

超伝導転移温度 54K の新超伝導体 NdFeAsO_{1-y} の高圧合成に成功

今年 2 月に報告された超伝導転移温度(T_c)が約 26 K の新超伝導体 LaFeAs[O_{1-x}F_x]は、1985 年後半の銅酸化物高温超伝導体、2001 年の金属間化合物 MgB₂ 超伝導体の発見に次ぐ、高温超伝導フィーバーを世界的に引き起こしつつある。

LaFeAs[O_{1-x}F_x]の報告後、産業技術総合研究所の鬼頭聖、永崎洋、伊豫彰の 3 氏は、密閉環境として取扱い可能な ” 高圧合成 ” 法と呼ばれる手法を用いた周辺化合物の物質探索を試みた。その結果、La を Nd に置換し、酸素(O)をフッ素(F)に置換する代わりに O の欠損を導入した NdFeAsO_{1-y}系において $T_c \sim 54\text{K}$ という、LaFeAs[O_{1-x}F_x]の $T_c \sim 26\text{K}$ をはるかに上回る超伝導体を見出した。この研究は、日本物理学会発行の英文学術誌 Journal of the Physical Society of Japan (JPSJ) の 2008 年 6 月号に掲載される。

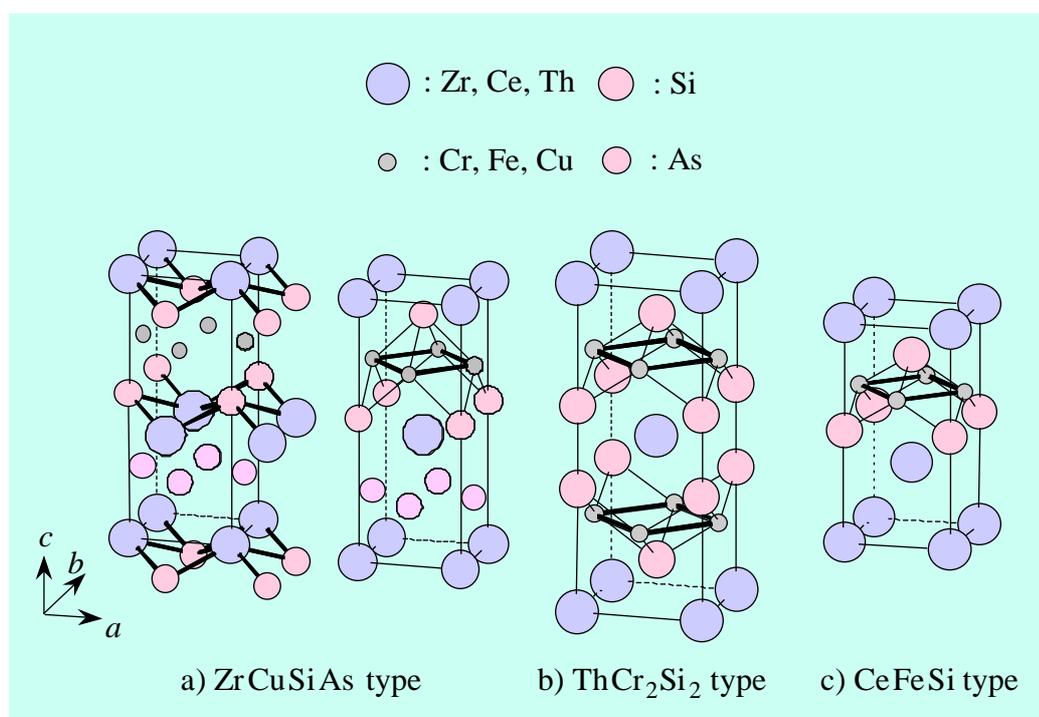


図 1. LnFeAsO の ZrCuSiAs 型結晶構造 (a)、および、ThCr₂Si₂ 型 (b)、CeFeSi 型 (c) の結晶構造。 a) の右図は b), c) と比較しやすいように表示したもの。

新超伝導体 LaFeAs[O_{1-x}F_x]の母物質 LnFeAsO の結晶構造は、希土類原子(Ln=La, Nd,...)と酸素原子から成る Ln₂O₂、ならびに Fe₂As₂ のユニットが積層した ZrCuSiAs 型結晶構造(図.1 a)をとる。この ZrCuSiAs 型結晶構造は超伝導分野においては 1990 年代半ばに精力的に研究がなされた YNi₂B₂C 金属間化合物超伝導体をとる結晶構造と類縁の ThCr₂Si₂ 型(図.1 b)、CeFeSi 型結晶構造(図.1 c)との関連性がある。

銅酸化物高温超伝導体においては、その結晶構造をイオン結晶的に見ると、結晶の骨格を決

めているフレイム層の組成制御を行うことによって、超伝導を担う CuO_2 平面のキャリア制御を行うという役割分担する層が積層しているという特徴がある。 LnFeAsO 系新超伝導体においても、 Ln_2O_2 フレイム層と、超伝導に関わる Fe_2As_2 層のように役割分担する層が積層しており、銅酸化物との類似性が強い。但し、材料合成の立場からみると、この LnFeAsO 系超伝導体には As のような人体に好ましくない元素が含まれている。

そこで本研究では、密閉環境下での高圧合成法による物質探索を行い、 NdFeAsO_{1-y} 系が酸素欠損のみでも高い T_c をもつ超伝導体であることを見出したことに加え、酸素欠損量と格子定数、 T_c との関連性を系統的に明らかにした。なお本研究とは独立に、中国の研究グループによっても同様の報告がなされている。

本研究に基づいて、その後直ちに、 NdFeAsO_{1-y} 系の電子線解析、中性子線解析による結晶構造の詳細な解析が行われ、 Nd_2O_2 ユニットの酸素は無秩序に欠損し、この欠損により電荷のバランスを保つために Nd 原子に Fe_2As_2 ユニットの As 原子が引き寄せられ、Nd-As 間の結合長が縮むことが明らかにされている。さらに、本研究グループによる圧力下の測定では T_c が圧力増加とともに降下し超伝導特性が消失していくことが明らかにされている。

以上のように、 LnFeAsO 系の超伝導発現機構解明の先駆的なアプローチの発端となった本研究は多くの研究者から高く評価されている。今後は、ここから得られた研究成果をもとに、例えば、単結晶を用いた物性測定をはじめ、高温超伝導体の新物質探索指針の構築等のさらなる展開が大いに期待される。

論文掲載誌： J. Phys. Soc. Jpn. **77** (2008) No. 6, p. 063707

電子版：<http://jpsj.ipap.jp/link?JPSJ/77/063707> (6月10日公開)

< 情報提供： 鬼頭 聖 (産業技術総合研究所) >