

GaAs (001), (111)A および (111)B 基板上的 BiSb トポロジカル絶縁体の結晶成長

Crystal growth of BiSb topological insulator on GaAs(001), (111)A, and (111)B substrates

東工大¹, 東大工² ◯八尾 健一郎¹, ゲイン フン ユイ カン¹, 市村 雅貴¹, ファム ナム ハイ^{1,2}

Tokyo Tech.¹, Univ. Tokyo² ◯Kenichiro Yao, Nguyen Huynh Duy Khang, Masataka Ichimura, Pham Nam Hai

E-mail: yao.k.ac@m.titech.ac.jp

トポロジカル絶縁体は巨大なスピンホール効果を示す物質であり、スピン軌道トルクの発生源として注目されている [1,2]。我々は電気伝導率が高い($\sim 10^5 \Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$) $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ トポロジカル絶縁体に着目し、常温において $\text{BiSb}(012)$ 面の超巨大なスピンホール角($\theta_{\text{SH}} \sim 52^\circ$)を観測したと共に、 BiSb のスピン軌道トルクによる超低電流密度の磁化反転を実証した[3]。さらに、スピンホール角が BiSb の面方位に強く依存したことを見出した[4]。従って、 BiSb の面方位の制御はデバイス応用上、大変重要な課題である。今回我々は $\text{GaAs}(001)$ 、 $(111)\text{A}$ 、 $(111)\text{B}$ 基板上に BiSb の結晶成長を系統的に行い、 GaAs 基板の方位および終端による BiSb の結晶方位の違いを調べた。 $\text{GaAs}(111)\text{A}$ 上には、 $\text{BiSb}(001)$ 面がエピタキシャル成長した[4]のに対して、 $\text{GaAs}(111)\text{B}$ 上には、 BiSb の (001) と (012) 面が両方出現した。しかし、 $\text{GaAs}(111)\text{B}$ 基板へ 5 ML 未満の Bi シード層を成長させた上に BiSb を成長させることによって、最適な条件で $\text{BiSb}(012)$ 面を選択的に成長させることに成功した。図 1 に $\text{GaAs}(111)\text{B}$ 基板上へ結晶成長を行った試料の XRD θ - 2θ 測定の結果を示す。シード層が無い場合に現れていた $\text{BiSb}(001)$ 面に付随するピークが、シード層の導入により消滅したことがわかった。図 2 に示した Bi シード層を導入した Sb 含有率 40%の試料について XRD ϕ 測定を行ったところ、成長した $\text{Bi}_{0.6}\text{Sb}_{0.4}(012)$ 層はテクスチャの状態であることが確認できた。一方、 $\text{GaAs}(001)$ 面上には、シード層の有無と関係なく、 $\text{BiSb}(001)$ のテクスチャ層が得られた。表 1 に今回の結果をまとめている。 BiSb の成長が基板の方位と終端およびシード層の有無に依存していることが分かる。References: [1] A. H. Mellnik *et al.*, Nature 511 (2014) 13534. [2] Y. Fan *et al.*, Nat. Mater. 13 (2014) 3973. [3] N. H. D. Khang *et al.*, Nat. Mater. in press. [4] K. Yao *et al.*, Intermag 2018, DC-03. [5] Y. Ueda *et al.*, Appl. Phys. Lett 110(2017) 062401.

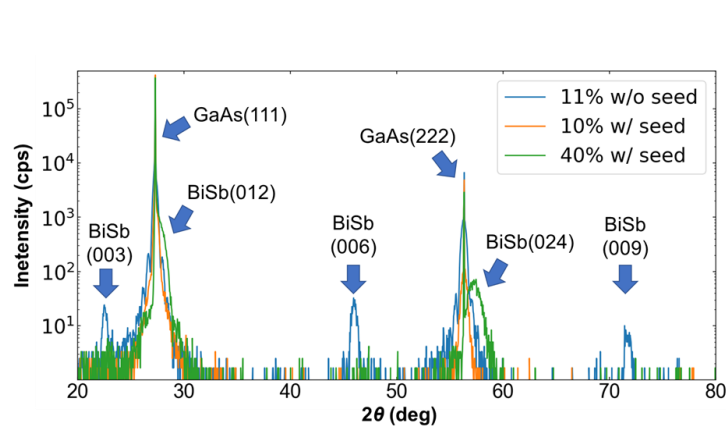


Fig.1 : XRD θ - 2θ spectra of various BiSb layers grown on GaAs(111)B substrates, with and without a Bi seed layer.

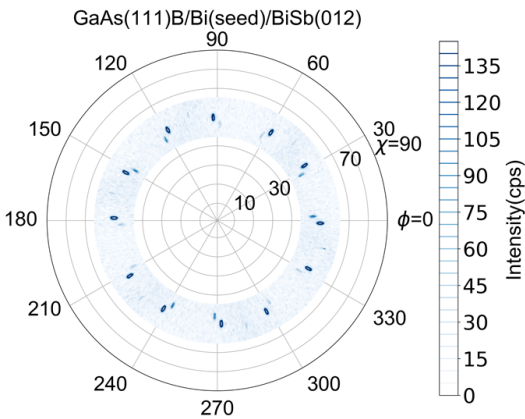


Fig.2 : XRD ϕ scan spectra of a $\text{Bi}_{0.6}\text{Sb}_{0.4}$ layer grown on a GaAs(111)B substrate with a Bi seed layer.

Substrate	Bi seed layer	Crystal Condition	Orientation
GaAs(111)A	w/o	Epitaxial	$\text{BiSb}(001)_{\text{hex}}$
GaAs(111)B	w/	Textured	$\text{BiSb}(012)_{\text{hex}}$
	w/o	Polycrystal	$\text{BiSb}(001)_{\text{hex}}$, $\text{BiSb}(012)_{\text{hex}}$
GaAs(001)	w/	Textured	$\text{BiSb}(001)_{\text{hex}}$
	w/o	Textured	$\text{BiSb}(001)_{\text{hex}}$

Table.1 : Crystal condition and orientation of BiSb grown on GaAs(001), GaAs(111)A, GaAs(111)B, with and without a Bi seed layer.