

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาระบบ MPCVD สำหรับการปลูกฟิล์มบางเพชร

4



วศ.
น.231ก
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....**81588**
วัน,เดือน,ปี...**19** ส.ย. **2551**

b.....**11931906**
i.....

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Development of MPCVD for Diamond Thin Film Coating



A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of Requirement for the Degree of Bachelor of
Science

Department of Applied Physics

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Academic Year 2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ การพัฒนาระบบ MPCVD สำหรับการปลูกฟิล์มบางเพชร

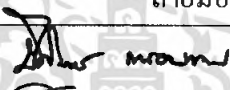


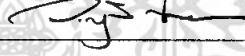
นักศึกษา นางสาวฉัตรแก้ว วัชณุภาพร

ภาควิชา ฟิสิกส์ประยุกต์

สาขาวิชา ฟิสิกส์ประยุกต์ – เครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.วรารุณี เถาลัดดา

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 อนุมัติให้นับโครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ		ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ	ดร.ปิติพร ถนอมงาม	
กรรมการ	รศ.วิชาญ เตชิตธีระ	
กรรมการ	ผศ.ดร.ปรีชา เทียนสมประสงค์	
กรรมการที่ปรึกษา	ผศ.ดร.วรารุณี เถาลัดดา	



(รองศาสตราจารย์วิชาญ เตชิตธีระ)
 หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ยืมได้เห็นว่าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การพัฒนาระบบ MPCVD สำหรับการปลูกฟิล์มบางเพชร
นักศึกษา	นางสาวฉัตรแก้ว วิชาญภาพร
ภาควิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
ปีการศึกษา	2550
สาขาวิชาวิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์ – เครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.วราวุฒิ เถาถัดดา

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้เป็นการพัฒนาระบบ MPCVD สำหรับการปลูกฟิล์มบางเพชร แหล่งกำเนิดพลาสมาได้รับการพัฒนาขึ้นโดยให้คลื่นไมโครเวฟความถี่ 2.45 GHz ที่กำเนิดโดยแมกนีตรอนส่งไปยังห้องสุญญากาศผ่านทางท่อนำคลื่นขนาด WR340 แก๊สไฮโดรเจน (H_2) และแก๊สมีเทน (CH_4) ถูกป้อนเข้าสู่ห้องสุญญากาศซึ่งเป็นโคมแก้วผ่านระบบควบคุมการไหลของแก๊ส สเปกตรัมแสงของพลาสมาไฮโดรเจน พลาสมามีเทนและพลาสมาของไฮโดรเจนผสมมีเทนจะถูกวัดโดยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ จากการทดลองพบว่าคลื่นไมโครเวฟสามารถทำให้แก๊สผสมระหว่างไฮโดรเจนและมีเทนแตกตัวเป็นพลาสมาและจากการวิเคราะห์สเปกตรัมของพลาสมาพบเส้นสเปกตรัมของ CH ที่ความยาวคลื่น 387 nm และ 430 nm ที่เกิดจากการแตกตัวของมีเทน ซึ่งการเกิด CH นี้ถือเป็นเงื่อนไขหนึ่งในการกำหนดคุณภาพของฟิล์มบางเพชร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Development of MPCVD for Diamond Thin Film Coating
Name	Miss Chatkao Watchanuphaphorn
Department	Applied Physics Faculty of science
Program	Applied Physics
Academic Year	2007
Special Project Advisor	Asst.Prof.Dr.Warawoot Thowladda

ABSTRACT

This special project proposes a development of MPCVD for diamond thin film coating. In this project, plasma was generated in a glass chamber by microwave induced plasma process. The 2.45 GHz microwave power from a magnetron source was coupled to the glass chamber through a standard WR340 rectangular waveguide. Hydrogen and methane were introduced into the chamber by mass flow controllers. In situ diagnosis of the plasma discharge of hydrogen (H_2), methane (CH_4) and hydrogen-methane gas mixture were carried out by the spectrophotometer. From the experiments found that CH_4/H_2 plasma discharge could be generated by the developed system. The CH (387 nm and 430 nm) emission lines were observed in the CH_4/H_2 plasma. This emission of CH species has been correlated with the quality of diamond deposition.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้ สามารถลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากความสนับสนุน ช่วยเหลือ และความอนุเคราะห์ จากบุคคลหลายท่าน ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ.ที่นี้ด้วย

ผศ.ดร.วราวุฒิ เถลัดดา

ผู้ซึ่งถ่ายทอดวิชาความรู้และคอยให้คำปรึกษา
ทางด้านวิชาการ รวมทั้งให้การช่วยเหลือในการ
ทำโครงการพิเศษนี้เป็นอย่างดีมาโดยตลอดจึง
ทำให้โครงการพิเศษนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไป
ได้ด้วยดี

