

## 学 位 論 文 審 査 要 旨 (課程博士)

東京農工大学大学院工学府長 殿

審査委員	主査	村上 尚
	副査	熊谷 義直
	副査	直井 勝彦
	副査	上野 智雄
	副査	前田 和之
	副査	岩間 悦郎

学位申請者	応用化学専攻 平成30年度入学 学籍番号 18832101
	氏名 江間 研太郎
申請学位	博士(工学)
論文題目	A study on growth by tri-halide vapor phase epitaxy for III-nitride and III-sesqui oxide semiconductor トリハライド気相成長法によるIII族窒化物およびIII族セスキ酸化物半導体の結晶成長に関する研究
論文審査要旨 (600~700 文字)	
<p>本論文は、新規原料分子 III 族金属三塩化物を用いた InGa<sub>N</sub> および <math>\beta</math>-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 成長に関する成果を纏めたものである。論文は第 1 章~第 12 章から構成されている。第 1 章では半導体の結晶成長技術の発展に触れつつ、HVPE 法が抱える問題点を述べ、それに対する THVPE 法の意義を解説している。第 2 章では III 族窒化物半導体、特に本論文で取り扱う InGa<sub>N</sub> の特性及び応用、またその課題について解説している。特に、格子緩和しかつ高品質の InGa<sub>N</sub> 厚膜実現の産業的・学術的インパクト、将来の展望について述べた。第 3 章では、金属三塩化物(GaCl<sub>3</sub>、InCl<sub>3</sub>)の生成方法を中心に、THVPE 法の実験方法について解説した。本研究においては、化学反応によりその場で金属三塩化物を発生させる方法を採用し、III 族金属と 2 段階の Cl<sub>2</sub> 供給により選択的に生成する条件を熱力学解析を駆使し実際の成長実験に適用した。第 4 章では、部分緩和させた InGa<sub>N</sub> 中間層上に完全緩和した組成 4~5%の InGa<sub>N</sub> 厚膜成長を行った結果を示した。第 5 章では、加工サファイア基板を初期基板に用いることで、完全緩和しつつ良好な結晶性(低転位密度)を有する InGa<sub>N</sub> 成長を試み、基板と InGa<sub>N</sub> 成長層の間に GaN 中間層を挿入することで、緩和状態制御が可能であることを見出した。第 6 章に THVPE による格子緩和 InGa<sub>N</sub> 厚膜成長の結論を述べた。第 7 章では、THVPE による <math>\beta</math>-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 成長の必要性について、現行の HVPE 法と比較してその背</p>	

(様式 11)

景を述べた。第 8 章では、熱力学解析に基づいて THVPE 法による  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  結晶成長の可否、成長の駆動力について理論解析を行った結果、および実際の成長実験に関する手順を述べた。第 9 章では、サファイア(0001)上および  $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ (001) 基板上でのエピタキシャル成長について、その結果を述べるとともに、同条件で HVPE 法により成長した  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  結晶との比較を行い、THVPE 法の優位性およびそのメカニズムについて明らかにし、第 10 章では THVPE による  $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$  成長の結論を述べた。第 11 章では THVPE 法による InGaN 成長および  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  成長から明らかになった THVPE 法の特徴について、原料分子の反応性や吸着挙動から考察し、第 12 章では THVPE による InGaN 混晶および III 族セスキ酸化物結晶成長に関する全体の結論を述べた。

審査経過 (時系列)

- 2021 年 6 月 18 日 2021 年 3 月博士後期課程修了に係る学位申請
- 2021 年 7 月 7 日 審査委員の選出・指名・付議、論文審査委員の付託 (運営委員会)
- 2021 年 8 月 10 日 学位論文発表会 (オンライン)
- 2021 年 8 月 18 日 本専攻内における博士学位取得要件「原著論文 3 報 (受理) 以上、内筆頭著者を含む成果またはそれに相当する成果。」を満たしていることを確認の上、専攻会議で論文合格及び最終試験合格を承認。
- 2021 年 9 月 1 日 学位授与認定・修了認定 (運営委員会)