potvrđeni su i za sistem Zr49Cu51 (slika 2. e) i f)).
6. Sa slike 3. a), b) i c) eksperimentalni rezultati su u skladu sa teorijskim, magnetska susceptibilnost relaksiranih uzoraka sistema Zr35Cu65, Zr40Cu60 i Zr49Cu51 je veća od nerelaksiranih uzoraka.
7. Amorfnost sistema je zadržana nakon relaksacije (prisustvo pikova i kod relaksiranih uzoraka), slika 3. a), b) i c).

4. LITERATURA

- [1] S.Bikić, I.Gazdić, M.Tais, S.Sulejmanović, N.Bajrović i T.Mihać, " Investigation of Magnetic Susceptibility in an Amorphous $\text{Fe}_{43,2}\text{Ni}_{23,2}\text{Co}_{13,6}\text{B}_{20}$ System ", Materials Science Forum Vol. 453-454 (2004) pp.381-386, online at <http://www.scientific.net>, 2004 Trans Tech Publications, Switzerland.
- [2] S.Sulejmanović, I.Gazdić, S.Bikić, N.Barović, M.Tais, S.Mijović i T.Mihać, » Modificirana melt spinning metoda za proizvodnju amorfnih traka sa znatnim stepenom reproducibilnosti« Svedske Akademije nauka i umjetnosti BiH, (prihvaćeno za štampu 2003).
- [3] Š. Barta, R. Durný, » Generalized formula for paramagnetic susceptibility of metallic glasses«, Proceedings of the Conference Smolenice 1978, Physics and applications Vol 5, by VEDA Publishing House of the Slovak Academy of Sciences, Bratislava 1980, 49-51 (1980).
- [4] D. Nguyen Manh, D. Mayon, F. Cyrot-Lackmann and A. Pasturel, Electronical structure and chemical short-rang order in amorphous CuZr and NiZr alloys J.Phys. 17 (1987), 1309-1321 (1987).
- [5] S.Bikić, S.Sulejmanović, N.Bajrović, » Ispitivanje magnetske susceptibilnosti feromagnetskog amorfno sistema FeNiCoB u ovisnosti o temperaturi i temperaturi zamrzavanja«, Proceedings, 4th Research/Expert Conference with International Participation, Quality 2005, 457-460 (2005).