บทที่ 1

บทนำ

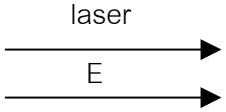
1.1 บทนำต้นเรื่อง

เลเซอร์ได้เข้ามามีบทบาทในหลายวงการ เช่น ทางการแพทย์ อุตสาหกรรม การทหาร การเรียนการสอน วิจัย ฯลฯ ในชีวิตประจำวันที่เราพบเห็นอยู่บ่อย ๆ ได้แก่ เลเซอร์พอยเตอร์(pointer laser) สำหรับช่วยสอน ตามซุปเปอร์มาเก็ตก็ใช้แสงเลเซอร์ตรวจรหัสสินค้า ใช้อ่านข้อมูลของแผ่นซีดี ฯลฯ ถ้าจะแบ่งประเภทของเลเซอร์โดยอาศัยสถานะของตัวกลาง (laser medium) ก็จะแบ่งได้เป็น เลเซอร์ของแข็ง (solid state laser), เลเซอร์ของเหลว (dye laser), เลเซอร์ก๊าซ (gas laser)และ เลเซอร์สารกึ่งตัวนำ (semiconductor laser) ,(พิเชษฐ,1996) โดยปกติแล้วผู้ใช้งานส่วนใหญ่มักจะไม่สนใจหลักการทำงานของเลเซอร์ ทำให้ขาดบุคลากรที่มีความรู้ ความชำนาญ ทางด้านนี้ อันเป็นข้อด้อยของการใช้งานให้มีประสิทธิภาพอย่างเต็มที่ อย่างไรก็ตามเป็นการยุ่งยากและซับซ้อนที่จะสร้างเลเซอร์ของแข็ง (solid state laser), เลเซอร์ของเหลว (dye laser), หรือ เลเซอร์สารกึ่งตัวนำ (semiconductor laser) ดังนั้นเลเซอร์ก๊าซจึงได้รับความสนใจในการวิจัยและพัฒนา เลเซอร์ก๊าซยังแบ่งย่อยได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่ เลเซอร์อะตอม (atom laser), เลเซอร์ไอออน (ion laser) , เลเซอร์โมเลกุล (molecular laser) , เลเซอร์เอ็กซิมเมอร์ (excimer laser) ,(Blake.,1979)

เลเซอร์ไนโตรเจนเป็นเลเซอร์ก๊าซโมเลกุลแบบพัลส์ ให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านอินฟราเรดใกล้ (near infrared) ความยาวคลื่น 860-1,240 นาโนเมตร (Mathias and Parker, 1963) และในย่านรังสีอัลตราไวโอเลตความยาวคลื่น 337.1 นาโนเมตร (Heard , 1963) ปัจจุบันเป็นที่เข้าใจกันว่าเมื่อกล่าวถึงเลเซอร์ไนโตรเจนก็จะหมายถึงความยาวคลื่น 337.1 นาโนเมตร เพราะว่าที่ความยาวคลื่น 337.1 นี้เป็นเส้นสเปคตรัมที่เข้มที่สุด และเนื่องจากเลเซอร์ไนโตรเจนให้ลำแสงเป็นพัลส์แคบ จึงได้มีการประยุกต์ใช้กันอย่างกว้างขวาง เช่น การถ่ายภาพด้วยความเร็วสูงของการดิสชาร์ตในพลาสมาโฟกัส (Kwek,1989,Kalantar et.al.,1997), การกระตุ้นสารละลายสีย้อมเพื่อให้เกิดเป็นเลเซอร์ย้อม (Capella and Philips,1970, James et.al,1970, Broida and Haydon,1970) เป็นต้น

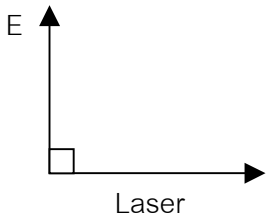
ชนิดของเลเซอร์ไนโตรเจนสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ

1.เลเซอร์ไนโตรเจนแบบกระตุ้นตามยาว (Longitudinal Excited Nitrogen Laser : LE) จะให้ทิศทางของลำแสงเลเซอร์มีทิศเดียวกับสนามไฟฟ้าที่ป้อน



ภาพประกอบที่ 1 แสดงทิศทางของเลเซอร์และสนามไฟฟ้าแบบ LE

2. เลเซอร์ไนโตรเจนแบบกระตุ้นตามขวาง (Transversely Excited Nitrogen Laser : TE) จะให้ลำแสงเลเซอร์มีทิศทางตั้งฉากกับสนามไฟฟ้าที่ป้อน ซึ่งทั้งสองแบบนี้สามารถกระทำได้ทั้งที่ความดันต่ำ และความดันบรรยากาศ (Singh and Thakur,1980)



