ปิยวงค์ ภูปัญญา. 2549. ***จลนศาสตร์การผ่อนคลายพลังงานของอิเล็กตรอนในแหล่งกำเนิดเลเซอร์แบบ 4 ระดับพลังงาน.*** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. [ISBN 974-626-765-5]
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: ดร. สมพร ขันเงิน

บทคัดย่อ

ได้ทำการศึกษาการผ่อนคลายพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนในแหล่งกำเนิดเลเซอร์แบบ 4 ระดับพลังงานย่อยของโครงสร้างวัสดุสารกึ่งตัวนำ $GaAs/Al_xGa_{1-x}As$ ที่ประกอบด้วยสามควอนตัมเวลล์ โดยการจำลองแบบเชิงทฤษฎีเพื่อคำนวณหาฟังก์ชันการแจกแจงพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอน ณ สภาวะคงตัว สำหรับแหล่งกำเนิดเลเซอร์ที่อุณหภูมิต่ำ และมีความหนาแน่นของอิเล็กตรอนน้อย ($n_s = 1.92\times10^{10} cm^{-2}$) พบว่าฟังก์ชันการแจกแจงพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนในระบบของทั้ง 4 ระดับพลังงานย่อยจะมีลักษณะเป็นแบบไม่สมดุล (non-equilibrium distributions) แต่เมื่อระบบมีความหนาแน่นของอิเล็กตรอนมากขึ้น ($n_s = 7.68\times10^{10} cm^{-2}$) พบว่าฟังก์ชันการแจกแจงพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนในระดับพลังงานย่อย E_3 และ E_4 จะมีลักษณะเป็นแบบไม่สมดุล ขณะที่ฟังก์ชันการแจกแจงพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนในระดับพลังงานย่อย E_1 และ E_2 จะมีลักษณะใกล้เคียงกับการแจกแจงแบบแมกเวลเลียน (maxwellian distributions) ซึ่งเป็นผลเนื่องจากอัตราการกระเจิงระหว่างอิเล็กตรอนกับอิเล็กตรอนมีค่ามาก สำหรับกรณีที่แหล่งกำเนิดเลเซอร์มีอุณหภูมิสูง พบว่าลักษณะของฟังก์ชันการแจกแจงพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนเป็นแบบไม่สมดุล และปรากฏพีค (peak) ของโฟนอนอย่างชัดเจน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอัตราการกระเจิงระหว่างอิเล็กตรอนกับโฟนอนจะมีค่ามาก เมื่อเทียบกับอัตราการกระเจิงระหว่างอิเล็กตรอนกับอิเล็กตรอนในระบบดังกล่าว

นอกจากนี้เมื่อทำการคำนวณค่าอัตราการเพิ่มพูนของแสงในแหล่งกำเนิดเลเซอร์นี้ซึ่งประกอบจากวัสดุที่มีสมบัติเป็นแบบพาราโบลิก(parabolic materials; *i.e.* $m_3^* = m_{GaAs}^*$ ในที่นี้ m_3^* คือมวลยังผลของอิเล็กตรอนในระดับพลังงานย่อย E_3 และ m_{GaAs}^* คือมวลยังผลของอิเล็กตรอนในวัสดุ $GaAs$) พบว่าอัตราการเพิ่มพูนของแสงมีค่าขึ้นกับอุณหภูมิของระบบเท่านั้น โดยมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิของระบบสูงขึ้น ส่วนในกรณีของแหล่งกำเนิดเลเซอร์ซึ่งประกอบจากวัสดุที่มีสมบัติเป็นแบบนอนพาราโบลิก (non-parabolic materials; *i.e.* $m_3^* \neq m_{GaAs}^*$) อัตราการเพิ่มพูนของแสงจะมีขึ้นกับทั้งอุณหภูมิของระบบ ความหนาแน่นของอิเล็กตรอน และพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนที่อัดฉีดสู่ระบบ โดยค่าอัตราการเพิ่มพูนจะลดลงเมื่อความหนาแน่นของอิเล็กตรอนสูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าพลังงานของเลเซอร์มีค่าขึ้นอยู่กับมีมวลยังผลของอิเล็กตรอนในระดับพลังงานย่อย E_3 โดยในระบบที่มีมวลยังผล m_3^* เป็น m_{GaAs}^* จะให้กำเนิด

เลเซอร์ที่มีพลังงานประมาณ 155 meV ในขณะที่ระบบเลเซอร์ที่มีมวลยังผล m_3^* เป็น $1.2m_{GaAs}^*$ และ $1.4m_{GaAs}^*$ จะให้กำเนิดเลเซอร์ที่มีพลังงานประมาณ 85 meV และ 16 meV ตามลำดับ

Piyawong Poopanya. 2006. ***Kinetics of electron energy relaxation in a 4-level lasing system***. Master of Science Thesis in Physics, Graduate School, Khon Kaen University. [ISBN 974-626-765-5]

Thesis Advisor: Dr. Somporn Khan-ngern

ABSTRACT

Kinetics of electron energy relaxation in a triple quantum well structure of $GaAs/Al_xGa_{1-x}As$ has been investigated. The structure was designed for a 4-level lasing system. Energy distribution functions of electrons at steady state were numerically calculated. The results showed that at low operating temperature and low electron concentration ($n_s = 1.92 \times 10^{10} cm^{-2}$), the distribution functions of electrons in the 4 subband-energy levels were strongly non-equilibrium. Additionally, when the electron concentration was higher ($n_s = 7.68 \times 10^{10} cm^{-2}$) only the distribution functions of electrons in the subband E_3 and E_4 remained strongly non-equilibrium, while for electrons in the subbands E_1 and E_2, due to the dominant of the electron-electron scattering processes, they were closed to maxwellian distributions. At high operating temperature, there were lots of phonon peaks in the calculated distribution functions. As a results, it was stated that the electron-LO-phonon scattering processes were dominant.

In addition, it was found that the spectral density of gain was strongly dependent on the effective mass (m_3^*) of the electron in the subband E_3. For the lasing structure of parabolic material system of $m_3^* = m_{GaAs}^*$, the results showed that the corresponding laser energy was 155 meV, while for the non-parabolic material systems of $m_3^* = 1.2m_{GaAs}^*$ and $m_3^* = 1.4m_{GaAs}^*$ the corresponding laser energies were 85 meV and 16 meV, respectively.