

خواص مغناطیو الاستیکی ترکیب سه تایی خاکی نادر $Nd_7Fe_{13}Cu$

ایرانمنش پروانه^۱، تجیر ناصر^۱، فروشارت دانیل^۲

۱- دانشگاه فردوسی مشهد- دانشکده علوم پایه- آزمایشگاه تحقیقاتی حالت جامد

۲- مرکز ملی تحقیقات علوم (CNRS) گرنوبل - فرانسه

چکیده

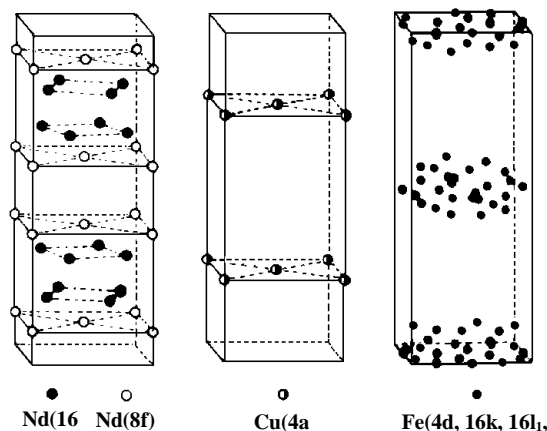
در این پژوهش انبساط گرمایی و مغناطیو تنگش واداشته ناهمسانگرد ترکیب $Nd_7Fe_{13}Cu$ بررسی شده است. مغناطیو تنگش در راستای موازی (λ_1) و عمود (λ_2) بر میدان، این ترکیب با استفاده از روش پیمانه کرنشی در میدان مغناطیسی تا $1.5 T$ و در گستره دمایی $80 K$ تا دمای اتاق اندازه گیری شد. منحنی های مغناطیو تنگش نشان می دهند که میدان ناهمسانگردی دو زیر شبکه Fe و Nd دارای علامت مخالف یکدیگرند و با افزایش دما اثرات یکدیگر را از بین می برند و با افزایش میدان پدیده قفل شدگی حوزه های مغناطیسی از بین می رود.

واژگان کلیدی: $Nd_7Fe_{13}Cu$ انبساط گرمایی، مغناطیو تنگش.

مقدمه

در حال حاضر ترکیب های بین فلزی خاکی نادر هم از نظر بررسی های بنیادی و هم کاربردهای گوناگون در رأس هرم تحقیقاتی در زمینه مواد مغناطیسی پیشرفته قرار دارند. از جمله ترکیب هایی که در دو دهه اخیر مورد توجه بوده اند $R_7Fe_{13}M$ است. این دسته از ترکیب ها فاز دوم آلیاژهای مغناطیسی $Re-Fe-B$ آلاینده شده با مقدار کم فلز M محسوب می شوند که در آنها میدان واگردانی افزایش یافته است. در این فرمول R یک خاکی نادر سبک و M یک عنصر از گروه سوم، چهارم و پنجم (شبه فلز) جدول تناوبی است [۱-۳].

ترکیب $Nd_7Fe_{13}Cu$ از جمله این ترکیب ها است که همانند شکل ۱ دارای ساختار چارگوشی $Nd_7Fe_{13}Si$ با گروه فضایی $I4/mcm$ است که اتم های آهن جایگاه های بلورنگاری $4d$ ، $16k$ ، $16l_1$ و $16l_2$ خاکی نادر جایگاه های $8f$ و $16l_1$ و فلز M جایگاه های $4a$ را اشغال می کنند [۲-۶]. نظم مغناطیسی این ترکیب در دماهای کمتر از $T_c = 335 K$ به صورت فری مغناطیسی است [۷].



شکل ۱ مکانهای اشغال شده با اتمهای گوناگون در ساختار بلوری ترکیب $Nd_7Fe_{13}Cu$.

