การศึกษาความต้านของโพลีซิลิกอน และอะมอร์ฟัสซิลิกอนหลังการยิงฝังประจุ

Study of poly-Si and a-Si Film Resistance after Implantation

โดย

การุณ แซ่จอก มนตรี แสนลมูล ชาญเดช หรูอนันต์ เอกลักษณ์ เชาว์วิชารัตน์ อัมพร โพธิ์ใย อิทธิ ฤทธาภรณ์

ศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

51/4 หมู่1 วังตะเคียน อ.เมือง ฉะเชิงเทรา 24000 โทร. 038-857-100 ถึง 9

email: karoon.saejok@nectec.or.th

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อหาชนิดฟิล์ม (Poly -Si และ a-Si) และเงื่อนไขที่ทำให้ได้ความต้านทานต่ำ เพื่อลดภาระในการยิงฝังประจุ ในการสร้าง Poly resistor

เนื้อหา.....

1. บทนำ
2. วิธีการทดลอง
3. ผลการทดลอง
4. การประยุกต์ใช้ในการใช้งาน
5. สรุปผลการทดลอง
6. กิตติกรรมประกาศ

บทนำ.....

1. คุณสมบัติของ Poly Si , a-Si และ Poly resistor
2. หลักการทำงานของการยิงฝังประจุ
3. ความสำคัญของกระแสไอออนที่มีผลต่อการสร้าง Poly Resistor

1. คุณสมบัติของ Poly Si , a-Si และ Poly resistance

1.Poly Si คือ โครงสร้างของซิลิกอนที่มีผลึกหลายรูปอยู่ด้วยกัน

โดยทั่วไปใช้เครื่อง LPCVD สร้างโดยอุณหภูมิ มากกว่า 600 °C

2. a-Si คือโครงสร้างซิลิกอนที่มีรูปแบบเป็นอสัญฐาน

โดยทั่วไปใช้เครื่อง LPCVD สร้างโดยอุณหภูมิ 500-600 °C

3. Poly Resistor คือ ตัวต้านทานที่สร้างจาก การนำ ฟิล์ม a-Si หรือ Poly Si ไปทำการเจือสารที่ปริมาณสูงเช่น 2 E+16 Ion/Cm^2 แล้วนำไปทำการ Anneal เพื่อให้เกิดการ Recrytallization และ Activation

2. หลักการของ การยิงฝังประจุ

1. กำเนิด กระแสไอออนที่บริเวณ Arc chamber

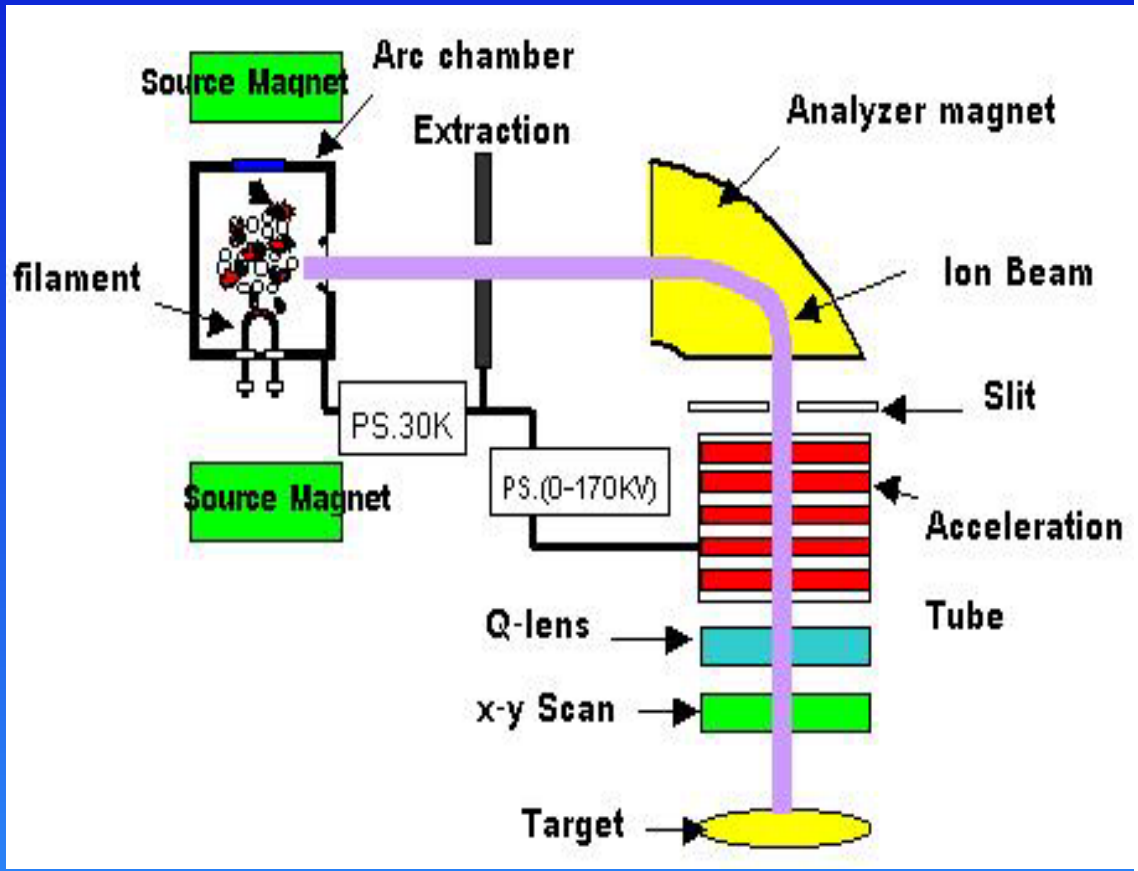
2. กระแสไอออนถูกดึงออกมาด้วยค่าความต่างศักย์ 30kV

3. ชนิดของกระแสไอออนที่ไม่ต้องการถูกกรองออกด้วย Analyzer Magnet และ Slit

4. ทำให้กระแสไอออนมีพลังงานเพิ่มขึ้น0-170keV ด้วย Acceleration Tube

5. ควบคุมขนาดกระแสไอออนให้มีขนาดเล็กลงด้วยQ-len

6. ความคุมการกวาดกระแสไอออนไป



3. ความสำคัญของกระแสไอออนที่มีผลต่อการสร้าง Poly Resistor

$$D = IT/NQA$$

D = ปริมาณสารเจือ หน่วย Ion / Cm^2

T = เวลาในการยิง หน่วย Sec.

I = กระแสไอออน หน่วยเป็น Ampere

N = จำนวนประจุต่อไอออน 1ตัว เช่น $_{11}B^{+}$ เท่ากับ 1

Q = 1.6 E-19 Culumb

A = เป็นพื้นที่หน่วยเป็น Cm^2

ดังนั้นจะเห็นว่าเมื่อปริมาณ กระแสไอออนเพิ่มขึ้น ปริมาณสารเจือก็เพิ่มขึ้น ในเวลาการยิงเท่ากัน

วิธีการทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็น 4 เงื่อนไข

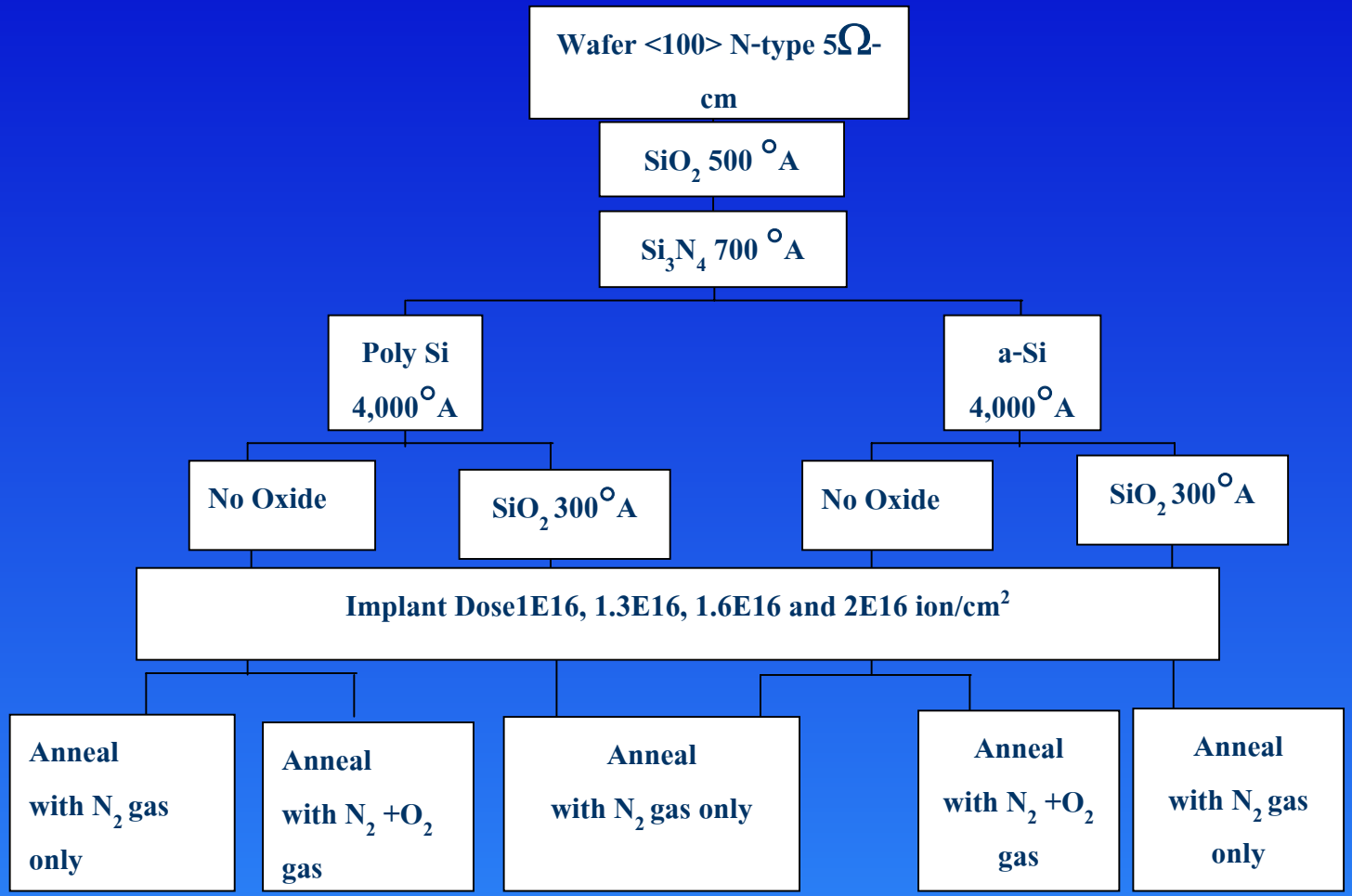
1. ทำการแยกฟิล์มเป็น 2 ชนิดคือ Poly-Si และ a-Si

2. ทำการเจือสารที่เงื่อนไข 1E+16, 1.3E+16, 1.6E+16 และ 2.0E+16 Ion/Cm^2

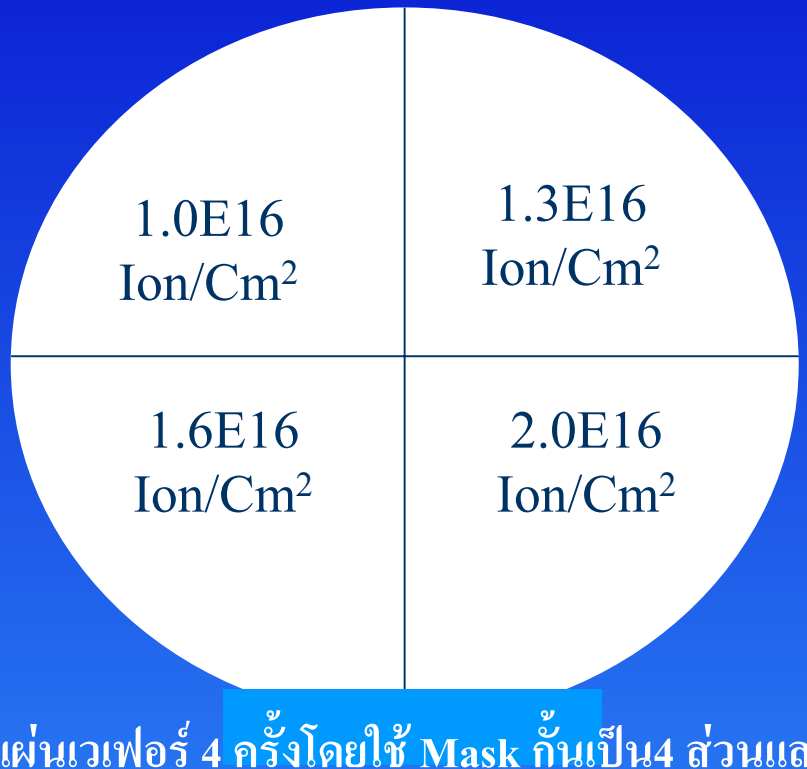
3. ทำการแยกมี Screen Oxide และ ไม่มี Screen Oxide

4. เงื่อนไขการ Anneal แยก Flow gas เป็น 2 แบบ คือ N_2 อย่างเดียว กับ N_2 กับ O_2

วิธีการทดลอง

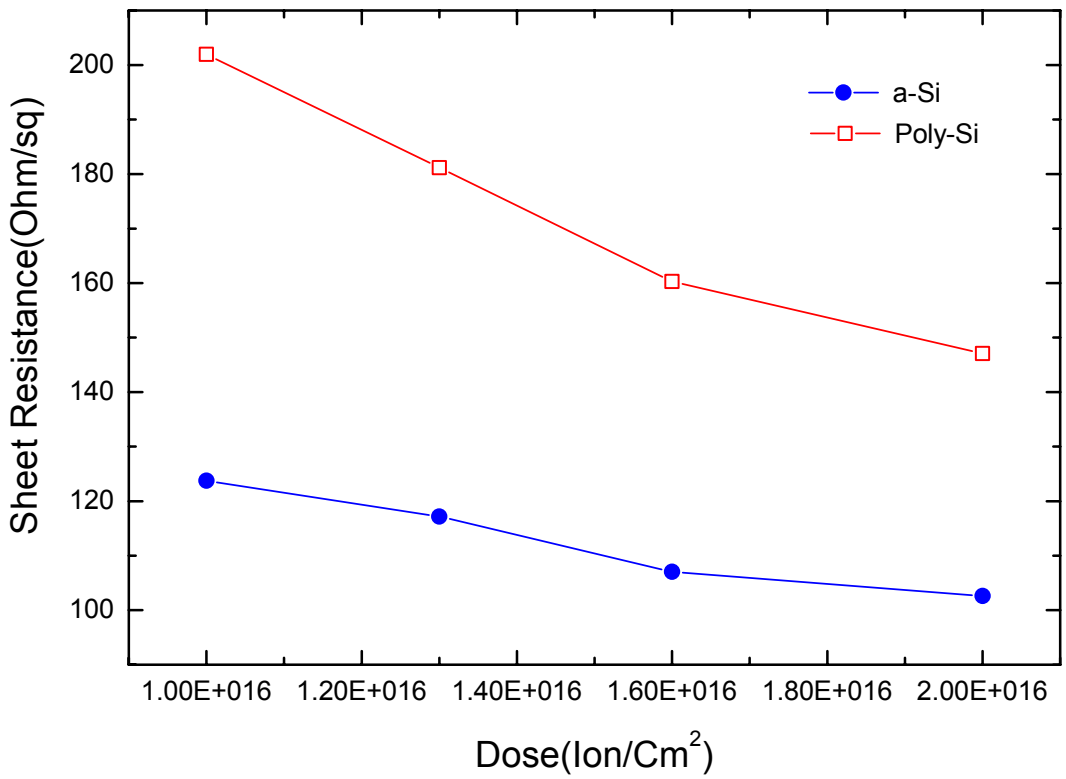

Wafer <100> N-type 5Ω-cm
SiO_2 500 °A
Si_3N_4 700 °A
Poly Si 4,000°A
a-Si 4,000°A
No Oxide
SiO_2 300°A
No Oxide
SiO_2 300°A
Implant Dose1E16, 1.3E16, 1.6E16 and 2E16 ion/cm^2
Anneal with N_2 gas only
Anneal with N_2 +O_2 gas
Anneal with N_2 gas only
Anneal with N_2 +O_2 gas
Anneal with N_2 gas only

วิธีการทดลอง



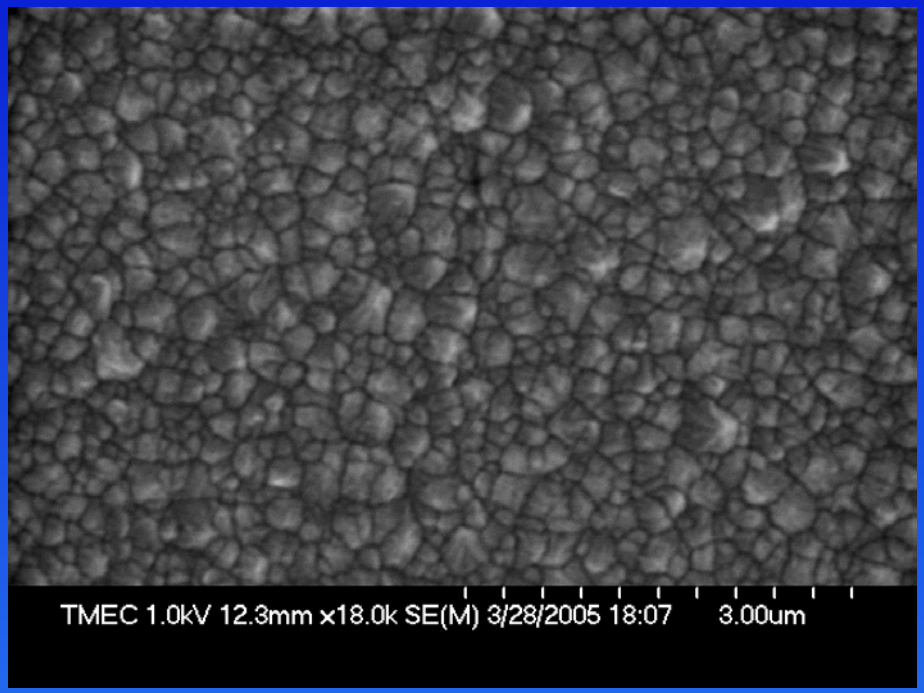
ทำการยิงเจือสารบนแผ่นเวเฟอร์ 4 ครั้งโดยใช้ Mask กั้นเป็น4 ส่วนและทำการเจือสารที่ Dose 1.0E16, 1.3E16, 1.6E16 และ 2.0E16 Ion/Cm^2

ผลการทดลอง1

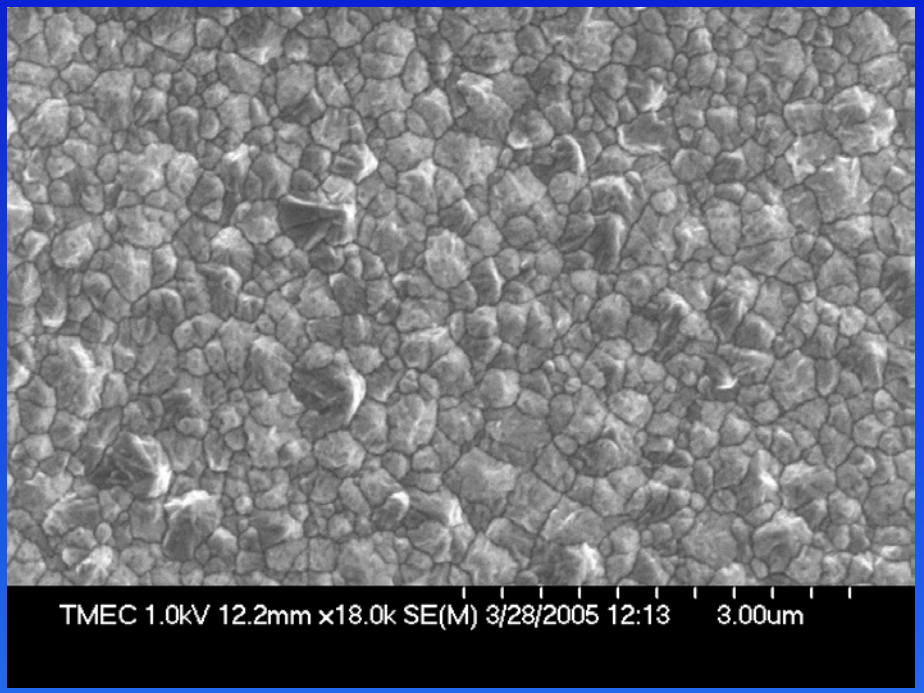


ผลการวัดค่า Sheet Resistance (ohm/ sq) ที่ Anneal ที่อุณหภูมิ 800 ° Cเป็นเวลา 15 hrs ภายใต้บรรยากาศ N_2 อย่างเดียว แล้ววัดความต้านทานด้วยเครื่อง 4 point Probe

วิเคราะห์ผลการทดลอง1



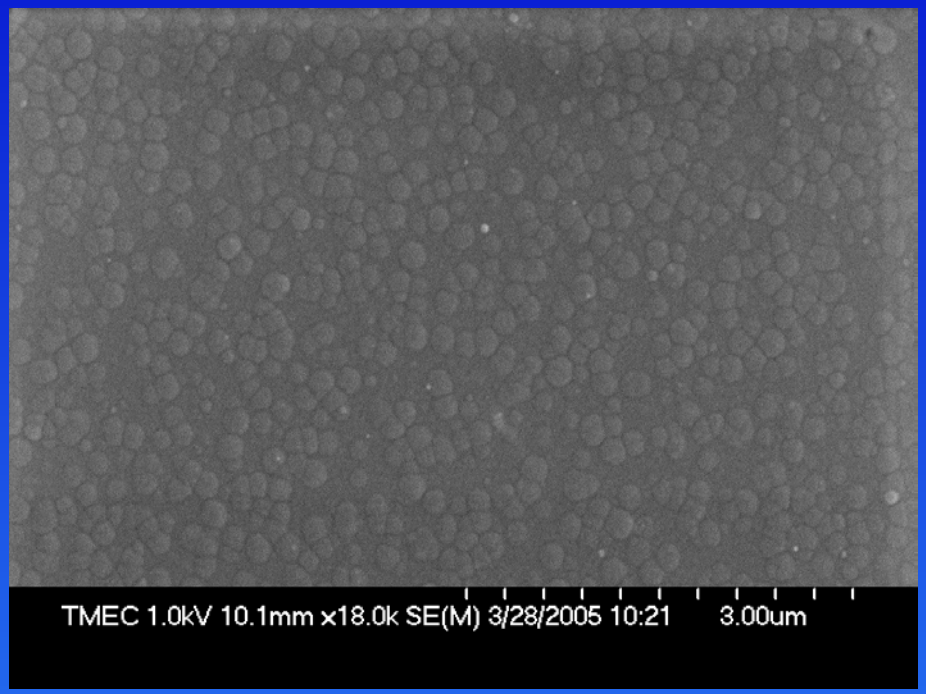
Poly-Si before implant &anneal



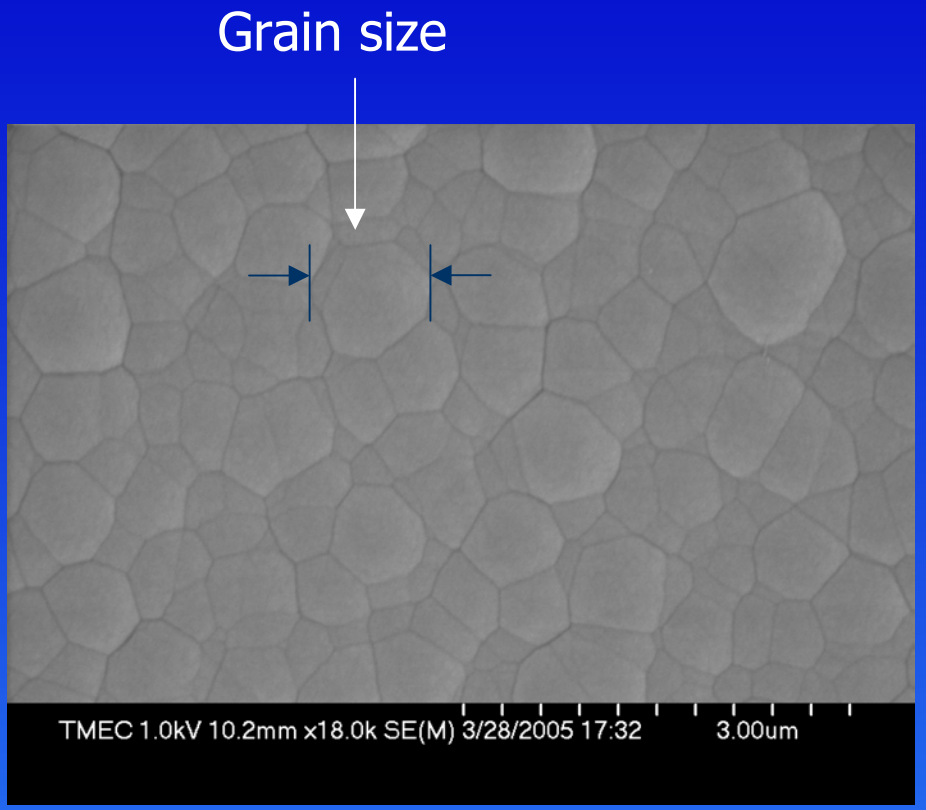
Poly-Si After implant &anneal

ขนาด Gain size ของ Poly-Si หลังการ implant และ anneal เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

วิเคราะห์ผลการทดลอง1



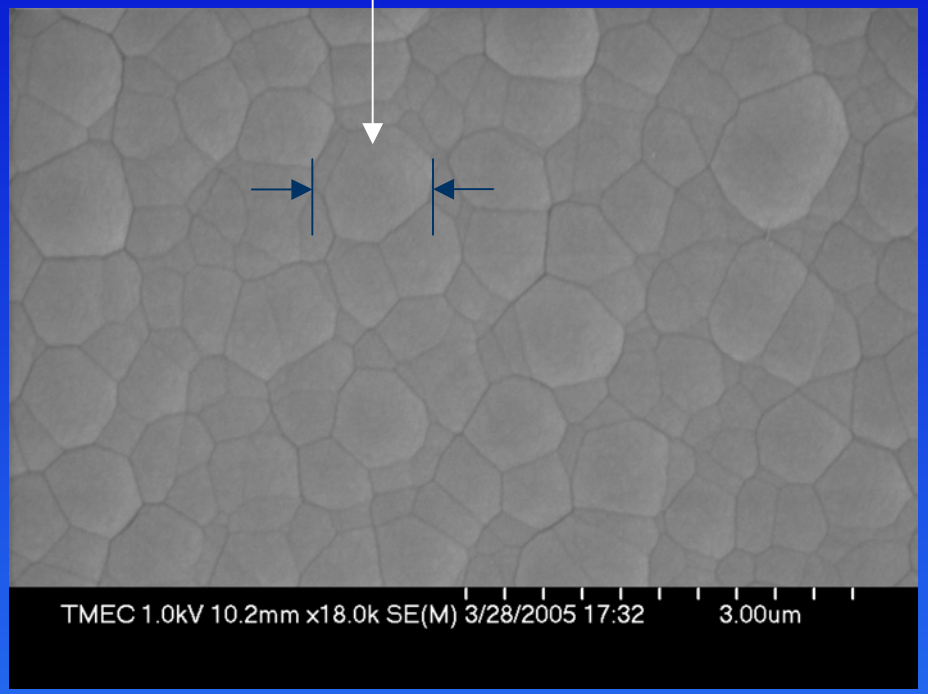
a-Si before implant &anneal



a-Si After implant &anneal

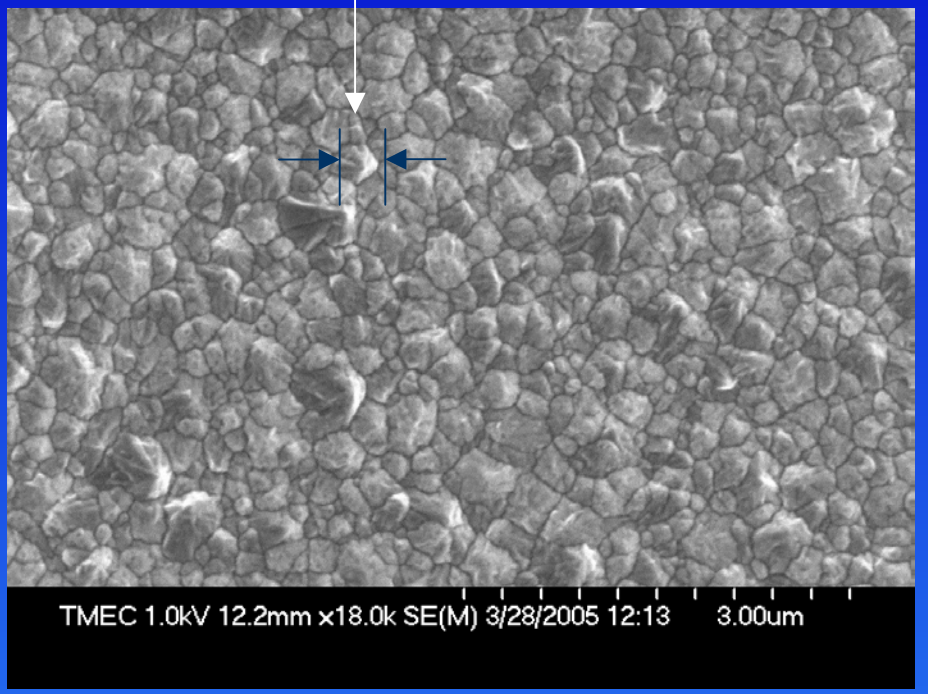
วิเคราะห์ผลการทดลอง1

Grain size



a-Si after implant &anneal

Grain size



Poly-Si After implant &anneal

Poly resistor ที่สร้างจากฟิล์ม a-Si มี Grain size ~0.9um

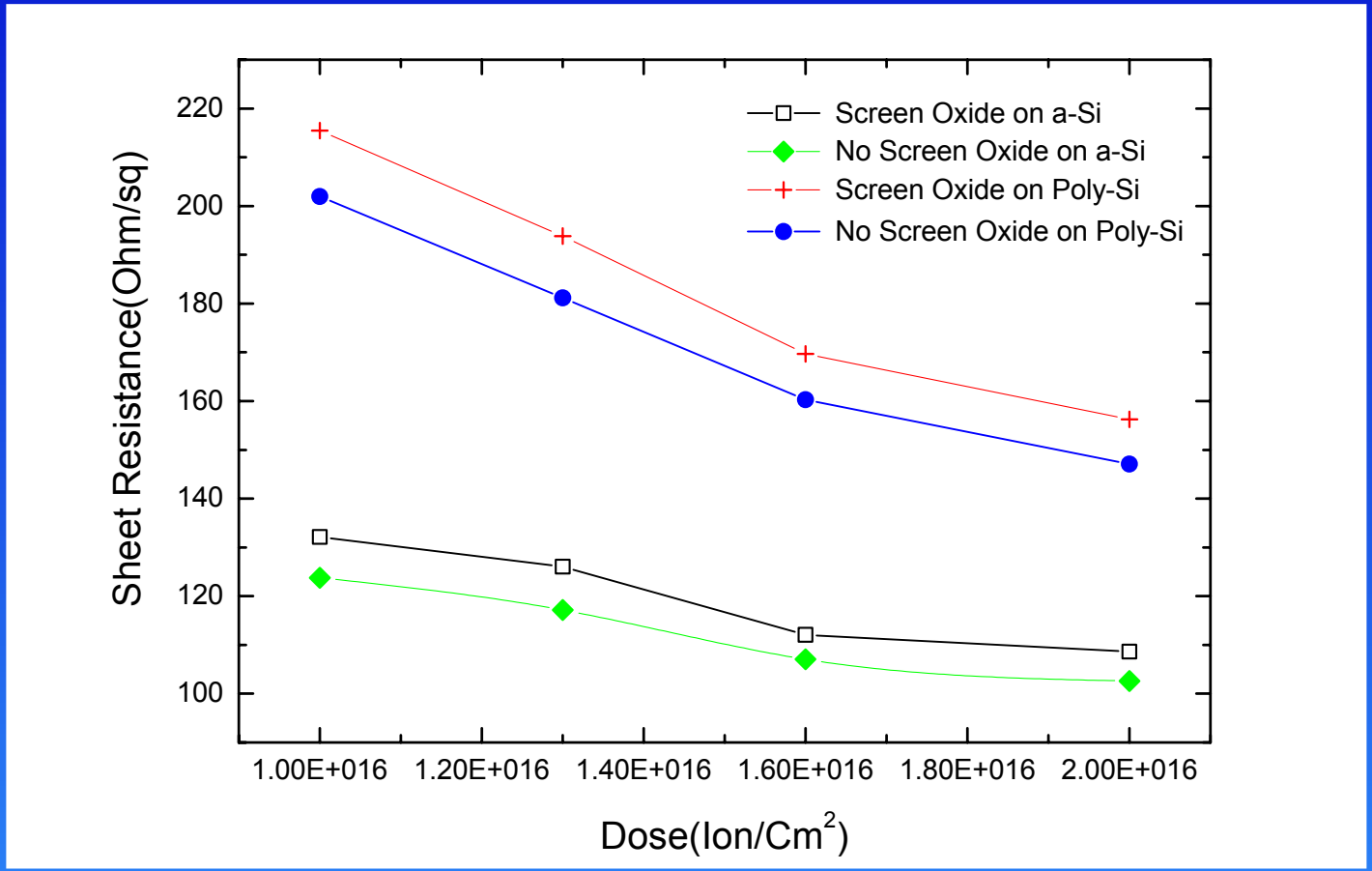
แต่ Poly resistor ที่สร้างจากฟิล์ม Poly-Si มี Grain size ~0.45um

วิเคราะห์ผลการทดลอง1

- ค่า Sheet Resistance ของ ฟิล์ม Poly -Si มีค่าสูงกว่าฟิล์ม a-Si ที่ทุกค่าปริมาณสารเจือ โดยพบว่าค่าเฉลี่ยของค่า Sheet Resistance ของ ฟิล์ม Poly Resistance มากกว่า ฟิล์ม a-Si เท่ากับ 34.38 % ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณการ Activation ของ Poly –Si มีค่าน้อยกว่า a-Si

- สาเหตุมาจากหลังการAnneal ขนาด Grain size ของ a-Si มีปริมาณ ใหญ่กว่า ของ Poly-Si

ผลการทดลอง2



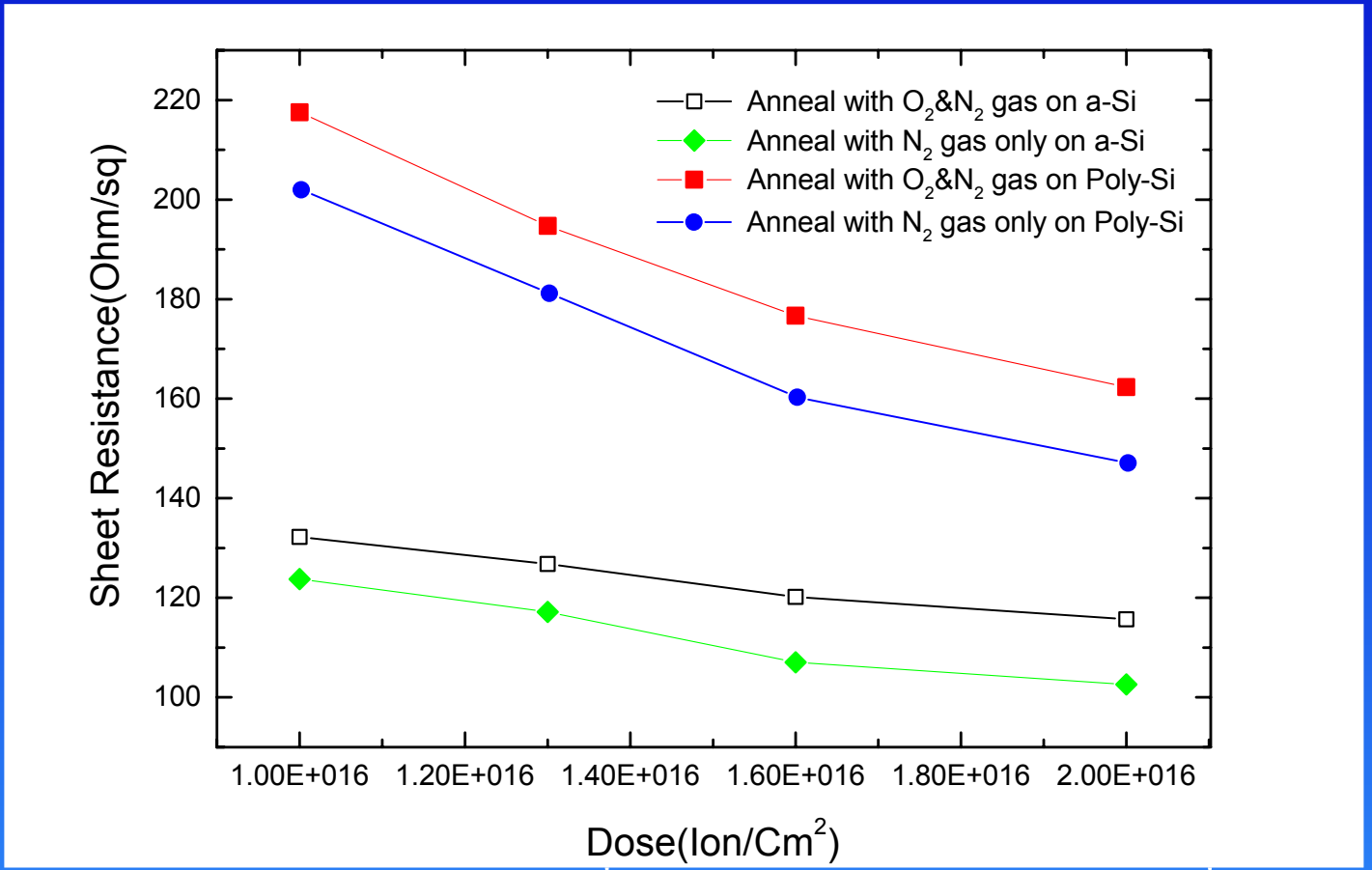
ผลการวัดค่า Sheet Resistance (ohm/ sq) โดยAnneal ที่อุณหภูมิ 800 ° C เป็นเวลา 15 hrs ภายใต้บรรยากาศ N_2 อย่างเดียว แล้วนำไปวัดความต้านทานด้วยเครื่อง 4 point Probe

วิเคราะห์ผลการทดลอง2

- ค่า Sheet Resistance ของฟิล์ม Poly –Si และ ฟิล์ม a-Si ที่มี Screen Oxide มีค่าสูงขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่มี Screen Oxide โดยพบว่าพบว่าค่าเฉลี่ยของค่า Sheet Resistance ของฟิล์ม Poly –Si และ ฟิล์ม a-Si เพิ่มขึ้น เท่ากับ 6.17 % และ 5.86 % ตามลำดับ

- สาเหตุมาจาก โบรอนบางส่วนเกิดการ diffusion เข้าไปในชั้น Screen Oxide ในระหว่างAnnealing

ผลการทดลอง3



ผลการวัดค่า Sheet Resistance (ohm/ sq) บนแผ่น โดยที่แผ่นเวเฟอร์ หมายเลข 01 และ 04 Anneal ที่อุณหภูมิ 800 ° Cเป็นเวลา 15 hrs ภายใต้บรรยากาศ N2 อย่างเดียว แต่แผ่นเวเฟอร์หมายเลข 02 และ 05 Anneal ที่อุณหภูมิ 800 ° Cเป็นเวลา 15 hrs ภายใต้บรรยากาศ N_2 และO_2 แล้วนำไปวัดความต้านทานด้วยเครื่อง 4 point Probe

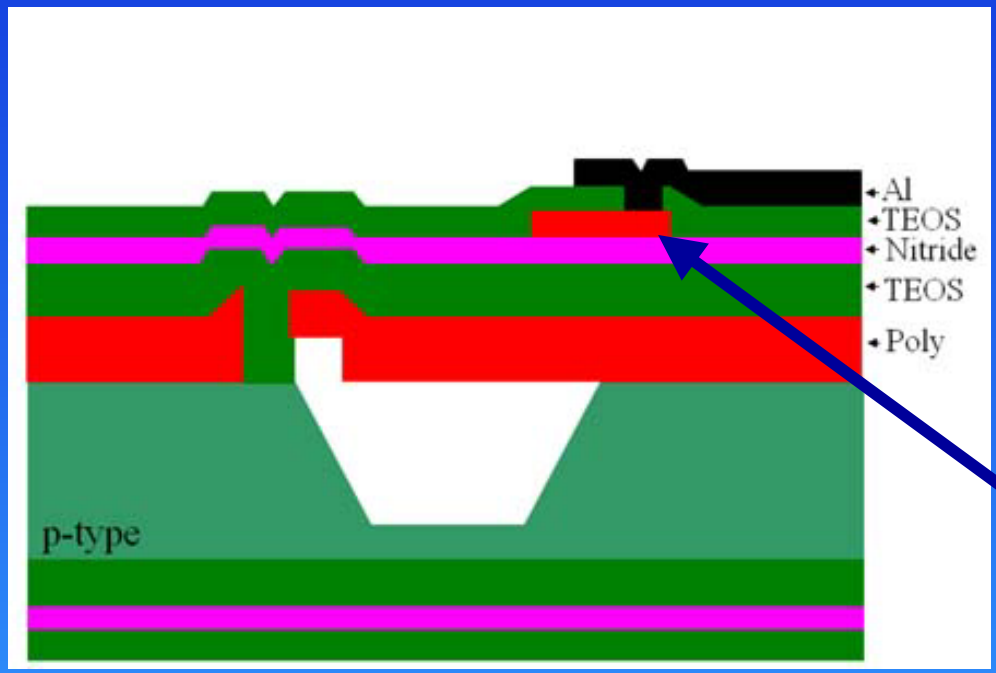
วิเคราะห์ผลการทดลอง(3)

- ค่า Sheet Resistance ของฟิล์ม Poly –Si และ ฟิล์ม a-Si ที่ใช้เงื่อนไขการ Anneal ที่อุณหภูมิ 800 °Cเป็นเวลา 15 hrs ภายใต้บรรยากาศ N_2 และO_2 มีค่าสูงขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีที่ใช้เงื่อนไขการ Anneal ที่อุณหภูมิ 800 °Cเป็นเวลา 15 hrs ภายใต้บรรยากาศ N_2 โดยพบว่าพบว่าค่าเฉลี่ยของค่า Sheet Resistance ของฟิล์ม Poly –Si และ ฟิล์ม a-Si เพิ่มขึ้น เท่ากับ 8.20 % และ 9.05 % ตามลำดับ

- สาเหตุมาจาก โบรอนบางส่วนเกิดการ diffusion เข้าไปใน ชั้น Oxide เกิดขึ้นในระหว่าง Annealing

การประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตวงจรรวม

จากผลการทดลองเรานำเงื่อนไข ในการสร้าง Poly Resistor จากฟิล์ม a-Si โดยการยิงฝังประจุชนิดพีที่ปริมาณ1.3E16 ion/cm^2 และพลังงาน 50keV และ ที่เงื่อนไข Anneal ที่อุณหภูมิ 800 $^{\circ}$ C เป็นเวลา 15 hrs ภายใต้บรรยากาศ N_2 ได้ Sheet Resistance เท่ากับ 117 Ohm/sq แล้วนำไปสร้างในเซ็นเซอร์ตรวจจับความดัน



สรุปผลการทดลอง

- ค่าSheet Resistance ของ ฟิล์ม Poly -Si มีค่าสูงกว่า ฟิล์ม a-Si ที่ทุกค่าปริมาณสารเจือ เนื่องจากหลังการAnneal ขนาด Grain size ของ a-Si มีปริมาณ ใหญ่กว่า ของ Poly-Si

- นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้เทคนิคScreen Oxide และเทคนิคการanneal โดยการเพิ่ม Flow O_2ไม่ได้ช่วยให้ค่า Sheet Resistance ลดลงแต่กลับทำให้มีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิด Diffusion ของโบรอนเข้าใน ชั้น Screen Oxide เกิดขึ้นในระหว่างAnnealing

- ดังนั้นเราจึงเลือกฟิล์ม a-Si และใช้เงื่อนไขการ Anneal ที่อุณหภูมิ 800 °Cเป็นเวลา 15 hrs ภายใต้บรรยากาศ N_2 ในการสร้าง Poly Resistor เพราะจะได้ค่าความต้านทานที่ต่ำซึ่ง ทำให้สามารถลดปริมาณการเจือสารในการยิงฝังประจุทำให้เวลาเจือสารได้เร็วขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณบุคลากร TMEC-NECTEC
ทุกท่านที่สนับสนุนการวิจัย