ภาพประกอบที่ 2 แสดงทิศทางของเลเซอร์และสนามไฟฟ้าแบบ TE

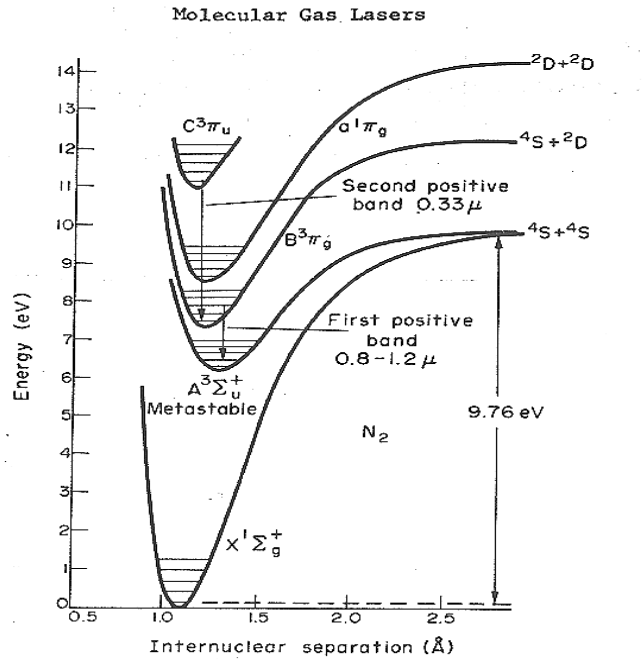
อย่างไรก็ดีเมื่อพิจารณาระบบเลเซอร์ไนโตรเจนที่ความดันต่ำนั้น จำเป็นต้องใช้ปั๊มสุญญากาศเพื่อที่จะทำให้ช่องเลเซอร์เป็นสุญญากาศจึงยุ่งยากต่อการใช้งาน ดังนั้นจึงเกิดระบบเลเซอร์ไนโตรเจนที่ความดันบรรยากาศและถ้ากระตุ้นโมเลกุลของไนโตรเจนแบบตามขวางที่ความดันบรรยากาศ ก็จะเรียกว่า “Transversely Excited Nitrogen Laser at Atmospheric Pressure” : TEA ข้อดีที่เห็นได้ชัดคือ ไม่ต้องใช้ปั๊มสุญญากาศ ซึ่งต่างจากเลเซอร์ก๊าซชนิดอื่น เช่น เลเซอร์ฮีเลียมนีออน เพราะต้องทำให้ภายในช่องเลเซอร์เป็นสุญญากาศเสียก่อน นอกจากนี้ยังสร้างง่าย เพราะใช้ตัวกลางเพียงอย่างเดียวคือก๊าซไนโตรเจน แต่ถ้าเป็นเลเซอร์คาร์บอนไดออกไซด์นั้นจะใช้ก๊าซ 3 ชนิดเป็นตัวกลางคือ ฮีเลียม ไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และถ้าเป็นเลเซอร์ฮีเลียมนีออนก็จะต้องใช้ก๊าซ 2 ชนิด คือ ฮีเลียม และ นีออน ยิ่งกว่านั้นเลเซอร์ไนโตรเจนยังไม่ต้องการระบบกระจกสะท้อนหน้าหลังเนื่องจากมีค่าการขยายทางแสงที่สูง (Stong,1974) อีกทั้งยังสามารถทำให้ระบบมีขนาดกระทัดรัดขึ้นได้อีกด้วย ส่วนข้อเสียเปรียบหลักคือประสิทธิภาพจะต่ำจะไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ (Hariri,1990) ลำแสงจะบานกว่า

เลเซอร์ชนิดอื่น อย่างไรก็ตามเลเซอร์ไนโตรเจนที่ความดันบรรยากาศก็ยังมีการวิจัยและพัฒนาอยู่กันในห้องปฏิบัติการเนื่องจากสร้างง่าย ไม่ซับซ้อน ราคาต้นทุนไม่แพงเนื่องจากไม่ต้องใช้ระบบสุญญากาศและระบบกระจก ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับงานวิจัยที่มีงบประมาณจำกัดอีกด้วย

1.2 การตรวจเอกสาร

1.2.1 งานวิจัยและพัฒนาเลเซอร์ไนโตรเจนในต่างประเทศ

เลเซอร์ไนโตรเจนสามารถให้แสงเลเซอร์ในย่านอินฟราเรดในช่วงความยาวคลื่น 860-1,240 นาโนเมตร ซึ่งเกิดจากการลดระดับพลังงานของอิเล็กตรอนในโมเลกุลไนโตรเจน จากชั้นพลังงาน $B^3\pi_g$ มาสู่ชั้นพลังงาน $A_3\sum^+_\mu$ซึ่งถูกค้นพบโดย Mathias และ Parkerในปี ค.ศ. 1963 (Mathias and Parker.,1963) ต่อมาในปีเดียวกันนั้นเอง Heard พบว่าเลเซอร์ไนโตรเจนยังสามารถให้แสงเลเซอร์ในช่วงรังสีอัลตราไวโอเลตที่ความยาวคลื่น 337.1 นาโนเมตร ซึ่งสอดคล้องกับการลดระดับพลังงานของอิเล็กตรอนในโมเลกุลของไนโตรเจน ในชั้นพลังงาน $C^3\pi_\mu$ มาสู่ $B^3\pi_g$(Heard ,1963) ดังแสดงในภาพประกอบที่ 3



ภาพประกอบที่ 3 แสดงแผนภาพระดับพลังงานของโมเลกุลไนโตรเจน

(ที่มา : Blake E. herrington1979)

จากภาพประกอบที่ 3 แสดงระดับพลังงานบางส่วนของโมเลกุลไนโตรเจน ที่มีความสำคัญต่อการเกิดเลเซอร์มี 4 ระดับด้วยกันคือ

ระดับที่ 1 เป็นสถานะพื้น (ground state) มีสัญลักษณ์เป็น $X^1\Sigma^+_g$

ระดับที่ 2 เป็นสถานะถูกกระตุ้น (excited state) มีสัญลักษณ์เป็น $A^3\Sigma^+_g$

ระดับที่ 3 เป็นสถานะถูกกระตุ้น (excited state) มีสัญลักษณ์เป็น $B^3\pi_g$

ระดับที่ 4 เป็นสถานะถูกกระตุ้น (excited state) มีสัญลักษณ์เป็น $C^3\pi_\mu$

ในการเกิดเลเซอร์ไนโตรเจนจำเป็นต้องเพิ่มพลังงานให้กับอิเล็กตรอนในสภานะพื้น $X^1\Sigma^+_g$ของโมเลกุลไนโตรเจน ให้ไปสู่ระดับพลังงานชั้นถูกกระตุ้น $C^3\pi_\mu$ เพื่อทำให้เกิดปรากฏการณ์ประชากรผกผัน โดยการใช้การดิสชาร์ตไฟฟ้าแรงดันสูงอย่างรวดเร็ว

