

## SICORP 日本-EU

### 「希少元素代替材料」分野 研究課題 事後評価結果

#### 1. 共同研究課題名

「イリジウムを代替するホイスラー合金 (HARFIR)」

#### 2. 日本-EU 研究代表者名 (研究機関名・職名は研究期間終了時点):

日本側研究代表者 東北大学金属材料研究所 教授 高梨 弘毅

EU 側研究代表者 ヨーク大学電子工学科 教授 廣畑 貴文

#### 3. 研究実施概要

希少元素イリジウムに焦点を当て、スピバルブ構造における Ir-Mn 合金を代替する新規反強磁性材料探索に取り組む研究である。材料系として普遍的な元素のみからなる規則合金「ホイスラー合金」に着目し、反強磁性となる組成の新規探索とその物性解明を目的としている。鉄、コバルト、マンガン、バナジウムのような遷移金属元素とゲルマニウム、ケイ素、アルミニウムのような軽金属元素を構成元素としている。元素代替による、高機能電子デバイス製造における元素戦略上のリスク回避、価格抑制への寄与を目指すものである。

#### 4. 事後評価結果

##### 4-1. 研究の達成状況及び得られた研究成果

(論文・口頭発表等の外部発表、特許の取得状況を含む)

第一原理計算や交換バイアス磁界に対するモデル計算から、ホイスラー合金の規則相と磁性、並びに反強磁性体ホイスラー合金と強磁性薄膜との積層構造における交換バイアス効果の理論検討を行った。その結果、ホイスラー合金の各原子サイトにおけるスピン間の相互作用を取り扱うモデル構築と実験結果の定量的な再現に成功している。スパッタリングを用いた薄膜作製と計算からの知見を活用し、数多くの組成から 3 種類の組成を選び、組成・成膜条件の制御により薄膜作製にも成功している。また、低温下ではあるものの、3 組成全てにおいて、交換バイアス効果発現に成功した。組成により交換バイアス効果に差異がある点について、その差異を反強磁性体ホイスラー合金の基底状態における磁気構造の違いが一因であることを、計算とシミュレーションで明らかにしている。更に A2 型  $Mn_2VAI$  を用いた試料において 250K まで交換バイアス効果が得られることを実証した。多くの学会発表や、数は少ないものの日本 EU 共著論文掲載も実績として認められる。

##### 4-2. 研究成果の科学技術や社会へのインパクト、わが国の科学技術力強化への貢献

本研究成果は、極めて困難な課題に果敢に挑戦したもので、室温での交換バイアス効果発現に向けての設計指針確立まで至ったことは、わが国の科学技術

力強化に大いに資する成果である。イリジウムは地球上で埋蔵量が最も少ないとされる元素であるが、本研究成果によりブロック温度向上も目途が立ちつつあり、今後の製品試作や反強磁性材料の基礎・応用両面での研究加速も大いに期待でき、インパクトの大きい成果であると評価できる。

日本EU間の共同研究により、計算、成膜実験、計測・分析が有効に機能し、研究が加速された。研究者の交流も頻繁に行われ、若手研究者の育成も順調に進んだ。研究期間が限られる中、ホイスラー合金のいずれの規則相においても交換バイアス効果を初めて見出すとともに、ブロック温度を研究開始当初の2倍にまで向上することを見出しており、インパクトのある成果が得られていると評価できる。今後の大きな発展を見込める時点でのプロジェクト終了となったが、今後も共同研究が何らかの形で継続し、さらに大きな進展が今後あることを期待する。