

課題番号 : F-15-AT-0117
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : PLD 法による酸化物半導体を用いた電子デバイスの開発
Program Title (English) : Development of a electronic device with oxide semiconductors formed by PLD
利用者名(日本語) : 上野和紀, 佐藤洋平
Username (English) : K. Ueno, Y. Sato
所属名(日本語) : 東京大学大学院総合文化研究科
Affiliation (English) : Department of Basic Science, University of Tokyo.

1. 概要(Summary)

酸化物半導体は透明でワイドギャップである、低温で高い移動度を持つ、超伝導や強磁性などの特異な物性を示すなどの特長を持つため、酸化物半導体を伝導層として新しい電子デバイスを開発できると期待されている。その中でも、電界効果トランジスタの絶縁層に有機電解液やイオン液体などのイオン伝導性の物質を用いた電気二重層トランジスタは、電場による超伝導や強磁性の制御が報告されており、注目されている。本研究課題では酸化物半導体を用いた電気二重層トランジスタの開発を行うために、酸化物材料として無限層構造をもつ銅酸化物 SrCuO₂ や遷移金属酸化物 SrVO₃、その類似物質の単結晶薄膜の作製を試みた。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

엑스線光電子分光分析(XPS)装置

【実験方法】

薄膜の作製はパルスレーザー堆積法(PLD 法)を用い、DyScO₃ 単結晶基板へ SrCuO₂、Sr_{0.9}La_{0.1}CuO₂ 焼成ターゲットによる薄膜作製を行った。また、SrTiO₃ 単結晶基板へ SrVO₃ 焼成ターゲットによる薄膜作製を行った。薄膜は X 線回折により結晶構造を同定した。また、作製条件をさまざまに変えた薄膜について、XPS 装置を用いてその元素組成の評価を行った。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

薄膜を作製する際のレーザーのエネルギーを一定にし、フォーカス位置を変化させることでレーザーのターゲット表面でのエネルギー密度を変化させた。Table 1 にいくつかの試料についての分析結果を示す。基板は Dy:Sc:O であり、薄膜によってさえぎられるためにほとんど検出されていない。一方、薄膜に対応する Sr:La:Cu:O

の元素はすべての試料で検出された。検出量を見ると Cu が Sr より少ない、もしくは最大でも Sr 濃度=Cu 濃度であり、それに加えて La が検出された。したがって、原料組成から比較して薄膜ではかなり大きな組成ずれが起きており、それによって薄膜の物性が劣化していることが予想される。実際にこの結果を踏まえて新たに薄膜作製条件を変化させることで、超伝導を示す試料を作製することができるようになった。

Table 1. XPS results for several samples. Atomic conc. ratio of Cu:La:Sr indicates that Cu deficient film was fabricated.

Peak	Type	Position BE (eV)	FWHM (eV)	Raw Area (cps eV)	RSF	Atomic Mass	Atomic Conc %
Cu 2p	Reg	933.000	1.522	218238.0	5.321	63.549	16.61
La 3d	Reg	829.600	2.033	56747.1	9.122	138.898	2.42
F 1s	Reg	684.700	1.405	22169.1	1.000	18.998	8.13
O 1s	Reg	532.050	2.284	86993.3	0.780	15.999	40.14
Ti 2p	Reg	458.300	0.127	0.0	2.001	47.878	0.00
Sc 2p	Reg	399.000	0.239	0.0	1.875	44.956	0.00
C 1s	Reg	285.000	1.698	12110.6	0.278	12.011	15.77
Dy 4d	Reg	145.700	0.453	1453.9	2.474	162.848	0.20
Sr 3d	Reg	133.900	1.837	90307.0	1.843	87.617	16.73

Peak	Type	Position BE (eV)	FWHM (eV)	Raw Area (cps eV)	RSF	Atomic Mass	Atomic Conc %
Cu 2p	Reg	933.200	1.753	204331.3	5.321	63.549	14.33
La 3d	Reg	835.400	5.695	23912.0	9.122	138.898	0.94
F 1s	Reg	685.800	0.109	0.0	1.000	18.998	0.00
O 1s	Reg	532.050	2.183	133836.2	0.780	15.999	56.88
Ti 2p	Reg	477.000	0.121	0.0	2.001	47.878	0.00
Sc 2p	Reg	400.200	0.367	1027.1	1.875	44.956	0.18
C 1s	Reg	285.300	1.646	8403.9	0.278	12.011	10.08
Dy 4d	Reg	144.300	2.789	2826.3	2.474	162.848	0.36
Sr 3d	Reg	134.000	3.376	100964.1	1.843	87.617	17.23

4. その他・特記事項(Others)

本研究は科学研究費若手(A)「イオン液体ゲートによる新しい電界効果デバイスの創製」、科学研究費基盤(S)「電界効果による磁性の制御と誘起」(研究代表者:千葉大地、研究分担者:上野和紀)の助成を受けて実施した。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

(1) 大友 圭輔, 河野 駿介, 佐藤 洋平, 上野 和紀, "強相関酸化物 SrVO₃ 薄膜の金属絶縁体転移と電界効果", 2015 年第76回応用物理学会秋季学術講演会, 平成 27 年 9 月 13 日, 名古屋国際会議場

6. 関連特許(Patent)

なし。