การปลดปล่อยของแสงเลเซอร์สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่(Singh and Thakur, 1980)

1. เมื่อโมเลกุลเกิดการลดระดับพลังงานจากระดับพลังงาน $C^3\pi_\mu$ มาอยู่ที่ระดับพลังงานชั้น $B^3\pi_g$ จะให้แสงเลเซอร์ในช่วงรังสีอัลตราไวโอเลต ที่มีความยาวคลื่น 357.7,337.1,315.9 นาโนเมตร ซึ่งสอดคล้องกับค่าพลังงานการสั่น (vibration quantum number) ดังนี้

   $V' = 0$ มาสู่ระดับพลังงาน $V'' = 0$, ให้ความยาวคลื่นเท่ากับ 337.1 นาโนเมตร

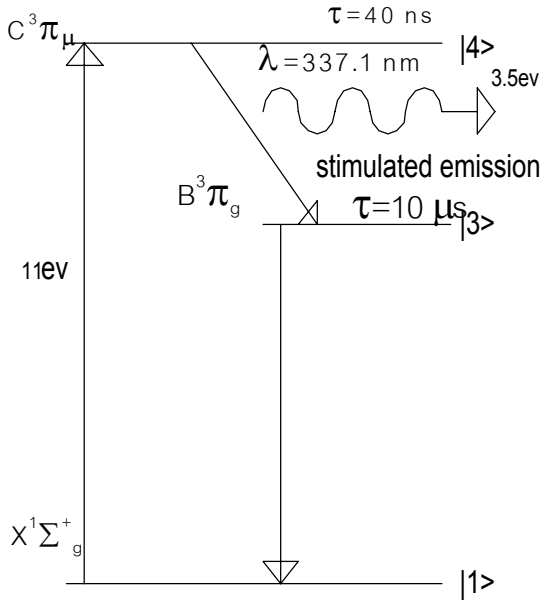
   $V' = 0$ มาสู่ระดับพลังงาน $V'' = 1$, ให้ความยาวคลื่นเท่ากับ 357.7 นาโนเมตร

   $V' = 1$ มาสู่ระดับพลังงาน $V'' = 0$, ให้ความยาวคลื่นเท่ากับ 315.9 นาโนเมตร

   การทรานซิชันที่ระดับพลังงานการสั่น $V' = 0$ มาสู่ระดับพลังงานการสั่น $V'' = 0$, ให้ความยาวคลื่นเท่ากับ 337.1 นาโนเมตร จะให้สเปคตรัมเป็นเส้นที่มีความเข้มมากที่สุด

2. เมื่อโมเลกุลเกิดการทรานซิชันจากระดับพลังงาน $B^3\pi_g$ มาอยู่ที่ระดับพลังงาน $A^3\Sigma^+_g$ จะให้แสงเลเซอร์ในช่วงอินฟราเรด ที่มีความยาวคลื่นประมาณ 745-1,235 นาโนเมตร

อย่างไรก็ตามในการสร้างและพัฒนาระบบเลเซอร์ไนโตรเจนแบบกระตุ้นตามขวาง ที่ความดันบรรยากาศนี้ จะสนใจเลเซอร์ไนโตรเจนที่ให้แสงในช่วงรังสีอัลตราไวโอเลตที่ความยาวคลื่น 337.1 นาโนเมตรเท่านั้น เพื่อความสะดวกจากภาพประกอบที่ 3 จะเขียนระดับพลังงานใหม่ ซึ่งจะแทนด้วยเส้นตรงดังภาพประกอบที่ 4



ภาพประกอบที่ 4 แสดงระดับพลังงาน 3 ระดับของโมเลกุลไนโตรเจน

จากภาพประกอบที่ 4 การที่จะทำให้เกิดแสงเลเซอร์ได้นั้น โมเลกุลไนโตรเจนจะต้องได้รับพลังงานและเปลี่ยนสถานะจากระดับที่ |1> ไปยังระดับที่ |4> ซึ่งผลต่างของระดับพลังงานสองระดับนี้มีค่าประมาณ 11 อิเล็กตรอนโวลท์ แล้วจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงจากระดับที่ |4> มายังระดับ |3> โดยจะให้โฟตอนมีความยาวคลื่น 337.1 นาโนเมตร ซึ่งสอดคล้องกับค่าพลังงาน 3.5 อิเล็กตรอนโวลท์ เงื่อนไขในการเกิดเลเซอร์คือกระบวนการประชากรผกผันซึ่งในกรณีของเลเซอร์ไนโตรเจนนั้นมีโครงสร้างโมเลกุลที่มีเวลาช่วงชีวิต (life time)ในระดับพลังงานชั้นที่ |4>น้อยกว่าชั้นที่ |3> ถึงประมาณ 1000 เท่า คือเวลาช่วงชีวิต (life time) ของโมเลกุลไนโตรเจนในระดับที่ |4> มีเวลาเพียง 40 นาโนวินาที และระดับ |3>นานเพียง10 ไมโครวินาที ดังนั้นในการที่จะทำให้เกิดประชากรผกผันของประชากรระหว่างระดับพลังงานทั้งสองนั้น จำเป็นจะต้องกระตุ้นให้โมเลกุลไนโตรเจนขึ้นไปที่ระดับที่ |4>ด้วยเวลาที่น้อยกว่า 40 นาโนวินาที และมีรายงานว่าที่ความดันบรรยากาศจำเป็นจะต้องกระตุ้นให้เร็วมากขึ้นด้วยเวลาประมาณ 2 นาโนวินาที(Rodrigues, 1992) จึงต้องใช้วงจรกระตุ้นแบบพัลส์ที่รวดเร็วมาก ซึ่งเป็นวงจรที่มีค่าความเหนี่ยวนำต่ำมาก ๆ นั่นเอง

