

# 放射光ナノビーム X 線回折による窒化物半導体 HEMT デバイスにおける 圧電応答局所格子変形の直接観測

Direct Observation of Local Piezoelectric Lattice Distortion in a Nitride Semiconductor HEMT Device  
Using Synchrotron Radiation Nanobeam X-ray Diffraction Analysis

阪大院基礎工<sup>1</sup>, 北大量エレ研<sup>2</sup>, JASRI<sup>3</sup>

○(M2) 植田 瑛<sup>1</sup>, 藤平 哲也<sup>1</sup>, 安藤 祐次<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>

°A. Ueda<sup>1</sup>, T. Tohei<sup>1</sup>, Y. Ando<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】 AlGa<sub>0.2</sub>N/GaN 系電子素子のドレイン端ゲート直下の局所領域において、圧電効果が誘起する格子欠陥形成が問題視されており、圧電効果の精密制御が重要課題となっている。そのためには素子動作下における局所圧電ダイナミクス計測が不可欠であるが、未だその手法は確立されていない。我々の研究グループでは、SPring-8 の BL13XU におけるナノビーム X 線回折 (nanoXRD) 光学系を用いた局所格子歪オペランド測定系の開発を進めている。本研究では、AlGa<sub>0.2</sub>N/GaN 系高電子移動度トランジスタ (HEMT) においてゲート電圧印加下の圧電効果による格子歪をその場定量評価した結果について報告する。

【実験方法】 図 1 に示す HEMT デバイス (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (30 nm) / Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N (20 nm) / GaN) に対して、入射する放射光パルスと試料のゲート電極に印加する電圧パルスを同期させ、かつ放射光パルスに対して印加電圧の位相を変化させるポンプ - プロブ計測法を用いて局所圧電応答の測定を行った。種々のゲート電圧印加条件の下で AlGa<sub>0.2</sub>N、GaN の対称(0004)面に対する  $\omega$ -2 $\theta$  (2 次元逆格子) マッピングを行うことで、圧電効果によって発現する試料の局所格子変形を評価した。

【結果】 本研究で用いた入射放射光パルスは 1 周期 4.789  $\mu$ s で、1.815  $\mu$ s の連続した X 線パルス (トレイン部) と 40 ps の孤立した X 線パルス (シングルバンチ部) から構成される。入射 X 線の周期と印加電圧パルスを同期させ、かつ遅延発生器により放射光パルスのトレイン部が照射されているときに試料に電圧が印加されるように印加電圧の位相を変化させて測定を行った (図 2 挿入図)。電圧パルスのパルス幅は放射光パルスのトレイン部より十分に大きい値 (2.5  $\mu$ s) を採用した。このポンプ - プロブ条件で、ゲート電極への電圧印加下の AlGa<sub>0.2</sub>N(0004)回折ピークの変化を測定し、2 $\theta$  (格子面間隔を表す) プロファイルのピーク位置から格子定数の変化を定量評価した。図 2 は同一電極内の複数地点で得られた格子定数の印加ゲート電圧依存性をまとめて表したものである。負電圧印加下では格子定数が大きく変化するのに対し、正電圧印加下ではほとんど変化しなかった。負電圧印加時の変化から推定される格子歪は、Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N の圧電定数から見積もった歪と同じオーダーの値であり、圧電効果による AlGa<sub>0.2</sub>N 層の格子変形が局所的に観測できたと考えられる。

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

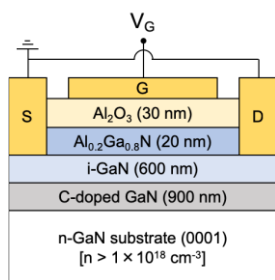


Fig. 1. Schematic cross section of the studied AlGa<sub>0.2</sub>N/GaN HEMT. Source and drain electrodes are equipotential with In wire.

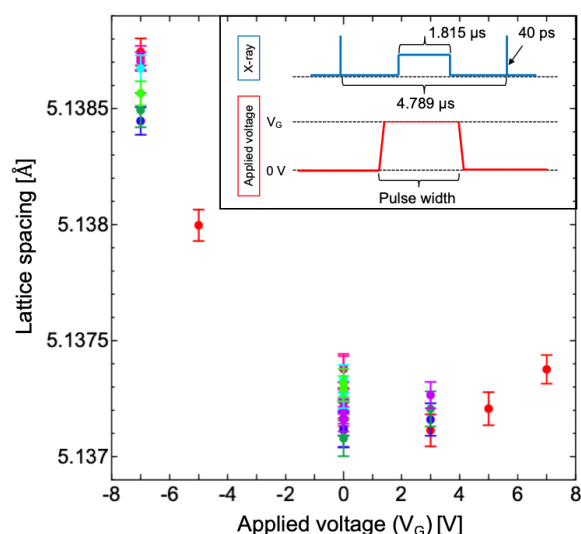


Fig. 2. Voltage dependence of the (0001) lattice spacing derived from 2 $\theta$  peaks in measured  $\omega$ -2 $\theta$  maps. Inset shows timing chart of incident X-ray and applied voltage.