

NdPd₂Si₂ 単結晶の高磁場磁化過程

High Field Magnetization Process of NdPd₂Si₂ Single Crystal

山口大・理 繁岡 透
東北大・金研 木村 尚次郎, 渡辺 和雄
T. Shigeoka¹, S. Kimura², K. Watanabe²

¹ Graduate School of Science and Engineering, Yamaguchi University

² Institute for Materials Research, Tohoku University

1. はじめに

正方晶 ThCr₂Si₂ 型結晶構造 (空間群: I4/mmm) を持つ希土類三元化合物 RM₂X₂ (R=希土類, M=遷移金属, X=Si, Ge など) は, 多種多様な物性を示すことから, この30年間広く研究されてきている[1]. この系の多くの化合物では, 磁気モーメントが正方晶の主軸の *c* 軸に向いており, *c* 軸磁気モーメントの振る舞いは, かなり理解されてきている。一方, 基底面内 (*c* 面内) に磁気モーメントがある化合物は少なく, 面内磁気モーメントの振る舞いは, まだ理解不足である。RPd₂Si₂ 化合物系は, 磁化容易方向が面内であると報告されており[2], 我々は, この化合物系の単結晶による系統的な研究を行なっている。そして, GdPd₂Si₂ が奇妙な磁気相図を持つこと[3], TbPd₂Si₂[4], PrPd₂Si₂[5]は多段階メタ磁性を示すことを明かにしている。Nd 化合物の磁気的振る舞いに関しては, これまでに全くその報告はなかった。そこで, NdPd₂Si₂ の単結晶に育成し, その磁性を調べた。磁化率の温度依存には, 反強磁性秩序を示唆するカスプが *T*_N=2.3 K に現れた。これまでの他の化合物の振る舞いから, 磁化過程を明らかにするためには, かなりの高磁場が必要であると考えられ, 高磁場磁化測定を行った。

2. 実験

単結晶試料は, トリ・アーク・チョクラルスキー法により育成した。結晶の一部を粉末にし, X 線回折により単一相であることを確認した後, 背面ラウエ法により結晶方位を決定し, 結晶三主軸がそれぞれ平面に垂直に立つように試料を薄いアクリル板に固定し測定に用いた。高磁場磁化測定は, 東北大学金属材料研究所附属強磁場超伝導材料センターの超伝導マグネット 18T-SM で 18T までの磁場で, 試料引き抜き法による磁力計を用いて, 1.6 K および 4.2 K の温度で行った。

3. 実験結果と考察

Fig. 1 に *T*=1.6 K における NdPd₂Si₂ 単結晶の高磁場磁化曲線を示す。この磁化過程は, 反強磁性の特徴を示しており, この化合物が低温で反強磁性に秩序することを支持している。磁化困難方向である

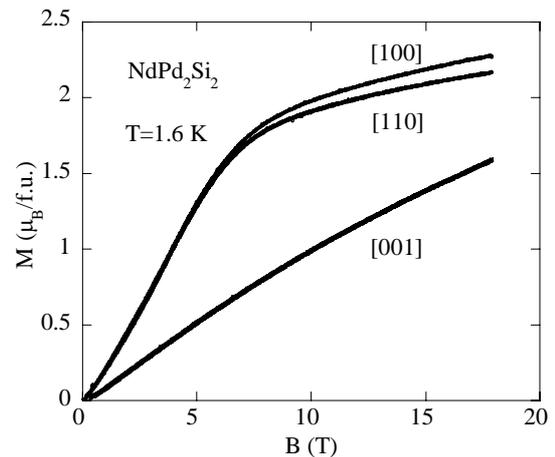


Fig. 1 Magnetization curves along the main symmetry axes of a tetragonal cell at 1.6 K on the NdPd₂Si₂ single crystal.

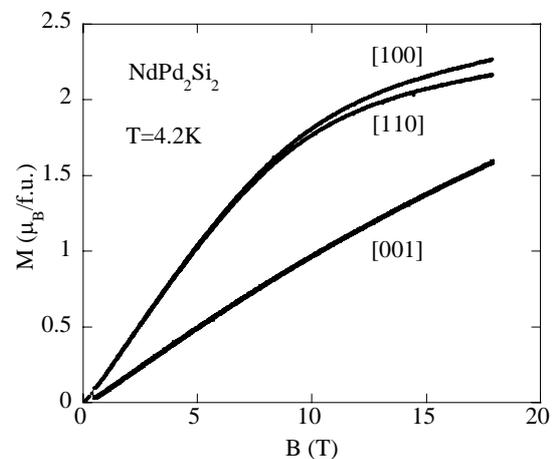


Fig. 2 Magnetization curves at 4.2 K in the paramagnetic temperature.

[001]方向, *c* 軸方向の磁化は, 磁場増加とともに, ほぼ直線的に増加する。磁化容易方向は *c* 面内の [100] 方向である。面内の [110] 方向の磁化も低磁場領域では [100] 方向の磁化と同じ振る舞いをしている。4 T 付近にメタ磁性転移が見られる; 緩やかではあるが, 下に凸な曲線を示している。転移がなまっているのは, 転移温度 (*T*_N=2.3 K) に比べ, 測定温

度 ($T=1.6$ K) が比較的高温であるためだと思われる。本測定の最高磁場 18 T では、磁化は飽和していない、すなわち約 $2.3 \mu_B$ である。Nd³⁺自由イオンの飽和磁気モーメントは $3.2 \mu_B$ であるので、温度効果を考慮してとしても (磁気構造が不明なので確かなことは言えないが、高磁場で磁場誘起強磁性相であると思われるので) $2.6 \mu_B$ 程度までは磁化は達すると思われる。この結果は、飽和させるにはさらに高磁場が必要であることを示している。メタ磁性転移をより明確に見るためには、さらに低温が必要である。10 T 以上の高磁場で、[100]方向の磁化が[110]方向の磁化より大きくなり、面内で異方性が見られている。常磁性領域の 4.2 K では (Fig. 2), 磁化過程は常磁性に特徴的な過程になっている。この温度でも、磁気異方性は依然として見られている。これまでに調べてきた TbPd₂Si₂ 化合物等[3,4]の磁化過程と同様に、これらの振る舞いは、結晶場効果により大筋は説明可能であると考えている。結晶場の解析は現在進行中である。また、この振る舞いを説明するためには、まず、反強磁性磁気構造を決定する必要がある。

4. まとめ

NdPd₂Si₂ 単結晶の高磁場下磁化測定を行った。磁化容易方向は *c* 面内の [100] 方向であり、面内の [110] 方向との間にも強磁場領域でかなり強い磁気異方性を示す。*c* 面内磁化過程には、メタ磁性転移が現れる。この過程は、NdPd₂Si₂ が反強磁性に秩序化することを示している。常磁性領域の磁化過程にも同様の磁気異方性が見られる。これらの振る舞いは主に結晶場効果により説明可能であると考えている。

参考文献

- [1] D. Gignoux, D. Schmitt, in K.H.J Buschow(Ed.) , Handbook of Magnetic Materials, vol. 10, North-Holland, Amsterdam, 1997.
- [2] A. Szytula et. al., Solid State Commun., 58 (1986) 683.
- [3] Y. Zhang et. al., J. Physics: Conf. Ser. 391 (2012) 012082
- [4] Y. Zhang et. al., Phys. Soc. Jpn. 81(2012) 004702.
- [5] T. Shigeoka et. al., J. Korean Phys. Soc. To be published.