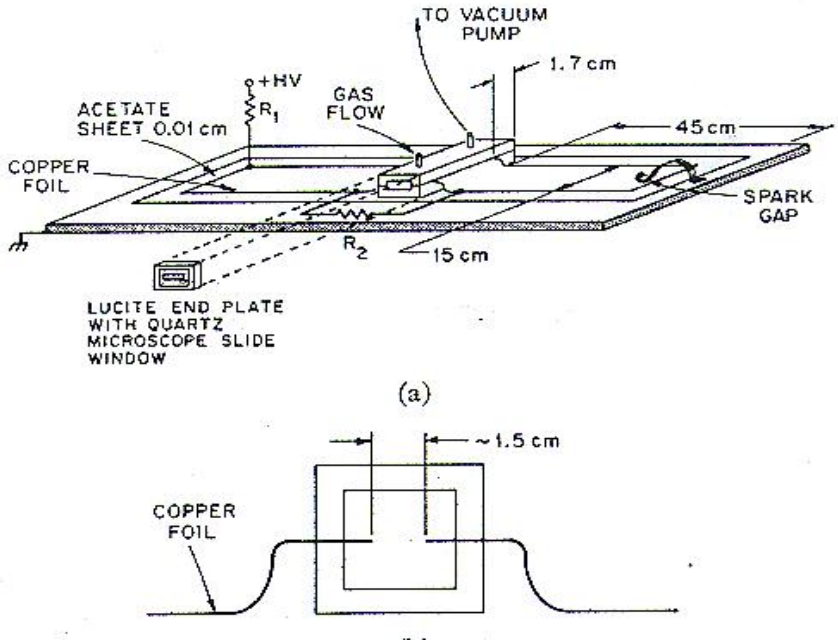
เนื่องจากการกระตุ้นนี้ใช้เวลาสั้นมาก ๆ ทำให้จำนวนประชากรในระดับที่ |4> มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และเมื่อถึงระดับที่พอเหมาะพร้อมกับมีการปลดปล่อยโฟตอน ดังนั้นแสงเลเซอร์จึงเกิดในเวลาสั้นมาก และมีค่าการขยายสูง เรียกว่า Superradiant laser ซึ่งทำให้เกิดเลเซอร์ชนิดที่ไม่ต้องใช้

กระจก กล่าวคืออาศัยโฟตอนวิ่งเที่ยวเดียวเรโซเนเตอร์ก็สามารถปลดปล่อยแสงเลเซอร์ออกมาได้ (สมศักดิ์, 1986)

1.2.1.1 ไนโตรเจนเลเซอร์แบบกระตุ้นตามขวางที่ความดันต่ำ

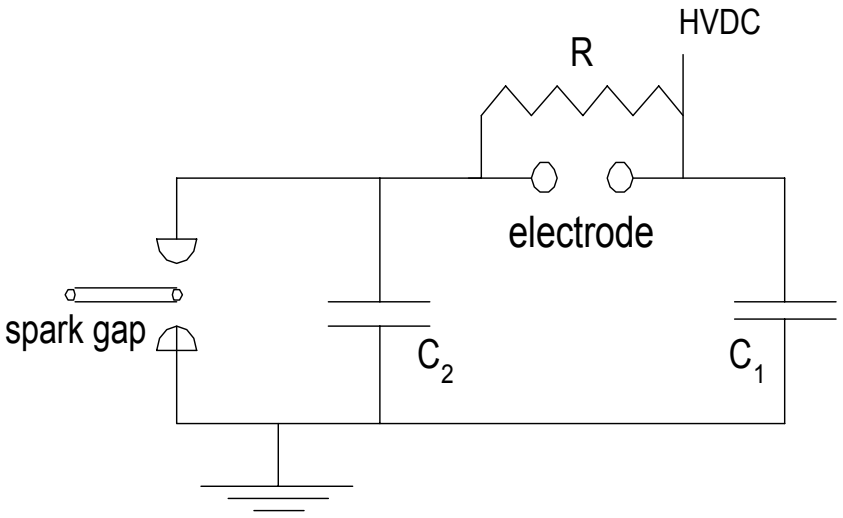
(Leonard, 1965) ได้ทดลองสร้างเลเซอร์ไนโตรเจนแบบกระตุ้นตามขวางเป็นครั้งแรก

(Small and Ashari,1972) ได้ใช้วงจรบลัมไลน์ในการกระตุ้นก๊าซไนโตรเจนโดยเกิดการดิสชาร์ตอย่างสม่ำเสมอที่ความดัน30 ทอร์ร พื้นที่หน้าตัดของการดิสชาร์ตมีขนาด 1x1.5 ตารางเซนติเมตร ที่แรงดันไฟฟ้า 20 กิโลโวลท์ สามารถนำไปกระตุ้นสารละลาย Rhodamine 6 G ให้เป็นเลเซอร์สีย้อมได้ ดังแสดงในภาพประกอบที่ 5 ซึ่งการออกแบบลักษณะนี้สามารถขยายสเกลไปสู่เลเซอร์ไนโตรเจนแบบกำลังสูงได้ โดยการใช้แรงดันไฟฟ้าสูงขึ้นและความยาวช่องเลเซอร์ยาวขึ้น



ภาพประกอบที่ 5 แสดงเลเซอร์ไนโตรเจนอย่างง่ายที่ความดันต่ำ (ที่มา : Small and Ashari,1972)

เนื่องจากวงจรบลัมไลน์เป็นวงจรสำคัญสำหรับใช้ในการกระตุ้นให้เกิดแสงเลเซอร์ และเป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางเนื่องจากสร้างง่ายดังแสดงในภาพประกอบที่ 6 ดังนั้นจะกล่าวในส่วนนี้เสียก่อนเพื่อที่จะได้เห็นภาพรวมของเลเซอร์ไนโตรเจนได้ง่ายขึ้น



