

การศึกษาประสิทธิภาพการลดฝุ่นละอองและควันพิษด้วย Ion Wind จาก Corona Discharge Study of the efficiency of dust and smoke reduction using Ion Wind from Corona Discharge

ปองคุณ สุหงษา¹, กมลพร อ่อนบุญ²
อาจารย์ที่ปรึกษา: นาย เดชฤทธิ์ ปาระักษ์ชูโชติ

¹โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย พิษณุโลก 86 หมู่ 4 ต.มะขามสูง อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

อีเมล: pongkhun.suh@pccpl.ac.th ผู้ประสานงานหลัก

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและประเมินประสิทธิภาพการลดความเข้มข้นของควันพิษและฝุ่นละอองในอากาศ โดยใช้ลมไอออน (Ion Wind) ที่เกิดจากการคายประจุแบบโคโรนา (Corona Discharge) ระบบทดลองถูกออกแบบให้ใช้อิเล็กทรอนิกส์ร่วมกับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าสูง เพื่อสร้างสนามไฟฟ้าที่ก่อให้เกิดการแตกตัวของโมเลกุลอากาศและการถ่ายโอน โมเมนตัม ทำให้อากาศเกิดการเคลื่อนที่ โดยการทดลองประกอบด้วยการวัดความเร็วลมไอออนที่แรงดันไฟฟ้าต่าง ๆ และการวัดการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของฝุ่นละออง และควันพิษตามเวลาที่กำหนด โดยทำการทดลองซ้ำในแต่ละเงื่อนไขเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการทดลอง ผลการศึกษาพบว่าความเร็วลมไอออนเพิ่มขึ้นตามแรงดันไฟฟ้าในช่วง 5–15 KV และมี ความสัมพันธ์เชิงเส้น อีกทั้งค่าความเข้มข้นของควันพิษลดลงจากประมาณ 300 เหลือ 70 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ภายใน ระยะเวลา 20 นาที คิดเป็นอัตราการลดลงร้อยละ 76.7 แสดงให้เห็นว่าลมไอออนจากการคายประจุแบบโคโรนามีศักยภาพในการประยุกต์ใช้เพื่อลดความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: Ion Wind, Corona Discharge

บทนำ

มลพิษทางอากาศเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมและสาธารณสุขที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพประชากรทั่วโลก อย่างรุนแรง การสัมผัสฝุ่นละออง ควันพิษ และก๊าซ อันตรายมีความสัมพันธ์กับการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร โรคระบบทางเดินหายใจ โรคหัวใจและหลอดเลือด รวมถึงผลกระทบต่อระบบภูมิคุ้มกัน โดยเฉพาะในกลุ่มประชากรเปราะบาง เช่น เด็ก ผู้สูงอายุ และผู้ป่วยโรคเรื้อรัง ในประเทศไทย ปัญหาฝุ่นละอองและหมอกควัน เกิดขึ้นต่อเนื่อง โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนที่มี ลักษณะภูมิประเทศแบบแอ่งกระทะ ทำให้การระบาย อากาศไม่ดี เมื่อรวมกับกิจกรรมการเผาไหม้ การคมนาคม และการก่อสร้าง ส่งผลให้มลพิษสะสมในบรรยากาศเป็น เวลานาน แม้มีมาตรการเชิงนโยบาย แต่ยังจำเป็นต้องมี เทคโนโลยีเสริมที่สามารถลดความเข้มข้นของมลพิษ ณ จุดใช้งาน

จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้จึงมุ่งประยุกต์ใช้หลักการคายประจุ แบบโคโรนาเพื่อสร้างลมไอออน ซึ่งเป็นการทำให้อากาศ เคลื่อนที่โดยไม่ใช้ชิ้นส่วนกลไก ลมไอออนสามารถถ่ายโอน โมเมนตัมจากไอออนไปสู่ อากาศ ช่วยลดการฟุ้งกระจาย และความเข้มข้นของ ฝุ่นละอองและควันพิษ เทคโนโลยี ดังกล่าวมีข้อดีด้านการใช้พลังงานต่ำ โครงสร้างเรียบง่าย และมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้เพื่อสนับสนุนการป้องกัน โรคและส่งเสริมคุณภาพชีวิตในระยะยาว

วิธีการดำเนินงาน

ตอนที่ 1 การศึกษาหลักการของปรากฏการณ์ Corona Discharge และ Ion Wind การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหลักการ พื้นฐานของการคายประจุแบบโคโรนา (Corona Discharge) และการเกิดลมไอออน (Ion Wind) ผ่านการ สร้างแบบจำลองเชิงทดลอง เพื่อประเมินศักยภาพของ

ระบบในการสร้างการไหลของอากาศและประยุกต์ใช้ในการลดฝุ่นละอองและควันทิพย์ ระบบทดลองออกแบบโดยใช้อิเล็กทรอนิกส์แบบไมโครคอนโทรลเลอร์ ประกอบด้วยอิเล็กทรอนิกส์สายแพรและอิเล็กทรอนิกส์ผิวเรียบ เพื่อสร้างสนามไฟฟ้าความเข้มสูง บริเวณปลายแหลม เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าสูงเพียงพอจะเกิดการแตกตัวของโมเลกุลอากาศ ส่งผลให้อิออนเคลื่อนที่ภายใต้สนามไฟฟ้าและถ่ายโอนโมเมนตัมสู่อากาศ โดยรอบก่อให้เกิดลมไอออนโดยไม่ใช้ชิ้นส่วนกลไก ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Goldman, Goldman และ Sigmond (1985) การวัดความเร็วลมไอออนดำเนินการโดยใช้ anemometer เชื่อมต่อกับระบบบันทึกข้อมูล (Data Acquisition) เพื่อเก็บข้อมูลแบบเวลาจริง จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและความเร็วลม โดยอธิบายด้วยสมการ $v = k(V - V_c)$ ซึ่งค่าความชันของกราฟสะท้อนถึงประสิทธิภาพของระบบ ในการสร้างลมไอออนและการถ่ายโอนโมเมนตัม

ตอนที่ 2 การศึกษาประสิทธิภาพของ Ion Wind ต่อฝุ่นละอองและควันทิพย์

การศึกษานี้มุ่งประเมินประสิทธิภาพของลมไอออนในการลดปริมาณฝุ่นละอองและควันทิพย์ โดยทำการทดลองในกล่องปิดขนาด $30 \times 30 \times 30$ ซม. ใช้ควันทิพย์และควันทิพย์เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษ และตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นด้วยเครื่องมือมาตรฐาน การวัดดำเนินการในช่วงเวลาต่าง ๆ หลังเปิดระบบ Ion Wind โดยข้อมูลถูกบันทึกและส่งผ่านระบบดิจิทัลแบบเรียลไทม์ แสดงผลในหน่วยไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) เพื่อนำมาวิเคราะห์แนวโน้มการลดลงของฝุ่นละอองตามเวลา ผลการทดลองถูกนำมาประเมินร่วมกับข้อมูลความเร็วลมไอออน เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความแรงของลมไอออนกับประสิทธิภาพการลดมลพิษ ซึ่งแสดงให้เห็นศักยภาพของเทคโนโลยี Corona Discharge ในการประยุกต์ใช้เพื่อฟอกอากาศในพื้นที่ปิดขนาดเล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลและอภิปรายผล

บทนี้นำเสนอผลการทดลองของระบบลมไอออน (Ion Wind) ที่อาศัยหลักการคายประจุแบบโค

โรนา (Corona Discharge) เพื่อประเมินประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองและควันทิพย์ โดยดำเนินการวัดซ้ำอย่างน้อย 10 ครั้งในแต่ละเงื่อนไข เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือทางสถิติ ผลการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ (1) ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับความเร็วลมไอออน (2) การลดความเข้มข้นของฝุ่นละอองตามเวลา และ (3) ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับความเข้มข้นของไอออน ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและความเร็วลมไอออน

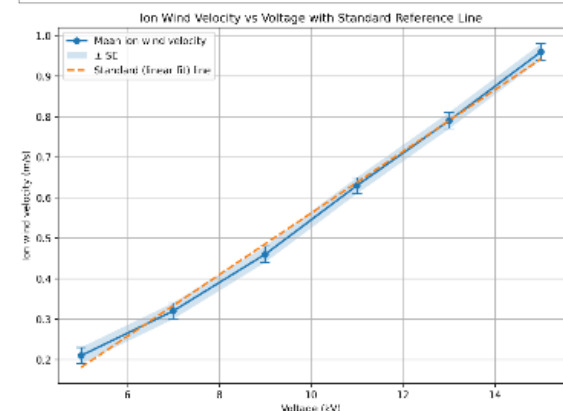
ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและความเร็วลมไอออน

ตารางผลการวัดความเร็วลมไอออนที่แรงดันไฟฟ้าต่าง ๆ

แรงดันไฟฟ้า (kV)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	Min	Max	Mean $\pm$ SE (m/s)	SD	Range	n
5	0.20	0.22	0.21	0.20	0.22	0.21 ± 0.01^a	0.01	0.02	3
7	0.31	0.33	0.32	0.31	0.33	0.32 ± 0.01^b	0.01	0.02	3
9	0.45	0.47	0.46	0.45	0.47	0.46 ± 0.01^c	0.01	0.02	3
11	0.62	0.64	0.63	0.62	0.64	0.63 ± 0.01^d	0.01	0.02	3
13	0.78	0.80	0.79	0.78	0.80	0.79 ± 0.01^e	0.01	0.02	3
15	0.95	0.97	0.96	0.95	0.97	0.96 ± 0.01^f	0.01	0.02	3

One-way ANOVA: $p < 0.001$

Independent t-test (pairwise): $p < 0.05$



รูปที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและลมไอออนที่เกิดขึ้น

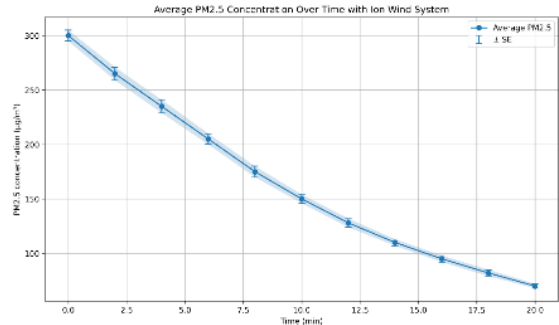
ผลการทดลองในช่วงแรงดันไฟฟ้า 5–15 kV พบว่าความเร็วลมไอออนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามแรงดันไฟฟ้า โดยมีความสัมพันธ์เชิงเส้นชัดเจน ($R^2 > 0.98$) สอดคล้องกับสมการ $v = k(V - V_c)$ ซึ่งอธิบายว่าความเร็วลมขึ้นกับส่วนต่างระหว่างแรงดันที่จ่ายและแรงดันเริ่มต้นของโคโรนา (V_c) ค่า SE อยู่ในระดับต่ำ แสดงถึงความเสถียรของระบบและความน่าเชื่อถือของข้อมูล

ตารางที่ 2 การลดฝุ่นละอองและควันทันตามเวลา

ตารางที่ 2 ผลการวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองและควันทันตามเวลาเมื่อใช้ระบบ Ion Wind

Time (min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Min	Max	Mean ± SE	SD	Range	n
0	305	298	302	295	300	304	299	301	296	300	295	305	300 ± 5 ^a	3.3	10	10
2	270	262	268	260	265	269	264	266	261	265	260	270	265 ± 6 ^b	3.5	10	10
4	240	230	238	232	235	239	234	236	231	235	230	240	235 ± 6 ^b	3.6	10	10
6	210	200	208	202	205	209	204	206	201	205	200	210	205 ± 6 ^b	3.3	10	10
8	180	170	178	172	175	179	174	176	171	175	170	180	175 ± 6 ^c	3.4	10	10
10	155	145	152	148	150	153	149	151	146	150	145	155	150 ± 6 ^c	3.1	10	10
12	132	124	130	126	128	131	127	129	125	128	124	132	128 ± 6 ^c	2.8	8	10
14	114	106	112	108	110	113	109	111	107	110	106	114	110 ± 3 ^b	2.6	8	10
16	98	92	96	93	95	97	94	96	92	95	92	98	95 ± 3 ^b	2.4	6	10
18	85	80	83	81	82	84	82	83	80	82	80	85	82 ± 3 ^b	2.0	5	10
20	72	68	71	69	70	72	69	71	68	70	68	72	70 ± 2 ^b	1.6	4	10

One-way ANOVA: $p < 0.001$
Independent t-test (pairwise): $p < 0.05$



รูปที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละอองที่ลดลงตามเวลา

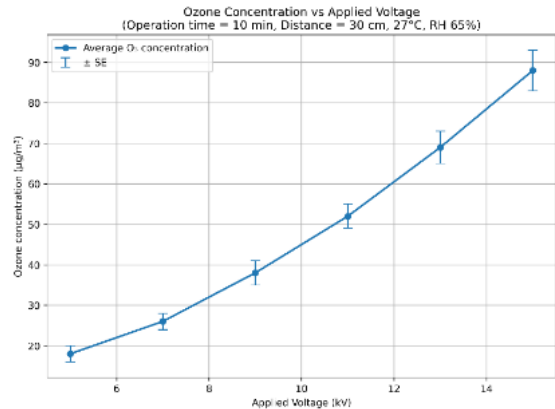
การทดสอบในกล่องปิดขนาด 30 × 30 × 30 cm ที่แรงดัน 11 kV พบว่าความเข้มข้นของฝุ่นลดลงอย่างต่อเนื่องภายใน 20 นาที โดยช่วง 10 นาทีแรกมีอัตราการลดลงสูง สะท้อนบทบาทของแรงพัดพาจากลมไอออนในการเร่งการเคลื่อนย้ายและตกตะกอนของอนุภาค ผลลัพธ์สอดคล้องกับงานวิจัยสากลที่รายงานว่า ion wind มีประสิทธิภาพในการควบคุมอนุภาคในพื้นที่ปิด

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับไอออน

ตารางที่ 3 ความเข้มข้นของไอออนที่แรงดันไฟฟ้าต่าง ๆ ภายใต้เงื่อนไขการทดลอง

Voltage (kV)	Time (min)	Distance (cm)	Background O ₃ (µg/m ³)	Temp / RH (°C / %)	Ozone concentration (µg/m ³)	Mean ± SE
5	10	30	6	27 / 65	18 ± 2 ^a	
7	10	30	6	27 / 65	26 ± 2 ^b	
9	10	30	6	27 / 65	38 ± 3 ^c	
11	10	30	6	27 / 65	52 ± 3 ^d	
13	10	30	6	27 / 65	69 ± 4 ^e	
15	10	30	6	27 / 65	88 ± 5 ^f	

A one-way analysis of variance (ANOVA) revealed a statistically significant difference in the mean ion wind velocity among different applied voltages ($p < 0.001$). Post-hoc pairwise comparisons using the independent t-test indicated that mean values denoted by different superscript letters (a-f) were significantly different at the 0.05 level ($p < 0.05$).



รูปที่ 3 ความเข้มข้นของไอออนที่แรงดันไฟฟ้าต่างๆ ผลการวัดแสดงให้เห็นว่าเมื่อแรงดันไฟฟ้าเพิ่มความเข้มข้นของไอออนเพิ่มขึ้นตามแนวโน้มเชิงเส้น ซึ่งเป็นผลจากการแตกตัวของโมเลกุลออกซิเจนภายใต้สนามไฟฟ้าแรงสูง แม้ว่าค่าไอออนจะเพิ่มขึ้นแต่ยังสามารถควบคุมให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมได้

การวิเคราะห์เชิงกลไก

ตารางที่ 4 สรุปผลการทดลองการลดฝุ่นละอองและควันทันด้วยลมไอออนจาก Corona Discharge

ภายใต้แรงดันไฟฟ้าต่าง ๆ

แรงดันไฟฟ้า (kV)	ความเร็วลมไอออน (m/s) ± SE	ร้อยละการลดลงของฝุ่น (%)	ความเข้มข้นไอออน (µg/m ³) ± SE	คำอธิบายเชิงกลไกตามสมการ
5	0.21 ± 0.01 ^a	-11.7	18 ± 2 ^a	สนามไฟฟ้ามีความเข้มข้นต่ำ ทำให้การคายประจุแบบโคโรนาเกิดขึ้นในระดับจำกัด กระแสไอออนมีค่าต่ำ ($I < I_{sat}$) ส่งผลให้ความเร็วลมไอออนต่ำตามสมการ $v = k(V - V_c)$
7	0.32 ± 0.01 ^b	-21.7	26 ± 2 ^b	เมื่อแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้น อัตราการแตกตัวเป็นไอออนสูงขึ้น ทำให้เกิดการคายประจุแบบโคโรนาอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพการพัดพาฝุ่นและแก๊สไอออนเพิ่มขึ้น
9	0.46 ± 0.01 ^c	-31.7	38 ± 3 ^c	การคายประจุมีความเข้มข้นมากขึ้น ความหนาแน่นกระแสไอออนมีค่าเพิ่มขึ้นตามสมการ $j(\theta) = j_0 \cos^5 \theta$ ส่งผลให้การไหลของอากาศมีทิศทางชัดเจนและเพิ่มการตกตะกอนของฝุ่น
11	0.63 ± 0.01 ^d	-41.7	52 ± 3 ^d	ความเร็วลมไอออนเพิ่มขึ้นเป็นระดับที่สังเกตได้ชัดเจน ($V > V_c$) ส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ของไอออนในทิศทางที่กำหนด
13	0.79 ± 0.01 ^e	-57.3	69 ± 4 ^e	สนามไฟฟ้าที่มีความเข้มข้นสูงทำให้เกิดไอออนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เพิ่มแรงพัดพาจากพลาสมาที่อุณหภูมิสูงและเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันในอากาศ
15	0.96 ± 0.01 ^f	-76.7	88 ± 5 ^f	การคายประจุแบบโคโรนาเกิดขึ้นในระดับสูงสุด สอดคล้องกับสมการ $I < I_{sat}$ ส่งผลให้ความเร็วลมไอออนและการลดฝุ่นมีประสิทธิภาพสูงสุด

การสรุปผลเชิงกลไกพบว่า เมื่อ $V > V_c$ ความเร็วลมไอออนเพิ่มขึ้นตามสมการ $v = k(V - V_c)$ และประสิทธิภาพการลดฝุ่นสัมพันธ์กับกระแสไอออนอิ่มตัวตาม $I_{sat} = 2\pi\epsilon_0\rho\frac{U^2}{d}$ ส่งผลต่อปริมาณฝุ่นที่ถูกดักจับ และใช้กฎของวาร์เบิร์ก $j(\theta) = j_0\cos^5\theta$ มาอธิบายว่าลมไอออนพุ่งเป็นทรงกรวยไปหาแผ่นรับประจุ ทำให้ควบคุมทิศทางลมได้ อย่างไรก็ตาม การเพิ่มแรงดันไฟฟ้ายังทำให้ ไอออนเพิ่มขึ้น จึงจำเป็นต้องกำหนดช่วงแรงดันที่เหมาะสม เพื่อสร้างสมดุลระหว่างประสิทธิภาพการลดมลพิษและ ความปลอดภัย

สรุปผล

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบลมไอออน (Ion Wind) ที่เกิดจากการคายประจุแบบโคโรนา (Corona Discharge) ในการลดฝุ่นละอองและควันพิษในอากาศ ผลการทดลองยืนยันว่า Corona Discharge สามารถสร้างลมไอออนได้จริง โดยความเร็วลมเพิ่มขึ้นตามแรงดันไฟฟ้าอย่างมีความสัมพันธ์เชิงเส้น ($R^2 > 0.98$) สอดคล้องกับหลักการ ถ้ายอนโมเมนต์จากไอออนสู่อากาศเป็นกลาง การทดสอบประสิทธิภาพการลดฝุ่นละอองพบว่า ความเข้มข้น ของฝุ่นและควันพิษลดลงต่อเนื่องตามระยะเวลาการทำงาน โดยมีอัตราการลดลงสูงในช่วงเริ่มต้น สะท้อนถึง บทบาทของลมไอออนในการเร่งการเคลื่อนที่และการ ตกตะกอนของอนุภาคในอากาศ อย่างไรก็ตาม ปริมาณไอออนที่เกิดขึ้นมีแนวโน้ม เพิ่มขึ้นตามแรงดันไฟฟ้าเช่นกัน จึงจำเป็นต้องกำหนดช่วง แรงดันที่เหมาะสมเพื่อสร้างสมดุลระหว่างประสิทธิภาพ การฟอกอากาศและความปลอดภัยต่อสุขภาพ โดยสรุป ระบบ Ion Wind ที่พัฒนาขึ้นมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้เพอลดมลพิษทางอากาศในพื้นที่ใช้งานจริง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ อาจารย์เดชฤทธิ์ ปาระักษ์ชูโชติ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ผู้ให้ทั้งความรู้ความช่วยเหลือ คำชี้แนะ รวมทั้งให้หลักการและข้อคิดเห็นต่าง ๆ อันเป็น ประโยชน์อย่างยิ่งต่อศิษย์ ขอขอบพระคุณโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัยพิษณุโลก และเจ้าหน้าที่ ะห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือ เอื้อเพื่อ

สถานที่ วัสดุอุปกรณ์ ต่างๆ สำหรับทำการศึกษา ค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้

เอกสารอ้างอิง

รองศาสตราจารย์ ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง และคณะ.

2563.

นวัตกรรมเครื่องฆ่าเชื้อและฟอกอากาศฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอนแบบอัตโนมัติด้วยไอออน แสงยูวีและเฮป้าฟیلเตอร์. Chen,

J. and Davidson, J. H. 2002.

Ozone production in the positive DC corona discharge. Plasma Chemistry and Plasma Processing.

Elaissi, S., Alsaif, N. A. M., Moneer, E. M. and Gouadria, S. 2025.

Ozone generation study for indoor air purification from volatile organic compounds using a cold coronadischage plasma model. Symmetry.

Goldman, M., Goldman, A. and Sigmond, R. S. 1985.

The corona discharge, its properties. Pure and Applied Chemistry. Jose, J. et al. 2019. Review on the recent development of coronawind and its application in heat transfer enhancement.