ISSN 2233-9485(Print)
ISSN 2233-9574(Online)

한국자기학회
자성 및 자성재료 국제학술대회

International Symposium on New Trends in Magnetism and Magnetic Materials

논문개요집

일시 2011. 12. 5(월) ~ 12. 7(수)

장소 라마다프라자 제주호텔

주최 한국자기학회

후원 한국과학기술단체총연합회

Digests of the International Symposium on New Trends in Magnetism and Magnetic Materials

The Korean Magnetics Society

The magnetic properties on the influenced $Fe_{1-x}Ni_xGa_2O_4$ ($0.0 \leq x \leq 0.1$) by doped Ni-cation

명보라*, 이용혜, 김진모, 김삼진, 김철성
국민대학교 물리학과

1. 서 론

최근 AGa_2S_4 (A = Mn, Ni, Fe, Co, Zn), Me_4B (B = P, As), Fe_2OBO_3, AB_2O_4 물질에서 극저온에서의 스핀 무질서(spin-disordered) 현상에 의해 발현되는 기하학적인 스핀-쩔쩔맴(spin-frustration), 스핀-글라스(spin-glass), 원자의 단거리 질서 (atomic short-range order), spin 의 엇맞음(incommesuration), 양자스핀액체(quantum spin liquid) 현상 등의 미시적 자기구조에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.[1-3] 특히, 반강자성 $FeGa_2O_4$ 물질은 극저온 freezing 온도 (T_f = 12K) 이하에서 국부적인 스핀 무질서 현상에 의한 스핀-글라스 특성이 발현되며, 5 K 이하에서는 Fe 이온들간의 강한 반강자성 결합에도 불구하고 초상자성 거동이 확인되었다. 본 연구는 스핀-글라스 특성을 가진 $FeGa_2O_4$ 물질에 Ni를 점진적으로 치환하여 스핀 무질서 현상에 의한 미시자기적 특성을 연구하였다.

2. 실험방법

모든 시료는 고순도의 시약 NiO (99.99%), FeO (99.99%), Ga_2O_3 (99.99%)를 정확한 당량비와 순도로 계산하였으며, 시료를 마노(agate mortar)에서 grinding하여 유압 press를 이용하여 약 2 ton의 압력으로 원기둥 모양으로 성형한 후, 석영관에 10^{-8}torr의 진공에서 봉입하였다. 열처리는 온도의 급속한 상승에 따라 분말들의 기화로 인한 석영관의 폭발을 방지하기 위하여 분당 1.0 °C의 속도로 서서히 승온시켰으며, 최종 온도는 $Fe_{1-x}Ni_xGa_2O_4$ 물질의 Fe와 Ni의 당량비에 따라 1000 °C (x = 0.0, 0.1), 1050 °C (x = 0.7, 0.5), 1100 °C (x = 0.3, 0.1) 로 48 시간 유지한 후에 서냉시켜 총 6일에 걸친 열처리를 수행하였다. 시료의 결정구조를 확인하기 위해 CuKα선을 사용하는 Philips사 X-선 회절기를 이용하였으며, SQUID (superconducting quantum interference device magnetometer)를 수행하여 자기적 특성을 연구하였다. 모든 시료의 미시적 자기특성을 연구하기 위해 뫼스바우어 분광기로 4.2 K부터 상온까지 뫼스바우어 스펙트럼을 취하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fe1-xNixGa$_2$O$_4$ ($0.0 \leq x \leq 0.1$)의 X-선 회절선 회절강도의 분석을 위하여 Rietveld 방법에 의한 Fullprof 컴퓨터 분석프로그램을 이용하였다. 모든 시료의 결정 구조는 space group이 *Fd-3m* 인 inverse spinel 구조임을 확인하였다. 시료에 Ni 이 치환됨에 따라 격자상수, Ga과 Fe (Ni)의 이온간의 거리가 선형적으로 감소함을 확인하였다. 이는 B site 에 분포하는 Ni^{2+}의 이온반경이 0.72 Å 이며, Fe^{2+}는 Ni^{2+} 보다 큰 0.77 Å이므로, 이온반경이 큰 Fe^{2+}이 치환됨에 따라 각 시료의 격자상수가 증가함을 알 수 있으며, 이는 베가드 법칙을 따름을 보인다. 모든 시료의 뫼스바우어 스펙트럼은 극저온 4.2 K 에서 선 폭이 매우 넓은 8개의 공명 흡수선이 중첩되어 비대칭적인 공명 흡수선을 보이나 온도가 증가함에 따라 비대칭성이 사라지고 닐 온도에서 하나의 큰 전기 4중극자(electric quadrupole) 분열치를 갖는 스펙트럼이 나타났다. Fig. 1은 상온에서의 뫼스바우어 스펙트럼을 나타내며, 큰 전기 4중극자(electric quadrupole) 분열치를 갖는 2-sets [A-site; tetrahedron, and B-site; octahedron]의 흡수선이 나타남을 확인할 수 있었다. 분석 결과, 시료에 Ni을 점진적으로 치환됨에 따라 A site의 뫼스바우어 흡수 면적비율은 감소하였고, B site는 증가하였다. 모든 시료는 상온에 대한 이성질체 이동치[A site ; δ = 0.824 ~ 0.846 mm/s,

B-site ; δ = 0.928-0.958 mm/s]를 확인한 결과, Fe의 ion state가 Fe^{2+}임을 알 수 있었다.