อ.ศ.ทิพวรรณ คล้ายบุญมี

ผู้ซึ่งให้คำปรึกษาและการสนับสนุนในการทำ
การทดลองและเก็บข้อมูลเป็นอย่างดีมาโดย
ตลอด

คุณอมร เทศสกุลวงศ์

ผู้ซึ่งให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในการทำงาน
ด้านวงจรอิเล็กทรอนิกส์ จนเป็นผลให้สำเร็จไป
ได้ด้วยดี

บิดา-มารดา

ผู้ซึ่งให้กำเนิด เลี้ยงดู และให้โอกาส
ในการศึกษามาโดยตลอด จนสำเร็จ
การศึกษามาถึงขั้นนี้

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนช่วยข้าพเจ้าทุกคนที่คอยให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ ในโครงการพิเศษนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และคอยให้ความสนับสนุนและเป็นกำลังใจในการทำโครงการนี้ และที่สำคัญยังข้าพเจ้าขอขอบคุณภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำโครงการพิเศษนี้

นางสาวฉัตรแก้ว วัชรภาพร
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงานวิจัย	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 การปลูกแผ่นฟิล์ม (Deposition)	4
2.1.1 อีพีแท็กซี	5
2.1.2 เทคนิค CVD	8
2.1.2.1 LPCVD	12
2.1.2.2 MPCVD	14
2.1.2.3 Microwave plasma enhanced CVD	14
2.1.2.4 RF plasma enhanced CVD	15
2.1.2.5 หลักการ CVD แบบความร้อน	15
2.1.3 กระบวนการของแก๊สเฟส	16
2.1.4 ปฏิกิริยาการฉีกตัวออกซิเจน	17
2.2 กระบวนการสังเคราะห์ฟิล์มบางเพชร	18
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้	

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.2.1 กระบวนการสังเคราะห์ฟิล์มบางเพชรด้วยวิธี CVD	18
2.3 กระบวนการสร้างฟิล์มเพชรด้วยวิธี Microwave Plasma CVD	19
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	21
3.1 เครื่องควบคุมอัตราการไหลของก๊าซ	21
3.2 ระบบไมโครเวฟพลาสมาซีวีดี	24
3.2.1 ทำการทดลองกำเนิดพลาสมาโดยระบบ MPCVD	26
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	28
4.1 ผลการทดลองการสร้างเกจควบคุมอัตราการไหลของก๊าซ	28
4.1.1 การทดลองเครื่องควบคุมอัตราการไหลของก๊าซ (Mass Flow Controller)	29
4.1.2. การทดลองชุดควบคุมอัตราการไหลของก๊าซ	35
4.1.3. การทดลองการควบคุมแก๊วัดอัตราการไหลของก๊าซภายในระบบ MPCVD	40
4.2 ระบบไมโครเวฟพลาสมาซีวีดี (MPCVD)	47
4.3 การวิเคราะห์หาอัตราส่วนของก๊าซที่เหมาะสมในการปลูกฟิล์มบางเพชร	49
4.3.1 หาปริมาณสเปคตรัมที่เหมาะสมในการปลูกฟิล์มบางเพชร ของไฮโดรเจน H_2	50
4.3.2 หาปริมาณสเปคตรัมของที่เหมาะสมในการปลูกฟิล์มบางเพชร ของมีเทน CH_4	51
4.3.3 ปรับอัตราส่วนของไฮโดรเจน H_2 ที่ 1mbar (100 sccm) กับมีเทน CH_4	52
4.3.4 ปรับอัตราส่วนของไฮโดรเจน H_2 ที่ 2 mbar (200 sccm) กับมีเทน CH_4	53
4.3.5 ปรับอัตราส่วนของไฮโดรเจน H_2 ที่ 3 mbar (300 sccm) กับมีเทน CH_4	54
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	55
5.1 สรุปผลการทดลอง	55

เอกสารนี้ 5.2 วิจัยการทดลองรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่น การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
5.3 ข้อเสนอแนะ	57
เอกสารอ้างอิง	58
ภาคผนวก	59



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองที่ได้จากการทดลอง Mass Flow Controller (0-2sccm)	28
ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองที่ได้จากการทดลอง Mass Flow Controller (0-5 sccm)	32
ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดลองที่ได้จากการทดลองชุดควบคุมอัตราการไหลของก๊าซ	35
ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดลองที่ได้จากการทดลองชุดควบคุมอัตราการไหลของก๊าซ ด้วยระบบ MPCVD ตั้งแต่ (0-2 sccm)	40
ตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดลองที่ได้จากการทดลองชุดควบคุมอัตราการไหลของก๊าซ ด้วยระบบ MPCVD ตั้งแต่ (0-5 sccm)	44



