

Magnetische Messungen an *Heusler*-Phasen $(\text{Co}, \text{Fe})_2XY$

($X = \text{Ti}, \text{Zr}, \text{Hf}$ und Mn ; $Y = \text{Si}, \text{Ge}$ und Sn)

Von

Rudolf Sobczak

Institut für Physikalische Chemie, Universität Wien, Österreich

Mit 2 Abbildungen

(Eingegangen am 19. Januar 1977)

Magnetic Measurements on Heusler Alloys $(\text{Co}, \text{Fe})_2XY$

($X = \text{Ti}, \text{Zr}, \text{Hf}$ and Mn ; $Y = \text{Si}, \text{Ge}$ and Sn)

Magnetic measurements on *Heusler* alloys $(\text{Co}, \text{Fe})_2XY$ are performed. The expected enhancement (increasing T_c values) of ferromagnetism with the Co/Fe substitution is generally not observed.

Einleitung

Um frühere Messungen von *Heusler*phasen $(\text{Co}, \text{Ni})_2XY^1$, besonders im Hinblick auf den Austausch des Co durch andere Elemente der Eisengruppe, zu vervollständigen, wurden durch Co/Fe -Austausch weitere Phasen dieses Typs hergestellt. Eine erwartete Verstärkung des Ferromagnetismus trat im allgemeinen jedoch nicht ein.

Die Beschreibung der experimentellen Technik findet sich in einer früheren Arbeit².

Experimentelle Daten

Im System $(\text{Co}, \text{Fe})_2\text{TiGe}$ gelang ein Co/Fe -Austausch bis $\text{Co}_{1,5}\text{Fe}_{0,5}\text{TiGe}$. Paramagnetische, ferromagnetische Momente und *Curie*-Temp. steigen mit dem Fe -Austausch stark an (T_c : 325 auf 460 K, μ_{para} : 1,85 \rightarrow 2,9 μ_B , μ_{ferro} : 0,4 \rightarrow 1,0 μ_B).

Die Mischphasen $(\text{Co}, \text{Fe})_2\text{MnSi}$ konnten bis $(\text{Co}_{1,5}\text{Fe}_{0,5})_2\text{MnSi}$ einphasig hergestellt werden. *Curie*-Temp. und ferromagnetische Momente fallen ebenso stark ab, die paramagnetischen Momente bleiben praktisch gleich.

In den Systemen $(\text{Co}, \text{Fe})_2\text{MnY}$ ($Y = \text{Ge}, \text{Sn}$) war ein Co/Fe -Austausch bis $\text{Co}_{0,5}\text{Fe}_{1,5}\text{MnY}$ möglich. Die *Curie*-Temp. fallen in beiden Fällen mit zunehmendem Co/Fe -Austausch stark ab. Die paramagnetischen Momente steigen an, die ferromagnetischen Momente fallen ab (Abb. 1).

Mischphasen in den Systemen $(\text{Co, Fe})_2\text{XSn}$ ($\text{X} = \text{Ti, Zr}$) konnten bis $\text{Co}_{1,0}\text{Fe}_{1,0}\text{XSn}$ hergestellt werden. Bei $(\text{Co, Fe})_2\text{HfSn}$ war das nur bis $\text{Co}_{1,5}\text{Fe}_{0,5}\text{HfSn}$ möglich. Die Curie-Temp. fallen in den Phasen $(\text{Co, Fe})_2\text{XSn}$ ($\text{X} = \text{Ti, Hf}$) mit zunehmendem Co/Fe-Austausch ab; bei $(\text{Co, Fe})_2\text{ZrSn}$ tritt ein Minimum auf. Die paramagnetischen Momente steigen in allen Fällen an. Die ferromagnetischen Momente steigen schwach an (Abb. 2).

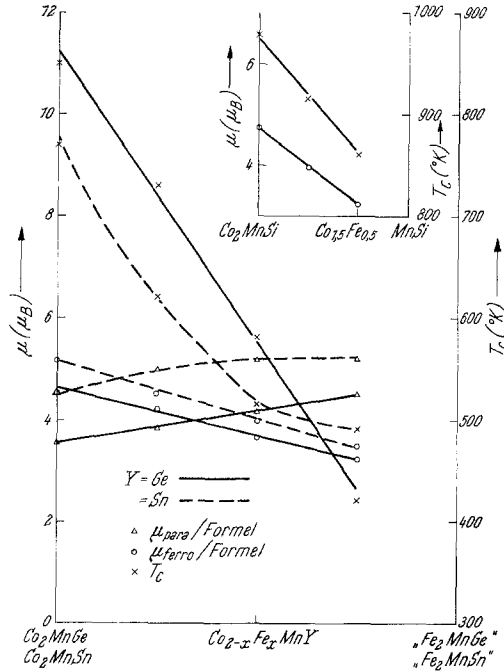


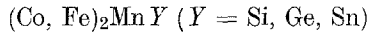
Abb. 1

Diskussion

Hinsichtlich der Deutung der Unterschiede zwischen paramagnetischem und ferromagnetischem Moment und den damit zusammenhängenden Wechselwirkungen ($d-d$, $s-d$), sei auf frühere Arbeiten verwiesen^{1, 2}. Hier sollen in erster Linie die Besonderheiten der vorliegenden Systeme diskutiert werden.

