

บทที่ 4

ผลและการอภิปรายผล

ผลการวิจัยและการอภิปรายผลการวิจัยหลังจากการทดลองศึกษาผิวสัมผัสระหว่าง โลหะและซิลิกอน วิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลอง โดยนำเสนอผลและการอภิปรายผลการวิจัยดังนี้

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยการศึกษาผิวสัมผัสระหว่าง Al Ni และ Zn กับ n-Si(100) และ p-Si(100) การศึกษาดังกล่าววิเคราะห์ข้อมูลด้วยกราฟลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันไฟฟ้า เพื่อทราบค่านำไปสู่วัตถุประสงค์การวิจัย นั่นคือ ระดับพลังงานเฟอร์มิของ Si(100) ที่อุณหภูมิห้อง(300 K) เท่ากับ 0.55 eV ระดับพลังงานเฟอร์มิและฟังก์ชันงานของ n-Si(100) เท่ากับ 0.93 eV และ 4.24 eV ตามลำดับ และระดับพลังงานเฟอร์มิและฟังก์ชันงานของ p-Si(100) เท่ากับ 0.96 eV และ 4.21 eV ตามลำดับ วิเคราะห์ลักษณะผิวสัมผัส และผลจากการทำผิวสัมผัส ดังนี้

1. ลักษณะผิวสัมผัสระหว่าง โลหะกับซิลิกอนชนิดเอ็น ที่อุณหภูมิ 300 K
2. ลักษณะผิวสัมผัสระหว่าง โลหะกับซิลิกอนชนิดพี ที่อุณหภูมิ 300 K
3. ความสูงกำแพงศักย์ (ϕ_B)
4. ความต้านทานผิวสัมผัส
5. กระแสไฟฟ้าอ้อมตัวย้อนกลับ และค่า n

1. ลักษณะผิวสัมผัสระหว่างโลหะกับซิลิกอนชนิดเอ็น ที่อุณหภูมิ 300 K

จากสมการ (3-6) ทราบฟังก์ชันงานของซิลิกอนชนิดเอ็น เท่ากับ 4.24 eV ดังนั้น

ลักษณะผิวสัมผัสระหว่างโลหะและซิลิกอนชนิดเอ็น ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงลักษณะผิวสัมผัสระหว่างโลหะและสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น

ผิวสัมผัส	ϕ_m (eV)	ϕ_s (eV)	$\phi_m - \phi_s$ (eV)	ลักษณะผิวสัมผัส
Al/n-Si(100)	4.28	4.24	0.04	เรกติไฟร์
Ni/n-Si(100)	5.15	4.24	0.91	เรกติไฟร์
Zn/n-Si(100)	4.33	4.24	0.09	เรกติไฟร์

2. ลักษณะผิวสัมผัสระหว่างโลหะกับซิลิกอนชนิดพี ที่อุณหภูมิ 300 K

จากสมการ (3-10) ฟังก์ชันงานของซิลิกอนชนิดพี เท่ากับ 4.21 eV ดังนั้น ลักษณะ

ผิวสัมผัสระหว่างโลหะและซิลิกอนชนิดพี ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงลักษณะผิวสัมผัสระหว่างโลหะและสารกึ่งตัวนำชนิดพี

ผิวสัมผัส	ϕ_m (eV)	ϕ_s (eV)	$\phi_m - \phi_s$ (eV)	ลักษณะผิวสัมผัส
Al/p-Si(100)	4.28	4.21	0.07	โอห์มมิก
Ni/p-Si(100)	5.15	4.21	0.94	โอห์มมิก
Zn/p-Si(100)	4.33	4.21	0.12	โอห์มมิก

3. ความสูงกำแพงศักย์ (ϕ_b)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสมการ (3-11) และ (3-12) ได้ความสูงกำแพงศักย์

ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงความสูงกำแพงศักย์ของผิวสัมผัสระหว่างโลหะและสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น และชนิดพี

ผิวสัมผัส	ϕ_{Bn} (eV)	ผิวสัมผัส	ϕ_{Bp} (eV)
Al/n-Si(100)	0.23	Al/p-Si(100)	0.89
Ni/n-Si(100)	1.10	Ni/p-Si(100)	0.02
Zn/n-Si(100)	0.28	Zn/p-Si(100)	0.84

4. ความต้านทานผิวสัมผัส (R_c)

จากสมการ(2-38) และสมการ (2-39) สำหรับผิวสัมผัสแบบโอห์มมิกได้ค่าความต้านทานผิวสัมผัส และค่าความต้านทานผิวสัมผัสจากปรากฏการณ์เทอร์มิโอนิก อิมิสชัน ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงค่าความต้านทานผิวสัมผัสระหว่างโลหะและสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นและชนิดพี จำแนกตามเวลาการแอนนีสและเปรียบเทียบค่าจากส่วนกลับอนุพันธ์ย่อยของความหนาแน่นกระแสไฟฟ้ากับความต้านทานผิวสัมผัสเนื่องจากปรากฏการณ์เทอร์มิโอนิก อิมิสชัน

ผิวสัมผัส	เวลาแอนนีส (นาทีก)	J_0 (A/m^2)	R_{c1} (Ω/m^2)	R_{c2} (Ω/m^2)
Ni/n-Si(100)	10	4.20×10^{-3}	69.44	6.16
	20	9.82×10^{-3}	42.99	2.64
	30	1.01×10^{-2}	42.02	2.55
Al/p-Si(100)	10	3.32×10^{-2}	4.56	0.78
	20	4.10×10^{-2}	2.99	0.63
	30	3.95×10^{-2}	2.97	0.66
Zn/p-Si(100)	10	3.88×10^{-3}	8.59	6.67
	20	2.09×10^{-2}	5.73	1.24
	30	2.10×10^{-2}	5.51	1.23

J_0 คือ ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าอิมิตตัวย้อนกลับ

R_{c1} คือ ความต้านทานผิวสัมผัสหาได้จากสมการ (2-38)

R_{c2} คือ ความต้านทานผิวสัมผัสหาได้จากสมการ (2-39)

5. ค่ากระแสไฟฟ้าอิมิตตัวย้อนกลับ

ลักษณะผิวสัมผัสแบบเรกติไฟร์ เมื่อ $V = 0$ สามารถหาค่ากระแสไฟฟ้าอิมิตตัวย้อนกลับโดยวิเคราะห์จากรกราฟผิวสัมผัสระหว่างโลหะกับซิลิกอน และทราบค่า n จากสมการ (2-34) ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าอิมิตัวย้อนกลับ เมื่อ $V=0$ และค่า n

ผิวสัมผัส	เวลาแอนนีสล (นาที่)	J_0 (A/m^2)	n
Al/n-Si(100)	10	1.16×10^{-3}	4.32
		4.69×10^{-2}	10.23
		2.45×10^{-1}	15.65
	20	4.62×10^{-3}	4.82
		1.04×10^{-1}	10.33
		5.61×10^{-1}	16.21
	30	2.86×10^{-3}	4.36
		1.14×10^{-1}	10.32
		6.54×10^{-1}	16.54
Zn/n-Si(100)	10	1.76×10^{-3}	6.18
		3.47×10^{-2}	13.03
	20	3.07×10^{-4}	3.44
		4.14×10^{-1}	19.40
	30	2.87×10^{-4}	3.42
		4.13×10^{-1}	19.54
Ni/p-Si(100)	10	1.47×10^{-4}	4.86
		2.15×10^{-3}	9.55
		1.10×10^{-2}	14.50
	20	2.86×10^{-4}	5.27
		4.14×10^{-3}	9.76
		1.93×10^{-2}	14.56
	30	3.22×10^{-4}	5.35
		4.28×10^{-3}	9.76
		1.93×10^{-2}	14.47

