ガリウムサブオキサイドを用いた高純度β-Ga_2O_3のエピタキシャル成長

Epitaxial Growth of High-Purity β-Ga_2O_3 by Using Gallium Sub-Oxide

ノベルクリスタルテクノロジー　°ティユクァントゥ，佐々木 公平，倉又 朗人
Novel Crystal Technology °Q. T. Thieu, K. Sasaki, A. Kuramata
E-mail: thieu@novelcrystal.co.jp

β-Ga_2O_3は、次世代パワーデバイス材料の候補として注目されている。パワーデバイスにおいてエピタキシャル膜を用いた場合、その膜厚やキャリア濃度が重要な設計パラメータとなる。ショットキーバリアダイオードのような縦型デバイスでは、高耐圧のためにドリフト層で数十μm 以上の膜厚と 1×10^{16} cm^{-3} 以下の電子濃度が要求される。ハライド気相成長法（HVPE 法）で β-Ga_2O_3のホモエピタキシャル膜を成長させる場合、n 型キャリア濃度は Si ドーピングにより 10^{16}-10^{18} cm^{-3} で制御可能である[1]。しかしながら、ハライド原料（GaCl）由来の Cl 不純物が 10^{15} cm^{-3} 台以上の濃度でドナーとして混入するため、HVPE 成長 Ga_2O_3の濃度下限はそれに制限される。そこで、本研究ではより高純度な Ga_2O_3成長のために新しい原料系を提案する。

まず、Ga 原料にはサブオキサイド（Ga_2O）を使用する。Ga_2O は次の反応より生成される。

$$4Ga\ (l) + Ga_2O_3\ (s) \rightarrow 3Ga_2O\ (g)$$

次に酸素原料として N_2O、NO、O_2 を想定し Ga_2O_3生成反応の平衡定数を計算した。Fig. 1 に示したように、Ga_2O を用いた場合の平衡定数は HVPE の値より大きい。すなわち、Ga_2O 原料の使用で HVPE と同等かそれ以上の成長レートが期待できる。とくに Ga_2O と O_2 との組み合わせでは、両方の原料が Ga と O のみから構成されるため原料起因の不純物混入が抑制される。

実際に純度 7N の Ga と EFG 法で育成したアンドープの Ga_2O_3バルク結晶を用い Ga_2O を生成し、それを O_2 と反応させ Ga_2O_3のエピタキシャル成長を試みた。Fig.2 に、β-Ga_2O_3 (001)基板上に成長させた膜の不純物濃度を二次イオン質量分析法で評価した結果を示す。測定した Si、Cl、Sn、C に関しては、いずれもバックグラウンド濃度以下であった。

[1] K. Goto, K. Konishi, H. Murakami, Y. Kumagai, B. Monemar, M. Higashiwaki, A. Kuramata, S. Yamakoshi, Thin Solid Films, 666, 182 (2018).

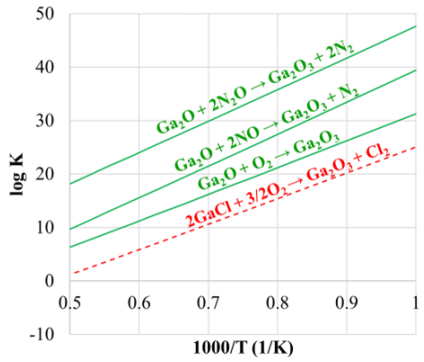

Fig.1 各種 Ga_2O_3生成反応の平衡定数

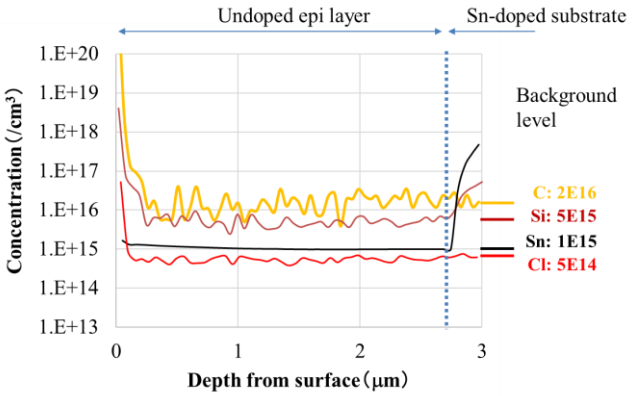

Fig.2 Ga_2O/O_2原料系で成長した Ga_2O_3膜中の不純物濃度