

การศึกษาการเกิด การเปลี่ยนระดับพลังงานในบ่อควอนตัมของสารกึ่งตัวนำ

Er δ -doped InP โดยวิธีโฟโตเคอเรนตส์เปกโตรสโคปีStudy of Interband Transition in Single Quantum well of Er δ -doped InP
by Photocurrent Spectroscopy

วิษณุ เพชรภา และ จิตี หนูแก้ว

ห้องปฏิบัติการวิจัยควอนตัมและสารกึ่งตัวนำทางแสง

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ABSTRACT - This work is the observation of the interband transition energies of Er δ -doped InP grown by Organometallic Vapor phase Epitaxy using Photocurrent Spectroscopy. The photocurrent spectra show the energy gap of ErP of 1.24 eV and three interband transition energies of InP/ErP single quantum well, 0.86 eV, 0.92 eV and 1.04 eV. The verification of these transition was made by developing a type-II single quantum well model to analyze the corresponding subband energy levels in conduction band and also the related transition energies. The results show good agreement to experimental data with acceptable band offset ratio.

บทคัดย่อ - งานวิจัยนี้เป็นการตรวจพบการเกิดการเปลี่ยนระดับพลังงานในบ่อควอนตัมของสารกึ่งตัวนำ Er δ -doped InP ที่ปลูกโดยกระบวนการ Organometallic Vapor Phase Epitaxy (OMVPE) สเปกตรัมของโฟโตเคอเรนตส์ (Photocurrent) แสดงค่าพลังงานต้องห้ามของ ErP ที่ 1.24 eV นอกจากนั้นยังแสดงค่าพลังงานที่สอดคล้องกับการเปลี่ยนระดับพลังงานในบ่อควอนตัมระหว่าง InP และ ErP ซึ่งมีค่าดังนี้ 0.86 eV 0.92 eV และ 1.04 eV ในการตรวจสอบการเปลี่ยนระดับพลังงานดังกล่าว ได้สร้างแบบจำลองของบ่อศักย์ควอนตัมเดี่ยวแบบ Type-II ของ ErP/InP ขึ้น และคำนวณค่าระดับพลังงานย่อยในบ่อศักย์ของแถบนำ (Conduction Band) และสามารถนำไปคำนวณหาค่าพลังงานที่เกิดจากการเปลี่ยนระดับพลังงานของอิเล็กตรอนได้พบว่า แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นสอดคล้องกับผลการทดลองเป็นอย่างดี

คำสำคัญ - Photocurrent Spectroscopy, Er-doped InP, Type-II single quantum well

บทนำ

คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของสารกึ่งตัวนำในกลุ่ม III-V ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อสารนี้เจือด้วยธาตุหายาก (Rare Earth) เช่น Erbium (Er) นอกจากนั้นวิธีการปลูกผลึกสารกึ่งตัวนำที่พัฒนาขึ้น เช่นวิธีการ Organometallic Vapor Phase Epitaxy (OMVPE) ทำให้ได้สารกึ่งตัวนำโครงสร้างซับซ้อน (Heterostructure) ที่มีคุณภาพสูง จากรายงาน [1] พบว่า เมื่อทำการเจือ Er³⁺ ลงบน InP แบบบางมาก (δ -doped) พบว่าเกิดสารประกอบ ErP (RE-V) ขึ้นที่มีโครงสร้างแบบ Rock Salt ที่มีค่า Lattice Constant $a_0 = 0.5595$ nm ค่าความหนาของชั้น ErP ที่ขึ้นอยู่กับเวลาในการเจือ Er (Exposure Time) สามารถวัดได้โดย

กระบวนการ X-Ray Crystal Truncation Rod Scattering (X-Ray CTR) และ Rutherford Backscattering ในรายงานฉบับนี้จะกล่าวถึงการพบค่าพลังงานของการเปลี่ยนระดับพลังงานย่อย (Interband Transition Energy) ของ ErP ที่ได้จากการเจือ Er³⁺ แบบบาง (δ -doped) บน InP โดยวิธี OMVPE ซึ่งการตรวจพบทำได้โดยวิธีโฟโตเคอเรนตส์เปกโตรสโคปี (Photocurrent Spectroscopy) ในการคำนวณเพื่อหาค่าระดับพลังงานของชั้นย่อยในแถบการนำ (Conduction Band) และแถบวาเลนซ์ (Valence Band) จะใช้แบบจำลองของบ่อควอนตัมแบบจำกัด Type-II (Type-II finite-quantum well) ระหว่าง InP และ ErP ที่มีค่า Energy Gap 1.35 eV และ 1.24 eV ตามลำดับ

