

「THVPE 法による高品質バルク GaN 成長用装置」
事後評価結果について

産学共同実用化開発事業評価委員会
委員長 田井 一郎

本新技術の開発結果は下記の通りであり、成功と評価するのが適当である。

記

窒化ガリウム(GaN)は青紫色の発光デバイスとしては広く利用されている。本来 GaN 結晶は、高速スイッチ動作や高耐圧大電流動作に係わる半導体材料としての基本特性が高く、現在の主流である Si デバイスに比べ非常に大きな優位性がある。

現在、GaN 結晶基板製造の多くはハイドライド気相成長法(HVPE 法)で製造されているが、この手法には、結晶中の格子欠陥(格子転位)が多いという品質の問題に加えて、結晶成長速度が遅く厚膜化が困難で生産性が悪い他、成長炉(石英反応管)の劣化や、厚膜化と共に成長面積が減る等の課題があり、低コスト化の障害になっている。本新技術は、より高温で結晶成長を行う「三塩化ガリウム-アンモニア反応系」を用いたトリハライド気相成長法(THVPE 法)によりこれらの課題を解決することを目的に開発された。

本新技術は、東京農工大学での、三塩化ガリウムを炉内で安定且つ効率的に生成するシーズ技術を基に実用化開発が行われたものである。THVPE 法は、 $[GaCl_3 + NH_3 \rightleftharpoons GaN + 3HCl]$ の反応で GaN 結晶基板の「チッソ面 (C-面)」に結晶を成長させる。これは従来法の $[GaCl + NH_3 \rightleftharpoons GaN + H_2 + HCl]$ による「ガリウム面 (C+面)」への成長より 200°C 以上の高温でも成長駆動力を維持しつつ結晶成長が行われる。加えて高温での成長は酸素等不純物を減らし、転位密度の減少につながることから、より高いレベルでの結晶品質と成長速度の両立が可能になる。また水素をほとんど生成しない反応系なので石英管の劣化が生じない事、「チッソ面」の成長なので成長面積の減少がない事、高温ゆえに結晶成長面の近傍の石英や基板ホルダーへの原料分子の付着に起因する不要なポリ結晶成長が生じない等、従来法の高コスト要因も解決するさまざまな特長をもつ優れた技術である。

開発の結果、THVPE 法によれば、結晶成長速度では従来の三倍、転位欠陥においては従来の 1/5 と高品質な結晶を高い効率で形成することに成功した。これは、開発の目標である成長速度 0.35mm/hr 以上、転位欠陥密度では $5 \times 10^6/cm^2$ 以下(実測 $1 \times 10^6/cm^2$ 以下)に到達している。当初目標とした 5mm 厚の結晶の試作は、副生成物の塩化アンモニウムを処理する除害設備の能力不足が原因で達成できなかった。しかしながら、長時間の安定した連続運転が確認され、結晶成長毎に必要なだった単結晶周辺に析出するポリ結晶体のクリーニング工程が不要になることや、炉材の長寿命化が可能な事が確認され、大型バルク結晶を製造するための潜在的可能性を有していることが証明された。従来にない新しい反応系での GaN 結晶製造法を実現する実証炉を完成させたことは大きな進歩である。

副生成物は従来法でも発生しており、実際の工場ではこの処理施設を備えているため、顧客にとって工程変更のリスクは少ない。加えて開発企業はすでに、GaN 結晶製造メーカーとの共同設備開発を検討しており、安価で高品質な GaN バルク結晶の製造が行われ、世界に先駆けた GaN デバイス開発のブレークスルーとなることが期待される。

以上