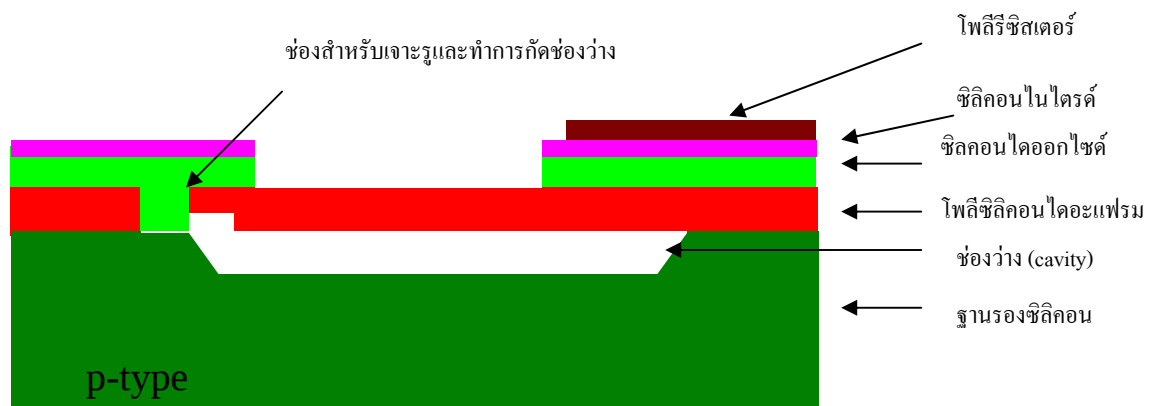


บทที่ 4

โครงสร้างอุปกรณ์ตรวจจับความดันและการออกแบบการทดลอง

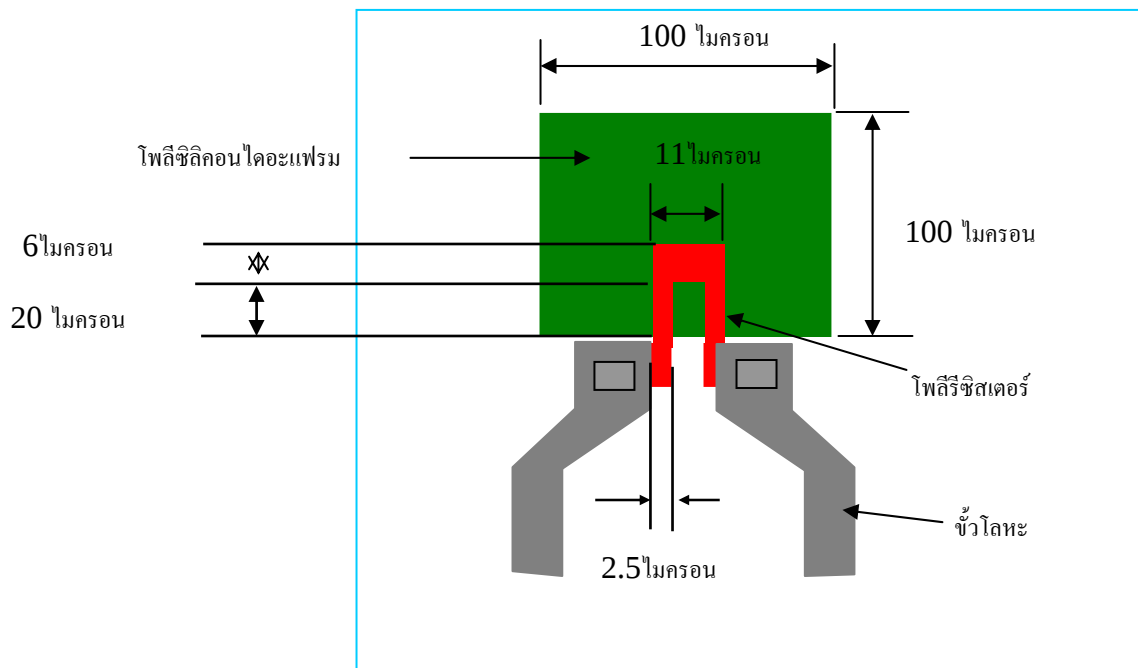
4.1 โครงสร้างอุปกรณ์ตรวจจับความดันที่ใช้ในงานวิจัย