รายละเอียดการเตรียมสาร

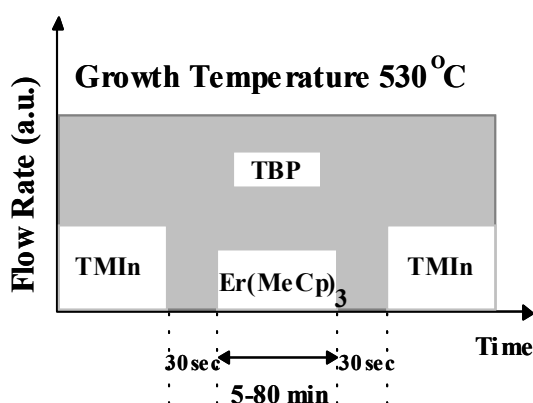
ในการเตรียมสารกึ่งตัวนำ Er δ -doped InP โดยระบบ OMVPE แสดงโดยแผนผังดังรูปที่ 1 โดยมีรายละเอียดดังนี้ ลักษณะการไหลของก๊าซทำในลักษณะขนานกับผิวของแผ่นรอง โดยใช้ Quartz Reactor ที่ความดัน 0.1 atm ก๊าซที่ใช้ประกอบด้วย

TMIn (Trimethylindium)

TBP (Tertiarybutylphosphine) และ

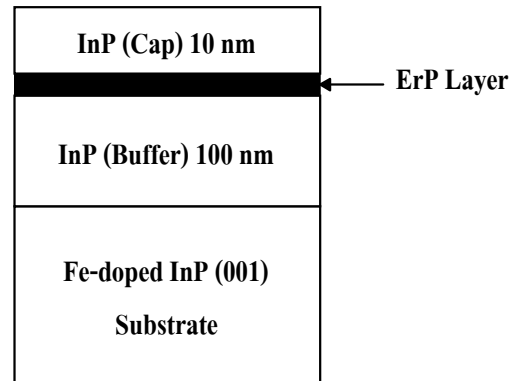
Er(MeCp)₃ (Tris(methylcyclopentadienyl)erbium) ที่เก็บไว้ที่ 100 °C

และใช้ H₂ เป็นตัวพาก๊าซทั้งสามเข้าสู่ Reactor ด้วยอัตรา 125 sccm อุณหภูมิของแผ่นรอง (Substrate) ควบคุมให้คงที่ที่ 530 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ทำให้เกิดการจับตัวและเรียงตัวของชั้น ErP ที่ดีที่สุด อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปจากค่านี้ พบว่าจะทำให้จัดเรียงตัวของ ErP ไม่ดีพอ ชั้น InP ที่ไม่เจือ (Undoped InP Buffer Layer) หนา 100 nm เตรียมบน Fe-doped InP (001) โดยปล่อย TBP และ TMIn เข้ามาใน Reactor พร้อมกัน หลังจากนั้นจะหยุดการไหลของ TMIn ก่อนการไหลของ Er(MeCp)₃ ประมาณ 30 วินาที เพื่อเป็นการล้างผิวหน้า การเจือแบบ δ -doped โดยการไหล Er(MeCp)₃ ใช้ควบคุมความหนาของชั้น ErP ด้วยค่า Exposure time ตั้งแต่ 5-80 นาที่ หลังจากนั้นจะหยุดการไหลของ Er(MeCp)₃ ประมาณ 30 วินาที ก่อนจะปล่อย TMIn ไหลเข้าสู่ระบบเพื่อสร้างชั้นของ Undoped- InP หนา 10 nm โดยการเตรียมสารตามขั้นตอนดังกล่าว จะได้สารกึ่งตัวนำที่มีโครงสร้างดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 แสดงแผนผังลำดับเวลาการไหลในการเตรียมสารกึ่งตัวนำ

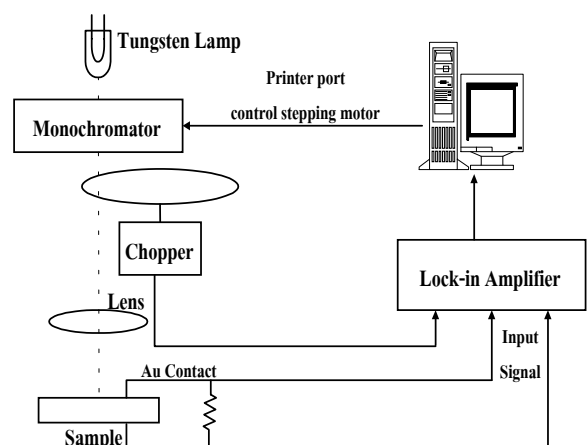
Er δ -doped InP โดย OMVPE



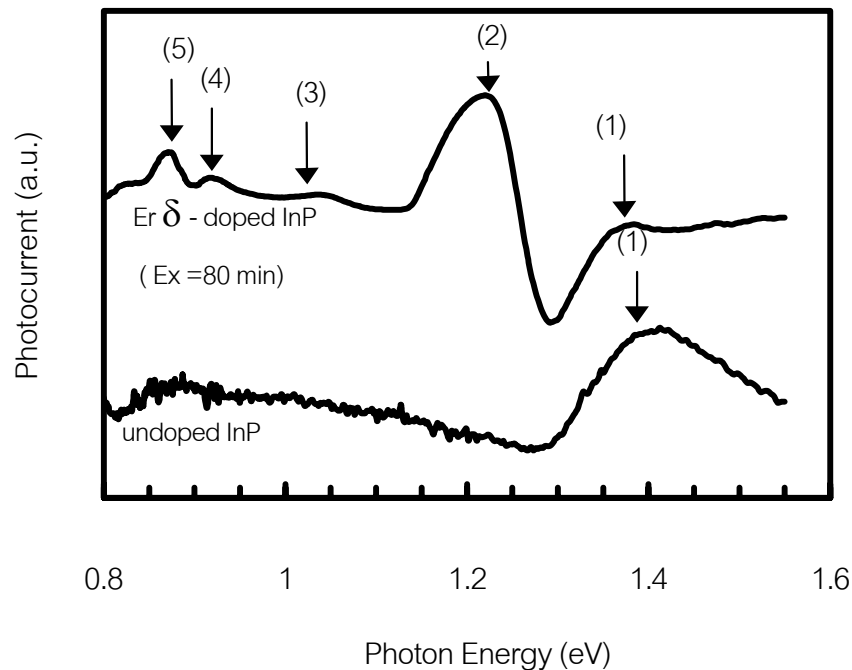
รูปที่ 2 แสดง โครงสร้างของชั้น Heterostructure ของ Er δ -doped InP

