

## 半金属 $\epsilon$ -CoSi 薄膜の Si 基板上への成長とその熱電性能

### Growth of semi-metal $\epsilon$ -CoSi thin films on Si substrates and their thermoelectric properties

○難川 貴弘<sup>1</sup>, 坂根 駿也<sup>1</sup>, 中村 芳明<sup>1</sup> (1. 阪大院基礎工)

°T. Hinakawa<sup>1</sup>, S. Sakane<sup>1</sup>, Y. Nakamura<sup>1</sup> (1. Osaka Univ.)

E-mail : u934348i@ecs.osaka-u.ac.jp

【目的】 低温領域において高い熱電性能指数  $ZT$  を有する材料として  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  や  $\text{SbTe}_3$  が挙げられるが、これらは有毒な材料であるために広範な応用に向いていない。我々は、LSI からの低温廃熱利用を目的とした熱電材料として、毒性の低い Si 系材料に注目している。その中で擬ギャップを有する半金属のバルク  $\epsilon$ -CoSi は  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  系材料を上回る出力因子 ( $S^2\sigma \sim 60 \mu\text{W/K}$ ) を示すという報告がある[1]。そこで、LSI 利用を見据えて、Si 基板上への  $\epsilon$ -CoSi 薄膜熱電材料に注目したが、単層  $\epsilon$ -CoSi 薄膜を Si 基板上へ成長した報告はない[2]。本研究で、分子線エピタキシー (MBE) 法を用いて Si 基板上に高品質な  $\epsilon$ -CoSi 薄膜を成長する技術を開発し、その熱電性能を評価したので報告する。

【実験】 MBE 真空槽内で Si (111) 基板上に Si バッファ層を形成して清浄表面を得た。その上に Co と Si を組成比  $\text{Co} : \text{Si} = 1 : 1$  で同時蒸着することで、膜厚 50nm の Co シリサイド薄膜の形成を行った。成長時の基板温度を室温 ( $<100^\circ\text{C}$ )、 $100^\circ\text{C}$ 、 $200^\circ\text{C}$ 、 $400^\circ\text{C}$  として、4 種類の試料を作製した。また、室温で成長した試料の真空アニール (基板温度  $200^\circ\text{C}$ 、30 分) も行った。試料成長中には反射高速電子線回折法 (RHEED) で、薄膜成長後にはラマン分光法及び X 線回折 (XRD) 法によって、構造評価を行った。ホール効果測定により電気伝導率、キャリア密度、移動度を評価し、ゼーベック係数は ZEM-3 (アドバンス理工) によって測定した。

【結果】 RHEED 図形とラマン分光法、XRD の測定結果から、 $200^\circ\text{C}$  の成長条件では、 $\epsilon$ -CoSi と  $\text{CoSi}_2$  薄膜が、室温成長では、金属相  $c$ -CoSi が形成されていることがわかった。室温形成した薄膜を  $200^\circ\text{C}$  で真空アニールすることで、単相の  $\epsilon$ -CoSi 薄膜の形成に成功した。次に、ゼーベック係数の成長温度依存性を調べた (Fig.1)。  $200^\circ\text{C}$  成長した試料、 $200^\circ\text{C}$  アニールした試料において、大きなゼーベック係数が観測された。このことは、半金属  $\epsilon$ -CoSi 薄膜の形成に伴うゼーベック係数の増大と考えられる。しかし、出力因子はバルク  $\epsilon$ -CoSi よりも低い値となり、これはキャリア密度が最適化されていないことが原因であると考えられる。

【謝辞】 本研究の一部は、CREST-JST、基盤研究 A (16H02078)、挑戦的萌芽研究 (15K13276) の支援により行われた。

[1] H. Sun, *et al.*, J. Electron. Mater. **42**, 1352 (2013). [2] J. Liu, *et al.*, J. Cryst Growth **209**, 795 (2000).

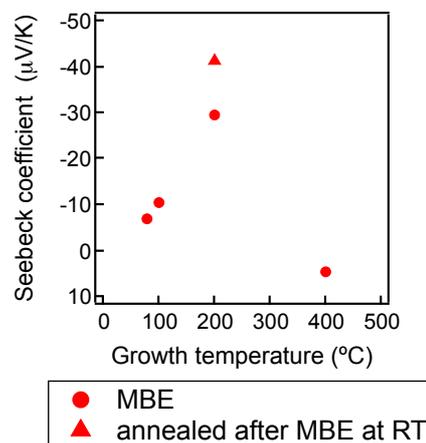


Fig.1 Seebeck coefficient on formation temperature of CoSi thin films.