

# AlGaN/GaN HEMT デバイスにおける局所圧電格子変形の 放射光ナノビーム X 線回折オペランド計測

## Operand analysis of local piezoelectric lattice deformation in AlGaN/GaN HEMT devices by synchrotron radiation nanobeam X-ray diffraction

阪大院基礎工<sup>1</sup>, 北大量子集積エレクトロニクス研究センター<sup>2</sup>, JASRI<sup>3</sup>

○(M2) 塩見 春奈<sup>1</sup>, 嶋田 章宏<sup>1</sup>, 藤平 哲也<sup>1</sup>, 林 侑介<sup>1</sup>, 金木 奨太<sup>2</sup>, 橋詰 保<sup>2</sup>,  
今井 康彦<sup>3</sup>, 隅谷 和嗣<sup>3</sup>, 木村 滋<sup>3</sup>, 酒井 朗<sup>1</sup>

Grad. Sch. of Eng. Sci., Osaka Univ.<sup>1</sup>, RCIQE, Hokkaido Univ.<sup>2</sup>, JASRI<sup>3</sup>

H. Shiomi<sup>1</sup>, A. Shimada<sup>1</sup>, T. Tohei<sup>1</sup>, Y. Hayashi<sup>1</sup>, S. Kaneki<sup>2</sup>, T. Hashizume<sup>2</sup>,

Y. Imai<sup>3</sup>, K. Sumitani<sup>3</sup>, S. Kimura<sup>3</sup>, A. Sakai<sup>1</sup>

E-mail: sakai@ee.es.osaka-u.ac.jp

【背景】 AlGaN/GaN HEMT デバイスにおいて、ゲート電圧印加に伴い逆圧電効果が生じ、それによって結晶中に誘起される格子欠陥がデバイス性能を劣化させることが知られている。こうした欠陥導入のダイナミクスは未だ不明な点も多く、さらなる高性能化・高信頼化に向けた欠陥抑制のためには、圧電特性の理解と制御が不可欠である。本研究では、SPring-8 BL13XU のナノビーム X 線回折 (nanoXRD) 光学系を用いて AlGaN/GaN HEMT デバイス動作下における局所圧電応答格子変形のオペランド計測を行い、電圧印加の各段階における局所格子歪をナノ秒スケールの高時間分解能で観察した。

【実験方法】 試料として用いた AlGaN/GaN HEMT デバイスの構造 (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(30 nm)/Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N(20 nm)/GaN) を図 1 に示す。試料に照射する放射光 X 線は、ビームサイズが縦 420 nm×横 460 nm であり、1 周期が 4.789 μs で連続した X 線パルス列であるトレイン部と孤立したパルスのシングルバンチ部から構成される (バンチモード: H-mode)。高繰り返し X 線チョッパーを用いて入射 X 線パルスからトレイン部を除くことで、時間幅約 60 ps のシングルバンチ部のみを取り出すことができる。この X 線パルスと試料のゲートおよびドレイン電極に印加する電圧パルスを同期させ、かつ印加電圧パルスの位相を変化させるポンププローブ法を用いて、トランジスタ動作下における局所圧電格子変形の評価を行った。電圧パルスのパルス幅は 2.0 μs、エッジタイムは 100 ns とした。電圧印加の任意の段階においてシングルバンチ部を入射して三次元逆格子マッピング測定を行い、各遅延時刻における局所格子変形を高時間分解能で評価した。

【結果】 各 X 線入射タイミングにおける AlGaN(11̄04)面回折の 2θ、ω、φ プロファイルから、ガウシアンフィッティングによってそれぞれのピーク値を抽出し、ブラッグの関係式から a 軸、c 軸方向の格子面間隔を算出した。ゲート電圧の振幅を -7 V、ドレイン電圧の振幅を 0 V および 5 V とした時の電圧印加にともなう AlGaN の格子歪の時間変化を図 2 に示す。ゲート電圧の印加とともに逆圧電効果により c 軸格子定数は増大し、印加が終了すると減少して印加前に近い値に戻る様子が観測された。c 軸方向の伸張に伴い a 軸方向は圧縮歪が生じていることも確認できる。図 2(a)と(b)を比較すると、ドレイン電圧を印加した条件(b)では電圧の立ち上がり部分でより大きい過渡電流が観察され、a 軸、c 軸ともに急峻な歪の変化を示す様子が観測された。逆圧電応答と過渡電流に起因するジュール熱による熱膨張が複合して寄与することにより、局所格子変形の複雑な時間依存性をもたらしていると考えられる。

<謝辞: 本研究は JSPS 科研費 JP16H06423、JP16H06421 の助成を得て行われた>

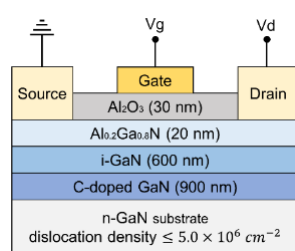


Fig. 1. Schematic of an AlGaN/GaN HEMT device sample used for the present characterization.

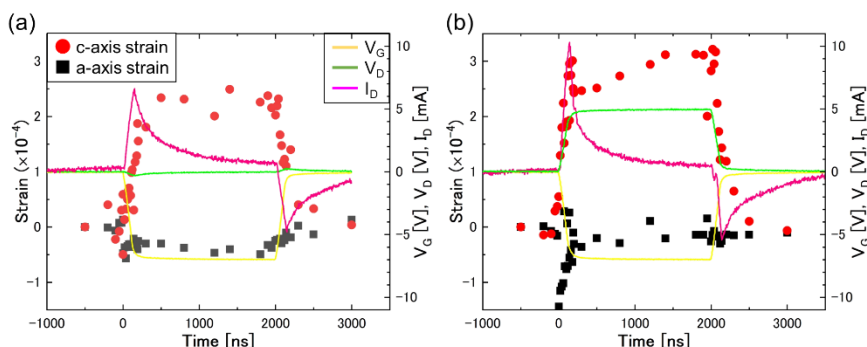


Fig. 2. Pulse voltage induced strain of *a*- and *c*-axis of the AlGaN layer as a function of time. Drain voltage amplitude was (a) 0 V, and (b) 5 V. Right axis shows gate voltage ( $V_G$ ), drain voltage ( $V_D$ ) and drain current ( $I_D$ ).