4

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตโดยใช้การพัดของกระแสฝุ่น

นายชจรเกียรติ มิบุญพอ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาฟิสิกส์
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2531

ISBN 974-569-008-2

ลิขสิทธิ์ของ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

013932

Eletrostatic Generator using Blown Dust

Mr.Kajohnkiat Meeboonpor

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirments

for the Degree of Master of Science

Department of Physics

Graduate School

Chulalongkorn University

1988

ISBN 974-569-008-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตโดยใช้การพัดของกระแสลม
โดย	นายชจรเกียรติ มีบุญพอ
ภาควิชา	ฟิสิกส์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ภิยโย ปันยารชุน

บัณฑิตยวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. วิจิตร เส็งหะพันธ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร. ภิยโย ปันยารชุน)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ยุทธ อัครมาส)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิศิษฐ์ รัตนวรารักษ์)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ขจรเกียรติ มีบุญพอ : เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตโดยใช้การพัดของกระแสฝุ่น (ELETROSTATIC GENERATOR USING BLOWN DUST) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.ภิยไย ปันยารชุน, 234 หน้า.

ได้สร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตโดยใช้การพัดของกระแสฝุ่น จากวัสดุที่หาได้ภายในประเทศเป็นส่วนใหญ่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตโดยใช้การพัดของกระแสฝุ่นนี้ประกอบด้วยพัดลมเป็นส่วนที่ให้กำลังลม ท่อพลาสติกฉนวนเป็นส่วนที่สำหรับให้กระแสฝุ่นเคลื่อนที่ภายในระบบ ทรงกลมตัวนำเป็นส่วนที่ทำหน้าที่เก็บสะสมประจุไฟฟ้า และแหล่งโวลเตจที่ใช้พ่นประจุไฟฟ้าออกมาแบบควบคุมได้

จากการทดลองพบว่า ในขบวนการที่ใช้กระแสไฟฟ้าสามารถแยกประจุไฟฟ้าได้ โดยการพัดของกระแสฝุ่นโดยใช้วิธีการให้กระแสฝุ่นวิ่งผ่านเข้าไปในสนามไฟฟ้าหรือโดยวิธีการขัดสี สามารถคำนวณหาค่าของศักย์ไฟฟ้าบนผิวทรงกลมตัวนำได้โดยใช้วิธีการวัดความต่างศักย์สูงโดยอาศัยสนามไฟฟ้า และยังทราบว่าประจุไฟฟ้าที่เก็บสะสมบนผิวทรงกลมตัวนำแปรผกผันกับความชื้นสัมพัทธ์

ภาควิชา ฟิสิกส์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา ฟิสิกส์

ปีการศึกษา 2530 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

KAJOHNKIAT MEEBOONPOR : ELETROSTATIC GENERATOR USING BLOWN DUST. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF.BHIYAYO PANYARJUN, Ph.D. 234 PP.

The electrostatic generator using blown dust streams has been constructed and tested by using materials mostly available in this country. It consists of a blower for air stream production, insulating plastic tubes for air stream circulation in the system, a spherical hollow conductor for collection of electrical charges and a charge spraying variable high voltage supply.

It is found that it is possible to separate electric charges by blown dust stream passing through strong electic fields or by method of friction. Electric potentials on the spherical collector are determined by measurement of surrounding electric fields. In addition to that the charge collection on the sphere varies inversely to relative humidities of the atmosphere.

ภาควิชา ฟิสิกส์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา ฟิสิกส์

ปีการศึกษา 2530 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาของ รองศาสตราจารย์ ดร. ภิยโย ปันยารชุน ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้การแนะนำและช่วยเหลือตลอดจนควบคุมการวิจัยอย่างใกล้ชิดตลอดมา ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูง อีกส่วนหนึ่งยังได้รับความช่วยเหลือจาก พ.จ.อ. พูน อาจปรุ ในด้านคำแนะนำและช่วยเหลือทางด้านเครื่องมือบางประการ ส่วนทางด้านการสร้างเครื่องมือผู้เขียนต้องขอขอบคุณ นายเฉลิมเกียรติ มีบุญพอ ที่ได้ช่วยเหลือในด้านการสร้างและทางด้านความคิด อย่างมาก

ท้ายนี้ต้องขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้กำลังใจในด้านการศึกษาตลอดมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

รายการตารางประกอบ ..... ฌ

รายการรูปประกอบ ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและเหตุผลในการศึกษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิต 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

1.3 วิธีดำเนินการวิจัยโดยย่อ 4

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 5

บทที่ 2 คุณสมบัติเบื้องต้นเกี่ยวกับไฟฟ้าสถิตและเครื่องกลไฟฟ้าสถิต 6

2.1 ประจุไฟฟ้าซึ่งเกิดจากการขัดสี 6

2.2 ตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้า 7

2.3 การต่อลงดิน 9

2.4 สนามไฟฟ้า-ไดอิเลกตริก-เส้นแรงไฟฟ้า 11

2.5 บริเวณผิวพื้นที่ซึ่งมีศักย์ไฟฟ้าเท่ากัน 14

2.6 ศักย์ไฟฟ้าสูงสุดที่ตัวนำทรงกลมจะรับประจุไว้ได้ 16

2.7 การเหนี่ยวนำไฟฟ้า 17

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.8 การกระจายประจุไฟฟ้าบนผิววัตถุ 18
2.9 การปล่อยประจุไฟฟ้าออกจากปลายแหลม 20
2.10 ความจุไฟฟ้า 22
2.11 เครื่องควบแน่น 23
2.12 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิต 24
2.12.1 เครื่องอิเลคโตรฟอรัส 24
2.12.2 เครื่องกลวิมสเฮิสต์ 26
2.12.3 เครื่องกำเนิด แวน เดอ กราฟ 28
2.12.4 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตโดยใช้การพัดของกระแสฝุ่น 31

บทที่ 3

3.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับไฟฟ้าสถิต 33
3.1.1 กฎของคูลอมบ์และหลักการทรงประจุ 33
3.1.2 ความหนาแน่นประจุ 34
3.1.3 ความเข้มของสนามไฟฟ้า 36
3.1.4 ฟลักซ์ 36
3.1.5 กฎของเกาส์ 37
3.1.6 ศักย์ไฟฟ้า 39
3.1.6.1 ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุไฟฟ้าเดี่ยว .. 40
3.1.6.2 ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากกลุ่มจุดประจุ 42
3.1.6.3 ศักย์ไฟฟ้า และ สนามไฟฟ้าของ
ตัวนำทรงกลม 42

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.1.7 พลังงานศักย์ไฟฟ้า 44

3.1.8 การหาค่าความจุไฟฟ้าของทรงกลมตัวนำ 46

3.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับตัวเก็บประจุไฟฟ้า 47

3.2.1 การต่อแบบอนุกรม 52

3.2.2 การต่อแบบขนาน 55

3.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับการวัดความต่างศักย์สูงโดยอาศัยสนามไฟฟ้า .. 60

3.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับการดิสชาร์จบางส่วน 64

3.4.1 ลักษณะการเกิดดิสชาร์จบางส่วน 65

3.4.1.1 ดิสชาร์จภายใน 65

3.4.1.2 ดิสชาร์จที่ผิว 68

3.4.1.3 โคโรนาดิสชาร์จ 68

3.4.2 วิธีแก้ไขการดิสชาร์จบางส่วน 70

3.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับการ วัดความเร็วลม 71

3.6 ทฤษฎีการเปลี่ยนจำนวนรอบ 77

3.7 ทฤษฎีเกี่ยวกับไซโคลน 81

3.8 ไฮโกรมิเตอร์แบบกระเปาะเปียกและแห้ง 86

บทที่ 4 เครื่องมือและวิธีการทดลอง 93

4.1 เครื่องมือวัดจำนวนรอบของมอเตอร์ 93

4.2 เครื่องมือวัดศักย์สูง 94

4.3 ส่วนประกอบของเครื่องมือกำเนิดไฟฟ้าสถิตโดยใช้
การพัดของกระแสฝุ่น 95

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.3.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตโดยใช้การพัดของ
กระแสฝุ่น เมื่อใช้ระบบพัดลมแบบหอยโข่ง 95
4.3.1.1 ตัวพัดลม 95
4.3.1.2 ท่อพลาสติก 101
4.3.1.3 ส่วนโค้งสังกะสี 110
4.3.1.4 ทรงกลมตัวนำเก็บสะสมประจุไฟฟ้า ... 111
4.3.1.5 ส่วนแผ่นประจุไฟฟ้า 113
4.3.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตโดยใช้การ พัด
ของกระแสฝุ่นเมื่อใช้ระบบไซโคลน 115
4.3.2.1 ตัวพัดลม 115
4.3.2.2 ท่อแก้วใส 116
4.3.2.3 ท่อพลาสติกใส 116
4.3.2.4 ข้อต่อแบบงอ 116
4.3.2.5 ทรงกลมเก็บประจุไฟฟ้า 116
4.3.2.6 ท่อไซโคลน 117
4.4 วิธีการทดลองโดยการขัดสี 121
4.4.1 ทดลองโดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตโดย
ใช้การพัดของกระแสฝุ่น เมื่อใช้ระบบพัดลม
แบบหอยโข่ง 121
4.4.1.1 ขั้นเตรียมเครื่องมือ 121
4.4.1.2 ขั้นตอนการทำงานของระบบ 121
4.4.1.3 ขั้นวัดศักย์ไฟฟ้าบริเวณบนผิว
ทรงกลมตัวนำอลูมิเนียมฟอยล์ 121
4.4.1.4 ขั้นการปิดเครื่อง 122

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.4.2 ทดลองโดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิต
โดยใช้การพัดของกระแสฝุ่นเมื่อใช้
ระบบไซโคลน 122
4.4.2.1 ขั้นเตรียมเครื่องมือ 122
4.4.2.2 ขั้นการทำงานของระบบ 122
4.4.2.3 ขั้นวัดศักย์ไฟฟ้าบนผิวทรงกลม
ตัวนำอลูมิเนียม 122
4.4.2.4 ขั้นการปิดเครื่อง 123
4.5 วิธีการทดลองโดยการพ่นประจุไฟฟ้า 123
4.5.1 ขั้นเตรียมเครื่องมือ 123
4.5.2 ขั้นการทำงานของระบบ 123
4.5.3 ขั้นวัดศักย์ไฟฟ้าบนผิวทรงกลมตัวนำ
อลูมิเนียมฟอยล์ 124
4.5.4 ขั้นการปิดเครื่อง 124

บทที่ 5 ผลการทดลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตโดยใช้การพัดของ
กระแสฝุ่น 125

5.1 ผลการทดลองการหาค่าศักย์ไฟฟ้าบนผิวทรงกลมตัวนำ
อลูมิเนียมฟอยล์ที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิต โดย
ใช้การพัดของกระแสฝุ่น เมื่อใช้พัดลมแบบหอยโข่ง
โดยการวัดค่าสนามไฟฟ้า 125

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

5.1.1 โดยใช้วิธีขัดสี 125

5.1.1.1 ใช้เม็ดโฟมเป็นตัวขัดสีที่ความชื้นสัมพัทธ์ 91.69% 125

5.1.1.2 ใช้เม็ดโฟมเป็นตัวขัดสีที่ความชื้นสัมพัทธ์ 83.53% 134

5.1.1.3 ใช้เม็ดโฟมเป็นตัวขัดสีที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75% 142

5.1.1.4 ใช้ชิ้นอลูมิเนียมฟอยล์เป็นตัวขัดสีที่ความชื้นสัมพัทธ์ 91.69% 151

5.1.1.5 ใช้ชิ้นอลูมิเนียมฟอยล์เป็นตัวขัดสีที่ความชื้นสัมพัทธ์ 83.53% 158

5.1.1.6 ใช้ชิ้นอลูมิเนียมฟอยล์เป็นตัวขัดสีที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75% 164

5.1.2 โดยใช้วิธีพ่นประจุไฟฟ้า 172

5.1.2.1 ใช้ใบมีดคัทเตอร์พ่นประจุไฟฟ้าที่ความชื้นสัมพัทธ์ 91.69% 172

5.1.2.2 ใช้ใบมีดคัทเตอร์พ่นประจุไฟฟ้าที่ความชื้นสัมพัทธ์ 83.53% 180

5.1.2.3 ใช้ใบมีดคัทเตอร์พ่นประจุไฟฟ้าที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75% 186

5.1.2.4 ใช้เข็มพ่นประจุไฟฟ้าที่ความชื้นสัมพัทธ์ 91.69% 193

5.1.2.5 ใช้เข็มพ่นประจุไฟฟ้าที่ความชื้นสัมพัทธ์ 83.53% 200

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

5.1.2.6 ใช้เข็มพ่นประจุไฟฟ้าที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75% 207

5.2 ผลการทดลองการหาศักย์ไฟฟ้าบนผิวทรงกลมตัวนำที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิต โดยใช้การพัดของกระแสฝุ่น เมื่อใช้ระบบไซโคลน 215

5.2.1 ทดลองที่ความชื้นสัมพัทธ์ 91.69% 215

5.2.2 ทดลองที่ความชื้นสัมพัทธ์ 83.53% 218

5.2.3 ทดลองที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75% 221

บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง ปัญหาและข้อเสนอแนะ 226

6.1 สรุปผลการทดลอง 226

6.1.1 สรุปผลการทดลองจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิต โดยใช้การพัดของกระแสฝุ่น เมื่อใช้พัดลมแบบหอยโข่ง 226

6.1.2 สรุปผลการทดลองจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิต โดยใช้การพัดของกระแสฝุ่น เมื่อใช้ระบบไซโคลน 227

6.2 ปัญหา 227

6.3 ข้อเสนอแนะ 228

เอกสารอ้างอิง 229

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก 231

-รูปอุปกรณ์ที่เกี่ยวกับการทดลอง 231

ประวัติผู้เขียน 235

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
3.1	ค่าคงที่วิชชุมัชฌิมตัวกลางบางชนิด	51
3.2	แสดงค่าเปรียบเทียบปริมาณหน่วยวัดระบบ SI, c. g.s	59
3.3	แสดงจำนวนองศาที่เทอร์โมมิเตอร์ทั้งสองต่างกัน	88
3.4	บัญชีแสดงจำนวนไอน้ำที่มีเต็มที่ในอากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร ขณะไอน้ำมีความดันไอสูงสุดตามอุณหภูมิต่าง ๆ	89
3.5	ไกเชอร์ แฟคเตอร์ (Glaishesr's Factor)	90
5.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะระหว่างขั้วไฟฟ้าทรงกลมตัวนำอลูมิเนียมฟอยล์กับแผ่นโลหะคู่ขนานสัมพันธ์กับ ศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าทรงกลมเมื่อใช้เม็ดโฟมเป็นตัวขัดสี ทดลองที่ความชื้นสัมพัทธ์ 91.69 %	126
5.2	แสดง ระยะ ระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานกับขั้วไฟฟ้าทรงกลมสัมพันธ์กับศักย์ไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ และสนามไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (ใช้เม็ดโฟมที่ความชื้นสัมพัทธ์ 91.69 %)	131
5.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะระหว่างขั้วไฟฟ้าทรงกลมตัวนำอลูมิเนียมฟอยล์กับแผ่นโลหะคู่ขนานสัมพันธ์กับ ศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าทรงกลมเมื่อใช้เม็ดโฟมเป็นตัวขัดสี ทดลองหาความชื้นสัมพัทธ์ 83.53 %	135
5.4	แสดงระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานกับขั้วไฟฟ้าทรงกลมสัมพันธ์กับศักย์ไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ และสนามไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (ใช้เม็ดโฟมที่ความชื้นสัมพัทธ์ 83.53 %)	139

รายการตารางประกอบ

ตารางที่ หน้า

5.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะระหว่างขั้วไฟฟ้าทรงกลมตัวนำอลูมิเนียมฟอยล์กับแผ่นโลหะคู่ขนานสัมพันธ์กับ ศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าทรงกลมเมื่อใช้เม็ดโฟมเป็นตัวขัดสี ทดลองที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75 % 143

5.6 แสดงระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานกับขั้วไฟฟ้าทรงกลมสัมพันธ์กับศักย์ไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ และสนามไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (ใช้เม็ดโฟมที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75 %) 147

5.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะระหว่างขั้วไฟฟ้าทรงกลมตัวนำอลูมิเนียมฟอยล์กับแผ่นโลหะคู่ขนานสัมพันธ์กับศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าทรงกลม เมื่อใช้ชิ้นอลูมิเนียมฟอยล์เป็นตัวขัดสีความชื้นสัมพัทธ์ 91.69 %) 152

5.8 แสดงระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานกับขั้วไฟฟ้าทรงกลมสัมพันธ์กับศักย์ไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ และสนามไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (ใช้อลูมิเนียมฟอยล์ ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 91.63 %) 155

5.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะระหว่างขั้วไฟฟ้าทรงกลมตัวนำอลูมิเนียมฟอยล์กับแผ่นโลหะคู่ขนานสัมพันธ์กับศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าทรงกลม เมื่อใช้ชิ้นอลูมิเนียมฟอยล์เป็นตัวขัดสีความชื้นสัมพัทธ์ 83.53 %) 158

5.10 แสดงระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานกับขั้วไฟฟ้าทรงกลมสัมพันธ์กับศักย์ไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ และสนามไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (ใช้ชิ้นอลูมิเนียม ฟอยล์ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 83.53 %) 161

รายการตารางประกอบ

ตารางที่ หน้า

5.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะระหว่างขั้วไฟฟ้าทรงกลมตัวนำ อลูมิเนียมฟอยล์กับแผ่นโลหะคู่ขนานสัมพันธ์กับศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าทรงกลม เมื่อใช้ชิ้นอลูมิเนียมฟอยล์เป็นตัวขัดสีความชื้นสัมพัทธ์ 75 %) .. 164

5.12 แสดงระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานกับขั้วไฟฟ้าทรงกลม สัมพันธ์กับศักย์ไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ และสนามไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (ใช้ชิ้นอลูมิเนียมฟอยล์ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75 %) 167

5.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะระหว่างขั้วไฟฟ้าทรงกลมตัวนำ อลูมิเนียมฟอยล์ ถึงแผ่นโลหะคู่ขนานสัมพันธ์กับศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าทรงกลม (ใช้การพ่นประจุไฟฟ้าแบบใบมีดคัทเตอร์ ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 91.69 %) 173

5.14 แสดงระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนาน ถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลม สัมพันธ์กับศักย์ไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ และสนามไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (ใช้การพ่นประจุไฟฟ้าแบบใบมีดคัทเตอร์ ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 91.69 %) 177

5.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะระหว่างขั้วไฟฟ้าทรงกลมตัวนำ อลูมิเนียมฟอยล์ถึงแผ่นโลหะคู่ขนาน กับศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าทรงกลม (ใช้การพ่นประจุไฟฟ้าแบบใบมีดคัทเตอร์ ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 83.53 %) 180

5.16 แสดงระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานกับขั้วไฟฟ้าทรงกลม สัมพันธ์กับศักย์ไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ และสนามไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (ใช้การพ่นประจุไฟฟ้าแบบใบมีดคัทเตอร์ ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 83.53 %) 183

รายการตารางประกอบ

ตารางที่ หน้า

5.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะระหว่างขั้วไฟฟ้าทรงกลมตัวนำอลูมิเนียมฟอยล์กับแผ่นโลหะคู่ขนานสัมพันธ์กับศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าทรงกลม (ใช้การพ่นประจุไฟฟ้าแบบใบมีดคัทเตอร์ ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75 %) 187

5.18 แสดงระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานกับขั้วไฟฟ้าทรงกลมสัมพันธ์กับศักย์ไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ และสนามไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (ใช้การพ่นประจุไฟฟ้าแบบใบมีดคัทเตอร์ ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75 %) 190

5.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะระหว่างขั้วไฟฟ้าทรงกลมตัวนำอลูมิเนียมฟอยล์กับแผ่นโลหะคู่ขนานกับศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าทรงกลมตัวนำ (ใช้การพ่นประจุไฟฟ้าแบบเข็ม ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 91.69 %) 194

5.20 แสดงระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานกับขั้วไฟฟ้าทรงกลมสัมพันธ์กับศักย์ไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ และสนามไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (ใช้การพ่นประจุไฟฟ้าแบบเข็ม ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 91.69 %) 197

5.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะระหว่างขั้วไฟฟ้าทรงกลมตัวนำอลูมิเนียมฟอยล์ถึงแผ่นโลหะคู่ขนานสัมพันธ์กับศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าทรงกลม เมื่อใช้ชิ้นอลูมิเนียมฟอยล์เป็นตัวขัดสีความชื้นสัมพัทธ์ 83.53 %) 201

รายการตารางประกอบ

ตารางที่ หน้า

5.22 แสดงระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานกับขั้วไฟฟ้าทรงกลม สัมพันธ์กับศักย์ไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ และสนามไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (ใช้การพ่นประจุไฟฟ้าแบบเร็ม ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 83.53 %) 204

5.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะระหว่างขั้วไฟฟ้าทรงกลมตัวนำอลูมิเนียมฟอยล์ถึงแผ่นโลหะคู่ขนานกับศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าทรงกลมตัวนำ (ใช้การพ่นประจุไฟฟ้าแบบเร็ม ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75 %) 207

5.24 แสดงระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานกับขั้วไฟฟ้าทรงกลม สัมพันธ์กับศักย์ไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ และสนามไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (ใช้การพ่นประจุไฟฟ้าแบบเร็ม ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75 %) 210

5.25 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะระหว่างขั้วไฟฟ้าทรงกลมตัวนำอลูมิเนียมฟอยล์ถึงแผ่นโลหะคู่ขนานสัมพันธ์กับศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าทรงกลม เมื่อใช้ระบบไซโคลนที่ความชื้นสัมพัทธ์ 83.53 %) 216

5.26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะระหว่างขั้วไฟฟ้าทรงกลมตัวนำอลูมิเนียมฟอยล์ถึงแผ่นโลหะคู่ขนานสัมพันธ์กับศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าทรงกลม เมื่อใช้ระบบไซโคลนที่ความชื้นสัมพัทธ์ 83.53 %) 219

รายการตารางประกอบ

ตารางที่ หน้า

5.27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะระหว่างขั้วไฟฟ้าทรงกลมตัวนำอลูมิเนียมฟอยล์ถึงแผ่นโลหะคู่ขนานสัมพันธ์กับศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าทรงกลม เมื่อใช้ระบบไซโคลนที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75 %) 222

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงการต่อลงดินของวัตถุที่มีประจุ	10
2.2	แสดงรูปร่างของเส้นแรงไฟฟ้าในลักษณะต่าง ๆ	13
2.3	แสดงอาณาเขตของศักย์ไฟฟ้าและเส้นแรงไฟฟ้าเมื่อประจุเป็นทรงกลม	15
2.4	แสดงการกระจายบนผิวของตัวนำรูปโค้งมนและตัวนำรูปแท่ง	19
2.5	เครื่องกังหันแฮมมิลตัน (Hamilton mill)	21
2.6	แสดงลักษณะของเครื่องควบแน่น	23
2.7	เครื่องอิเลคโตรฟอรัส	25
2.8	เครื่องกลวิมสเฮิสต์	27
2.9	เครื่องกลวันเดอร์กราฟสายพาน	29
2.10	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตโดยใช้การพัดของกระแสฝุ่น	32
3.1	แสดงผิวเกาเซียนทรงกลมรัศมี r ประจุ q อยู่ที่จุดศูนย์กลาง	38
3.2	ประจุ q_0 เคลื่อนที่จาก A ไป B ในสนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุไฟฟ้าเดี่ยว q	41
3.3	แสดงศักย์ไฟฟ้าของทรงกลมตัวนำที่ระยะต่าง ๆ	43
3.4	ก. รูปแสดงสนามไฟฟ้าของทรงกลมตัวนำที่ระยะต่าง ๆ	44
	ข. แสดงการเคลื่อนที่ประจุ q_2 จาก Infinty มาสู่ระยะ r	45
3.5	แสดงลักษณะหลักโครงสร้างของตัวเก็บประจุ	47
3.6	แสดงการเกิดประจุ q และสนามไฟฟ้า $\vec{E}$ ภายในตัวเก็บประจุ	49
3.7	แสดงเครื่องควบแน่น 3 เครื่องต่ออย่างอนุกรม	53
3.8	แสดงเครื่องควบแน่น 3 เครื่องต่อขนานกัน	55
3.9	แสดงเครื่องควบแน่นซึ่งมีประจุไฟฟ้า 2 อันต่อเป็นวงจร	57
3.10	แสดงการวัดค่าของศักย์ไฟฟ้าความต่างศักย์สูง	61

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.11	แสดงลักษณะการต่อเครื่องวัดค่าความต่างศักย์สูงโดยอาศัยสนามไฟฟ้าที่ใช้งานจริง กับเครื่องระบบหอยโข่ง	63
3.12	แสดงลักษณะการต่อเครื่องวัดค่าความต่างศักย์สูงโดยอาศัยสนามไฟฟ้าที่ใช้งานจริงกับเครื่องระบบไซโคลน	64
3.13	แสดงดีสชาร์จภายในและวงจรสมมูลย์	66
3.14	รูปแสดงถึงกระแสดีสชาร์จกับเวลาที่เปลี่ยนไป	67
3.15	แสดงการดีสชาร์จบางส่วน	69
3.16	แสดงลักษณะของมานอมิเตอร์แบบเอียง	71
3.17	แสดงขนาดของท่อปิตอต - สแตติก	74
3.18	แสดงลักษณะของท่อวัดความดันสถิต (ก) เจาะรูเดียว (ข) เจาะสองรู	75
3.19	แสดงลักษณะของท่อวัดความดันรวม (ก) ปลายมน (ข) ปลายแหลม	75
3.20	แสดงท่อปิตอต-สแตติกและมานอมิเตอร์แบบเอียง	77
3.21	แสดงวัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลม	78
3.22	แสดงเฟืองทดรอบของมอเตอร์	79
3.23	แสดงระบบเฟืองทดรอบของมอเตอร์ที่ใช้งานจริง	81
3.24	แสดงระบบไซโคลน (Cyclone)	82
3.25	แสดงระบบการทำงานของไซโคลน	83
3.26	แสดงการสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ของระบบไซโคลน	84
3.27	แสดงไฮโกรมิเตอร์ แบบเมสัน	86
4.1	แสดงลักษณะของเครื่องวัดศักย์ไฟฟ้าสูง	94

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.2 แสดงลักษณะของพัดลมแบบหอยโข่ง 96

4.3 แสดงโครงสร้างของตัวพัดลม (Blower) 97

4.4 รูปทรงกระบอกสังกะสีสำหรับต่อเข้ากับพัดลมหอยโข่ง ทางช่องดูดอากาศโดยมองจากด้านหน้า 98

4.5 รูปทรงกระบอกสังกะสีสำหรับต่อเข้ากับพัดลมหอยโข่งทาง ช่องดูดอากาศโดยมองจากด้านข้าง 99

4.6 รูปทรงกระบอกสังกะสีสำหรับต่อเข้ากับพัดลมหอย โข่งทาง ช่องดูดอากาศโดยมองจากด้ายบน 99

4.7 แสดงส่วนของพัดลมเมื่อประกอบใช้งานจริงในขณะที่ทดลอง (ด้านล่างสุดของเครื่องมือ) 101

4.8 ก. แสดงลักษณะการผลิตสนามไฟฟ้าโดยใช้เข็ม (มองด้านบน) 103

ข. แสดงลักษณะการผลิตสนามไฟฟ้าโดยใช้เข็ม (มองด้านข้าง) 103

4.9 แสดงลักษณะของท่อพลาสติกเมื่อประกอบชุดเข็มพ่นประจุไฟฟ้า 104

4.10 ก. แสดงลักษณะการผลิตสนามไฟฟ้าโดยใช้ใบมีดคัทเตอร์ (มองด้านข้าง) 106

ข. แสดงลักษณะการผลิตสนามไฟฟ้าโดยใช้ใบมีดคัทเตอร์ (มองด้านบน) 106

4.11 แสดงลักษณะของท่อพลาสติกเมื่อประกอบชุดใบมีดคัทเตอร์พ่น ประจุไฟฟ้า 107

4.12 แสดงลักษณะของท่อพลาสติกเปล่าส่วนชิ้นของกระแสฝุ่น 108

4.13 แสดงลักษณะของท่อพลาสติกส่วนทางลงของกระแสฝุ่น 109

4.14 ก. แสดงลักษณะของสังกะสีโค้ง (ด้านข้าง) 110

ข. แสดงลักษณะของสังกะสีโค้ง (ด้านล่างปาก) 110

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.15 แสดงภาพถ่ายของทรงกลมตัวนำเก็บประจุไฟฟ้า 112

4.16 แสดงวงจรไฟฟ้าที่ใช้ควบคุมโวลเตจได้ 113

4.17 แสดงการต่อตัวเรียงกระแสแบบบอนุกรม 114

4.18 แสดงภาพถ่ายจริงพัดลมแบบเป่าฝุ่น 115

4.19 แสดงลักษณะของทรงกลมตัวนำอลูมิเนียม 117

4.20 แสดงลักษณะของไซโคลนที่ใช้ในงานทดลอง 118

4.21 แสดงลักษณะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตโดยใช้การพัดของกระแสฝุ่น
เมื่อใช้ระบบไซโคลน 119

4.22 แสดงลักษณะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตโดยใช้การพัดของกระแสฝุ่น
เมื่อใช้พัดลมแบบหอยโข่ง 120

5.1 รูปกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าทรงกลมตัวนำอลูมิเนียม
อลูมิเนียมฟอยล์กับระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมยกกำลังสอง
(ใช้เม็ดโฟม ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 91.69 %) 128

5.2 รูปกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ถูกชักนำบนโลหะ
แผ่นคู่ขนานกับระยะห่างระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมยก
กำลังสอง (ใช้เม็ดโฟมที่ความชื้นสัมพัทธ์ 91.69 %) 129

5.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้า
ทรงกลมกับศักย์ไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (ใช้เม็ดโฟมที่ความชื้นสัมพัทธ์
91.69 เปอร์เซนต์) 132

5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้า
ทรงกลมกับสนามไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (ใช้เม็ดโฟมที่ความชื้นสัมพัทธ์
91.69 %) 133

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าทรงกลมตัวนำอลูมิเนียมฟอยล์กับระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมยกกำลังสอง (ใช้ เม็ดโฟมที่ความชื้นสัมพัทธ์ 83.53 %) 136

5.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ถูกชักนำบนโลหะแผ่นคู่ขนานกับระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมยกกำลังสอง (ใช้เม็ดโฟมที่ความชื้นสัมพัทธ์ 83.53 %) 137

5.7 กราฟแสดงความ สัมพันธ์ระหว่างระยะแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมกับศักย์ไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (ใช้เม็ดโฟมที่ความชื้นสัมพัทธ์ 83.53 %) 140

5.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมกับสนามไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (ใช้เม็ดโฟมที่ความชื้นสัมพัทธ์ 83.53 %) 141

5.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าทรงกลมตัวนำอลูมิเนียมฟอยล์กับระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมยกกำลังสอง (ใช้เม็ดโฟมที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75 %) 144

5.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ถูกชักนำบนโลหะแผ่นคู่ขนานกับระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมยกกำลังสอง (ใช้เม็ดโฟมที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75 %) 145

5.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลม กับศักย์ไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (ใช้เม็ดโฟมที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75 %) 148

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมกับสนามไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (ใช้เม็ดโฟมที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75 %) 149

5.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับศักย์ไฟฟ้าบนผิวทรงกลม ตัวนำอลูมิเนียมฟอยล์ (ใช้เม็ดโฟม) 151

5.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าทรงกลมยกกำลังสอง (ใช้ชิ้นอลูมิเนียมฟอยล์ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 91.69 %) 153

5.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ถูกชักนำบนโลหะแผ่นคู่ขนานกับระยะระห่างแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมยกกำลังสอง (ใช้ชิ้นอลูมิเนียมฟอยล์ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 91.69 %) 154

5.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมกับศักย์ไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (ใช้ชิ้นอลูมิเนียมฟอยล์ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 91.63 %) 156

5.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมกับสนามไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (ใช้ชิ้นอลูมิเนียมฟอยล์ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 91.63 %) 157

5.18 กราฟแแสดงความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าทรงกลมตัวนำอลูมิเนียมฟอยล์กับระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมยกกำลังสอง (ใช้ชิ้นอลูมิเนียมฟอยล์ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 83.53 %) 159

5.19 กราฟแสดงความชื้นสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ถูกชักนำบนแผ่นโลหะคู่ขนานกับระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมยกกำลังสอง (ใช้ชิ้นอลูมิเนียมฟอยล์ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 83.53 %) 160

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมกับศักย์ไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (ใช้ชิ้นอลูมิเนียมฟอยล์ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 83.53 %) 162

5.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมกับสนามไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (ใช้ชิ้นอลูมิเนียมฟอยล์ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 83.53 %) 163

5.22 กราฟแแสดงความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าทรงกลมตัวนำอลูมิเนียมฟอยล์กับระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมยกกำลังสอง (ใช้ชิ้นอลูมิเนียมฟอยล์ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75 %) .. 165

5.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ถูกชักนำบนโลหะแผ่นคู่ขนานกับระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมยกกำลังสอง (ใช้ชิ้นอลูมิเนียมฟอยล์ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75 %) 166

5.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมกับศักย์ไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (ใช้ชิ้นอลูมิเนียมฟอยล์ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75 %) 168

5.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมกับสนามไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (ใช้ชิ้นอลูมิเนียมฟอยล์ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75 %) 169

5.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับศักย์ไฟฟ้าบนผิวทรงกลมตัวนำอลูมิเนียมฟอยล์ (ใช้ชิ้นอลูมิเนียมฟอยล์) 171

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าทรงกลมตัวนำอลูมิเนียมฟอยล์กับระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมยกกำลังสอง (ใช้การพ่นประจุไฟฟ้าแบบใบมีดคัทเตอร์ที่ความชื้นสัมพัทธ์ (91.69 %) 174

5.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ถูกชักนำบนโลหะแผ่นคู่ขนานกับระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมยกกำลังสอง (ใช้การพ่นประจุไฟฟ้าแบบใบมีดคัทเตอร์ที่ความชื้นสัมพัทธ์ (91.69 %) 175

5.29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมกับสนามไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (ใช้การพ่นประจุไฟฟ้าแบบใบมีดคัทเตอร์ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 91.69 %) 178

5.30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมกับสนามไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (ใช้การพ่นประจุไฟฟ้าแบบใบมีดคัทเตอร์ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 91.69 %) 179

5.31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าทรงกลมตัวนำอลูมิเนียมฟอยล์กับระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมยกกำลังสอง (ใช้การพ่นประจุไฟฟ้าแบบใบมีดคัทเตอร์ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 83.53 %) 181

5.32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานยกกำลังสองกับความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ถูกชักนำบนโลหะแผ่นคู่ขนาน (ใช้การพ่นประจุไฟฟ้าแบบใบมีดคัทเตอร์ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 83.53 %) 182

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะแผ่นโลหะคู่ขนานขั้วไฟฟ้าทรงกลมกับศักย์ไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (ใช้การพ่นประจุไฟฟ้าแบบใบมีดคัทเตอร์ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 83.53 %) 184

5.34 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมกับสนามไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (ใช้การพ่นประจุไฟฟ้าแบบใบมีดคัทเตอร์ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 83.53 %) 185

5.35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ถูกชักนำบนโลหะแผ่นคู่ขนานกับระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมยกกำลังสอง (ใช้การพ่นประจุไฟฟ้าแบบใบมีดคัทเตอร์ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75 %) 188

5.36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่าง แผ่นโลหะคู่ขนานยกกำลังสองกับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ถูกชักนำบนโลหะแผ่นคู่ขนาน (ใช้การพ่นประจุไฟฟ้าแบบใบมีดคัทเตอร์ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75 %) 189

5.37 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมกับศักย์ไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (ใช้ชิ้นอลูมิเนียมฟอยล์ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75 %) 191

5.38 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมกับสนามไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (ใช้การพ่นประจุไฟฟ้าแบบใบมีดคัทเตอร์ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75%) 192

5.39 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าทรงกลมตัวนำอลูมิเนียมฟอยล์กับระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมยกกำลังสอง (ใช้ การพ่นประจุไฟฟ้าแบบใบมีดคัทเตอร์ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 91.69 %) 195

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.40 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ถูกชักนำบนโลหะแผ่นคู่ขนานกับระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมยกกำลังสอง (ใช้การพ่นประจุไฟฟ้าแบบใบมีดคัทเตอร์ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 91.69%) 196

5.41 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมกับศักย์ไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (ใช้การพ่นประจุไฟฟ้าแบบเข็มที่ความชื้นสัมพัทธ์ 91.69%) 198

5.42 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมกับสนามไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (ใช้การพ่นประจุไฟฟ้าแบบเข็มที่ความชื้นสัมพัทธ์ 91.69%) 199

5.43 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าทรงกลมตัวนำอลูมิเนียมฟอยล์กับระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมยกกำลังสอง (ใช้การพ่นประจุไฟฟ้าแบบใบมีดคัทเตอร์ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 83.53%) 202

5.44 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ถูกชักนำบนโลหะแผ่นคู่ขนานกับระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมยกกำลังสอง (ใช้การพ่นประจุไฟฟ้าแบบใบมีดคัทเตอร์ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 83.53%) 203

5.45 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมกับศักย์ไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (ใช้การพ่นประจุไฟฟ้าแบบเข็มที่ความชื้นสัมพัทธ์ 83.53%) 205

5.46 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมกับสนามไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (ใช้การพ่นประจุไฟฟ้าแบบเข็มที่ความชื้นสัมพัทธ์ 83.53%) 206

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.47 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าทรงกลมตัวนำอลูมิเนียมฟอยล์กับระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมยกกำลังสอง (ใช้การพ่นประจุไฟฟ้าแบบใบมีดคัทเตอร์ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75%) 208

5.48 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ถูกชักนำบนโลหะแผ่นคู่ขนานกับระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมยกกำลังสอง (ใช้การพ่นประจุไฟฟ้าแบบใบมีดคัทเตอร์ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75%) 209

5.49 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมกับศักย์ไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (ใช้การพ่นประจุไฟฟ้าแบบเข็มที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75%) 211

5.50 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมกับสนามไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ (ใช้การพ่นประจุไฟฟ้าแบบเข็มที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75%) 212

5.51 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการพ่นประจุไฟฟ้าแบบเข็มและแบบใบมีดคัทเตอร์ ให้กับชิ้นอลูมิเนียมฟอยล์ ซึ่งเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าทรงกลม 214

5.52 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้าที่ของขั้วไฟฟ้าทรงกลมตัวนำอลูมิเนียมกับระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานกับขั้วไฟฟ้าทรงกลมยกกำลังสอง (ใช้ระบบไซโคลนที่ความชื้นสัมพัทธ์ 91.69%) 217

5.53 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าทรงกลมตัวนำอลูมิเนียมกับระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมยกกำลังสอง (ใช้ระบบไซโคลนที่ความชื้นสัมพัทธ์ 83.53%) 220

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.54 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าทรงกลม ตัวนำอลูมิเนียมกับระยะระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานถึงขั้วไฟฟ้าทรงกลมยกกำลังสอง (ใช้ระบบไซโคลนที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75%) 223

5.55 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความชื้นสัมพัทธ์กับศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าทรงกลม (เมื่อใช้ระบบไซโคลน) 225