J_0 คือ ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าอิมิตัวย้อนกลับ

n คือ ค่าตัวประกอบอุดมคติ

อภิปรายผล

เพื่อระบุผิวสัมผัสระหว่างโลหะและซิลิกอน โดยเสนอการอภิปรายผลการทดลอง ดังนี้

1. ผิวสัมผัสระหว่างอลูมิเนียมกับซิลิกอน
2. ผิวสัมผัสระหว่างนิกเกิลกับซิลิกอน
3. ผิวสัมผัสระหว่างสังกะสีกับซิลิกอน

1. ผิวสัมผัสระหว่างอลูมิเนียมกับซิลิกอน

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยตารางที่ 3 ผิวสัมผัส Al/n-Si(100) เป็นผิวสัมผัสแบบเรกติไฟร์ มีความสูงกำแพงศักย์ 0.23 eV ผิวสัมผัส Al/p-Si(100) เป็นผิวสัมผัสแบบโอห์มมิก

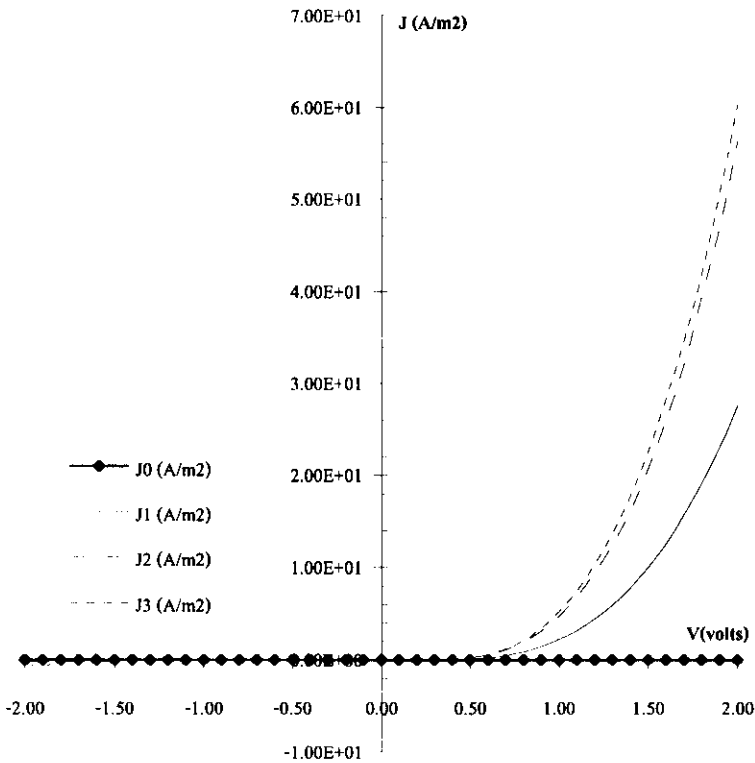
การวิจัยครั้งนี้ ผิวสัมผัส Al/n-Si(100) แอนนีสานาน 10 นาที ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าอิมิตัวย้อนกลับ มีค่าระหว่าง $1.16 \times 10^{-3} - 2.45 \times 10^{-1} \text{ A/m}^2$ ค่า n มีค่าระหว่าง 4.32-15.65 ตามลำดับ แอนนีสานาน 20 นาที ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าอิมิตัวย้อนกลับ มีค่าระหว่าง $4.62 \times 10^{-3} - 5.61 \times 10^{-1} \text{ A/m}^2$ ค่า n มีค่าระหว่าง 4.82-16.21 ตามลำดับ แอนนีสานาน 30 นาที ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าอิมิตัวย้อนกลับ มีค่าระหว่าง $2.86 \times 10^{-3} - 6.54 \times 10^{-1} \text{ A/m}^2$ ค่า n มีค่าระหว่าง 4.36-16.54 ตามลำดับ

สำหรับผิวสัมผัส Al/p-Si(100) แอนนีสานาน 10 20 และ 30 นาที ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าอิมิตัวย้อนกลับ เป็น 3.32×10^{-2} 4.10×10^{-2} และ $3.95 \times 10^{-2} \text{ A/m}^2$ ตามลำดับ และค่าความต้านทานผิวสัมผัสเมื่อวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสมการ (2-38) เป็น 4.56 2.99 และ $2.97 \text{ } \Omega/\text{m}^2$ ตามลำดับ วิเคราะห์ ข้อมูลด้วยสมการ (2-39) เป็น 0.78 0.63 และ $0.66 \text{ } \Omega/\text{m}^2$ ตามลำดับ

การวิจัยผิวสัมผัส Al/n-Si(100) และ Al/p-Si(100) ภายใต้อิทธิพลของความดันดังกล่าว ลักษณะผิวสัมผัสไม่เป็นผิวสัมผัสอุดมคติ ความสัมพันธ์ลักษณะกระแส-แรงดันไฟฟ้าการไบแอสผิวสัมผัส Al/n-Si(100) กล่าวคือ ขณะไบแอสตรงกระแสไฟฟ้าจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น หลังจากแรงดันไฟฟ้า 0.50 V กระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่ขณะที่ไบแอสกลับกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ เมื่อพิจารณากราฟเซมิล็อกการิทึมไม่เป็นเส้นตรง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความซับซ้อนกลไกของการเกิดกระแสไฟฟ้าที่ผิวสัมผัส อาจจะประมาณการได้ว่า เส้นโค้งนี้เกิดเส้นตรงหลายเส้นในช่วงของการไบแอสที่แตกต่างกัน นอกจากนี้การแอนนีสานานเป็นเวลานาน ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าอิมิตัวย้อนกลับมีค่ามากกว่าการแอนนีสานานใช้เวลาน้อย และค่า n มีค่าเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากมีการรวมกันของพาหะนำประจุอิสระที่สถานะพลังงานของผิวสัมผัส (interface state) สำหรับผิวสัมผัส Al/p-Si(100) ไม่มีปรากฏการณ์เทอร์มิโอนิก อิมิสชัน เกิดขึ้น เพราะค่าความต้านทานผิวสัมผัสจาก

สมการ (2-38) มากกว่าค่าที่ได้จากสมการ (2-39) และความสัมพันธ์ลักษณะกระแสไฟฟ้า-แรงดันไฟฟ้า เมื่อไบแอสตรงและไบแอสกลับทางมีลักษณะกราฟไม่เป็นเส้นตรง

ภาพที่ 25 เปรียบเทียบกราฟลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันไฟฟ้าผิวสัมผัส Al/n-Si(100) ที่ไม่แอนนัลกับแอนนัลนาน 10 20 และ 30 นาที



