หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

การสร้างเลเซอร์คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 Laser construction)

2.1 ระบบเลเซอร์ที่สร้างและส่วนประกอบ

เลเซอร์ที่สร้างนี้เป็นเลเซอร์ที่ใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็น Laser medium ความดันของก๊าซผสมอยู่ในช่วงประมาณ 1-12 ทอร์ร (Torr) แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ป้อนเพื่อให้เกิดการดีสชาร์จเป็นแบบกระแสไฟตรง (Direct current) แรงเคลื่อนไฟฟ้านี้มีค่าปรับได้ระหว่าง 0 ถึง 17 กิโลโวลท์ กระแสที่ไหลมีค่า 0 ถึง 100 มิลลิแอมป์ กำลังเอาท์พุทของลำเลเซอร์มีค่าประมาณ 10 วัตต์ เมื่อใช้งานแบบต่อเนื่อง (Continuous wave) และมีค่าประมาณ 1 กิโลวัตต์ เมื่อใช้งานแบบคิวสวิทช์ (Q - switch) ส่วนประกอบของเลเซอร์มีดังนี้

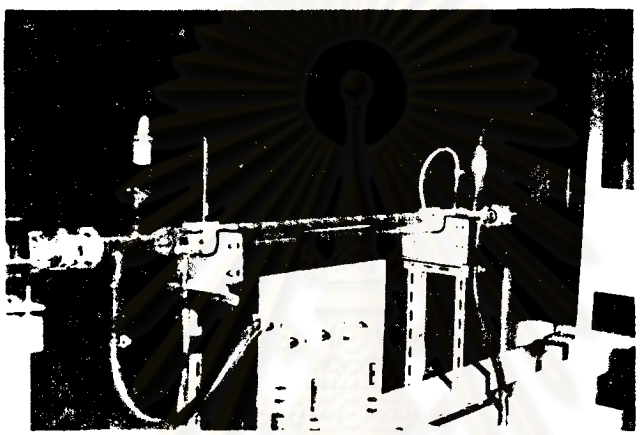
1. หลอดเลเซอร์ (Laser tube)
2. ระบบควบคุมความดันของก๊าซ (Gases control system)
3. แหล่งกำเนิดไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำ (Low-voltage supply)
4. แหล่งกำเนิดไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูงและระบบกราวด์ (High-voltage supply and Grounding system)
5. ระบบควบคุมอุณหภูมิของหลอดเลเซอร์ (Laser tube cooling system)
6. แควิตี้ของเลเซอร์ (Laser cavity)
7. แท่นจัดระบบแสง (Optical bench)
8. ระบบเลื่อนตัวอย่างที่จะทำการศึกษาผลของแอนนีลลิ่ง (Sample handing system)

2.2 หลอดเลเซอร์

หลอดเลเซอร์เป็นหลอดแก้วไพเร็กซ์ 2 ชั้น ชั้นในเป็นส่วนบรรจุก๊าซที่เป็น Laser medium เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 27 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 31 มิลลิเมตร ยาว 1560 มิลลิเมตร ปลายทั้ง 2 ของหลอดเลเซอร์มีท่อนำก๊าซเข้าและออกจากหลอด และยังมีอิเลคโทรดที่ทำจากอลูมิเนียมบรรจุไว้ในท่อแก้วไพเร็กซ์ติดอยู่ปลายละข้างเพื่อเป็นขั้วสำหรับดีสชาร์จก๊าซในหลอด

นอกจากนี้ยังมีส่วนหัวเลเซอร์ที่ใช้ยึดกระจกแควิตี้ และผลึกโซเดียมคลอไรด์ที่ทำจากแผ่นอะครีลิก ท่อทองแดงสปริงและแหวนยาง ดังจะได้อธิบายรายละเอียดต่อไป ส่วนหลอดเลเซอร์ชั้น

นอกเป็นท่อแก้วไพเร็กซ์ เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 46 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 50 มิลลิเมตร ยาว 1110 มิลลิเมตร สวมทับบนท่อแก้วชั้นใน ระหว่างท่อแก้วชั้นในและชั้นนอกจะมีช่องว่างเพื่อบรรจุน้ำสำหรับระบายความร้อนหลอดเลเซอร์ โดยจะมีท่อนำน้ำเข้าและออกจากท่อแก้วชั้นนอกปลายละท่อ น้ำนี้จะมีการถ่ายเทตลอดเวลาที่ทำการทดลองเพื่อรักษาอุณหภูมิให้หลอดเลเซอร์มีอุณหภูมิพอเหมาะไม่สูงเกินไป หลอดเลเซอร์มีแสดงดังรูปที่ 2.1

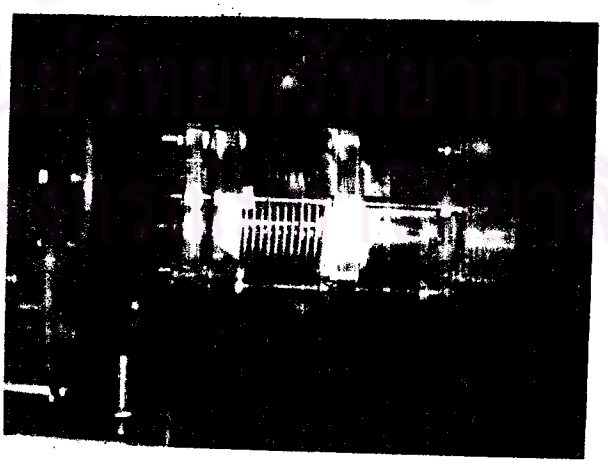


รูปที่ 2.1 หลอดเลเซอร์

รูปที่ 2.2 อิเลคโทรดอลูมิเนียม

อิเลคโทรดทำด้วยอลูมิเนียมดังรูปที่ 2.2 ทั้ง 2 จะบรรจุอยู่ในกระเปาะแก้วไพเร็กซ์ กระเปาะแก้วนี้ติดตั้งฉากกับแกนของหลอด ความยาวของหลอดเลเซอร์ส่วนที่จะเกิดดีสชาร์จตามแนวแกนหลอดยางประมาณ 1250 มิลลิเมตร คิดเป็นปริมาตรของพลาสม่าที่ทำให้เกิดเลเซอร์ประมาณ 716 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ส่วนหัวเลเซอร์ที่ใช้ยึดกระจกแคริตี้และผลึกโซเดียมคลอไรด์นั้นมีลักษณะโครงสร้างคล้ายกัน คือ ประกอบขึ้นจาก แหวนอะครีลิค 2 วง ประกบระนาบแหวนยางยังมีน๊อตขนาด 3 มิลลิเมตร จำนวน 3 ตัว ยึดและบีบแหวนอะครีลิคทั้ง 2 วงนี้ไว้ ถัดออกไปเป็นท่อแก้วไพเร็กซ์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 38 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร ยาว 50 มิลลิเมตร ที่ปลายของท่อแก้วไพเร็กซ์นี้มีวงแหวนอะครีลิคต่ออยู่กับท่อทองแดงสปริงที่สามารถงอได้เพื่อใช้ในการปรับแคริตี้ ปลายอีกด้านของท่อทองแดงสปริงนี้ติดกับแหวนอะครีลิคอีก 2 วง สำหรับด้านที่ติดผลึกโซเดียมคลอไรด์ ส่วนด้านที่ติดกระจกเว้านั้นวงแหวนอะครีลิคนี้จะมีเพียงวงเดียวเพื่อติดกระจกเว้าโดยมียางรัดให้กระจกเว้าติดอยู่กับวงแหวนอะครีลิค ในการที่จะปรับให้ชุดที่ยึดผลึกโซเดียมคลอไรด์และกระจกเว้านี้เอียงไปในทิศทางและมุมตามต้องการนี้ทำได้โดยการเพิ่มน๊อตขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ยาว 125 มิลลิเมตร เข้าไป 3 ตัว เพื่อใช้เป็นตัวปรับให้ท่อทองแดงบิดเอียงตามต้องการ แหวนยางที่อยู่ระหว่างแหวนอะครีลิคแต่ละวงนั้นต้องทาด้วย High vacuum grease และร่องที่รองรับแหวนยางบนแหวนอะครีลิคนั้นต้องมีผิวที่เรียบมากเพื่อป้องกันการรั่ว โครงสร้างส่วนหัวเลเซอร์ทั้ง 2 มีรูปร่างดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ส่วนหัวเลเซอร์ที่ใช้ยึดผลึกโซเดียมคลอไรด์และกระจกเว้า

2.3 ระบบควบคุมความดันของก๊าซ

ความดันของก๊าซภายในหลอดเลเซอร์ และแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ป้อนให้กับหลอดเลเซอร์นั้นมีผลต่อกำลังเอาท์พุทของเลเซอร์ ดังนั้นในการปรับกำลังเอาท์พุทของเลเซอร์ เราสามารถทำได้โดยการปรับความดันของก๊าซหลอดเลเซอร์ได้

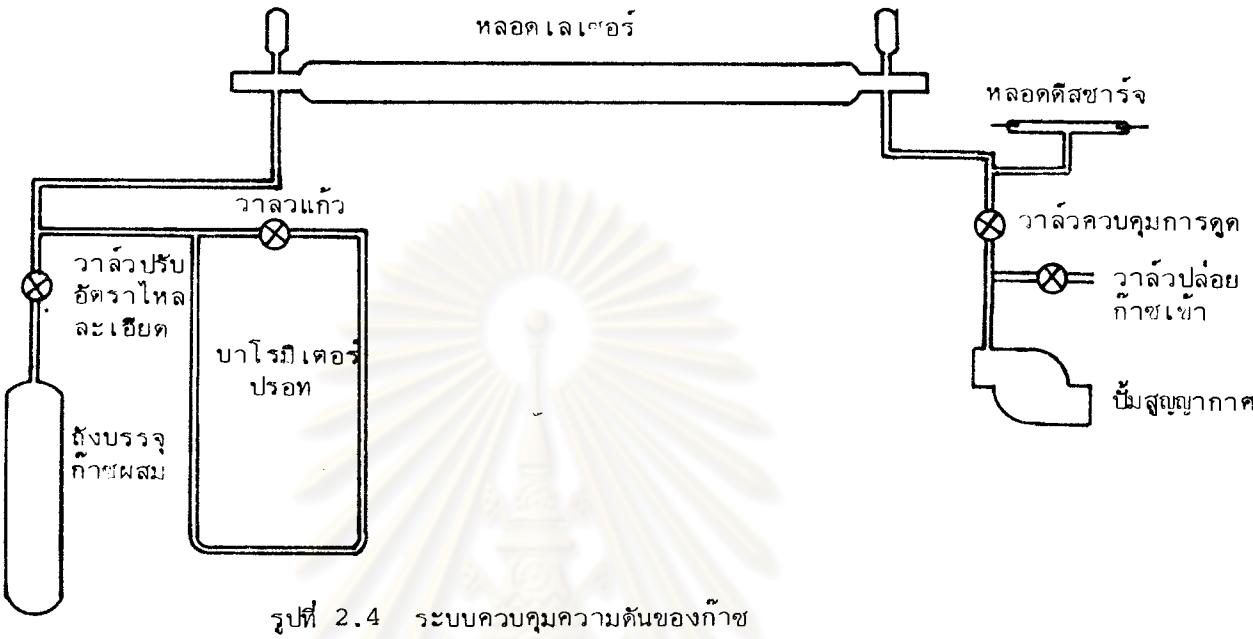
ก๊าซที่บรรจุอยู่ในหลอดเลเซอร์ซึ่งทำหน้าที่เป็น Laser medium คือ ก๊าซผสมระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์ ฮีเลียมและไนโตรเจน โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นต้นกำเนิดของแสงเลเซอร์ ส่วนก๊าซฮีเลียมและไนโตรเจนนั้นเป็นตัวช่วยให้การเกิดแสงเลเซอร์จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น อัตราส่วนผสมของก๊าซทั้ง 3 ชนิดที่เลือกใช้สำหรับเลเซอร์ชุดนี้ คือ ฮีเลียม : คาร์บอนไดออกไซด์ : ไนโตรเจน เป็น 5 : 1 : 1 โดยความดันของก๊าซในหลอดเลเซอร์นี้จะใช้อยู่ในช่วง 1 ถึง 12 ทอร์ร ความดันค่าดังกล่าวนี้ต่ำกว่าความดันของบรรยากาศมาก (ความดันบรรยากาศปกติเท่ากับ 760 ทอร์ร) ดังนั้นในการที่จะทำให้ความดันภายในหลอดเลเซอร์ต่ำขนาดนี้ได้จำเป็นต้องทำการดูดอากาศออกจากหลอดก่อน แล้วจึงค่อยปล่อยก๊าซผสมทั้ง 3 ชนิดนี้เข้าไปในหลอดเพื่อให้ได้ความดันภายในหลอดมีค่าตามต้องการ

ส่วนประกอบของระบบควบคุมความดันของก๊าซนี้ประกอบด้วย

1) ถังบรรจุก๊าซผสมที่มีวาล์วปรับอัตราการไหลของก๊าซชนิดละเอียด
2) ชุดบาโรมิเตอร์ (Barometer) วัดความดันภายในหลอดชนิดใช้ปรอท
3) วาล์วควบคุมการดูดก๊าซออกและวาล์วปล่อยก๊าซเข้าหลอดเลเซอร์
4) ปั๊มสูญญากาศ (Vacuum pump)
5) หลอดดีสชาร์จสำหรับดูสีเพื่อตรวจดูความดันภายในระบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

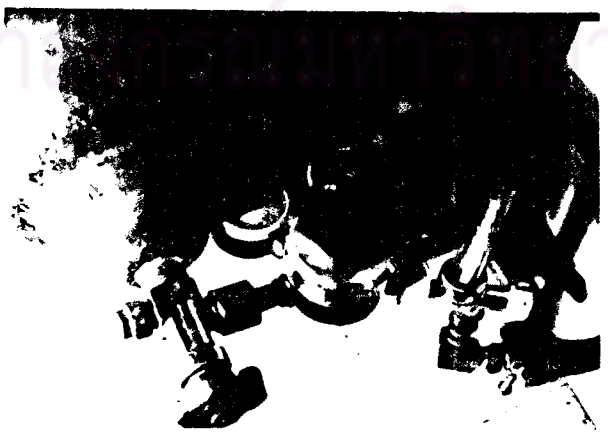
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.4 ระบบควบคุมความดันของก๊าซ

2.3.1 <u>ถังบรรจุก๊าซผสมที่มีวาล์วปรับอัตราการไหลของก๊าซชนิดละเอียด</u>

ระบบเลเซอร์ที่สร้างนี้เป็นเลเซอร์คาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้อัตราส่วนผสมของก๊าซที่แน่นอน ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการใช้จึงทำการผสมก๊าซทั้ง 3 ชนิดเข้าด้วยกัน ด้วยอัตราส่วนที่ต้องการแล้วบรรจุใส่ในถังบรรจุก๊าซที่ความดัน 1000 ปอนด์/ตารางนิ้ว ถังก๊าซผสมนี้มีเซฟตี้วาล์วและเกท์วัดความดันติดอยู่ด้วย นอกจากนี้ยังได้เพิ่มวาล์วปรับอัตราการไหลชนิดละเอียดเข้าไปอีก 1 ชุด เพื่อช่วยในการปรับความดันภายในหลอดเลเซอร์ให้ได้ความดันตามที่ต้องการ ดังรูป



