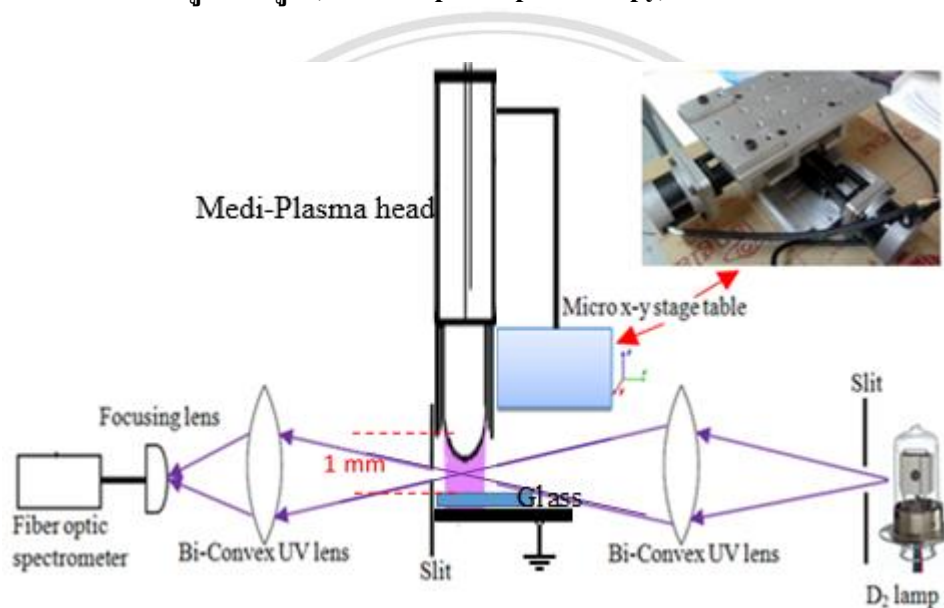


บทที่ 3

การทดลอง

3.1 สเปกโทรสโกปีแบบดูดกลืนยูวี (UV absorption spectroscopy)



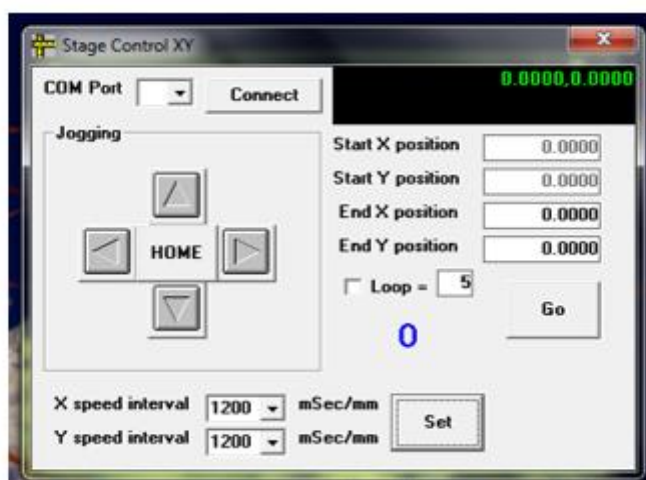
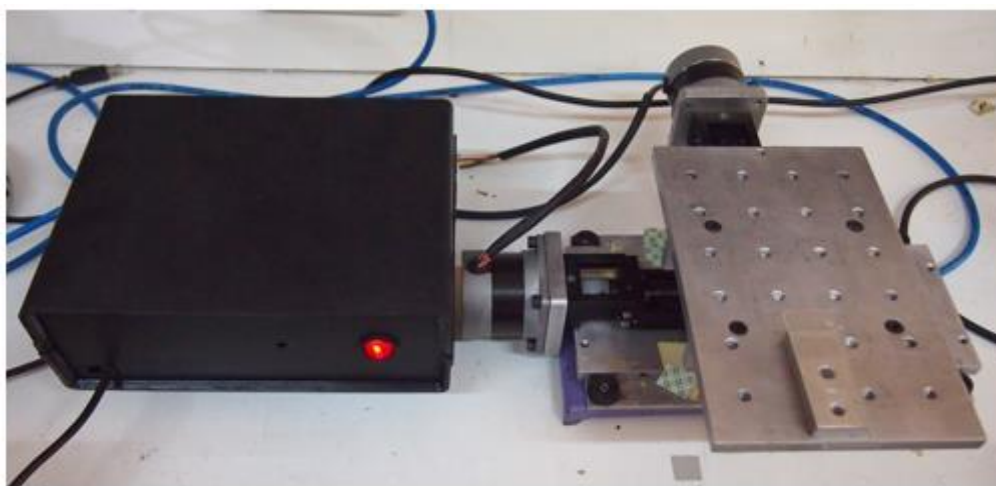
รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างการจัดเรียงอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดความหนาแน่นของอนุมูลในพลาสมาโดยสเปกโทรสโกปีแบบดูดกลืนยูวี

