



平成 26 年 8 月 7 日

報 道 機 関 各 位

東北大学 金属材料研究所
株式会社 福田結晶技術研究所

**GaN LED および LD 用新結晶 ScAlMgO₄ 開発
直径 2 インチ結晶引上げと画期的な劈開加工基板で実証**

リリースの要旨

GaN を主材料とする窒化物半導体からなる青色発光ダイオード (LED) 及びブルーレイ用レーザの高性能化に向けた格子不整の小さい新しい基板 ScAlMgO₄ (以降、SCAM と呼ぶ) とその適用性を確認しました。

- ①GaN との間の格子不整が従来のサファイア基板に較べて 1/10 となる新しい単結晶 SCAM の成長技術開発
- ②従来の単結晶基板の作製時に必要であった切断と研磨を用いることなく、劈開によって基板を作成
- ③LED 構造の作製に用いられている有機金属気相成長装置 (MOVPE) を用いて SCAM 基板上に GaN を成長し、SCAM 基板上の有用性を確認

【背景】

GaN 発光ダイオード (LED) 用基板としてサファイア結晶や Si 結晶が使われ製品化されていますが、いずれの基板も GaN とは格子定数のミスマッチが 10%以上もあり、多くの欠陥が GaN 薄膜成長時に入り、LED の効率、レーザ (LD) の歩留りおよび素子寿命の点で大きな障害になっています。

SCAM と GaN との間の格子不整はわずか 1.8%しかなく、米国ベル研究所で 1995 年高輝度 GaN LED 用結晶基板として開発されました。しかし、結晶作成が難しく、結晶は製造されていませんでした。

福田結晶技術研究所は米国の最大手 LED メーカーからの SCAM 結晶製造技術開発依頼を受けて着手しましたが、東日本大震災による被害のため、開発計画の断念に至りました。

一方、GaN 研究を 1987 年から進め、青色 LED に用いられている発光材料 InGaN の単結晶薄膜の成長に 1988 年に成功していた東北大学金属材料研究所の松岡隆志教授は、GaN 研究開始当初から格子整合基板を探していました。1996 年の国際会議 (MRS) において、米国ベル研究所の情報を知りながらも、入手はできないと考えていました。しかし、福田結晶技術研究所との共同研究の中で、福田結晶技術研究所が SCAM 結晶の成長に成功していることを知り、SCAM 基板を用いた GaN 薄膜成長の研究が開始となりました。

【成果】

福田結晶技術研究所は SCAM 結晶製造に再着手し、回転引き上げ法 (Cz 法) によるサファイア結晶引き上げ技術をベースに SCAM 結晶の成長条件を検討した結果、直径 2 インチ結晶の作成に成功しました。

東北大学金属材料研究所は、GaN 結晶の薄膜成長に用いられる有機金属気相成長 (MOVPE) 装置を用いて、SCAM 基板上に LED 構造を成長し、LED を試作しました。その結果、SCAM は GaN による高輝度 LED や LD のための基板として優れた特性をもっていることを確認しました。

【成果の概要】

- CZ法で直径2インチ高品質結晶作成に世界で初めて成功しました。結晶品質は劈開加工したC面をX線回析で評価した結果、半値幅12.9秒で、Siの完全結晶に匹敵しました。
- 開発のポイントはSCAM開発者との打合せを通じて得た $\text{Sc}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$ 3成分系からの結晶成長条件と炉内温度分布測定による最適炉構造の構築でした。
- ウェハー加工においては、サファイア等と異なって、インゴットから切断や研磨をせずに劈開加工でエピレディーウェハーに成功しました。世界に類例のない画期的な加工技術であり、ウェハーの大幅な低コスト化が可能となります。ウェハー劈開加工は MgO 結晶加工を参考にしました。
- SCAM 結晶劈開面に MOVPE 法により 1040°C の高温で GaN 薄膜成長した結果、鏡面で低転位結晶ができることが判りました。劈開加工面へのエピ成長では類例がありません。

※結晶成長、ウェハー加工、エピ成長について特許 3 件申請中。

※成果について、共同で国内外の学会で発表予定。

【波及効果と今後】

高輝度 LED や LD 用基板として結晶市場規模 250 億円/年程度が見込まれます。また、窒化物半導体のパワーデバイスへの応用も期待されます。そこでは、GaN 自立基板が必要であり、その市場規模は国内外 1 兆円程度と言われています。SCAM の直径 4 インチから 6 インチへの大口径化、GaN 自立基板への開発を進める予定です。また、福田結晶技術研究所は、来春をメドに国内 S 社と共同で直径 2 インチ結晶ウェハー販売、販売代理店・住友商事を予定しています。