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 ระบบ VPE สำหรับปลูกชั้นอีพิแทกซ์บนเวเนนผลึก Si	6
รูปที่ 2.2 แผนภาพการปลูกผลึก AlGaAs และ GaAs ด้วยเทคนิค LPE	7
รูปที่ 2.3 ภาพถ่ายจริงของระบบ LPE	8
รูปที่ 2.4a อุปกรณ์ของระบบ CVD ที่เป็นพื้นฐานซึ่งใช้ปลูกฟิล์ม	9
รูปที่ 2.4b ภาพถ่ายของระบบอุปกรณ์ CVD	9
รูปที่ 2.5 สเตปคอฟเวอเรจ (step coverage) ที่มักเกิดขึ้น	11
รูปที่ 2.6 โคอะแกรมของระบบ MOCVD	12
รูปที่ 2.7 ชั้นฟิล์มบางซิลิกอนชั้นต่างๆที่เคลือบลงบนผลึกฐานซิลิกอน	13
รูปที่ 2.8 โคอะแกรมอย่างง่ายของระบบ CVD ที่ใช้ในการสังเคราะห์ฟิล์มเพชร	15
รูปที่ 2.9 ลักษณะของฟิล์มเพชรที่ได้จากระบวนการ CVD	17
รูปที่ 2.10 กระบวนการสังเคราะห์ฟิล์มบางเพชรด้วยวิธี MPCVD	18
รูปที่ 2.11 โครงสร้างของระบบ MPCVD ที่ใช้ในการสังเคราะห์ฟิล์มบางเพชร	18
รูปที่ 2.12a แผนภาพระบบ Microwave plasma CVD แบบ Tube-style	19
รูปที่ 2.12b แผนภาพระบบ Microwave plasma CVD แบบ Tube-style	20
รูปที่ 3.1 แผนภาพระบบไมโครเวฟพลาสมาชีวิต	21
รูปที่ 3.2 เกจควบคุมอัตราการไหลรุ่น FC 770 AC	22
รูปที่ 3.3 จุดเชื่อมต่อแบบ card-edge	22
รูปที่ 3.4 ชุดควบคุมอัตราการไหล	23
รูปที่ 3.5 การทดลองควบคุมอัตราการไหลของก๊าซ	24
รูปที่ 3.6 โครงสร้างระบบ Microwave plasma CVD	25
รูปที่ 3.7 ระบบ Microwave plasma CVD วิธีการทดลอง	26
รูปที่ 3.8 แผนภาพ ระบบ Microwave plasma CVD	24
รูปที่ 3.9a ระบบ MPCVD สำหรับการเกิดไมโครเวฟพลาสมา	27
รูปที่ 3.9b การเกิดพลาสมาในระบบ MPCVD	27
รูปที่ 4.1b ความสัมพันธ์ระหว่างค่า MFC Input (V) กับ Test point(v)	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 11
 12
 13
 14
 15
 16
 17
 18
 19
 20
 21
 22
 23
 24
 25
 26
 27
 28
 29
 30
 31
 32
 33
 34
 35
 36
 37
 38
 39
 40
 41
 42
 43
 44
 45
 46
 47
 48
 49
 50
 51
 52
 53
 54
 55
 56
 57
 58
 59
 60
 61
 62
 63
 64
 65
 66
 67
 68
 69
 70
 71
 72
 73
 74
 75
 76
 77
 78
 79
 80
 81
 82
 83
 84
 85
 86
 87
 88
 89
 90
 91
 92
 93
 94
 95
 96
 97
 98
 99
 100
 101
 102
 103
 104
 105
 106
 107
 108
 109
 110
 111
 112
 113
 114
 115
 116
 117
 118
 119
 120
 121
 122
 123
 124
 125
 126
 127
 128
 129
 130
 131
 132
 133
 134
 135
 136
 137
 138
 139
 140
 141
 142
 143
 144
 145
 146
 147
 148
 149
 150
 151
 152
 153
 154
 155
 156
 157
 158
 159
 160
 161
 162
 163
 164
 165
 166
 167
 168
 169
 170
 171
 172
 173
 174
 175
 176
 177
 178
 179
 180
 181
 182
 183
 184
 185
 186
 187
 188
 189
 190
 191
 192
 193
 194
 195
 196
 197
 198
 199
 200
 201
 202
 203
 204
 205
 206
 207
 208
 209
 210
 211
 212
 213
 214
 215
 216
 217
 218
 219
 220
 221
 222
 223
 224
 225
 226
 227
 228
 229
 230
 231
 232
 233
 234
 235
 236
 237
 238
 239
 240
 241
 242
 243
 244
 245
 246
 247
 248
 249
 250
 251
 252
 253
 254
 255
 256
 257
 258
 259
 260
 261
 262
 263
 264
 265
 266
 267
 268
 269
 270
 271
 272
 273
 274
 275
 276
 277
 278
 279
 280
 281
 282
 283
 284
 285
 286
 287
 288
 289
 290
 291
 292
 293
 294
 295
 296
 297
 298
 299
 300
 301
 302
 303
 304
 305
 306
 307
 308
 309
 310
 311
 312
 313
 314
 315
 316
 317
 318
 319
 320
 321
 322
 323
 324
 325
 326
 327
 328
 329
 330
 331
 332
 333
 334
 335
 336
 337
 338
 339
 340
 341
 342
 343
 344
 345
 346
 347
 348
 349
 350
 351
 352
 353
 354
 355
 356
 357
 358
 359
 360
 361
 362
 363
 364
 365
 366
 367
 368
 369
 370
 371
 372
 373
 374
 375
 376
 377
 378
 379
 380
 381
 382
 383
 384
 385
 386
 387
 388
 389
 390
 391
 392
 393
 394
 395
 396
 397
 398
 399
 400
 401
 402
 403
 404
 405
 406
 407
 408
 409
 410
 411
 412
 413
 414
 415
 416
 417
 418
 419
 420
 421
 422
 423
 424
 425
 426
 427
 428
 429
 430
 431
 432
 433
 434
 435
 436
 437
 438
 439
 440
 441
 442
 443
 444
 445
 446
 447
 448
 449
 450
 451
 452
 453
 454
 455
 456
 457
 458
 459
 460
 461
 462
 463
 464
 465
 466
 467
 468
 469
 470
 471
 472
 473
 474
 475
 476
 477
 478
 479
 480
 481
 482
 483
 484
 485
 486
 487
 488
 489
 490
 491
 492
 493
 494
 495
 496
 497
 498
 499
 500
 501
 502
 503
 504
 505
 506
 507
 508
 509
 510
 511
 512
 513
 514
 515
 516
 517
 518
 519
 520
 521
 522
 523
 524
 525
 526
 527
 528
 529
 530
 531
 532
 533
 534
 535
 536
 537
 538
 539
 540
 541
 542
 543
 544
 545
 546
 547
 548
 549
 550
 551
 552
 553
 554
 555
 556
 557
 558
 559
 560
 561
 562
 563
 564
 565
 566
 567
 568
 569
 570
 571
 572
 573
 574
 575
 576
 577
 578
 579
 580
 581
 582
 583
 584
 585
 586
 587
 588
 589
 590
 591
 592
 593
 594
 595
 596
 597
 598
 599
 600
 601
 602
 603
 604
 605
 606
 607
 608
 609
 610
 611
 612
 613
 614
 615
 616
 617
 618
 619
 620
 621
 622
 623
 624
 625
 626
 627
 628
 629
 630
 631
 632
 633
 634
 635
 636
 637
 638
 639
 640
 641
 642
 643
 644
 645
 646
 647
 648
 649
 650
 651
 652
 653
 654
 655
 656
 657
 658
 659
 660
 661
 662
 663
 664
 665
 666
 667
 668
 669
 670
 671
 672
 673
 674
 675
 676
 677
 678
 679
 680
 681
 682
 683
 684
 685
 686
 687
 688
 689
 690
 691
 692
 693
 694
 695
 696
 697
 698
 699
 700
 701
 702
 703
 704
 705
 706
 707
 708
 709
 710
 711
 712
 713
 714
 715
 716
 717
 718
 719
 720
 721
 722
 723
 724
 725
 726
 727
 728
 729
 730
 731
 732
 733
 734
 735
 736
 737
 738
 739
 740
 741
 742
 743
 744
 745
 746
 747
 748
 749
 750
 751
 752
 753
 754
 755
 756
 757
 758
 759
 760
 761
 762
 763
 764
 765
 766
 767
 768
 769
 770
 771
 772
 773
 774
 775
 776
 777
 778
 779
 780
 781
 782
 783
 784
 785
 786
 787
 788
 789
 790
 791
 792
 793
 794
 795
 796
 797
 798
 799
 800
 801
 802
 803
 804
 805
 806
 807
 808
 809
 810
 811
 812
 813
 814
 815
 816
 817
 818
 819
 820
 821
 822
 823
 824
 825
 826
 827
 828
 829
 830
 831
 832
 833
 834
 835
 836
 837
 838
 839
 840
 841
 842
 843
 844
 845
 846
 847
 848
 849
 850
 851
 852
 853
 854
 855
 856
 857
 858
 859
 860
 861
 862
 863
 864
 865
 866
 867
 868
 869
 870
 871
 872
 873
 874
 875
 876
 877
 878
 879
 880
 881
 882
 883
 884
 885
 886
 887
 888
 889
 890
 891
 892
 893
 894
 895
 896
 897
 898
 899
 900
 901
 902
 903
 904
 905
 906
 907
 908
 909
 910
 911
 912
 913
 914
 915
 916
 917
 918
 919
 920
 921
 922
 923
 924
 925
 926
 927
 928
 929
 930
 931
 932
 933
 934
 935
 936
 937
 938
 939
 940
 941
 942
 943
 944
 945
 946
 947
 948
 949
 950
 951
 952
 953
 954
 955
 956
 957
 958
 959
 960
 961
 962
 963
 964
 965
 966
 967
 968
 969
 970
 971
 972
 973
 974
 975
 976
 977
 978
 979
 980
 981
 982
 983
 984
 985
 986
 987
 988
 989
 990
 991
 992
 993
 994
 995
 996
 997
 998
 999
 1000

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.2a กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง MFC Input (V) กับ MFC Output(V)(0- 5 SCCM)	33
รูปที่ 4.2b กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง MFC Input (V) กับ Pressure (mbar)	33
รูปที่ 4.3 กราฟการทดสอบชุด Control โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Input (v) กับ Output (v)	38
รูปที่ 4.4a กราฟอัตราการไหลของก๊าซด้วยระบบMPCVD โดยความสัมพันธ์ระหว่าง Input (v)กับ Output (v) ตั้งแต่ (0-2 sccm) สำหรับก๊าซออกซิเจน	41
รูปที่ 4.4b กราฟอัตราการไหลของก๊าซด้วยระบบMPCVD โดยความสัมพันธ์ระหว่าง Input(v) กับ Pressure (mbar) ตั้งแต่ (0-2 sccm)	41
รูปที่ 4.5a กราฟแสดงอัตราการไหลของก๊าซด้วยระบบMPCVD โดยความสัมพันธ์ระหว่าง Input (v) กับ Output (v) ตั้งแต่ (0-5 sccm)	44
รูปที่ 4.5b กราฟแสดงอัตราการไหลของก๊าซด้วยระบบMPCVD โดยความสัมพันธ์ระหว่าง Input (v) กับ Pressure (mbar) ตั้งแต่ (0-5 sccm)	44
รูปที่ 4.6 (a),(b) แสดงผลการเกิด Microwave Plasma	45
รูปที่ 4.7 แสดงอัตราส่วนของไฮโดรเจน H_2 ที่ 1mbar (100 sccm) กับมีเทน CH_4	46
รูปที่ 4.8 แสดงอัตราส่วนของไฮโดรเจน H_2 และมีเทน CH_4 ที่ 2 mbar (200 sccm) กับมีเทน CH_4	47
รูปที่ 4.9 แสดงอัตราส่วนของมีเทน CH_4 ที่ 3 mbar (300 sccm) กับมีเทน CH_4	48
รูปที่ 4.10 แสดงปริมาณสเปกตรัมของมีเทน CH_4	49
รูปที่ 4.11 แสดงปริมาณสเปกตรัมของไฮโดรเจน H_2	50

