

บทที่ 3

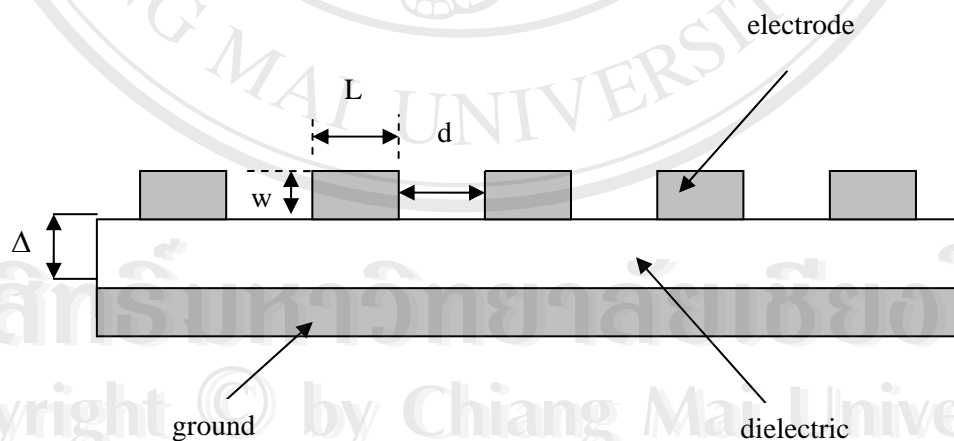
การทดลอง

ในการสร้างแบบจำลอง เพื่อทดสอบเงื่อนไขต่างๆที่มีผลต่อการกระจายของสนามไฟฟ้า เช่น ชนิดของไดอิเล็กตริก แรงดันไฟฟ้า รูปร่าง ขนาดของอิเล็กโทรด ความดันขณะทำการทดลอง และเพื่อจำลองการกระจายของสนามไฟฟ้า ในการออกแบบให้มีประสิทธิภาพจำเป็นต้องอาศัยสมมติฐานที่ถูกต้อง ในงานวิจัยนี้ ใช้โปรแกรม Maxell SV ออกแบบระบบ และใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับพลาสมาความดันบรรยากาศ แบบจำลองที่เหมาะสมในการก่อกำเนิดพลาสมาความดันบรรยากาศสำหรับประยุกต์บนสิ่งทอ ทั้ง 2 แบบ คือ

3.1 แบบจำลองการเกิดสนามไฟฟ้าแบบ surface discharge

3.2 แบบจำลองการเกิดสนามไฟฟ้าแบบ coplanar discharge

3.1 แบบจำลองการเกิดพลาสมาแบบ surface discharge



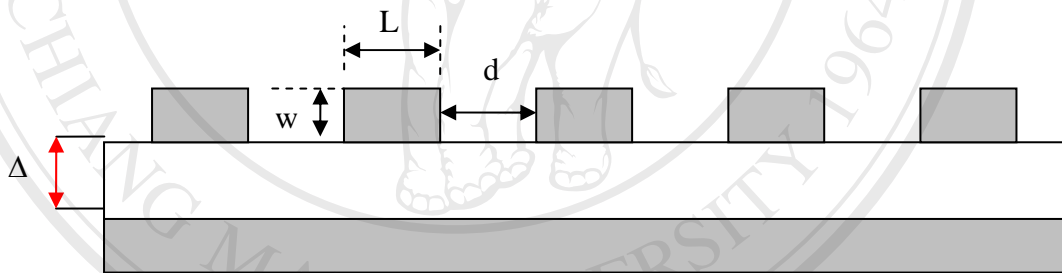
รูปที่ 3.1 แบบจำลองการเกิดสนามไฟฟ้าแบบ surface discharge

3.1.1 เปรียบเทียบการเกิดสนามไฟฟ้ากับชนิดของไดอิเล็กตริก

จากผลการจำลองเพื่อทดสอบความคงทนไฟฟ้าของไดอิเล็กตริกชนิดต่าง ๆ นั้น ได้ทำการสร้างอิเล็กโทรดที่มีขนาดความหนา (w) 0.2 มิลลิเมตร มีระยะ (d) ระหว่างอิเล็กโทรดเท่ากับ 2 มิลลิเมตร แผ่นไดอิเล็กตริกมีขนาด หนา (Δ) 0.3 มิลลิเมตร และแผ่นกราวด์มีขนาด 70 มิลลิเมตร หนา 0.2 มิลลิเมตร มีลักษณะอิเล็กโทรด ติดกับแผ่นไดอิเล็กตริกทดลองภายใต้ความดันบรรยากาศ (รูปที่ 3.1) ทดลองเปลี่ยนชนิดของไดอิเล็กตริก

3.1.2 เปรียบเทียบการเกิดสนามไฟฟ้ากับความหนาไดอิเล็กตริก

สร้างอิเล็กโทรดขนาดความกว้าง (L) 2 มิลลิเมตร. ระยะห่าง (d) ระหว่างอิเล็กโทรด 2 มม. จำนวน 5 ขั้ว แต่ละขั้วมีความหนา (w) ของอิเล็กโทรด 0.2 มิลลิเมตร เริ่มต้นที่ 0.1 มิลลิเมตร ทดลองที่แรงดันตั้งแต่ 1 กิโลโวลต์จนถึง 15 กิโลโวลต์ เพิ่มความหนาของไดอิเล็กตริกขึ้นทีละ 0.1 มิลลิเมตร ไปจนถึง 10 มิลลิเมตร โดยที่ความกว้างระยะห่างระหว่างของอิเล็กโทรด และความหนา (w) ของ อิเล็กโทรดคงที่ (รูปที่ 3.2) ทดลองที่แรงดันที่ตั้งแต่ 1 กิโลโวลต์ จนถึง 15 กิโลโวลต์



