

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ダイナミクスの観測

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

阪大院基礎工¹, 北大量エレ研², JASRI³

○(M2) 植田 瑛¹, 藤平 哲也¹, 安藤 祐次², 橋詰 保², 今井 康彦³, 隅谷 和嗣³, 木村 滋³, 酒井 朗¹

Grad. Sch. of Eng. Sci., Osaka Univ.¹, RCIQE, Hokkaido Univ.², JASRI³

○A. Ueda¹, T. Tohei¹, Y. Ando², T. Hashizume², Y. Imai³, K. Sumitani³, S. Kimura³, A. Sakai¹

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

【背景】 AlGaIn/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いる。圧電効果による欠陥形成の機構の理解とその制御のためには、素子動作条件下における局所圧電ダイナミクスの計測が不可欠である。我々はこれまでに、SPring-8 の BL13XU におけるナノビーム X 線回折 (nanoXRD) 光学系とポンプ-プローブ法を用いた局所格子変形ダイナミクス測定系の開発を進めている。本研究では、AlGaIn/GaN 系高電子移動度トランジスタ (HEMT) におけるゲート電圧印加下の圧電効果による格子変形ダイナミクスをナノ秒スケールで測定し、その場定量評価した結果について報告する。

【実験方法】 試料としてソース-ドレイン間を短絡した HEMT デバイス (Al₂O₃ (30 nm) / Al_{0.2}Ga_{0.8}N (20 nm) / GaN) を用い、入射する放射光パルスの周期 (4.789 μs) に同期したゲート印加電圧の位相を変化させるポンプ-プローブ計測法による測定を行った。この方法では X 線チョッパーを使用して得られるパルス幅 40 ps の放射光パルスを印加電圧パルスに対して任意の遅延時間で入射させることにより、電圧印加の各段階における格子歪を高時間分解能で測定する (図 1)。ゲート印加電圧のパルス幅や立ち上がり/立ち下がり時間を変化させた種々の印加条件で AlGaIn、GaN の対称(0004)面に対する時分割 ω-2θ (2 次元逆格子) マッピング測定を行い、圧電効果によって発現する局所格子歪のナノ秒時間スケールでの変化を評価した。

【結果】 印加電圧パルスの立ち上がり時間を 10 ns から 300 ns まで変化させた条件での印加電圧プロファイルと格子定数変化の測定結果を図 2 に示す。X 線を入射した各遅延時間 (電圧印加開始時を 0 とする) における AlGaIn(0004)回折ピークを測定し、フィッティングした 2θ プロファイルのピーク位置から格子定数を算出した (図 2)。電圧印加とともに格子定数は増大し、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。また、立ち上がり時間の長さに対応して格子定数の値も変化しており、ゲート-ソース間電圧 (V_{GS}) に追従した局所格子変形をナノ秒スケールの時間分解能で捉えることに成功した。

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

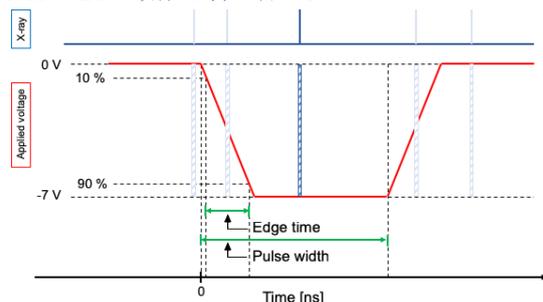


Fig. 1. Timing chart of incident X-ray and applied voltage at dynamic-singlebunch-mode (DSB) measurement.

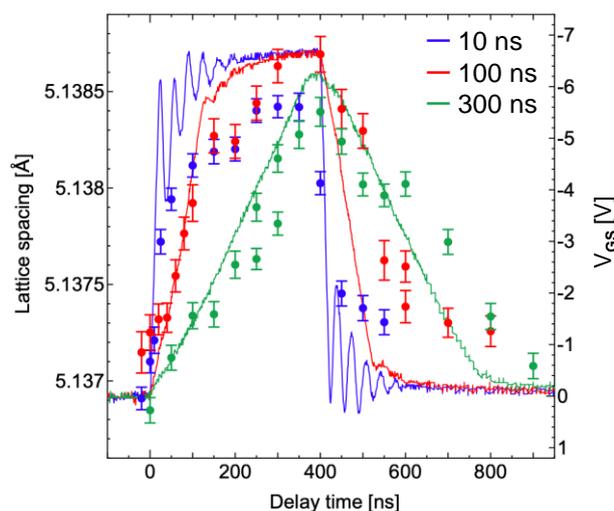


Fig. 2. Plots of lattice spacing and profiles of V_{GS} as a function of the delay time. Symbol and solid line indicate lattice spacing and V_{GS}, respectively.