ภาพประกอบที่ 6 แสดงวงจรบลัมไลน์ (ที่มา : Chung Ngian NG, 1995)

Alan Dower Blumlein วิศวกรอิเล็กทรอนิกส์ชาวอังกฤษได้เสนอวงจรบลัมไลน์ (Stong ,1974) หลักการทำงานคือ เมื่อป้อนไฟแรงดันสูงกระแสจะไหลไปเก็บในตัวเก็บประจุ C_1อีกส่วนหนึ่งจะไหลผ่านตัวต้านทาน R และตัวเก็บประจุ C_2 ในช่วงนี้จะไม่เกิดความต่างศักย์คร่อมช่องเลเซอร์ เมื่อสปาร์คแกปทำงานจะทำให้เกิดการคายประจุ C_2 ผ่านสปาร์คแกปลงกราวน์อย่างรวดเร็ว ทำให้ที่ตัวเก็บประจุ C_2 มีค่าศักย์ไฟฟ้าต่ำ ส่วนที่ตัวเก็บประจุ C_1 ศักย์ไฟฟ้าสูงจึงเกิดความต่างศักย์คร่อมช่องเลเซอร์ ส่งผลให้เกิดการดิสชาร์ตผ่านช่องเลเซอร์ ถ้าสภาวะเหมาะสมเมื่อปล่อยก๊าซไนโตรเจนสู่ช่องเลเซอร์ ก็จะเกิดแสงเลเซอร์ออกมา สำหรับ ตัว Rมีหน้าที่ 2 อย่างคือ ในช่วงแรกจะทำหน้าที่ลดแรงดันเพื่อไปเก็บประจุใน C_2 ส่วนช่วงที่สปาร์คแกปทำงานจะป้องกันมิให้กระแสจาก C_2 ไหลมาสู่ช่องเลเซอร์

(Schenck and Metcalf, 1973) ได้สร้างเลเซอร์ไนโตรเจนสำหรับปั๊มเลเซอร์สีย้อมขั้วอิเล็กโทรดทำจากอะลูมิเนียมยาว 1.2 เมตร ประกบกับแผ่นแก้วกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 1.2 เมตร เมื่อสปาร์คแกปไตรราตรอนทำงาน ตัวเก็บประจุขนาด 500 พิโคฟารัด 20 ตัวที่ติดอยู่ข้างช่องเลเซอร์จะถูกชาร์ตโดยตัวเก็บประจุหลักขนาด 0.012 ไมโครฟารัด ที่ 15 กิโลโวลท์ ความดัน 20 ทอร์ร เลเซอร์ที่ได้มีกำลัง 160 กิโลวัตต์ ความกว้างพัลส์ 10 นาโนวินาที

(Feldman *et al*, 1978.) ได้ใช้การออกแบบลักษณะเดียวกันกับของ Schenck and Metcalf โดยปรับปรุงขนาดของช่องเลเซอร์ และพื้นที่หน้าตัดของการดิสชาร์ต พบว่าได้กำลัง 0.7 เมกกะวัตต์ ความกว้างพัลส์ยาว 9 นาโนวินาที ที่แรงดันไฟฟ้า 24 กิโลโวลท์ ที่ความถี่ 10 เฮิร์ตซ

(Baby *et al*, 1991) ได้สร้างเลเซอร์ไนโตรเจนกำลังสูงแบบความดันต่ำโดยใช้วงจรบลัมไลน์ในการกระตุ้น มีการดัดแปลงรูปร่างขั้วอิเล็กโทรด และระบบการไหลของก๊าซ กำลังของเลเซอร์เป็น 700 กิโลวัตต์ ความกว้างพัลส์ 3 นาโนวินาที ประสิทธิภาพ 0.51 เปอร์เซ็นต์ ข้อน่าสนใจก็คือใช้แรงดันไฟฟ้าไม่เกิน 10 กิโลโวลท์ แต่ได้กำลังสูง

(Neukum *et al*.,1992) ได้ออกแบบเลเซอร์ไนโตรเจนแบบกระตุ้นตามขวางที่ความดันต่ำ มีความเสถียรภาพสูง โดยเน้นการใช้วัสดุที่ทนทาน ระบบของเลเซอร์ประกอบด้วย หลอดดิสชาร์ตแบบเซรามิกส์ ขั้วอิเล็กโทรด W-Cu สปาร์คแกปแบบไตรราตรอน ตัวเก็บประจุแรงดันสูงแบบเซรามิกส์ ได้ค่าขนาดของลำแสง 7X16 ตารางมิลลิเมตร สามารถนำไปใช้ปั๊มเลเซอร์สีย้อมได้

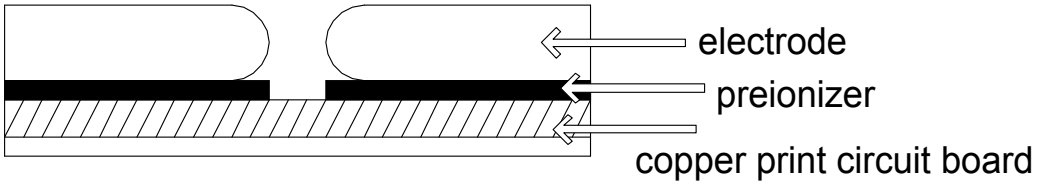
(Vazquez and Aboites, 1993) ได้สร้างเลเซอร์ไนโตรเจนที่ความดันต่ำโดยขั้วอิเล็กโทรดที่เหมาะสมในการทดลองนี้คือแบบ V-shape ใช้วงจรบลัมไลน์ในการกระตุ้น สปาร์คแกปมีค่าความเหนี่ยวนำต่ำน้อยกว่า 10 นาโนเฮนรี ได้ประสิทธิภาพของแสงเลเซอร์สูงถึง 0.81 เปอร์เซ็นต์ พลังงานของแสงเลเซอร์มากกว่า 5 มิลลิจูล และความกว้างพัลส์ไม่เกิน 4 นาโนวินาที พบว่าที่เสถียรภาพการทำงานคือ แรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 8-14 กิโลโวลท์ ความดันระหว่าง 70-250 ทอร์ร และความถี่ 20 เฮิร์ตซ