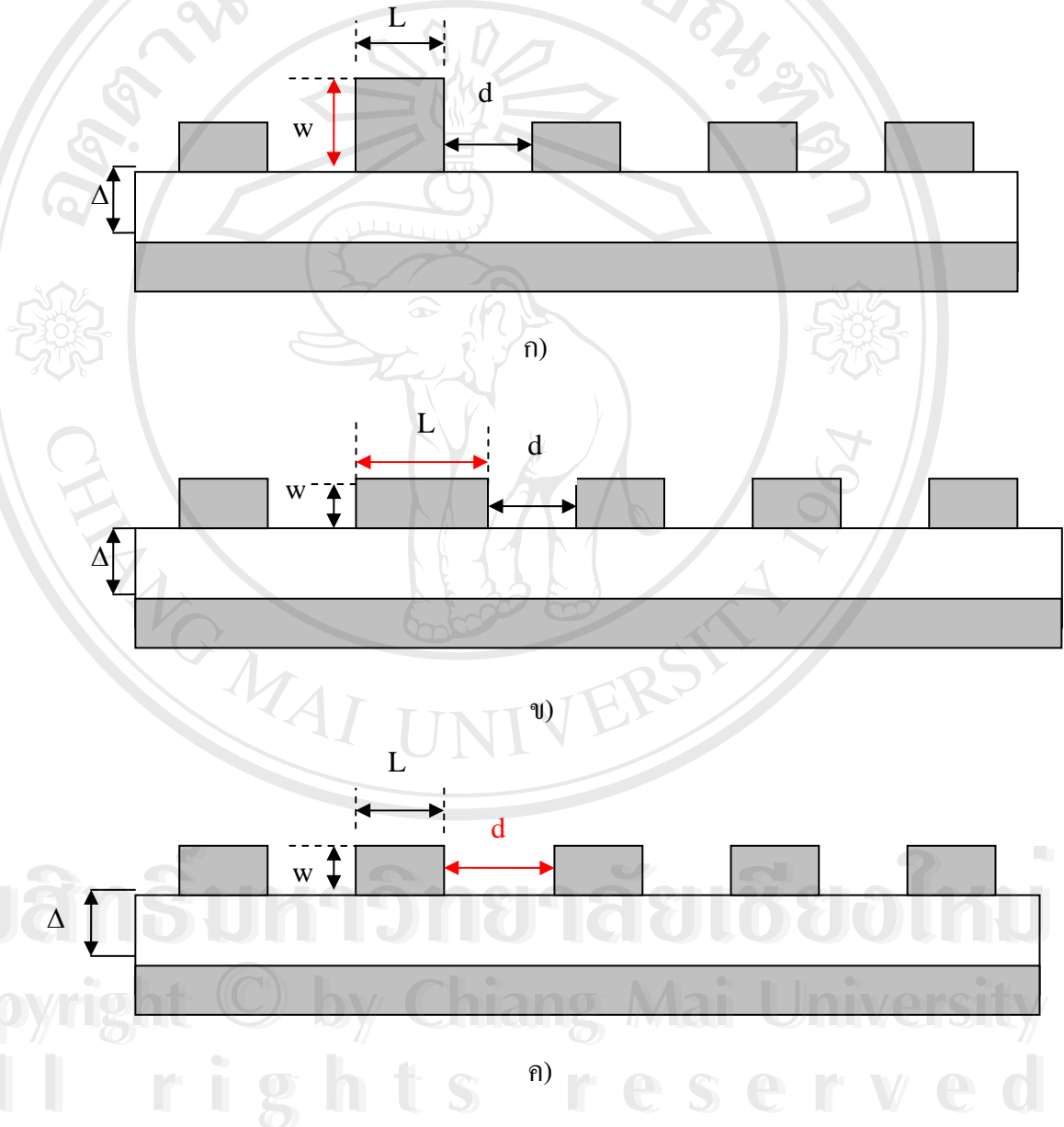
รูปที่ 3.2 เปรียบเทียบการเกิดสนามไฟฟ้าแบบ surface discharge เมื่อความหนา (Δ) ของ ไดอิเล็กตริกเปลี่ยนแปลง โดยที่ w , d และ L คงที่

3.1.3 เปรียบเทียบการเกิดสนามไฟฟ้ากับความหนาและระยะห่างของอิเล็กโทรด

การออกแบบเพื่อหารูปปร่างเรขาคณิตที่เหมาะสมของอิเล็กโทรดนั้น จะพิจารณาใน ลักษณะของ 2 มิติ คือ ความหนา (w), ความกว้าง (L) และระยะห่าง (d) ของอิเล็กโทรด

ตอนที่ 1 ออกแบบอิเล็กโทรดเพื่อหาขนาดความหนาของอิเล็กโทรด โดยมีขนาด ความกว้าง 2 มิลลิเมตร มีระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 2 มิลลิเมตรและ มีการลดความเครียด สนามไฟฟ้าบริเวณมุมของอิเล็กโทรด โดยมีการลบมุมที่รัศมีมีความโค้ง 0.05 มิลลิเมตรแผ่นไดอิเล็กตริก มีขนาดความหนา (Δ) 0.4 มิลลิเมตร ทดลองเปลี่ยนความหนาของอิเล็กโทรดเริ่มต้นตั้งแต่ 0.1 มิลลิเมตร ถึง 10 มิลลิเมตร ทดลองที่แรงดันตั้งแต่ 1 โวลต์ ถึง 15 กิโลโวลต์ (รูปที่ 3.3 ก)

ตอนที่ 2 ออกแบบอิเล็กโทรดเพื่อหาขนาดความกว้างของอิเล็กโทรด โดยมีขนาดหนา 0.2 มิลลิเมตร และลบมุมที่รัศมีมีความโค้ง 0.05 มิลลิเมตร แผ่นไดอิเล็กตริกมีขนาดความหนา 0.4 มิลลิเมตร ทดลองเปลี่ยนความกว้างของอิเล็กโทรดเริ่มต้น ตั้งแต่ 0.5 มิลลิเมตร ถึง 1.5 มิลลิเมตร (รูปที่ 3.3 ข) ที่ระยะมีระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด 1 มิลลิเมตรและ 2 มิลลิเมตร(รูปที่ 3.3 ค) ทดลองที่แรงดันตั้งแต่ 1 โวลต์ ถึง 15 กิโลโวลต์ บันทึกค่าสนามไฟฟ้า

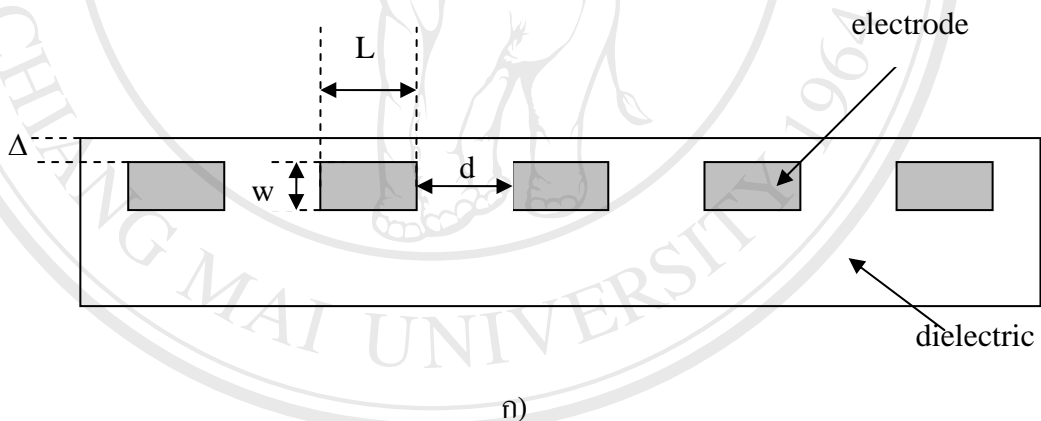


รูปที่ 3.3 เปรียบเทียบการเกิดสนามไฟฟ้าแบบ surface discharge เมื่อความหนา (w), ความกว้าง (L) และระยะห่าง (d) ระหว่างของ อิเล็กโทรดเปลี่ยนแปลง โดยที่ ความหนาของไดอิเล็กตริก (Δ) คงที่

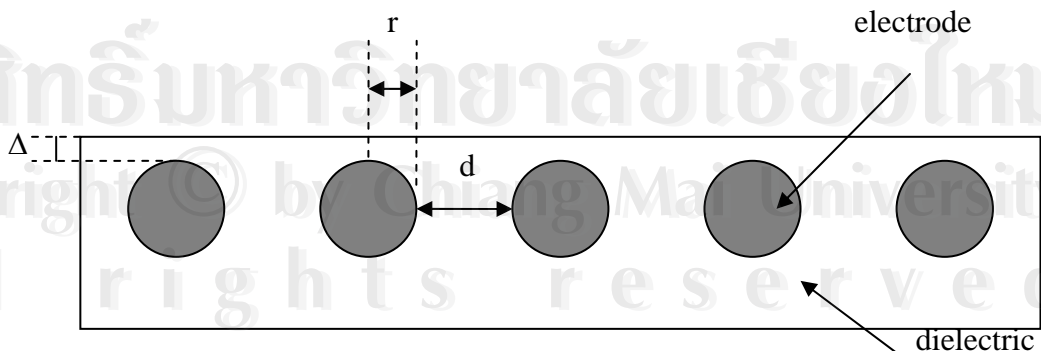
- ก) W เพิ่มขึ้น เมื่อ L, d และ Δ คงที่
- ข) L เพิ่มขึ้น เมื่อ w, d และ Δ คงที่
- ค) d เพิ่มขึ้น เมื่อ L, w และ Δ คงที่

3.2 แบบจำลองการเกิดสนามไฟฟ้าแบบ coplanar discharge

แบบจำลองการเกิดสนามไฟฟ้าแบบนี้ อิเล็กโทรดวางเรียงตัวขนานอยู่ในไดอิเล็กตริก และออกแบบอิเล็กโทรด 2 ลักษณะ คือแบบแท่งกลม(rod) และแบบแท่งเหลี่ยม(strip) สำหรับอิเล็กโทรดสี่เหลี่ยมมีขนาดความกว้าง(L) 2 มิลลิเมตร หนา(w)0.2 มิลลิเมตร ระยะห่าง (d)ระหว่างอิเล็กโทรด 2 มิลลิเมตร และลบมุมทั้ง 4 มุมขนาดรัศมีมีความโค้ง 0.5 มิลลิเมตร (รูปที่ 3.4 ก) อิเล็กโทรดแบบแท่งกลม รัศมี (r) 1 มิลลิเมตร ระยะห่าง (d) ระหว่างอิเล็กโทรด 2 มิลลิเมตร โดยที่อิเล็กโทรดทั้งสองแบบถูกฝังภายในแผ่นไดอิเล็กตริก ที่มีขนาดกว้าง 30 มิลลิเมตร หนา (Δ) 5 มิลลิเมตร (รูปที่ 3.4 ข) หาค่าตัวแปรที่มีผลต่อการกระจายของสนามไฟฟ้า เพื่อให้เหมาะสมกับระบบพลาสมาความดันบรรยากาศ



