

## Magnetische Messungen an Heusler-Phasen $(\text{Co,Mn})_2XY$ ( $X = \text{Ti,Zr,Hf}$ und $\text{Mn}$ ; $Y = \text{Ge}$ und $\text{Sn}$ )

Rudolf Sobczak

Institut für physikalische Chemie,  
Universität Wien, A-1090 Wien, Österreich

(Eingegangen 20. Januar 1978. Angenommen 7. Februar 1978)

*Magnetic Measurements on Heusler Alloys  $(\text{Co,Mn})_2XY$   
( $X = \text{Ti,Zr,Hf}$  and  $\text{Mn}$ ;  $Y = \text{Ge}$  and  $\text{Sn}$ )*

Magnetic measurements on Heusler alloys  $(\text{Co,Mn})_2XY$  have been performed. With a few exceptions there is no enhancement of ferromagnetism while substituting cobalt by manganese. The results can be explained by a partially antiferromagnetic ordering of the manganese atoms.

### Einleitung

Als Fortsetzung der Arbeiten über Heusler-Phasen  $(\text{Co,Fe})_2XY^1$  und  $(\text{Co,Ni})_2XY^2$  wurden durch Co/Mn-Austausch weitere Phasen dieses Typs hergestellt. Wie im System  $(\text{Co,Fe})_2XY$  tritt eine Verstärkung des Ferromagnetismus durch die größeren Fe(Mn)-Momente nicht ein. In den meisten Fällen sinkt die Curie-Temperatur mit steigendem Mn-Gehalt.

Die Beschreibung der experimentellen Technik befindet sich in einer früheren Arbeit<sup>3</sup>.

### Experimentelle Daten

Im System  $(\text{Co,Mn})_2\text{MnGe}$  reicht der Austausch bis  $\text{Co}_{1,5}\text{Mn}_{1,5}\text{Ge}$ . Magnetisierung und Curie-Temperatur fallen ab, die paramagnetischen Momente steigen an (das ist auch bei allen anderen Systemen der Fall) und die Gitterparameter ändern sich kaum.

Die Mischphasen  $(\text{Co,Mn})_2\text{MnSn}$  konnten bis  $\text{Co}_{1,0}\text{Mn}_{2,0}\text{Sn}$  einphasig hergestellt werden. Magnetisierung und Curie-Temperatur fallen stark ab, die Gitterparameter werden größer (Abb. 1).

Im System  $(\text{Co,Mn})_2\text{TiGe}$  war ein Co/Mn-Austausch bis  $\text{Co}_{1,5}\text{Mn}_{0,5}\text{TiGe}$  möglich. Magnetisierung und Gitterparameter weisen ein Minimum auf, die Curie-Temperatur ein Maximum.

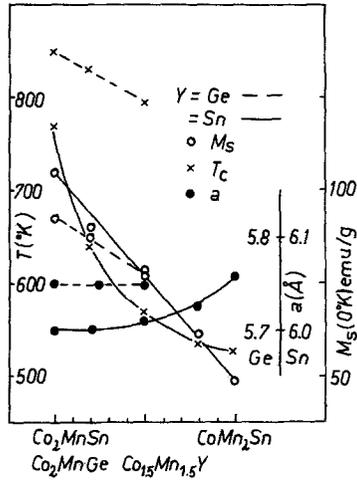


Abb. 1

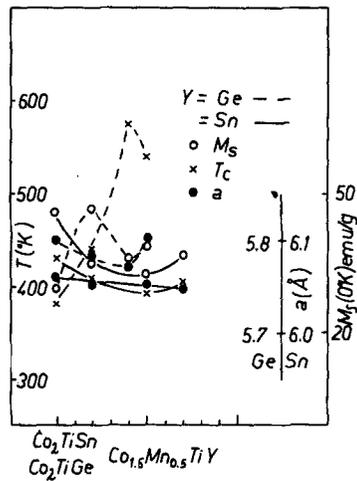


Abb. 2

Mischphasen in den Systemen  $(\text{Co,Mn})_2\text{XSn}$  ( $X = \text{Ti, Zr}$  und  $\text{Hf}$ ) konnten bis  $\text{Co}_{1.3}\text{Mn}_{0.7}\text{XSn}$  hergestellt werden.

Bei den Phasen  $(\text{Co,Mn})_2\text{TiSn}$  zeigen Magnetisierung und Curie-Temperatur ein Minimum, die Gitterparameter fallen schwach ab (Abb. 2).

Im System  $(\text{Co,Mn})_2\text{ZrSn}$  sinken Magnetisierung, Curie-Temperatur und Gitterparameter.

Im System  $(\text{Co,Mn})_2\text{HfSn}$  weist die Magnetisierung ein Maximum auf, Curie-Temperatur und Gitterparameter fallen ab (Abb. 3).

**Diskussion**

Da die magnetischen Eigenschaften der vorliegenden Systeme eine eindeutige Bestimmung der paramagnetischen Momente nicht erlauben (siehe weiter unten), wird auf eine Deutung der Unterschiede zu den ferromagnetischen Momenten verzichtet.