การจัดอุปกรณ์สำหรับวัดความหนาแน่นของอนุมูลไฮดรอกซิลและอนุมูลไนตริกออกไซด์ในพลาสมาเป็นความดันบรรยากาศโดยใช้สเปกโทรสโกปีแบบดูดกลืนยูวี (UV absorption spectroscopy) แสดงดังรูปที่ 3.1 ระบบวัดนี้ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดยูวีโดยใช้หลอดคิวเทอเรียม (Deuterium UV light source) รุ่น D-1000 ยี่ห้อ Analytical Instruments Systems (AIS) ซึ่งให้แสงในช่วง 200 ถึง 800 nm เลนส์นูนยูวี (bi-convex UV lens) ซึ่งผลิตจากควอตซ์ เลนส์รวมแสง (focusing lens) หรือ Collimating Lens รุ่น COL-UV/VIS ของบริษัท Avantes และ เครื่องวัดสเปกตรัมแบบใช้ใยแก้วนำแสง (fiber optic spectrometer) รุ่น AvaSpec-2048 ของบริษัท Avantes ซึ่งสามารถวัดแสงได้ในช่วงความยาวคลื่น 200 ถึง 1100 nm และใช้ใยแก้วนำแสง (fiber optic) ที่ให้แสงผ่านในช่วง 200 ถึง 1100 nm

ลำแสงยูวีที่ออกจากหลอดควเทอริยมจะผ่านเลนส์นูนยูวีตัวที่หนึ่ง ซึ่งจะทำให้ลำแสงถูกโฟกัสลงบนตำแหน่งที่ต้องการวัดความหนาแน่นของอนุมูล เมื่อลำแสงผ่านพลาสมาแล้วจะเคลื่อนที่ไปสู่เลนส์นูนยูวี ตัวที่สองซึ่งหลังจากนั้นลำแสงยูวีนี้จะถูกโฟกัสให้ไปตกลงกระทบลงบน collimating lens ซึ่งต่อกับใยแก้วนำแสงของเครื่องวัดสเปกตรัมทำให้แสงเดินทางเข้าสู่เครื่องวัดสเปกตรัมต่อไป ในการทดลองนี้ยังได้เพิ่มช่องเปิดขนาดเล็ก (small slit) หรือรูเข็ม (pinhole) แทรกเข้าไประหว่างกลุ่มพลาสมาและเลนส์ตัวที่สองเพื่อตัดแสงพลาสมาจากบริเวณอื่นนอกเหนือจากบริเวณที่สนใจและเพื่อให้รู้ว่าแสงลำยูวีเคลื่อนที่ในทิศทางใด นอกจากนี้ยังได้เพิ่ม micro stage XY table เพื่อใช้ในการวัดการกระจายตัวความหนาแน่นของอนุมูล (radical density distribution) บนบริเวณที่สนใจ micro stage XY table นี้ขับเคลื่อนด้วย unipolar hybrid stepper motor ของบริษัท RS Components ควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยซอฟต์แวร์ Stage Control XY สามารถเคลื่อนที่ได้ 2 แกน คือ แกน x และแกน y และมีความละเอียดของการปรับระยะเท่ากับ 0.0025 มิลลิเมตร โดยฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์นี้ได้รับการพัฒนาโดย ดร.ศุภโชค อุปาลี



รูปที่ 3.2 แสดงการจัดเรียงอุปกรณ์จริงสำหรับวัดความหนาแน่นของอนุมูลในพลาสมาโดยใช้สเปกโตรสโคปีแบบดูดกลืนยูวี



รูปที่ 3.3 micro stage XY table ชุดวงจรควบคุมและหน้าต่างโปรแกรม Stage Control XY

จากกฎของเบียร์-แลมเบิร์ต ค่าความหนาแน่นของอนุมูลในพลาสมาหาได้จากสมการ 2.16 เมื่อ I^s คือ ความเข้มของแสงจากแหล่งกำเนิดแสง โดยทำการวัดเมื่อยังไม่มีการผลิตพลาสมา I^p คือ ความเข้มแสงของพลาสมา ทำการวัดเมื่อปิดแหล่งกำเนิดแสง I^{t+p} คือ ความเข้มแสงรวมทั้งหมดซึ่งทำการวัดขณะที่มีการเปิดแหล่งกำเนิดแสงและผลิตพลาสมา ในการทดลองจึงทำการวัดความเข้มแสง I^s I^p และ I^{t+p} ซึ่งจะทำการเป็นลำดับ โดยทำการผลิตพลาสมา แล้วทำการวัดความเข้มแสงของพลาสมา I^p จากนั้นให้ลำแสงยูวีจากหลอดคิวเทอริยมผ่านพลาสมาแล้ววัดความเข้มแสงทั้งหมด I^{t+p} ก็คือ ความเข้มแสงของพลาสมาบวกกับความเข้มแสงยูวีที่ผ่านออกมาจากพลาสมา จากนั้นปิดการผลิตพลาสมา แล้ววัดความเข้มของแสงจากแหล่งกำเนิดแสง I^s หรือทำการทดลองวัดความเข้มของแสงจากแหล่งกำเนิดแสงก่อน จากนั้นผลิตพลาสมา แล้วทำการวัดความเข้มแสงรวมทั้งหมด หลังจากนั้นปิดแหล่งกำเนิดแสง แล้ววัดความเข้มแสงของพลาสมา โดยการวัดความเข้มแสงแต่ละอันวัดซ้ำกันอย่างน้อย 5 ค่า เพื่อจะได้นำมาหาค่าเฉลี่ยและในการทดลองวัดความเข้มแสงทั้ง 3 อัน ต้องทำภายในเวลาที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด และเปลวพลาสมาต้องมีความเสถียร เพื่อให้ความเข้มแสงทั้งสาม

คือ I^+ , I^P และ I^{++P} มีค่าคงที่ที่สุด เพื่อให้การลบสัญญาณระหว่าง I^{++P} และ I^P มีความถูกต้องมากที่สุดและในการทดลองทุกครั้งต้องมีการลบสัญญาณแสงพื้นหลัง (dark signal) ออกจากสเปกตรัมที่ได้ทุกครั้ง

สำหรับการวัดความหนาแน่นของอนุมูลไฮดรอกซิล เป็นการวัดความหนาแน่นของอนุมูลที่อยู่ในสถานะพื้น โดยอิเล็กตรอนในอนุมูลจะดูดกลืนแสงยูวีที่มีความยาวคลื่น 308 nm แล้วเปลี่ยนสถานะจากสถานะพื้น $X^2\Pi, (\nu=0)$ ไปสู่สถานะกระตุ้น $A^2\Sigma^+, (\nu=0)$ โดยอนุมูลนี้วัด absorption cross section ที่ความยาวคลื่น 308 nm ประมาณ $1.03 \times 10^{-16} \text{ cm}^2$ และการวัดความหนาแน่นของอนุมูลไนตริกออกไซด์ก็เป็นการวัดความหนาแน่นของอนุมูลในสถานะพื้นเช่นกัน โดยอนุมูลนี้จะดูดกลืนแสงยูวีที่มีความยาวคลื่น 226 nm ทำให้อิเล็กตรอนในโมเลกุลเกิดการเปลี่ยนสถานะจากสถานะ $X^2\Pi, (\nu=0)$ ไป $A^2\Sigma^+, (\nu=0)$

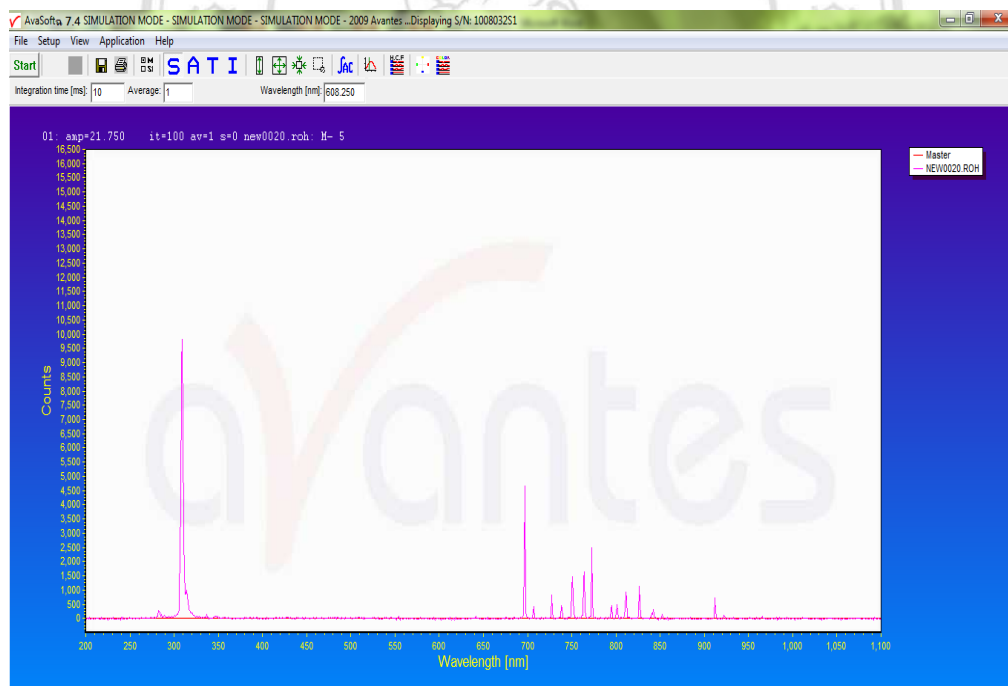
3.2 สเปกโตรมิเตอร์

ในการวัดความเข้มแสงในงานวิจัยครั้งนี้ ได้ใช้สเปกโตรมิเตอร์ รุ่น AvaSpec-2048 ของบริษัท Avantes ซึ่งเป็นเครื่องวัดสเปกตรัมแบบใช้ใยแก้วนำแสง (fiber optic spectrometer) ในการรับแสงเข้าสู่เครื่องซึ่งมีอุปกรณ์ถ่ายเทประจุ (charge-coupled device) หรือ CCD ซึ่งเป็นตัวตรวจจับแสง (detector) อยู่ภายใน ทำหน้าที่แปลงสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้าและส่งไปแสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์ โดยมีโปรแกรม AvaSoft 7.4 เป็นตัวควบคุม ตั้งงานและแสดงผลสเปกตรัมของแสงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นการแสดงผลแบบ real time และการเก็บข้อมูลสามารถบันทึกข้อมูลในรูปแบบของไฟล์ของโปรแกรม Microsoft Excel ได้ ซึ่งสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ได้ต่อไป ข้อมูลทางเทคนิคของสเปกโตรมิเตอร์ รุ่น AvaSpec-2048 แสดงดังตารางที่ 3.1

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.4 สเปกโทรมิเตอร์รุ่น AvaSpec-2048 ของบริษัท Avantes

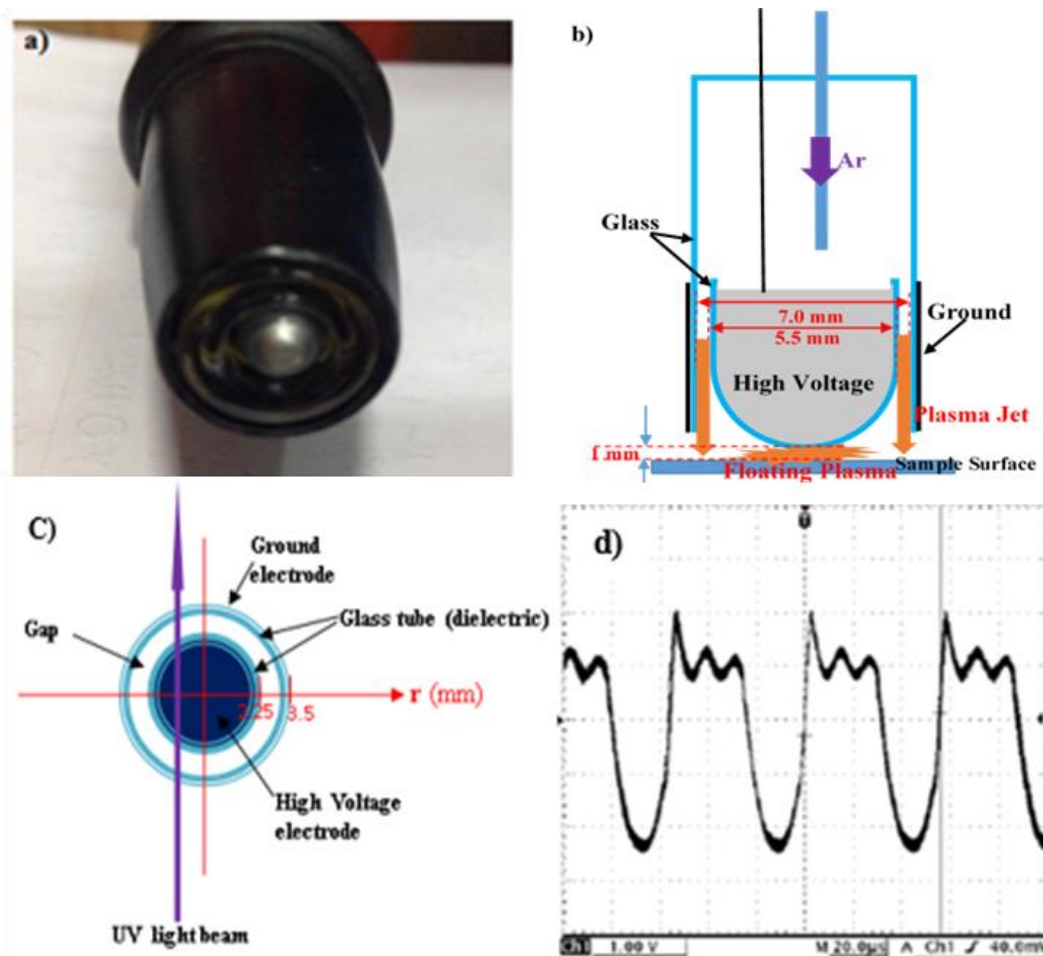


รูปที่ 3.5 แสดงตัวอย่างหน้าต่างแสดงผลของโปรแกรม AvaSoft 7.4

ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลทางเทคนิคของสเปกโตรมิเตอร์ รุ่น AvaSpec-2048

Optical Bench	Symmetrical Czerny-Turner, 75 mm focal length
Wavelength range	200-1100 nm
Resolution	0.04 –20 nm, depending on configuration (see table)
Stray light	< 0.1%
Sensitivity (AvaLight-HAL, 8 μ m fiber) counts/ μ W per ms integration time	5000 (14-bit AD converter)
Detector	CCD linear array, 2048 pixels
Signal/Noise	200/1
AD converter	14 bit, 1.33 MHz
Integration time	2 msec – 60 seconds
Interface	USB 1.1, 12 Mbps RS-232, 115.200 bps
Data transfer speed	14-31 ms / scan (depending on # pixels transferred)
Sample speed with on-board averaging	12 msec / scan
Digital IO	DB-15 connector, 2 Digital in, 12 Digital out
Power supply	12 VDC, reverse polarity protection, 160 mA (PS-12V/1.0A) or 5VDC USB power
Dimensions, weight	175 x 110 x 44 mm (1 channel), 716 grams

3.3 การวัดความหนาแน่นของอนุภาไฮดรอกซิลและไนตริกออกไซด์ในพลาสมาจากหัวเมดิพลาสมา



รูปที่ 3.6 แสดง (a) หัวเมดิพลาสมา (b) รูปวาดโครงสร้างของหัวเมดิพลาสมา (c) ภาคตัดขวางของหัวเมดิพลาสมาและแกน radial axis (r-axis) ที่ใช้ในการทดลอง (d) สัญญาณไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตพลาสมาของหัวเมดิพลาสมา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.7 อุปกรณ์จ่ายไฟของระบบ Hybrid Jet-Floating electrode plasma system

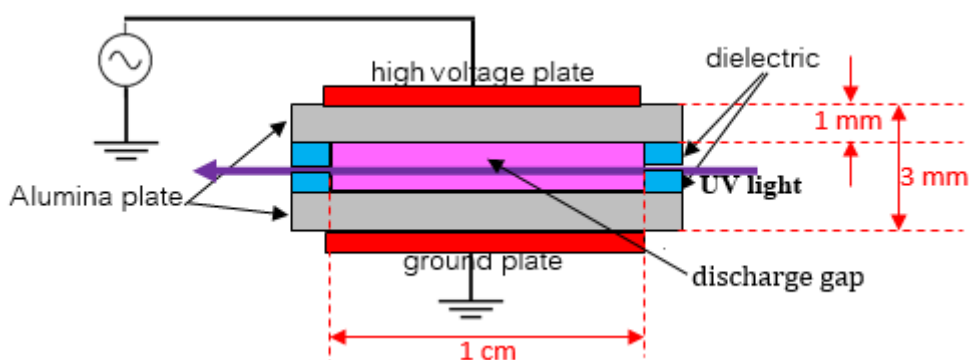
ในการการวัดความหนาแน่นของอนุมูลไฮดรอกซิลและไนตริกออกไซด์ในพลาสมาจากหัวเมดิพลาสมา (Medi-Plasma head) ซึ่งเป็นระบบพลาสมาแบบผสมระหว่างพลาสมาเจ็ทและพลาสมาแบบ Floating (Hybrid Jet-Floating electrode plasma system) โดยมีขั้วอิเล็กโทรดศักย์สูง (high voltage electrode) มีเส้นผ่านศูนย์กลางกลาง 5.5 mm และหลอดแก้ว (glass tube) มีเส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน 7.0 mm และมีขั้วกราวด์อิเล็กโทรด (ground electrode) ติดอยู่กับผนังด้านนอกของหลอดแก้วดังแสดงในรูปที่ 3.3 a, b ซึ่งในการทดลองนั้นหัวเมดิพลาสมาถูกวางไว้เหนือแผ่นกระจกสไลด์ซึ่งใช้เป็นผิวตัวอย่างเป็นระยะ 1.0 mm โดยแผ่นกระจกสไลด์นี้มีความหนา 1.0 mm และวางอยู่บนแผ่นกราวด์ (ground plate) เพื่อทำให้เป็นตัวแทนของผิวหนังมนุษย์ระบบ Hybrid Jet-Floating electrode plasma นี้ประกอบด้วย แหล่งจ่ายไฟความต่างศักย์สูง (high voltage power supply) ซึ่งสามารถผลิตความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสสลับในระดับกิโลโวลต์ (kV) และความถี่ในระดับกิโลเฮิรตซ์ (kHz) สายนำก๊าซและท่อนำก๊าซทำหน้าที่นำก๊าซทำงานเข้าสู่หัวเมดิพลาสมาเพื่อใช้ในการผลิตพลาสมา สำหรับขั้วอิเล็กโทรดศักย์สูงนั้นจะต่อกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้าความต่างศักย์สูง เจ็ทพลาสมาจะถูกผลิตในช่องว่าง (gap) อยู่ระหว่างขั้วอิเล็กโทรดทั้งสองโดยอาศัยสนามไฟฟ้าที่เกิดจากความต่างศักย์ของขั้วไฟฟ้าทั้งสองและลำพลาสมาพุ่งด้านนอกโดยอาศัยการไหลของก๊าซทำงาน ในขณะที่พลาสมาอีกส่วนหนึ่ง คือ floating plasma การดิสชาร์จจะเกิดขึ้นโดยอาศัยสนามไฟฟ้าที่เกิดจากความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วอิเล็กโทรดศักย์สูงกับแผ่นกราวด์ที่อยู่ใต้แผ่นกระจกสไลด์

ในการผลิตพลาสมาเย็นความดันบรรยากาศด้วยหัวเมดิพลาสมานั้น ได้ใช้ก๊าซอาร์กอนเป็นก๊าซทำงาน และเพื่อหาอัตราไหลของก๊าซอาร์กอนที่เหมาะสมสำหรับการทำให้เกิดอนุมูลไฮดรอกซิลและไนตริกออกไซด์นั้น ได้ทำผลิตพลาสมาของก๊าซอาร์กอนโดยให้อัตราไหลของก๊าซอาร์กอนเป็น 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, และ 8.0 ลิตรต่อนาที (l/min) ซึ่งอัตราไหลในช่วงนี้เป็นอัตราไหลที่ใช้กันปกติในห้องปฏิบัติการเพื่อให้มีต้นทุนในการผลิตพลาสมาที่ไม่สูงจนเกินไป และให้กำลังไฟฟ้ากำลังในการผลิตพลาสมาคงที่ ซึ่งในการทดลองกำหนดให้ระดับความเข้มพลังงาน (intensity) จากแหล่งจ่ายไฟความต่างศักย์สูงคงที่ที่ระดับ 5 (Intensity = 5) และความถี่ที่ 50 Hz (frequency = 50 Hz) สัญญาณไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตพลาสมาของระบบ Hybrid Jet-Floating electrode plasma ได้ถูกวัดโดยใช้ high voltage probes รุ่น P 6015A ของบริษัท Tektronix ซึ่งรูปร่างของสัญญาณได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.3 d โดยไฟฟ้ากระแสสลับนี้มีค่าความถี่ 16.67 kHz และมีค่าความต่างศักย์ 4.5 kVpp ในการหาอัตราไหลของก๊าซอาร์กอนที่เหมาะสมนี้ได้ทำโดยใช้สเปกโทรสโคปีแบบเปล่งแสง OES และสเปกโทรสโคปีแบบดูดกลืนยูวีของแต่ละอัตราไหลก๊าซ ณ ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของปลายหัวอิเล็กโทรดศักย์สูง ($r = 0.0$)

หลังจากที่ได้อัตราไหลก๊าซอาร์กอนที่เหมาะสมแล้ว จึงทำการทดลองหาการกระจายตัวของอนุมูลทั้งสองบนพื้นผิวกระจกสไลด์โดยการวัดความหนาแน่นของอนุมูลที่ตำแหน่งต่างๆ ตามแนวรัศมี (radical radial density distribution) ได้แก่ ตำแหน่ง $r = 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5$ และ 3.0 mm สำหรับการปรับตำแหน่งนั้นได้ใช้ micro stage XY table ในการปรับระยะ โดยควบคุมผ่านโปรแกรม Stage Control XY เนื่องจากท่อนสำหรับตั้งหัวเมดิพลาสมาและกระจกสไลด์ได้ถูกวางติดแน่นไว้บน micro stage XY table ในขณะที่ลำแสงยูวีที่ถูกกำหนดให้อยู่ที่เดิมตลอด เมื่อแผ่น micro stage XY table เคลื่อนที่จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างพื้นผิวตัวอย่างและลำแสง ทำให้ดูเหมือนว่าได้ขยับตำแหน่งของลำแสงยูวีไปตามแนวรัศมีของหัวเมดิพลาสมา โดยในการทดลองหาการกระจายของอนุมูลบนพื้นผิวดังนี้ พลาสมาของก๊าซอาร์กอนได้ถูกผลิตด้วยเงื่อนไขเดียวกับการทดลองหาอัตราไหลอาร์กอนที่เหมาะสม โดยในการทดลองนี้ใช้อัตราไหลของอาร์กอนเป็น ค่าอัตราไหลก๊าซอาร์กอนที่เหมาะสม

3.4 การวัดความหนาแน่นของอนุมูลไฮดรอกซิลและไนตริกออกไซด์ในพลาสมาเย็นความดันบรรยากาศแบบการคายประจุข้ามฉนวน

ในการทดลองนี้ได้ทำการทดลองหาความหนาแน่นของอนุมูลไฮดรอกซิลและไนตริกออกไซด์ในพลาสมาของก๊าซอาร์กอนโดยผลิตพลาสมาด้วยวิธีการคายประจุข้ามฉนวน (Dielectric Barrier Discharge) หรือ DBD โดยการใช้ก๊าซอาร์กอนที่อัตราไหลต่างๆ คือ 2.0, 3.0, 4.0, 5.0 และ 6.0 l/min ในการทดลองนี้ใช้แหล่งกำเนิดพลาสมา DBD ที่ประกอบด้วยแผ่นอะลูมินา (Alumina; Al_2O_3) ที่มีความหนา 1.0 mm จำนวน 2 แผ่นประกบเข้าด้วยกัน ชั้นกลางด้วยวัสดุไดอิเล็กทริกที่มีความหนา 1.0 mm ให้มีช่องว่างระหว่างแผ่นอะลูมินาทั้ง 2 เพื่อให้เป็นบริเวณในการคายประจุ สำหรับแผ่นอะลูมินาทั้งสองได้ติดแผ่นตัวนำไว้ด้านนอกสำหรับทำขั้วอิเล็กโทรด โดยขั้วหนึ่งต่อกับ high voltage RF generator และอีกขั้วหนึ่งต่อกับกราวด์ ซึ่งแสดงไว้ดังรูปที่ 3.8 ในการผลิตพลาสมาจะทำการปล่อยก๊าซอาร์กอนไหลผ่านช่องว่างระหว่างแผ่นอะลูมินาและ จ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับ high voltage RF generator ซึ่งในการทดลองนี้จ่ายกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 9.0 W ($I = 0.3$ A, $V = 30.0$ V) สนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นภายในช่องว่างนี้จะทำก๊าซอาร์กอนเกิดการคายประจุเป็นพลาสมาได้ สำหรับการวัดความหนาแน่นของอนุมูลทั้งสองโดยสเปกโทรสโกปีแบบดูดกลืนยูวีทำโดยการเจาะรูขนาดเล็กตรงบริเวณสารไดอิเล็กทริกที่ชั้นระหว่างแผ่นอะลูมินาทั้งสองด้าน โดยการเจาะรูจะเจาะรูให้มีขนาดพอให้ลำแสงลอดผ่านไปได้เท่านั้นและยังได้ทำการวัด OES ของพลาสมาที่เกิดขึ้นเมื่ออัตราไหลก๊าซอาร์กอนค่าต่างๆด้วย



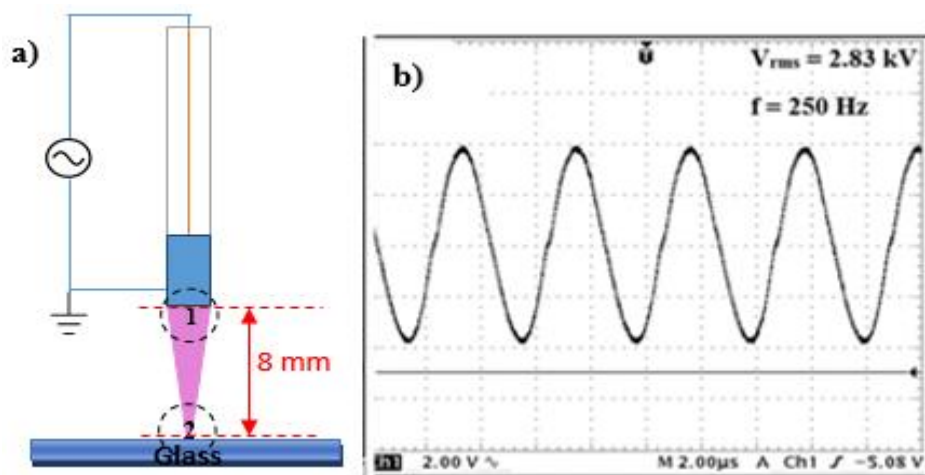
รูปที่ 3.8 แสดงแหล่งกำเนิดพลาสมาแบบ DBD ที่ใช้ในการทดลอง

ในขณะที่เดียวกันยังทำการวัดความหนาแน่นของอะตอมอาร์กอนกึ่งเสถียรที่อยู่ในสถานะ $1s_5(^3P_2)$ ที่อัตราไหลก๊าซอาร์กอนต่างๆ โดยใช้สเปกโตรสโคปีแบบดูดกลืนแสง ซึ่งในการทดลองนี้ อาศัยการดูดกลืนแสงของอะตอมอาร์กอนที่มีความยาวคลื่น 811.53 nm ในการเปลี่ยนระดับพลังงานของอิเล็กตรอนจาก $1s_5$ ไปยังสถานะกระตุ้น $2s_9$ โดยแหล่งกำเนิดแสงอินฟราเรดนี้ใช้หลอดฮาโลเจน (halogen) ซึ่งให้แสงในช่วงความยาวคลื่น 400 ถึง 1100 nm และนอกเหนือจากนี้ ที่อัตราไหลก๊าซอาร์กอน 2 l/min ยังได้ทำการเก็บข้อมูลการดูดกลืนของอะตอมอาร์กอนกึ่งเสถียรที่มีความยาวคลื่น 811.53 nm โดยใช้ integration time ของสเปกโตรมิเตอร์ค่าต่างๆ ได้แก่ 1200, 1300, 1400, 1450, 1500 และ 1600 ms เพื่อทดสอบผลของ integration time ที่ใช้ในการเก็บรวบรวมความเข้มแสงที่มีต่อผลการทดลองที่ใช้ integration time ต่างกัน

3.5 การวัดความหนาแน่นของอนุภาคนิวตรอนและไนตริกออกไซด์ในเจ็ทพลาสมาเย็นความดันบรรยากาศ

สำหรับการวัดความหนาแน่นของอนุภาคนิวตรอนและไนตริกออกไซด์ในเจ็ทพลาสมาเย็นความดันบรรยากาศที่ถูกผลิตด้วยอุปกรณ์ดังรูปที่ 3.9 ซึ่งแหล่งกำเนิดเจ็ทพลาสมาชนิด needle-typed นี้ประกอบด้วย ขั้วอิเล็กโทรดที่ปลายแหลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.0 mm อยู่ภายในท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในและภายนอกเป็น 5.0 และ 8.0 mm ตามลำดับโดยอิเล็กโทรดที่ปลายแหลมและท่อแก้วนี้มีจุดศูนย์กลางร่วมกันและปลายของอิเล็กโทรดนี้อยู่สูงจากปลายท่อแก้ว 8.0 mm สำหรับกราวด์อิเล็กโทรดมีขนาดกว้าง 3.5 mm ติดอยู่กับผิวท่อแก้วด้านนอกและอยู่สูงจากปลายท่อแก้ว 5 mm ขั้วอิเล็กโทรดทั้งสองเชื่อมต่อกับ high voltage RF generator ที่มีความต่างศักย์ $V_{rms} = 2.83$ kV และมีความถี่ $f = 250$ Hz สัญญาณไฟฟ้าที่ใช้ผลิตไฟฟ้าแสดงไว้ในรูปที่ 3.9 b ในการทดลองนี้เจ็ทพลาสมาเย็นความดันบรรยากาศถูกผลิตด้วยกำลังไฟฟ้าขนาด 20.0 วัตต์

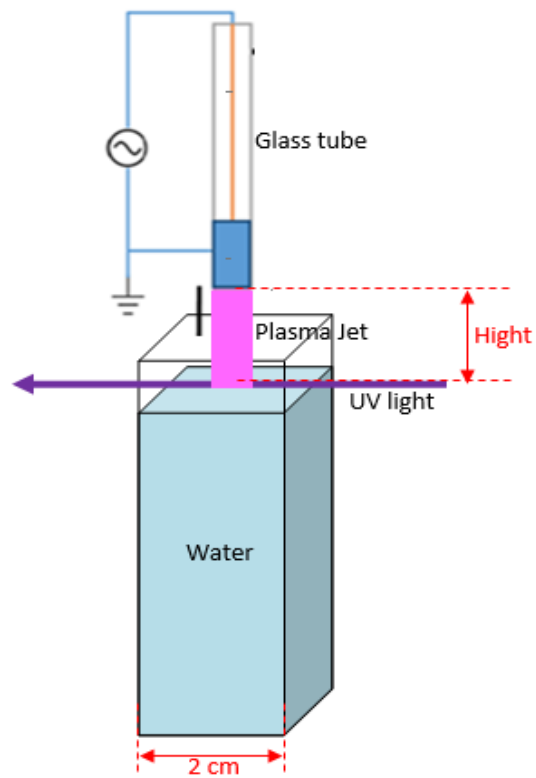
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.9 แสดงอุปกรณ์สำหรับผลิตพลาสมาชนิด needle-typed ที่ใช้ในการทดลองและสัญญาณไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตพลาสมา

สำหรับการหาอัตราไหลของก๊าซอาร์กอนที่เหมาะสมสำหรับการผลิตอนุมูลไฮดรอกซิล OH และอนุมูลไนตริกออกไซด์ NO บนผิวกระจกสไลด์นั้นโดยที่ปลายท่อแก้วของหัวอิเล็กโทรดอยู่สูงจากพื้นผิวตัวอย่าง 8.0 mm ได้อาศัยการวัด OES และสเปกโทรสโคปีแบบดูดกลืนยูวีของพลาสมาบริเวณตรงกลางของปลายท่อแก้วโดยอัตราไหลของก๊าซอาร์กอนมีค่าเท่ากับ 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5 และ 6.0 l/min และที่ค่าอัตราไหลที่เหมาะสมที่ได้นี้ ได้ศึกษาการกระจายตัวของอนุมูลทั้งสองบนผิวกระจกสไลด์ โดยการวัดความหนาแน่นของอนุมูลที่ตำแหน่งต่างๆตามแนวรัศมี (radical radial density distribution) ได้แก่ ตำแหน่ง $r = 0.0, 0.5, 1.0, 1.5$ และ 2.0 mm สำหรับการปรับตำแหน่งนั้นได้ใช้ micro stage XY table ในการปรับระยะ

นอกจากนี้ยังได้ทำการทดลองวัดความหนาแน่นของอนุมูลทั้งสองที่เกิดจากการยิงพลาสมาเย็นลงบนผิวน้ำโดยในการทดลองนี้ต้องการทราบผลของความสูงของปลายท่อแก้วของหัวอิเล็กโทรดจากผิวน้ำต่อการเกิดอนุมูลไนตริกออกไซด์และไฮดรอกซิล โดยน้ำถูกบรรจุไว้ใน cuvette ที่ทำมาจากควอตซ์ กว้างด้านละ 2.0 cm โดยใช้อัตราไหลของก๊าซอาร์กอนคงที่ 6.0 l/min จากนั้นทำการปรับความสูงปลายท่อแก้วจากผิวน้ำเป็น 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 cm การวัด OES ของพลาสมาที่ความสูงต่างๆ และทำการวัดสเปกโทรสโคปีแบบดูดกลืนยูวีของอนุมูลทั้งสอง โดยใช้แหล่งกำเนิดแสงเป็นหลอดดีวเทอเรียม นอกจากนี้ที่แต่ละความสูงยังได้ทำการวัดความหนาแน่นของอะตอมอาร์กอนที่อยู่ในสถานะกึ่งเสถียร โดยใช้การดูดกลืนแสงอินฟราเรดที่ความยาวคลื่น 811.53 nm โดยใช้แหล่งกำเนิดแสงเป็นหลอดฮาโลเจน



รูปที่ 3.10 แสดงการวัดความหนาแน่นของอนุมูลบนผิวน้ำที่ถูกยิงด้วยเจ็ทพลาสมาเป็นความดันบรรยากาศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved