

(Cu, C)系超伝導層を基幹とする積層構造における界面歪効果

Effect of Strain at interfaces in Stack-Structures based on (Cu, C)-system Superconducting Layer

鹿児島大¹, 産総研², ネルー先端科学研³, 東理大⁴: 酒瀬川 健人¹, 古賀 慎一¹, 団 一星¹
小原 幸三¹, 真中 浩貴¹, 田中 康資², 伊豫 彰², A. Sundaresan³, 常盤 和靖⁴, 寺田 教男^{1,2}

Kagoshima Univ.¹, National Inst. Adv. Indust. Sci. Technol. (AIST)²,

Jawaharlal Nehru Centre for Adv. Sci. Res.³ and Tokyo Univ. of Sci.⁴

°K. Sakasegawa¹, S. Koga¹, I. Dan¹, K. Obara¹, H. Manaka¹, Y. Tanaka², A. Iyo², A. Sundaresan³,

K. Tokiwa⁴ and N. Terada^{1,2}

e-mail: k5804712@kadai.jp

はじめに (Cu, C)Ba₂Ca_{n-1}Cu_nO_x [(Cu, C)-12(n-1)n]は希土類・毒性元素を含まない、高圧合成による多層型において高 T_cを有する等の特徴を持つ。当グループは、この系の基本構造である 1201 相の薄膜化を試み、超伝導発現が銅酸化物系超伝導膜としては著しく低い成長温度(~ 500 °C)で可能であることを見出してきた。一方、1201 層膜の超伝導特性は著しい基板材料依存性、層厚増大による劣化、SrTiO₃ 上の薄層でも臨界電流密度が低いこと等が認められ、1201/ 下地界面の評価・制御による均質化の必要性が示唆されている。SrTiO₃ と 1201 相の中間の面内格子定数を持ち且つ SrTiO₃ (001)面上に歪エピタキシャル成長することから 1201 層とのミスフィット率を系統的に変化させられる無限層構造 SrCuO₂ 層をバッファとして挿入した構造では 1201 層が原子層オーダーの平坦性を持ってエピタキシャル成長することが分かった。今回、多層構造化へ向けた基礎実験として、(Cu, C)-1201/SrCuO₂/SrTiO₃ 構造における SrCuO₂ 層厚変化依存性により 1201 層下部界面、1201 層上に堆積した SrCuO₂、CaCuO₂ 層の層厚依存性により上部界面の効果を評価したので報告する。

実験・結果 (Cu, C)-1201/SrCuO₂/SrTiO₃ 試料の抵抗-温度特性は、SrCuO₂ 層の挿入が無い場合半導体的であったが、層厚増大に伴い抵抗率の温度係数が増大し、層厚 8.2 ~ 12.2 nm で金属的伝導且つ超伝導性が発現した。一方、層厚 14 nm 以上では常伝導伝率、超伝導特性の低下が見られた。これらの変化は、それぞれ、SrCuO₂ 層挿入による成長モードのエピタキシャル化に伴う圧縮性界面歪によるホールドーピングの促進、層厚増大=格子ミスマッチの低減による歪効果の減少によるものと解釈できる。1201/SrCuO₂/SrTiO₃ に無限層構造 CaCuO₂; 3 nm (a)、SrCuO₂; 8 nm (b) を堆積した試料の RHEED パターンを図 1 に示す。CaCuO₂ 層は層厚 1 nm 以下で層状成長、それ以上で微結晶が混在する Stranski-Krastanov 型成長をすること、一方、SrCuO₂ 層は層厚 8 nm まで層状成長が維持されることが確認された。図 2 (a) に CaCuO₂/1201/SrCuO₂/SrTiO₃ 試料の抵抗-温度特性を示す。CaCuO₂ 層がほぼエピタキシャル成長する層厚範囲で金属性・超伝導パス形成が促進されており、その後、伝導性が急激に劣化することが分かる。図 2 (b) に示すように SrCuO₂/1201/SrCuO₂/SrTiO₃ 試料でも 1201 層上に無限層構造薄層を堆積することで伝導特性が改善され、この場合、層厚範囲が拡大していることが分かる。これらの結果から 1201 層下側界面と同様、上側界面においても圧縮性界面歪の制御によるキャリア制御が機能することが明らかとなった。また、これは上記構造の繰り返しにより超伝導発現領域の増大が可能となることを示唆している。

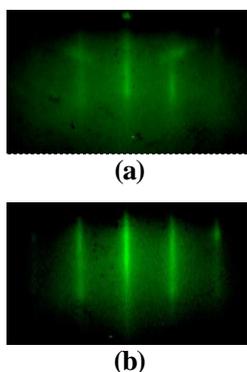


Fig.1 RHEED patterns of CaCuO₂: 3 nm/(Cu, C)-1201/SrCuO₂/SrTiO₃ (a) and SrCuO₂: 8 nm/(Cu, C)-1201/SrCuO₂/SrTiO₃ (b) structure.

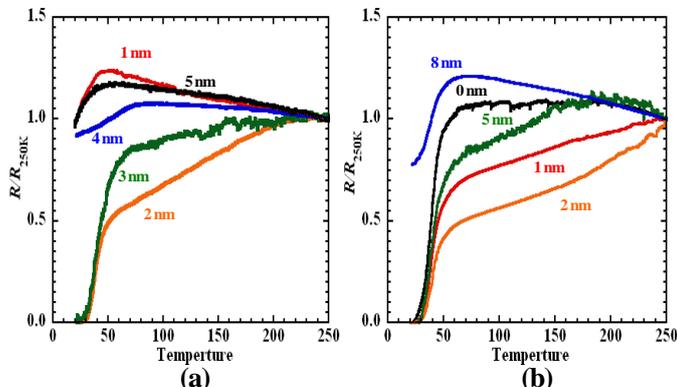


Fig.2 Changes of temperature dependence of normalized resistance of CaCuO₂/(Cu, C)-1201/SrCuO₂/SrTiO₃ (a) and SrCuO₂/(Cu, C)-1201/SrCuO₂/SrTiO₃ (b) structure with thickness of each top-layer.