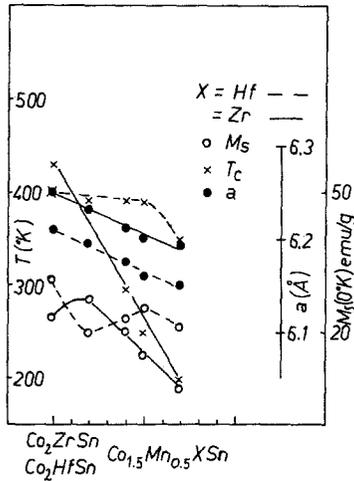
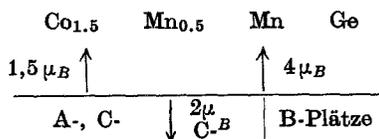


Abb. 3

$(\text{Co,Mn})_2\text{MnGe}$

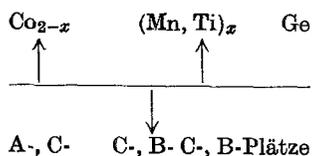
Mit der Annahme einer Parallelstellung aller Momente (Co und Mn) ergibt sich zum Beispiel bei  $\text{Co}_{1.5}\text{Mn}_{1.5}\text{Ge}$  ein ferromagnetisches Moment von  $1,25 \mu_B/\text{Mn}$ , was im Widerspruch zu allen Werten für Mn in Heusler-Phasen steht<sup>1-4</sup>. [Für Co werden die ferromagnetischen Momente aus früheren Arbeiten (oder Lit.<sup>1-3</sup>) entnommen, wenn nicht vorhanden wird  $1 \mu_B$  angenommen.]

Nur mit der Annahme einer Antiparallelstellung der Mn-Momente auf den C(Co)-Plätzen zu den Momenten der Mn-Atome auf B-Plätzen ergibt sich ein brauchbares Resultat (im obigen Fall  $3,8 \mu_B$ ).



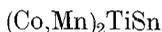


allen anderen Angaben. Auch die Annahme der Antiparallelstellung aller Mn-Momente zu den Co-Momenten führt auf sehr kleine Momente/Mn-Atom. Werte in der richtigen Größenordnung liefert erst die Annahme, daß auch B-Plätze (in diesem Fall Ti) teilweise durch Mn-Atome besetzt werden. Hinweise auf eine gelegentliche (B,C)-Unordnung gibt es in der Literatur<sup>5</sup>. Nimmt man weiters an, daß Mangan etwa  $4 \mu_B$  beiträgt, so läßt sich eine Verteilung der Mn-Atome auf die C(Co) und B ( $X = \text{Ti}, \text{Zr}$  und Hf)-Plätze berechnen. Es ergibt sich in fast allen Fällen ein Überschuß von Mn-Atomen auf B-Plätzen.



Eine weitere Annahme ist, daß Ti, Zr und Hf nichts zum Gesamtmoment beitragen.

Da die kleiner werdenden Gitterparameter ein starkes Ansteigen der Wechselwirkung bewirken<sup>3</sup> wird der Effekt der geringer werdenden Magnetisierung mehr als kompensiert; erst eine Gitteraufweitung läßt die Curie-Temperatur absinken.



Da sich die Gitterparameter nur schwach ändern, zeigt die Wechselwirkung etwa dieselbe Abhängigkeit vom Mn-Gehalt wie die Magnetisierung.



In beiden Fällen läßt sich der Verlauf der Curie-Temperatur mit den bereits angeführten Argumenten verstehen.

In den Systemen  $(\text{Co}, \text{Mn})_2\text{Mn}Y$  ( $Y = \text{Ge}$  und Sn), in welchen die B-Plätze bereits von Mn-Atomen besetzt sind, werden die Mn-Momente auf den C(Co)-Plätzen antiparallel zu den Co-Momenten und den Mn-Momenten an B-Plätzen eingebaut. Der teilweise verwickelte Verlauf der magnetischen Daten der anderen Systeme ergibt sich aus der Verteilung der Mn-Atome auf C- und B-Plätze. Die verschiedenen

Wechselwirkungen ( $\theta_1, \theta_2$ ) sind für den Verlauf der  $\frac{1}{\chi_g} - T$ -Diagramme verantwortlich.

### Dank

Dem Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung in Österreich wird für die Bereitstellung der magnetischen Waage SUS 10 gedankt.

### Literatur

- <sup>1</sup> R. Sobczak, Mh. Chem. **108**, 1265 (1977).
- <sup>2</sup> R. Sobczak, Mh. Chem., in Vorbereitung.
- <sup>3</sup> R. Sobczak, Mh. Chem. **107**, 977 (1976).
- <sup>4</sup> C. C. M. Campbell, J. Phys. F: Metal Phys. **5**, 1931 (1975).
- <sup>5</sup> P. J. Webster, Contemp. Phys. **10**, 559 (1969).