



名古屋大学
NAGOYA UNIVERSITY

配布先:文部科学記者会、科学記者会、名古屋教育記者会

2026年10月19日

報道機関 各位

半導体コア-シェル結晶の形成に新モデルを提案 ～形成機構や光学特性を解明、新たな光デバイスへの応用に期待～

【本研究のポイント】

- ・Plateau-Rayleigh 不安定性^{注1)}が関与する、シェル(殻)が先に形成される「shell-first」成長^{注2)}モデルを提案。
- ・Ge/SiGe 系半導体とワイドバンドギャップ半導体 AlN^{注3)}を組み合わせたコア-シェル結晶^{注4)}を形成。
- ・形成されたコア-シェル結晶が通信波長帯 E-band(1360～1460 nm)^{注5)}で発光することを確認。
- ・次世代の通信波長帯光デバイスへの応用に期待。

【研究概要】

ゲルマニウム(Ge)やシリコンゲルマニウム(SiGe)などの半導体材料と、ワイドバンドギャップ半導体である AlN(窒化アルミニウム)を組み合わせたコア-シェル結晶は、異なる材料の特性を組み合わせることで、新たな光・電子デバイスへの応用が期待されています。一方で、性質の異なる半導体材料から成るコアとシェル(殻)が、どのような過程を経て形成されるのか、その成長機構や光学特性には未解明な点が残されていました。

韓国 ETRI の Choi Sunghoon 研究員、国民大学校の Park Jun-Seok 教授、同大学博士後期課程の Bong Wong Joon 氏、LNBS の Lee Jae Hak 教授(研究当時、国立韓国海洋大学校 兼任教授)、LNBS の Kim Kyoung Hwa 研究員、国立韓国海洋大学校の Ahn Hyung-Soo 教授、同大学博士前期課程の Kwon Eunmin 氏、Kim Sohee 氏、Kim Myungjun 氏、Jeong Donghyeon 氏、名古屋大学未来材料・システム研究所の本田 杏奈 特任講師、本田 善央 教授、加藤 剛志 教授らによる日韓国際共同研究グループは、Ge/SiGe 系半導体と AlN から成るコア-シェル結晶において、従来の成長過程とは異なり、シェルが先に形成される「shell-first」成長機構を提案しました。この特徴的な成長には、細長い物質がくびれて分離する Plateau-Rayleigh(プラトー レイリー)不安定性が関係していると考えられます。さらに、形成された(Ge, Si_{1-x}Ge_x)-AlN コア-シェル結晶において、光ファイバー通信に用いられる通信波長帯 E-band(1360～1460 nm)での発光を確認しました。

本研究は、Plateau-Rayleigh 不安定性が関与する独特な「shell-first」成長モデルを提案するとともに、形成されたコア-シェル結晶が通信波長帯で発光することを示したものです。Ge/SiGe 系半導体と AlN を組み合わせたコア-シェル結晶の形成機構や光学特性に関する理解を深めるものであり、今後、通信波長帯で動作する新たな光材料・光デバイスの設計につながることを期待されます。

本研究成果は、2026 年 10 月 8 日付米国化学会(ACS)が発行する国際学術誌『ACS Omega』にオンライン掲載されました。また、本論文は同誌の Supplementary Cover にも選出されました。

【研究背景】

光通信では、光ファイバーを通して情報を効率よく伝送するため、通信波長帯で発光する半導体材料が重要です。シリコン(Si)やゲルマニウム(Ge)は代表的な半導体材料ですが、通常の立方晶構造では光を効率よく放出することが難しいという課題があります。一方、六方晶(2H)構造では、材料や組成によって直接遷移型またはそれに近いバンド構造を示すことが報告されており、特に 2H-SiGe は組成によってバンドギャップを制御できることから、次世代の光・電子デバイス材料として注目されています。

一方、窒化アルミニウム(AlN)は、Si や Ge と比べて大きなバンドギャップを持つワイドバンドギャップ半導体です。Ahn Hyung-Soo(アン ヒョンス)教授らの研究グループではこれまで、AlN ナノワイヤや Plateau-Rayleigh 不安定性を利用した独特な結晶成長手法の研究を進めてきました。2025 年には、SiGe/AlN コア-シェル結晶の形成について報告しています。しかし、これらの結晶がどのような過程を経て形成されるのか、その詳細な成長機構や光学特性については、十分に明らかになっていませんでした。

【研究内容】

本研究では、Ge/SiGe 系半導体と AlN から成るコア-シェル結晶について、電子顕微鏡観察や X 線 CT による構造解析を行いました。その結果、内部が空洞になった構造や、内部に Ge/SiGe 系材料が部分的に取り込まれた構造、コア-シェル構造など、さまざまな結晶形態を確認しました(図 1)。

これらの観察結果をもとに、従来のコアが先に形成される成長過程とは異なり、AlN を含むシェル状構造が先に形成され、その内部に Ge/SiGe 系材料が取り込まれる「shell-first」成長モデルを提案しました。この特徴的な成長には、Plateau-Rayleigh 不安定性が関与していると考えられます(図 2)。

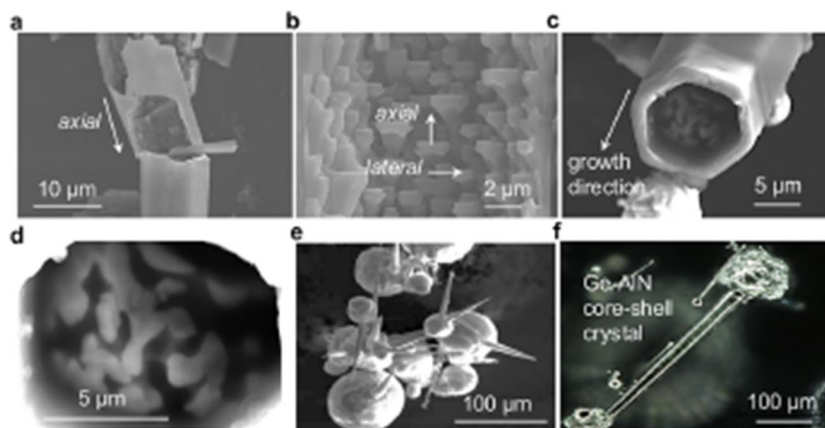


図 1. Ge/SiGe-AlN コア-シェル結晶のさまざまな形態の観察画像

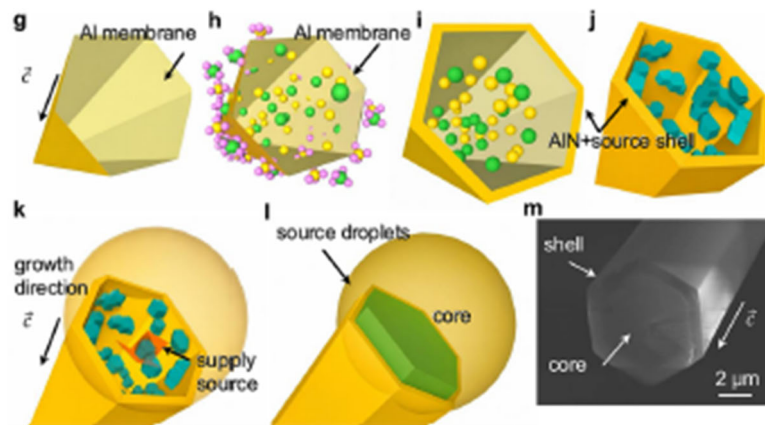


図 2. Ge/SiGe-AlN コア-シェル結晶の shell-first 成長モデル

また、形成されたコア-シェル結晶の光学特性を調べるため、室温でフォトルミネッセンス測定を行いました。その結果、約 1372、1377、1381、1392 nm に発光ピークが観測され、光ファイバー通信に用いられる E-band(1360～1460 nm)で発光することを確認しました(図 3)。この結果は、Ge/SiGe-AlN コア-シェル結晶が、通信波長帯で発光する新たな光材料としての可能性を持つことを示しています。

