บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ผลจากค่านิยมในการใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เปลี่ยนไป ทำให้การออกแบบอุปกรณ์ต่างๆ มิได้คำนึงถึงอายุการใช้งาน ส่งผลให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชำรุดเสียหายหรือล้าสมัยอย่างรวดเร็ว เป็นสาเหตุให้ในปัจจุบันปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์มีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนสร้างปัญหาในด้านการจัดการขยะเหล่านี้ เนื่องจากขยะอิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่มีส่วนประกอบของโลหะหนักที่เป็นอันตรายต่อคน สัตว์ และสิ่งแวดล้อม เช่น ตะกั่ว, ปรอท, โครเมี่ยม เป็นต้น การจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์จึงต้องคำนึงถึงมลภาวะที่จะเกิดขึ้นและสารพิษที่จะตกค้างในสิ่งแวดล้อม

กฎหมายจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทยอยู่ในขั้นตอนการร่างกฎระเบียบแก้ไขกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับขยะมีพิษ ซึ่งจากข้อมูลของกระทรวงอุตสาหกรรมพบว่า การจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทยใช้วิธีการฝังกลบและการเผาทำลาย ซึ่งการเผาทำลายขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำกันในปัจจุบันใช้ความร้อนที่ได้จากเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนในปริมาณมากซึ่งส่งผลโดยตรงต่อสภาวะโลกร้อน ดังนั้นพลาสมาซึ่งเป็นพลังงานสะอาดจึงเป็นทางเลือกในการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ในอนาคต

1.1.1 การจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์

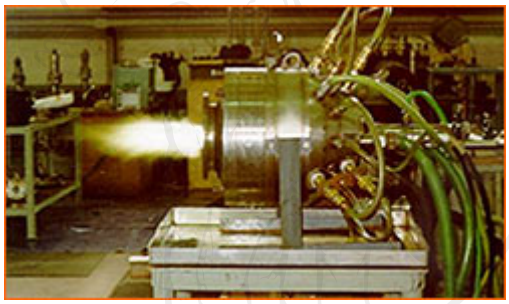
อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ไม่สามารถรีไซเคิล (Recycle) ได้ เช่น วงจรคอมพิวเตอร์ที่ทำการแยกส่วนประกอบที่มีประโยชน์ออกหมดแล้ว เป็นต้น การจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์กลุ่มนี้จะทำเช่นเดียวกับการเผาทำลายขยะอุตสาหกรรม ที่เผาทะลายด้วยความร้อนสูงจากแหล่งความร้อนต่างๆ เช่น หัวเผาที่ใช้เชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอน, หัวเผาพลาสมา เป็นต้น การเผาจะให้ความร้อนกับขยะที่อยู่ในห้องเผาอย่างต่อเนื่องจนขยะเปลี่ยนสภาพเป็นเถ้า (Ash) จนหมด หลังจากนั้นจะนำเถ้าที่ได้ไปทำการฝังกลบเป็นขั้นตอนต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.1.2 การนำหัวเผาพลาสมามาใช้ประโยชน์

หัวเผาพลาสมา (Plasma Torch) คือ อุปกรณ์สร้างพลาสมาอุณหภูมิสูงและนำอุณหภูมิที่ได้จากพลาสมานั้นไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ

สภานะการณ์วิกฤตพลังงานในปัจจุบันส่งผลให้ราคาเชื้อเพลิงสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องทำให้ต้นทุนในการดำเนินงานของหัวเผาที่ใช้เชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนสูงตามไปด้วย จึงมีการนำหัวเผาพลาสมา (Plasma Torch) ที่ไม่จำเป็นต้องใช้เชื้อเพลิงในการสร้างความร้อนและไม่ก่อให้เกิดก๊าซพิษจากการสันดาปเชื้อเพลิงมาแทนที่



