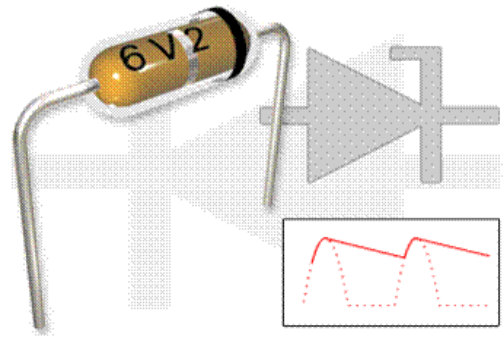


บทที่ 1

สารกึ่งตัวนำ และไดโอด

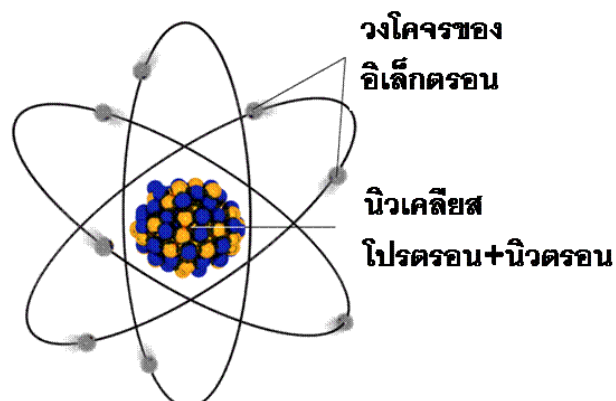


วัตถุประสงค์

1. เข้าใจอะตอมของฉนวน ตัวนำ และสารกึ่งตัวนำ
2. อธิบายสารกึ่งตัวนำ ชนิดต่างๆ ได้
3. เข้าใจการไบแอส รอยต่อ พี-เอ็น ของสารกึ่งตัวนำ
4. อธิบายไดโอด และคุณสมบัติทางกระแสและแรงดันของไดโอดได้

1.1 อะตอมของวัสดุ

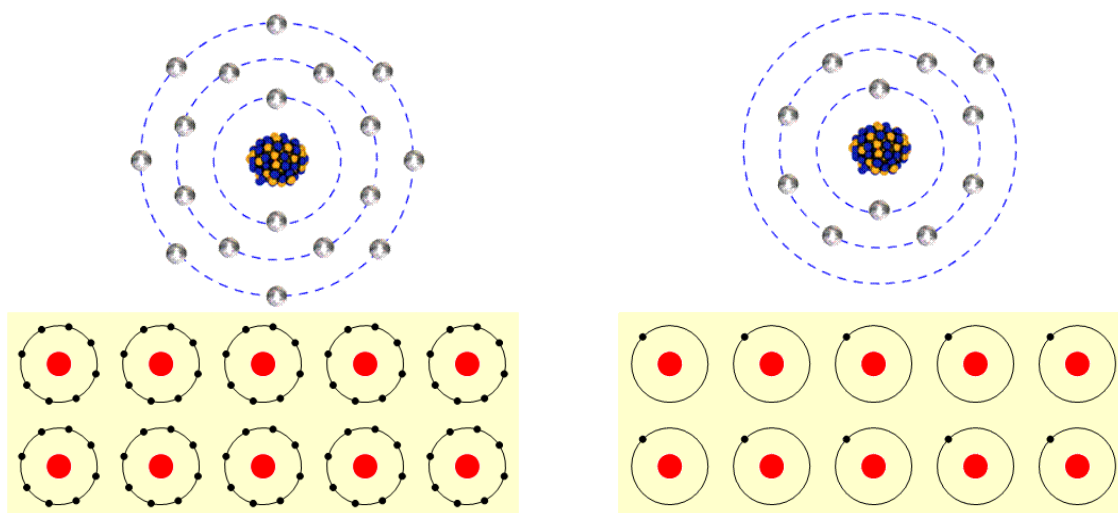
วัสดุทุกชนิดในโลก เกิดจากการรวมตัวของอะตอมหลายๆ อะตอม (Atom) อะตอมคือ อนุภาคขนาดเล็กมาก ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตามเปล่า โครงสร้างของอะตอมประกอบไปด้วย (1) แกนกลาง หรือนิวเคลียส (Nucleus) ซึ่งมีประจุไฟฟ้าบวก ในนิวเคลียสจะประกอบไปด้วยอนุภาค อีก 2 ชนิด คือ นิวตรอน (Neutron) และโปรตอน (Proton) ซึ่งมีจำนวนเท่ากัน และเท่ากับจำนวนของอิเล็กตรอน (2)อิเล็กตรอน (Electron) ซึ่งโคจรรอบๆ นิวเคลียส อิเล็กตรอนจะมีประจุไฟฟ้าลบอยู่ที่ตัวของมัน ดังรูปที่ 1-1



รูปที่ 1-1 อะตอมของวัสดุ

1.2 ฉนวน ตัวนำ และสารกึ่งตัวนำ

ฉนวน (Insulator) หมายถึง วัสดุที่มีความต้านทานไฟฟ้าสูง วัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวน คือวัสดุที่อะตอมของมันมีอิเล็กตรอนวงนอกสุด จำนวน 8 ตัว วัสดุกลุ่มนี้จะมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมของวัสดุที่แน่นหนามาก พลังงานจากภายนอกไม่สามารถทำให้อิเล็กตรอน (Electron) ทั้ง 8 ตัว ที่เกาะเกี่ยวกันอยู่หลุดออกไปได้ กระแสไฟฟ้า (อิเล็กตรอน) จึงไม่สามารถไหลผ่านฉนวนได้ โครงสร้างอะตอมของฉนวนแสดงในรูปที่ 1-2

