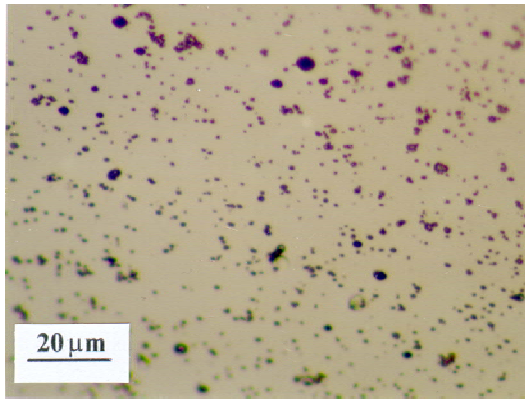
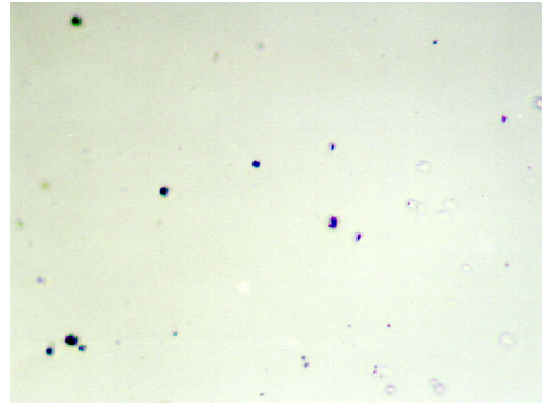


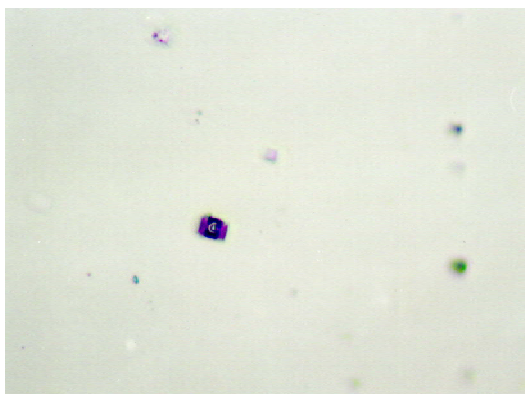
ในกรณีการปลูกผลึกที่อุณหภูมิ 450°C ที่ได้จากกรณีการทดลองเพื่อศึกษาผลของค่าอัตราส่วน BEP ของ P_2/In ที่จะได้กล่าวถึงในหัวข้อต่อไป แต่ในกรณีการปลูกที่อุณหภูมิ 500°C ผิวหน้าผลึกที่ได้มีลักษณะหยาบ (Rough Surface) เช่นเดียวกับกรณีของการปลูกผลึกที่อุณหภูมิ 450°C โดยมีค่าอัตราส่วนของ BEP ของ P_2/In มีค่าเท่ากับ 5 เนื่องจากปริมาณ P_2 ที่ใช้ไม่เพียงพอ (Phosphorus-deficient) [40]