ฟิล์มโพลีซิลิคอนที่ถูกสร้างขึ้นถูกนำมาใช้เป็นไดอะแฟรมบนฐานรองซิลิคอน ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในโครงสร้างของอุปกรณ์ตรวจจับความดัน สำหรับโครงสร้างอุปกรณ์ตรวจจับความดันในงานวิจัยนี้แสดงดังรูปที่ 4.1 ซึ่งเป็นโครงสร้างแบบเชิงผิว[20] โดยแสดงถึงภาพตัดขวางของไดอะแฟรมและโพลิรีซิสเตอร์ สำหรับในงานวิจัยนี้ได้กำหนดรายละเอียดของอุปกรณ์ดังนี้คือโพลีซิลิคอนไดอะแฟรมถูกสร้างบนฐานรองซิลิคอนที่มีความหนา 1.5 ไมครอน ซึ่งระหว่างรอยต่อโพลีซิลิคอนไดอะแฟรมกับฐานรองซิลิคอนมีช่องว่าง (cavity) หนา 1.4 ไมครอน และมีซิลิคอนไดออกไซด์หนา 7,500 อังสตรอม และซิลิคอนไนไตรด์หนา 700 อังสตรอม ทำหน้าที่เป็นฉนวนกันระหว่างชั้นฟิล์มโพลีรีซิสเตอร์กับที่ด้านบนโพลีซิลิคอนไดอะแฟรม ชั้นโพลิรีซิสเตอร์ที่สร้างมีความหนา 4,000 อังสตรอม ทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานเปียโซรีซิสฟิฟ



รูปที่ 4.1 โครงสร้างภาพตัดขวางของอุปกรณ์ตรวจจับความดัน

เมื่อพิจารณาด้านบนของไดอะแฟรมฟิล์มโพลีซิลิคอนและโพลีรีซิสเตอร์ ได้กำหนดขนาดของฟิล์มโพลีซิลิคอนไว้เท่ากับ 100 ไมครอน x 100 ไมครอน และมีรายละเอียดดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ภาพโครงสร้างด้านบนของฟิล์มโพลีซิลิคอนไดอะแฟรมและโพลีรีซิสเตอร์

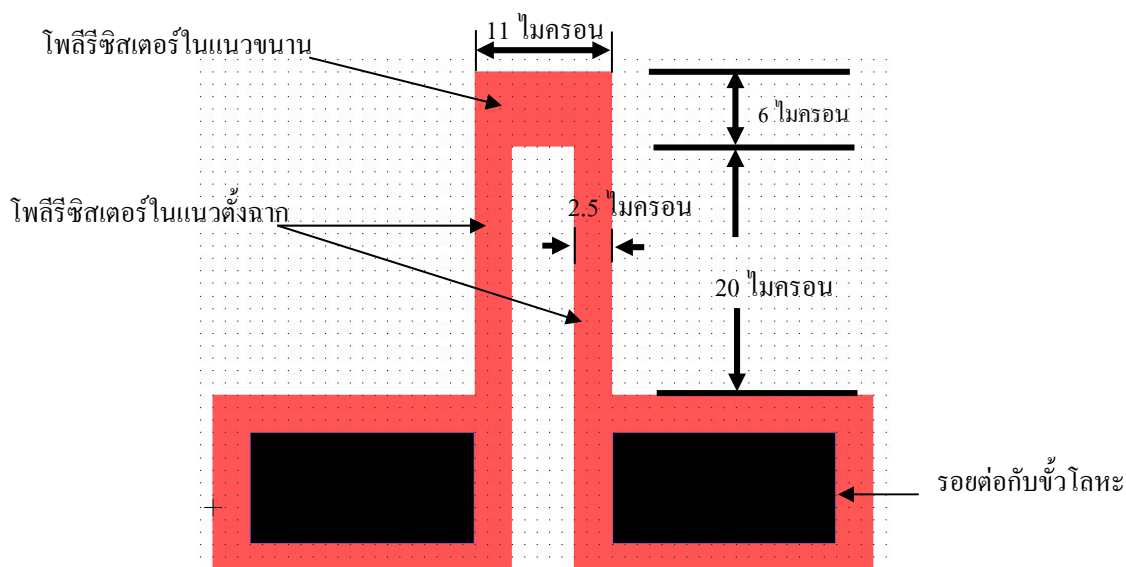
4.2 โครงสร้างตัวต้านทานเปียโซรีซิสฟิฟชนิดโพลีรีซิสเตอร์ในอุปกรณ์ตรวจจับความดัน [20]