1.2.1.2 ไนโตรเจนเลเซอร์ที่ความดันบรรยากาศแบบกระตุ้นตามขวาง (TEA N_2-laser)

(Svedberg *et al*, 1968) ได้สังเกตผลของการสปาร์คดิสชาร์ตในอากาศของไนโตรเจนเลเซอร์ที่ความดันบรรยากาศ ความยาวคลื่นที่ได้ 3371 อังสตรอม ความกว้างพัลส์ 0.6 นาโนวินาที กำลังประมาณ 2 วัตต์ ซึ่งแสดงว่าการเกิดขบวนการสติมูเลตอิมิชชันสามารถเกิดขึ้นได้ที่ความดันบรรยากาศด้วย

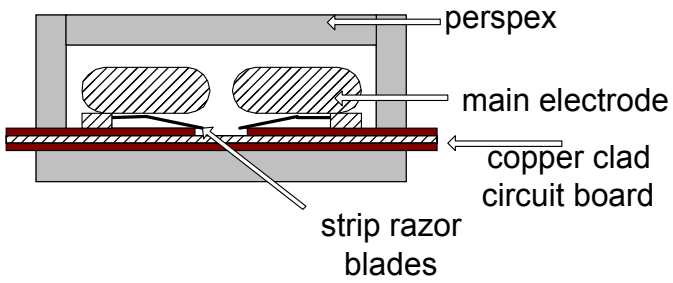
(Ernest E.,1976) ได้สร้างเลเซอร์ไนโตรเจนแบบกระตุ้นตามขวางที่ความดันบรรยากาศโดยขั้วอิเล็กโทรดถูกวางบนแผ่นปริ้นต์ทองแดง บนแผ่นปริ้นต์ทองแดงจะถูกกัดให้แยกออกจากกัน ที่ปลายของแผ่นทองแดงนี้จะทำให้เกิดโคโรนาดิสชาร์ต หรือเกิดอิเล็กตรอนออกันที่ผิวของแผ่นทองแดง อิเล็กตรอนนี้จะไปกระตุ้นโมเลกุลของก๊าซไนโตรเจน ทำให้เกิดรังสีอัลตราไวโอเลตออกมา ซึ่งรังสีอัลตราไวโอเลตจะช่วยทำให้เกิดอิเล็กตอนหลุดออกมาจากขั้วอิเล็กโทรด หรือเรียกว่าขบวนการโฟโตไอออนไนเซชั่น (photoionization) จะช่วยให้เกิดการดิสชาร์ตที่สม่ำเสมอขึ้น อีก 1 ปีต่อมา Ernest E.

(Ernest E,1977) ได้ดัดแปลงเลเซอร์ไนโตรเจนให้มีขนาดกระทัดรัดขึ้น โดยใช้ความยาวช่องเลเซอร์ 25 เซนติเมตร จ่ายแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน 20 กิโลโวลท์ พลังงานที่ได้ 630 ไมโครจูล



ภาพประกอบที่ 7 แสดงการพรีไอออนไนซ์ (ที่มา: Ernest E, 1976)

(Hasson,von Bergmann and Preussler, 1976) ได้สร้างเลเซอร์ไนโตรเจนที่ความดันบรรยากาศตั้งแต่ 0-5 บาร์ โดยใช้วงจรบลัมไลน์ในการกระตุ้น ใช้การพรีไอออนไนซ์ด้วยใบมีดเพื่อทำให้มีอิเล็กตรอนกระจายมากขึ้นก่อนที่จะมีการดิสชาร์ต เมื่อเกิดการดิสชาร์ตอิเล็กตรอนที่เพิ่มขึ้นนี้จะทำให้การดิสชาร์ตที่สม่ำเสมอยิ่งขึ้น พลังงานของแสงเลเซอร์ที่ได้ 1.5 มิลลิจูล



ภาพประกอบที่ 8 แสดงการใช้ใบมีดเป็นตัวพรีไอออนไนซ์ (ที่มา : Hasson,1976)

(Schwab and Hollinger, 1976) ได้สร้างเลเซอร์ไนโตรเจนโดยการออกแบบช่องเลเซอร์ด้วยการใช้แผ่นอะลูมิเนียมฟอยด์ห่อหุ้มขั้วอิเลคโทรดแบบทรงกระบอก มีการวัดแรงดันไฟฟ้าคร่อมช่องเลเซอร์และใช้วงจรบลัมไลน์เป็นวงจรทัดเทียมเพื่ออธิบายส่วนประกอบแต่ละส่วน เลเซอร์ที่ได้มีกำลังสูงกว่า 1 เมกกะวัตต์

(von Bergmann and Penderis,1977) ได้สร้างเลเซอร์ไนโตรเจนขนาดเล็กที่ความดันบรรยากาศความยาวขั้วอิเล็กโทรดเพียง 5 เซนติเมตร เมื่อปิดผนึกเป็นชุดสำเร็จรูปจะได้ขนาดเพียง

165 X110X50 มิลลิเมตร^3 กำลังเฉลี่ยที่ได้เป็น 200 มิลลิวัตต์ ที่อัตราการยิงซ้ำ (repetition rate 1.7 กิโลเฮิรต์ซ)

(Rickwood and Seraflinides,1986) ได้ใช้สารกึ่งตัวนำพวกGe และ Si เป็นตัวพรีไอออนไนซ์กับระบบเลเซอร์ไนโตรเจนโดยใช้วงจรส่งผ่านพลังงานโดยตัวเก็บประจุ (capacitor transfer) ในการกระตุ้น เลเซอร์ที่ได้มีพลังงาน 1 มิลลิจูล และกำลัง 150 กิโลวัตต์ ประสิทธิภาพมากกว่า 0.04 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าการมีการพรีไอออนไนซ์นั้นสามารถเพิ่มค่าประสิทธิภาพของเลเซอร์