การทดลอง

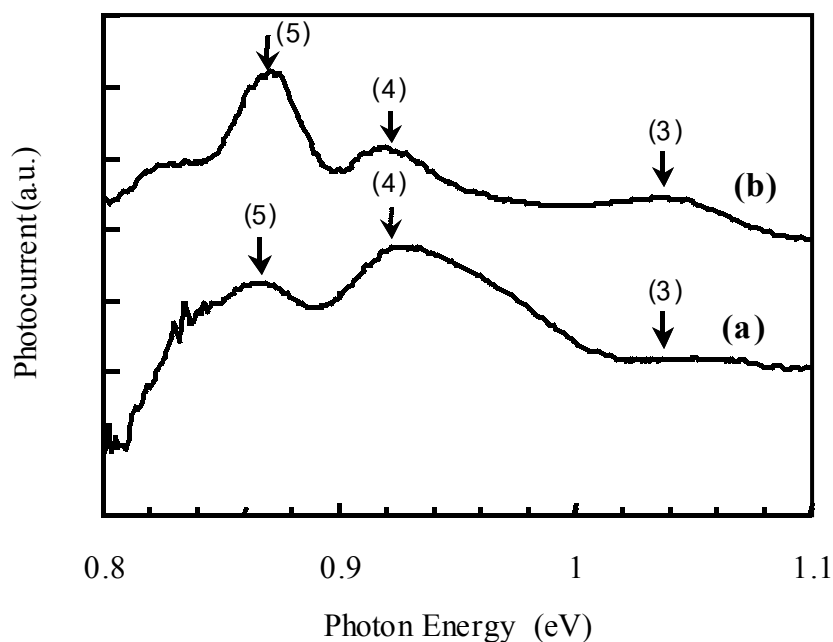
ระบบ Photocurrent Spectroscopy (PC) ที่ห้องปฏิบัติการวิจัยควอนตัมและสารกึ่งตัวนำทางแสงเป็นดังแผนผังในรูปที่ 3 แสงจากหลอดทั้งสแตนท์ที่ให้แสงความยาวคลื่นตั้งแต่ 300-2200 nm จัดตั้งให้ผ่านโมโนโครมาเตอร์ (Monochromator) รุ่น SDMCII-06 และตัวตัดแสง (Chopper) ที่หมุนด้วยความถี่ 450 Hz และทำหน้าที่มอดูเลตแสง แสงจากโมโนโครมาเตอร์ จะตกกระทบบนตัวอย่างสารกึ่งตัวนำ Er δ -doped InP 2 ตัวอย่างที่มีค่า Exposure Time ต่างกัน 2 ค่าคือ Exposure time 10 นาที่ และที่ Exposure time 80 นาที่ ซึ่งจะเปรียบสัญญาณนี้กับสารกึ่งตัวนำ InP ที่ไม่เจือ (Undoped InP) สัญญาณกระแสจากตัวอย่างนำเข้าสู่ Lock-in Amplifier รุ่น SR510 ที่จะทำหน้าที่ขยายสัญญาณ ข้อมูลที่ได้คือค่าของสัญญาณกระแสที่ความยาวคลื่นแสงต่าง ๆ จะควบคุมและเก็บไว้โดยคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3 แสดงระบบวัดโฟโตเคอร์เรนต์สเปกโตรสโกปี (Photocurrent Spectroscopy)



กราฟที่ 1 แสดงค่า Photocurrent ของ Undoped-InP และ Er δ -doped InP ที่ Exposure time 80 นาที



กราฟที่ 2 แสดงสัญญาณ Photocurrent ของ Er δ -doped InP ที่มี (a) Exposure time 10 นาที และ (b) 80 นาที

ผลการทดลองและการวิเคราะห์

กราฟที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบค่าของ Photocurrent ของ Undoped InP และ Er δ -doped InP ที่ Exposure time 80 นาที ค่าพลังงานโฟตอนมีค่าตั้งแต่ 0.8 eV ถึง 1.55 eV จากกราฟ สเปกตรัมที่ (1) ซึ่งตรวจพบในทั้งสองตัวอย่างมีค่าพลังงานโฟตอน 1.37 eV แสดงถึงค่าพลังงานต้องห้าม

(Energy Gap: E_g) ของ InP สเปกตรัมที่ (2) ซึ่งตรงกับพลังงานโฟตอน 1.24 eV ควรเป็นสเปกตรัมที่แสดงถึงค่าพลังงานต้องห้ามของ ErP ใน Er δ -doped InP เนื่องจากค่าดังกล่าวไม่เกิดขึ้นในตัวอย่างของ Undoped-InP และค่าพลังงานต้องห้ามของ ErP นี้ยังสอดคล้องกับผลการคำนวณในรายงานอื่น [1] สเปกตรัมที่ (3) (1.08 eV) สเปกตรัมที่ 4 (0.94 eV) และสเปกตรัมที่ 5 (0.87 eV) ซึ่งเกิดขึ้นในตัวอย่าง Er δ -doped InP เท่านั้น

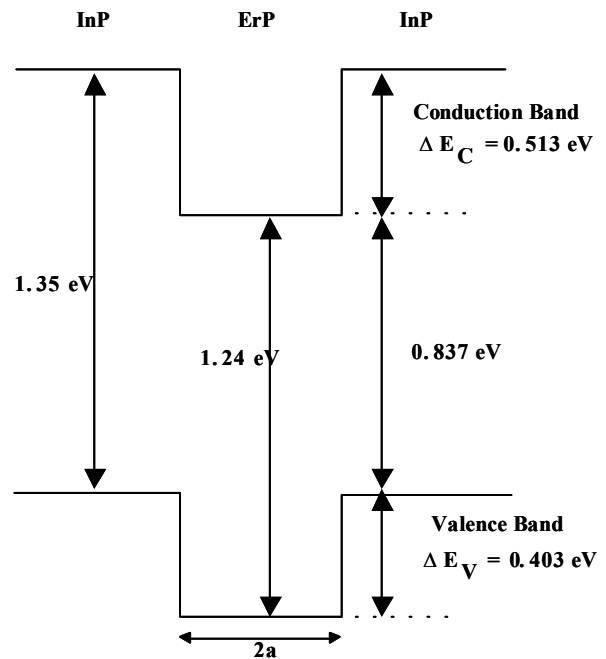
ควรจะเกี่ยวข้องกับการเกิดการเปลี่ยนระดับพลังงานในบ่อควอนตัมของ ErP/InP ที่เป็นผลจากการเจือแบบบางด้วย Er

กราฟที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบของสัญญาณ photocurrent ของ Er δ -doped InP ที่ Exposure time 10 นาที่ (กราฟ a) และ 80 นาที่ (กราฟ b) โดยที่ค่าพลังงานโฟตอนมีค่าตั้งแต่ 0.8 eV ถึง 1.1 eV พบว่าทั้งสองตัวอย่างให้ค่า สเปกตรัมที่ 3 (1.08 eV) สเปกตรัมที่ 4 (0.94 eV) และ สเปกตรัมที่ 5 (0.87 eV) โดยที่ค่าลำดับสเปกตรัมเปรียบเทียบกับกราฟที่ 1 สเปกตรัมทั้งสามที่เกิดขึ้นในทั้งสองตัวอย่างแสดงถึงการเกิดการเปลี่ยนระดับพลังงาน (Interband Transition) ในทั้งสองตัวอย่าง ซึ่งมีค่าพลังงานโฟตอนนี้ใกล้เคียงกัน ในทางทฤษฎีทางควอนตัมพอสรุปได้ว่า ค่าความกว้างของบ่อศักย์ที่หาได้จากความหนาของชั้น ErP นั้นมีค่าใกล้เคียงกันสำหรับสองตัวอย่างนี้ แสดงว่าค่าความหนาของชั้น ErP (วัดที่ FWHM) นั้นเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อเปลี่ยนค่า Exposure Time ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับผลที่ได้โดยวิธีการ X-Ray CTR ในงานวิจัยอื่น [2,3] นอกจากนั้นสัญญาณ photocurrent ของตัวอย่างที่มีค่า Exposure 80 นาที่ มีความคมชัดของสัญญาณมากกว่าตัวอย่างที่ Exposure 10 นาที่ แสดงว่าเวลาในการเจือ Er โดยกระบวนการ OMVPE นั้นมีผลต่อการจับตัวและจัดเรียงตัวของ ErP กล่าวคือเมื่อเวลาในการเจือนานขึ้น จะทำให้การจับตัวระหว่าง Er กับ P และเกิดการจัดเรียงตัวของชั้น ErP ที่ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจสอบ โดย X-Ray CTR [2,3] ที่พบว่า ชั้นของ ErP จะเริ่มเกิดขึ้นเมื่อเวลาในการเจือ Er นานกว่า 5 นาที่ การจัดเรียงตัวของชั้น ErP ที่ดีกว่านี้ ยังผลให้เกิดโครงสร้างบ่อควอนตัมที่ดีกว่า และทำให้ได้สัญญาณ Photocurrent ของการเปลี่ยนระดับพลังงานในบ่อควอนตัมที่คมชัดกว่า

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นมาเป็นแบบจำลองอย่างง่ายเพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าพลังงานที่เกิดจากการเปลี่ยนระดับพลังงานในบ่อควอนตัมของ ErP/InP ทั้งนี้ ค่าข้อมูลต่าง ๆ ที่ใช้ในแบบจำลองนี้ได้จากการทดลองและจากงานวิจัยอื่น [1-3] เนื่องจาก ErP ที่เจืออยู่บน InP มีค่า E_g ประมาณ 1.24 eV ขณะที่ InP มีค่า E_g เท่ากับ 1.35 eV ทำให้เกิดบ่อศักย์ควอนตัมที่จำกัด (Finite single quantum well) ขึ้น และเนื่องจากชั้นของ ErP เกิดจากการเจือแบบบาง (δ -doping) จึงมีผลทำให้บ่อศักย์ควอนตัมที่เกิดขึ้นควรมีลักษณะเป็นแบบ Type-II นอกจากนั้นจากการตรวจวัดค่าการกระจายของชั้น ErP โดยวิธีการ X-Ray CTR พบว่า ลักษณะของการกระจายของชั้น ErP นั้นมีลักษณะคล้ายรูปตัวยู (U-shaped) ดังนั้นลักษณะของบ่อศักย์ที่เกิดขึ้นสามารถประมาณให้เป็นรูปสี่เหลี่ยม (square well) ได้ ดังนั้นแบบจำลองบ่อศักย์ที่ใช้ในหาค่าพลังงาน

ในการเปลี่ยนระดับพลังงานย่อย จะเป็นแบบ Type-II single finite square well ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงแบบจำลองบ่อศักย์ควอนตัมของ InP/ErP/InP

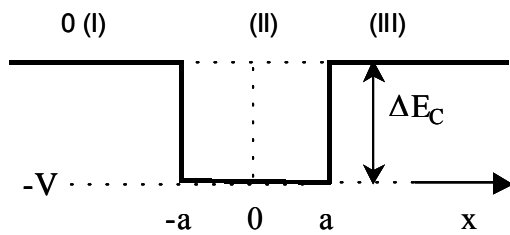
ค่าข้อมูลที่สำคัญที่ใช้ในการคำนวณแสดงในตารางที่ 1 ความกว้างของบ่อศักย์ของทั้งสองตัวอย่างนั้นได้จากการวิเคราะห์โดย X-ray CTR [2,3] มีค่าประมาณ 2.4 nm (8 ML) โดยวัดที่ Full width at Half Maximum ของสัญญาณที่ได้จาก X-ray CTR

ค่ามวลยังผล (Effective mass) ของ อิเล็กตรอน (m_e^*) และ โฮล (m_h^*) มีค่าเป็น $1.71m_0$ และ $0.14m_0$ ตามลำดับ [1] ส่วนค่าความลึกของบ่อศักย์สามารถคำนวณได้จากค่า Band offset ซึ่งโดยปกติสำหรับสารกึ่งตัวนำโครงสร้างบ่อควอนตัมโดยทั่วไปค่า Band offset จะอยู่ในช่วง 60:40 ในแบบจำลองนี้ค่า Band offset ที่ใช้มีค่าเป็น 56:44 ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ ค่า Band offset ดังกล่าวจะให้ค่าความลึกบ่อศักย์ดังแสดงในรูปที่ 4 การคำนวณหาค่าระดับพลังงานย่อย (subband) ในบ่อควอนตัม ทำได้โดยการแก้สมการชโรดิงเงอร์ใน 1 มิติ (Schrödinger Equation)

ตารางที่ 1 แสดงค่าข้อมูลของ ErP ที่ใช้ในการคำนวณ
ค่า ระดับพลังงานย่อยในแถบการนำ

m_e^*	$1.71m_0$
Energy gap of ErP	1.24 eV
Well Width (2a)	2.4 nm (8 ML)
Band offset	56:44

เมื่อพิจารณาบ่อศักย์ควอนตัมของแถบการนำ ดังรูป



ค่าของศักย์ที่บริเวณต่าง ๆ คือ

$$\begin{aligned} V(x) &= 0 & x < -a & \text{บริเวณ (I)} \\ &= -V & -a < x < a & \text{บริเวณ (II)} \\ &= 0 & a < x & \text{บริเวณ (III)} \end{aligned}$$

สมการชโรดิงเงอร์ใน 1 มิติ เขียนได้เป็น

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{2m_e^*}{\hbar^2} E\psi = 0 \quad \dots (1)$$

สำหรับบริเวณ (I) and (III) และ

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{2m_e^*}{\hbar^2} (E + V)\psi = 0 \quad \dots (2)$$

สำหรับบริเวณ (II)

กำหนดให้

$$k^2 = -\frac{2mE}{\hbar^2} \quad \text{และ} \quad q^2 = \frac{2m(E + V)}{\hbar^2}$$

คำตอบของสมการ (1) และ (2) ซึ่งจะนำไปหาค่าระดับพลังงานย่อยในบ่อศักย์ อยู่ในรูปของ k และ q ที่สอดคล้องกับสมการ

$$\frac{k}{q} = \tan qa \quad \text{สำหรับ even parity} \quad \dots (3)$$

$$-\frac{k}{q} = \cot qa \quad \text{สำหรับ odd parity} \quad \dots (4)$$

โดยที่

$$\frac{k}{q} = \left(\frac{-E}{V + E} \right)^{\frac{1}{2}} \quad \dots (5)$$

$$\text{และ} \quad k^2 + q^2 = \frac{2m_e^*}{\hbar^2} V \quad \dots (6)$$

ดังนั้นค่าของระดับพลังงานย่อยในบ่อศักย์สามารถได้จากจุดตัดระหว่างกราฟ $\tan qa$, $-\cot qa$ และ k/q ที่ค่า qa ต่าง ๆ เมื่อทราบค่า k/q และ qa จากจุดตัดกราฟจะสามารถหาค่าระดับพลังงานได้จากสมการ

$$E = \frac{\hbar^2}{2m_e^*} (qa)^2 - V \quad \dots (7)$$

จากรูปที่ 5 จะได้ค่า qa ที่จุดตัดของกราฟของสมการ (3) และ (4) ทั้งหมด 3 ค่าคือ 1.33, 2.66 และ 3.95 ตามลำดับ และค่า qa ทั้งสามค่านี้ให้ค่าระดับพลังงานย่อยที่สอดคล้องคือ $E_{e1} = -0.486$ eV, $E_{e2} = -0.404$ eV และ $E_{e3} = -0.271$ eV ตามลำดับ

สำหรับแถบวาเลนดมีลักษณะของกำแพงศักย์แบบจำกัด 1 มิติ (One Dimensional Quantum Barrier) สำหรับโฮล จึงทำให้แถบพลังงานในแถบวาเลนดมีลักษณะต่อเนื่องตลอดภายในแถบวาเลนด ดังนั้นเมื่อกระตุ้นด้วยแสง จะทำให้อิเล็กตรอนสามารถทะลุ (tunneling) จากบริเวณสูงสุดของแถบวาเลนดไปยังแถบพลังงานย่อยทั้งสามแถบในแถบการนำ ทำให้เกิดสเปกตรัม Photocurrent ที่สอดคล้องกับพลังงานที่เกิดจากการเปลี่ยนระดับพลังงาน interband Transition Energy (E_T)

ค่าพลังงานที่สอดคล้องกับระดับพลังงานย่อยต่างๆ มีค่าดังนี้

$$E_{T1} = 0.863 \text{ eV}$$

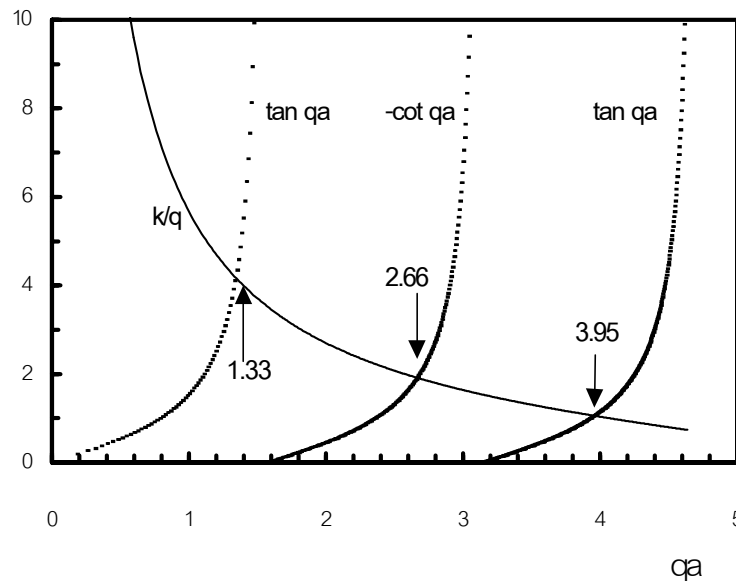
$$E_{T2} = 0.945 \text{ eV}$$

$$E_{T3} = 1.079 \text{ eV}$$

ค่าที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้สอดคล้องเป็นอย่างดีกับค่าสเปกตรัมที่ (5), (4) และ (3) ของสัญญาณ Photocurrent ตามลำดับ

สรุปผล

ค่าเปลี่ยนระดับพลังงานย่อยและค่า พลังงานต้องห้ามของ ErP ของสารกึ่งตัวนำ Er δ-doped InP ตรวจพบโดยวิธีการ Photocurrent Spectroscopy ในการคำนวณเพื่อหาค่าที่สอดคล้องกับค่าที่ได้จากการทดลอง ใช้แบบจำลองของ Type-II Finite square Quantum Well ระหว่าง InP และ ErP พบว่าค่าที่ได้จากแบบจำลองและการทดลองสอดคล้องกันที่ค่า Band offset หรืออัตราส่วนระหว่าง $\Delta E_C / \Delta E_V = 56/44$ ซึ่งเป็นช่วงที่ยอมรับได้



รูปที่ 5 แสดงกราฟของ $\tan qa$, $-\cot qa$ และ k/q ที่ค่า qa ต่าง ๆ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย ขอขอบคุณ Prof. Dr. Y. Takada และนักวิจัยประจำห้องปฏิบัติการที่ภาควิชา Material Science and Engineering, Nagoya University ที่อนุเคราะห์ตัวอย่างสารกึ่งตัวนำที่ใช้ในการวิเคราะห์

เอกสารอ้างอิง

- [1] L. Bolotov, T. Tsuchiya, A. Nakamura, T. Ito, T. Fujiwara, Y. Takada, Phys. Rev. B, Condensed Matter. Vol 59, No. 19, pp. 12236-9, (1999)
- [2] Y. Takada, K. Fujita, M. Matsubara, N. Yamada, S. Ichiki, M. Tabuchi and Y. Fujiwara, J. Appl. Phys. 82(2), pp. 635-638, 15 July 1997
- [3] K. Fujita, J. Tsuchiya, S. Ichiki, H. Hamamatsu, N. matsumoto, M. Tabushi, Y. Fujiwara, and Y. Takeda, Appl. Surf. Sci., 117/118, pp. 758-789, (1997)
- [4] Doyeol, Phys. Rev. B, Condensed Matter. Vol 48, No. 11, pp. 781-4, (1993)
- [5] A.G. Petukhov, W.R.L.Lambrech, and B.Segall, Phys.Rev.B, 53, 4324 (1996)

- [6] Y.K. Su, R.L.Wang, and H.H.Tsai, IEEE Transaction on Electron Devices, Vol. 40, NO. 12, 1993



วิษณุ เพชรภา จบการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาฟิสิกส์ (เกียรตินิยม) จากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จบการศึกษาระดับปริญญาโท สาขาฟิสิกส์ จาก University of Central Florida ประเทศสหรัฐอเมริกา ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ และนักศึกษาระดับปริญญาเอกทางด้านฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



จิตติ หนูแก้ว จบการศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาฟิสิกส์ จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒสงขลา พ.ศ. 2526 จบการศึกษาระดับปริญญาโทสาขาฟิสิกส์ จากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พ.ศ. 2532 และจบปริญญาเอกสาขา Material Sciences and Engineering จากมหาวิทยาลัยนาโกยา พ.ศ. 2541 ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง หัวข้องานวิจัยที่สนใจได้แก่ Quantum Well Device, Semiconductor Physics และ Optical Instrumentation.