รูป 1.1 หัวเผาพลาสมาความร้อน

การใช้ประโยชน์ของหัวเผาพลาสมาความร้อนสูงในต่างประเทศนั้นมีการศึกษาวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่องทั้งในภาครัฐและเอกชนเพราะพลาสมาเป็นพลังงานสะอาดที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงและยังให้ความร้อนสูงกว่า แต่การศึกษาวิจัยและพัฒนาเรื่องหัวเผาพลาสมาความร้อนและพลาสมากำลังสูงภายในประเทศไทยนั้นยังไม่เป็นที่แพร่หลาย มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำความร้อนสูงจากพลาสมาไปใช้ประโยชน์เพียงไม่กี่ฉบับจึงนำไปสู่การศึกษาวิจัยและพัฒนาหัวเผาพลาสมาความร้อนใช้ Carrier Gas เป็นก๊าซที่หาได้ทั่วไปเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ต่อไป

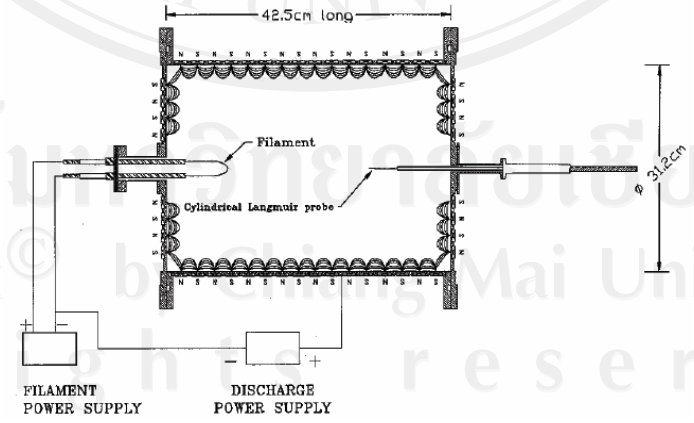
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพลาสมาในอดีตถึงปัจจุบันมีจำนวนมาก ซึ่งงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.2.1 งานวิจัยในประเทศไทย

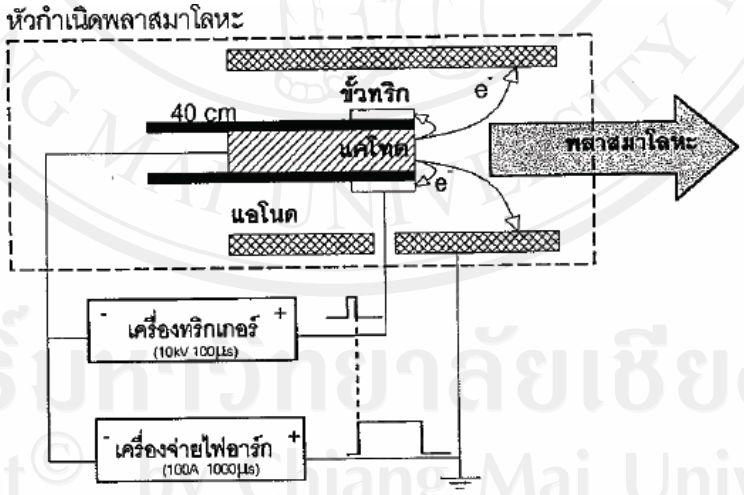
ประดุง สวนพุฒ (2540) ทำการศึกษาแหล่งกำเนิดไอออนทรงกระบอกขนาดใหญ่แบบ ดีซี มัลติคัสพ์พลาสมา (DC. Multicusp Plasma Ion Source) ตัวถังของแหล่งกำเนิดสร้างขึ้นจากเหล็กกล้าไร้สนิมล้อมรอบด้วยเม็ดแม่เหล็กถาวรแบบกระดุมเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กภายใน การวิจัยจะทำการสร้างพลาสมาจากก๊าซ ฮีเลียม อาร์กอน และซีนอน โดยวิธีเผาเส้นลวดทังสเตนที่บรรจุในตัวถังภายใต้ความดันสุญญากาศเพื่อให้เกิดอิเล็กตรอนปฐมภูมิ ให้ค่าความต่างศักย์ระหว่างตัวถังทำหน้าที่เป็นแอโนดและลวดทังสเตนที่ทำหน้าที่เป็นแคโทดมีค่าประมาณ 40 V จ่ายกระแสไฟฟ้า 500 mA – 1 A ผลที่ได้คือ อิเล็กตรอนของลวดทังสเตนจะแตกตัวออกไปชนกับโมเลกุลของก๊าซทำให้ก๊าซเกิดการแตกตัวเป็นพลาสมา จากการศึกษาพบว่าการกระจายตัวของพลาสมาในแนวรัศมีมีค่าประมาณ 8-10 cm ในขณะที่การกระจายตัวของพลาสมาทางด้านตามยาวมีลักษณะสม่ำเสมออย่างต่อเนื่อง ค่าความหนาแน่นของพลาสมาอยู่ระหว่าง $4.8 \times 10^{8} - 4.9 \times 10^{9}$ /cm^{-3} เมื่อกำลังในการเผาลวดทังสเตนมีค่าประมาณ 650 Watt ภายใต้ความดัน 3.75×10^{-4} Torr