(Hariri ,Tarkashv and Karami,1989) ได้สร้างเลเซอร์ไนโตรเจนแบบกระตุ้นตามขวางที่ความดันบรรยากาศโดยใช้วงจรบลัมไลน์ในการกระตุ้น โคโรนาดิสชาร์ตถูกใช้เพื่อทำให้เกิดการพรีไอออนไนซ์ ขั้วอิเล็กโทรดอยู่สูงจากบริเวณที่เกิดโคโรน่า 35 มิลลิเมตร เลเซอร์ที่ได้มีกำลัง 70 กิโลวัตต์

(Kwek et al., 1989) ได้ออกแบบตัวพรีไอออนไนซ์โดยใช้แผ่นอะลูมิเนียมฟอยด์และแผ่นไมลาร์เป็นตัวพรีไอออนไนซ์ สำหรับเลเซอร์ไนโตรเจนแบบกระตุ้นตามขวางที่ความดันบรรยากาศ ลำแสงที่ได้มีความเป็นเอกพันธ์สูง เมื่อนำไปใช้กับระบบ Mach-Zender Interferometer สามารถใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงสำหรับถ่ายภาพการเปลี่ยนแปลงของพลาสมาในเครื่องพลาสมาโฟกัส

(Rodrigues and Baumman, 1992) ได้สร้างเลเซอร์ไนโตรเจนขนาดเล็กอย่างง่ายที่ความดันบรรยากาศ ศึกษาคุณสมบัติทางแสงและทางไฟฟ้าของเลเซอร์ ความกว้างของพัลส์ที่ได้ 800 พิโควินาที สำหรับความยาวช่องเลเซอร์ 60 มิลลิเมตร และ 1.1 นาโนวินาที พลังงานของพัลส์ 150 ไมโครจูล สำหรับความยาวช่องเลเซอร์ 170 มิลลิเมตรทั้งสองกรณีนี้มีระยะห่างระหว่างช่องเลเซอร์ 2.4 มิลลิเมตร พบว่าค่าพลังงานของเลเซอร์ที่มากที่สุดที่อัตราส่วนระหว่างสนามไฟฟ้าต่อความดันเป็น 110 โวลท์ต่อเซนติเมตรทอร์ร

(Baly *et al*, 1998) ได้วิเคราะห์หาค่าพลังงานและเสถียรภาพของเลเซอร์ไนโตรเจนแบบกระตุ้นตามขวางขนาดเล็ก โดยการเติมก๊าซฮีเลียม เมื่อวิเคราะห์แอมพลิจูดของฟลูออเรนเซนต์ซึ่งเกิดจากอันตรกิริยาระหว่างรังสีอัลตราไวโอเลตและแผ่นกรองแสงสีเหลือง ผลการทดลองพบว่าพลังงานและเสถียรภาพของเลเซอร์เพิ่มขึ้นมากที่สุดที่ความเข้มข้นของก๊าซฮีเลียม 45 เปอร์เซ็นต์ ของก๊าซที่ผสม

(Tou, *et al* ,1999)สร้างเลเซอร์ไนโตรเจนแบบกระตุ้นตามขวางที่ความดันบรรยากาศขนาดกระทัดรัด ใช้วงจรบลัมไลน์ 2 ลำดับ (Two-stage Blumlein circuit) สามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ใน (Tou et al,1998) เพื่อกระตุ้นก๊าซไนโตรเจน จ่ายแรงดันไฟฟ้าเพียง4.5-7.5 กิโลโวลท์ ที่ระยะดิสชาร์ตของช่องเลเซอร์ 1 มิลลิเมตร พลังงานที่ได้อยู่ในช่วง 150-370 ไมโครจูล
ประสิทธิภาพที่ได้เป็น 0.06 เปอร์เซ็นต์

1.2.2 งานวิจัยและพัฒนาเลเซอร์ไนโตรเจนในประเทศไทย

(สิริชัย,1984) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ได้สร้างเลเซอร์ไนโตรเจนที่ความดันต่ำ แล้วทดสอบสมรรถภาพของเลเซอร์นี้ พบว่ากำลังสูงสุด 370 กิโลวัตต์ ที่ความถี่ 10 เฮิรตซ์ แรงดันไฟฟ้า 20 กิโลโวลท์ ความดันแก๊ซ 35 ทอร์ร ความกว้างพัลส์ 8 นาโนวินาที

(บัณฑิต,1984) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สร้างเลเซอร์ไนโตรเจนที่ความดันต่ำแบบง่าย ๆได้โดยใช้แผ่นแก้วจำนวนสองแผ่นประกบเข้ากับแท่งอิเล็กโทรดสองแท่ง และให้ประจุแก่ตัวเก็บประจุจากสปาร์คแกปที่สร้างขึ้นแบบง่าย ๆ จะได้แสงเลเซอร์ที่มีความยาวคลื่น 337.1 นาโนเมตร ความกว้างพัลส์ 10 นาโนวินาที ที่มีพลังงาน 17 เมกกะวัตต์ เมื่อให้พลังงาน 16 กิโลโวลท์ที่ความดัน 70 ทอร์ร

(ประสาทพร และ ประเสิรฐ,1987) มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้สร้างเลเซอร์ไนโตรเจนที่ความดันต่ำกระบอกเลเซอร์ที่สร้างมีความยาว 35.5 เซนติเมตร มีระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าเท่ากับ 1.0 เซนติเมตร ตัวเก็บประจุที่จ่ายพลังงานให้กระบอกเลเซอร์เป็นแบบแผ่นขนาน 2 ตัว มีค่าความจุ 3.87 และ 2.99 นาโนฟารัด ผลการทดสอบพบว่าเมื่อติดกระจกราบสะท้อนด้านหลังของกระบอกเลเซอร์ได้ค่าไดเวอร์เจนซ์ของลำแสงเลเซอร์เท่ากับ 0.016 เรเดียน เมื่อให้แก๊สไหลผ่านกระบอกเลเซอร์ด้วยความดัน 120 ทอร์ร และให้ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วเป็น 12 กิโลโวลท์ ได้กำลังเฉลี่ยสูงสุดต่อพัลส์ของลำแสงเลเซอร์เท่ากับ 28.1 ไมโครวัตต์

(ชัยวิทย์ และคณะ, 1989) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ได้ออกแบบและสร้างเลเซอร์ไนโตรเจนที่ความดันบรรยากาศ แนวเลเซอร์ (ขนาดรูปทรง 2.0X0.5X0.6 เซนติเมตร^3) ประกอบด้วยทองเหลืองประกบกันในกล่องพลาสติก ก๊าซไนโตรเจนจะถูกป้อนเข้าผ่านรูตรงกลางและออกทางปลายที่ความดันบรรยากาศ เลเซอร์กระตุ้นด้วยวงจรบลัมไลน์ ประกอบด้วยตัวเก็บประจุแบบแผ่นขนาน ทำด้วยอะลูมิเนียมฟอยด์ประกบกับแผ่นอะลูมิเนียม (มิติ 21X23X0.2 เซนติเมตร^3) ตัวเก็บประจุตัวหนึ่งจะต่อกับสปาร์คแกปแบบสวิง กระตุ้นโดยหน่วยควบคุมระยะไกล พลังงานของแสงอยู่ในช่วง 100 ไมโครจูล พัลส์ยาวในระดับนาโนวินาที เมื่อใช้ไฟฟ้าแรงดัน 15 กิโลโวลท์

(วรรณพงษ์ และ ธนากร,1992) มหาวิทยาลัยมหิดล ได้ออกแบบและสร้างเลเซอร์ไนโตรเจนที่ความดันต่ำโดยใช้เทคนิคที่ไม่ซับซ้อนและใช้วัสดุที่หาได้ง่าย ตัวเก็บประจุสร้างขึ้นจากแผ่นปรินซ์อีป๊อกซีสองหน้าขนาด26X26X0.2ลูกบาศก์เซนติเมตร สองแผ่นขนาดกว้าง 25 เซนติเมตร วางไว้ห่างกัน 1 เซนติเมตร จากการวัดสเปคตรัมของแสงเลเซอร์จะได้ยอดหลักที่ความยาวคลื่น 337

นาโนเมตร กว้างประมาณ 3 นาโนเมตร

(ไพโรจน์,1996) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตรได้ออกแบบและสร้างเลเซอร์ไนโตรเจนชนิดกระตุ้นตามขวางที่ความดันบรรยากาศ โดยใช้วัสดุภายในประเทศ ขั้วอิเล็กโทรดทำด้วยอะลูมิเนียม แต่ละแท่งมีขนาดกว้าง 10 มิลลิเมตร ยาว 400 มิลลิเมตร และวางห่างกัน 1.45 มิลลิเมตร จากการวัดพลังงานของแสงเลเซอร์ที่แรงดัน 11.1 กิโลโวลท์ได้ 190 ไมโครจูล และเมื่อใส่กระจกสะท้อนแสงเข้าไปทางด้านหลังของช่องเลเซอร์ปรากฏว่าวัดพลังงานได้ 250 ไมโครจูล

จากข้อมูลรายงานการศึกษาวิจัยและพัฒนาเลเซอร์ไนโตรเจนในประเทศไทย จะเห็นว่างานวิจัยและพัฒนาเลเซอร์ไนโตรเจนในประเทศไทย ที่ดำเนินมาเกือบทั้งหมดเป็นแบบความดันต่ำ มีเพียง ชัยวิทย์และคณะ เท่านั้น อย่างไรก็ตามในรายงานดังกล่าวยังไม่ได้ศึกษาคุณสมบัติเฉพาะของเลเซอร์แบบนี้ สำหรับงานวิจัยของไพโรจน์ (ไพโรจน์, 1996) แม้จะกระทำที่ความดันบรรยากาศแต่ก็ไม่ได้วัดความกว้างของพัลส์ เนื่องจากไม่มีหัววัดที่เร็วพอ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเลเซอร์ไนโตรเจนที่ความดันบรรยากาศแบบกระตุ้นตามขวาง อย่างจริงจัง ตลอดจนสามารถนำเอาไปใช้ประยุกต์ใช้งานได้

1.3 วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบและสร้างไนโตรเจนเลเซอร์สามารถทำงานที่ความดันบรรยากาศ
2. ศึกษาพารามิเตอร์ที่มีผลต่อพลังงานของเลเซอร์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยนี้

1. ใช้เป็นชุดสาธิตของการกำเนิดเลเซอร์ไนโตรเจนที่ความดันบรรยากาศ
2. ใช้เป็นเครื่องมือการเรียนการสอนวิชาพลาสมาและเลเซอร์เทคโนโลยีสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี
3. ใช้เป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาออกแบบและสร้างเลเซอร์ไนโตรเจนที่ความดันบรรยากาศ

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ออกแบบและสร้างขั้วอิเล็กโทรดขนาดความยาว 15 เซนติเมตร เพื่อใช้กำเนิดเลเซอร์โดยมีระยะดิสชาร์ต 3 ขนาด คือ 1 ,2 และ 3 มิลลิเมตร

ใช้ตัวเก็บประจุแบบประจุไฟฟ้าชนิดลูกบิดประตู (doorknob capacitor) และทดสอบระบบการทำงานของเลเซอร์ไนโตรเจนที่สภาวะการทำงานความดันบรรยากาศ