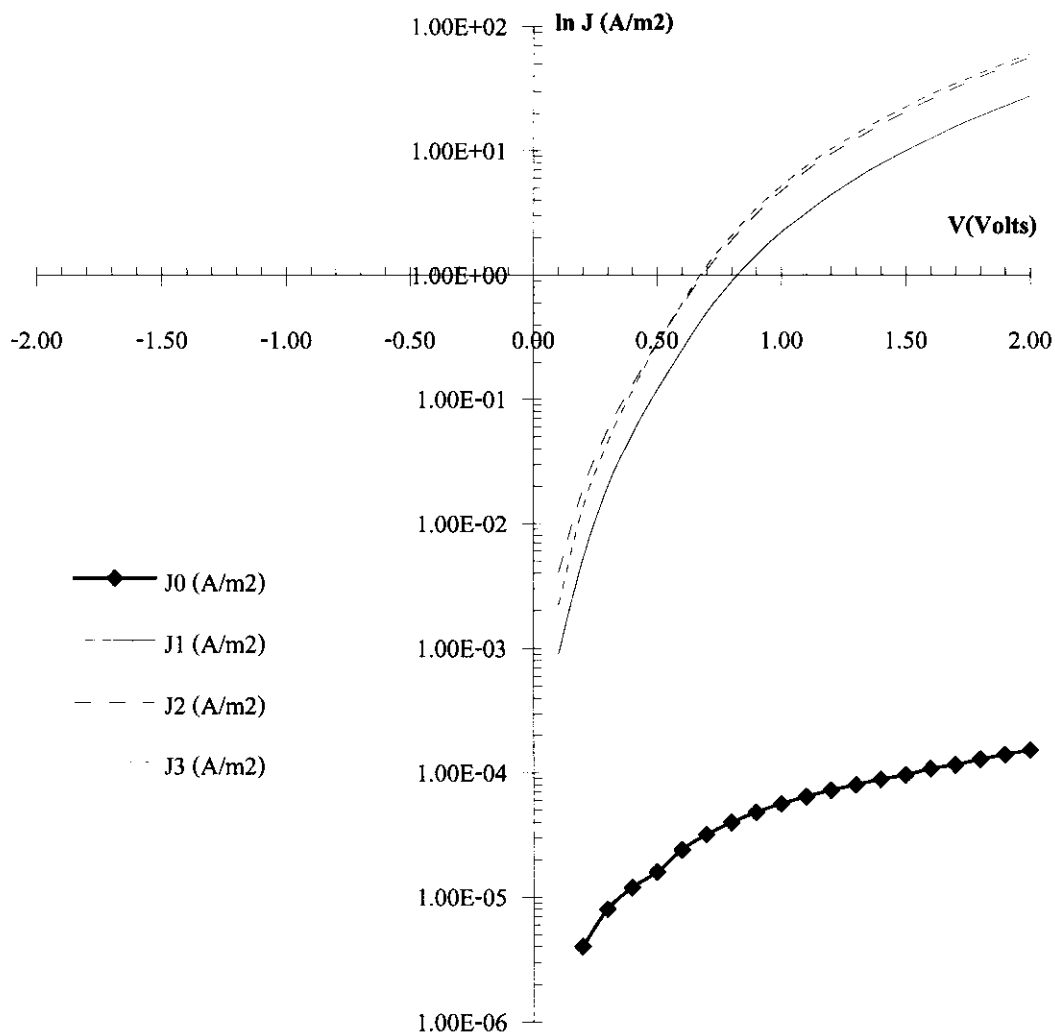
J0 ผิวสัมผัส Al/n-Si(100) ไม่แอนนัล

J1 ผิวสัมผัส Al/n-Si(100) แอนนัลนาน 10 นาที

J2 ผิวสัมผัส Al/n-Si(100) แอนนัลนาน 20 นาที

J3 ผิวสัมผัส Al/n-Si(100) แอนนัลนาน 30 นาที

ภาพที่ 26 เปรียบเทียบกราฟเซมิล็อกการิทึมลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันไฟฟ้าผิวสัมผัส Al/n-Si(100) ที่ไม่แอนนีกกับแอนนีกนาน 10 20 และ 30 นาที



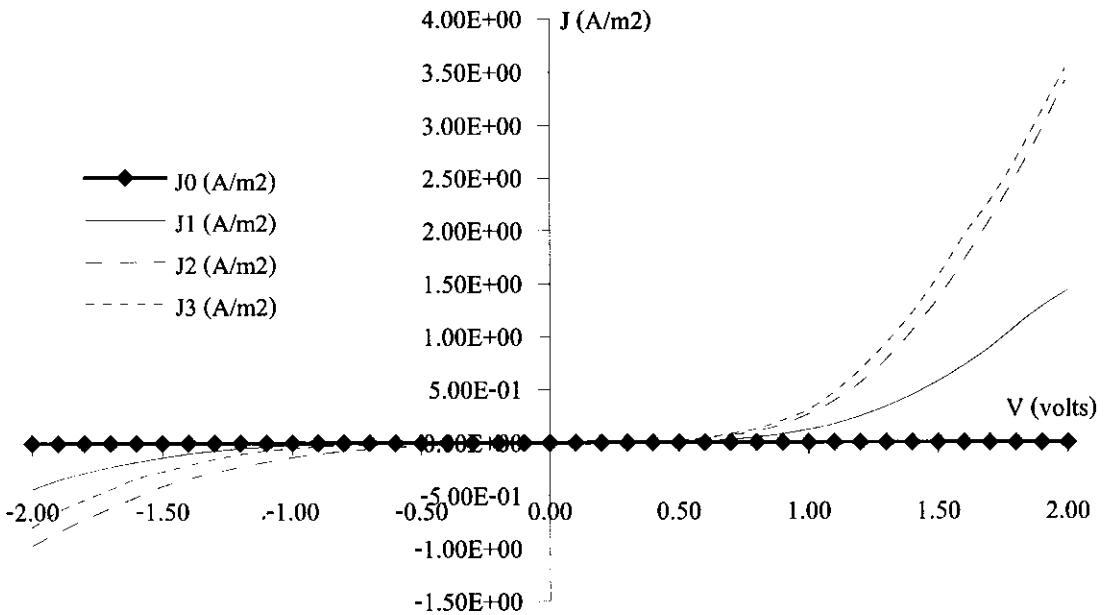
J0 ผิวสัมผัส Al/n-Si(100) ไม่แอนนีก

J1 ผิวสัมผัส Al/n-Si(100) แอนนีกนาน 10 นาที

J2 ผิวสัมผัส Al/n-Si(100) แอนนีกนาน 20 นาที

J3 ผิวสัมผัส Al/n-Si(100) แอนนีกนาน 30 นาที

ภาพที่ 27 เปรียบเทียบกราฟลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันไฟฟ้าผิวสัมผัส Al/p-Si(100) ที่ไม่แอนนีกกับแอนนีกนาน 10 20 และ 30 นาที



