

Title	強磁性形状記憶合金Ni <sub>2</sub> MnGaの応力-温度相図と各相の結晶構造
Author(s)	串田, 悠彰
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	<a href="http://hdl.handle.net/11094/23483">http://hdl.handle.net/11094/23483</a>
DOI	
rights	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/>

## 論文内容の要旨

強磁性形状記憶合金Ni<sub>2</sub>MnGaは磁場誘起巨大歪を示す材料として注目されている。近年、Ni<sub>2</sub>MnGaに一軸圧縮応力を負荷することによりX相という新しい相が誘起されることが見出された。このX相は、マルテンサイト変態の前駆現象に関係している可能性があること、ならびにX相⇄中間相(I)変態を利用した磁場誘起可逆歪が実現可能である等の理由から、多くの研究者の関心を集めている。しかしながら、このX相の存在領域および結晶構造は未だ不明である。また、この合金において生成される中間相およびマルテンサイト相の結晶構造も十分に解明されていない。そこで本研究では、Ni<sub>2</sub>MnGa単結晶の応力-温度平衡状態図を作成し、母相、中間相、マルテンサイト相およびX相の存在領域を示すとともに、中間相、マルテンサイト相ならびにX相の結晶構造を明らかにすることを目的とした。

第1章では、本研究の背景と研究目的を述べた。

第2章では、〈0 0 1〉<sub>P</sub>方向(Pは母相を示す)に対する圧縮試験および一軸圧縮応力下における帯磁率測定によりNi<sub>2</sub>MnGa単結晶における応力-温度平衡状態図を作成し、中間相、X相およびマルテンサイト相が共存する三重点が存在すること、ならびにX相が零応力下においても存在することを示した。また、P⇄X変態が二次に近い変態であることを示した。

第3章では、Ni<sub>2</sub>MnGa単結晶試料におけるI⇄X変態の方位依存性について調査を行い、X相が〈0 0 1〉<sub>P</sub>方向以外の一軸圧縮応力下でも誘起されることを示した。また、I⇄X変態は低温では明確な潜熱を有するが、温度の上昇にともない潜熱が零に近づくことを示した。

第4章では、Ni<sub>2</sub>MnGa単結晶試料の透過型電子顕微鏡観察を行い、母相において非整合な位置に現れた衛星反射がX相および中間相へと連続的に引き継がれること、マルテンサイト相の衛星反射がこれまでの報告とは異なる非整合な位置に現れることを示した。

第5章では、Ni<sub>2</sub>MnGa単結晶試料の中性子回折を行い、零応力下における中間相およびマルテンサイト相が第4章で示した結果と同様の非整合周期構造であることを示し、一軸圧縮応力下におけるX相が中間相およびマルテンサイト相とは異なる非整合周期構造であり、温度の上昇および応力の減少にともない中間相の結晶構造に近づいていくことを示した。

第6章では、Ni<sub>2</sub>MnGa粉末試料の放射光X線回折を行い、得られた結果を元にRietveld法による結晶構造解析を行った。その結果、中間相およびマルテンサイト相における各原子の母相位置からの〈1 1 0〉<sub>P</sub>方向への変位は、それぞれ一つの正弦関数で表されることを示した。すなわち、各原子変位はそれぞれ同じ周期、同じ位相およびほぼ同じ振幅を有していることを示した。

第7章では、本研究で得られた成果を総括した。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、磁場により巨大歪を制御することが可能な強磁性形状記憶合金のNi<sub>2</sub>MnGaに出現する母相、中間相、X相ならびにマルテンサイト相に関して、各相の存在領域を明確にするとともに、それらの結晶構造を電子線回折、中性子回折ならびに放射光X線回折実験により明らかにしたものであり、以下の知見を得ている。

- (1) 単結晶を用いた一軸圧縮試験ならびに、応力下における帯磁率測定により、Ni<sub>2</sub>MnGaの〈001〉圧縮応力下における応力-温度相図を初めて決定し、同合金における応力誘起変態過程ならびに熱誘起変態過程を明確に示している。
- (2) 母相において格子周期に対して非整合な位置に衛星反射が現れ、その位置ならびに強度は冷却に伴いX相へと連続的に引き継がれることを明確にしている。
- (3) X相においても格子周期に対して非整合な位置に衛星反射が現れ、その位置ならびに強度が温度および応力に強く依存することを示している。零応力下においてはX相から中間相への変態にともない衛星反射の位置ならびに強度は連続的に引き継がれるが、応力下においては、X相から中間相への変態ならびにX相からマルテンサイト相への変態に伴い衛星反射位置ならびに強度が不連続に変化することを明らかにしている。
- (4) 中間相においても格子周期に対して非整合な位置に衛星反射が現れ、その位置は温度にほとんど依存しないが、その強度は温度の低下に伴い強くなることを示すと同時に、リートベルト解析を行い、各原子位置が、母相から〈110〉方向へ変位した位置として、一つの正弦関数で表されることを明らかにしている。
- (5) マルテンサイト相においても格子周期に対して非整合な位置に衛星反射が現れ、その位置ならびに強度は、

【52】

氏名	くし だ ひろ あき 単 田 悠 彰
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 2 2 9 4 3 号
学位授与年月日	平成 21 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科マテリアル生産科学専攻
学位論文名	強磁性形状記憶合金 Ni <sub>2</sub> MnGa の応力 - 温度相図と各相の結晶構造
論文審査委員	(主査) 教授 掛下 知行 (副査) 教授 森 博太郎 教授 中野 貴由 准教授 福田 隆

温度および応力に対して大きく変化しないことを示すとともに、リートベルト解析を行うことにより各原子位置が、中間相と同様に母相から $\langle 110 \rangle$ 方向へ変位した位置として、一つの正弦関数で表されることを明らかにしている。

以上のように、本論文は単結晶を用いた圧縮試験と3種類の回折実験を行うことにより、強磁性形状記憶合金 $\text{Ni}_2\text{MnGa}$ に出現する各相の存在領域と構造を明確にしたものであり、学術的にもまた、強磁性形状記憶合金を工業的に利用する上でも、極めて重要な知見を含んでおり、材料工学の発展に寄与するところが大きい。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。