รูป 1.2 แบบโครงสร้างแหล่งกำเนิดพลาสมาแบบ ดีซี มัลติคัสพ์
(DC. Multicusp Plasma Ion Source)
(ประดุง สวนพุฒ, 2540)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เพ็ญศรี ประมุขกุล (2543) ทำการศึกษาโครงสร้างและการทำงานของหัวจ่ายพลาสมาชนิด MEVVA (Metal Vapor Vacuum Arc) ซึ่งเป็นเครื่องกำเนิดพลาสมาของโลหะชนิดอาร์คในสุญญากาศ ใช้หลักการปลดปล่อยอิเล็กตรอนภายใต้สนามไฟฟ้าแรงสูง (High Field Electrons Emission) พลาสมาจำนวนหนึ่งจะถูกสร้างขึ้นที่ผิวแคโทดซึ่งเป็นโลหะบริสุทธิ์ด้วย “จุดอาร์ค” จากเครื่องจ่ายแรงดันสูงแบบพัลส์ขนาด 10 kV 100 μs (Trigger Supply) ที่ต่ออยู่ระหว่างขั้วแคโทดและขั้วทริกเกอร์แบบวงแหวนซึ่งเป็นโลหะที่มีจุดหลอมเหลวสูงถูกคั่นห่างจากกันด้วยฉนวน พลาสมาจากจุดอาร์คจะเป็นตัวเชื่อมให้เกิดการไหลของกระแสอาร์ค จากเครื่องจ่ายไฟอาร์คแบบพัลส์ขนาด 100A 100 μs (Arc Supply) ที่ต่ออยู่ระหว่างขั้วแคโทดและแอโนด เป็นผลให้ผิวโลหะที่ใช้เป็นขั้วแคโทด (Cathode) เปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นแก๊สและแตกตัวอย่างรุนแรงกลายเป็นพลาสมา จากนั้นพลาสมาจะขยายตัวเคลื่อนที่ผ่านรูแอโนดออกไปในทิศที่ตั้งฉากกับผิวหน้าแคโทด ในการทดลองได้ใช้เทคนิคสเปคโตรสโกปีแบบเปล่งแสงในการวิเคราะห์สเปคตรัมของแสงที่เกิดจากพลาสมาในแนวด้านข้างของลำพลาสมาที่เกิดขึ้น โครงสร้างอย่างง่ายของหัวกำเนิดพลาสมาโลหะที่ใช้ในงานวิจัยนี้แสดงดังรูป 1.3



รูป 1.3 โครงสร้างอย่างง่ายของเครื่องกำเนิดพลาสมาโลหะ
ชนิด MEVVA (Metal Vapor Vacuum Arc)
(เพ็ญศรี ประมุขกุล, 2543)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พันธวัฒน์ ไชยวรรณ์ (2546) ทำการวิจัยพัฒนาระบบพลาสมาเพื่อใช้ปรับสมบัติของสิ่งทอ โดยได้นำพลาสมา SF_6 ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำด้วยคลื่นวิทยุที่มีความถี่ 13.56 MHz ภายในแชมเบอร์เหล็กรูปทรงกระบอกมาปรับปรุงสมบัติการไม่ซึมน้ำของผ้าไหม ซึ่งการทดลองได้ใช้กำลังคลื่นวิทยุ 2550 และ 75 W ในช่วงความดัน 1-7 mTorr ในการทดลองได้ใช้เทคนิคหัววัด Langmuir และ เทคนิค Optical Emission Spectroscopy ผลการทดลองพบว่าอุณภูมิอิเล็กตรอนและความหนาแน่นไอออนบวกที่วัดได้ในตำแหน่งกึ่งกลางแชมเบอร์มีค่าอยู่ระหว่าง 3 - 5 eV และ 1 - 3.5 x 10^{10} cm^{-3} ตามลำดับ

