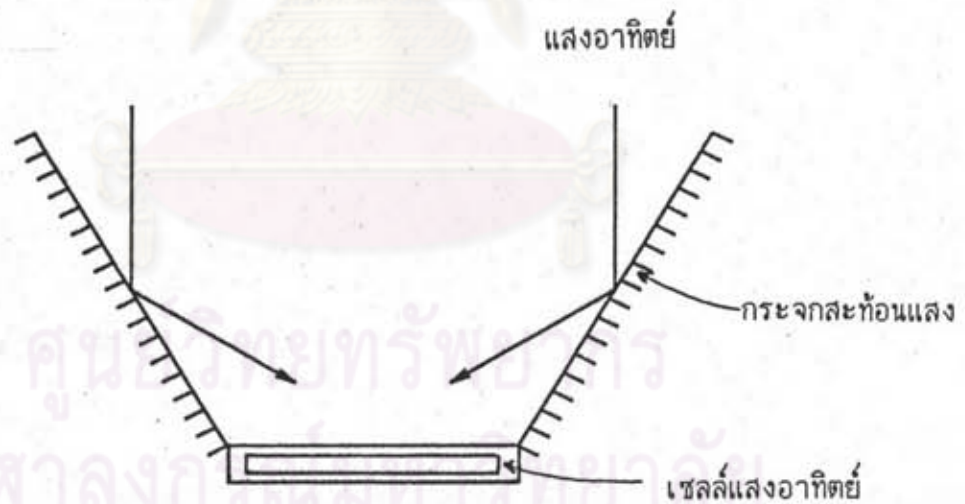


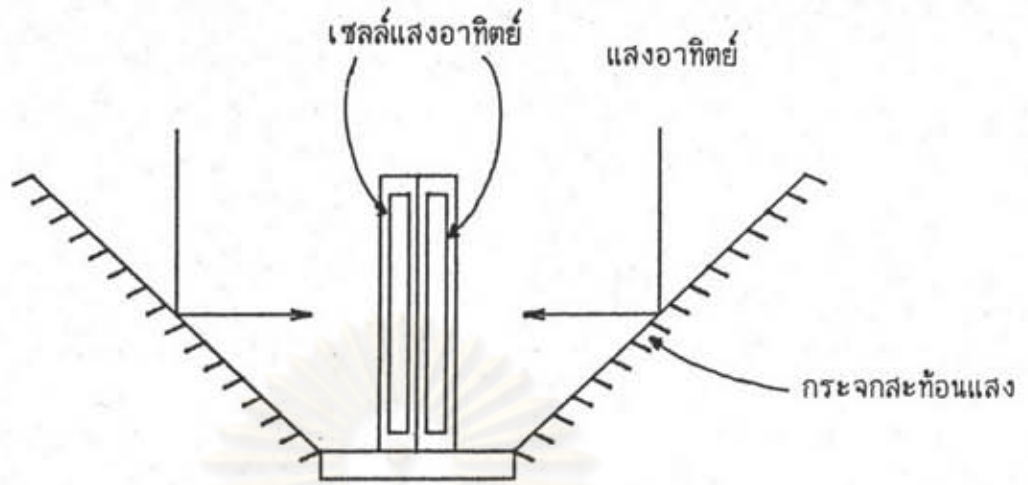
## บทที่ 3

## เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีพื้นที่ทำงาน 2 หน้า

3.1 ความเป็นมา

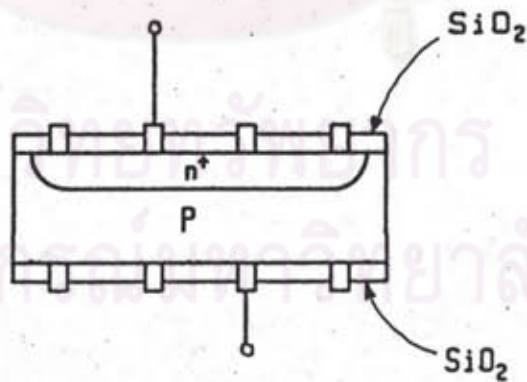
เนื่องจากการที่ค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจรของเซลล์แสงอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลงไปตามความเข้มแสงคือจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อความเข้มแสงสูงขึ้น และจะมีค่าลดลงเมื่อความเข้มแสงมีค่าลดลง จากคุณสมบัติดังกล่าวทางห้องปฏิบัติการวิจัย SDRL ได้ทดลองนำเอากระจกสะท้อนแสงมาใช้เพิ่มความเข้มแสงโดยวางกระจกทำมุม  $60^\circ$  กับพื้นดังแสดงไว้ในรูป 3.1 ซึ่งพบว่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจรมีค่าสูงขึ้นเมื่อเทียบกับเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่มีกระจกสะท้อนแสง ต่อมาได้ทดลองนำเอาเซลล์แสงอาทิตย์ 2 ตัวหันหลังชนกันวางตั้งในแนวตั้งและนำกระจกมาวางทำมุม  $45^\circ$  กับพื้นดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.2 ซึ่งการทดลองอันหลังนี้มีได้มุ่งเน้นไปที่การเพิ่มประสิทธิภาพแต่ประการใด

