



高圧下で合成された微小試料の常圧および高圧その場回折測定 : GaN-GaP 系の高圧高温相関係

丹羽 健, 福井 陸, 佐々木 拓也, 長谷川 正
名古屋大学工学研究科

キーワード : 超高压, ダイヤモンドアンビルセル, 窒化ガリウム, 窒化リン

1. 背景と研究目的

ウルツ鉱型 GaN はバンドギャップ 3.4 eV の半導体材料である。この GaN に様々な元素をドーピングすることでその電子物性を制御することができる^[1]。本研究では窒素と同族のリンが固溶した Ga(N,P)に着目した。第一原理計算より、GaN にリンがドーピングされることで、フェルミ準位の上昇によりポテンシャル障壁が減少し、電界放出が促進されることが予測されている^[2]。合成においては、化学蒸着法により GaN にリンが 2.24 at% ドープされたナノワイヤが合成され、純粋な GaN ナノワイヤと比較して電界放出特性が大幅に改善されたという研究結果が報告された^[3]。しかしながら、Ga(N,P)固溶体の研究例は非常に少なく、両者の固溶関係と電子物性の詳細はよくわかっていない。そこで本研究では超高压実験手法を用いて Ga(N,P)固溶体の合成を目指す。GaN は常圧下でウルツ鉱型（六方晶）が安定であるが、44 GPa 以上で岩塩型構造に相転移する。その一方、GaP は常圧下において閃亜鉛型が安定であるが、43 GPa で閃亜鉛型構造から岩塩型類似の直方晶相へ構造相転移する。したがって、44 GPa 以上では両者が類似した構造をとるため、広い組成範囲で Ga(N,P)固溶体の合成が期待される。本研究ではあいち SR における高圧その場回折測定から Ga(N,P)の合成を評価した。

2. 実験内容

超高压高温実験にはダイヤモンドアンビルセルとファイバーレーザーを用いた。予備加圧したステンレスガasketに直径約 150 μm の穴をあけ試料室とした。単結晶 GaP と GaN をメノウ乳鉢で粉碎・混合し、板状に成形した試料を NaCl 圧力媒体で挟む形で圧力標準物質であるルビーと共に試料室に充填した。目的圧力まで室温で加圧後、レーザー加熱を行った。加熱前後および減圧過程において BL2S1 における高圧 X 線回折実験から合成相を評価した。

3. 結果および考察

GaN と GaP をモル比 1:1 で混合した試料を 50 GPa 付近で加熱した結果について述べる。高圧下で加熱後の XRD パターンには、立方晶で指数付けできる回折ピークが検出された。回折ピークの強度比からこの立方晶相は岩塩型構造で説明できた。この岩塩型相の格子定数は純粋な岩塩型 GaN の格子定数より有意に大きな値を示した。その後、減圧過程において、この岩塩型相が 20 GPa 付近で六方晶へ相転移し、そのまま六方晶相で回収されることがわかった。常圧下に回収された六方晶相の格子定数は純粋なウルツ鉱型 GaN と近いが、岩塩型相と同様にそれより大きな値を示した。この結果は GaN と GaP がともに類似した構造を有する圧力領域 ($P > 44$ GPa) で、N より原子半径の大きな P が固溶した $\text{GaN}_{1-x}\text{P}_x$ 固溶体が合成された可能性を示している。今後、再現性を確認するとともに電子顕微鏡などを用いた原子レベルの解析も行う予定である。

4. 参考文献

- [1] Liu *et al.*, Cryst. Res. Technol. 47, 2012, No. 2, 207 – 212 [2] Fu *et al.*, J. Alloys Compd. 596, 2014, 92–97
[3] Li *et al.*, Superlattices Microstruct., 115, 2018, 53-58