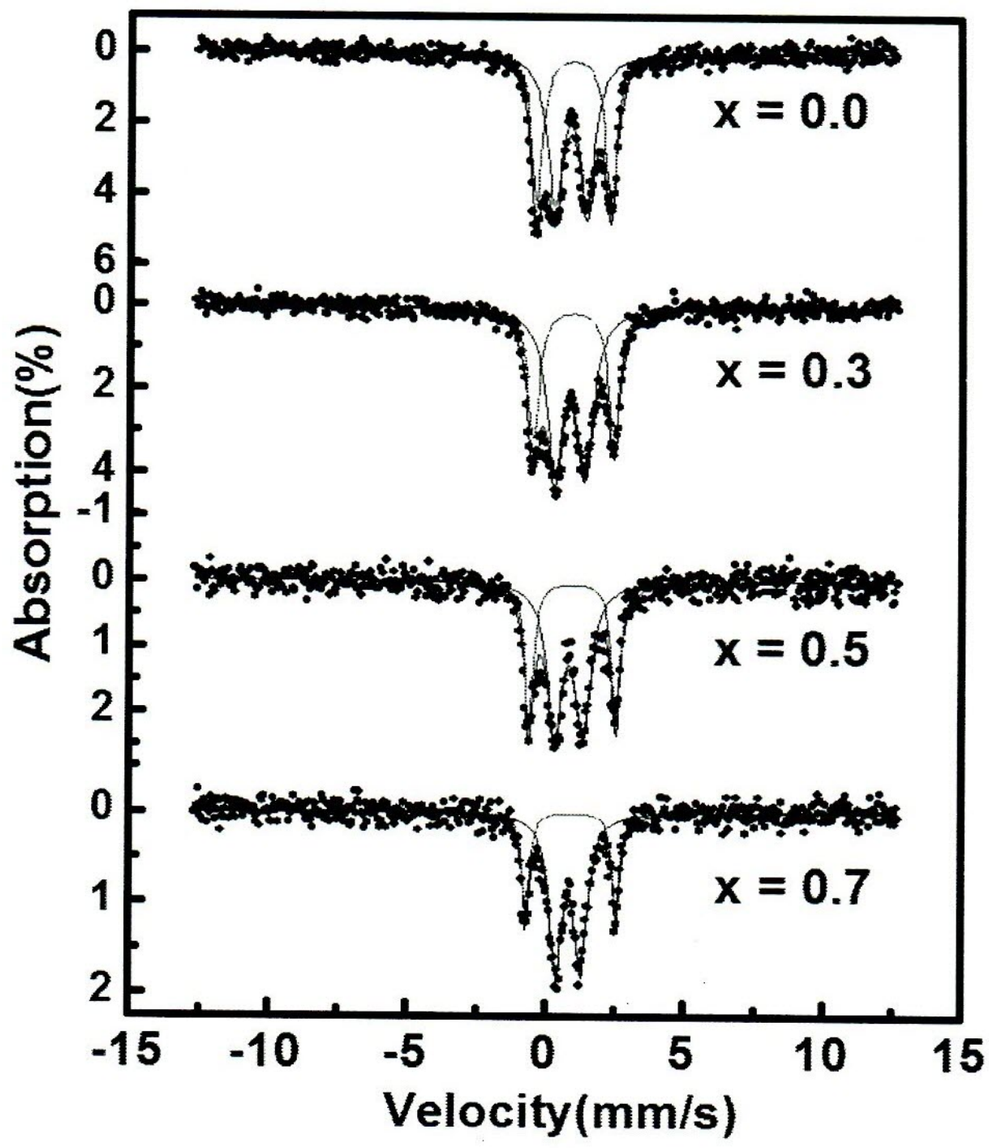

Fig. 1. The Mössbauer spectra of $Fe_{1-x}Ni_xGa_2O_4$ ($0.0 \leq x \leq 0.7$)

4. 참고문헌

[1] M. Hagiwara, N. Narita, and I. Yamada, Phys. Rev. B **55**, 5615 (1977).

[2] R. Fichtl, V. Tsurkan, P. Lunkenheimer, J. Hamberger, V.Fritsch, H.-A. Krug von Nidda, E.-W. Scheidt, and A. Loidl, Phys. Rev. Lett. **94**, 027601 (2005).

[3] M. Mertinat, V. Tsurkan, D. Samusi, R. Tidecks, and F. Haider, Phys. Rev. B **71**, 100408(R) (2005).