ก)



ข)

รูปที่ 3.4 แบบจำลองการเกิดสนามไฟฟ้าแบบ coplanar discharge

ก) อิเล็กโทรดแบบแท่งเหลี่ยม (strip) ข) อิเล็กโทรดแบบแท่งกลม(rod)

3.2.1 เปรียบเทียบการเกิดสนามไฟฟ้ากับความหนาไดอิเล็กตริก

ทดลองเปลี่ยนความหนา (Δ) ของไดอิเล็กตริก เพื่อจำลองการเกิดสนามไฟฟ้าของ อิเล็กโตรดทั้งแบบสี่เหลี่ยมและแบบกลม ได้ออกแบบโดยให้อิเล็กโตรดแบบแท่งเหลี่ยมมีขนาด กว้าง 2 มิลลิเมตร หนา 0.2 มิลลิเมตร และลบมุมทั้ง 4 มุมขนาดรัศมีมีความโค้ง 0.5 มิลลิเมตร และ อิเล็กโตรดแบบกลมจะมีรัศมี 1 มิลลิเมตร อิเล็กโตรดทั้งสองแบบถูกจัดวาง ขนานกันในไดอิเล็กตริก (รูปที่ 3.4) ทดลองเปลี่ยนความหนาของไดอิเล็กตริก ค่าเริ่มต้นที่ 0.1 มิลลิเมตร ถึง 1 มิลลิเมตร ทดลองที่แรงดัน ตั้งแต่ 1 กิโลโวลต์ จนถึง 15 กิโลโวลต์

3.2.2 เปรียบเทียบการเกิดสนามไฟฟ้ากับระยะระหว่างอิเล็กโตรด

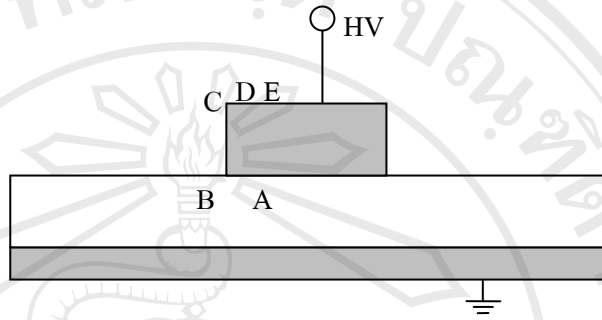
ทดลองเปลี่ยนแปลงระยะห่าง (d) ระหว่างของอิเล็กโตรดเพื่อจำลองการเกิด สนามไฟฟ้าของอิเล็กโตรดทั้งแบบสี่เหลี่ยมและแบบกลม ได้ออกแบบโดยให้อิเล็กโตรดแบบแท่ง เหลี่ยมมีขนาดกว้าง 2 มิลลิเมตร หนา 0.2 มิลลิเมตร และลบมุมทั้ง 4 มุมขนาดรัศมีมีความโค้ง 0.5 มิลลิเมตร และอิเล็กโตรดแบบกลมมีรัศมี 1 มิลลิเมตร ไดอิเล็กตริกมีความหนา 0.4 มิลลิเมตร (รูป ที่ 3.4) ทดลองเปลี่ยนระยะความห่างระหว่างอิเล็กโตรด ตั้งแต่ 1 มิลลิเมตร ถึง 4 มิลลิเมตร ทดลอง ที่แรงดัน ตั้งแต่ 1 กิโลโวลต์ จนถึง 15 กิโลโวลต์

3.2.3 เปรียบเทียบการเกิดสนามไฟฟ้ากับขนาดของอิเล็กโตรดต่อสนามไฟฟ้า

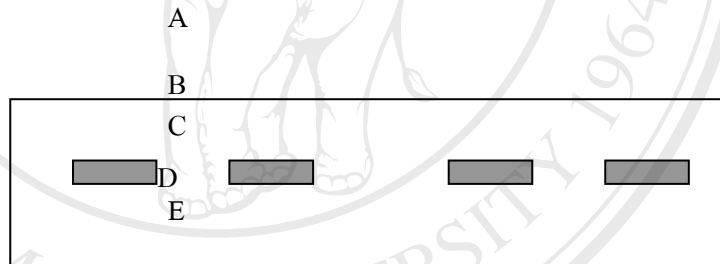
ทดลองเปลี่ยนระยะระหว่างของอิเล็กโตรดเพื่อพิจารณาการเกิดสนามไฟฟ้าของ อิเล็กโตรดทั้งแบบสี่เหลี่ยมและแบบกลม ได้ออกแบบโดยให้อิเล็กโตรดแบบแท่งเหลี่ยมมีขนาด กว้าง 2 มิลลิเมตร หนา 0.2 มิลลิเมตร และมีการลบมุมทั้ง 4 มุมขนาดรัศมีมีความโค้ง 0.5 มิลลิเมตร และอิเล็กโตรดแบบกลมมีรัศมี 1.0 มิลลิเมตร ไดอิเล็กตริกมีความหนา 0.4 มิลลิเมตร (รูปที่ 3.4) อิเล็กโตรดแบบแท่งเหลี่ยมทดลองโดยเปลี่ยนความหนาอิเล็กโตรด ตั้งแต่ 0.2 มิลลิเมตร ถึง 1.0 มิลลิเมตร สำหรับอิเล็กโตรดแบบแท่งกลมทดลองโดยเปลี่ยนขนาดรัศมีตั้งแต่ 0.5 ถึง 3.0 มิลลิเมตร ทดลองที่แรงดัน ตั้งแต่ 1 กิโลโวลต์ จนถึง 15 กิโลโวลต์