รูปที่ 3.1 เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีกระจกวางทำมุม  $60^\circ$

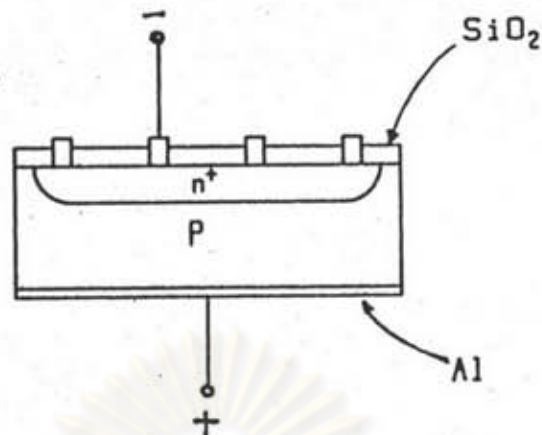


รูปที่ 3.2 เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีกระจกวางทำมุม 45°

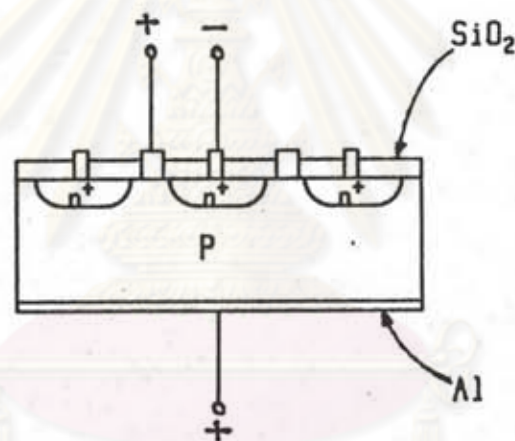
ดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 1 ว่าต้นทุนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ส่วนหนึ่งนั้นขึ้นอยู่กับค่าวัสดุในการทำเริ่มต้นซึ่งมีมูลค่าประมาณ 70 % ของราคาเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตได้ ดังนั้นจากการทดลองข้างต้นทำให้เกิดแนวความคิดที่จะทำการลดต้นทุนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ลงโดยที่จะลดการทำเซลล์แสงอาทิตย์ 2 ตัวบนแก้วผลึก 2 แผ่นให้เหลือเพียง 1 แผ่นเท่านั้น



รูปที่ 3.3 เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีโครงสร้างยอมให้แสงผ่านเข้าทางด้านหลังได้



รูปที่ 3.4 เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีโครงสร้างแบบปรกติ



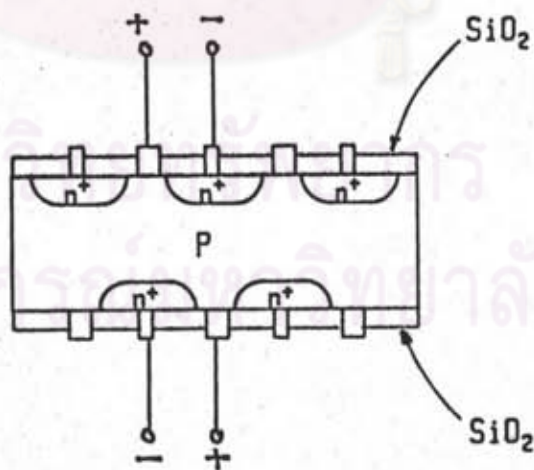
รูปที่ 3.5 เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีโครงสร้างแบบพลาเนอร์

ได้มีการศึกษาถึงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีโครงสร้างที่ยอมให้แสงผ่านเข้าทางด้านหลัง พบว่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจรเพิ่มขึ้นจากกรณีที่มีแสงฉายเข้าทางด้านหน้าด้านเดียวอยู่ในระดับไม่เกิน 3-8 % [38] เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีโครงสร้างยอมให้แสงส่องเข้าทางด้านหลัง ได้มีลักษณะดังรูปที่ 3.3 ซึ่งแตกต่างจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีโครงสร้างแบบปรกติ ( Conventional Solar Cell ) โดยที่ทางด้านหลังมีลวดลายขี้โลหะอยู่ เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีโครงสร้างแบบปรกติแสดงไว้ในรูปที่ 3.4 และจากการศึกษาเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีโครงสร้างแบบพลาเนอร์

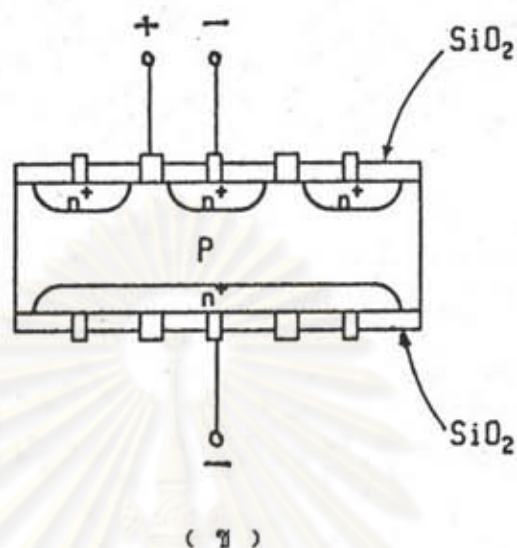
( Planar Structure ) [39] พบว่ามีสมรรถนะใกล้เคียงกับเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีโครงสร้างแบบปรกติที่มีลวดลายโลหะบนผิวด้านหน้าเหมือนกัน สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีโครงสร้างแบบพลาแนร์ในที่นี้ นั้น ใช้เรียกเฉพาะเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในโครงงานนี้เท่านั้น โดยมีโครงสร้างดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.5 ซึ่งมีลักษณะต่างจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีโครงสร้างแบบปรกติโดยที่มีชั้นซิลิคอนและแคโทดอยู่ด้านเดียวกัน จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นพบว่า มีแนวโน้มเป็นไปได้ที่จะทำการยุบการทำเซลล์แสงอาทิตย์ 2 ตัวบนแวนต์ 2 แผ่นให้เหลือเพียงแผ่นเดียว ซึ่งเป็นการลดวัสดุที่ใช้ทำเซลล์แสงอาทิตย์ลง ทำให้ต้นทุนการผลิตในด้านวัสดุลดลง เซลล์แสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นมาี้เรียกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีพื้นที่ทำงาน 2 หน้า ( Solar Cell with Two Active Areas ) ในวิทยานิพนธ์นี้จะขอเรียกเซลล์แสงอาทิตย์นี้แบบย่อว่า SC2AA และจะเรียกเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีโครงสร้างแบบปรกติว่า CSC ( Conventional Solar Cell )

### 3.2 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีพื้นที่ทำงาน 2 หน้า

SC2AA เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีโครงสร้างแบบหัวต่อพี-เอ็น ซึ่งมีลักษณะพิเศษที่แตกต่างกับเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีโครงสร้างแบบหัวต่อพี-เอ็นทั่วไปตรงที่ SC2AA จะมีหัวต่อพี-เอ็นทั้ง 2 ด้านของเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งยอมให้แสงผ่านเข้าไปที่หัวต่อทั้ง 2 ด้านได้ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.6 ก และ 3.6 ข



( ก )



รูปที่ 3.6 เซลล์แสงอาทิตย์แบบที่มีพื้นที่ทำงาน 2 หน้า

ข้อแตกต่างระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์ในรูปที่ 3.6 ก และ 3.6 ข คือ เซลล์แสงอาทิตย์ในรูปที่ 3.6 ก ทางด้านหลังมีการแพร่ซึมไม่เต็มตลอดทั้งหน้ามีชั้นไฟฟ้าบวกและลบทางด้านหลัง ส่วนเซลล์แสงอาทิตย์ในรูป 3.6 ข ทางด้านหลังมีการแพร่ซึมเกือบเต็มทั้งหน้ามีชั้นไฟฟ้าลบเพียงชั้นเดียวและมีพื้นที่ทำงานมากกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ในรูปที่ 3.6 ก เป็นผลทำให้กระแสไฟฟ้าโฟโตมีค่าสูงกว่า

### 3.3 การเปรียบเทียบระหว่าง SC2AA กับ CSC

SC2AA และ CSC มีข้อที่แตกต่างกันและเหมือนดังต่อไปนี้คือ

1. SC2AA และ CSC เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีโครงสร้างแบบหัวต่อพี-เอ็นเหมือนกัน และสร้างอยู่บนแฉกผลึก 1 แฉกเหมือนกัน
2. SC2AA สามารถใช้งานในลักษณะเดียวกับ CSC ได้ โดยฉายแสงเพียงด้านเดียวเหมือนกับ CSC

3. เนื่องจาก SC2AA เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่ดัดแปลงมาจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีโครงสร้างแบบพลาเนอร์ ดังนั้นจึงมีขั้วอิเล็กทรอนิกส์และแคโทดอยู่ด้านเดียวกัน ส่วน CSC มีขั้วอิเล็กทรอนิกส์และแคโทดอยู่คนละด้าน

4. SC2AA ยอมให้แสงผ่านเข้าได้ถึง 2 ด้าน เนื่องจากมีผิวที่รับแสงอยู่ 2 ด้าน ส่วน CSC ยอมให้แสงผ่านเข้าทางด้านหน้าเพียงด้านเดียวเนื่องจากด้านหลังมีขั้วโลหะทึบแสงเต็มทั้งหน้า

5. SC2AA มีขั้นตอนการผลิตซับซ้อนกว่า CSC เนื่องจากต้องมีการถ่ายแบบหลายครั้งเพื่อเปิดช่องออกไซด์สำหรับการแพร่ซึมและทำขั้วโลหะ

6. SC2AA จะมีค่าความต้านทานอนุกรมสูงกว่า CSC เนื่องจากการออกแบบขั้วโลหะแอโนดและแคโทดให้อยู่บนด้านเดียวกันทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านในแนวราบ ระยะห่างระหว่างขั้วโลหะแอโนดและแคโทดมีค่ามากเมื่อเปรียบเทียบกับ CSC ซึ่งมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านในแนวตั้ง และระยะห่างระหว่างขั้วโลหะแอโนดและแคโทดมีระยะสั้นเท่ากับความหนาของแผ่นฟิล์มที่ใช้สร้างทำให้กระแสที่ไหลผ่านในแนวตั้งจะไหลได้ดีกว่า และเนื่องจากขั้วโลหะแอโนดของ SC2AA มีขนาดเล็กลงทำให้กระแสไฟฟ้าไหลไม่สะดวก

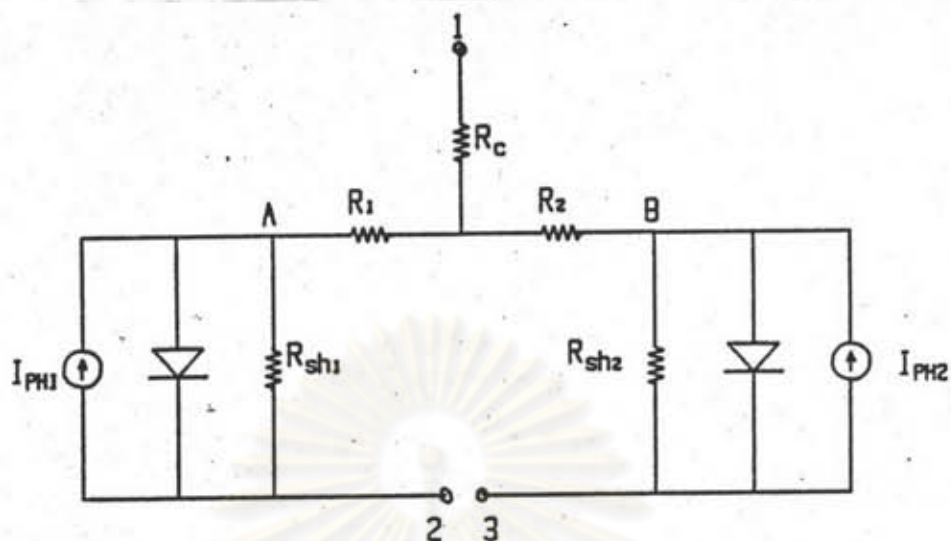
7. การใช้งาน SC2AA ต้องให้แสงเข้าทั้ง 2 ด้านของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยอาศัยกระจกสะท้อนแสง ส่วน CSC สามารถรับแสงได้โดยตรง

8. กำลังไฟฟ้าขาออก SC2AA เมื่อต่อเซลล์แสงอาทิตย์ในลักษณะขนานกันจะมีค่ามากกว่า CSC เพราะกระแสไฟฟ้าลัดวงจรมีค่ามากขึ้นเนื่องจากมีพื้นที่ทำงานเพิ่มขึ้นอีก 1 ด้าน แต่เมื่อคิดต่อด้านแล้ว CSC จะมีกำลังไฟฟ้าขาออกมากกว่าเนื่องจากมีพื้นที่ทำงานต่อด้านมากกว่า

9. SC2AA มีแนวโน้มว่ามีประสิทธิภาพต่ำกว่า CSC เนื่องจากมีค่าความต้านทานอนุกรมเพิ่มขึ้นเป็นผลทำให้ฟิลล์แพกเตอรืมีค่าต่ำ

#### 3.4 วงจรมุมูลของ SC2AA และวงจรมุมูลของ CSC 2 ตัวต่อขนานกัน

วงจรมุมูลของ SC2AA จะมีส่วนที่แตกต่างจาก CSC คือการคิดค่าความต้านทานอนุกรมนั้นต้องคิดค่าความต้านทานภายในแยกกับค่าความต้านทานผิวสัมผัสตั้งแสดงไว้ในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 วงจรสมมูลของ SC2AA

- โดยที่  $R_1$  คือ ความต้านทานภายในด้านที่ 1  
 $R_2$  คือ ความต้านทานภายในด้านที่ 2  
 $R_c$  คือ ความต้านทานผิวสัมผัส  
 $R_{sh1}$  คือ ความต้านทานขนานด้านที่ 1  
 $R_{sh2}$  คือ ความต้านทานขนานด้านที่ 2  
 $I_{ph1}$  คือ กระแสไฟฟ้าโฟโตด้านที่ 1 เมื่อฉายแสงเพียงด้านเดียว  
 $I_{ph2}$  คือ กระแสไฟฟ้าโฟโตด้านที่ 2 เมื่อฉายแสงเพียงด้านเดียว

กำหนดให้  $R_{s1}$  คือ ความต้านทานอนุกรมด้านที่ 1

$R_{s2}$  คือ ความต้านทานอนุกรมด้านที่ 2

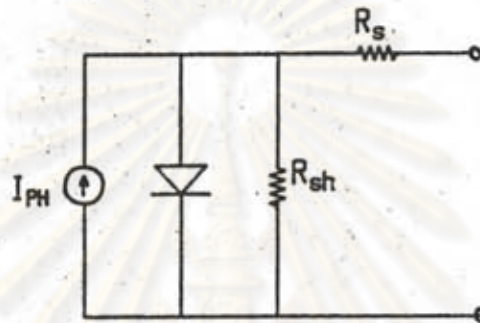
โดยที่

$$R_{s1} = R_1 + R_c \quad (3.1)$$

$$R_{s2} = R_2 + R_c \quad (3.2)$$

ในการต่อวงจรไฟฟ้าที่ขั้ว 1-2 หรือ 1-3 ถ้ามีการฉายแสงเข้าทั้ง 2 ด้านพร้อมกันค่า  $I_{ph1}$  และค่า  $I_{ph2}$  จะมีค่าเพิ่มขึ้นอีก 3 - 8 % เนื่องจากแสงจากทางด้านที่มีหัวต่ออีกสามารถทะลุมาถึงหัวต่ออีกด้านได้

จากรูปที่ 3.7 สามารถเขียนเป็นวงจรสมมูลแบบทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์ได้ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 วงจรสมมูลของ SC2AA เมื่อทำการยุบวงจรแล้ว

โดยที่

$$I_{ph} = I_{ph1} + I_{ph2} + I_{a1} + I_{a2} \quad (3.3)$$

$$R_s = R_c + R_1 R_2 / (R_1 + R_2) \quad (3.4)$$

$$R_{sh} = R_{sh1} R_{sh2} / (R_{sh1} + R_{sh2}) \quad (3.5)$$

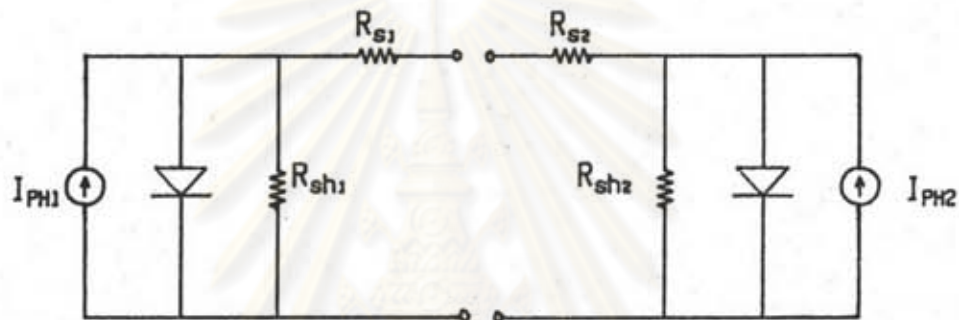
$I_{a1}, I_{a2}$  คือ กระแสไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการฉายแสงเข้าทั้ง 2 ด้าน

การหาค่า  $R_s$  และ  $R_{sh}$  นั้นทำการวัดในที่มืด ดังนั้นค่า  $I_{ph1}, I_{ph2}$  จะมีค่าเป็นศูนย์ และสมมติให้ค่าแรงดันไฟฟ้าที่จุด A และ B มีค่าเท่ากัน ดังนั้นค่าความต้านทานจะอยู่ในลักษณะขนานกันทำให้ยุบมาเป็นสมการ (3.4) และ (3.5)



จากสมการ ( 3.4 ) และ ( 3.5 ) พบว่าค่า  $R_s$  จะมีค่าอยู่ระหว่างค่า  $R_{s1}$  กับ  $R_{s2}$  และค่า  $R_{sh}$  จะมีค่าน้อยลงเท่ากับ  $R_{sh1}/2$  ถ้าค่า  $R_{sh1}$  และ  $R_{sh2}$  มีค่าเท่ากัน เพราะฉะนั้นค่าฟิลล์แฟกเตอร์ควรมีค่าลดลงเนื่องจากค่า  $R_{sh}$  มีค่าลดลง ส่วนค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์นั้นยังบอกไม่ได้แน่นอนลงไปว่าจะมีค่าลดลงหรือไม่เนื่องจากค่า  $I_{ph}$  มีค่าเพิ่มขึ้น แต่ก็มีแนวโน้มว่าควรมีค่าลดลงเนื่องจากมีค่าฟิลล์แฟกเตอร์ลดลง

วงจรสมมูลของ CSC 2 ตัวต่อขนานกันจะมีลักษณะดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 วงจรสมมูลของ CSC 2 ตัวต่อขนานกัน

เมื่อทำการยุบวงจรแล้วจะเหมือนกับรูปที่ 3.6 โดยมีส่วนที่แตกต่างจาก SC2AA คือ

$$I_{ph} = I_{ph1} + I_{ph2}$$

$$R_s = R_{s1} R_{s2} / (R_{s1} + R_{s2})$$

ซึ่งค่า  $R_s$  ของการต่อ CSC 2 ขนานกันนี้จะมีค่าน้อยกว่าของ SC2AA ส่วนค่า  $I_{ph}$  จะมีค่ามากกว่าแน่นอนเนื่องจากค่า  $I_{ph}$  นั้นขึ้นกับพื้นที่รับแสง ซึ่งปรกติแล้ว SC2AA จะมีพื้นที่รับแสงน้อยกว่า CSC ที่มีขนาดเท่ากัน แม้ว่า SC2AA จะมีกระแสส่วนที่เพิ่มจากการฉายแสงเข้าทั้ง 2 ด้านก็ตามแต่ก็เป็นเพียงปริมาณไม่มากเมื่อเทียบกับกระแสส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นใน CSC