鉄ニクトゲン超伝導体の薄膜成長

Thin Film Growth of Iron-Pnictide Superconductors

名大・工　°生田 博志

Nagoya Univ., °Hiroshi Ikuta

E-mail: ikuta@mp.pse.nagoya-u.ac.jp

2008 年以降、高い超伝導転移温度(T_c)を有する鉄系超伝導体が相次いで発見されている。これらの超伝導体の多くは複数のアニオンを含んでいて、超伝導発現に重要な役割を担っている。我々はこれら鉄系超伝導体の発見当初から分子線エピタキシー(MBE)法による薄膜成長に取り組んできた。特に、鉄系超伝導体で T_c が最高の系である NdFeAs(O,F)と、それよりは T_c がやや低いものの、高品位な結晶が比較的得られやすい $BaFe_2(As,P)_2$ を中心に研究を進めてきた。前者では O を F に、後者では As を P で部分置換することで超伝導が発現する。特に前者の結晶成長には複合アニオン系ならではの困難さがあり、超伝導薄膜を得るまでの道のりは平坦ではなかった。本講演では、$BaFe_2(As,P)_2$ の薄膜成長について簡単に紹介したのち、NdFeAs(O,F)超伝導薄膜の成長手法の詳細や、最近、開始した NdFeAs(O,H)薄膜の成長について報告する。

NdFeAsO は低温で磁気転移(スピン密度波または反強磁性転移)を示すが、O を F または H で部分置換すると超伝導を示す。T_c は最高で 56 K に達するため、発見当初から注目されている。しかし、バルク単結晶も含め、この系の結晶成長は容易ではない。特に、母相の NdFeAsO の薄膜成長に成功した後も、O を F で部分置換した超伝導薄膜の成長は容易ではなかった。極めて狭い成長ウィンドウで F 置換された薄膜が得られる場合もあるが、現状、超伝導薄膜を得るにはトポタクティック反応を用いるのが最も確実である。具体的には、母相の NdFeAsO 層上に NdOF 層を成長させると、F が NdFeAsO 層に拡散して O と置換される。この手法を見出したことで、様々な基板上にバルク試料に匹敵する T_c を示す超伝導薄膜を成長することが可能になった[1-3]。

この二層成長法を用いることで、高い再現性で確実に超伝導薄膜の成長が可能になった。しかし、問題点としては、NdOF 層の反応性が高いために NdFeAsO 層との界面に不純物が形成されることや、試料最表面が超伝導層でないために積層型の接合作製に適さないことが挙げられる。一方、ごく最近、CaH_2 を用いたトポタクティック反応により、SmFeAsO の O を H に置換する手法が報告された[4]。この手法を NdFeAsO 薄膜に適用したところ、Nd 系でも H 置換された超伝導薄膜が得られることがわかった。特に、NdOF 層を用いる二層成長法と異なり、不純物の形成は見られず、より良質な薄膜が得られることが期待される。現在、トポタクティック反応の条件を様々に変えて H ドープ量を系統的に変化させる試みを行っており、当日はそれらの結果とともに、F ドープと H ドープ試料の比較などについても報告する予定である。

[1] T. Kawaguchi *et al*., Appl. Phys. Lett. **97** (2010) 042509. [2] T. Kawaguchi *et al*., Appl. Phys. Express **4** (2011) 083102. [3] H. Uemura *et al*., Solid State Commun. **152** (2012) 735. [4] J. Matsumoto *et al*., arXiv 1903.11819.

© 2019年 応用物理学会