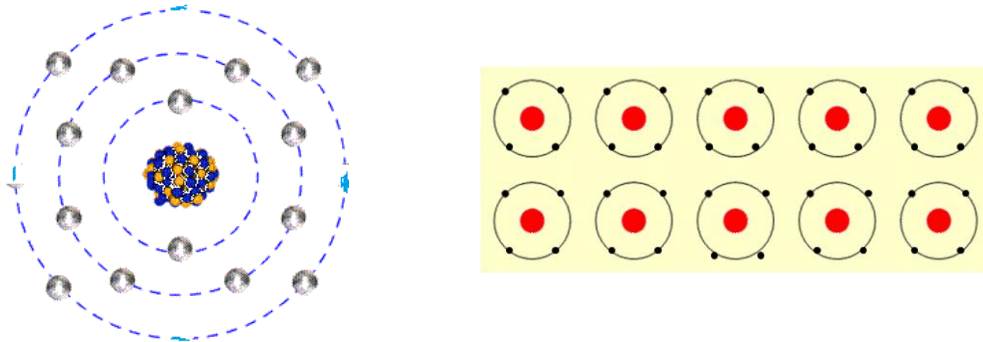


รูปที่ 1-2 โครงสร้างอะตอมของฉนวน รูปที่ 1-3 โครงสร้างอะตอมของตัวนำ

ตัวนำ (Conductor) หมายถึง วัสดุที่มีความต้านทานไฟฟ้าต่ำมาก หรือมีค่าความนำไฟฟ้า (Conductor) สูงมาก กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านวัสดุตัวนำได้ดี วัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นตัวนำ อะตอมของมันจะมีอิเล็กตรอนวงนอกสุดน้อยที่สุด คือมีเพียง 1 ตัว เท่านั้น แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอม ของมันจึงต่ำมาก พลังงานจากภายนอกเพียงเล็กน้อย จะทำให้อิเล็กตรอนวงนอกสุด หลุดออกมาจากการเกาะเกี่ยว ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลได้ โดยง่าย โครงสร้างอะตอมของตัวนำแสดงในรูปที่ 1-3

สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) หมายถึง วัสดุที่มีคุณสมบัติกึ่งฉนวน และกึ่งตัวนำ แสดงว่ามีอิเล็กตรอนวงนอกสุด (Valance Electron) จำนวน 4 ตัว จึงมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมปานกลาง เมื่อมีพลังงานไฟฟ้าจำนวนหนึ่ง จ่ายให้กับมันในชั่วที่ถูกต้อง มันจะนำกระแสได้ (เป็นตัวนำ) และหากจ่ายไฟฟ้าในชั่วที่กลับกัน มันจะไม่นำไฟฟ้า (เป็นฉนวน) โครงสร้าง

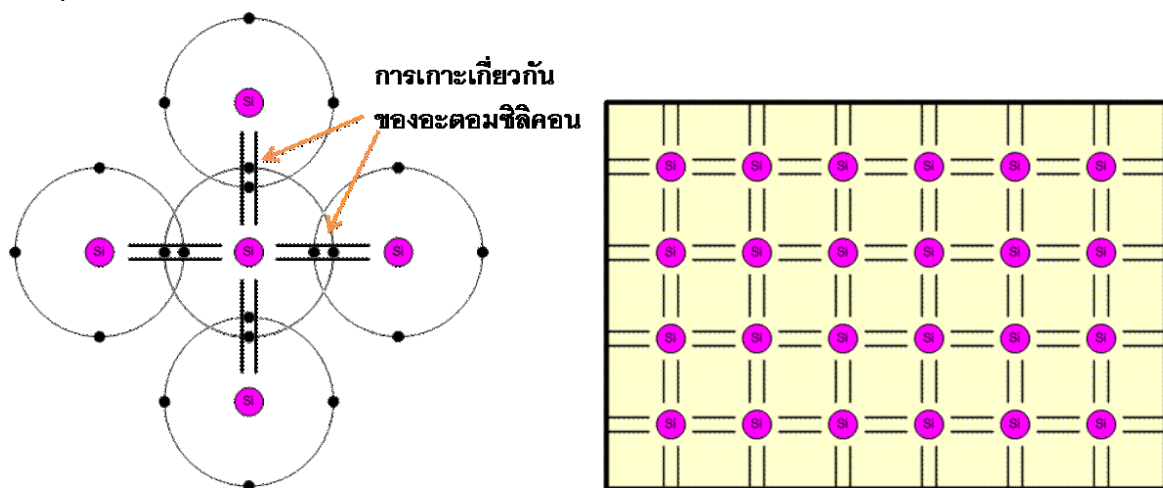
อะตอมของวัสดุที่เป็นสารกึ่งตัวนำแสดงในรูปที่ 1-4 สารกึ่งตัวนำที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น ซิลิคอน (Silicon) และเยอรมาเนียม (Germanium) เป็นต้น



รูปที่ 1-4 โครงสร้างอะตอมของสารกึ่งตัวนำ

1.3 สารกึ่งตัวนำซิลิคอน (Silicon Semiconductor)

