

## 単結晶 Fe<sub>65</sub>Ni<sub>35</sub> 合金へのイオン照射

The ion irradiation effect on Fe<sub>65</sub>Ni<sub>35</sub> alloy with single crystal.

松下 正史<sup>1)</sup> 和田 秀樹<sup>1)</sup> 齋藤 勇一<sup>2)</sup>

Masafumi MATSUSHITA Hideki WADA Yuichi SAITO

<sup>1)</sup>愛媛大学 <sup>2)</sup>原子力機構

### 概要

Fe<sub>65</sub>Ni<sub>35</sub> の磁性に与える照射の影響を調査する。本合金のキュリー温度が照射によって上昇すること、キュリー温度の上昇は照射密度に依存することを明らかにしてきた。これまでに実施した照射実験はすべて多結晶の圧延箔、スパッタで作成された多結晶薄膜であった。本研究では単結晶サンプルを用い、1000 °C以上の高温からのクエンチで作成される多結晶サンプルと、650 °Cで長時間アニールすることで作成された単結晶サンプルとの間で照射効果の有無を調査した。その結果、単結晶化の熱処理の有無に照射によるキュリー温度の上昇に差はないことが分かった。

キーワード：インバー合金、磁性、キュリー温度

### 1. 目的

Fe<sub>65</sub>Ni<sub>35</sub> はインバー合金と呼ばれる。本組成の合金は格子体積が温度に対し invariant であることで知られる。その他にも異常に大きな磁気体積効果、ストーナー励起では説明がつかない hidden excitation の存在、高圧下での磁気相転移をはじめ、本合金を含むいくつかの Fe ベースの FCC 合金でしか見られない特徴を有する。これら一連の磁気体積効果の異常についての徹視的な起源は未だ不明である。

Fe<sub>65</sub>Ni<sub>35</sub> の磁性と照射効果の研究は 1970 年代より始まる。電子線照射によってキュリー温度が増加することが報告され、その後いくつかのグループによってキュリー温度がイオン照射によって上昇することが報告されてきた。近年では、本合金の特徴である小さな熱膨張係数がイオン照射によって増加することが報告されている [1]。

我々のグループはプロトンイオン照射についての研究を行ってきた。これまでの結果を総括すると照射によって形成される vacancy の密度にキュリー温度の上昇は比例すると考えている [2]。これまでの研究は、圧延された多結晶、あるいはスパッタによって基板上に作成された薄膜に対する研究が主体であった。Fe<sub>65</sub>Ni<sub>35</sub> は 650°C 付近で長時間アニールすると単結晶化するとともに、short range の chemical order が生まれるとの報告もある。

そこで、本研究では単結晶化のためのアニールを行った Fe<sub>65</sub>Ni<sub>35</sub> と 1000°C からのクエンチで作成された多結晶サンプルの結果への照射に伴うキュリー温度の上昇に違いがあるか否かを調査する。

### 2. 方法

単結晶 Fe<sub>65</sub>Ni<sub>35</sub> に対し室温で照射を行う。サンプル形状は 10 ミクロンのフィルムである。エネルギーである 2MeV を選択する。2 MeV のプロトンの Fe<sub>65</sub>Ni<sub>35</sub> の飛程は 18 μm でありフィルムを貫通する。これまでの研究でキュリー温度の上昇に照射密度が依存する。そこで 2 MeV のプロトンを各照射密度 (2.5、5.0、7.5、10、25、37.5、50 × 10<sup>14</sup> cm<sup>-2</sup>) で照射し、その後、交流磁化率測定によってキュリー温度の変化を調査した。

### 3. 結果及び考察

交流磁化率の結果をもとに、照射に伴うキュリー温度の上昇 (increment of T<sub>c</sub>) と照射密度の関係を図 1 に示す。単結晶サンプルへの照射は本マシンタイム中に実施した。多結晶サンプルへの照射は、本マシンタイム中と、過去に筑波大学応用加速器研究所で本グループが実施したものを比較のために並べている。図を見る限り、単結晶と多結晶の間に大きな違いは見られない。本結果より単結晶化の影響は小さいと考えられる。

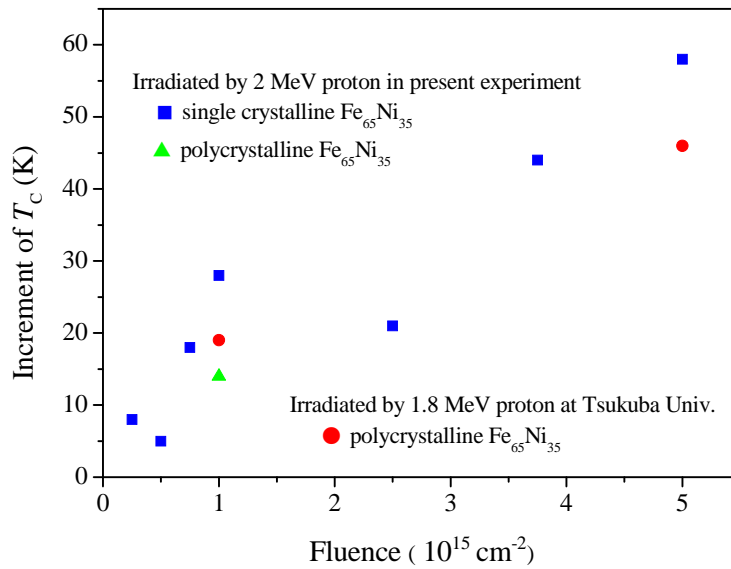


図1. キュリー温度の上昇と照射密度の関係

4. 引用(参照)文献等

[1] X. Zheng, S.G. Cahill, J.-C. Zhao

Effect of MeV ion irradiation on the coefficient of thermal expansion of Fe-Ni Invar alloys: a combinatorial study

Acta Materialia, 58 (2010), pp. 1236-1241

[2] M. Matsushita, Y. Matsushima, T. Uruga, R. Ishigami, A. Iwase

Effect of 50-keV proton irradiation on the magnetism of a Fe66Ni34 Invar alloy

Journal of Magnetism and Magnetic Materials, Volume 333, May 2013, Pages 13-17