

## SICORP 日本-EU

### 「パワーエレクトロニクス」分野 事後評価結果

#### 1. 共同研究課題名

「革新的高信頼性窒化物半導体パワーデバイスの開発と応用」

#### 2. 日本－相手国研究代表者名（研究機関名・職名は研究期間終了時点）：

日本側研究代表者

三宅 秀人（三重大学大学院地域イノベーション学研究科・教授）

EU 側研究代表者

メネゲッソ ガウデンツィオ（パドヴァ大学情報工学科 教授）

#### 3. 研究実施概要

ワイドバンドギャップ半導体は高効率パワー素子の土台であり、一部の材料は市場を見据えた開発競争が国際的に熾烈になっている。このような状況下で「パワーエレクトロニクス」分野で国際共同研究を行うためのテーマ設定は複雑であったが、最終的に窒化アルミニウム(AIN)を中心とした研究課題が採択された。窒化物半導体の中でもより基礎的に未解明の部分が多く、一方、高品質結晶が得られればその波及効果は大きいと考えられる。

本課題では、日本側の研究者が半導体薄膜成長を、EU 側ではその物性評価、素子の試作を行い、結果を薄膜作製にフィードバックさせて連携を図ることとした。実験面では、日本側が AIN に関して特に技術的知見を持っていたので、これをテンプレートとする AlGaN 系高電子移動度トランジスタ(HEMT)を実現する薄膜成長技術の研究を中心に進めた。AIN 薄膜中の結晶欠陥密度など基本的な評価を日本側で行いつつ、このテンプレート上へのヘテロエピ成長から素子作製さらには素子性能評価に至る作業を EU 側で行い、結果を付き合わせた。成膜法あるいはその後のアニール法を各種探索することによってエピ成長に適した薄膜を得、当初目標値をほぼ満足する素子を実現した。また、理論面では薄膜成長の実環境に近い有限温度・圧力を考慮した第一原理計算法を開発し、薄膜成長時に欠陥が表面で生成される機構を解明し、高品質結晶成長条件を見出した。これは日本側だけでなく、EU で行っている GaN などを使った素子作製の際の困難を回避する指針となっている。

#### 4. 事後評価結果

##### 4-1. 研究の達成状況、得られた研究成果及び共同研究による相乗効果

最後に表として示すように、相当数の成果発表を行った。とりわけ、学問的には研究内容に隔たりがある日・EU 両チームの共著論文は、相互交流の結果として評価できる。

実際、GaN, AlGaN などの半導体多層構造のヘテロエピ成長基板として AIN に求められるスペックがどのようなものか、を実デバイスの作製とその評価を

通じて明らかにした。EU側の素子作製技術の寄与はもちろんであるが、導電性AFMやCLなど多様な局所評価法によって素子性能劣化メカニズムを同定したことは、共同研究の成果である。また、薄膜作製中のアトミックなプロセスを実条件に近い、有限温度・圧力下で第一原理計算する手法を開発したことによって、劣化メカニズムが素子作製のどの段階で起きるかを示し、今後のこの分野の指針とした成果を評価する。

本課題での日本チームの主な成果は以下の通りである。

論文数（査読付き）		学会発表数		特許 出願数
共著	日本 単独	共著	日本単独	
2	21	2	32	7

#### 4-2. 研究成果の科学技術や社会へのインパクト、わが国の科学技術力強化への貢献

本課題研究を通じて、AIN薄膜作製における基礎的な理解と実用化に求められる性能についてはかなり良い見通しを得ることができた。堅実な進歩があったと言える。しかし、今回の共同研究体制の先に、この成果をそのまま活用・進歩させる展望が見えないのは残念である。その理由は以下に述べる通りである。

今回、日本側研究者は、窒化物半導体パワーエレクトロニクス全体をカバーするEUの研究コンソーシアムの一部を担う形となった。この研究コンソーシアムは、薄膜成長から実用デバイス開発に至る全過程を6つの **Work Package (WP)** が担い、日本側研究者はその一つのWPの一部を担当するものであったため、今回の研究コンソーシアム全体の目標の下での日本側の研究成果の最大化については困難が見られた。

今回の共同研究で得られた日本側の研究成果は実用化が期待されるどころ、今回の日本側研究者が実用化を目指した研究を積極的に実施することで、さらなる進展を期待する。

以上