【SCAM 結晶と基板】

用語解説

格子不整

通常の半導体デバイスは、単結晶基板上に複数層の半導体薄膜結晶を積層して作製されます。単結晶とは、原子が規則正しく並んで、格子を組んでいる結晶のことです。その場合、基板とその上の半導体薄膜結晶の格子定数は一致しています。例えば、Siの上にはSiが成長され、光ファイバ通信の光源として用いられている半導体

レーザでは、InP基板上に格子整合したInGaAsPが積層されています。窒化物半導体からなるデバイスの場合、窒化物半導体単結晶基板は作製されてはいますが、直径2インチと小型であり、価格が20万円以上と高価です。そのため、窒化物半導体とは異なった種類の結晶が単結晶基板として用いられています。この場合、基板とその上の薄膜との間の格子定数が一致せず、このことを格子不整といいます。図1に示すように“転位”と呼ばれる結晶欠陥が生じ、この結晶欠陥はデバイスの特性に大きな影響を与えるため、結晶欠陥の低減が必須です。

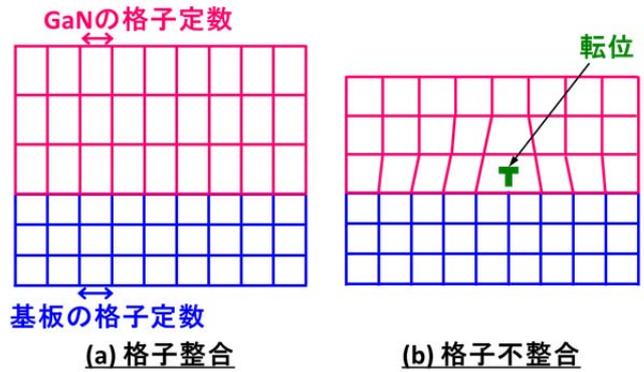


図1. 格子不整合による欠陥（転位）発生

劈開（ヘキカイ）

結晶においては、原子間の結合が弱い結晶面で割れやすくなります。その面のことを劈開面と言います。雲母、方解石や蛍石でよく知られています。半導体レーザは共振器からなっていますが、この共振器は劈開性を利用して、作製されています。

有機金属気相成長装置（MOVPE）

半導体、特に化合物半導体（GaAs、InP等）からなるデバイスでは、単結晶層を複数積層した構造が用いられます。積層構造の単結晶成長に一般的に用いられる方法が、図2に示す有機金属気相成長装置

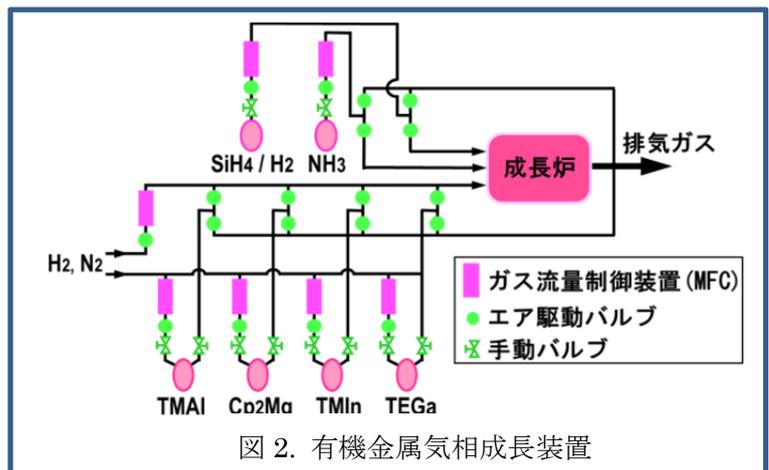


図2. 有機金属気相成長装置

(Metalorganic Vapor Phase Epitaxy: MOVPE)です。デバイスの大量生産にも広く用いられています。結晶成長は、気相中で行われます。原料には、インジウム、ガリウムおよびアルミニウムなどに、メチル基やエチル基の着いた有機金属と呼ばれる原料が用いられます。装置の名称は、この原料名に由来しています。

〈お問い合わせ先〉

松岡 隆志

東北大学金属材料研究所 教授

TEL: 022-215-3067

E-mail: matsuoka@imr.tohoku.ac.jp

福田 承生

福田結晶技術研究所 代表取締役社長

TEL: 022-303-0170

E-mail: fukuda@fxtal.co.jp