บทที่ 1

บทนำ

จากการศึกษาที่ผ่านมาบอกว่าเพชรมีโครงสร้างแบบโครงข่ายทรงเหลี่ยมสี่หน้า (Tetrahedral network) ของอะตอมคาร์บอนอย่างสม่ำเสมอ โดยคาร์บอนแต่ละอะตอมจะเกาะกับอะตอมคาร์บอนอื่น 4 อะตอม เป็นโครงสร้างผลึกแบบลูกบาศก์เชื่อมต่อกันด้วยพันธะโควาเลนต์ ชนิดซิกมา และมีวงโคจรอเล็กตรอนแบบ sp^3 ที่แข็งแรงมาก การจัดเรียงตัวของ 1 ยูนิตเซลล์ประกอบด้วยคาร์บอน 8 อะตอม โดย 1/8 ของอะตอมอยู่ที่มุมทั้ง 8 $\frac{1}{2}$ ของอะตอมอยู่ที่แต่ละหน้าของยูนิตเซลล์ สุดท้ายมี 4 อะตอมฝังอยู่ในยูนิตเซลล์

1.1 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ

เพชรเกิดจากคาร์บอนก่อตัวเป็นโครงร่างผลึกเพชรในหินต้นกำเนิดเพริโดไทต์ และเอโคลไลต์ แล้วถูกแมกมาระเบิดดันตัวแทรกไปตามรอยแตกของเปลือกโลกและเย็นตัวลง กลายเป็นผลึกเพชรในปล่องหินคิมเบอร์ไลต์และแลมโปรไอต์เรียกว่าเป็นแหล่งปฐมภูมิ และเมื่อผลึกเพชรถูกกระแสน้ำ ลม พัดพาไปสะสมตัวในบริเวณ เช่น ลำธาร เรียกว่าเป็นแหล่งทุติยภูมิ เพชรเป็นคาร์บอนบริสุทธิ์จึงมีสีขาวใส หากมีธาตุอื่นผสมจะทำให้เพชรมีสีต่าง ๆ ได้ โครงร่างผลึกของเพชรเป็นระบบคิวบิก รูปร่างที่พบมากที่สุด คือรูปทรงเหลี่ยมแปดหน้ามีความแข็งแรงที่สุดตามสเกลความแข็งสัมพัทธ์ของโมห์ส เพราะมีอะตอมคาร์บอนเรียงตัวใกล้กันมาก ปรกาศของเพชรเกิดจากการสะท้อนและหักเหแสงที่ตกกระทบ การเกิดประกายที่สวยงามขึ้นกับการเจียรระไน ให้ได้มุมมองความเป็นสัดส่วนที่ถูกต้องตาม American Ideal Proportion ของมาร์เซล ทอลคูฟสกี การกระจายแสงหรือไฟตามภาษาในวงการเพชรเกิดจากการกระจายแสงสีขาวเป็นสีรุ้งเหมือนปริซึม เพชร(Diamond) มาจากรากศัพท์ของภาษาฝรั่งเศส 'Diamant' ซึ่งแปลว่าไม่มีวันแพ้เพชรมาจากแร่คาร์บอน (Carbon) และตกผลึกในทรงรูปลูกบาศก์ (Cubic) หรือ (Isometric) ลักษณะของผลึกเพชรมักอยู่ในรูปของอ็อกตาฮีดรอน (Octahedron) ที่มีรูปร่างคล้ายปิรามิดสองชั้นมาประกบกัน เพชรจะมีส่วนประกอบของคาร์บอนอยู่ถึง 99.95% ส่วนที่เหลืออีก 0.05% จะเป็นแร่ธาตุชนิดอื่นๆ เราเรียกแร่ธาตุชนิดอื่น ๆ นี้ว่า Impurities

ในโครงการนี้ในช่วงแรกเราจะทำการศึกษาการปลูกฟิล์มเพชร โดยการใช้เครื่องควบคุมอัตราการไหลของก๊าซเป็นตัวควบคุมเงื่อนไขในการปลูกฟิล์ม ซึ่งในปัจจุบันมีการผลิตออกมาหลายชนิดหลายรุ่น เช่น เครื่องควบคุมอัตราการไหลแบบดิจิทัล ซึ่งควบคุมอัตราการไหลแบบอนาล็อก เครื่องควบคุมอัตราการไหลแบบความบริสุทธิ์สูง เครื่องควบคุมอัตราการไหลแบบอุณหภูมิสูง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งแต่ละชนิดจะมีการใช้งานเพื่อวัตถุประสงค์เดียวกัน คือ ควบคุมอัตราการไหลของก๊าซ เพื่อช่วยในการปลูกฟิล์มเพชร

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและพัฒนาระบบสำหรับการปลูกฟิล์มบางเพชร โดยวิธี MPCVD
2. เพื่อศึกษาหลักการการทำงานและสร้างระบบควบคุมและแสดงผลของเครื่องควบคุมอัตราการไหลของก๊าซ
3. เพื่อศึกษาอัตราส่วนระหว่างก๊าซไฮโดรเจนกับมีเทนที่มีผลต่อสเปกตรัมของพลาสมา
4. เพื่อหาอัตราส่วนของก๊าซไฮโดรเจนกับมีเทนที่ทำให้เกิดพลาสมาที่มีองค์ประกอบเหมาะสมสำหรับการปลูกฟิล์มบางเพชร

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ทำการสร้างระบบควบคุมและแสดงผลของเครื่องควบคุมอัตราการไหลของก๊าซ
2. ทำการออกแบบและสร้างระบบไมโครเวฟพลาสมา CVD
3. ทำการวัดสเปกตรัมของพลาสมาที่สร้างขึ้นด้วยระบบไมโครเวฟพลาสมา CVD ที่เงื่อนไขต่างๆ

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาหลักการการทำงานของ MPCVD
2. ศึกษาและออกแบบวงจรของตัวเครื่องควบคุมเพื่อแสดงอัตราการไหลของก๊าซ
3. ทำการสร้างระบบไมโครเวฟพลาสมา CVD
4. ทำการหาอัตราส่วนของก๊าซไฮโดรเจนกับมีเทนที่ทำให้เกิดพลาสมาที่เหมาะสมสำหรับการปลูกฟิล์มบางเพชร

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงทฤษฎีและหลักการของเครื่องควบคุมอัตราการไหลของก๊าซ
2. ได้ระบบควบคุมและแสดงผลของเครื่องควบคุมอัตราการไหลของก๊าซ
3. ได้ระบบไมโครเวฟพลาสมาสำหรับการปลูกฟิล์มบางเพชร
4. ทำให้ทราบถึงทฤษฎีและหลักการของการปลูกฟิล์มบางเพชร โดยวิธี MPCVD
5. ได้เงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการสร้างพลาสมาด้วยวิธี MPCVD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

กระบวนการสังเคราะห์ฟิล์มบางของเพชรภายใต้สภาวะความดันปกติด้วยเทคนิค Microwave Plasma Chemical Vapor Deposition (MPCVD) เพื่อเป็นอีกแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ในทางด้านอิเล็กทรอนิกส์