รูปที่ 2.5 ถังบรรจุก๊าซและวาล์วควบคุม

2.3.2 ชุดบาโรมิเตอร์วัดความดันภายในหลอดชนิดใช้ปรอท

ในการเกิดดีสชาร์จของก๊าซในหลอดเลเซอร์นั้น แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ป้อนเพื่อให้เกิดการดีสชาร์จนั้นขึ้นกับความดันของก๊าซภายในหลอดเป็นสำคัญ การควบคุมความดันภายในหลอดจึงเป็นสิ่งจำเป็น การที่เราจะรู้ความดันภายในหลอดทำได้โดยการใช้บาโรมิเตอร์วัด บาโรมิเตอร์ที่เลือกใช้สำหรับเลเซอร์นี้ คือ บาโรมิเตอร์ชนิดปรอท สาเหตุและความเหมาะสมที่เลือกใช้บาโรมิเตอร์นี้ในการวัดความดัน คือ

1) เป็นบาโรมิเตอร์ที่สามารถทำขึ้นได้เอง อุปกรณ์ในการทำหาได้ง่าย

2) มีราคาถูกกว่าบาโรมิเตอร์อื่น

3) มีความสะดวกในการอ่านค่าพอสมควร

4) สามารถวัดความดันได้อยู่ในช่วงที่กว้าง

5) สามารถถอดไปติดตั้งใช้งานกับอุปกรณ์อื่นได้ง่าย

ส่วนประกอบของบาโรมิเตอร์ปรอทนี้มีดังรูปที่ 2.6 ท่อต่างๆ ของบาโรมิเตอร์เป็นท่อแก้วเพื่อให้สามารถมองเห็นภายในท่อได้อย่างชัดเจน เส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อแก้วเท่ากับ 4 มิลลิ-เมตร ในส่วนบนของท่อแก้วมีวาล์วแก้ว (Glass stop cock) เพื่อ ปิด-เปิด ควบคุมความดันของท่อแก้วด้านขวามือ ท่อแก้วในส่วนที่งอเป็นตัวยูบรรจุปรอทจะมีท่อไนล่อนใสหุ้มไว้เพื่อกันปรอทหกกระจายในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุท่อแก้วที่บรรจุปรอทแตก ส่วนที่ใช้อ่านความดันนั้นจะมีไม้บรรทัดสเกลเซนติเมตรติดไว้ การอ่านค่าความดันโดยบาโรมิเตอร์นี้ค่าความสูงที่เปลี่ยนแปลงไปของระดับปรอทจะมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของความดันของก๊าซภายในหลอด ความสูงของท่อแก้วรูปตัวยูที่บรรจุปรอทนี้สูง 90 เซนติเมตร การที่ใช้ความสูงของท่อนี้สูงถึงขนาดนี้เพื่อป้องกันไม่ให้ปรอทพุ่งขึ้นไปชนกับท่อแก้วด้านบนในกรณีที่เกิดมีก๊าซรั่วเข้าไปที่ส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบอย่างกระทันหัน เนื่องจากความดันบรรยากาศปกติ จะดันปรอทเลื่อนขึ้นไปได้สูงเพียง 76 เซนติเมตร

วิธีในการวัดความดันภายในหลอดเลเซอร์มีดังนี้ เปิดวาล์วแก้วที่บาโรมิเตอร์ ปั๊มเอาอากาศออกจากระบบทั้งหมด เมื่อความดันภายในระบบต่ำพอปิดวาล์วที่บาโรมิเตอร์ ตอนนี้ถือว่าความดันของระบบทั้งหมดมีค่าเป็น 0 ทอร์ร ปล่อยก๊าซผสมเข้าไปในระบบทีละน้อยจนความดันที่อ่านได้จากบาโรมิเตอร์มีค่าตามต้องการ โดยการปรับวาล์วที่ควบคุมอัตราการไหลชนิดละเอียดที่ติดไว้ที่ถังก๊าซผสม ตอนนี้ท่อแก้วส่วนขวามือของบาโรมิเตอร์ที่ถูกกันโดยวาล์วแก้วจะเป็นสูญญากาศอยู่ ความดันที่อ่านได้จากบาโรมิเตอร์จึงเป็นความดันสัมพัทธ์ที่อ้างอิงกับความดันในส่วนนี้ ความดันที่อ่านได้จากบาโรมิเตอร์นี้จะถูกต้องมากน้อยเท่าไรจึงขึ้นกับความดันในท่อแก้วด้านขวามือนี้ว่าใกล้เคียงกับสูญญากาศ

มากแค่ไหน

รูปที่ 2.6 บาโรมิเตอร์วัดความดันภายในหลอดเลเซอร์

2.3.3 <u>วาล์วควบคุมการดูดก๊าซออกและวาล์วปล่อยอากาศเข้า</u>

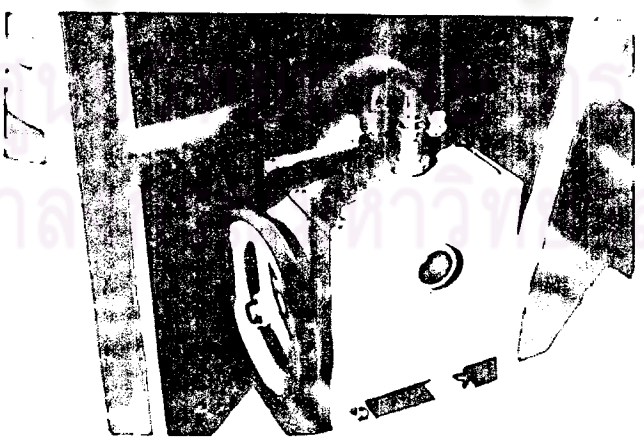
การปั๊มอากาศออกจากระบบทั้งหมดนั้น ปั๊มสูญญากาศจะสามารถปั๊มเอาก๊าซออกจากท่อต่างๆ ได้ดีและรวดเร็วพอก็ต่อเมื่อท่อดูดก๊าซออกจากหลอดเลเซอร์มีขนาดใหญ่พอ เพราะถ้าท่อดูดออกนี้มีขนาดเล็กแล้วความต้านทานของท่อจะมีมากทำให้ปั๊มไม่สามารถดูดเอาก๊าซออกจากท่อได้หมด ท่อที่ต่อระหว่างหลอดเลเซอร์กับปั๊มนี้จึงต้องเลือกใช้ท่อยางอย่างหนาที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 15 มิลลิเมตร แต่เมื่อเวลาที่ปล่อยก๊าซผสมเข้าไปในหลอดเลเซอร์เพื่อจะให้กำเนิดแสงเลเซอร์นั้น ถ้าความสามารถในการดูดก๊าซออกจากหลอดยังมีมากอยู่นั้น ความดันของก๊าซในหลอดจะควบคุมให้ได้ขนาดที่ต้องการยากทำให้เปลืองก๊าซ ทั้งยังทำให้มีความไม่สม่ำเสมอของก๊าซเกิดขึ้นในหลอดซึ่งจะมีผลให้กำลังเอาท์พุทของแสงเลเซอร์ที่ได้ออกมามีกำลังไม่สูง วิธีแก้ปัญหานี้คือ เพิ่มวาล์วเพื่อใช้ปรับการดูดก๊าซของปั๊มเข้าไประหว่างหลอดเลเซอร์กับปั๊ม ผลที่เกิดขึ้น คือ เมื่อทำการหรี่วาล์วตัวนี้ปั๊มจะดูดก๊าซออกจากระบบช้าลง ทำให้มีก๊าซผสมถูกกักอยู่ในหลอดเลเซอร์มากขึ้น ซึ่งสิ่งนี้จะมีผลต่อกำลังเอาท์พุทของเลเซอร์ และยังเป็นการประหยัดก๊าซผสมที่ใช้ด้วย

