182124

บทคัดย่อ (Abstract)

ทรานซิสเตอร์ชนิด AlGaN/GaN HFETs ได้รับความสนใจอย่างมากและเป็นทรานซิสเตอร์ที่มีศักยภาพในการใช้งานสำหรับโวลเตจและกำลังสูงสำหรับความถี่ในย่านไมโครเวฟ ความก้าวหน้าใน epitaxial growth ทำให้สามารถประดิษฐ์ทรานซิสเตอร์ชนิดนี้ที่มีประสิทธิภาพสูงได้ การออกแบบทรานซิสเตอร์เพื่อให้ทำงานที่ประสิทธิภาพสูงสุดตั้งอยู่บนพื้นฐานของความสามารถในการเข้าใจการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในทรานซิสเตอร์ภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของปรากฏการณ์พิโซอิเลกทริกที่มีต่อประสิทธิภาพการทำงานของ $Al_{0.8}Ga_{0.2}N/GaN$ HFETs ด้วยวิธีมอนติคาร์โล ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างของค่าคงตัวแลตทิซระหว่าง GaN และ AlGaN ในโครงสร้างทรานซิสเตอร์นี้ทำให้เกิดความเครียด(strain) ซึ่งสามารถชักนำให้เกิดพิโซอิเลกทริกโพลาไรเซชันซึ่งอาจเป็นหนึ่งในวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของทรานซิสเตอร์ในแง่ของการเพิ่มของกระแสเอาท์พุทได้ จากโครงสร้างทรานซิสเตอร์ที่ศึกษาพบว่า ประจุอันเนื่องมาจากโพลาไรเซชันมีผลทำให้กระแสเอาท์พุทมีค่าเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะในที่ทรานซิสเตอร์ทำงานในโหมดกระแสอิ่มตัว นอกจากนี้โดยการวิเคราะห์ในระดับจุลภาคพบว่า อัตราเร็วเฉลี่ยของอิเล็กตรอนในแชนแนลมีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งมีผลทำให้ค่าทรานซ์คอนดัคแตนซ์ของทรานซิสเตอร์มีค่าสูงขึ้นและโดยการวิเคราะห์ผลการตอบสนองเชิงความถี่ของทรานซิสเตอร์ซึ่งสามารถทำได้โดยการป้อนสัญญาณโวลเตจเข้าที่ขาเกทของทรานซิสเตอร์และทำการแปลงฟูเรียร์ของกระแสเดรนและกระแสเกทแล้วคำนวณหาค่าอัตราการขยายกระแส พบว่าความถี่คัทออฟ (cut-off frequency) ของทรานซิสเตอร์ในกรณีพิจารณาผลของโพลาไรเซชันมีค่าเป็น 60 ± 10 GHz และ 50 ± 10 GHz สำหรับกรณีไม่พิจารณาผลของโพลาไรเซชัน

182124

Abstract

AlGaN/GaN structures constitute a new class of quasi two dimensional (2D) electron systems in that a large population of electrons can be produced without doping as a result of spontaneous and strain-induced polarization. It is expected that a strain-induced piezoelectric polarization may lead to an enhanced electron accumulation in the channel region of field effect transistors. Optimum transistor design is ultimately based on a full understanding and accurate modeling of the charge-carrier transport in the device. A two dimensional Monte Carlo simulation has been used to provide a microscopic description of the steady state and transient charge transport in strained $Al_{0.2}Ga_{0.8}N/GaN$ heterojunction field effect transistors(HFETs). The simulation provides information on the microscopic details of the carrier behavior, including carrier velocity, kinetic energy and carrier density, as a function of position in the device. The polarization effects are shown to not only increase the current density, but also improve the electron transport by inducing a higher electron density close to the positive charge sheet that occurs in the channel. Monte Carlo simulations has also been carried out to investigate the high frequency performance of the devices. Detailed time-dependent voltage signal analysis has been performed to test the device response and derive the frequency bandwidth. Current gain cut-off frequencies of 60 ± 10 GHz and 50 ± 10 GHz are predicted for the polarization and polarization-free devices respectively.