เพชรเป็นวัสดุที่มีความแข็งมากที่สุด และยังมีคุณสมบัติอื่นที่โดดเด่นมากมาย เช่น เพชรสามารถนำความร้อนที่อุณหภูมิห้องได้ดีกว่าวัสดุชนิดอื่น เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีและยังเป็นวัสดุที่ไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับสารเคมีใดๆ เป็นต้น ด้วยคุณสมบัติที่โดดเด่นเหล่านี้ทำให้เพชรสามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานในทางอุตสาหกรรมได้หลากหลายเช่น นำไปทำเป็นเครื่องมือตัดพวกโลหะแข็ง, หัวเจาะในเครื่องเจาะ เป็นต้น เนื่องจากมีความต้องการนำเพชรไปใช้งานในด้านอุตสาหกรรมมากขึ้น ทำให้นักวิทยาศาสตร์พยายามค้นหาวิธีการสังเคราะห์เพชรขึ้นมาเองเพื่อตอบสนองต่อความต้องการใช้งานในทางภาคอุตสาหกรรมทดแทนการใช้เพชรธรรมชาติ ในปัจจุบันนี้นักวิทยาศาสตร์ สามารถค้นพบวิธีการสังเคราะห์เพชรได้ 2 วิธี คือ วิธี HPHT (High Pressure High Temperature) ซึ่ง วิธีการสังเคราะห์เพชรวิธีนี้จะใช้หลักการที่จำลองมาจากกระบวนการเกิดเพชรธรรมชาติ นั่นคือการ เปลี่ยนโครงสร้างผลึกของกราไฟต์ที่ความดันสูงและอุณหภูมิสูง (ความดันมากกว่า 100,000 บาร์ และ อุณหภูมิอยู่ในช่วง 1000- 4000 องศาเซลเซียส) ในการสังเคราะห์เพชรวิธีนี้จะมีการเติมโลหะบางตัว เช่น เหล็ก นิกเกิล โคบอลต์ แมกนีเซียม และ โครเมียมหรือแทนทาลัม เข้าไปเพื่อทำหน้าที่ เปรียบเสมือนตัวเร่งปฏิกิริยา ส่วนวิธีการสังเคราะห์เพชรวิธีที่สองเรียกว่า วิธี LPLT (Low Pressure Low Temperature) ซึ่งวิธีการนี้เพชรที่สังเคราะห์ได้จะอยู่ในรูปฟิล์มบางเพชร (Diamond polycrystalline thin film) บนวัสดุรองรับ (Substrate) วิธีสังเคราะห์เพชรวิธีนี้จะอาศัยเทคนิคการ ตกตะกอนไอระเหยของสารเคมี (Chemical Vapor Deposition : CVD) ซึ่งจะใช้ไอระเหยของ สารประกอบคาร์บอนและก๊าซไฮโดรเจนเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์สมบัติของฟิล์มบาง เพชรที่ได้จะใกล้เคียงกับเพชรที่อยู่ในรูปของผลึกเดี่ยว การที่นักวิทยาศาสตร์สามารถคิดค้นวิธีการสังเคราะห์เพชรให้อยู่ในรูปของฟิล์มบางได้สำเร็จ ทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านอุตสาหกรรมได้หลากหลายมากกว่าเพชรที่อยู่ในรูปผลึกเดี่ยว เช่น นำไปทำเป็น สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) ชนิดเอ็นและชนิดพี, ตัวเซ็นเซอร์, ตัวระบายความร้อน (Heat sink) หรือนำไปทำเป็นหัวอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้งานในด้านเคมีไฟฟ้า เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในช่วงเวลากว่า 50 ปีที่ผ่านมา การศึกษาเกี่ยวกับการสังเคราะห์เพชรด้วยวิธี LPLT ได้รับความสนใจจากนักวิทยาศาสตร์อย่างกว้างขวางทั้งนี้เป็นเพราะว่าต้นทุนในการสร้างอุปกรณ์เครื่องมือ ในวิธี LPLT จะถูกกว่าวิธี HPHT มากและเทคนิคที่ใช้สังเคราะห์ฟิล์มเพชรในวิธี LPLT นี้มีหลากหลายเทคนิค เช่น Microwave plasma CVD, Hot filament CVD, combustion flame เป็นต้น ในบรรดาเทคนิคต่างๆ เหล่านี้เทคนิค Microwave plasma CVD จะเป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมใช้ในการศึกษาวิจัยมากที่สุดนี้เป็นเพราะการสร้างเครื่องมืออุปกรณ์ทดลองง่ายและใช้ต้นทุนต่ำเมื่อเทียบกับเทคนิคอื่นๆ และในโครงการพิเศษนี้ฟิล์มบางเพชรปลูกขึ้นโดยใช้วิธีการตกผลึกกลับของไอทางเคมี(chemical vapor deposition) โดยใช้แก๊สมีเทนเป็นแหล่งกำเนิดของคาร์บอน ร่วมกับแก๊สไฮโดรเจน โดยอะตอมของไฮโดรเจนที่อยู่ในสภาวะที่จะทำปฏิกิริยากับอะตอมรอบข้าง หรือที่เรียกว่า H radical (H^*) ซึ่งเกิดจากการแตกตัวของแก๊สไฮโดรเจน มีหน้าที่สำคัญอย่างหนึ่ง คือ การขจัดคาร์บอนที่ฟอรมอยู่ในรูปของแกรไฟต์ออกไปจากพื้นผิว รวมทั้งทำหน้าที่ในแตกพันธะระหว่างไฮโดรเจนกับคาร์บอนที่เกาะอยู่พื้นผิว เพื่อให้คาร์บอนสามารถฟอรมกลายเป็นฟิล์มเพชรได้ในที่สุด