เมื่อเราทำการทดลองเสร็จภายในหลอดเลเซอร์จะยังมีความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศมาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องปล่อยอากาศจากภายนอกเข้าไปในระบบ เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำมันจากปั๊มสูญญากาศไหลเข้าไปในหลอดเลเซอร์ จึงจำเป็นต้องเพิ่มวาล์วสำหรับปล่อยให้อากาศภายนอกเข้าไปในระบบได้ วาล์วที่ใช้นี้เป็นวาล์ว ปิด-เปิด ธรรมดา ดังรูปที่ 2.7

รูปที่ 2.7 วาล์วดูดก๊าซออกและปล่อยอากาศเข้า

2.3.4 ปั๊มสูญญากาศ

หลอดเลเซอร์ที่สร้างนี้จะเกิดการดีสชาร์จได้ดีที่ความดันต่ำๆ อุปกรณ์สำคัญที่ทำให้ความดันภายในหลอดต่ำ คือ ปั๊มสูญญากาศ โดยปั๊มนี้จะทำหน้าที่สำหรับดูดเอาก๊าซผสมออกจากหลอดเลเซอร์ ปั๊มที่ใช้นี้เป็นปั๊มแบบโรตารี่ (Rotary pump) อัตราการดูดก๊าซออกประมาณ 50 ลิตร/นาที สูญญากาศที่ปั๊มนี้สามารถทำได้อยู่ในช่วง 5×10^{-3} ทอร์ร ปั๊มที่ใช้มีรูปร่างดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ปั๊มสูญญากาศที่ใช้

2.3.5 <u>หลอดดีสชาร์จสำหรับดูสี เพื่อตรวจความดันภายในหลอดเลเซอร์</u>

การประมาณความดันภายในหลอดเลเซอร์นั้น ยังสามารถทำได้โดยการดูสีของการเกิดดีสชาร์จภายในหลอดดีสชาร์จนี้ได้ หลอดนี้ติดอยู่กับชุดวาล์วหรี่แรงดูดของปั๊มสูญญากาศ และวาล์วปล่อยอากาศเข้าหลอดเลเซอร์ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.7 แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ป้อนให้กับหลอดดีสชาร์จนี้สามารถใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ใช้ป้อนให้กับหลอดเลเซอร์ได้ นอกจากนี้หลอดดีสชาร์จนี้ยังสามารถใช้หารอยรั่วตามข้อต่อต่างๆ ได้โดยการปั๊มเอาก๊าซออกจากหลอดเลเซอร์ แล้วทำการป้อนไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูงให้กับหลอดดีสชาร์จ จนเกิดการดีสชาร์จ ปิดวาล์วทุกตัวแล้วเอาเมทิลอัลกอฮอล์ (Methyl alcohol) ฉีดไปตามรอยต่อต่างๆ ที่คิดว่ารั่ว ถ้าฉีดไปตรงข้อต่อใดแล้วทำให้สีของดีสชาร์จภายในหลอดดีสชาร์จเปลี่ยนเป็นสีขาว แสดงว่าเกิดการรั่วที่ข้อต่อนั้น

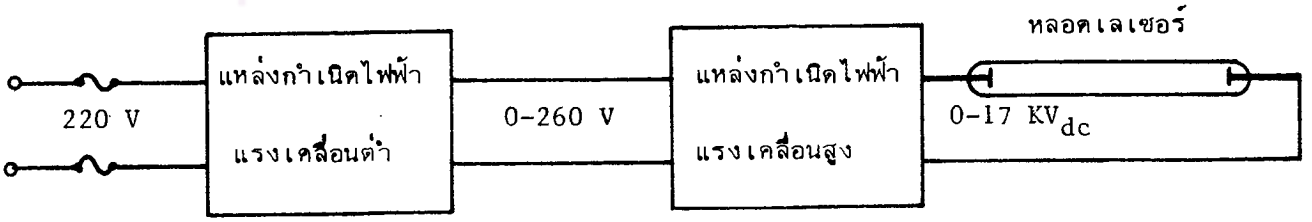
2.4 <u>แหล่งกำเนิดไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำ</u>

กลไกที่จำเป็นอันหนึ่งของระบบเลเซอร์ได้แก่ การดีสชาร์จก๊าซภายในหลอดเลเซอร์เช่นเดียวกับการเกิดดีสชาร์จในหลอดดีสชาร์จ เพียงแต่ในหลอดดีสชาร์จทั่วไปนั้นความดันภายในหลอดดีสชาร์จจะมีค่าแน่นอน ดังนั้นแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ป้อนให้จึงมักมีค่าแน่นอน ซึ่งต่างกับความดันในหลอดเลเซอร์นี้ที่มีค่าเปลี่ยนแปลงได้ แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ป้อนให้กับหลอดเลเซอร์จึงต้องเป็นแหล่งจ่ายไฟที่สามารถปรับค่าได้ แรงเคลื่อนไฟฟ้าแรงสูงที่ป้อนให้กับหลอดเลเซอร์มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 17 กิโลโวลท์ แหล่งจ่ายไฟที่สามารถจ่ายไฟฟ้าแรงสูงได้สูงถึง 17 กิโลโวลท์ นี้ประกอบด้วยอุปกรณ์ 2 ส่วน คือ

1) ส่วนจ่ายไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำที่ปรับค่าได้

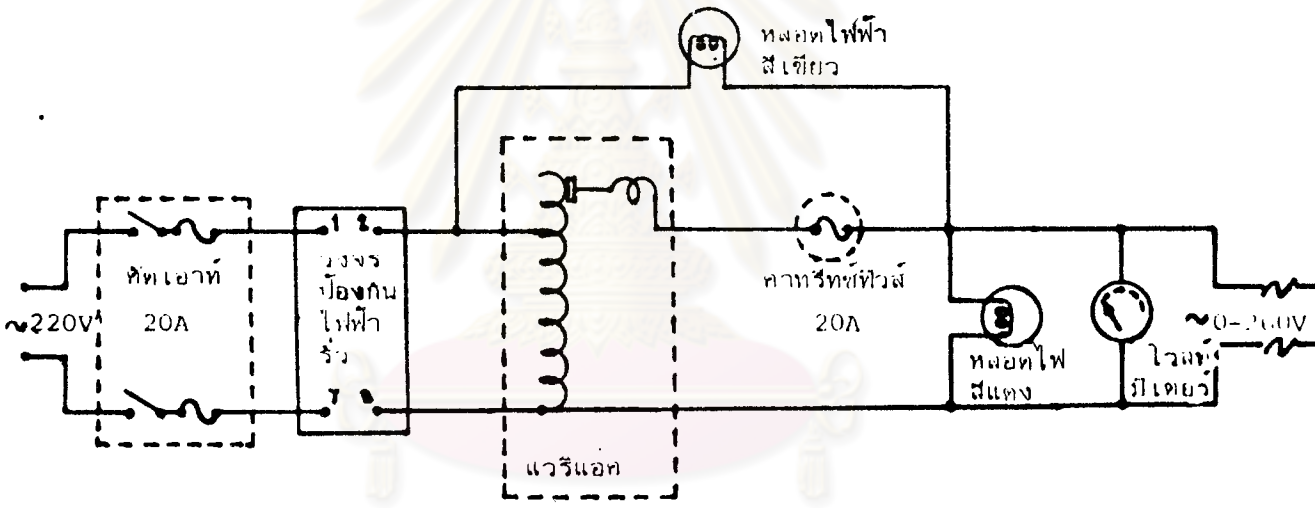
2) ส่วนจ่ายไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



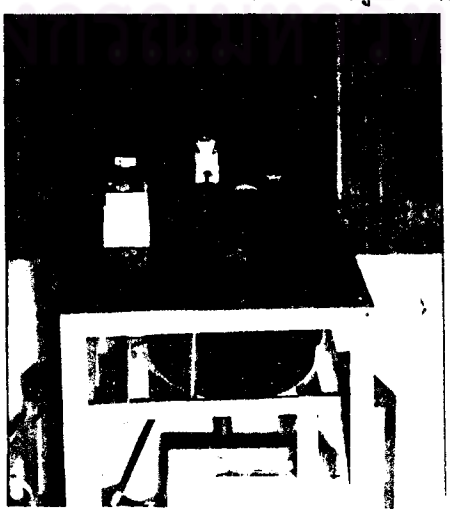
รูปที่ 2.9 ระบบจ่ายไฟของเลเซอร์

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงแต่ส่วนจ่ายไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำที่ปรับค่าได้ ส่วนจ่ายไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำนี้เรียกอีกชื่อว่า แหล่งกำเนิดไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำ ประกอบด้วยคัทเอาท์ (Cutout) สำหรับตัดไฟและป้องกันการลัดวงจร อุปกรณ์ป้องกันไฟรั่ว (Earth leakage) สำหรับตัดไฟในกรณีที่เกิดไฟรั่วในตู้ควบคุมไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำ ฟิวส์ลูกถ้วยกระเบื้อง (Cutty fuse) เพื่อตัดวงจรในกรณีที่กระแสไฟฟ้าไหลมากเกินไป และฟิวส์ในคัทเอาท์ไม่ตัดไฟ และหม้อแปลงไฟแบบปรับแรงเคลื่อนไฟฟ้าเอาท์พุท (Variable transformer) หรือที่เรียกว่า แวริแอค (Variac) ได้โดยการหมุนเลื่อนแท็ป แวริแอคที่ใช้นี้เป็นแบบที่แรงเคลื่อนไฟฟ้าด้านอินพุทมีค่า 220 โวลท์กระแสสลับ แรงเคลื่อนไฟฟ้าเอาท์พุทเปลี่ยนแปลงได้ตั้งแต่ 0 ถึง 260 โวลท์ จ่ายกระแสได้สูงสุด 25 แอมป์ นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ อีกเช่น มิเตอร์สำหรับวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้า และกระแสด้านเอาท์พุท และหลอดไฟเพื่อบอกสภาวะของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำ วงจรไฟฟ้าของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำมีดังนี้



รูปที่ 2.10 วงจรไฟฟ้าของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำ

แหล่งกำเนิดไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำนี้เมื่อประกอบเสร็จจะมีรูปร่างดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แหล่งกำเนิดไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำ

การปรับแรงเคลื่อนไฟฟ้านี้ทำได้โดยการหมุนแวริแอค เพื่อทำการเปลี่ยนรอบของขดลวดแรงเคลื่อนเอาท์พุทนั้นสามารถอ่านได้จากสเกลที่หน้าปัดของแวริแอค หรือจะอ่านจากมิเตอร์วัดแรงเคลื่อนด้านเอาท์พุทที่ติดไว้ที่หน้าปัทม์ของตู้ ขั้นตอนในการใช้แหล่งกำเนิดไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำมีดังนี้

1) ปรับให้แวริแอคจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าด้านเอาท์พุทให้เป็นศูนย์ โดยการหมุนปุ่มปรับไปในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาจนสุด
2) หมุนปุ่มปรับของอุปกรณ์ป้องกันไฟรั่วให้ไปอยู่ที่ตำแหน่งเลข 1 เป็นการปิดวงจร
3) สับคัตเอาท์เพื่อต่อวงจรของตู้ควบคุมเข้ากับระบบไฟฟ้าภายนอก
4) หมุนปุ่มปรับของแวริแอคไปตามเข็มนาฬิกา จนได้แรงเคลื่อนไฟฟ้าด้านเอาท์พุทตามที่ต้องการ

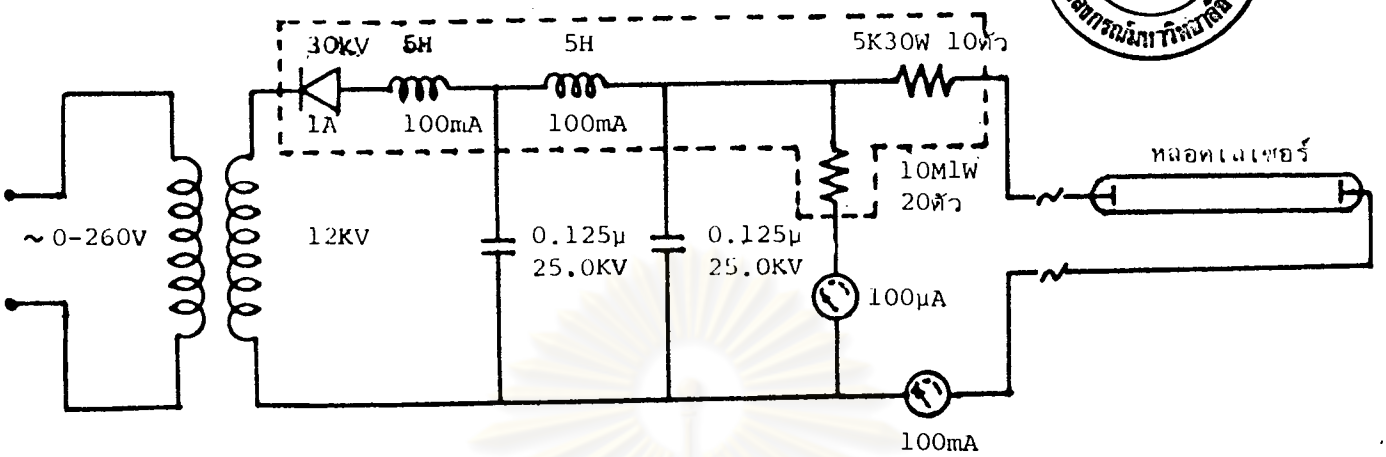
แรงเคลื่อนไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าด้านเอาท์พุทสามารถอ่านได้จากโวลท์มิเตอร์และแอมป์มิเตอร์ที่ติดอยู่กับแผงหน้าปัด โดยที่หลอดไฟสีแดงและสีเขียวบนหน้าปัดนั้นมีไว้เพื่อบอกสภาวะการใช้งานและความพร้อมของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า

2.5 <u>แหล่งกำเนิดไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูงและระบบกราวด์</u>

แหล่งกำเนิดแรงเคลื่อนสูงประกอบด้วยหม้อแปลงสำหรับจ่ายไฟ (Distribution transformer) ที่ใช้ในระบบจ่ายไฟนำไปแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ 12 กิโลโวลท์ มาเป็น 240 โวลท์ เป็นตัวเพิ่มแรงเคลื่อนไฟฟ้าแต่ต่อกลับคือเอาด้านไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำ ซึ่งเป็นด้านเอาท์พุทมาต่อเป็นอินพุทโดยต่อจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำ ส่วนด้านไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูงกลายเป็นด้านเอาท์พุทที่สามารถให้ไฟฟ้ากระแสสลับแรงเคลื่อนสูงมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 12 กิโลโวลท์ อาร์เอ็มเอส หรือ 0 ถึง 17 กิโลโวลท์ แบบยอดถึงยอด แล้วผ่านวงจรเร็คติไฟเออร์ (Rectifier circuit) ซึ่งประกอบด้วยไดโอดที่ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงและวงจรกรอง (Filter) เพื่อให้ได้ไฟฟ้ากระแสตรงที่เรียบมากขึ้น

ไดโอดที่ใช้ตัดกระแสนี้ทนแรงเคลื่อนไฟฟ้าย้อนกลับ (Reverse Voltage) ได้สูง 1500 โวลท์ และทนกระแสได้ 1 แอมแปร์ เมื่อถูกไบอัสตรง (Forword Bias) โดยใช้จำนวน 20 ตัว มาต่ออนุกรมกัน เมื่อไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูงจากหม้อแปลงผ่านไดโอดก็จะถูกแปลงให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงแบบครึ่งคลื่น (Half wave) ต่อจากนั้นก็จะถูกกรองให้เรียบโดยคอยล์ขนาด 5 เฮนรี และคาพาซิเตอร์ขนาด 0.125 ไมโครฟารัด 25 กิโลโวลท์ ที่ต่อกันเป็นวงจรกรองไฟแบบพาย (π filter) วงจรของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูงเป็นดังรูปที่ 2.12

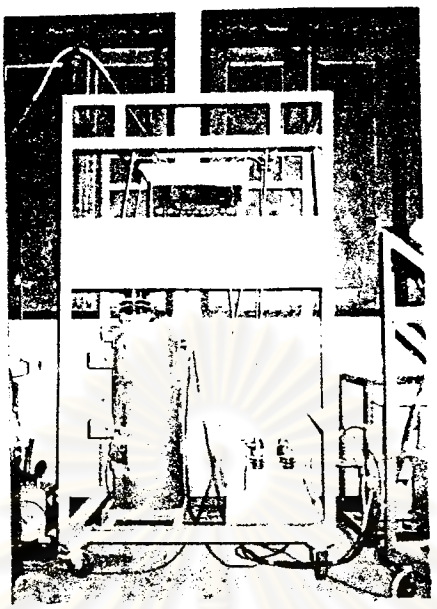
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



หมายเหตุ ส่วนที่อยู่ในเส้นประ จะถูกจุ่มในน้ำมันหม้อแปลง

รูปที่ 2.12 วงจรแปลงไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูง

แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ออกจากวงจรเร็คติไฟเออร์จะถูกจ่ายให้กับหลอดเลเซอร์โดยมีตัวต้านทานขนาด 5 กิโลโอห์ม 30 วัตต์ จำนวน 10 ตัว ต่ออนุกรมด้วย เพื่อจำกัดกระแสที่จะไหลผ่านหลอดเลเซอร์ อุปกรณ์ต่างๆ ของวงจรเร็คติไฟเออร์นี้ต่ออยู่กับไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูง จึงจำเป็นต้องแช่ในน้ำมันหม้อแปลงที่เป็นฉนวนไฟฟ้า และเพื่อระบายความร้อนให้กับอุปกรณ์ เพราะหากอุณหภูมิของอุปกรณ์เหล่านี้สูงเกินไปจะทำให้อุปกรณ์เสียได้ อุปกรณ์ที่แช่อยู่ในอ่างน้ำมันนี้คือส่วนที่ระบุไว้ในเส้นไข่ปลาในรูปที่ 2.12 นอกจากนี้เพื่อที่จะให้สามารถรู้ค่าแรงเคลื่อนและกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับหลอดเลเซอร์ จึงได้มีการต่อโวลท์มิเตอร์และแอมป์มิเตอร์ที่ได้ทำการปรับแต่งสเกลใหม่บนแผงด้านหน้าของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูงนี้ด้วย และเพื่อความปลอดภัยจึงได้ทำการต่อตัวโครงของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูงขึ้นนี้เข้ากับระบบกราวด์ที่ได้ทำขึ้นใหม่เฉพาะกับเลเซอร์ และยังได้เพิ่มไม้สำหรับดีสชาร์จเอาประจุที่เก็บไว้ในคาพาซิเตอร์ลงกราวด์เมื่อเลิกทำการทดลอง แหล่งกำเนิดไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูงเมื่อประกอบเสร็จแล้วมีแสดงดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 แหล่งกำเนิดไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูง

2.6 การควบคุมอุณหภูมิของหลอดเลเซอร์

ในหลอดดีสชาร์จทั่วไปนั้น เมื่อทำการป้อนแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้กับอิเลคโทรดทั้ง 2 ของหลอด เพื่อให้เกิดการดีสชาร์จขึ้นนั้นตัวหลอดจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากการสูญเสียพลังงานของอิออนของก๊าซที่วิ่งชนกัน พลังงานที่สูญเสียเป็นความร้อนนี้จะมีมากขึ้นเมื่อเพิ่มกระแสและแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ป้อนให้สูงขึ้น ในหลอดเลเซอร์ก็เช่นกันตัวหลอดจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็นผลให้กำลังเอาท์พุทของเลเซอร์ลดลง และยังมีผลให้อายุการใช้งานของหลอดสั้นลงด้วย วิธีแก้ปัญหานี้ก็คือทำให้อุณหภูมิของหลอดต่ำลงโดยสูบน้ำเย็นจากถังบรรจุน้ำไหลผ่านช่องว่างระหว่างหลอดแก้วชั้นนอกและหลอดแก้วชั้นในของหลอดเลเซอร์ เพราะเมื่อน้ำไหลภายในช่องว่างนี้จะสัมผัสกับผิวนอกของหลอดแก้วชั้นใน ทำให้น้ำที่ไหลนี้ระบายความร้อนจากหลอดแก้วชั้นในออกมา เมื่อน้ำไหลออกมาจากหลอดเลเซอร์ก็จะไหลลงสู่ถังบรรจุน้ำแล้วถ่ายเทความร้อนให้บรรยากาศรอบข้าง น้ำเย็นใหม่ก็จะถูกปั๊มให้ไหลเวียนเข้าไปในหลอดเลเซอร์ เมื่อน้ำในถังบรรจุถูกปั๊มให้ไหลผ่านเข้าไปในหลอดเลเซอร์เป็นเวลานานๆ อุณหภูมิของน้ำในถังนี้จะสูงขึ้นก็ทำการเปลี่ยนเอาน้ำเย็นใหม่ใส่เข้าไปแทนที่ ในกรณีที่ต้องการให้อุณหภูมิของหลอดเลเซอร์ต่ำลงมากๆ ก็สามารถทำได้โดยการเติมน้ำแข็งลงในถังบรรจุน้ำนี้

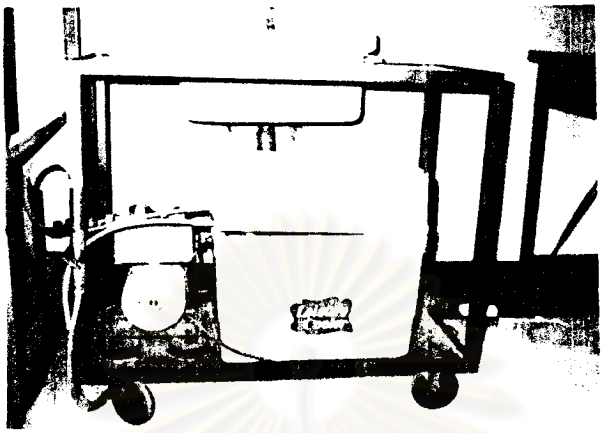
อุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมอุณหภูมิของหลอดเลเซอร์นี้ประกอบด้วย

1) ถังบรรจุน้ำ

2) เครื่องสูบน้ำไฟฟ้าขนาดเล็ก

013326

3) วาล์วสำหรับปรับปริมาณน้ำเย็นที่ไหลเข้าไปยังหลอดเลเซอร์ดังแสดงในรูปที่ 2.14

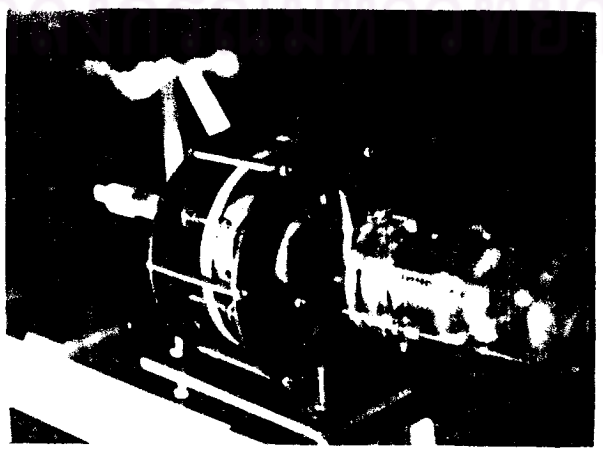


รูปที่ 2.14 การควบคุมอุณหภูมิของหลอดเลเซอร์

2.7 <u>แคว้ติ้ของเลเซอร์</u>

สิ่งที่ทำให้หลอดเลเซอร์นี้แตกต่างไปจากหลอดดีสชาร์จ คือ มีอ๊อปติคอลแคว้ติ้ (Optical cavity) และวินโด้ (Window) ที่เป็นผลึกโซเดียมคลอไรด์

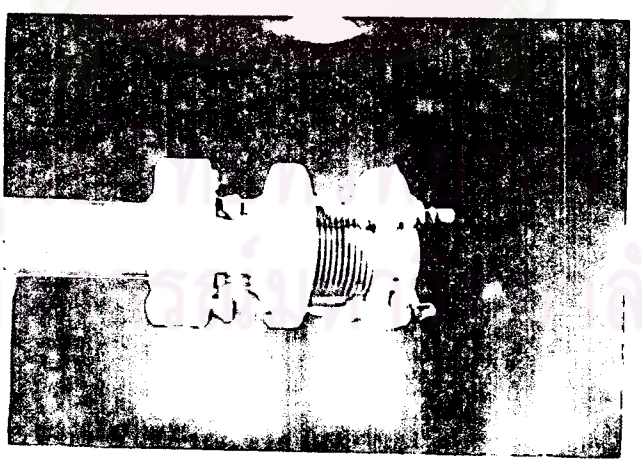
อ๊อปติคอลแคว้ติ้นี้มีไว้เพื่อสะท้อนโฟตอน (Photon) ที่ก๊าซผสมภายในหลอดปลดปล่อยออกมาในแนวแกนหลอดกลับไปกลับมาผ่านก๊าซผสม เพื่อกระตุ้นและขยายให้ลำแสงเลเซอร์มีกำลังสูงขึ้นก่อนที่จะผ่านรูที่เจาะบนแคว้ติ้ด้านที่ต้องการให้แสงเลเซอร์ออก แคว้ติ้ของเลเซอร์ประกอบด้วยกระจกฉาบทอง ที่มีดัชนีสะท้อนแสงเลเซอร์ 95-100 % กระจกด้านที่แสงเลเซอร์ออกจะอยู่นอกหลอดเลเซอร์และมีรูให้ลำแสงเลเซอร์ผ่านไปได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 กระจกด้านที่ให้แสงเลเซอร์ออก

กระจกที่ใช้ทำแคว้ตี้นี้ตัดแปลงจากกระจกกรองแสงของกล้องถ่ายรูป ที่มีความเรียบมาก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร เจาะรูเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร ตรงกลางกระจก กระจกนี้ติดอยู่บนแผ่นอะครีลิคขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 70 มิลลิเมตร ที่จุดศูนย์-กลางของแผ่นอะครีลิคนี้เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร เพื่อให้แสงเลเซอร์ผ่านได้ แผ่นอะครีลิคที่ติดกระจกฉาบทองนี้ติดอยู่บนแผ่นอะครีลิคกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 11.5 เซนติเมตร โดยยึดไว้ด้วยแกนทองเหลือง 3 แกน และมีสปริง 3 เส้น ดันแผ่นอะครีลิคนี้ และยังมีไมโครมิเตอร์อีก 2 อัน ยึดติดกับกรงล้อทองเหลือง เพื่อใช้สำหรับดันให้แผ่นอะครีลิคเอียงไปในทิศทางที่ต้องการ

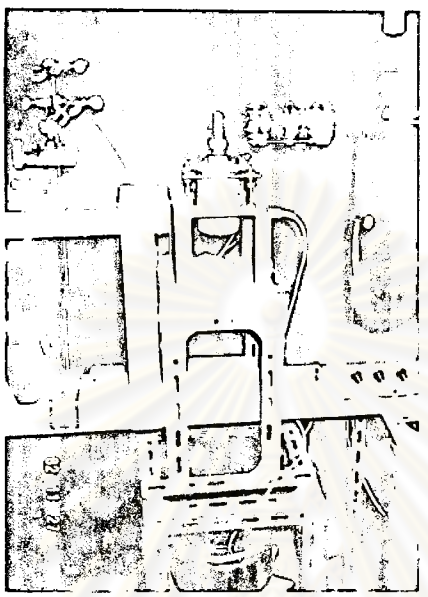
ส่วนกระจกที่ปลายอีกด้านหนึ่งของหลอดเลเซอร์เป็นกระจกเว้าที่มีรัศมีความโค้งประมาณ 190 เซนติเมตร ผิวกระจกด้านที่เว้าฉาบด้วยทองเพื่อให้มีดัชนีสะท้อนแสงเลเซอร์ประมาณ 95-100 % กระจกเว้าด้านนี้จะถูกยึดติดกับปลายหลอดเลเซอร์ด้วยชุดจับแคว้ตี้ ที่ทำจากแผ่นอะครีลิควงแหวน ท่อแก้ว และท่อทองแดงสปริง ตามบริเวณรอยต่อต่างๆ ของชุดจับนี้จะทาด้วยกาวอีปอกซี่ แล้วทาผิวนอกอีกชั้นด้วยกาวซิลิโคลนกันรั่ว ส่วนที่ยึดติดกับหลอดเลเซอร์นั้นจะมีแหวนยางซิลไว้กันรั่ว แผ่นกระจกเว้าจะติดอยู่บนชุดจับนี้ด้วยแรงดูดของปั๊มสูญญากาศ ระหว่างแผ่นกระจกเว้ากับแผ่นอะครีลิคของชุดจับนี้จะมีแหวนยางรองอยู่ชั้นหนึ่งเพื่อป้องกันรั่ว แหวนยางนี้ต้องทาด้วย High vacuum grease



รูปที่ 2.16 กระจกด้านที่ให้แสงเลเซอร์สะท้อนกลับหมด

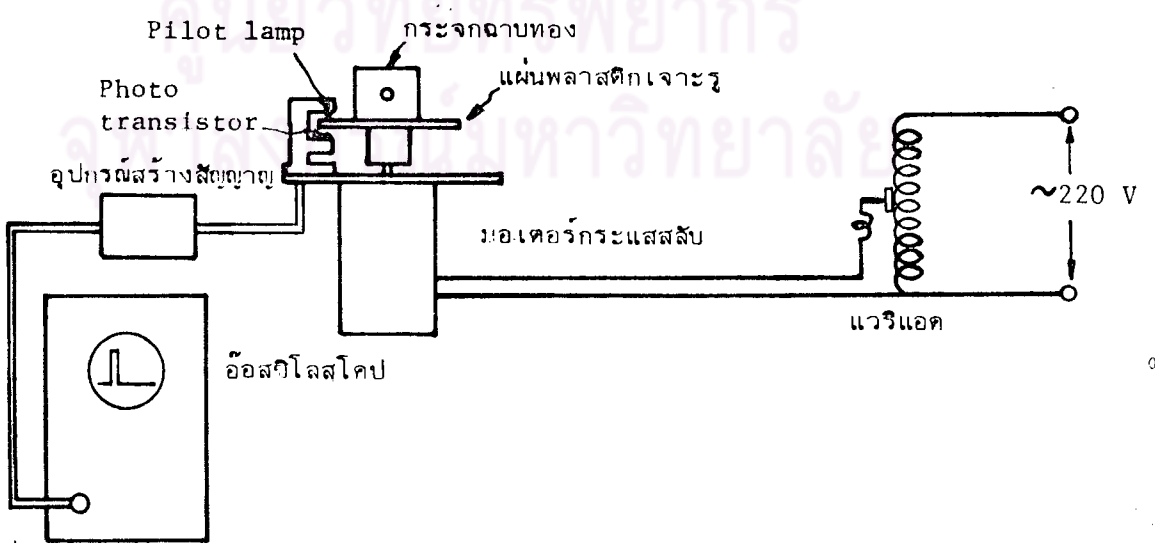
ส่วนปลายอีกด้านของหลอดเลเซอร์ที่เป็น Window นั้น ก็มีชุดจับผลึกโซเดียมคลอไรด์ ซึ่งมีลักษณะและขนาดเช่นเดียวกับชุดจับกระจกแคว้ตี้

จากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างบนนี้เป็นแคว้ดี้ที่ใช้กับเลเซอร์แบบ C W ถ้าต้องการจะกำเนิดแสงเลเซอร์แบบพัลส์ก็สามารถทำได้โดยเปลี่ยนโครงสร้างของแคว้ดี้ให้เป็นแบบคิว-สวิทช์ ดังแสดงในรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 แคว้ดี้ของเลเซอร์แบบคิว-สวิทช์

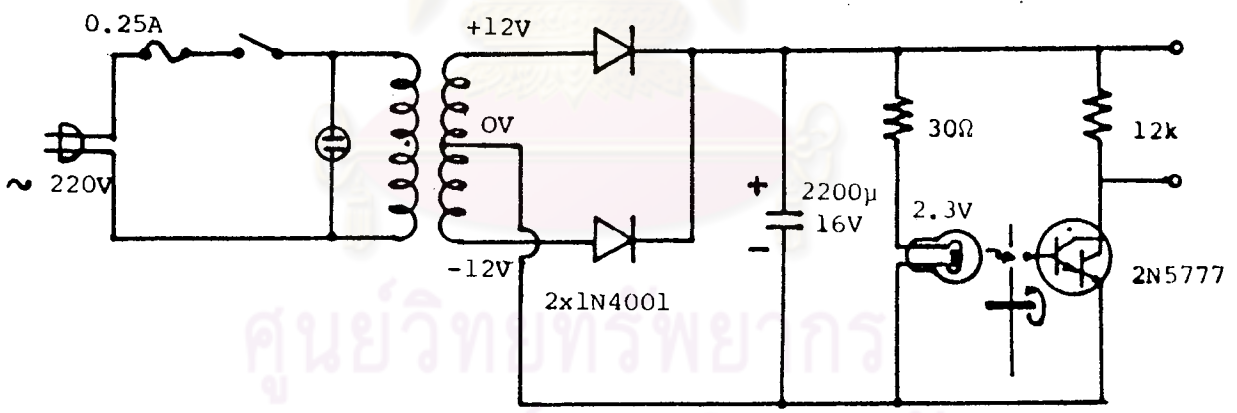
แคว้ดี้แบบนี้ประกอบด้วยแท่นที่ทำจากเหล็กฉาบเพื่อติดมอเตอร์กระแสสลับขนาดเล็ก มอเตอร์นี้จะต่อเข้ากับแกนที่ใช้ยึดกระจกแคว้ดี้ไว้ การปรับให้กระจกแคว้ดี้นี้ตั้งฉากกับแนวแกนหลอดสามารถทำได้โดยปรับน็อตที่ยึดแท่นมอเตอร์ไว้ การควบคุมความเร็วในการหมุนของมอเตอร์ทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับที่ป้อนให้กับมอเตอร์โดยใช้แวริแอคขนาดเล็ก ดังแสดงในรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 ระบบควบคุมและตรวจวัดความเร็วมอเตอร์

การเกิดแสงเลเซอร์แบบคิว-สวิทช์ นั้น เลเซอร์พัลส์จะเกิดขึ้นทุกครั้งที่กระจกฉาบทองของแควิตี้หมุนมาตั้งฉากกับแนวแกนหลอด ดังนั้นการตรวจดูจำนวนเลเซอร์พัลส์ที่ถูกปล่อยออกมาในการใช้งานแบบคิว-สวิทช์ นี้สามารถตรวจวัดจำนวนได้โดยการตรวจวัดจำนวนรอบในการหมุนของมอเตอร์ที่ใช้

การตรวจวัดจำนวนรอบของมอเตอร์ทำได้โดยติดแผ่นพลาสติกกลมที่เจาะรูที่ขอบ 1 รู เข้ากับแกนยึดกระจกฉาบทอง แล้วติดตั้งตัวรับและส่งสัญญาณอันได้แก่ หลอดไฟขนาดเล็ก และโฟโต้ทรานซิสเตอร์ไว้คนละด้านของแผ่นพลาสติกกลมให้อยู่ในแนวเดียวกันและตรงกับรูบนแผ่นพลาสติก เมื่อมอเตอร์หมุนแผ่นพลาสติกก็จะหมุนด้วย ทำให้แสงสามารถผ่านแผ่นพลาสติกได้ทุกครั้งที่รูที่เจาะบนแผ่นพลาสติกหมุนมาตรงกันกับหลอดไฟและโฟโต้ทรานซิสเตอร์ โดยที่เมื่อมอเตอร์หมุนไป 1 รอบ ก็จะเกิดการยอมให้แสงผ่านแผ่นพลาสติกได้ 1 ครั้ง โฟโต้ทรานซิสเตอร์วัดสัญญาณพัลส์ได้ 1 พัลส์ ซึ่งสัญญาณนี้จะไปปรากฏที่ออสซิโลสโคป จากออสซิโลสโคปจะหาคาบเวลาการหมุนครบรอบได้ ซึ่งสามารถนำไปคำนวณหาจำนวนรอบที่หมุนได้ วงจรตรวจวัดจำนวนพัลส์ของการหมุนมีดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 วงจรตรวจวัดความเร็วรอบของการหมุน

2.8 แท่นจัดระบบแสง

แท่นจัดระบบแสง (Optical brench) เป็นรางเหล็กตัวยู ขนาดหน้ากว้าง 4 นิ้ว ยาว 3 เมตร ทำหน้าที่เป็นแท่นสำหรับวางอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบเลเซอร์ เพื่อให้อุปกรณ์ต่างๆ อยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน อุปกรณ์ที่วางอยู่บนแท่นจัดระบบแสงนี้มี กระจกเงาสำหรับสะท้อนแสง ลำแสงของฮีเลียม-นีออนเลเซอร์ให้หักเห 90° ผ่านหลอดเลเซอร์ กระจกแควิตี้ที่สำหรับกำเนิดแสงเลเซอร์

แบบคลื่นต่อเนื่อง กระจกเว้าสำหรับรวมแสงเลเซอร์ และแท่นเลื่อนตัวอย่างที่จะแอนนีลด้วยแสงเลเซอร์

2.9 แท่นเลื่อนตัวอย่าง

แท่นเลื่อนตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นแท่นที่สามารถเลื่อนไปได้ 3 แกน คือ เลื่อนในแนวราบได้ 2 ทาง ในแนวแกน X และแกน Y ซึ่งเป็นการเลื่อนอย่างหยาบๆ ระยะทางที่เลื่อนตัวอย่างไปนี้สามารถอ่านได้จากสเกลที่ติดตั้งอยู่บนแท่น ส่วนการเลื่อนในแกนที่ 3 นั้นเป็นการเลื่อนในแนวดิ่ง ซึ่งสามารถอ่านระยะที่เลื่อนนี้ได้เช่นกัน โดยอ่านจากไมโครมิเตอร์ที่ติดไว้ที่แกนยึดตัวอย่าง

แท่นเลื่อนตัวอย่างที่จะฉายแสงเลเซอร์นี้แสดงไว้ในรูปที่ 2.20

รูปที่ 2.20 แท่นเลื่อนตัวอย่างที่จะฉายแสงเลเซอร์

การที่ต้องใช้แท่นนี้สามารถเลื่อนได้ทั้ง 3 แกน ก็เพื่อปรับให้ทุกๆ จุดบนผิวหน้าของตัวอย่างถูกแสงเลเซอร์และสามารถปรับโฟกัสของแสงเลเซอร์ให้ลงบนผิวของตัวอย่างพอดี