

令和2年9月24日

報道機関 各位

東北大学電気通信研究所

シンプルな窒化ガリウム素子における量子ドットを観測 GaN FET を活用した量子デバイスへ

【発表のポイント】

- シンプルな窒化ガリウム電界効果トランジスタ構造において、量子ドット^{*1} が形成されることを電気伝導測定により観測した。
- 半導体量子ビット・センサ等の量子デバイス^{*2} 応用や、材料内のマイクロな不純物評価等への活用が期待される。

【概要】

窒化ガリウムおよびその積層構造には興味深い電子物性があり、発光素子や大電力素子、高周波素子等で活用されるようになっていきます。また窒化ガリウム微細構造を用いた量子細線や量子ドット等も報告され、量子系材料としても興味を持たれています。

東北大学電気通信研究所・大塚朋廣准教授、ローム株式会社・中原健研究開発センター長らの研究グループは、シンプルな窒化ガリウム電界効果トランジスタ構造において、量子ドットが形成されることを観測しました。精密な電気伝導測定により、トランジスタの ON/OFF 領域の境界において量子ドットに特徴的な電気伝導を観測し、不純物による量子ドット形成過程のしくみを解明しました。今回の成果は、半導体量子ビット・センサ等の量子デバイスへの応用や、材料内のマイクロな不純物評価等への活用が期待されます。

本研究成果は 2020 年 9 月 22 日に、英国科学誌「Scientific Reports」に掲載されました。

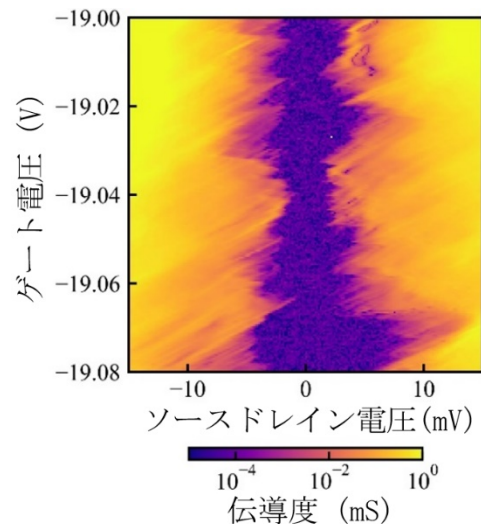


図 窒化ガリウム電界効果トランジスタ構造において観測された量子ドットの電気伝導特性。

【詳細な説明】

○研究背景

窒化ガリウムおよびその積層構造は、大きな直接バンドギャップ、高い電子密度や電子移動度等の興味深い電子物性を持ち、LED、パワーデバイスや高周波デバイス等に活用されるようになってきました。またその微細構造を利用して、量子ドット等の量子効果の発現が報告されており、量子デバイス応用に向けても魅力的な系になってきています。

一方、量子ドットの形成について、微小金属電極等を用いた人工的な微細構造によるものだけでなく、材料中の不純物や欠陥等に起因するものがシリコン電界効果トランジスタ構造等で報告されています。不純物の強い閉じ込め効果により、大きな量子閉じ込めエネルギー等が形成されるため、量子ビットデバイス等への活用が期待されています。

○成果の内容

研究グループでは、新しく窒化ガリウム電界効果トランジスタ構造において、不純物等に起因する量子ドットの観測に取り組みました。シンプルな窒化ガリウム/窒化アルミニウムガリウム電界効果トランジスタ構造について、低温下での精密な電気伝導測定を実施したところ、トランジスタの ON/OFF 領域境界の伝導チャンネルが消失する条件近傍で、量子ドットの形成に特徴的なクーロンダイヤモンドと呼ばれる電気伝導特性を観測することに成功しました。さらにこの解析を進めることにより、複数の量子ドットが結合した多重量子ドットが形成されていること、また絶縁膜作製手法の異なる試料の比較により不純物濃度によって量子ドット形成が変化すること等を明らかにしました。

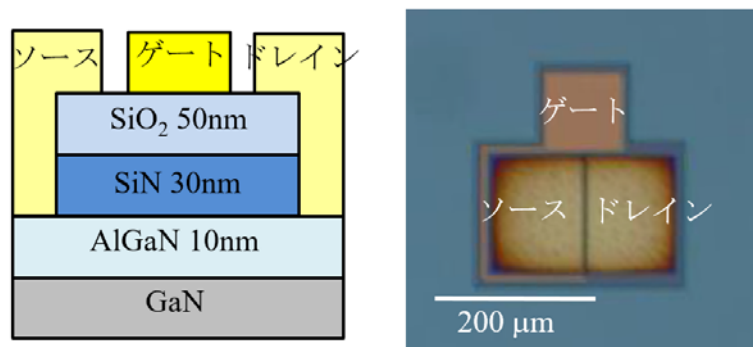


図 測定した窒化ガリウム電界効果トランジスタ構造の積層構造の模式図と試料表面の顕微鏡写真。

○成果の意義と展望

シンプルな窒化ガリウム電界効果トランジスタ構造における量子ドット形成を観測できたことで、窒化ガリウムの電子物性と量子ドット特性を活用した量子ビットや量子セン

サ等の量子デバイスへの道が広がりました。また量子ドット特性はトランジスタの伝導チャンネルに影響する不純物等に鋭敏な指標となるため、これを活用することにより窒化ガリウム電界効果トランジスタの改良に貢献できる可能性があります。

○発表論文

英文タイトル: Formation of quantum dots in GaN/AlGaN FETs

著者: Tomohiro Otsuka, Takaya Abe, Takahito Kitada, Norikazu Ito, Taketoshi Tanaka, and Ken Nakahara,

雑誌名: Scientific Reports

DOI: 10.1038/s41598-020-72269-z

○専門用語解説

※1 量子ドット

電子を微細な領域に閉じ込めたデバイス。電子の量子力学的な波の大きさと同程度の閉じ込めを実現すると、エネルギーの離散化等の量子力学的な効果が発現する。

※2 量子デバイス

量子力学的な効果を活用したデバイス。量子コンピュータに向けた量子ビットデバイスや、量子効果を利用して測定を行う量子センサデバイス等、研究が進められている。

本研究は、ローム株式会社共同研究、JST さきがけ JPMJPR16N3、文部科学省卓越研究員事業等の支援を受けて実施されました。

【本件に関するお問い合わせ先】

● 研究内容に関して

東北大学電気通信研究所 量子デバイス研究室

准教授 大塚 朋廣

電話 022-217-5509

E-mail tomohiro.otsuka@riec.tohoku.ac.jp

● 報道に関して

東北大学電気通信研究所 総務係

電話 022-217-5420

E-mail somu@riec.tohoku.ac.jp