課題番号　　　　　　　　　：F-13-NU-0020
利用形態　　　　　　　　　：機器利用
利用課題名（日本語）　　　：高品位鉄系超伝導薄膜の MBE 成長と接合作製
Program Title（English）：MBE growth of high quality thin films of iron arsenic superconductors

利用者名（日本語）　　　：川口 昴彦、森 康博、角谷 直紀、千原 真志、藤本 亮祐、生田 博志
Username（English）　　：T. Kawaguchi, Y. Mori, N. Sumiya, M. Chihara, R. Fujimoto, H. Ikuta
所属名（日本語）　　　　：名古屋大学大学院 工学研究科
Affliation（English）　　：Graduate School of Engineering, Nagoya University

１．概要（Summary）

本研究では、新規高温超伝導体として高い注目を集めている鉄系超伝導体の NdFeAs(O,F)と $AEFe_2(As,P)_2$ (AE=Ba または Ca)の高品位薄膜成長に取り組んでいる。また、接合作製に向けてこれら超伝導薄膜上に平坦な絶縁層を成長することにも取り組み、これらの詳細な評価と微細加工にナノテク PF を活用した。

２．実験（Experimental）

薄膜成長には分子線エピタキシー法を用いた。得られた薄膜は X 線回折や抵抗率測定、オージェ電子分光法による組成の深さ分析等により評価した。また、ナノテク PF の RIE エッチング装置およびフォトリソ装置を利用してナノブリッジ構造を作製した。

３．結果と考察（Results and Discussion）

超伝導接合は、超伝導/絶縁体/超伝導のいわゆる SIS 構造が基本となる。既に我々のグループは、超伝導転移温度(T_c)が高い NdFeAs(O,F)薄膜の成長に成功している。そこで、本研究では絶縁層を積層させた二層膜を作製した。絶縁体には、CaF_2 を選択した。これは、CaF_2 が大きなギャップを有することと、CaF_2 基板上に成長した NdFeAs(O,F)は特に高い T_c を示したため、上部電極となる第 3 層に良質な超伝導薄膜を成長できると期待されるためである。しかし、基板温度 800℃で(001)配向した NdFeAsO 層を成膜後に CaF_2 層を 25 nm成長したところ、表面ラフネス RMS が 17.8 nm と、非常に荒い表面が得られた。これは、CaF_2 が(111)面方向に成長しやすいためであり、RHEED 観察とも一致している。そこで、CaF_2 を低温で成膜後に 800℃でアニールしたところ、成長温度 400℃で RMS=2.38 nm と、表面平坦性が大きく改善した。さらに、成長レートを調整することで、RMS=0.91 nm と、超伝導接合の作製に十分な平坦性を持つ絶縁層の作製に成功した。

一方、$BaFe_2(As,P)_2$ 薄膜の成長では既にエピタキシャル歪が超伝導特性に大きな影響を及ぼすことを見出していたが、相図をさらに詳細に調べることで、T_c がバルクを上回る薄膜の成長に成功した。また、Ba を Ca に置換した $CaFe_2(As,P)_2$ 薄膜の成長にも初めて成功し、バルク体と P 組成依存性が大きく異なること、超伝導の組成領域が広がることなどを見出した。これは歪み効果によりコラプステトラ相への構造相転移が抑制されたためと考えられる。今後、これらの系でも超伝導接合作製に取り組む予定である。

得られた多層構造から接合を作製するには微細加工プロセスを確立する必要があり、引き続きナノテク PF を活用して取り組む予定である

４．その他・特記事項（Others）

なし。

５．論文・学会発表（Publication/Presentation）

(1) T Kawaguchi, A Sakagami, Y Mori, M Tabuchi, T Ujihara, Y Takeda and H Ikuta, “The strain effect on the superconducting properties of $BaFe_2(As,P)_2$ thin films grown by molecular beam epitaxy”, Supercond. Sci. Technol. Vol. 27 (2014) 065005 (6 pages).

(2) H. Ikuta, "Thin film growth of NdFeAs(O,F) and $BaFe_2(As,P)_2$", 14th International Workshop on Vortex Matter in Superconductors (Invited), 2013 年 5 月 23 日

(3) H. Ikuta, "Thin Film Growth of Iron Based Superconductors and Their Characterization", 8th Solid State Surfaces and Interfaces 2013 (SSSI VIII) (Invited),　2013 年 11 月 27 日

６．関連特許（Patent）

なし