

# (Cu, C) 系高温超伝導薄膜の積層構造制御・ 新機能発現に関する研究

Synthesis of Superconducting (Cu,C)-Ba-O Films and [CaCuO<sub>2</sub>/(Cu,C)-Ba-O]<sub>m</sub> Multilayer Structure

山元 徹朗

Tetsuro YAMAMOTO

## 1. 緒言

超伝導デバイスは超高選択比フィルタ、超高速論理素子、量子計算用素子など、その高度且つ独自のポテンシャルから次世代の基幹デバイスの一つと見なされており、その実現のため、高特性・受容し易いプロセス条件を兼ね備えた材料の開発が望まれている。本研究では、極めて難合成物質であるが、単層膜で 50 K 級の超伝導臨界温度  $T_c$  が得られること、成長温度が約 500 °C と高温超伝導体薄膜として著しく低いなど多くの優れた特徴を有することを独自に見出してきた (Cu, C)Ba<sub>2</sub>CuO<sub>2</sub> [(Cu, C)-1201] 高温超伝導薄膜に注目し、超伝導発現のための成長条件の確定、類縁の無限層構造銅酸化物とのヘテロ積層構造化による超伝導特性の制御を検討し、レアアース・毒性元素を含まない高性能・低成長温度超伝導薄膜材料の創成を試みた。

## 2. 実験方法及び結果

構成元素の逐次・自動堆積が行えるパルスレーザー堆積システムを用いて、この薄膜の低温成長領域の確定、ヘテロ積層化の前提となる超平坦化、人工多層構造の形成を行った。SrTiO<sub>3</sub> (100)面に直接堆積した c-軸配向(Cu, C)-1201 単層膜は格子ミスマッチにより基板から数 nm で積層欠陥が発生し  $T_c$  は

---

学位授与日 2011 年 3 月 25 日  
日新イオン機器株式会社

50 K 級にとどまる。一方、SrTiO<sub>3</sub> と(Cu, C)-1201 相の中間の面内格子定数を持つ無限層構造 SrCuO<sub>2</sub> をバッファ層として挿入した場合、1201 相は厚さ 100 nm 程度まで歪格子として原子オーダーの超平坦性を持ってエピタキシャル成長することが見出された。この構造における界面歪みの効果を検討したところ、歪み率の増大により  $T_{c-onset} > 70$  K の成分が混在しあはじめることが見出された。続いて、[(Cu,C)-1201/無限層構造 CaCuO<sub>2</sub>]<sub>N</sub> 人工積層構造化 (N: 積層繰返し回数) することで、界面歪と単位胞内キャリア分布の制御を行ったところ、顕著な超伝導臨界温度の向上を初めて見出した。N > 2 の構造では、 $T_c(\rho=0)$  が SrTiO<sub>3</sub> 上に直接成長した 1201 相単層膜のそれを 30 K 以上上回り液体窒素温度と同等の高  $T_c$  が実現される。これらは界面歪、歪エピタキシャル成長がこの系の超伝導特性の支配要因であることを示している。

## 3. 結論

本研究において、(Cu, C)-1201 層を基幹とする積層構造において界面歪みが超伝導特性の支配要因の一つであること、ヘテロ積層構造の人為的制御により、この歪効果を通じた超伝導特性制御が可能であることが明らかになるとともに、この知見を活用した [(Cu,C)-1201/CaCuO<sub>2</sub>]<sub>N</sub> 積層構造が高  $T_c$ ・低成長温度且つレアアース・毒性元素を含まない有望な超伝導薄膜材料であることが明らかとなった。