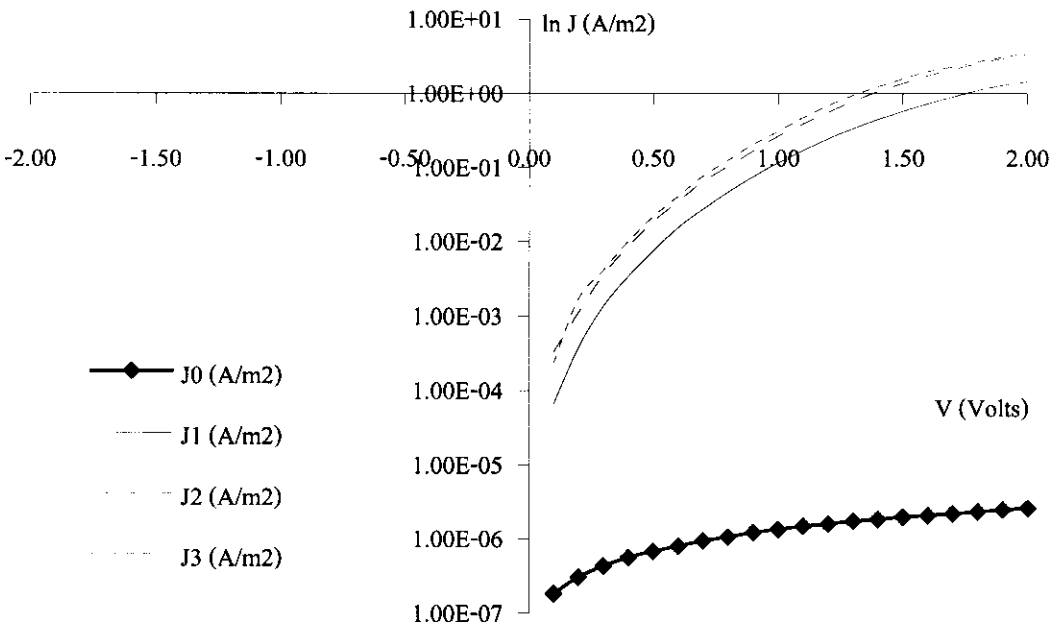
J0 ผิวสัมผัส Al/p-Si(100) ไม่แอนนีก

J1 ผิวสัมผัส Al/p-Si(100) แอนนีกนาน 10 นาที

J2 ผิวสัมผัส Al/p-Si(100) แอนนีกนาน 20 นาที

J3 ผิวสัมผัส Al/p-Si(100) แอนนีกนาน 30 นาที

ภาพที่ 28 เปรียบเทียบกราฟเซมิล็อกการิทึมลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันไฟฟ้าผิวสัมผัส Al/p-Si(100) ที่ไม่แอนนีสลกับแอนนีสลนาน 10 20 และ 30 นาที



J0 ผิวสัมผัส Al/p-Si(100) ไม่แอนนีสล

J1 ผิวสัมผัส Al/p-Si(100) แอนนีสลนาน 10 นาที

J2 ผิวสัมผัส Al/p-Si(100) แอนนีสลนาน 20 นาที

J3 ผิวสัมผัส Al/p-Si(100) แอนนีสลนาน 30 นาที

2. ผิวสัมผัสระหว่างนิกเกิลกับซิลิกอน

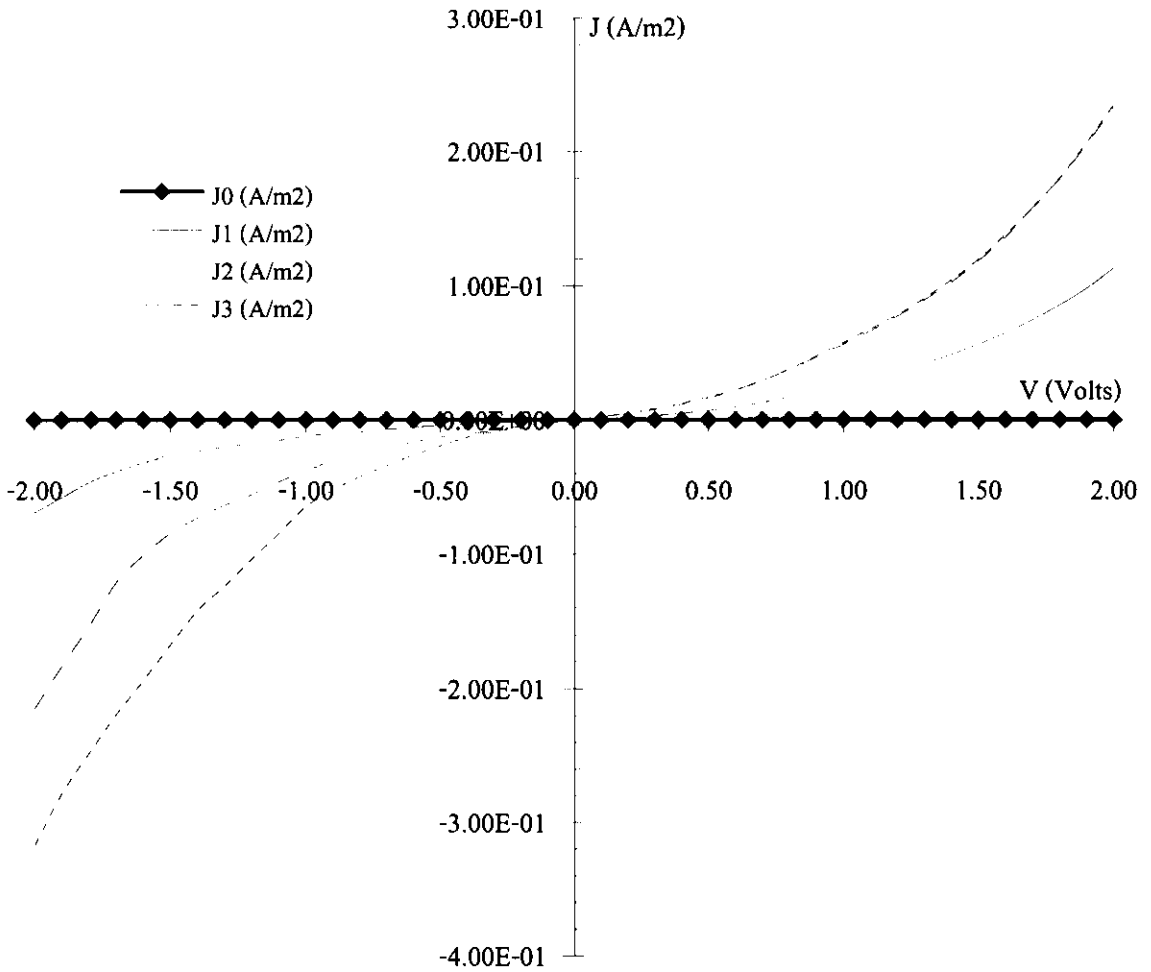
การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยตารางที่ 3 ผิวสัมผัส Ni/n-Si(100) เป็นผิวสัมผัสแบบโอห์มมิก ผิวสัมผัส Ni/p-Si(100) เป็นผิวสัมผัสแบบเรกติไฟร์ มีความสูงกำแพงศักย์ 0.02 eV

การวิจัยนี้ ผิวสัมผัส Ni/n-Si(100) แอนนีลนาน 10 20 และ 20 นาที มีค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าอิมิตัวย้อนกลับ เป็น 4.20×10^{-3} 9.82×10^{-3} และ 1.01×10^{-1} A/m² ตามลำดับ ค่าความต้านทานผิวสัมผัสเมื่อวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสมการ (2-38) เป็น 69.44 42.99 และ 42.02 Ω/m^2 ตามลำดับ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสมการ (2-39) เป็น 6.16 2.64 และ 2.55 Ω/m^2 ตามลำดับ

