หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ความรู้เกี่ยวกับผิวสัมผัสระหว่างโลหะกับสารกึ่งตัวนำเริ่มต้นเมื่อปี คศ.1874 ซึ่งเป็นปีที่ Braun ได้ค้นพบลักษณะแบบไม่สมมาตรในการนำกระแสของผิวสัมผัสระหว่างโลหะกับสารกึ่งตัวนำ คือ ทองแดงกับเหล็กซัลไฟด์ (1) แม้ว่ายังไม่มีใครสามารถอธิบายปรากฏการณ์นี้ได้ ผิวสัมผัสระหว่างโลหะกับโลหะซัลไฟด์ได้ถูกนำไปใช้เป็น Detector ในกิจการวิทยุ ต่อมา Pickard ได้ทำผิวสัมผัสแบบ Point - contact โดยใช้ซิลิกอน (2) แต่ก็ไม่ได้นำไปใช้กว้างขวางนัก ส่วนใหญ่ของผิวสัมผัสที่ใช้งานในกิจการวิทยุในปี คศ.1920 เป็นแบบ Cat's whisker ซึ่งประกอบด้วยลวดทังสเตนจี้ต่อกับผลึกตะกั่วซัลไฟด์

การหาเหตุผลอธิบายปรากฏการณ์นำกระแสทิศทางเดียวของผิวสัมผัสระหว่างโลหะกับสารกึ่งตัวนำเริ่มต้นอย่างจริงจังในปี คศ.1931 โดย Schottky, Störmer และ Waibel ได้เสนอว่า "เมื่อเกิดกระแสไหลผ่านผิวสัมผัสระหว่างโลหะกับสารกึ่งตัวนำ แรงต่างศักย์ส่วนใหญ่จะตกคร่อมบริเวณผิวสัมผัส ดังนั้นจึงน่าจะมี Potential barrier ที่บริเวณผิวสัมผัสดังกล่าว" (3) ปี คศ.1932 Wilson และผู้ร่วมงานได้อธิบายการนำกระแสทิศทางเดียวว่าเป็นปรากฏการณ์เคลื่อนทะลุผ่าน barrier (4) แต่ได้ผลไม่ตรงกับการทดลอง ต่อมาอีก 5 ปี Schottky (5) พร้อมๆกับ Mott (6) เสนอว่าปรากฏการณ์ดังกล่าวสามารถอธิบายด้วยทฤษฎี Drift และ Diffusion ในเนื้อสารกึ่งตัวนำ Potential - barrier ที่ผิวสัมผัสเกิดขึ้นเนื่องจากความแตกต่างของค่า Work function ของโลหะกับของสารกึ่งตัวนำ ระหว่างสงครามโลกครั้งที่สองได้เกิดทฤษฎีขัดแย้งกับทฤษฎีของ Schottky และ Mott โดย Bethe ได้เสนอว่าปรากฏการณ์นำกระแสทิศทางเดียวเป็นไปตามทฤษฎี Thermionic - emission (7) และ Bardeen ก็ได้อธิบายผลการวัดค่า Barrier height ที่มีค่าไม่ขึ้นกับค่า Work function ของโลหะว่า "บริเวณผิวของสารกึ่งตัวนำมี Surface states ซึ่งจะมีอิทธิพลมากกว่าคุณสมบัติเฉพาะตัวของโลหะ" (8) แต่โดยทั่วๆไปค่า Barrier height มีค่ามากเมื่อผิวสัมผัสทำจากโลหะที่มีค่า Work - function มาก (9)

ในช่วงปี คศ.1950 - 1960 เทคโนโลยีในการทำสุญญากาศได้รับการพัฒนา ผิวสัมผัสระหว่างโลหะและสารกึ่งตัวนำถูกทดลองทำขึ้นโดยการระเหยไอโลหะเคลือบสารกึ่งตัวนำภายใต้สภาวะสุญญากาศประมาณ 10^{-6} ทอร์ ผิวสมบัติแบบนี้มีลักษณะที่สามารถอธิบายได้โดยทฤษฎีและสามารถควบคุมให้มีลักษณะสมบัติตามต้องการได้ง่ายกว่าผิวสัมผัสแบบ Point Contact การทำผิวสัมผัสและการวิจัยจึงหันมาทำแบบระเหยไอโลหะในสภาวะสุญญากาศแทน หลังจากนั้นได้มีการทดลองและวิจัยซึ่งก่อให้เกิดความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีการผลิตสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำอย่างมากมาย ดังเช่นผลงานทางด้านทฤษฎีของ Crowell และ Sze [10] ผลการทดลองของ Goodman [11,12], Archer และ - Atalla [13], Kahng [14], Mead [15] และ Cowley [16] เป็นต้น

ปัจจุบันโครงสร้างและการประยุกต์ใช้งานของสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างรวดเร็ว สิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำแบบใหม่ๆอาจจะหมดคุณค่าในเวลาเพียงไม่กี่ปี แต่กระบวนการพื้นฐานยังคงอยู่และมีความสำคัญอันดับแรกในการผลิต สิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำไม่ว่าจะเป็นแบบใด เช่น ไดโอด ทรานซิสเตอร์ เซลแสงอาทิตย์ ไอซี ฯลฯ จะต้องมีส่วนที่เป็นผิวสัมผัสระหว่างโลหะและสารกึ่งตัวนำเสมอ ผิวสัมผัสนี้ส่วนมากจะถูกสร้างให้มีลักษณะสมบัติแบบโอห์มมิค คือ มีค่าความต้านทานต่ำมากๆ (น้อยกว่า 10^{-3} โอห์ม-ซม.^{2}) [9] นอกจากนั้นผิวสัมผัสดังกล่าวบางส่วนจะถูกสร้างให้มีลักษณะสมบัติแบบเรคติฟายอิง คือยอมให้กระแสผ่านได้ทิศทางเดียว เช่น ในสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำแบบช็อตกี้

เป้าหมายในการวิจัย คือ การหาวิธีการและโลหะที่เหมาะสมในการทำผิวสัมผัสระหว่างโลหะและสารกึ่งตัวนำให้มีลักษณะสมบัติตามต้องการ และผลการวิจัยจะเป็นข้อมูลส่วนหนึ่งในการวิจัยพัฒนา - เซลแสงอาทิตย์ ซึ่งห้องปฏิบัติการวิจัยสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์ - มหาวิทยาลัย ได้ดำเนินการอยู่

การวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ผิวสัมผัสแบบโอห์มมิคและผิวสัมผัสแบบเรคติฟายอิง แว่นผลึกซิลิกอนที่ใช้ทำตัวอย่างผิวสัมผัสแบบโอห์มมิคเป็นแบบชั้นเดียว (Monolayer) ชนิด P และ N ค่าความต้านทาน 10 - 20, 1 - 2 โอห์ม-ซม. และ 1 - 2, 0.015 โอห์ม-ซม. ตามลำดับ ส่วนตัวอย่างผิวสัมผัสแบบเรคติฟายอิงนั้นเลือกใช้แบบ Epitaxy ชนิด P - P^+ และ N - N^+ ค่าความต้านทานของชั้น Epitaxial 5, 8 โอห์ม-ซม. และ 0.72, 0.18 โอห์ม-ซม. ตามลำดับ ชั้น Sub - strate มีค่าความต้านทานน้อยกว่า 0.015 โอห์ม-ซม. โลหะที่ใช้ทำผิวสัมผัส คือ อลูมิเนียม ทอง

เงิน ดีบุกและนิเกิล ผิวสัมผัสทำขึ้นโดยการฉาบไอโลหะในสภาวะสูญญากาศประมาณ 10^{-6} ทอร์ โดยใช้ Oil - diffusion pump ยกเว้นนิเกิลซึ่งใช้วิธีการขุบแว่นผลึกซิลิกอนในสารละลายนิเกิลที่มีอุณหภูมิ 80° เซลเซียส

การทดลองเรื่องผิวสัมผัสแบบโอห์มมิคในการวิจัยครั้งนี้เลือกใช้วิธี Transmission Line Model method ส่วนการทดลองเรื่องผิวสัมผัสแบบเรคติฟายอิงนั้นทำแบบซ็อตกี้ไดโอดที่มี Guard ring และวัดหาค่าความสัมพันธ์ของกระแสกับแรงดัน นอกจากนั้นยังได้ทดลองอบความร้อนตัวอย่างผิวสัมผัสในบรรยากาศของแก๊ซไนโตรเจนบริสุทธิ์ เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางไฟฟ้า