



配布先: 文部科学記者会、科学記者会、名古屋教育記者会

2025年9月1日

報道機関 各位

次世代パワー半導体の制御技術開発に成功 ～イオン注入と熱処理により従来法の2倍の電流を実現～

【本研究のポイント】

- ・次世代パワー化合物半導体^{注1)}酸化ガリウム(Ga_2O_3)^{注2)}のp型制御技術に成功。
- ・デバイスを製造する上でコスト、設計に有利なイオン注入法で実現した。
- ・Ni(ニッケル)をイオン注入し、二段階熱処理法を適用してp型NiO膜を形成。
- ・既存のショットキーダイオードの2倍の電流が流れるバイポーラ-pnダイオードを実証。

【研究概要】

名古屋大学低温プラズマ科学研究センターの堀 勝 特任教授、小田 修 特任教授と清水 尚博 特任教授らの研究グループは、次世代パワー化合物半導体である酸化ガリウム(Ga_2O_3)において、Ni(ニッケル)をイオン注入して二段階熱処理をすることにより酸化ガリウムの中にp型NiO層を形成できる技術を開発しました。

本新規技術を利用することにより、これまで困難であったp型半導体層を用いた酸化ガリウムのパワーデバイス^{注3)}が低コストで容易に製造できるようになります。

Ga_2O_3 は、次世代パワー化合物半導体です。普及が進む炭化ケイ素(SiC)、窒化ガリウム(GaN)を超えてさらなる電力効率の改善が期待され、世界中で研究開発が進められています(図1)。その市場規模は149億円/年(2035年、富士経済:2025年版 次世代パワーデバイス関連市場の現状と将来展望)と推定されています。近年、 Ga_2O_3 の基板については融液成長法の一つであるEFG(Edge-defined Film-fed Growth)法でバルク単結晶基板が製造されるようになってはいますが、p型制御技術が未完成のために、pnダイオードやMOSFET、IGBTなどのパワーデバイスの製造ができませんでした。またp型を用いないショットキーダイオードなどが開発されていますが性能が不安定で実用化が遅れていました。

本研究では世界の低温プラズマ技術のメッカである名古屋大学 低温プラズマ科学研究センターの最先端技術を活用しました。 Ga_2O_3 にNiをイオン注入した後、これを独自装置による酸素ラジカル照射下の300°Cで熱処理してp型ドーパントとなるNiOを形成し、さらに酸素雰囲気、950°Cで高速熱処理(RTA)することにより、 Ga_2O_3 中にNiOをアクセプターとしてp型層を容易に形成することに成功しました。

Press Release

実際に本技術を用いて pn ダイオードを試作し、従来法によるショットキーダイオードと比較して 2 倍の電流を得たほか、従来法よりも安定してダイオードができることを実証しました (図2)。

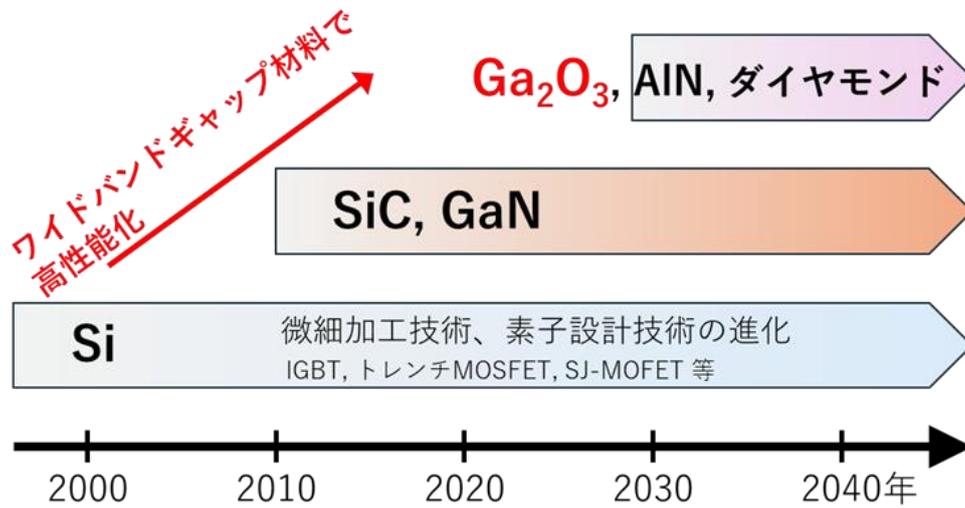


図1 高効率パワーデバイスの性能向上のトレンド

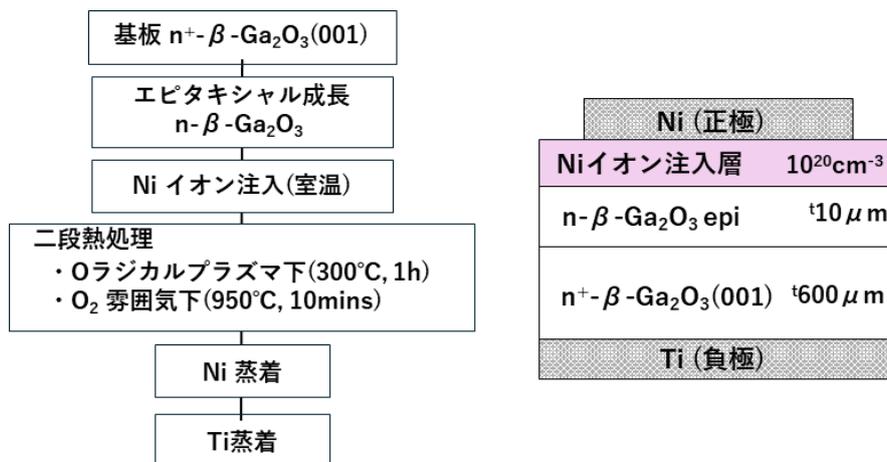


図2 二段階熱処理を用いた pn ダイオードの作成方法

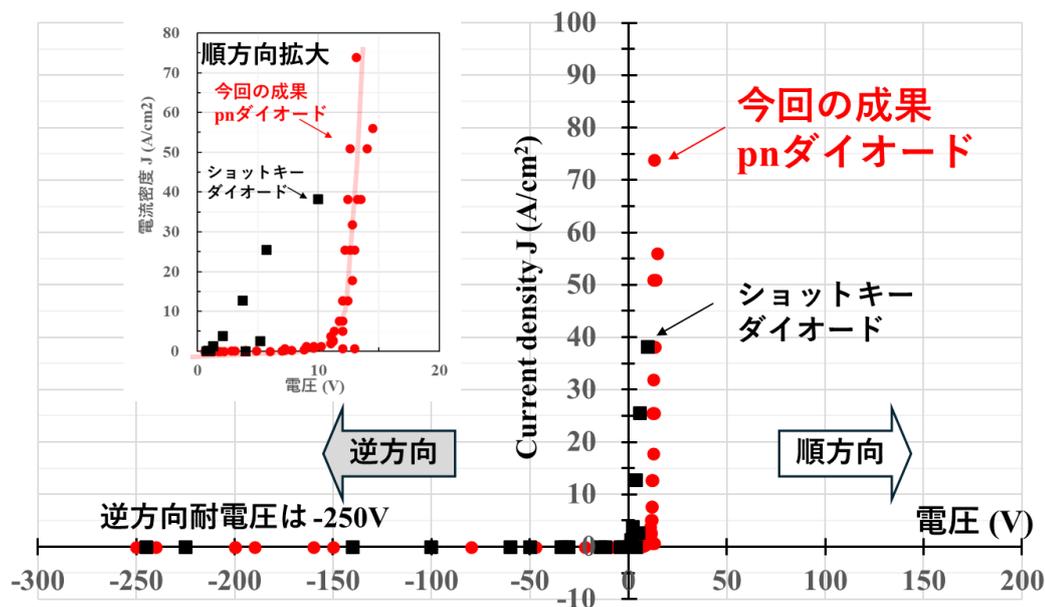


図3 試作した pn ダイオードの順方向・逆方向特性

【成果の意義】

本技術はイオン注入と熱処理という工業的技術をベースにしているため、さまざまな構造のパワーデバイスの製造に応用が期待できます。また、量産化も容易であり、これまで報告されているような Ga_2O_3 の上に p 型の NiO をヘテロエピタキシャル成長^{注6)} させる技術に比べて格段に応用性、生産性が向上できるため、今後の Ga_2O_3 の実用化に必須な技術になると考えられます。

本研究成果は、2025 年 8 月 14 日付学術雑誌『Janal of Applied Physics』に掲載されました。また、9 月 15-18 日開催の SSDM 国際会議(パシフィコ横浜)において GaN への応用も含めて発表(発表日は 9 月 17 日)されます。

また、名古屋大学発ベンチャー企業の NU-Rei(株)は上記技術も含めて名古屋大学から実施許諾を受け、 Ga_2O_3 材料、デバイスの開発を共同研究しており、興味ある企業と協業して早期に Ga_2O_3 の社会実装を進める予定です。

【用語説明】

注1) 化合物半導体：

単体半導体である Si と異なり、化合物を半導体とするもので、既に GaAs、GaP、InP、SiC、CdTe などが実用化されている。

注2) 酸化ガリウム：

ガリウムと酸素の化合物。さまざまな多形があるが、 $\beta-Ga_2O_3$ が最も多く使われている。

注3) パワーデバイス：

省エネに必要な半導体でこれまで Si、GaAs、GaN、SiC などが実用化されてきている。

注4) p型半導体：

p型伝導を有する半導体で、n型と組み合わせることによりpn接合ができパワー半導体に必須な材料。

注5) NiO アクセプター：

p型に必要なアクセプターとしてNiOの化合物を用いるもの。

注6) ヘテロエピタキシャル成長：

異なる物質の結晶を、基板となる結晶の結晶構造を継承するように薄膜として成長させる技術。

【論文情報】

雑誌名: Journal of Applied Physics

論文タイトル: p-type Layer Formation Study for Ga₂O₃ by Employing Ni Ion Implantation with Two-step Oxygen Plasma and Thermal Annealing

著者: Naohiro Shimizu, Arun Kumar Dhasiyan, Osamu Oda, Nobuyuki Ikarashi, and Masaru Hori

J. Appl. Phys. 138, 065701 (2025); doi: 10.1063/5.0282789



東海国立大学機構は、岐阜大学と名古屋大学を運営する国立大学法人です。
国際的な競争力向上と地域創生への貢献を両輪とした発展を目指します。

東海国立大学機構 HP <https://www.thers.ac.jp/>