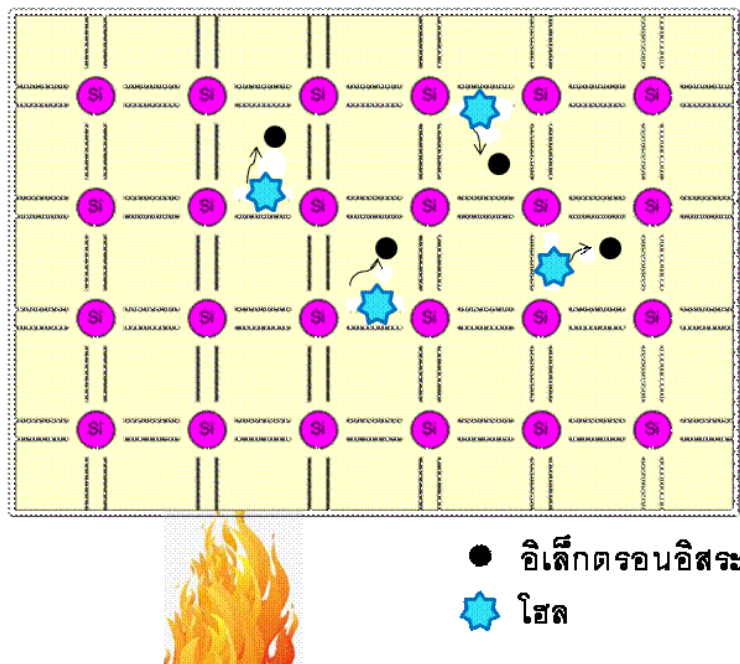
ซิลิคอน อะตอม (Silicon atom ; Si) เป็นอะตอมของสารกึ่งตัวนำชนิดหนึ่งที่สำคัญและนำมาใช้สร้างเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเกือบทุกชนิด อะตอมของซิลิคอนจะมีอิเล็กตรอนวงนอกสุด จำนวน 4 ตัว แต่ละอะตอมจะแบ่งปันการเกาะเกี่ยวกัน กับซิลิคอนอะตอมอื่น ๆ ทำให้เกิดแถบยึดเหนี่ยว (Bond) ในแนวดิ่ง และแนวนอน ทำให้วัสดุสารกึ่งตัวนำรวมกันเป็นชิ้น หรือเป็นผลึกได้ ดังรูปที่ 1-6 ส่วนภาพ 1-5 แสดงการเกาะเกี่ยวกันของอะตอม ซิลิคอนบริสุทธิ์ (Intrinsic Silicon)



รูปที่ 1-5 แสดงการเกาะเกี่ยวกันของอิเล็กตรอนวงนอกสุดของอะตอมซิลิคอน

รูปที่ 1-6 แสดงโครงสร้างอะตอมของผลึกซิลิคอนบริสุทธิ์

เมื่อมีพลังงานจากภายนอก เช่น ไฟฟ้า ความร้อน หรือพลังงานจากแสงอาทิตย์ (พลังงานเหล่านี้ส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมา) มากระทบต่อสารกึ่งตัวนำ หากพลังงานมีค่ามากกว่าแรงยึดเหนี่ยวของอิเล็กตรอนวงนอกสุดของอะตอมซิลิคอน จะทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกมา เรียกว่า อิเล็กตรอนอิสระ (Free Electron) ซึ่งก็คือกระแสไฟฟ้า มีประจุเป็นลบ(-) และตำแหน่งที่มันหลุดออกมาจะเกิดช่องว่าง หรือโฮล (Hole) มีประจุไฟฟ้าเป็นบวก(+) ดังรูปที่ 1-7

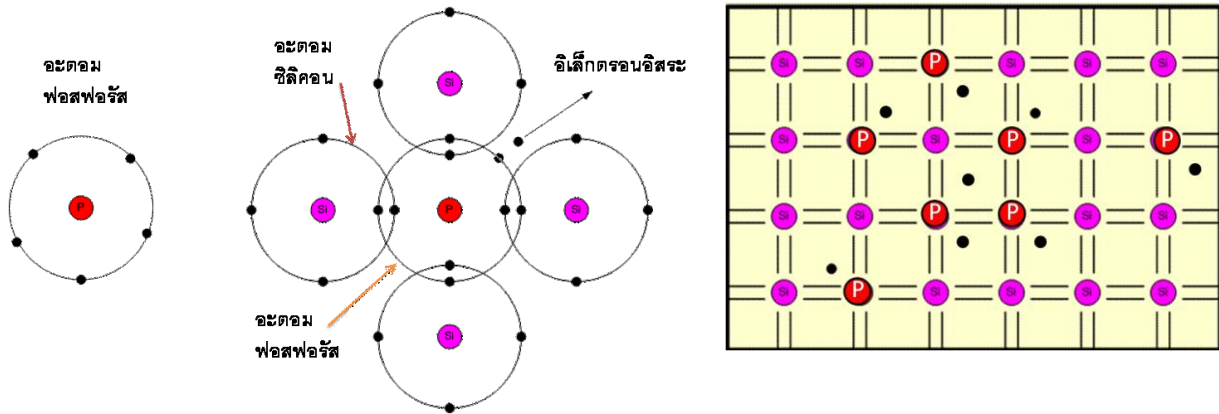


รูปที่ 1-7 การเกิดอิเล็กตรอนอิสระ และโฮลในสารกึ่งตัวนำซิลิคอน

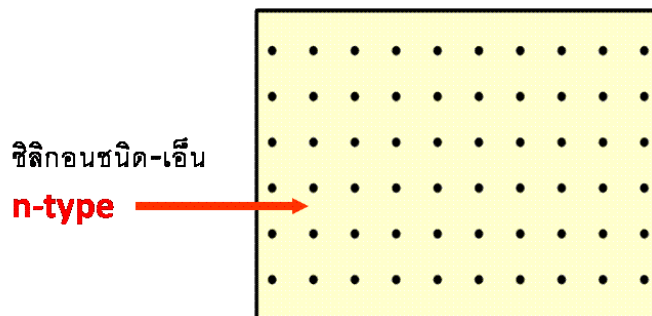
1-3-1 สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (N-type Semiconductor)

เมื่อนำสารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ มาเติมด้วยธาตุชนิดอื่นที่มีอะตอมต่างกันเข้ามา เรียกว่าการโด๊ป (Doping) จะเปลี่ยนคุณสมบัติทางไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ ให้เป็นสารกึ่งตัวนำชนิด เอ็น หรือสารกึ่งตัวนำชนิดพี (P-type Semiconductor)

อะตอมของฟอสฟอรัส (Phosphorus atom : P) ฟอสฟอรัสเป็นธาตุลำดับที่ 15 ในตารางธาตุ มีจำนวนอิเล็กตรอนวงนอกสุด 5 ตัว เมื่อนำฟอสฟอรัส 1 อะตอม ไปเติมลงในผลึกซิลิคอนบริสุทธิ์ จะเกิดอิเล็กตรอนส่วนเกินมา 1 ตัว และหากเติมอะตอมฟอสฟอรัสเข้าไป 7 ตัวจะทำให้เกิดอิเล็กตรอนส่วนเกิน 7 ตัว ดังรูปที่ 1-8