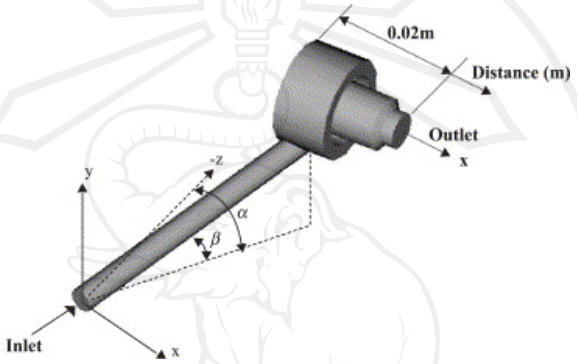
1.2.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Chen et al. (2000) ทำการศึกษาหัวเผาพลาสมาไมโครเวฟกำลังต่ำที่ความดันบรรยากาศ (< 1 kW) เพื่อสร้างอนุภาคทรงกลมของ Alumina ที่ควบคุมขนาดและการกระจายตัวของอนุภาคได้ โดยทำการศึกษาผลกระทบของการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของ Carrier Gas และ กำลังคลื่นไมโครเวฟที่มีต่อลักษณะและขนาดอนุภาคของ Alumina จากการศึกษาพบว่าค่าที่มีผลต่อขนาดอนุภาคของ Alumina คือ ความหนาแน่นของละอองของเหลวหรืออนุภาคน้ำในอากาศชื้น(Aerosol Stream) ซึ่งใช้เป็น Carrier Gas ที่ไหลผ่านส่วนร้อนของพลาสมาที่เกิดจากไมโครเวฟจะเกิดจากการแตกตัวของละอองของเหลวและให้พลังงานสูงขึ้น และการแตกตัวก็ขึ้นกับการกระจายตัวของโมเลกุลไอน้ำอีกด้วย สามารถสรุปได้ว่าหากมีอนุภาคของ Carrier Gas แตกตัวเป็นพลาสมาได้มากเท่าไรก็จะยิ่งได้พลังงานมากขึ้นเท่านั้น

Hur et al. (2002) ทำการศึกษาหัวเผาพลาสมาใช้ก๊าซอาร์กอนเป็น Carrier Gas ที่มีความแตกต่างของการจัดวางขั้วแคโทดและหัวฉีด (Cathode-Nozzle Arrangements) 6 แบบ เพื่อวิเคราะห์หาตำแหน่งที่ดีที่สุดในการสร้างเปลวพลาสมาที่สมบูรณ์ ซึ่งจากแบบจำลองทางคณิตของการศึกษาครั้งนี้พบว่าเงื่อนไงในการทำให้เปลวพลาสมาที่ได้ออกมามีความสมบูรณ์แบบมากที่สุดและได้ความร้อนสูงสุดนั้นมิได้ขึ้นอยู่กับ กระแสจ่าย (Input Current) , อัตราการไหลของก๊าซ (Gas Flow Rate) และระยะอาร์ค (Arc Length) เท่านั้น แต่ยังต้องคำนึงถึงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวของหัวฉีดอีกด้วย ซึ่งการคำนวณตามแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวของหัวฉีดที่เหมาะสมต่อค่าพารามิเตอร์อื่นๆ เพียงค่าเดียว เช่น หัวฉีดหนึ่งตัวจะสามารถสร้างพลาสมาได้สมบูรณ์แบบที่ค่าอัตราการไหลของก๊าซเพียงค่าเดียวเท่านั้น เป็นต้น

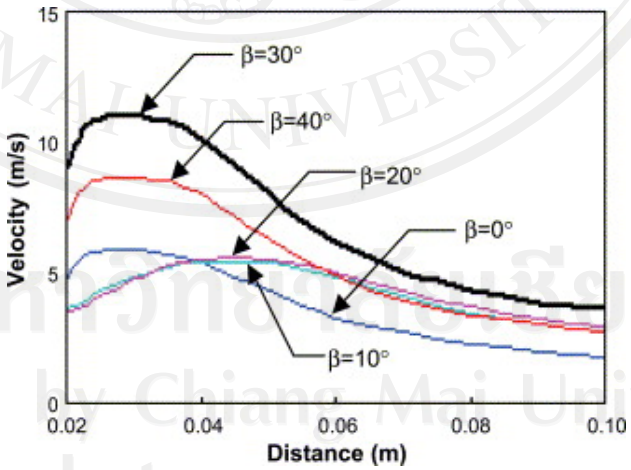
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Moon et al. (2004) ทำการศึกษาหัวเผาพลาสมาที่ใช้เทคนิคสนามไฟฟ้าแรงสูงเพื่อวิเคราะห์พลาสมาที่ได้จากลักษณะการเคลื่อนที่ของ Carrier Gas แบบ No-Swirl Flow และ Swirl Flow ซึ่งมีผลต่อทั้งความยาวและความเร็วของเปลวพลาสมา โดยมุม Inlet Flow Angles (β) ที่เหมาะสมในการศึกษาครั้งนี้คือ 30^0



รูป 1.4 แบบจำลองหัวเผาพลาสมาและพิกัดฉาก

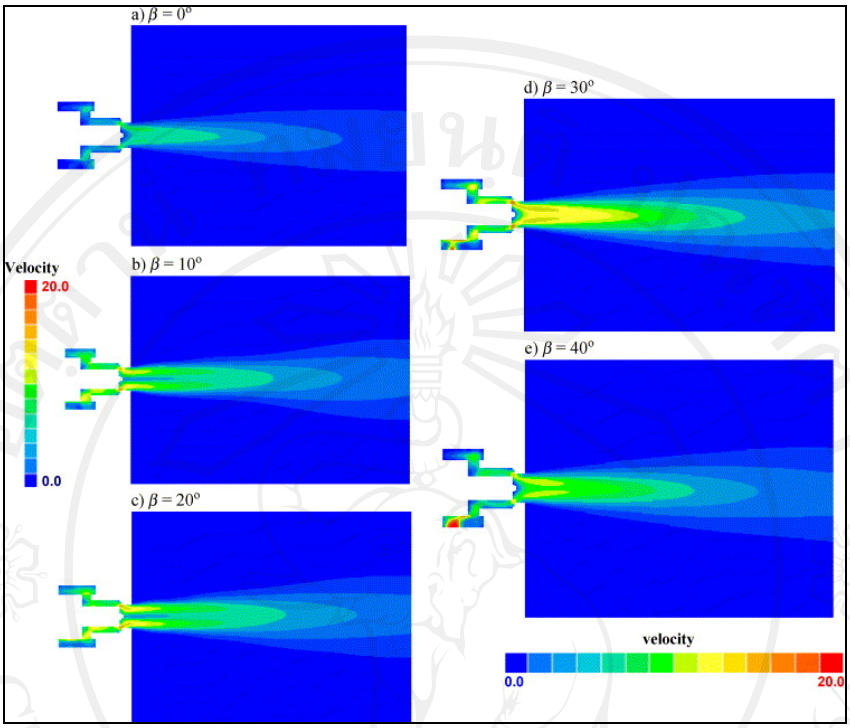
(Moon et al., 2004)



รูป 1.5 ผลกระทบของมุมไหลเข้า (Inlet Flow Angles , β)
ที่มีต่อการกระจายตัวของความเร็วก๊าซ (Velocity Distribution)
ตามแนวเส้นกึ่งกลาง (Centerline, $y = 0$)

(Moon et al., 2004)

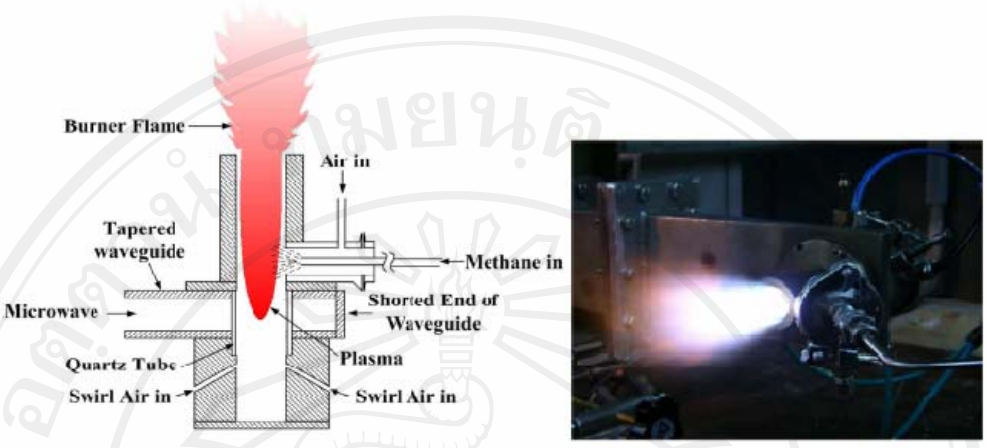
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 1.6 ผลกระทบของมุมไหลเข้า (Inlet Flow Angles , β)
ที่มีต่อการกระจายตัวของความเร็วก๊าซ(Velocity Distribution) หน่วย m/s
(Moon et al., 2004)

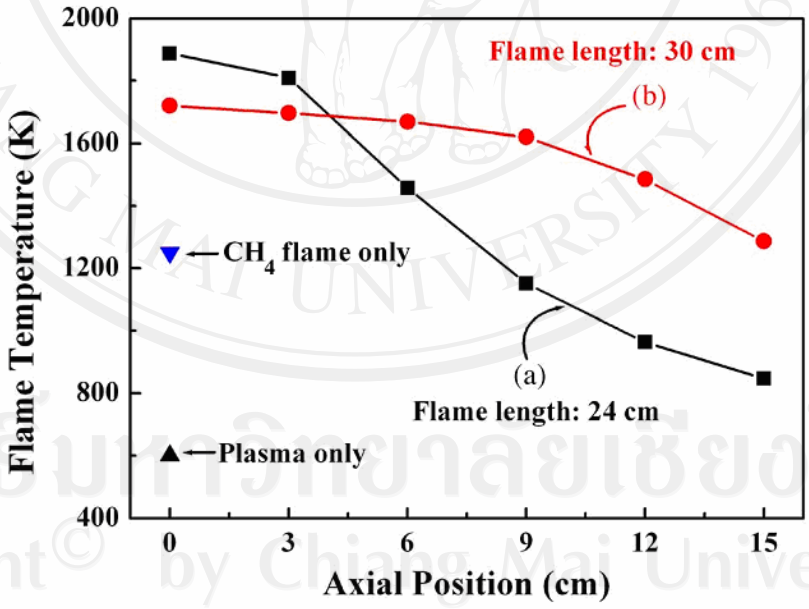
Bang et al. (2006) ทำการวิจัยและออกแบบหัวเผาใช้ก๊าซมีเทนโดยมีคลื่นไมโครเวฟเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาพลาสมา(Methane-Augmented Microwave Plasma Burner) การออกแบบใช้คลื่นไมโครเวฟที่มีความถี่ 2.45 –GHz. กำลัง 1.2 kW เป็นตัวการทำให้อิเล็กตรอนในอากาศพ่น (Swirl Air) 60-L/min แตกตัวได้เป็นพลาสมาอากาศที่มีอุณหภูมิเปลวพลาสมา 600 K และเมื่อทำการฉีดก๊าซผสมที่มีส่วนผสมระหว่างก๊าซมีเทนปริมาณ 10 L/min และอากาศปริมาณ 40 L/min เพิ่มเข้าไปสู่กระแสพลาสมาอากาศที่เกิดจากการแตกตัวด้วยไมโครเวฟก็จะทำให้เปลวพลาสมามีอุณหภูมิสูงขึ้นจาก 600 K เป็น 1890 K ที่แกนกลางพลาสมา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 1.7 Methane-Augmented Microwave Plasma Burner

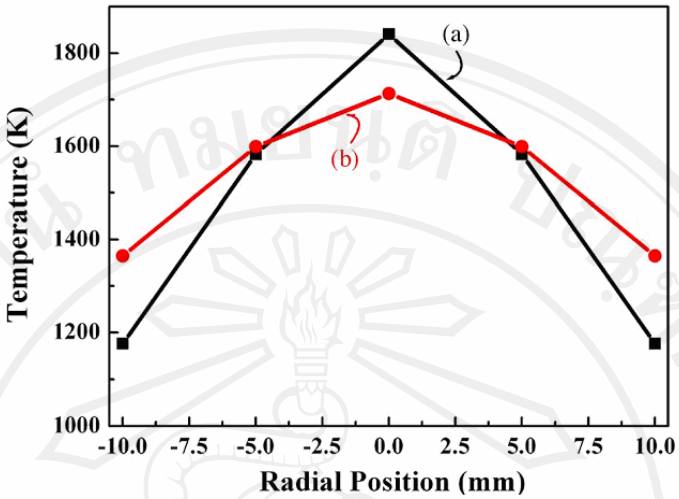
(Bang et al., 2006)



รูป 1.8 อุณหภูมิที่ระยะต่างๆ ตามแนวแกนเปลวพลาสมา

(Bang et al., 2006)

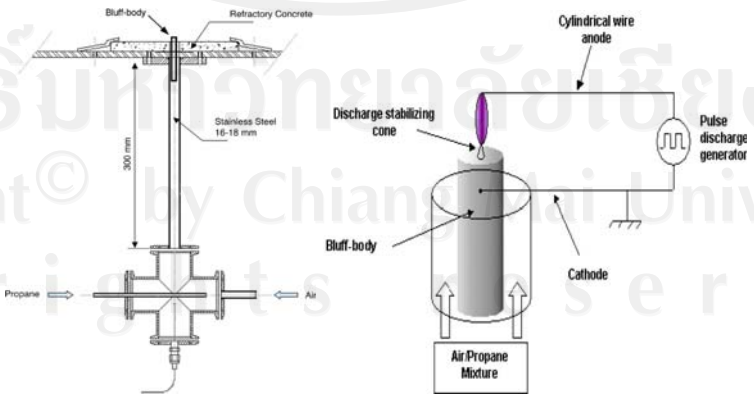
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 1.9 อุณหภูมิที่ระยะต่างๆ ตามแนวรัศมีเปลวพลาสมา

(Bang et al., 2006)

Pilla et al. (2006) ทำการศึกษาพลาสมาโดยใช้เทคนิคการจ่ายกระแสไฟฟ้าแบบพัลส์ (Nanosecond Repetitively Pulsed Plasma) ที่มีความต่างศักย์ 10 kV ในระหว่าง 10 ns ความถี่สัญญาณ 30 kHz ใช้ carrier gas ที่เป็นส่วนผสมระหว่างอากาศกับก๊าซโพเพนและมีการบังคับให้เกิดการไหลแบบปั่นป่วนของ Carrier Gas (Re_D = 30,000) ที่ความดันบรรยากาศ จากการศึกษาพบว่าความร้อนที่ปลดปล่อยออกจากพลาสมาจะสูงขึ้นหากการไหลของ Carrier Gas มีการปั่นป่วนมากขึ้น



รูป 1.10 Premixed Burner Configuration.

(Pilla et al.,2006)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.3.1 เพื่อออกแบบ สร้าง และทดสอบหัวเผาพลาสมาความร้อนใช้อากาศเป็น Carrier Gas สำหรับการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์

1.3.2 เพื่อศึกษาทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบหัวเผาพลาสมาความร้อนชนิดสนามไฟฟ้าแรงสูง

1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย

1.4.1 ออกแบบหัวเผาพลาสมาความร้อนชนิดสนามไฟฟ้าแรงสูงให้เหมาะสมกับการใช้งานและให้ได้ประสิทธิภาพสูง

1.4.2 ได้หัวเผาพลาสมาหัวเผาพลาสมาความร้อนต้นแบบที่ใช้อากาศเป็น Carrier Gas สำหรับการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์และเพื่อการพัฒนาประสิทธิภาพในอนาคต

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 สร้างหัวเผาพลาสมาความร้อนต้นแบบใช้เทคนิคสนามไฟฟ้าแรงสูงใช้อากาศเป็น Carrier Gas

1.5.2 สร้างหัวเผาพลาสมาความร้อนต้นแบบที่มีขนาดใช้ในห้องปฏิบัติการ

1.5.3 กำลังไฟฟ้าที่ใช้ไม่เกิน 19 kW

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved