

บทที่ 3

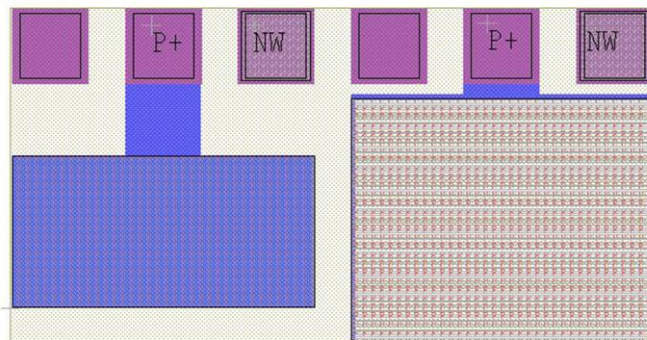
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งเป็นการวิจัยและพัฒนา ที่มุ่งศึกษา ปรับปรุง และพัฒนา เทคนิคการวัดและวิเคราะห์ผลเพื่อใช้อธิบายถึงปรากฏการณ์หรือจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นภายในอุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์ ดังนั้นเพื่อให้การวิจัยครั้งนี้บรรลุวัตถุประสงค์ จึงได้กำหนดวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.1 การออกแบบการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้ใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภทไดโอดในการศึกษา โดยโครงสร้างพื้นฐานของไดโอดที่ใช้ในการศึกษา เมื่อแบ่งตามชนิดของรูปทรงเรขาคณิต มี 2 โครงสร้าง ได้แก่

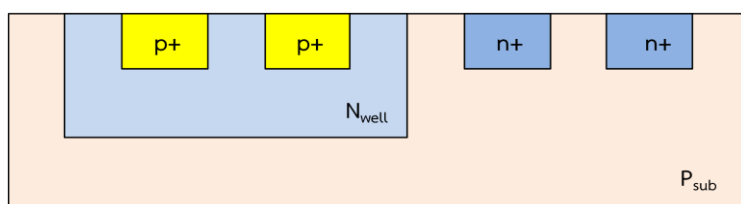
- ไดโอดพื้นที่กว้าง (Large Area Diode) มีรูปทรงเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยม โดยออกแบบให้มีพื้นที่ขนาด กว้าง 200 μm ยาว 400 μm ความยาวเส้นรอบรูป 1,200 μm ดังแสดงในรูปที่ 3.1(ก)
- ไดโอดรูปคดเคี้ยว (Meander Diode) มีรูปทรงเป็นพื้นที่คดเคี้ยว โดยออกแบบให้มีพื้นที่ขนาด กว้าง 2 μm ยาว 400 μm จำนวน 100 แถบ ความยาวเส้นรอบรูป 80,400 μm ดังแสดงในรูปที่ 3.1(ข)



(ก) ไดโอดพื้นที่กว้าง (ข) ไดโอดรูปคดเคี้ยว

รูปที่ 3.1 รูปทรงเรขาคณิตของไดโอดรอยต่อชนิด $p^+ - N_{\text{well}}$

การวิเคราะห์ผลเพื่อใช้อธิบายถึงจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นภายในอุปกรณ์ เน้นที่รอยต่อพี-เอ็นที่เกิดขึ้นใน โครงสร้างของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภทซีมอส ซึ่งมีโครงสร้างรอยต่อของ $p^+ - N_{\text{well}}$ ดังแสดงในรูปที่ 3.2

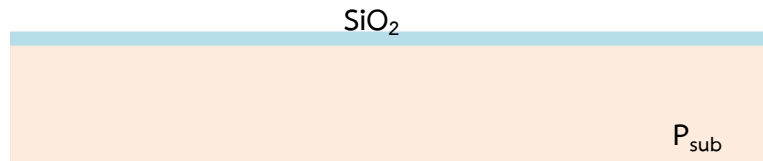


รูปที่ 3.2 โครงสร้างของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภทซีมอส

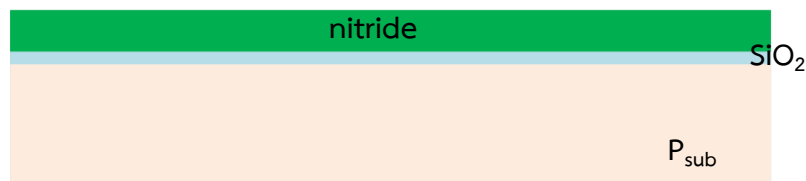
3.2 กระบวนการสร้างอุปกรณ์ไดโอด

ไดโอดที่ใช้ในการศึกษา จะถูกสร้างขึ้นด้วยกระบวนการสร้างมาตรฐานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภท ซีโมสขนาด 0.8 ไมโครเมตร ที่ศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสามารถสรุปขั้นตอนได้ดังรูปที่ 3.3

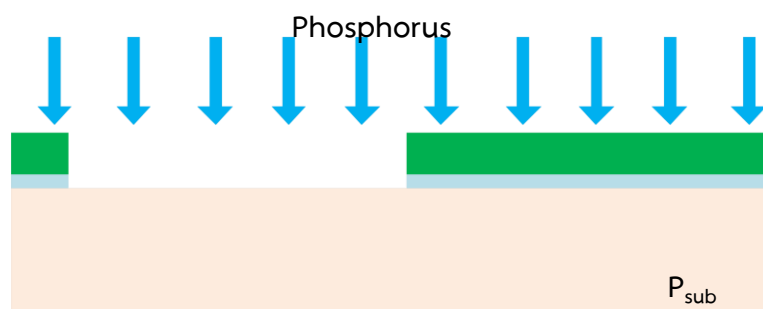
- 1) แผ่นฐานรองซิลิคอน ชนิดพี ระบาย (100) พิกัดความต้านทาน $5\ \Omega\text{-cm}$ สร้างชั้นซิลิคอนไดออกไซด์ หนา 25 nm



- 2) สร้างชั้นซิลิคอนไนไตรด์ หนา 150 nm บนชั้นซิลิคอนไดออกไซด์



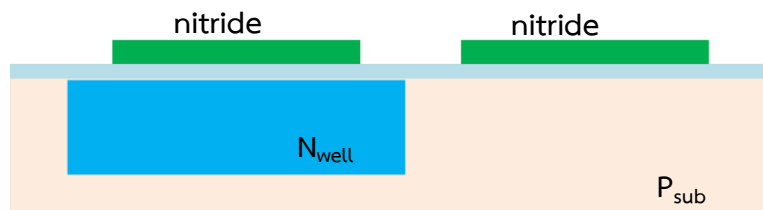
- 3) เปิดช่องซิลิคอนไนไตรด์ เพื่อสร้างบริเวณบ่อแยกชนิดเอ็น (N_{well}) จากนั้นทำการยิงฝังประจุฟอสฟอรัส ด้วยพลังงาน 140 keV ปริมาณสารเจือ $3.6 \times 10^{12}\ \text{ions/cm}^2$



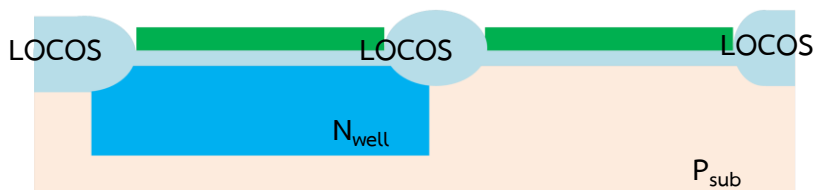
- 4) สร้างชั้นซิลิคอนไดออกไซด์ พร้อมขับไล่สารเจือฟอสฟอรัส (Phosphorus Drive-in)



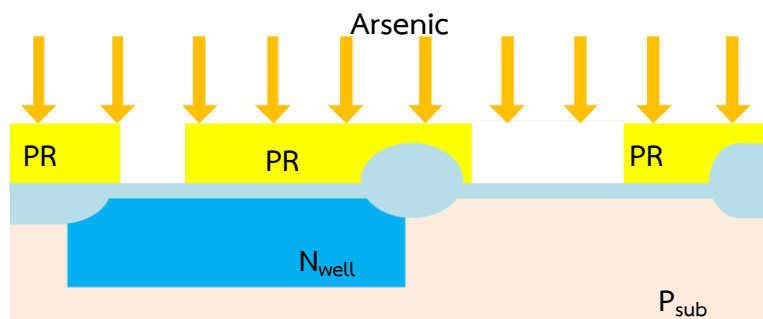
- 5) สร้างชั้นซิลิคอนไนไตรด์ หนา 150 nm เพื่อเป็นพื้นที่สร้างอุปกรณ์ (Active area)



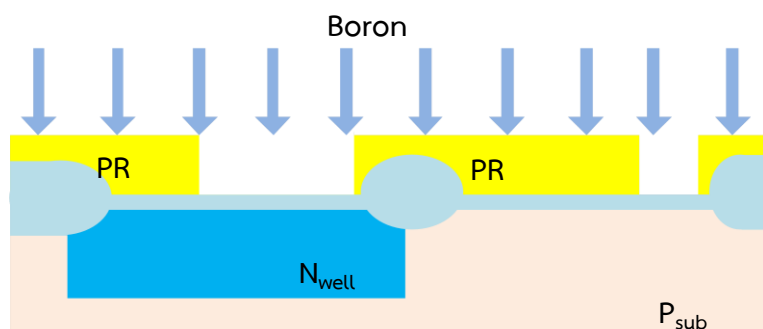
- 6) สร้างชั้นซิลิคอนไดออกไซด์หนา (Field Oxide) หนา 650 nm



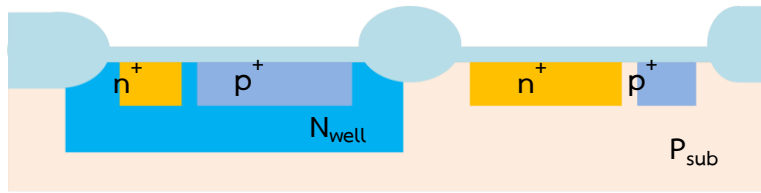
- 7) สกัดชั้นซิลิคอนไนไตรด์ออก ทำการสร้างลวดลายน้ำยาไวแสง (Photo Resist) เพื่อกำหนดบริเวณที่จะสร้างขั้ว n^+ หลังจากนั้นทำการยิงฝังประจุอาร์เซนิก ด้วยพลังงาน 50 keV ปริมาณสารเจือ $5 \times 10^{15} \text{ ions/cm}^2$



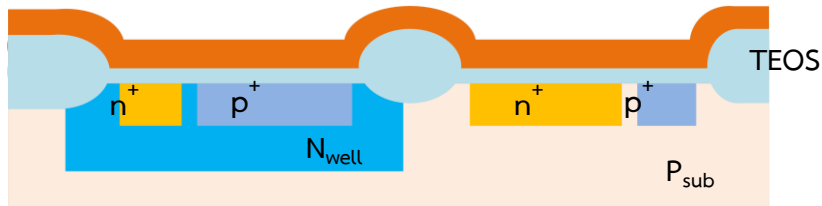
- 8) ทำการสร้างลวดลายน้ำยาไวแสง (Photo Resist) เพื่อกำหนดบริเวณที่จะสร้างขั้ว p^+ หลังจากนั้นทำการยิงฝังประจุโบรอน ด้วยพลังงาน 40 keV ปริมาณสารเจือ $3 \times 10^{15} \text{ ions/cm}^2$



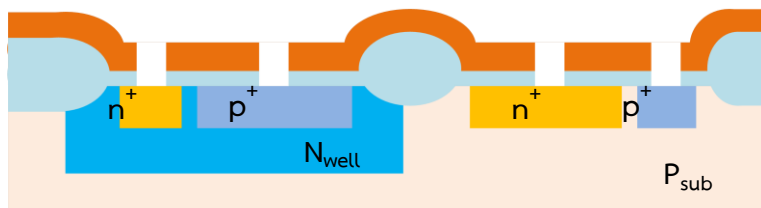
- 9) สร้างชั้นซิลิคอนไดออกไซด์ พร้อมขับลิแกสารเจืออาซีนิกและสารเจือโบรอน (Arsenic & Boron Drive-in)



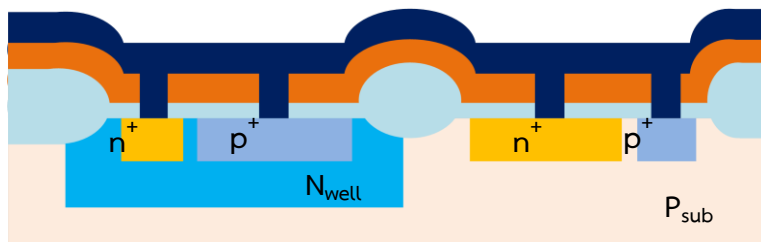
- 10) สร้างชั้นซิลิคอนไดออกไซด์ชนิด TEOS เพื่อเป็นฉนวนป้องกันอุปกรณ์



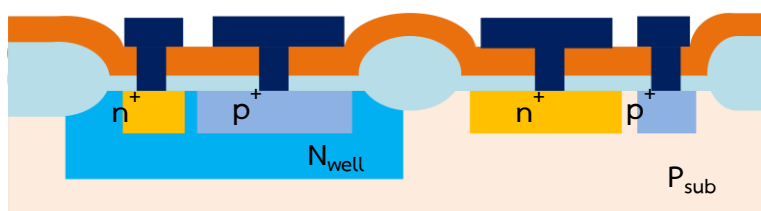
- 11) ทำการสร้างลวดลายน้ำยาไวแสง (Photo Resist) เพื่อกำหนดบริเวณที่จะสร้างช่องสำหรับ ขั้วโลหะ (contact-spacer)



- 12) ทำการสร้างชั้นโลหะ Ti/TiN และ AlCuSi ด้วยกระบวนการสปัตเตอร์ริง



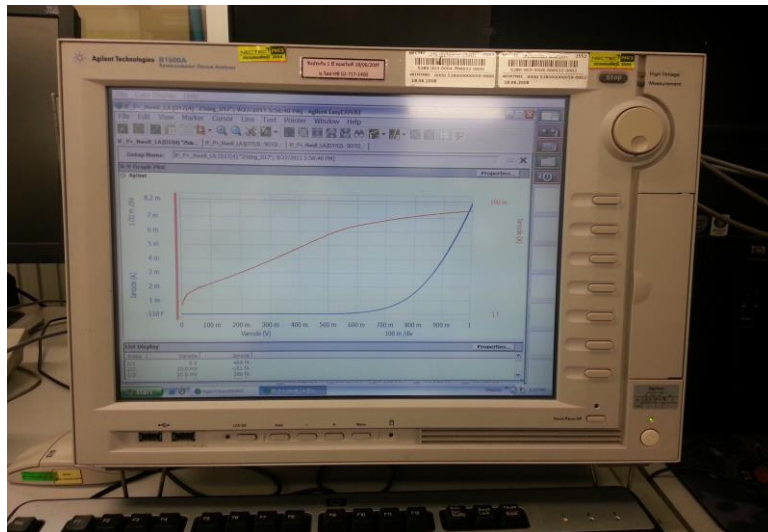
- 13) ทำการสร้างลวดลายน้ำยาไวแสง (Photo Resist) เพื่อกำหนดบริเวณที่จะสร้างขั้วโลหะ และ สกัดชั้นโลหะ Ti/TiN และ AlCuSi เพื่อให้ได้ลวดลายโลหะ



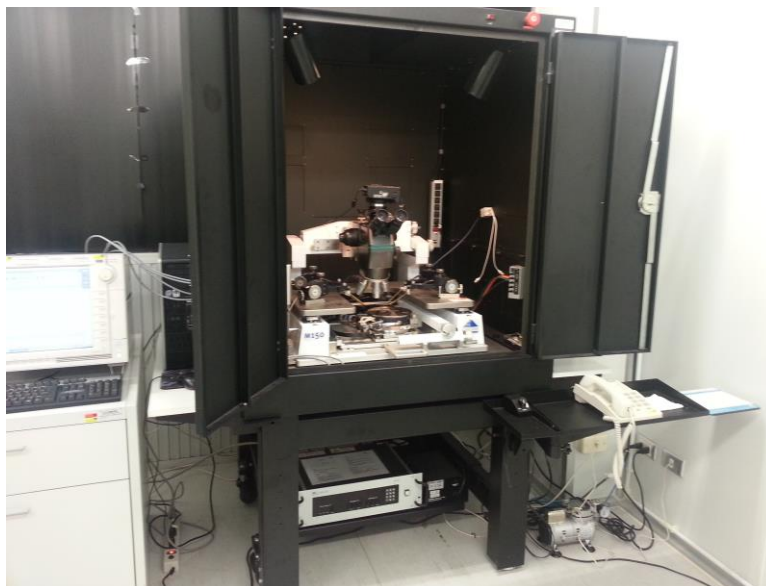
รูปที่ 3.3 ขั้นตอนกระบวนการสร้างอุปกรณ์ไดโอด

3.3 เครื่องมือและวิธีการวัดข้อมูล

ภายหลังเสร็จสิ้นจากกระบวนการสร้าง นำไดโอดไปวัดคุณสมบัติทางไฟฟ้า ได้แก่ คุณสมบัติกระแส-แรงดัน ทั้งด้านไบอัสตรงและไบอัสย้อนกลับ และคุณสมบัติค่าเก็บความจุไฟฟ้า-แรงดัน โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์คุณสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor Device Analyzer) รุ่น B1500A ของบริษัท Agilent Technologies และตู้มีดพร้อมแทนวัดคุณสมบัติอุปกรณ์ (Black Box & Probe Station) ดังแสดงในรูปที่ 3.4 และรูปที่ 3.5 ตามลำดับ



รูปที่ 3.4 เครื่องมือวิเคราะห์คุณสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

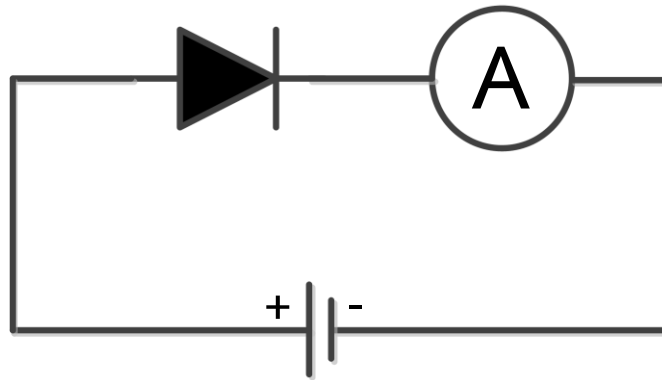


รูปที่ 3.5 ตู้พร้อมแทนวัดคุณสมบัติอุปกรณ์

วิธีการวัดค่าคุณลักษณะกระแส-แรงดันของไดโอดรูปทรงเรขาคณิตแบบต่างๆกันบนแผ่นฐานรองซิลิคอน ถูกทำการวัดด้วยการให้ค่าไบอัสเป็นช่วงละ 0.01 โวลต์ จากแรงดันย้อนกลับ (reverse : V_R) ไปถึงแรงดันตรง (forward : V_F) โดยที่แรงดันไบอัสจะถูกให้กับบ่อแยกเอ็น : N_{well} และทำการวัดค่ากระแสที่ขั้ว p^+ ซึ่งควบคุมอุณหภูมิที่ $27^\circ C - 100^\circ C$ ในตู้พร้อมแท่นวัดคุณสมบัติอุปกรณ์

คุณลักษณะค่าเก็บความจุไฟฟ้า-แรงดัน ถูกกระทำกับไดโอดแบบเดียวกันด้วยความถี่ 100 กิโลเฮิร์ต ที่อุณหภูมิ $27^\circ C - 100^\circ C$ ความกว้างชั้นปลอดพาหะของพื้นที่ในแผ่นฐานรอง สามารถคำนวณหาค่าจากคุณลักษณะค่าเก็บความจุไฟฟ้า-แรงดัน (C-V)

ซึ่งแผนผังการวัดคุณสมบัติอุปกรณ์แสดงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.6 แผนผังการวัดคุณสมบัติไดโอด