รูปที่ 1-8 การเติมอะตอมของฟอสฟอรัสเข้าไปในพอลิซิลิคอน



สารกึ่งตัวนำชนิด-เอ็น จะมีประจุพาหะข้างมากเป็นลบ (Majority charge carriers are negative) และมีประจุพาหะข้างน้อยเป็นบวก หรือ โฮล ภาพที่เขียนแทนสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นแสดงในรูปที่ 1-9

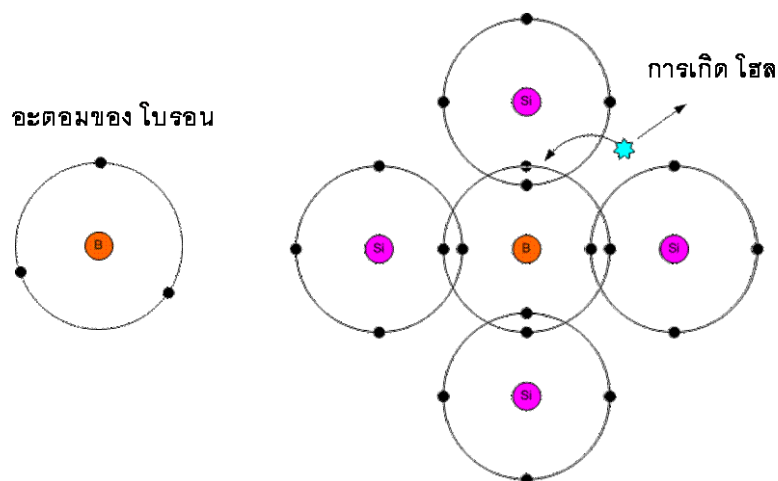
รูปที่ 1-9 สารกึ่งตัวนำชนิด-เอ็น

1-3-2 สารกึ่งตัวนำชนิด-พี (P-Type Semiconductor)

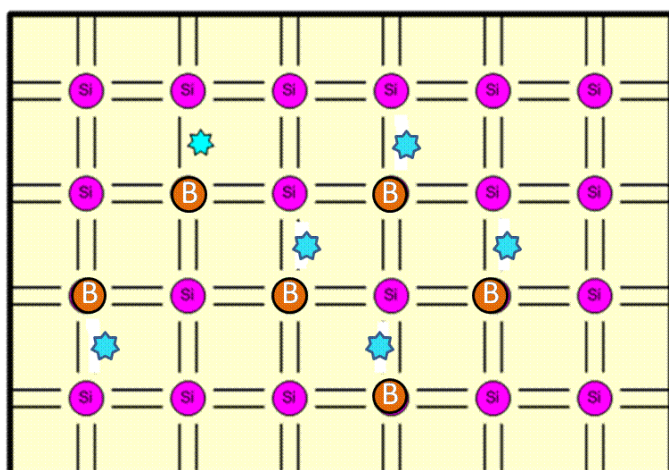
อะตอมของโบรอน (Boron Atom ; B) โบรอน (B) คือ ธาตุที่อยู่ในลำดับที่ 5 ในตารางธาตุ เป็นธาตุที่มีอิเล็กตรอนวงนอกสุดจำนวน 3 ตัว และเมื่อเติมโบรอน 1 อะตอมเข้าไปในซิลิคอนบริสุทธิ์ จะทำให้เกิดช่องว่าง หรือ โฮล 1 ตำแหน่ง โฮลนี้จะมีประจุไฟฟ้าบวก (+) ดังแสดงในรูปที่ 1 – 10

						VIII A			
						2		He 4.003	
		5	6	7	8	9	10		
		B	C	N	O	F	Ne		
		10.811	12.011	14.007	15.999	18.998	20.183		
		13	14	15	16	17	18		
		Al	Si	P	S	Cl	Ar		
		26.982	28.086	30.974	32.064	35.453	39.948		
29	30	31	32	33	34	35	36		
Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr		
63.54	65.37	69.72	72.59	74.922	78.96	79.909	83.80		

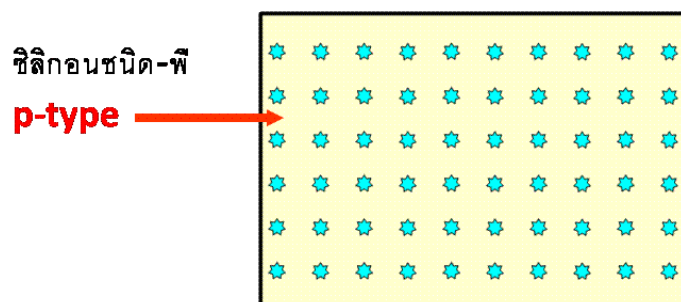
																VIIIA	
																2	He
																4.003	
																10	Ne
																20.183	
																18	Ar
																39.948	
IB		IIB		IIIA		IVA		VA		VIA		VIIA					
29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44		
Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Xe		
63.54	65.37	69.72	72.59	74.922	78.96	79.909	83.80	85.468	87.62	88.906	91.224	92.906	95.94	98.906	131.29		
47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62		
Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu		
107.870	112.40	114.82	118.69	121.75	127.60	126.904	131.29	137.327	138.905	140.127	140.908	144.242	144.913	147.077	151.964		
79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94		
Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu		
196.967	200.59	204.37	207.19	208.980	(210)	(210)	(222)	(223)	(226)	(227)	(232)	(231)	(238)	(237)	(244)		



รูปที่ 1-10 อะตอมของโบรอนเติมในสารซิลิคอนบริสุทธิ์



เมื่อเติมอะตอมของโบรอนจำนวนมาก ๆ จะทำให้สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์กลายเป็นสารกึ่งตัวนำชนิด-พี ภายในสารกึ่งตัวนำชนิด-พี จะมีประจุข้างมากเป็นบวก (+) เพราะมีโฮลจำนวนมากนั่นเอง รูปของผลึกสารกึ่งตัวนำชนิด-พี (ซิลิคอน) แสดงในรูปที่ 1-11



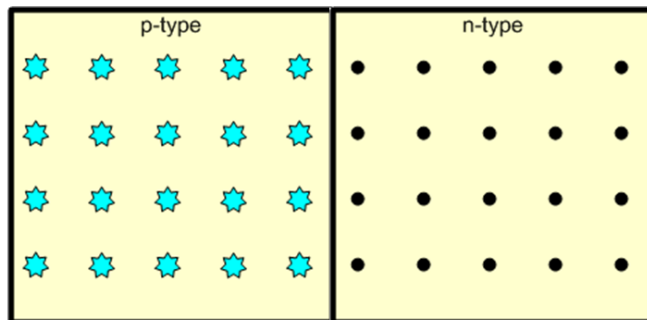
รูปที่ 1-11 สารกึ่งตัวนำซิลิคอนชนิด-พี

1.4 สารกึ่งตัวนำ พี-เอ็น และการไบแอส

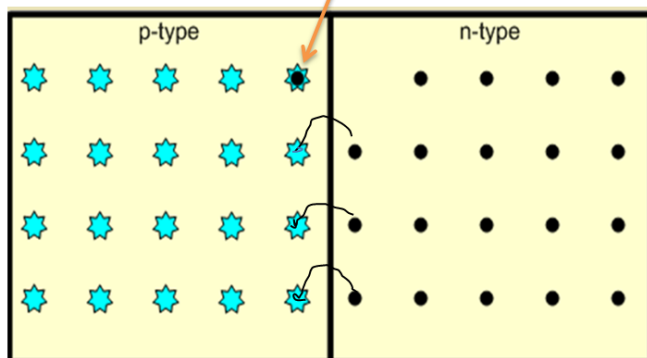
1-4-1 การเชื่อมต่อ พี-เอ็น (P-N Junction)

คือ การนำสารกึ่งตัวนำชนิด – พี มาต่อกับสารกึ่งตัวนำชนิด-เอ็น เมื่อเกิดการต่อกันจะเกิดปรากฏการณ์ตามลำดับดังนี้ เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน จากสาร-เอ็น บริเวณใกล้เคียง

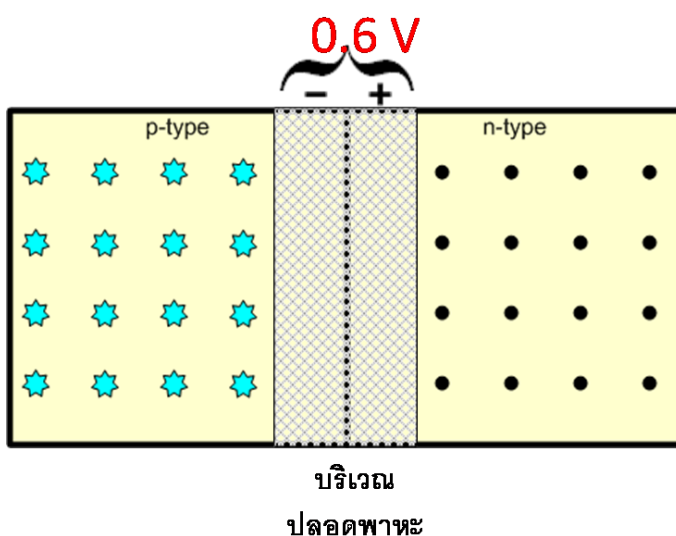
1. รอยต่อ พี-เอ็น



2. อิเล็กตรอนข้ามรอยต่อ ไปรวมกับโฮล



3. มีแรงดันตกคร่อมรอยต่อ 0.6V



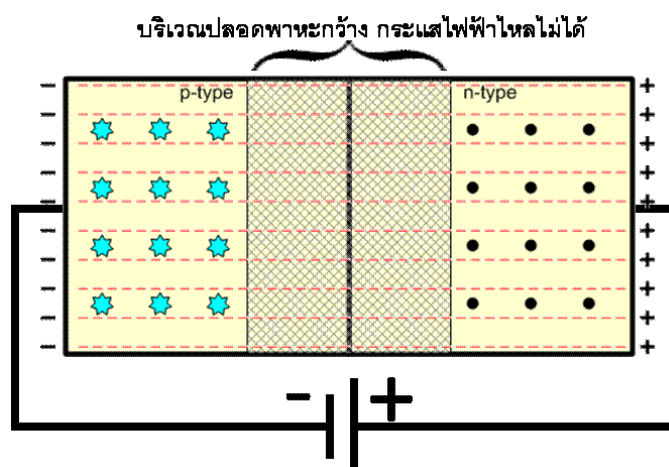
รอยต่อ ข้ามรอยต่อไปจับกับโฮลในสาร-พี ทำให้อิเล็กตรอนจับคู่กับโฮล ทำให้เกิดสภาวะเป็นกลาง คือไม่มีประจุไฟฟ้าบริเวณรอยต่อ พี-เอ็น เพราะไม่มีประจุไฟฟ้าบวกหรือลบ อยู่เลยเราเรียกว่าบริเวณปลอดพาหะ (Depletion Layer) รอยต่อด้านสาร-พี จะสูญเสียโฮลไป จึงเกิดศักดาไฟฟ้าลบ ส่วนทางสาร-เอ็น สูญเสียอิเล็กตรอนไป จึงเกิดศักดาไฟฟ้าบวก จึงทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมรอยต่อ พี-เอ็น ของสารกึ่งตัวนำชนิดซิลิคอน (Junction Voltage) มีค่าประมาณ 0.6 V ดังแสดงในรูปที่ 1-12

รูปที่ 1-12 การเชื่อมต่อของสารกึ่งตัวนำ พี-เอ็น และการเกิดบริเวณปลอดพาหะและแรงดันตกคร่อมรอยต่อ พี-เอ็น

1-4-2 การไบแอส (Bias)

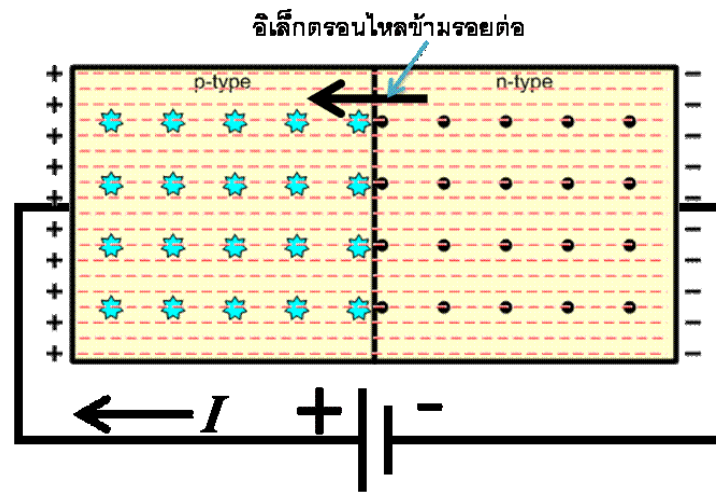
การไบแอส ใหัรยต่อ พี-เอ็น ทำได้ 2 วิธี คือ การให้ไบแอสตรง (Forward Bias) และการให้ไบแอสกลับ (Reverse Bias) การไบแอส หมายถึง การป้อนแรงดันไฟฟ้าเข้าที่สารกึ่งตัวนำชนิดพีและเอ็น

การไบแอสกลับ คือ การจ่ายแรงดันไฟฟ้าขั้วบวก (+) เข้าที่สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (N-type to positive) และจ่ายขั้วลบ (-) ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าเข้าที่สารกึ่งตัวนำชนิดพี (P-type to negative) เมื่อต่อไบแอสกลับให้กับรยต่อ พี-เอ็น จะทำให้บริเวณปลอดพาหะกว้างมากขึ้น จะมีกระแสไฟฟ้าไหลเข้ารยต่อได้ เปรียบเหมือนสภาวะที่รยต่อ พี-เอ็น ทำงานคล้ายฉนวน “สรุปได้ว่า เมื่อรยต่อ พี-เอ็น ได้รับไบแอสกลับจะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวมัน” แต่ในทางปฏิบัติจะมีกระแสรั่วไหล (Leakage Current) ไหลผ่านจำนวนน้อยมาก มีค่าเพียงไมโครแอมแปร์เท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 1-13



รูปที่ 1-13 การไบแอสกลับรยต่อ พี-เอ็น

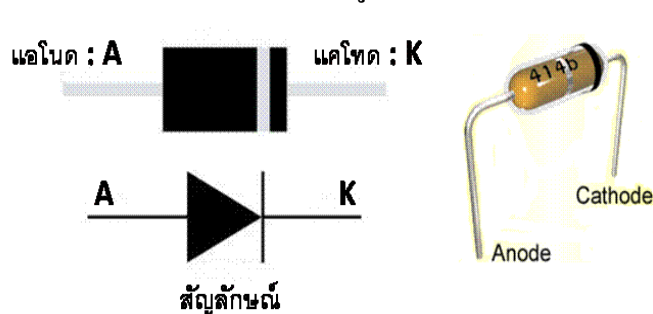
การไบแอสตรง คือการจ่ายไฟฟ้าขั้วบวก (+) ให้กับสารกึ่งตัวนำชนิดพี และแหล่งจ่ายไฟฟ้าขั้วลบ (-) ให้กับสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น จะทำให้อิเล็กตรอนที่มีอยู่จำนวนมาก (Majority) ในชั้นสารกึ่งตัวนำชนิด-เอ็น เคลื่อนที่ข้ามรยต่อทันที เกิดกระแสไฟฟ้าจำนวนมากไหลผ่านรยต่อ พี-เอ็น ได้ อย่างไรก็ตามยังคงมีแรงดันตกคร่อมรยต่อประมาณ 0.6 V เมื่อมีกระแสไหลผ่านรยต่อ พี-เอ็น ดังรูปที่ 1-14 ให้ซิลิคอน อะตอม (Silicon atom ; Si) เป็นอะตอมของสารกึ่งตัวนำชนิดหนึ่งที่สำคัญและนำมาใช้สร้างเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเกือบทุกชนิด อะตอมของซิลิคอนจะมี



รูปที่ 1-14 การไบแอสตรง ที่รอยต่อ พี-เอ็น

1-5 ไดโอด (Diode)

รอยต่อ พี-เอ็น ของสารกึ่งตัวนำซิลิคอน ได้พัฒนาเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เรียกว่า ไดโอด ไดโอดมี 2 ขั้ว ขั้วที่ขึ้นสารชนิดพี เรียกว่า แอโนด Anode : (A) และขั้วที่ขึ้นสารชนิดเอ็นเรียกว่า แคโทด (Cathode : K) สัญลักษณ์ของไดโอดเปรียบเทียบกับสารกึ่งตัวนำ 1 รอยต่อ (พี-เอ็น) แสดงในรูปที่ 1-15

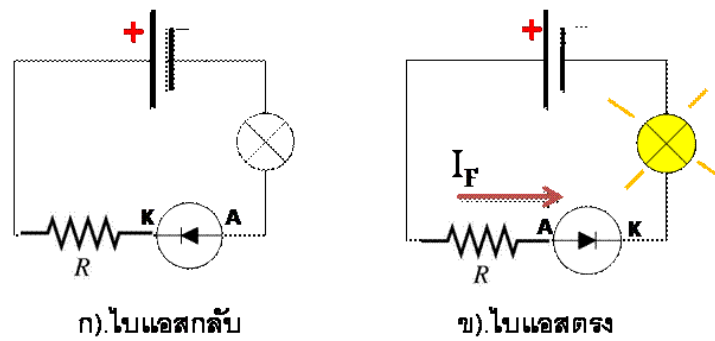


ดังนั้น แรงดันที่ตกคร่อมไดโอด เมื่อ ไดโอดนำกระแสจึงเท่ากับ 0.6V นั่นคือ แรงดันที่ตกคร่อมรอยต่อ พี-เอ็น นั่นเอง

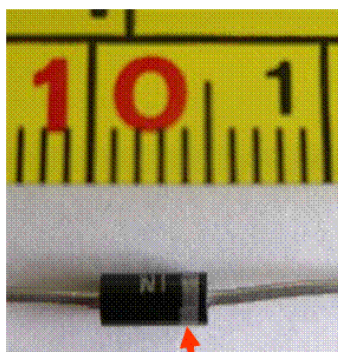
รูปที่ 1-15

1-5-1 คุณสมบัติของไดโอด

1. เมื่อได้รับไบแอสกลับไดโอดจะไม่นำกระแส
2. เมื่อได้รับไบแอสตรง ที่แรงดันมากกว่า 0.6V ไดโอดจะนำกระแสได้
3. โดยปกติในรวมไดโอดจะต้องต่อตัวต้านทานจำกัดกระแสเพื่อป้องกันไดโอดเสมอ



รูปที่ 1-16 การไบแอสไดโอด

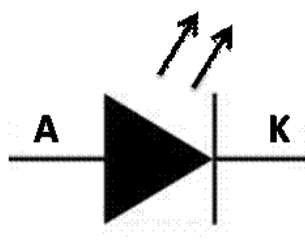
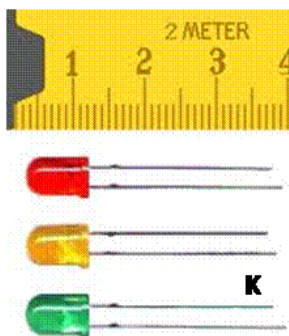


รูปที่ 1-17 ลักษณะของไดโอด

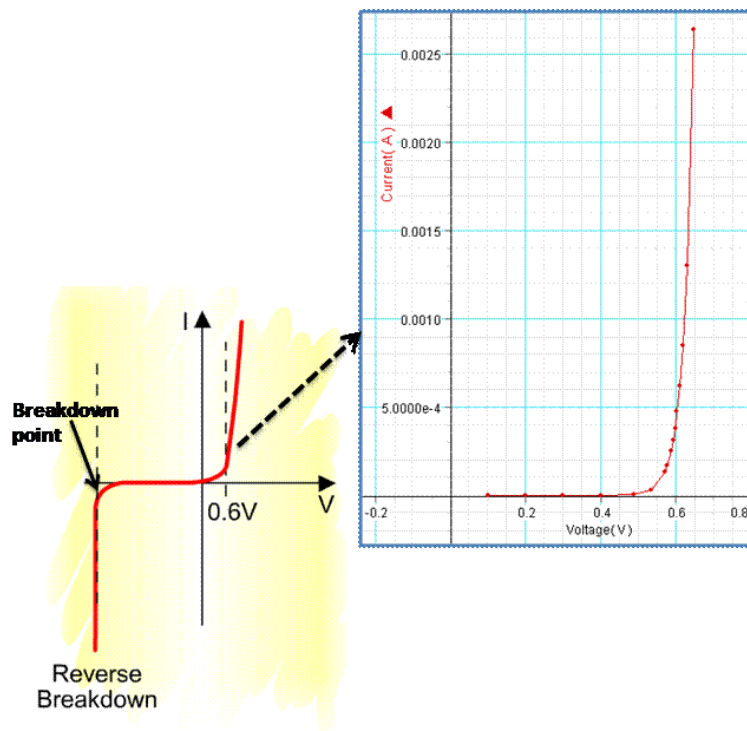
ลักษณะของไดโอดแสดงในรูปที่ 1-17 ที่ตัวถังไดโอดขนาดเล็กจะมีแถบสีเงิน ซึ่งแสดงว่าเป็นขั้วแคโทด (K) อีกขั้วหนึ่งของมันจึงเป็นขั้วแอโนด (A) โดยปกติไดโอดจะใช้ในวงจรเรียงกระแส (Rectifier Circuit) เพื่อแปลงกระแสไฟสลับให้เป็นกระแสไฟตรง

1-5-2 ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting diode : LED)

ไดโอดบางชนิดเมื่อได้รับไบแอสตรง หรือเมื่อนำกระแส จะเปล่งแสงได้ เราเรียกว่า ไดโอดเปล่งแสง หรือ แอล.อี.ดี. (LED) ลักษณะของแอล.อี.ดี. แสดงในรูปที่ 1-19 ลักษณะของมันจะมีขายาว ๆ และตัวหลอดเป็นพลาสติก จะมีสีชัดเจน เช่น สีแดง สีเขียว สีเหลือง เป็นต้น

รูปที่ 1-18 ลักษณะของ
ไดโอดเปล่งแสง

1-5-3 กราฟคุณสมบัติของไดโอด



กราฟคุณสมบัติของไดโอด เป็นคุณสมบัติทางกระแสและแรงดัน (VI Curve) เมื่อไดโอดได้รับไบแอสตรงและไบแอสกลับ เมื่อไดโอดได้รับไบแอสตรงจะมีกระแสไหลผ่านไดโอดได้ และจะมีแรงดันตกคร่อมไดโอดเท่ากับ 0.6V เมื่อไดโอดได้รับไบแอสกลับ จะมีกระแสรั่วไหลผ่านไดโอดได้จำนวนน้อยมาก (น้อยกว่าไมโครแอมป์)

รูปที่ 1-19 กราฟคุณสมบัติทางกระแสและแรงดัน (VI Curve) ของไดโอด

(หรือ $\frac{1}{1,000,000}$ A) และถ้าไดโอดได้รับไบแอสกลับที่แรงดันสูงมาก ๆ จะมีกระแสไฟฟ้าจำนวนมากไหลทะลุผ่านไดโอด ไดโอดจะพังเสียหาย ที่จุดเบรกดาวน์ (Breakdown point) กราฟคุณลักษณะของไดโอดแสดงในรูปที่ 1-19

1-5-4 คาต้าชีท ของไดโอด (Diode Data Sheet)

คาต้าชีท จะแสดงข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นในการเลือกใช้งานไดโอดได้อย่างถูกต้อง ซึ่งควรอ่านและเข้าใจในตัวเลขที่สำคัญ 4 ค่า คือ

1. แรงดันตกคร่อมเมื่อนำกระแส (Forward Voltage Drop)
2. กระแสเฉลี่ยเมื่อไดโอดได้รับไบแอสตรง (Average forward Current)
3. กระแสไบแอสกลับสูงสุด (Peak Reverse Current)
4. แรงดันเบรกดาวน์ (Breakdown Voltage)

ตัวอย่างการอ่านค่าไดโอดจากคาต้าชีท แสดงในรูปที่ 1-20



1N4001 - 1N4007

1.0A RECTIFIER

Maximum Ratings and Electrical Characteristics @T_A = 25°C unless otherwise specified

Single phase, half wave, 60Hz, resistive or inductive load.
For capacitive load, derate current by 20%.

Characteristic	Symbol	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	Unit
Peak Repetitive Reverse Voltage	V_{RRM}								
Working Peak Reverse Voltage	V_{RWM}	50	100	200	400	600	800	1000	V
DC Blocking Voltage	V_R								
RMS Reverse Voltage	$V_{R(RMS)}$	35	70	140	280	420	560	700	V
Average Rectified Output Current (Note 1) @ $T_A = 25^{\circ}C$	I_O	1.0							A
Non-Repetitive Peak Forward Surge Current 8.3ms single half sine-wave superimposed on rated load	I_{FSM}	30							A
Forward Voltage @ $I_F = 1.0A$	V_{FM}	1.0							V
Peak Reverse Current @ $T_A = 25^{\circ}C$	I_{RM}	5.0							μA
at Rated DC Blocking Voltage @ $T_A = 100^{\circ}C$		50							
Typical Junction Capacitance (Note 2)	C_j	15				8			pF
Typical Thermal Resistance Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	100							K/W
Maximum DC Blocking Voltage Temperature	T_A	+150							$^{\circ}C$
Operating and Storage Temperature Range	T_J, T_{STG}	-65 to +150							$^{\circ}C$

Notes: 1. Leads maintained at ambient temperature at a distance of 9.5mm from the case.
2. Measured at 1.0 MHz and applied reverse voltage of 4.0V DC.
3. EU Directive 2002/95/EC (RoHS). All applicable RoHS exemptions applied, see EU Directive 2002/95/EC Annex Notes.

รูปที่ 1-20 ค่าจำเพาะของไดโอด เบอร์ 1N4001-1N4007

แบบฝึกหัดเรื่อง สารกึ่งตัวนำและไดโอด

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. อะตอมของซิลิคอน มีอิเล็กตรอนวงนอกสุดกี่ตัว

ก. 2 ตัว

ข. 3 ตัว

ค. 4 ตัว

ง. 5 ตัว

2. สารกึ่งตัวนำซิลิคอนชนิด พี เกิดจากการเติมสารชนิดใดเข้าไปในผลึกซิลิคอน

ก. โบรอน

ข. แคลเซียม

ค. ฟอสฟอรัส

ง. โปรแตสเซียม

3. เมื่อใส่สารกึ่งตัวนำชนิด พี-เอ็น มาต่อกันจะเกิดสิ่งใดก่อน

ก. บริเวณปลอดพาหะ

ข. ไดโอด

ค. แรงดันตกคร่อม 0.6V

ง. กระแสไม่ไหลผ่านรอยต่อ

4. วัสดุที่เป็นตัวนำ จะมีจำนวนของอิเล็กตรอนวงนอกสุดกี่ตัว

ก. 8 ตัว

ข. 4 ตัว

ค. 2 ตัว

ง. 1 ตัว

5. ข้อใดกล่าวถูกต้อง เรื่อง สารกึ่งตัวนำ

ก. สารที่มีคุณสมบัติเป็นตัวนำ

ข. สารที่มีคุณสมบัติเป็นตัวนำและเป็นฉนวนก็ได้

ค. สารที่มีคุณสมบัติดีกว่าฉนวน

ง. สารที่มีคุณสมบัติดีกว่าตัวนำ

6. โหมด ในสารกึ่งตัวนำจะมีประจุไฟฟ้าเป็น

ก. ลบ

ข. บวก

ค. กลาง

ง. บวก – ลบ

7. อิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำจะเคลื่อนที่ไปได้ด้วยสาเหตุใด

- ก. ได้รับความร้อน
- ข. ได้รับความสว่าง
- ค. ได้รับความเย็น
- ง. ข้อ ก. และข้อ ข. ถูก

8. ข้อใดคือสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น

- ก. มีโฮลจำนวนมาก
- ข. มีจำนวนอิเล็กตรอนมาก
- ค. มีจำนวนโฮลเท่ากับอิเล็กตรอน
- ง. มีประจุไฟฟ้าที่รอยต่อ 0.6V

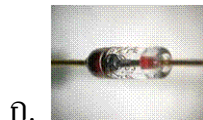
9. ข้อใดกล่าวถึงไดโอดไม่ถูกต้อง

- ก. มีแรงดันตกคร่อมรอยต่อ 6.0V
- ข. มีขั้ว 2 ขั้ว คือ บวก / ลบ
- ค. มีขั้ว 2 ขั้ว คือ แอโนด / แคโทด
- ง. มีราคาถูก

10. การไบแอสตรง ให้กับไดโอด หมายถึงข้อใด

- ก. ให้แรงดัน + กับขั้ว A และแรงดัน - กับขั้ว K
- ข. ให้แรงดัน - กับขั้ว A และแรงดัน + กับขั้ว K
- ค. ให้แรงดัน + กับขั้ว K และแรงดัน - กับขั้ว A
- ง. ให้แรงดัน + กับขั้ว P และแรงดัน - กับขั้ว N

11. ข้อใดคือไดโอดเปล่งแสง



12. ข้อใดคือกราฟคุณสมบัติของไดโอด