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ค่าสนามไฟฟ้าที่ได้จากแบบจำลองนี้มีค่าไม่เท่ากันที่บริเวณต่างๆดังนั้นในการทดลองนี้ได้กำหนดจุดที่ใช้บันทึกค่าสนามไฟฟ้า 5 จุด (รูปที่ 3.5 และ 3.6) ในแต่ละเงื่อนไขของการจำลองการเกิดสนามไฟฟ้าแบบ surface discharge และแบบ coplanar discharge

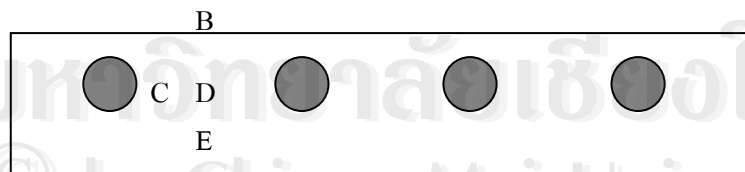


รูปที่ 3.5 ตำแหน่งที่ใช้บันทึกค่าสนามไฟฟ้าของแบบ surface discharge



ก)

A



ข)

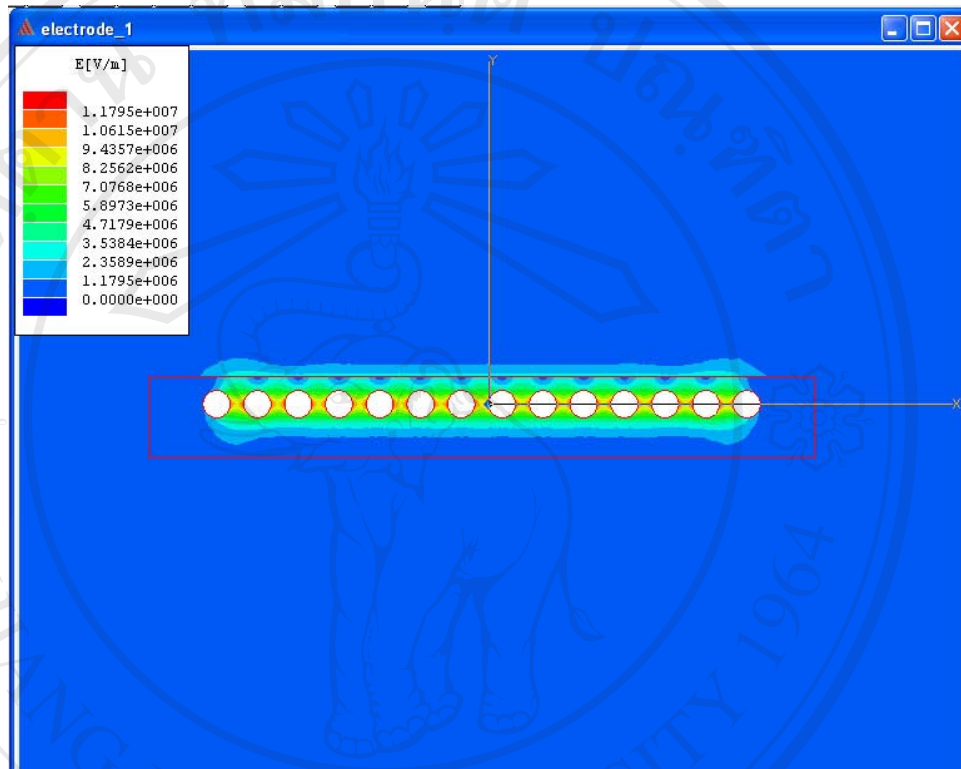
รูปที่ 3.6 การกำหนดจุดการเก็บค่า 5 จุด ในแบบจำลอง coplanar discharge

ก) อิเล็กโทรดแบบแท่งเหลี่ยม (strip)

ข) อิเล็กโทรดแบบแท่งกลม (rod)

3.3.1 การบันทึกค่าสนามไฟฟ้าจากแบบจำลอง

โปรแกรม Maxwell SV กำหนดแถบสีแทนความเครียดของสนามไฟฟ้าแต่ละชั้นแสดงเพื่อแสดงความแตกต่างของความเครียดสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นทั้งภายในและนอกไดอิเล็กตริกของ แต่ละแบบจำลองตามเงื่อนไขที่ได้กำหนด (รูปที่ 3.7)



รูปที่ 3.7 แถบสีที่แสดงค่าของสนามไฟฟ้า

3.4 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างไดอิเล็กตริกจากอะลูมินา

กระบวนการผลิตไดอิเล็กตริกจากอะลูมินาเพื่อใช้งานในระบบพลาสมาความดันบรรยากาศ ต้องอาศัยเทคโนโลยีที่ทันสมัย เนื่องจากอะลูมินาที่ใช้ต้องมีความหนาอยู่ในช่วง (0.4 -0.7 มิลลิเมตร) เตาเผาที่ใช้ต้องอุณหภูมิสูง (ประมาณ 1,750 องศาเซลเซียส) จนทำให้อนุภาคของอะลูมินาหลอมตัว เหมาะสมกับการสร้างโพลไดอิเล็กตริกแรงดันสูงในระบบพลาสมาความดันบรรยากาศ ในหัวข้อนี้กล่าวถึงกระบวนการผลิตแผ่นอะลูมินาด้วยวิธี อัดแห้ง ที่ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เพื่อให้ให้เห็นกระบวนการทางเซรามิกวิธีหนึ่งในการผลิตแผ่นอะลูมินาสำหรับใช้งานกับระบบไฟฟ้าแรงดันสูง

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้

- ผงอะลูมินา 1 กิโลกรัม (Commercial grade)
- น้ำยาประสาน (Binder) CMC
- ฟอยล์อะลูมิเนียมแบบเทปกาว
- น้ำกลั่น
- ลูกบดปริมาณ 1 กิโลกรัม
- ตะแกรงกรองสารขนาด 45 ไมครอน (Analysensieb retsh DIN 488)
- หม้อบด (pot mill) ขนาด 2 กิโลกรัม (Makino iron work)
- ครกและสากบด
- เครื่องชั่งน้ำหนักความละเอียด 0.01 กรัม (ALSEP 1101340)
- เครื่องอัดผงเซรามิกขนาด 4,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว
- ตู้อบไล่ความชื้นและตู้อบแห้ง
- เตาอบเซรามิกไฟฟ้าอุณหภูมิสูง (Lenton thermal Design)

3.4.1 การเตรียมสลอรี่ (Slury)

บดผงอะลูมินาผสมน้ำกับตามสัดส่วนที่ต้องการลงในหม้อบด และลูกบดพอร์ซเลนตามสัดส่วน โดยใช้ หม้อบดขนาด 2 กิโลกรัมใส่ลูกบดประมาณ 1/2 ของหม้อบด และผงอะลูมินา 1 กิโลกรัม และเติมน้ำกลั่น ให้มีปริมาณ 3/4 ของหม้อบด (รูปที่ 3.8) จากนั้น นำหม้อบดวางบนเครื่องหมุน เลื่อนที่ก้นหม้อบดให้พอดีกับหม้อบด (รูปที่ 3.9)ใช้เวลาในการบด 8 ชั่วโมง



รูปที่ 3.8 เตรียมผงอะลูมินาสำหรับบด



รูปที่ 3.9 วางหม้อบดบนเครื่องหมุน

จากนั้นเทผงอะลูมินาที่ได้ใส่ภาชนะที่สะอาดโดยผ่านกรองที่เป็นตระแกรงขนาด 45 ไมครอนลงในภาชนะที่เตรียมไว้เพื่อทำการกรองเศษเหล็กที่ปนมากับผงอะลูมินาแล้วนำอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

3.4.2 การทำบดเพื่อคั่นขนาดอนุภาค

เมื่อได้ผงอะลูมินาที่ผ่านการอบแห้งแล้วจากนั้นนำมาทำให้เป็นผง โดยใช้ครกกับสากบดผง (รูปที่ 3.12) เตรียมน้ำยาประสาน(CMC) เป็นสารเชื่อมโครงสร้างของผงให้ผงอะลูมินามีการยึดเกาะได้ดีโดย ปริมาณที่เหมาะสมของส่วนผสมคือ 10 % ของน้ำหนักผงอะลูมินา



รูปที่ 3.10 อะลูมินาที่หลังจากอบเอาน้ำออก



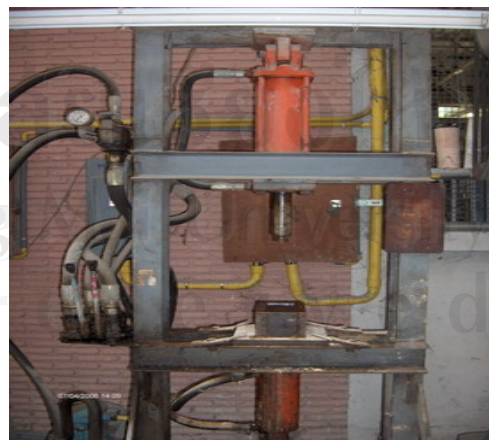
รูปที่ 3.11 การบดผสมกับสาร CMC

3.4.3 การออกแบบและการอัดแบบด้วยเครื่องอัดแบบ

นำผงอะลูมินาที่ได้ใส่ในแม่พิมพ์(รูปที่ 3.12)ที่รองด้วยแผ่นพลาสติกโดยเกลี่ยผงอะลูมินาให้ทั่วและทำการอัดด้วยเครื่องอัด(รูปที่ 3.13)ใช้แรงดัน 1,800 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเพื่อให้ผงอะลูมินาจับตัวกัน แผ่นอะลูมินาที่ได้นำมาอบไล่ความชื้นประมาณ 6 ชั่วโมง ก่อนทำการเผา



รูปที่ 3.12 แม่พิมพ์ แผ่นอะลูมินา



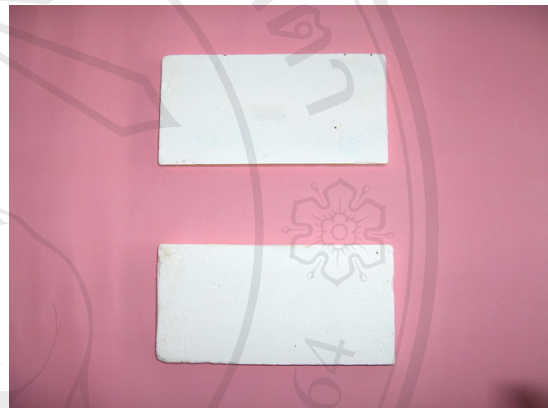
รูปที่ 3.13 เครื่องอัดขึ้นรูป

3.4.4 การเลือกเตาเผาและการเผาเซรามิกส์อะลูมินา

การเลือกเตาเผา (รูปที่ 3.14) ควรใช้เตาเผาที่ให้ความร้อนที่สูงถึง 1,750 องศาเซลเซียส ที่สามารถทำให้อุณหภูมิของผงอะลูมินาหลอมและยึดติดกันเป็นเนื้อเดียวกันมีความแข็งแรงมาก ไม่แตกหักง่ายและเป็นไดอิเล็กตริกแรงดันสูงที่ดีมีความคงทนต่อแรงดันสูง เมื่อทำการเผาโดยให้อุณหภูมิขึ้นสูงที่ละ 100 องศาเซลเซียสทุก 1 ชั่วโมง จนถึง 1,750 องศาเซลเซียสแล้วให้อุณหภูมิตกลงอย่างช้าๆ เพื่อไม่ให้เกิดรอยร้าวกับแผ่นอะลูมินา เมื่ออุณหภูมิตกลงจนต่ำสุด จึงนำแผ่นอะลูมินาออก (รูปที่ 3.15)



รูปที่ 3.14 เตาเผาไฟฟ้า

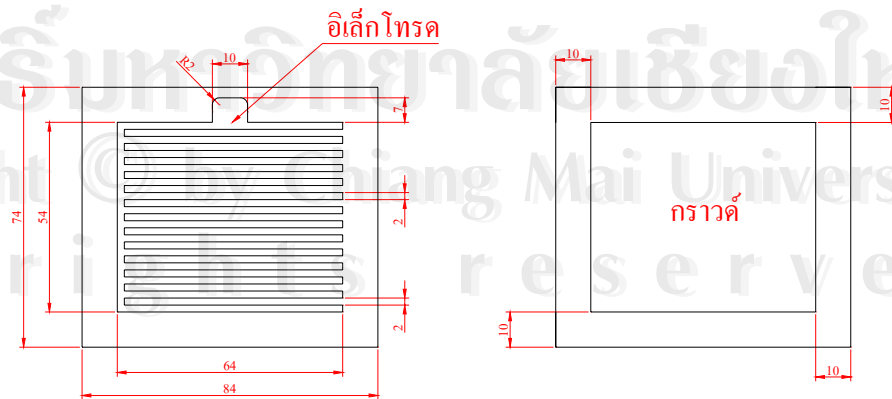


รูปที่ 3.15 แผ่นอะลูมินาที่เผาแล้ว

3.5 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างโหนดไดอิเล็กตริก

3.5.1 การออกแบบอิเล็กทรอนิกส์

การออกแบบอิเล็กทรอนิกส์แรงสูงแบบปล่อยประจุที่พื้นผิวใช้โปรแกรม coral draw (รูปที่ 3.16)



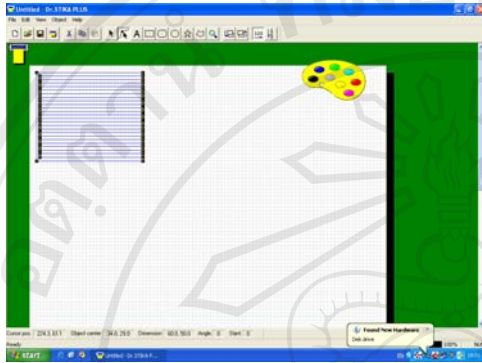
ด้านบน

ด้านล่าง

รูปที่ 3.16 การออกแบบอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้โปรแกรม coral draw

3.5.2 การตัดฟอยล์ด้วยเครื่องตัดสติ๊กเกอร์

นำแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ผ่านการทดสอบด้วยแบบจำลองแล้วเขียนลงโปรแกรม coral draw (รูปที่ 3.17) เป็นโปรแกรมคำสั่งสำหรับควบคุมเครื่องตัดสติ๊กเกอร์ (รูปที่ 3.18)



รูปที่ 3.17 โปรแกรม coral draw ที่ใช้แผ่นอะลูมิเนียม



รูปที่ 3.18 เครื่องตัดสติ๊กเกอร์

3.5.3. การติดตั้งอิเล็กทรอนิกส์บนไดอิเล็กทริกอะลูมินา

นำอิเล็กทรอนิกส์ที่ได้มาติดตั้งบนแผ่นอะลูมินา (รูปที่ 3.19) นำแผ่นอะลูมินาที่ติดอิเล็กทรอนิกส์แล้ว มาทำความสะอาดด้วยอะซิโตน (รูปที่ 3.20)



รูปที่ 3.19 การใช้คัตเตอร์ตัดอิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 3.20 อิเล็กทรอนิกส์ที่เสร็จสมบูรณ์

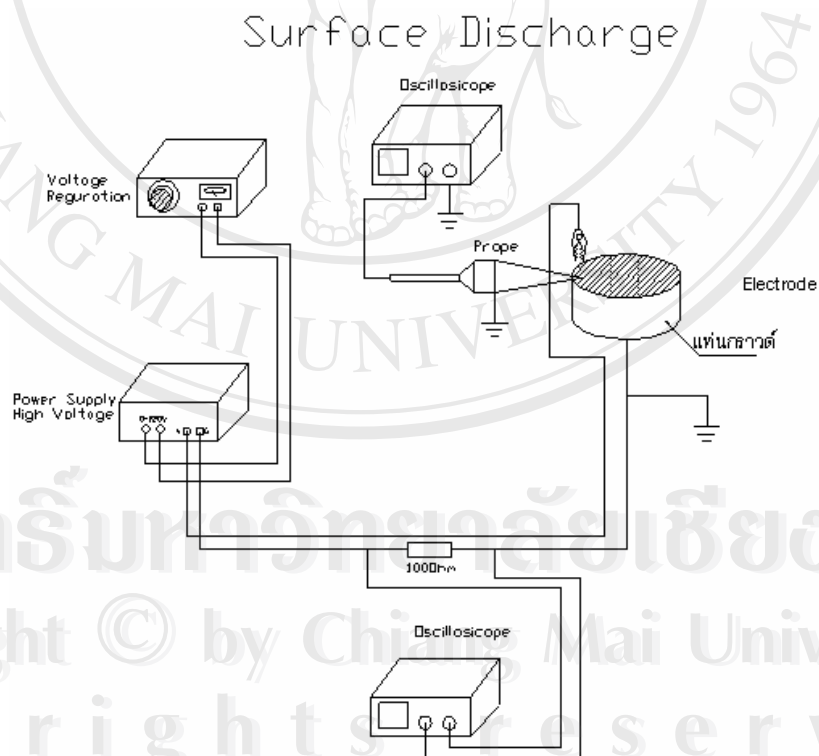
3.6 การทดสอบการประจุที่ผิว

3.6.1 อุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง

- แหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูง ขนาด 15 กิโลโวลต์
- แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าสลับ 0 - 220 โวลต์ ปรับค่าได้
- หัววัดแรงสูงสำหรับวัดค่าต่างๆ
- ออสซิลโลสโคป
- ความต้านทานปรับค่าได้ 1 - 1,000 โอห์ม

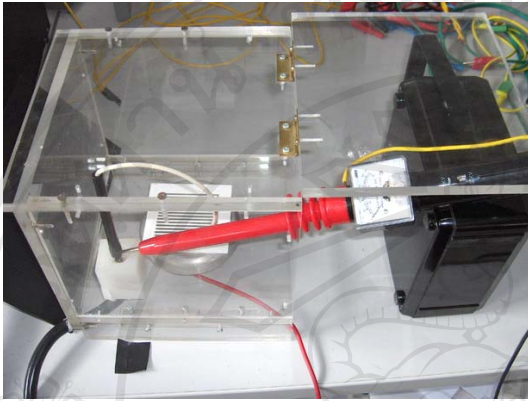
3.6.2 ขั้นตอนการทดลอง

- นำอิเล็กโทรดที่ได้นำไปไว้ในกล่องอะคริลิกพร้อมแท่นกราวด์แสดงดังรูปที่ 3.24
- เมื่อต่อสายวงจรเสร็จแล้ว (รูปที่ 3.21) ติดตั้งหัววัดแรงสูงภายในกล่องอะคริลิก (รูปที่ 3.22)

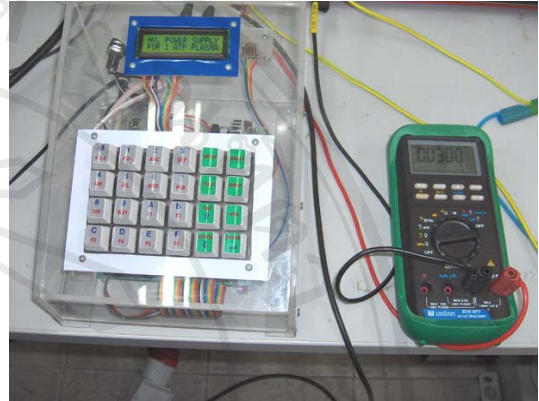


รูปที่ 3.21 วงจรทดสอบการปล่อยประจุที่ผิว

- ตั้งค่าเครื่องป้องกันความถี่ ที่ความถี่ 5.5 กิโลเฮิร์ต เพื่อให้แหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงจ่ายความถี่ที่ 5.5 กิโลเฮิร์ต (รูปที่ 3.23) เปิดแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงทั้งสองตัวแล้วปรับตัวแหล่งจ่ายไฟฟ้า บันทึกค่ากระแส เมื่อแรงดัน เพิ่มขึ้น แล้วนำมาเขียนกราฟ



รูปที่ 3.22 การติดตั้งโพรบวัดแรงสูงในวงจร



รูปที่ 3.23 เครื่องป้องกันความถี่

3.7 การวัดค่าความต้านทานของแผ่นไดอิเล็กตริก

3.7.1 อุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง

- แผ่นอะลูมินาที่ผลิตจาก ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- แผ่นอะลูมินาที่ใช้สร้าง โทลด์ไดอิเล็กตริก
- แผ่นอะลูมิเนียมที่ใช้สำหรับทำขั้วไฟฟ้า
- High Voltage Insulation Tester (Kyoritsu Electrical Instruments Model 3123)

3.7.2 ขั้นตอนการทดลอง

- ติดแผ่นอะลูมิเนียมบนแผ่นอะลูมินาเพื่อทำการวัดความต้านทานไฟฟ้า
- ตั้งย่านความต้านทานของมิเตอร์ อยู่ในช่วง 500 V / 200 GΩ และจัดอุปกรณ์วัด ดังรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 อุปกรณ์ในการวัดความต้านทานของแผ่นอะลูมินา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved