アルカリ金属フッ化物処理による $BaSi_2$ 薄膜の電気特性制御

Control of Electrical Properties of $BaSi_2$ Thin Films by Alkali-metal-fluoride Treatment

○原 康祐 [1,2]、Weijie Du[3]、有元 圭介 [1]、山中 淳二 [1]、中川 清和 [1]、都甲 薫 [3]、末益 崇 [2,3]、宇佐美 徳隆 [2,4] (1. 山梨大クリスタル研、2. JST-CREST、3. 筑波大院数理物質、4. 名大院工)

°K.O. Hara[1,2], W. Du[3], K. Arimoto[1], J. Yamanaka[1], K. Nakagawa[1], K. Toko[3], T. Suemasu[2,3], N. Usami[2,4] (1.Univ. Yamanashi, 2.JST-CREST, 3.Univ. Tsukuba, 4.Nagoya Univ.)

E-mail: khara@yamanashi.ac.jp

【はじめに】$BaSi_2$ 半導体は、太陽電池応用に適した光学・電気的特性を有する [1] とともに資源豊富な元素で構成されることから、資源制約の少ない新規薄膜太陽電池材料として期待されている。アルカリ金属フッ化物 (AMF) 処理は、CIGS 系薄膜太陽電池において見出された、AMF の蒸着と熱処理によるアルカリ金属ドーピングの方法である [2]。$BaSi_2$ においても、アルカリ金属は Ba を置換する可能性が指摘されており [3]、また低融点金属であるため低温ドーピングが期待できるなど、AMF 処理の効果は興味深い。しかしながら、アルカリ金属ドーピングに関する実験的検証はなされておらず、また、AMF と $BaSi_2$ の反応性についても全く未知である。そこで、本研究では、$BaSi_2$ 薄膜への AMF 処理による電気的特性への影響を調査するとともに、薄膜構造の観点からそのメカニズムを解明することを目的とした。

【実験方法】分子線エピタキシー法により n 型 Si(111)基板上に形成された $BaSi_2$ エピタキシャル薄膜を用いて実験を行った。LiF、NaF、KF 粉末の真空蒸着により 10–23 nm の薄膜を $BaSi_2$ 上に堆積し、その後 300–500 °C で 1 min の急速熱処理 (RTA) を行った。

【結果と考察】ホール測定の結果、図 1 に示すように、400 °C 以上の RTA を用いた AMF 処理により電子密度が増大することが分かった。特に、500 °C の LiF 処理により電子密度は 3×10^{20} cm^{-3} まで増大した。これは、n 型 $BaSi_2$ について報告されている最大の電子密度に匹敵する [4]。ラマン分光とエネルギー分散型 X 線分光分析(EDX)による構造評価の結果、結晶 Si とフッ化バリウムが同時に生成していることから、$BaSi_2$ と LiF の反応により Li が $BaSi_2$ 中にドープされドナーとして働いていると考えられる。一方、NaF、KF 処理では電子密度変化は小さい。500 °C の RTA 後に EDX で Na、K のピークが確認できなかったことから、これは、NaF、KF の解離とともに Na、K が蒸発したためと考えられる。以上より、NaF、KF 処理は $BaSi_2$ の電気特性制御に不適当であるが、LiF 処理による Li ドーピングは電子濃度の増大に有効であることが分かった。

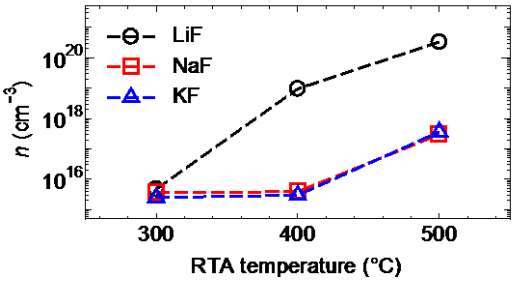

図 1　RTA 温度による電子密度 (n) の変化。

【文献】[1] T. Suemasu, *Jpn. J. Appl. Phys.* **54** (2015) 07JA01. [2] D. Rudmann, *et al.*, *J. Appl. Phys.* **97** (2005) 084903. [3] Y. Imai and A. Watanabe, *Intermetallics* **18** (2010) 348. [4] M. Kobayashi, *et al.*, *Appl. Phys. Express* **1** (2008) 051403.

© 2015年 応用物理学会