ผิวสัมผัส Ni/p-Si(100) แอนนีลนาน 10 นาที มีค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าอิมิตัวย้อนกลับระหว่าง 1.47×10^{-4} - 1.10×10^{-2} A/m² ค่า n มีค่าระหว่าง 4.86 – 14.50 ตามลำดับ แอนนีลนาน 20 นาที ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าอิมิตัวย้อนกลับ ระหว่าง 2.86×10^{-4} – 1.93×10^{-2} A/m² ค่า n มีค่าระหว่าง 5.27-14.56 แอนนีลนาน 30 นาที ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าอิมิตัวย้อนกลับ มีค่าระหว่าง 3.22×10^{-4} - 1.93×10^{-2} A/m² ค่า n มีค่าระหว่าง 5.35-14.47 ตามลำดับ

การวิจัยผิวสัมผัส Ni/n-Si(100) และ Ni/p-Si(100) ภายได้เงื่อนไขความดันดังกล่าว ลักษณะผิวสัมผัสไม่เป็นผิวสัมผัสแบบอุดมคติ ผิวสัมผัส Ni/n-Si(100) ไม่มีปรากฏการณ์เทอร์มิโอนิก อิมิตชัน เกิดขึ้น เพราะค่าความต้านทานผิวสัมผัสจากสมการ (2-38) มากกว่าค่าที่ได้จากสมการ (2-39) และความสัมพันธ์ลักษณะกระแส-แรงดันไฟฟ้า เมื่อไบแอสตรงและไบแอสกลับมีลักษณะกราฟไม่เป็นเส้นตรง สำหรับผิวสัมผัส Ni/p-Si(100) ความสัมพันธ์ลักษณะกระแส-แรงดันไฟฟ้าการไบแอสตรงกระแสไฟฟ้าจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น หลังจากแรงดัน 0.70 V กระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่ขณะไบแอสกลับกระแสไฟฟ้าเพิ่มอย่างช้า ๆ เกิดเบรคควาน์ที่แรงดันไฟฟ้า -1.10 V เมื่อพิจารณากราฟเซมิล็อกการิทึมไม่เป็นเส้นตรง ซึ่งแสดงให้เห็นความซับซ้อนกลไกของการเกิดกระแสไฟฟ้าที่ผิวสัมผัส อาจประมาณการได้ว่า เส้นโค้งนี้เกิดเส้นตรงหลายเส้นในช่วงของการไบแอสที่แตกต่างกัน นอกจากนี้การแอนนีลเป็นเวลานาน ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าอิมิตัวย้อนกลับมีค่ามากกว่าการแอนนีลใช้เวลาน้อย และค่า n มีค่าเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากการรวมกันของพาหะประจุอิสระที่สถานะพลังงานของผิวสัมผัส

ภาพที่ 29 เปรียบเทียบกราฟลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันไฟฟ้าผิวสัมผัส Ni/n-Si(100) ที่ไม่แอนนัลกับแอนนัลนาน 10 20 และ 30 นาที



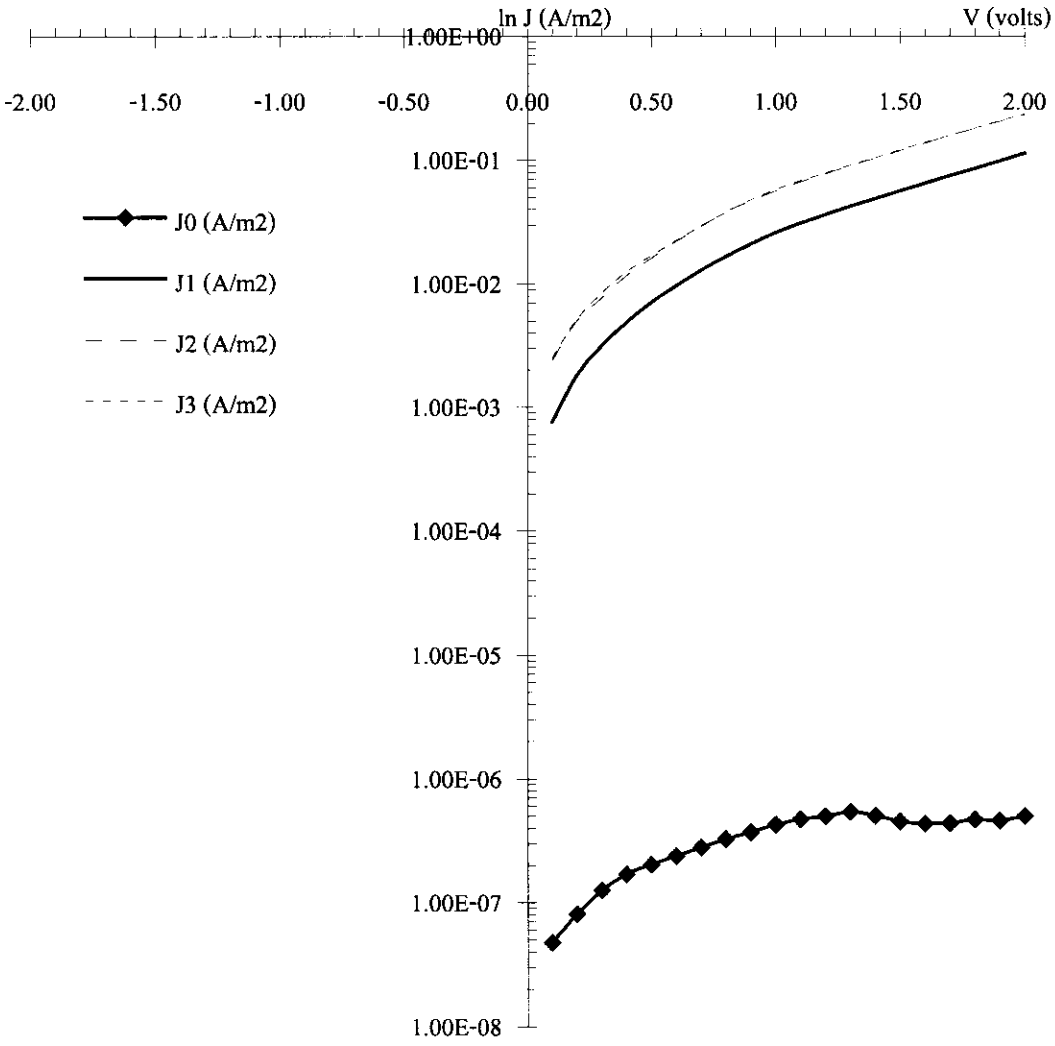
J0 ผิวสัมผัส Ni/n-Si(100) ไม่แอนนัล

J1 ผิวสัมผัส Ni/n-Si(100) แอนนัลนาน 10 นาที

J2 ผิวสัมผัส Ni/n-Si(100) แอนนัลนาน 20 นาที

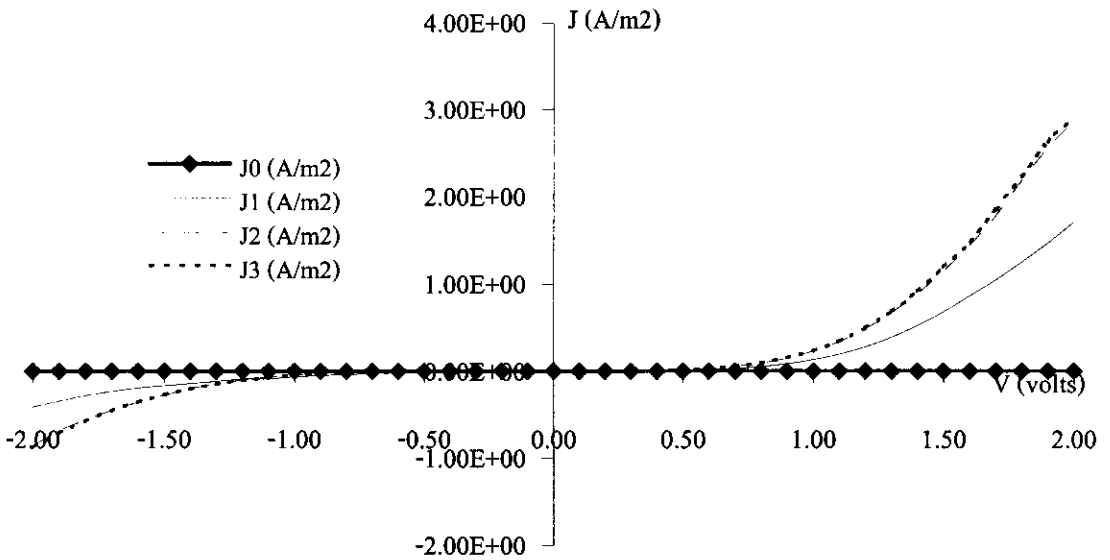
J3 ผิวสัมผัส Ni/n-Si(100) แอนนัลนาน 30 นาที

ภาพที่ 30 เปรียบเทียบกราฟเซมิล็อกการิทึมลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันไฟฟ้าผิวสัมผัส Ni/n-Si(100) ที่ไม่แอนนีกกับแอนนีกนาน 10 20 และ 30 นาที



- J0 ผิวสัมผัส Ni/n-Si(100) ไม่แอนนีก
- J1 ผิวสัมผัส Ni/n-Si(100) แอนนีกนาน 10 นาที
- J2 ผิวสัมผัส Ni/n-Si(100) แอนนีกนาน 20 นาที
- J3 ผิวสัมผัส Ni/n-Si(100) แอนนีกนาน 30 นาที

ภาพที่ 31 เปรียบเทียบกราฟลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันไฟฟ้าผิวสัมผัส Ni/p-Si(100) ที่ไม่แอนนีสกับแอนนีสนาน 10 20 และ 30 นาที



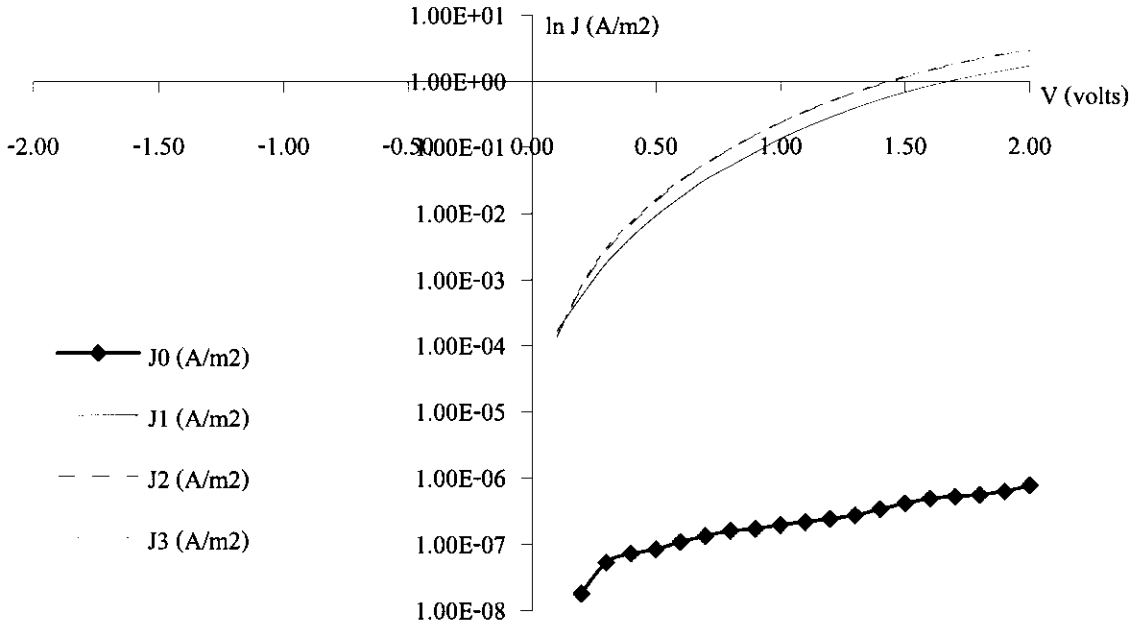
J0 ผิวสัมผัส Ni/p-Si(100) ไม่แอนนีส

J1 ผิวสัมผัส Ni/p-Si(100) แอนนีสนาน 10 นาที

J2 ผิวสัมผัส Ni/p-Si(100) แอนนีสนาน 20 นาที

J3 ผิวสัมผัส Ni/p-Si(100) แอนนีสนาน 30 นาที

ภาพที่ 32 เปรียบเทียบกราฟเซมิล็อกการิทึมลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันไฟฟ้าผิวสัมผัส Ni/p-Si(100) ที่ไม่แอนนีสกับแอนนีสนาน 10 20 และ 30 นาที



J0 ผิวสัมผัส Ni/p-Si(100) ไม่แอนนีส

J1 ผิวสัมผัส Ni/p-Si(100) แอนนีสนาน 10 นาที

J2 ผิวสัมผัส Ni/p-Si(100) แอนนีสนาน 20 นาที

J3 ผิวสัมผัส Ni/p-Si(100) แอนนีสนาน 30 นาที

3. ศิวสัมพัทธ์ระหว่างโลหะสังกะสีกับซิลิกอน

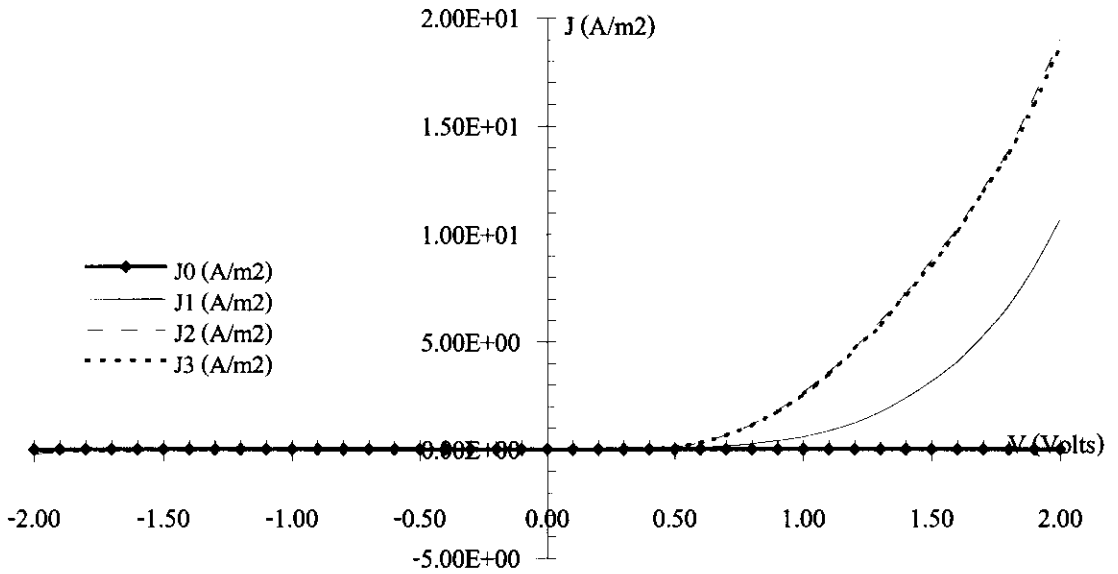
การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยตารางที่ 3 ศิวสัมพัทธ์ Zn/n-Si(100) เป็นลักษณะศิวสัมพัทธ์แบบเรกติไฟร์ มีความสูงกำแพงศักย์ 0.28 eV ศิวสัมพัทธ์ Zn/p-Si(100) เป็นศิวสัมพัทธ์แบบโอห์มมิก