$(\text{Co, Fe})_2\text{TiGe}$

Einzig in diesem System führt der Fe-Einbau zu einem größeren Gesamtmoment und damit zu einer Verstärkung der $s-d$ -Wechselwirkung, was den starken Anstieg der Curie-Punkte erklärt.



Der Abfall der *Curie*-Temperaturen in allen drei Systemen kann am ehesten damit erklärt werden, daß die Spins von Fe vorzugsweise antiparallel zu den bereits vorhandenen Momenten, die hauptsächlich von Mn stammen, eingebaut werden. Die ferromagnetischen Momente

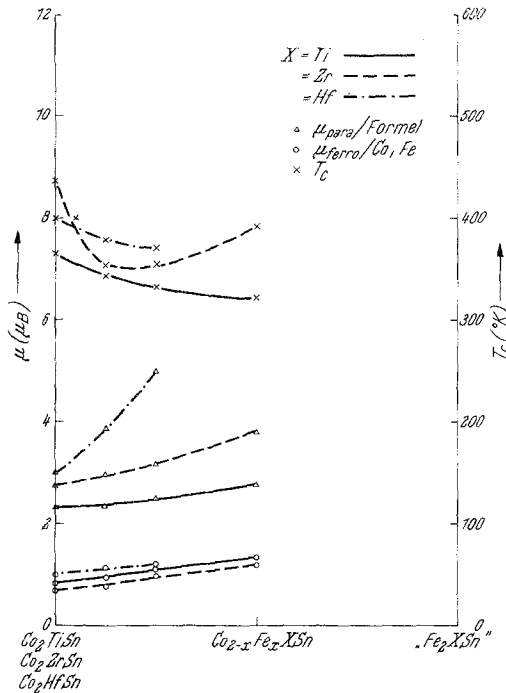
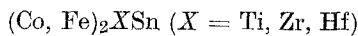


Abb. 2

je Formeleinheit sinken damit übereinstimmend mit dem Fe-Einbau ab. Nur im paramagnetischen Zustand führt das größere Moment von Fe (größer als jenes von Co) zu einem Ansteigen der Momente. Als Andeutung für einen antiferromagnetischen Einbau von Fe-Atomen kann die annähernde Gleichheit von T_c - und θ_p -Werten angesehen werden. (Bei Ferromagneten ist nahezu immer $\theta_p > T_c$, bei Antiferromagneten $\theta_p < T_N$.)



Die magnetischen Eigenschaften dieser Systeme können teilweise ähnliche Ursachen haben wie oben. Wie man aber aus dem schwachen Ansteigen der ferromagnetischen Momente bei Ersatz von Co durch

Fe entnimmt, ist der Anteil der antiferromagnetisch eingebauten Fe-Atome geringer. Daß es trotz dieses etwas stärker werdenden polarisierenden Moments teilweise zu einer Schwächung der $s-d$ -Wechselwirkung kommt, mag an dem gegenüber Co etwas geringeren Angebot an Elektronen des Eisens liegen. Die Stärke der $s-d$ -Wechselwirkung hängt ja vom polarisierenden Moment und von der Konzentration an Leitungselektronen ab. Eine Überlagerung beider Effekte kann auch das Minimum der *Curie*-Temperaturen im System $(\text{Co}, \text{Fe})_2\text{ZrSn}$ erklären. Ein Hinweis, daß sich *Heusler*-Legierungen mit Fe an Stelle von Co (soweit existent) weitgehend anders verhalten, findet sich in der Literatur³. Fe_2TiSn zeigt danach bis 4,2 K keine *Curie*-Temperatur (am ehesten ein *Pauli*-Paramagnet). Es gelang allerdings unter den gewählten Herstellungsbedingungen dieser Arbeit nicht, Fe_2TiSn herzustellen.

Zusammenfassung

Es zeigt sich, daß nur im System $(\text{Co}, \text{Fe})_2\text{TiGe}$ der Einbau der größeren Fe-Momente zu einer Verstärkung der ferromagnetischen Wechselwirkung führt. In allen anderen Systemen [Ausnahme: $(\text{Co}, \text{Fe})_2\text{ZrSn}$ ab $\text{Co}_{1,5}\text{Fe}_{0,4}\text{ZrSn}$] führt der wahrscheinlich zumindest teilweise antiferromagnetische Einbau der Fe-Atome (Momente) zu einer Schwächung der Wechselwirkung.

Literatur

- ¹ R. Sobczak, *Mh. Chem.* **109** (1978), im Druck.
- ² R. Sobczak, *Mh. Chem.* **107**, 977 (1976).
- ³ Y. Fujita, *J. Phys. Chem. Solids* **1973**, 1443.

Korrespondenz und Sonderdrucke:

Dr. R. Sobczak
 Institut für Physikalische Chemie
 Universität Wien
 Währinger Straße 42
 A-1090 Wien
 Österreich