

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 分子線エピタキシー法を用いた鉄系超伝導体周辺物質の探索

2. 研究代表者名及び主たる研究参加者名（研究機関名・職名は研究参加期間終了時点）：

研究代表者

内藤 方夫（東京農工大学 教授）

3. 研究実施概要

本研究課題では、鉄系超伝導体の分子線エピタキシー成長技術を確認し、その技術を基礎とした鉄系超伝導体周辺物質の探索、高品質エピタキシャル薄膜技術の確認、その技術を用いたジョセフソン素子を基礎とする超伝導エレクトロニクス基盤技術の確認を目指し、化合物半導体スピントロニクス分野との融合も視野に入れて研究を実施した。具体的には、研究代表者が長年取り組んできた「組成制御分子線エピタキシー法」を用いて 122 系 $Ba_{1-x}K_xFe_2As_2$ 、 $Sr_{1-x}K_xFe_2As_2$ のエピタキシャル薄膜成長や 1111 系 $SmFeAs(O,F)$ のエピタキシャル薄膜成長などを実施した。その結果として、最も簡単な結晶構造の 11 系の FeSe から、122 系(AE,K)Fe₂As₂、1111 系 REFeAs(O,F)の高品質薄膜を作製する技術を確立するなどの成果を得た。

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

本研究課題では、次のような成果が得られた。

①122 系 $Ba_{1-x}K_xFe_2As_2$ 、 $Sr_{1-x}K_xFe_2As_2$ 高品質エピタキシャル薄膜成長

300°Cまでの低温成長により、カリウム (K) を含む 122 系のエピタキシャル薄膜成長に成功した。K 源として大気中で安定な $In_{11}K_8$ を用いることで、K 置換量を系統的にふることが可能になり、122 系に対してエピタキシャル薄膜を用いて電子相図の作成を行った。

②F 拡散法による 1111 系 $SmFeAsO$ 薄膜の超伝導化

フッ素 (F) を含まない母物質 $SmFeAsO$ 薄膜上に SmF_3 を堆積し、650°C程度でアニールすることで F を薄膜中に拡散し、超伝導化する方法を確認した。この方法により得られた CaF_2 基板上的 $SmFeAs(O,F)$ 薄膜において、バルクの T_c を超える $T_{con} (T_{cend}) = 57.8K (56.4K)$ を達成した。

③As-grown $SmFeAs(O,F)$ 超伝導薄膜の MBE 成長

②の F 拡散法では高品質薄膜が得られるものの、積層デバイス作製が困難である。 Sm 単体と SmF_3 を同時供給することにより、ポストアニールを必要としない 1 ステッププロセスで $SmFeAs(O,F)$ 超伝導薄膜を成長する技術を確立した。 $T_{con} (T_{cend})$ の最高は 54 K (50 K)であった。

4-2. 総合的評価

一貫して独自の MBE 法にこだわり、11、122、そして 1111 物質のエピタキシャル成長を目指し、それをほぼ達成した。(Ba, K) 122 の成長では、チャンバーの発火という現場サイドでの大きなトラブルを、In-K 合金を使って見事に解決した。また、Sm1111 では、 CaF_2 基板を採用し、 $Sm+SmF_3$ の同時供給というアイディアで、ポストアニールではなく in-situ でバルクと同等の高い T_c をもつエビ膜の作製に成功している。これらの一連の軌跡を眺めると、代表研究者のぶれないスタンスと執念を感じることができ、同じ研究者として感銘を覚える。TRIP の会合で、In-K 合金の使用を九大の先生が示唆されたとのことであるが、このことは本プロジェクトならではの成果といえるかもしれない。今後、デ

バイス開発等新しい展開フェーズが予想されるが、引き続き 内藤イズムを発揮して、困難に挑戦して頂きたい。