ตัวต้านทานชนิดพี บนไดอะแฟรมมีอยู่ 2 แบบ คือ ตัวต้านทานในแนวตั้งฉาก และตัวต้านทานในแนวนอน ซึ่งในการวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาเพื่อให้ได้ค่าสภาพต้านทาน เท่ากับ 4.6×10^{-3} โอห์ม-เซนติเมตร หรือความต้านทานเชิงแผ่น เท่ากับ 115 โอห์ม/□ ที่ฟิล์มหนา 4,000 อังสตรอม โดยใช้เทคนิคการยิงฝังประจุ ซึ่งรายละเอียดแสดงไว้ในบทที่ 5 เราสามารถคำนวณหาค่าความต้านทานเริ่มต้นได้ดังสมการที่ 4.1

$$R = \rho \frac{l}{wt} \quad (4.1)$$

- เมื่อ R คือ ค่าความต้านทาน (โอห์ม)
 ρ คือ สภาพต้านทาน (โอห์ม-เซนติเมตร)
 l คือ ความยาวของตัวต้านทาน (ไมครอน)
 w คือ ความกว้างของตัวต้านทาน (ไมครอน)
 t คือ ความหนาของโพลีซิลิไซด์ (ไมครอน)

ผลจากการจำลองในงานวิจัยที่เอกสารอ้างอิง[20] ได้แสดงให้เห็นว่า ระยะที่การเปลี่ยนแปลงความเค้นสูงสุด คือความยาว 15-20 ไมครอน เราจึงออกแบบให้ตัวโพลีซิลิไซด์ในแนวตั้งฉากและแนวนานต่อกันเป็นรูปตัวยู โดยขนาดตัวโพลีซิลิไซด์ในแนวตั้งฉากมี ความยาว 20 ไมครอน กว้าง 2.5 ไมครอน และหนา 4,000 อังสตรอม และขนาด ตัวโพลีซิลิไซด์ในแนวนาน ความยาว 6 ไมครอน กว้าง 11 ไมครอน และหนา 4,000 อังสตรอม ดังรูปที่ 4.3

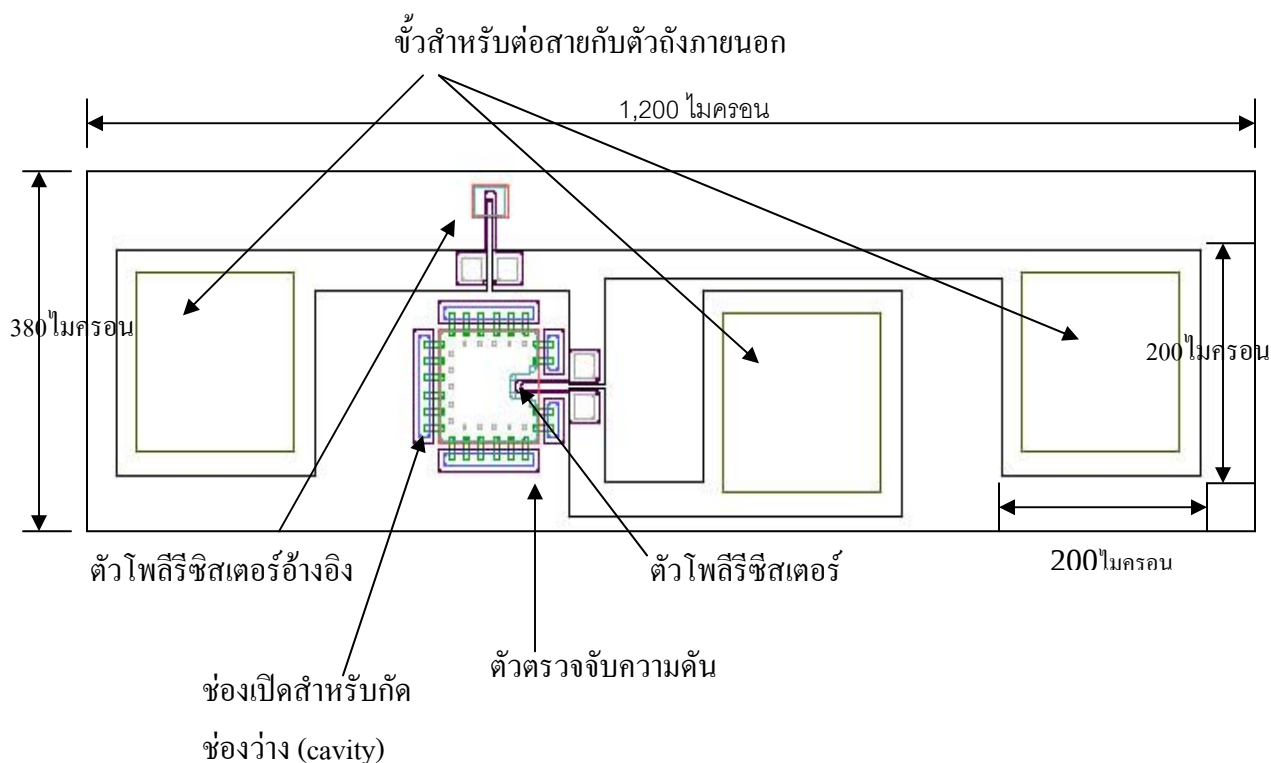


รูปที่ 4.3 ขนาดโครงสร้างโพลีซิลิไซด์

จากสมการ 4.1 สามารถคำนวณหาความต้านทานของโพลีซิลิไซด์รวมได้ เท่ากับผลรวมของความต้านทานโพลีซิลิไซด์ในแนวนานกับความต้านทานโพลีซิลิไซด์ในแนวตั้งฉาก เท่ากับ 1902 โอห์ม

4.3 การออกแบบลวดลายตัวตรวจจับความดันแบบเปียโซรีซีฟทีป

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบตัวตรวจจับความดันดังรูปที่ 4.4 ซึ่งประกอบด้วยตัวตรวจจับความดัน ขนาดไดอะแฟรม 100 ไมครอน x 100 ไมครอน ขนาดตัวโพลิรีซิสเตอร์ในแนวตั้งฉากเท่ากับ ความยาว 20 ไมครอน กว้าง 2.5 ไมครอน และขนาด ตัวโพลิรีซิสเตอร์ในแนวนอน ความยาว 6 ไมครอน กว้าง 11 ไมครอนต่อกันเป็นรูปตัวยู ตามหัวข้อ 4.2 ตัวโพลิรีซิสเตอร์อ้างอิงอยู่บนไดอะแฟรมขนาด 36 ไมครอน x 30 ไมครอน โดยไม่มีช่องว่าง (cavity) ไว้สำหรับอ้างอิงความต้านทานในวงจร ช่องเปิดสำหรับกักช่องว่างมีขนาด 5 ไมครอน x 20 ไมครอนจำนวน 22 ตัว และตัวสุดท้าย คือ ขั้ว สำหรับต่อสายกับตัวถังภายนอกมีขนาด 200 ไมครอน x 200 ไมครอน



รูปที่ 4.4 ลักษณะต้นแบบตัวตรวจจับความดันในงานวิจัยนี้

4.4 ลำดับการสร้างอุปกรณ์ตรวจจับความดัน[21]

การสร้างตัวตรวจจับความดันในงานวิจัยนี้ มีขั้นตอนการสร้างแบบงานวิจัย [21] แสดงดังรูปที่ 4.5



(ก)– แผ่นซิลิคอนชนิดพี



(ข) – สร้างชั้นซิลิคอนไดออกไซด์และซิลิคอนไนไตรด์แล้วเปิดช่องซิลิคอนไนไตรด์ หลังจากนั้นทำการสร้างชั้นซิลิคอนไดออกไซด์



(ค) – ทำการกัดซิลิคอนไนไตรด์ และซิลิคอนไดออกไซด์ ด้วยวิธี Dry etching



(ง) – ทำการสร้างซิลิคอนไดออกไซด์และทำการกัดซิลิคอนไดออกไซด์ได้เป็นลวดลาย

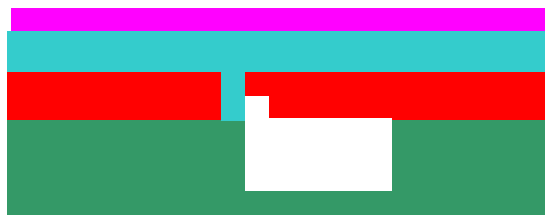


(จ) - ทำการปลูกโพลีซิลิคอน และ กัดเปิดช่องแล้วทำการกัดซิลิคอนไดออกไซด์

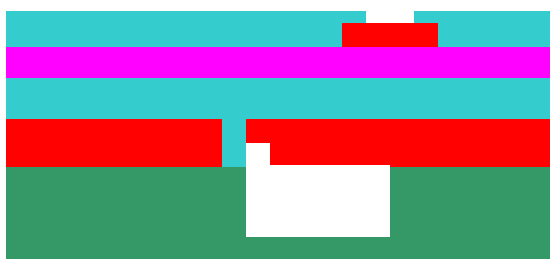
รูปที่ 4.5 (ก)- (ข) ลำดับกระบวนการสร้างตัวตรวจจับความดันแบบเพียโซรีซีฟที่ป

สัญลักษณ์สีคือ

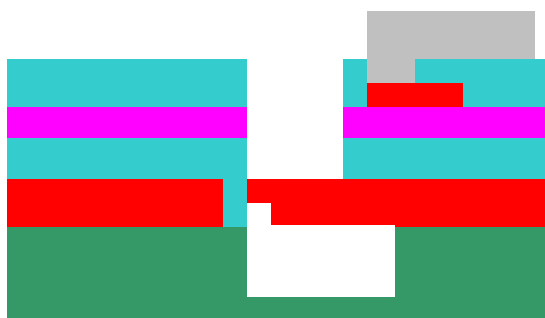
			
ซิลิคอนชนิด พี	ฟิล์มซิลิคอนไดออกไซด์	ฟิล์มซิลิคอนไนไตรด์	ฟิล์มโพลีซิลิคอน



(ก) – ทำการสร้างชั้นซิลิกอนไดออกไซด์ด้วย LPCVD เพื่อปิดช่องรูแล้วทำการสร้างชั้นซิลิกอนไนไตรด์



(ข) - ทำการสร้างโพลีซิลิกอนและทำการเจือสาร โพลีซิลิกอนด้วยเทคนิคการยิงฝัประจุ และทำการกัดชั้นโพลีซิลิกอนเป็นลวดลาย แล้วทำการสร้างชั้น ซิลิกอนไดออกไซด์และทำการกัดชั้นซิลิกอนไดออกไซด์ ออกเป็นช่อง



(ข) – ทำการสร้างชั้นโลหะอะลูมิเนียมและกัดเป็นลวดลายแล้วทำการกัดซิลิกอนไดออกไซด์และทำการกัดซิลิกอนไนไตรด์

รูปที่ 4.5 (ก)- (ข) ลำดับกระบวนการสร้างตัวตรวจจับความดันแบบเป็ยโซริซีฟทีป (ต่อ)

สัญลักษณ์สีคือ

				
ซิลิกอนชนิด พี	ฟิล์มซิลิกอนไนไตรด์	ฟิล์มโพลีซิลิกอน	ซิลิกอนไดออกไซด์	ฟิล์มโลหะอะลูมิเนียม

4.5 การออกแบบการทดลองสร้างโพลีรีซิสเตอร์

ในการสร้างโพลีรีซิสเตอร์มีกระบวนการสร้างดังนี้



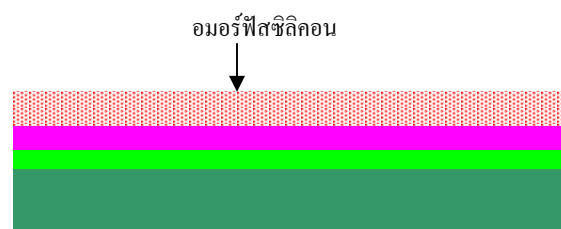
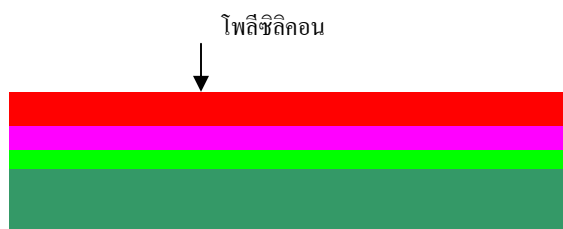
(ก) - แผ่นซิลิคอนชนิดพี



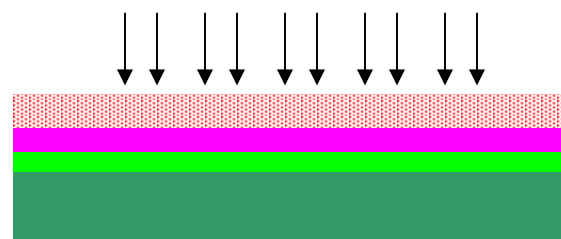
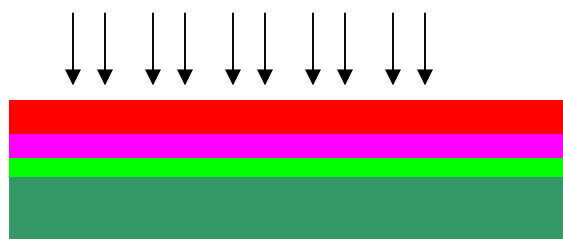
(ข) – ทำการสร้างซิลิคอนไดออกไซด์



(ค) – ทำการสร้างชั้นซิลิคอนไนไตรด์



(ง) – ทำการสร้างชั้นฟิล์มโพลีซิลิคอนและ อมอร์ฟัสซิลิคอน



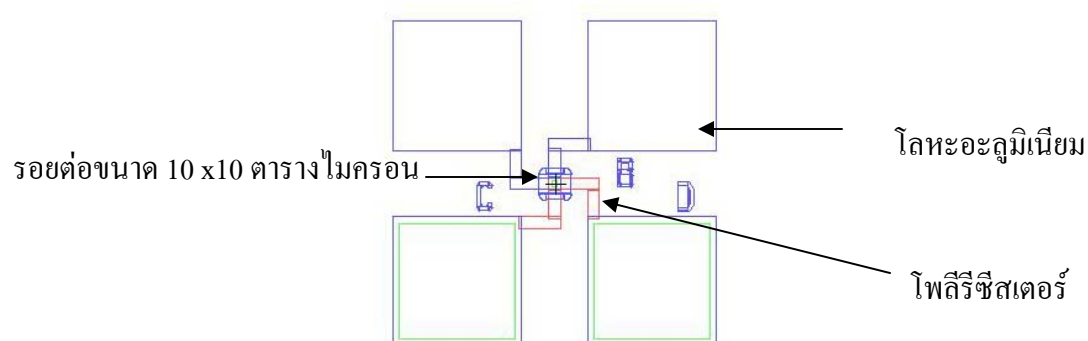
(จ) – ทำการยิงฝัประจุและ แอนนีสล

รูปที่ 4.6 (ก) - (จ) ลำดับกระบวนการสร้างโพลีรีซิสเตอร์

สัญลักษณ์คือ

				
ซิลิคอนชนิด พี	ฟิล์มซิลิคอนไดออกไซด์	ฟิล์มซิลิคอนไนไตรด์	ฟิล์มโพลีซิลิคอน	ฟิล์มอมอร์ฟัสซิลิคอน

4.6 การออกแบบการทดลองสร้างรอยสัมผัสระหว่างโพลีซิลิคอนที่รับการเชื่อมกับโลหะ



รูปที่ 4.7 โครงสร้างมาสก์ (CBK)

ในการสร้างรอยสัมผัสระหว่างโพลีซิลิคอนที่รับการเชื่อมกับโลหะโดยใช้โครงสร้าง CBK เพื่อศึกษาค่า R_c ดังแสดงดังรูปที่ 4.7 มีกระบวนการสร้างดังนี้



(ก) – แผ่นซิลิคอนชนิดพี ที่ได้รับการสร้าง ซิลิคอนไดออกไซด์ ซิลิคอนไนไตรด์ และ โพลีซิลิคอนเตอร์ตามลำดับ



(ข) – ทำการสร้างมาสก์บนโพลีซิลิคอนแล้วทำการกัดโพลีซิลิคอนด้วย กระบวนการกัดแห้ง

รูปที่ 4.8 (ก)- (ข) ลำดับกระบวนการสร้างโครงสร้าง CBK

สัญลักษณ์สีคือ

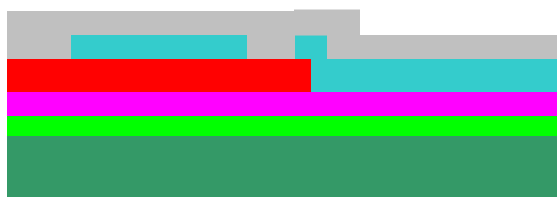
ซิลิคอนชนิด พี	ฟิล์มซิลิคอนไดออกไซด์	ฟิล์มซิลิคอนไนไตรด์	ฟิล์มโพลีซิลิคอน	น้ำยาโฟโตเรซิส



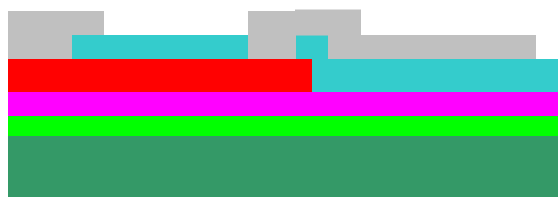
(ค) – ทำการลอกน้ำยาโฟโตรีชีสออก แล้วทำการสร้างชั้นซัลฟอนไดออกไซด์



(ง) – ทำการสร้างมาส์กบนชั้นซัลฟอนไดออกไซด์แล้วทำการกัดซัลฟอนไดออกไซด์ออกเป็นช่อง



(จ) – ทำการลอกน้ำยาโฟโตรีชีสออก แล้วทำการสร้างชั้นโลหะอะลูมิเนียม



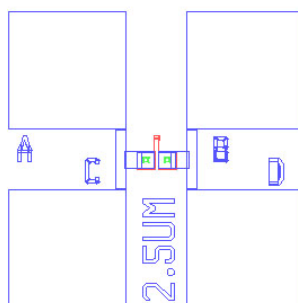
(ฉ) – ทำการกัดชั้นโลหะอะลูมิเนียมออกเป็นลวดลาย CBK

รูปที่ 4.8 (ก)- (ฉ) ลำดับกระบวนการสร้างโครงสร้าง CBK(ต่อ)

สัญลักษณ์สีคือ

						
ซัลฟอนไดออกไซด์	ฟิล์มซัลฟอนไดออกไซด์	ฟิล์มซัลฟอนไดออกไซด์	ฟิล์มโพสิทีฟซัลฟอนไดออกไซด์	ซัลฟอนไดออกไซด์	ฟิล์มโลหะอะลูมิเนียม	น้ำยาโฟโตรีชีส

4.7 การออกแบบการทดลองสร้างโครงสร้างสำหรับวัด ที่ซีอาร์ ของโพลิรีชีสเตอร์



รูปที่ 4.9 โครงสร้างสำหรับวัดที่ซีอาร์ของโพลิรีชีสเตอร์

ในการสร้างโครงสร้างสำหรับวัดที่ซีอาร์ของโพลิรีชีสเตอร์ใช้โครงสร้าง ลวดลายดังรูป 4.9 โดยที่มีขนาดของโพลิรีชีสเตอร์ ตามหัวข้อ 4.2 และมีกระบวนการสร้างดังนี้



(ก) – แผ่นซิลิคอนชนิดพี ที่ได้รับการสร้าง ซิลิคอนไดออกไซด์ ซิลิคอนไนไตรด์ และ โพลิรีชีสเตอร์ ตามลำดับ



(ข) – ทำการสร้างมาสก์บนโพลิรีชีสเตอร์แล้วทำการกัดโพลิรีชีสเตอร์ด้วย กระบวนการกัดแห้ง

รูปที่ 4.10 (ก)- (ง) ลำดับกระบวนการสร้างโครงสร้าง สำหรับวัด ที่ซีอาร์ ของโพลิรีชีสเตอร์

สัญลักษณ์สีคือ

ซิลิคอน ชนิด พี	ฟิล์มซิลิคอนไดออกไซด์	ฟิล์มซิลิคอนไนไตรด์	ฟิล์มโพลิซิลิคอน	นำยาโพลิรีชีส



(ค) – ทำการลอกน้ำยาโฟโตรีซีสออก แล้วทำการสร้างชั้นซิลิคอนไดออกไซด์



(จ) – ทำการสร้างมาส์กบนชั้นซิลิคอนไดออกไซด์แล้วทำการเจาะซิลิคอนไดออกไซด์ออกเป็นช่อง



(ช) – ทำการลอกน้ำยาโฟโตรีซีสออก แล้วทำการสร้างชั้นโลหะอะลูมิเนียม



(ณ) – ทำการกัดชั้นโลหะอะลูมิเนียมออกเป็นลวดลาย สำหรับวัดที่ซีอาร์ของโพลิรีซีสเตอร์

รูปที่ 4.10 (ก)- (ณ) ลำดับกระบวนการสร้างโครงสร้าง สำหรับวัดที่ซีอาร์ของโพลิรีซีสเตอร์(ต่อ)

สัญลักษณ์สีคือ

ซิลิคอนชนิดพี	ฟิล์มซิลิคอนไดออกไซด์	ฟิล์มซิลิคอนไนไตรด์	ฟิล์มโพลีซิลิคอน	ฟิล์มโลหะอะลูมิเนียม	น้ำยาโฟโตรีซีส