การวิจัยครั้งนี้ ศิวสัมพัทธ์ Zn/n-Si(100) แอนนีลนาน 10 นาที ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าอ้อมตัวย้อนกลับ มีค่าระหว่าง 1.76×10^{-3} - 3.47×10^{-2} A/m² ค่า n มีค่าระหว่าง 6.18-13.03 ตามลำดับ แอนนีลนาน 20 นาที ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าอ้อมตัวย้อนกลับ มีค่าระหว่าง 3.07×10^{-4} - 4.14×10^{-1} A/m² ค่า n มีค่าระหว่าง 3.44 – 19.40 ตามลำดับ แอนนีลนาน 30 นาที ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าอ้อมตัวย้อนกลับ มีค่าระหว่าง 2.87×10^{-4} - 4.13×10^{-1} A/m² ค่า n มีค่าระหว่าง 3.42-19.54 ตามลำดับ

สำหรับศิวสัมพัทธ์ Zn/p-Si(100) แอนนีลนาน 10 20 และ 30 นาที มีค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าอ้อมตัวย้อนกลับ เป็น 3.88×10^{-3} 2.09×10^{-2} และ 2.10×10^{-2} A/m² ตามลำดับ ค่าความต้านทานศิวศิวสัมพัทธ์เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสมการ (2-38) เป็น 8.59 5.73 และ 5.51 Ω/m² ตามลำดับ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสมการ (2-39) เป็น 6.67 1.24 และ 1.23 Ω/m² ตามลำดับ

การวิจัยศิวสัมพัทธ์ Zn/n-Si(100) และ Zn/p-Si(100) ภายใต้เงื่อนไขความดันดังกล่าว ลักษณะศิวสัมพัทธ์ไม่เป็นศิวสัมพัทธ์แบบอุมคคติ ความสัมพันธ์ลักษณะกระแส-แรงดันไฟฟ้าการไบแอสศิวสัมพัทธ์แบบเรกติไฟร์ กล่าวคือ ขณะไบแอสตรงกระแสไฟฟ้าจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น หลังจากแรงดันไฟฟ้า 0.50 V กระแสไฟฟ้าเพิ่มอย่างชัดเจน แต่ขณะไบแอสกลับทางกระแสไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ เมื่อพิจารณากราฟเซมิลอคการิทึมไม่เป็นเส้นตรง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความซับซ้อนกลไกของการเกิดกระแสไฟฟ้าที่ศิวสัมพัทธ์ อาจจะประมาณการได้ว่า เส้นโค้งนี้เกิดเส้นตรงหลายเส้นในช่วงของการไบแอสที่แตกต่างกัน นอกจากนี้การแอนนีลเป็นเวลานาน ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าอ้อมตัวย้อนกลับมีค่ามากกว่าการแอนนีลใช้เวลาน้อย และค่า n มีค่าเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากมีการรวมกันของพาหะนำประจุอิสระที่สถานะพลังงานของศิวสัมพัทธ์ สำหรับศิวสัมพัทธ์ Zn/p-Si(100) ไม่มีปรากฏการณ์เทอร์มิโอนิก อิมิตชัน เกิดขึ้น เพราะค่าความต้านทานศิวสัมพัทธ์จากสมการ (2-38) มากกว่าค่าที่ได้จากสมการ (2-39) และความสัมพันธ์ลักษณะกระแสไฟฟ้า-แรงดันไฟฟ้า เมื่อไบแอสตรงและไบแอสกลับทางมีลักษณะกราฟไม่เป็นเส้นตรง

ภาพที่ 33 เปรียบเทียบกราฟลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันไฟฟ้าผิวสัมผัส Zn/n-Si(100) ที่ไม่ แอนนีกัลกับแอนนีกัลนาน 10 20 และ 30 นาที



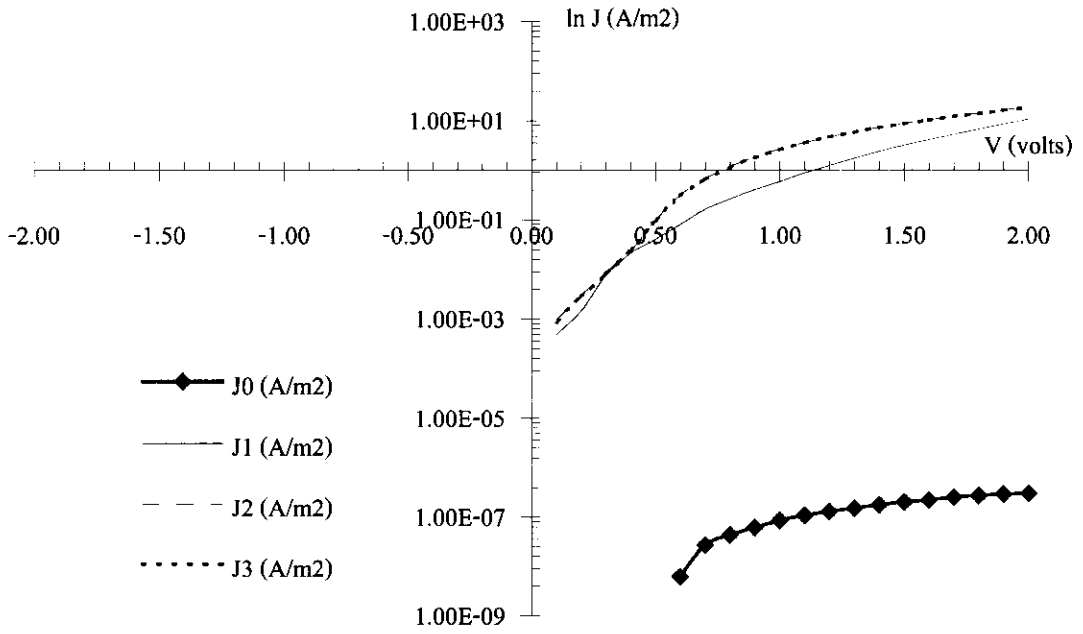
J_0 ผิวสัมผัส Zn/n-Si(100) ไม่แอนนีกัล

J_1 ผิวสัมผัส Zn/n-Si(100) แอนนีกัลนาน 10 นาที

J_2 ผิวสัมผัส Zn/n-Si(100) แอนนีกัลนาน 20 นาที

J_3 ผิวสัมผัส Zn/n-Si(100) แอนนีกัลนาน 30 นาที

ภาพที่ 34 เปรียบเทียบกราฟเซมิล็อกการิทึมลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันไฟฟ้าผิวสัมผัส Zn/n-Si(100) ที่ไม่แอนนีกัลกับแอนนีกัลนาน 10 20 และ 30 นาที