شرح آزمایش

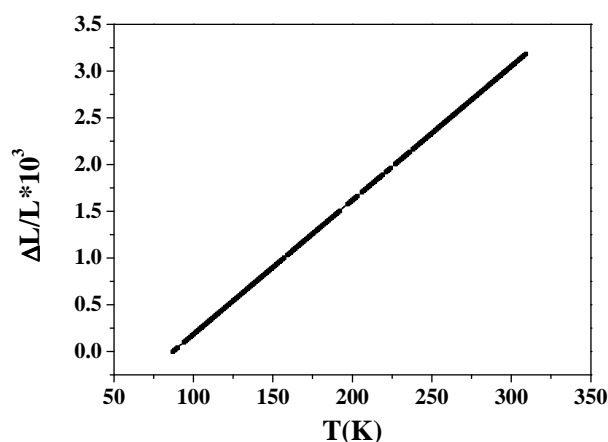
نمونه $Nd_7Fe_{13}Cu$ با استفاده از عناصر سازنده ترکیب (Cu و Fe, Nd) با درجه خلوص ۹۹/۹٪ و در حضور گاز خالص آرگون در کوره قوس آرگون ذوب شد. نمونه چندین بار پشت و رو و دوباره ذوب شد تا فاز همگنی تشکیل شود. بلافاصله نمونه در کوره القایی فرکانس بالا در یک بوته مسی که با آب خنک می‌شود در اتمسفر گاز خالص آرگون ذوب شد. ایجاد جریان ادی در نمونه، هم باعث ذوب آن می‌شود و هم این که میدان مغناطیسی حاصل از این جریان و میدان القایی بر یکدیگر اثر کرده و باعث کنده شدن نمونه مذاب از جداره بوته مسی می‌شود. تعلیق نمونه مذاب تا وقتی ادامه دارد که فرکانس القایی میدان به بوته اعمال شود. با افزایش و کاهش فرکانس القایی که باعث ذوب و انجماد نمونه می‌شود، نمونه با همگنی فاز بسیار بالا حاصل می‌شود.

سپس نمونه در ورقه تانتالوم (Ta) پیچیده و در لوله کوارتز تخلیه شده در دمای $550^{\circ}C$ به مدت ۴۰ روز بازپخت و در دمای اتاق سرد شد. همگنی فاز و ساختار بلوری نمونه با استفاده از پراش سنخ پرتو X و با تابش $CuK\alpha$ بررسی و تایید شد.

مغناطوتنگش و انبساط گرمایی به روش پیمانه کرنشی روی نمونه‌ای قرصی شکل به قطر ۶ mm و ضخامت ۳ mm اندازه‌گیری شدند. پس از اندازه‌گیری مغناطوتنگش در راستای موازی (λ_1) و عمود (λ_2) بر میدان، مغناطوتنگش ناهمسانگرد $\Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_2$ محاسبه شد. دقت اندازه‌گیری‌ها، از مرتبه 10^{-6} است. دمای نمونه به کمک ترموکوپل Cu-Con با دقت ۱ K، اندازه‌گیری شد.

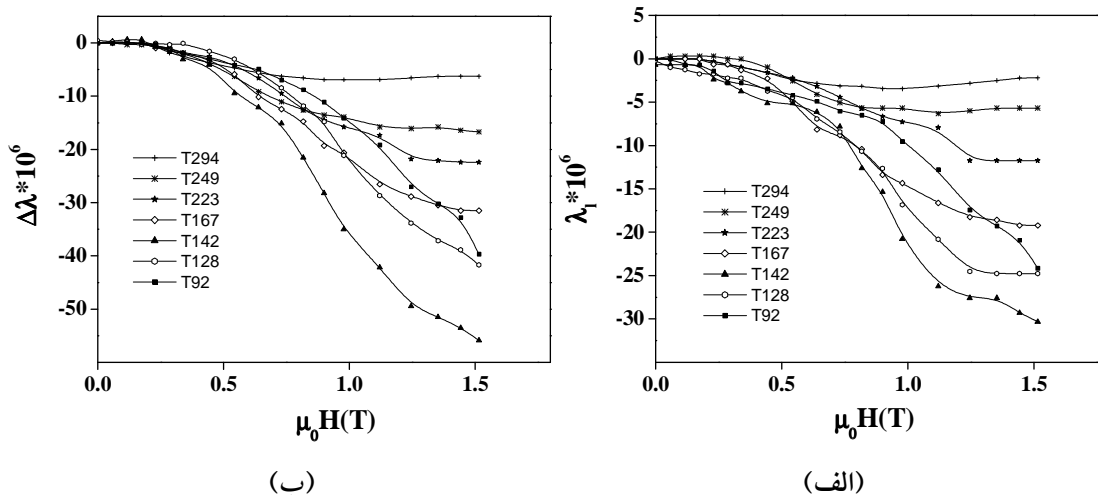
نتایج و بحث

منحنی انبساط گرمایی نمونه $Nd_7Fe_{13}Cu$ در شکل ۲ نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که منحنی انبساط گرمایی با افزایش دما بطور تقریباً خطی صعود می‌کند در واقع رفتار مشاهده شده، ترکیبی از انبساط گرمایی فونونی و آثار مغناطیسی است که سهم هریک با در اختیار داشتن رفتار انبساط گرمایی ناحیه پارامغناطیسی و برون‌یابی آن به ناحیه فرامغناطیسی قابل تعیین است. اما از آنجایی که رفتار ناحیه پارامغناطیسی نمونه $Nd_7Fe_{13}Cu$ در متون علمی گزارش نشده است، اظهار نظر در مورد مغناطوتنگش حجمی خودبخودی امکان پذیر نیست.



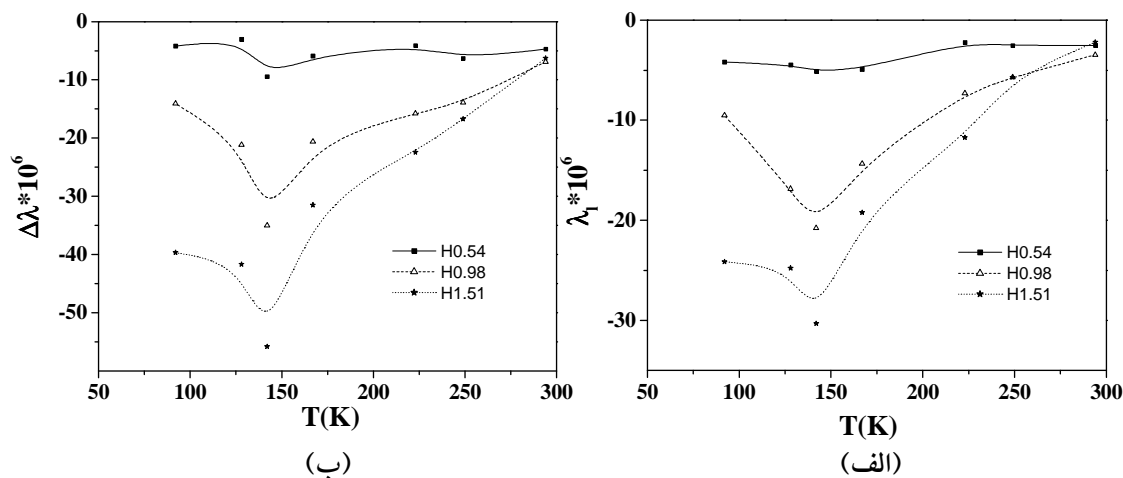
شکل ۲ وابستگی دمایی انبساط گرمایی نمونه $Nd_7Fe_{13}Cu$

در شکل ۳ (الف) و (ب) رفتار مغناطوتنگش واداشته طولی (λ_l) و ناهمسانگرد ($\Delta\lambda$) نمونه $Nd_4Fe_{13}Cu$ دیده می-شود. با افزایش میدان اعمالی در دماهای ثابت، در ابتدا در میدانهای ضعیف پدیده قفل شدگی حوزههای مغناطیسی دیده می شود و با افزایش میدان در دماهای بالاتر بر میزان مغناطوتنگش افزوده می شود تا جایی که در دماهای اتاق تقریباً به صفر نزدیک می شود.



شکل ۳ وابستگی میدانی مغناطوتنگش واداشته (الف) طولی (λ_l) و (ب) ناهمسانگرد ($\Delta\lambda$) ترکیب $Nd_4Fe_{13}Cu$.

تا میدان حدود $0.5 T$ جابه جایی دیواره حوزهها در فرایند مغناطیس شدن نمونه سهم دارد. در دمای پایین، نظم مغناطیسی (مغناطش) ناشی از چرخش اسپینها و در نتیجه اثرات مغناطوتنگش افزایش می یابد. با افزایش دما سهم چرخش گشتاورهای مغناطیسی در ایجاد مغناطوتنگش از بین می رود. از دیدگاه میکروسکوپی مقایسه دو منحنی مغناطوتنگش در حوالی دمای ازت مایع و دمای اتاق نشان می دهد که ناهمسانگردی مغناطوبلوری زیرشبکه Nd منشأ ایجاد مغناطوتنگش منفی و ناهمسانگردی مغناطوبلوری زیرشبکه Fe که عامل اصلی ناهمسانگردی در دمای اتاق است، منشأ ایجاد مغناطوتنگش مثبت است.



شکل ۴ وابستگی دمایی مغناطوتنگش واداشته (الف) طولی (λ_l) و (ب) ناهمسانگرد ($\Delta\lambda$) ترکیب $Nd_4Fe_{13}Cu$.

رفتار مغناطوتنگش واداشته طولی (λ_1) و ناهمسانگرد ($\Delta\lambda$) نمونه $\text{Nd}_7\text{Fe}_{13}\text{Cu}$ در میدان ثابت در شکل ۴ (الف) و (ب) نشان می‌دهد که با افزایش دما، ناهمسانگردی زیرشبکه Nd کوچک می‌شود و بطور همزمان ناهمسانگردی زیرشبکه Fe افزایش می‌یابد (اما آهنگ کاهش و افزایش این دو یکسان نیست) از اینرو اثرات یکدیگر را از بین می‌برند. با اعمال میدان قویتر، ناهمسانگردی زیرشبکه‌ها گسترش می‌یابد و در نتیجه مقادیر مغناطوتنگش منفی تر می‌شود. شکل نشان می‌دهد که با نزدیک شدن به دمای کوری مغناطوتنگش ناشی از افت طبیعی مغناطش توسط نوسانات دمایی، به سمت صفر میل می‌کند.

نتیجه‌گیری

با اندازه‌گیری انبساط گرمایی و مغناطوتنگش، خواص مغناطوالاتیکی ترکیب $\text{Nd}_7\text{Fe}_{13}\text{Cu}$ مورد مطالعه قرار گرفت. اندازه نسبتاً کوچک مغناطوتنگش واداشته در میدان‌های ضعیف ناشی از قفل شدگی بسیار قوی دیواره حوزه‌های مغناطیسی است که با افزایش میدان اثر آن از بین می‌رود. منشأ این قفل شدگی ناهمسانگردی مغناطوبلوری نسبتاً بزرگ زیرشبکه Nd است. مغناطوتنگش ناهمسانگرد با افزایش میدان خارجی کاهش می‌یابد اما در حدود دمای اتاق تغییرات چندانی از خود نشان نمی‌دهد. با نزدیک شدن به دمای کوری ناشی از افت و خیزهای گشتاورهای مغناطیسی توسط نوسانات دمایی به سمت صفر میل می‌کند.

مراجع

- [1] F. Weitzer, A. Leithe-Jasper, P. Rogl, K. Hiebl, A. Rainbacher, G. Wiesinger, W. Steiner, J. Fried, F. E. Wagner, J. Appl. Phys. 75 (1994) 7745-7751.
- [2] A. Leithe-Jasper, P. Rogl, G. Wiesinger, A. Rainbacher, R. Hatzl, M. Forsthuber, J. Magn. Mater. 170 (1997) 189-200.
- [3] Q.F. Xiao, T. Zhao, Z.D. Zhang, M.H. Yu, X.G. Zhao, W. Liu, D.Y. Geng, X.K. Sun, F.R. de Boer, J. Magn. Mater. 184 (1998) 330-336.
- [4] K.G. Knoch, A. Le Calvez, Q. Qi, A. Leithe-Jasper, J.M.D. Coey, J. Appl. Phys. 73 (1993) 5878-5880.
- [5] F. Wang, J. Wang., P. Zhang., B.G. Shen, Q. Yan, L. Zhang, Physica B 269 (1999) 17-21.
- [6] P. S. Papamantellos, K.H.J. Buschow, C.H. de Groot, F.R. de Boer, C. Ritter, F. Fauth, Grit Boettger, J. Alloys Comp. 280 (1998) 44-55.
- [7] S.J. Kennedy, E. Wu, F.W. Wang, P.L. Zhang, Q.W. Yan, Physica B 276-278 (2000) 622-623.