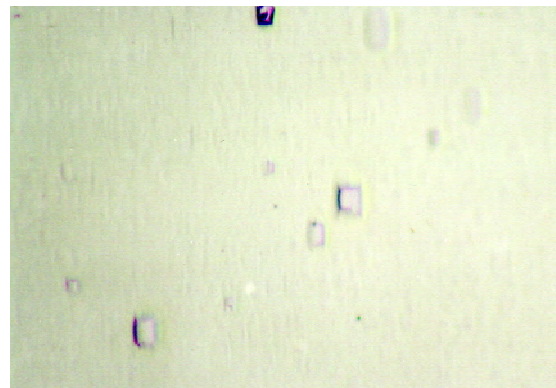
(ก) 300°C



(ข) 400°C



(ค) 450°C



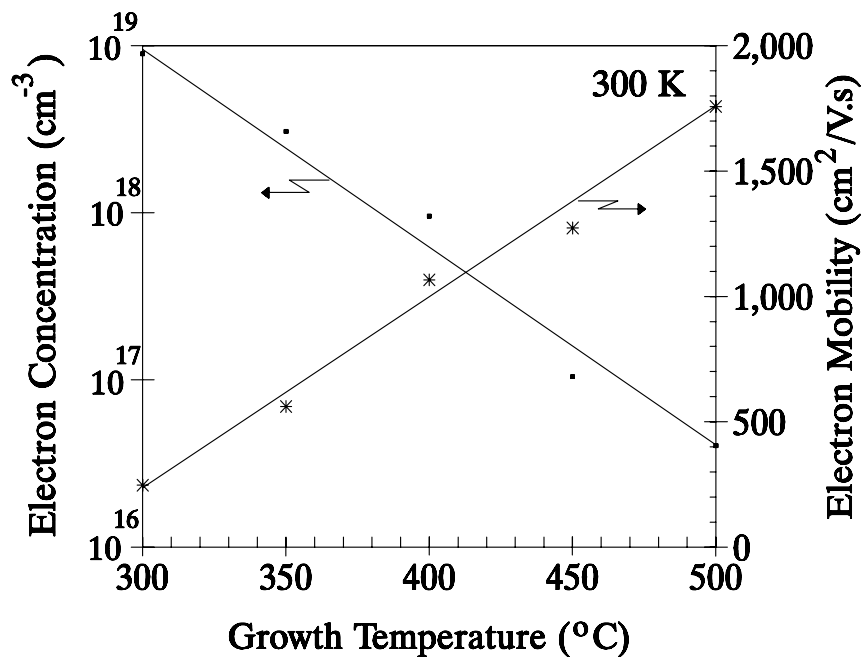
(ง) 500°C

รูปที่ 4.3 ภาพถ่ายผ่านกล้องจุลทรรศน์ของตัวอย่างจากการปลูกที่อุณหภูมิต่างๆ ด้วยค่าอัตราส่วน BEP ของ P_2/In มีค่าเท่ากับ 10

4.3.2 คุณสมบัติทางไฟฟ้า

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นพาหะ ค่าความคล่องตัวและอุณหภูมิในการปลูกผลึก ดังรูปที่ 4.4 ค่าความเข้มข้นพาหะมีค่าอยู่ในช่วง 4×10^{16} – 9.5×10^{18} cm^{-3} และความคล่องตัวพาหะมีค่าอยู่ในช่วง 237–1,761 $cm^2/V.s$ ซึ่งค่าเหล่านี้เป็นค่าที่วัดได้ที่อุณหภูมิห้อง (300 K) โดยค่าความเข้มข้นพาหะมีค่าลดลงและค่าความคล่องตัวพาหะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการปลูกผลึกมีค่าเพิ่มขึ้น ในกรณีของการปลูกผลึกที่อุณหภูมิต่ำจะมีผลของจุดบกพร่องที่เกิดในลักษณะ Stoichiometry-related defect อันเกิดจากการที่จำนวนอะตอมของฟอสฟอรัสเกิน (excess incorporation of group V) [35] ในขณะที่ทำการปลูกผลึกทำให้ตำแหน่งอะตอมของฟอสฟอรัสของอยู่ในตำแหน่ง Antisite (ฟอสฟอรัสอยู่ในตำแหน่งของอินเดียม) ผล

ของการอยู่ในตำแหน่ง Antisite ของฟอสฟอรัส ทำให้มีคุณสมบัติเช่นเดียวกันกับอะตอมของสารเจือปนแบบผู้ให้ (Donor impurity) และจะมีค่าลดลงทำเมื่ออุณหภูมิในการปลูกผลึกมีค่าสูงขึ้น สำหรับค่าความคล่องตัวพาหะมีค่าต่ำกว่าค่าในกรณีของ InP ที่ปลูกบนแผ่นผลึกฐาน InP ด้วยวิธีการปลูกผลึกอื่นๆ เนื่องจากผลของ Dislocation density ที่เกิดจาก Residual stress ของ Lattice-mismatched ที่เกิดขึ้นจากรอยต่อ InP/GaAs เช่นเดียวกันกับกรณีของ GaAs ที่ปลูกบน Si ซึ่งสามารถทำให้ผลกระทบลดลงได้โดยการปลูกชั้นผลึกอีพิแทกซ์ให้มีค่าหนาเพียงพอ [36] ดังแสดงการเปรียบเทียบให้เห็นในตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นพาหะ ค่าความคล่องตัว และค่าอุณหภูมิในการปลูกผลึก

4.4 อิทธิพลของค่าอัตราส่วน BEP ของ P₂/In

4.4.1 Surface Morphology

สำหรับผิวหน้าของตัวอย่างที่ได้จากการปลูกผลึกที่อุณหภูมิ 450°C และมีค่าอัตราส่วน BEP ของ P₂/In ต่างๆ นั้นได้แสดงไว้ตามรูปที่ 4.5 โดยอิทธิพลของอัตราส่วนค่าความดันไอ P₂/In ที่มีต่อผิวหน้าผลึก (Surface Morphology) แสดงในรูปที่ 4.5 กรณีของตัวอย่างที่ใช้ค่าอัตราส่วน BEP ของ P₂/In มีค่า 5 ผิวหน้าของตัวอย่างมีลักษณะหยาบ (Rough Surface) ซึ่งเกิดจากปริมาณของ P₂ ที่ใช้ในกรณีนี้มีไม่เพียงพอ (Phosphorus-deficient) สำหรับในกรณีของตัวอย่างที่ใช้ค่าอัตราส่วน BEP ของ P₂/In มีค่าเท่ากับ 10, 20 และ 30 ผิวหน้าของตัวอย่างที่ได้มีลักษณะเรียบและมีลักษณะผิวมันเงาคล้ายกระจก (Mirror-like) โดยผิวหน้าของตัวอย่างเหล่านี้มีจุดบกพร่อง (Defect) ที่มีลักษณะเป็น Hilllocks-like อันเกิดจากสิ่งเจือปนที่เป็น