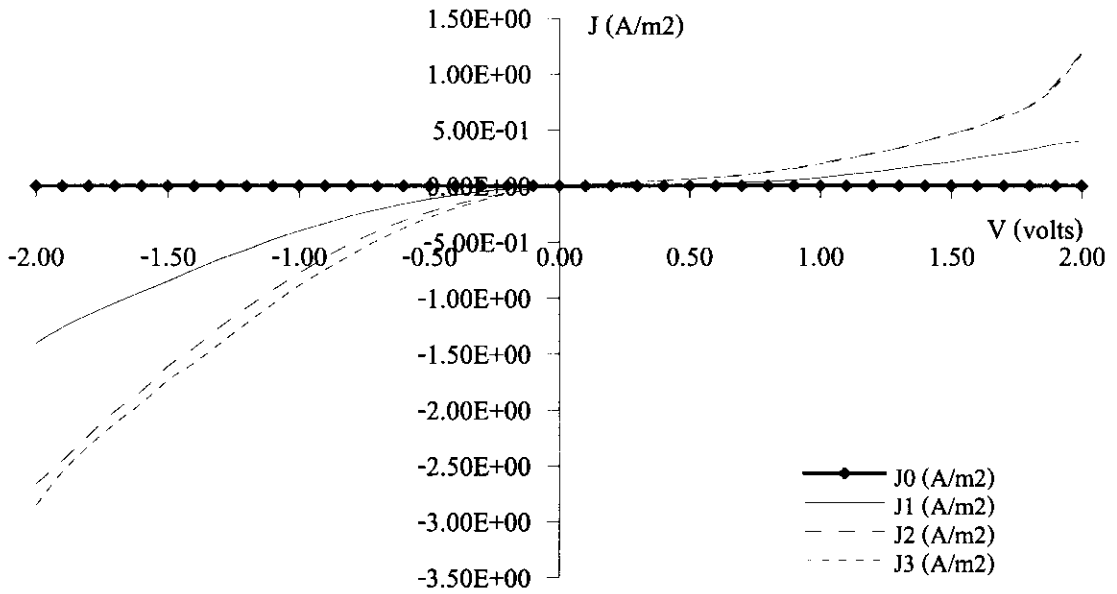
J0 ผิวสัมผัส Zn/n-Si(100) ไม่แอนนีกัล

J1 ผิวสัมผัส Zn/n-Si(100) แอนนีกัลนาน 10 นาที

J2 ผิวสัมผัส Zn/n-Si(100) แอนนีกัลนาน 20 นาที

J3 ผิวสัมผัส Zn/n-Si(100) แอนนีกัลนาน 30 นาที

ภาพที่ 35 เปรียบเทียบกราฟลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันไฟฟ้าผิวสัมผัส Zn/p-Si(100) ที่ไม่
แอนนีกกับแอนนีกนาน 10 20 และ 30 นาที



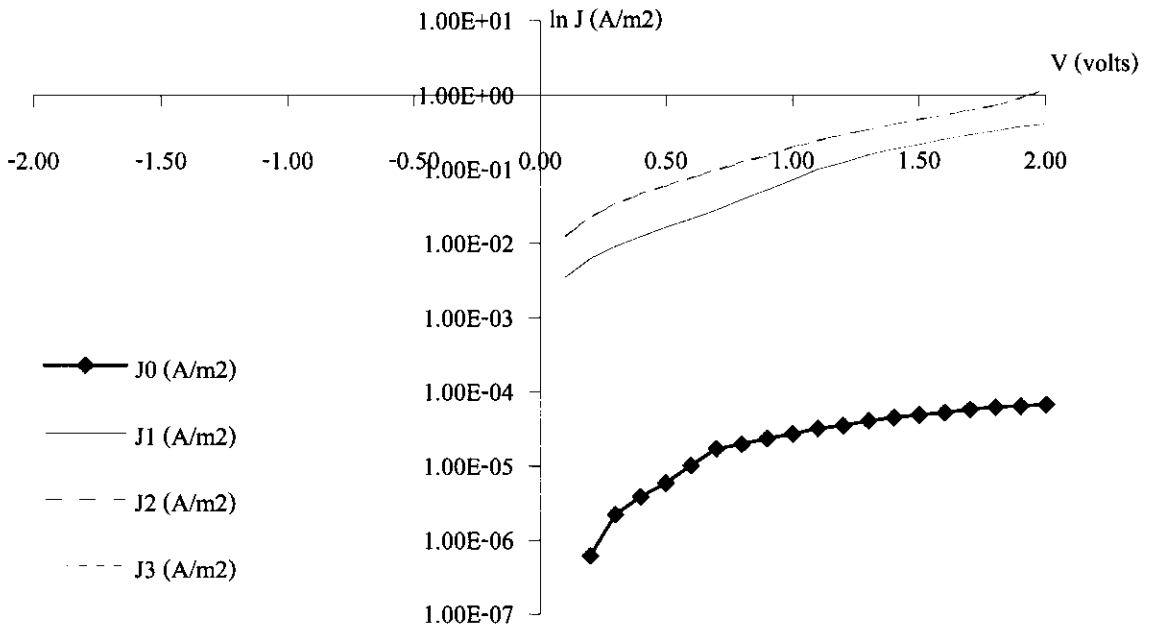
J0 ผิวสัมผัส Zn/p-Si(100) ไม่แอนนีก

J1 ผิวสัมผัส Zn/p-Si(100) แอนนีกนาน 10 นาที

J2 ผิวสัมผัส Zn/p-Si(100) แอนนีกนาน 20 นาที

J3 ผิวสัมผัส Zn/p-Si(100) แอนนีกนาน 30 นาที

ภาพที่ 36 เปรียบเทียบกราฟเซมิลอคการิทึมลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันไฟฟ้าผิวสัมผัส Zn/p-Si(100) ที่ไม่แอนนีกัลกับแอนนีกัลนาน 10 20 และ 30 นาที



J0 ผิวสัมผัส Zn/p-Si(100) ไม่แอนนีกัล

J1 ผิวสัมผัส Zn/p-Si(100) แอนนีกัลนาน 10 นาที

J2 ผิวสัมผัส Zn/p-Si(100) แอนนีกัลนาน 20 นาที

J3 ผิวสัมผัส Zn/p-Si(100) แอนนีกัลนาน 30 นาที

จากการวิจัยดังกล่าว ผิวสัมผัสแบบเรกติไฟร์กราฟเซมิลอคการิทึมของลักษณะกระแส-แรงดันไฟฟ้าไม่เป็นเส้นตรง ทำให้ได้ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าอิมิต์ยอนกลับมีค่าเปลี่ยนแปลงจากค่าน้อยไปยังค่ามากตามขนาดแรงดันไฟฟ้าที่ได้รับ สำหรับผิวสัมผัสโอห์มมิก กราฟเซมิลอคการิทึมของลักษณะกระแส-แรงดันไฟฟ้าไม่เป็นเส้นตรง