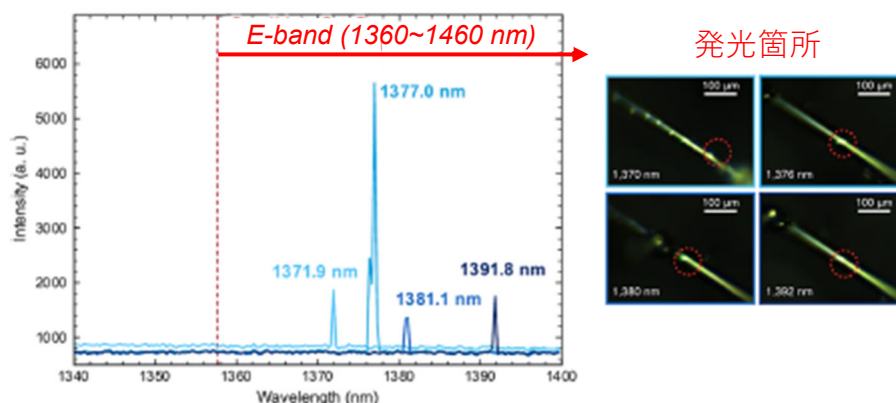


図 3. Ge/SiGe-AlN コア-シェル結晶の通信波長帯 E-band における発光特性

【成果の意義】

本研究は、Plateau-Rayleigh 不安定性が関与する「shell-first」成長という特徴的な結晶形成モデルを提案するとともに、形成された Ge/SiGe-AlN コア-シェル結晶が通信波長帯 E-band で発光することを示したものです。

本成果は、Ge/SiGe 系半導体と AlN を組み合わせたコア-シェル結晶の形成機構や光学特性に関する理解を深めるものであり、今後、結晶構造や発光特性のさらなる制御を進めることで、通信波長帯で動作する新たな光材料・光デバイスへの応用につながることを期待されます。

本研究は、韓国科学技術情報通信部(MSIT)が支援する情報通信企画評価院(IITP)の研究事業「QFC-Free 通信波長帯デュアルバンド量子メモリプラットフォームの基盤技術開発」(研究課題番号:RS-2026-25608947)の支援を受けて実施されました。また、名古屋大学未来材料・システム研究所(IMaSS)の国際共同利用・共同研究事業「2H-Si における量子メモリ候補欠陥の創製プロセス確立と物性解明に関する国際共同研究」の一環としても実施されました。

【用語説明】

注 1) Plateau-Rayleigh(プラトー レイリー)不安定性:

細長い液体などが不安定化し、くびれを生じて複数の液滴へと分かれる現象。水の流れが水滴に分かれる現象などで知られている。

注 2) 「Shell-first」成長:

通常のコア-シェル構造とは異なり、コア(芯)より先にシェル(殻)が形成される結晶成長過程。

注 3) AlN(窒化アルミニウム):

アルミニウム(Al)と窒素(N)から成る化合物半導体。約 6.2 eV の広いバンドギャップを持つワイドバンドギャップ半導体であり、高い絶縁破壊電界や優れた熱伝導性などの特徴から、次世代の高耐圧・高出力パワーデバイスや深紫外発光デバイスなどへの応用が期待されている。

注 4) コア-シェル結晶:

中心部のコア(芯)を、異なる材料から成るシェル(殻)が取り囲んだ構造を持つ結晶。本研究では、Ge/SiGe をコア、AlN をシェルとする。

注 5) 通信波長帯 E-band(1360~1460 nm):

E-band(Extended band)は光ファイバー通信に用いられる波長帯の一つで、約 1360~1460 nm の波長範囲を指す。

【論文情報】

雑誌名: *ACS Omega*

論文タイトル: Plateau-Rayleigh Instability-Driven Shell-First Growth of (Ge, Si_{1-x}Ge_x)-AlN Core-Shell Crystals Exhibiting Telecom E-Band Photoluminescence

(通信波長帯(E バンド)で発光する Ge/SiGe-AlN コアシェル結晶 — Plateau-Rayleigh 不安定性による新しいシェル先行成長)

著者: Sunghoon Choi, Kyoung Hwa Kim, Won Joon Bong, Jun-Seok Park, Eunmin Kwon, Sohee Kim, Myungjun Kim, Donghyeon Jeong, Jae Hak Lee, Takeshi Kato, Yoshio Honda, Anna Honda, Hyung Soo Ahn

DOI: [10.1021/acsomega.6c06175](https://doi.org/10.1021/acsomega.6c06175)