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษาการสังเคราะห์ฟิล์มเพชรด้วยเทคนิค Microwave plasma CVD ที่สร้างขึ้นเองในรูปแบบง่าย ซึ่งฟิล์มบางเพชรปลูกขึ้นนี้ใช้วิธีการตกผลึกกลับของไอทางเคมี(chemical vapor deposition) โดยใช้แก๊สมีเทนเป็นแหล่งกำเนิดของคาร์บอน ร่วมกับแก๊สไฮโดรเจน

2.1 การปลูกแผ่นฟิล์ม (Deposition)

ในหัวข้อนี้ จะกล่าวถึงกรรมวิธีต่าง ๆ ในการปลูกฟิล์มบางของวัสดุบางชนิดลงบนผิวหน้าแว่นผลึกซึ่งกรรมวิธีต่าง ๆ นี้ อาจมีการคาบเกี่ยวกันอยู่บ้าง อย่างเช่น เทคนิคอีพิแทกซีแบบสถานะไอ [vapour phase epitaxy (VPE)] จะเป็นกรณีเฉพาะของการปลูกฟิล์มด้วยเทคนิคการสร้างชั้นสารจากไอสารเคมี อย่างไรก็ตามการแยกประเภทของการปลูกฟิล์มในที่นี้ จะยึดตามลักษณะการแบ่งประเภทของอุปกรณ์เป็นหลัก มากกว่าที่จะแบ่งตามหลักการทำงานทางกายภาพที่ใช้แผ่นฟิล์มที่ปลูกในกระบวนการผลิตไอซินั้นมีหลายประเภท ได้แก่ ฟิล์มของสารอินทรีย์ ฟิล์มของสารอนินทรีย์ แผ่นฟิล์มไดอิเล็กตริก แผ่นฟิล์มสารกึ่งตัวนำ และแผ่นฟิล์มตัวนำ โดยจะแบ่งการอธิบายเทคนิคการปลูกฟิล์มต่าง ๆ ดังนี้

1. อีพิแทกซี (epitaxy) : เป็นการปลูกชั้นสารที่เป็นผลึกเดี่ยว (โดยปกติจะมีการเติมสารเจือลงบนแว่นผลึกที่มีการจัดเรียงทิศทางผลึกเหมือนกัน)
2. การสร้างชั้นสารจากไอสารเคมีหรือซีวีดี (chemical vapour deposition หรือ CVD) : เป็นเทคนิคที่ใช้ปลูกฟิล์มพวกไดอิเล็กตริกหรือผลึกโพลี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การฉาบไอระเหย (evaporation) : เป็นการปลูกฟิล์มของโลหะเป็นส่วนใหญ่
4. สเปตเตอริง (sputtering) : เป็นเทคนิคการปลูกฟิล์มที่เป็นโลหะและฉนวน
5. สปินออน (spin on) : เป็นเทคนิคการปลูกฟิล์มพวกโพลีเมอร์ สารประกอบอินทรีย์

กรรมวิธี 4 แบบแรกนั้นจะต้องกระทำภายในแชมเบอร์ที่มีการดึงความดันลงต่ำมาก ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดออกซิเดชันขึ้นในระหว่างการปลูกฟิล์ม ด้วยเหตุนี้เครื่องมือที่ใช้ในกรรมวิธีเหล่านี้จึงต้องมีระบบสุญญากาศเข้ามาร่วมเพื่อช่วยดูดอากาศออกจากแชมเบอร์ให้มีความดันต่ำ ความดันรวมในระหว่างการปลูกฟิล์มก็เป็นแฟกเตอร์ที่สำคัญอีกแฟกเตอร์หนึ่งที่ช่วยควบคุมคุณภาพของฟิล์ม โดยแฟกเตอร์นี้จะมีผลต่อระยะทางเฉลี่ยปลดการชน (ซึ่งเป็นสัดส่วนกลับความดัน) ของอนุภาคก๊าซ นอกจากนี้รูปทรงทางเรขาคณิตของตัวแชมเบอร์เองก็เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญอีกตัวหนึ่งในการปลูกฟิล์ม

2.1.1 อีพิแทกซี

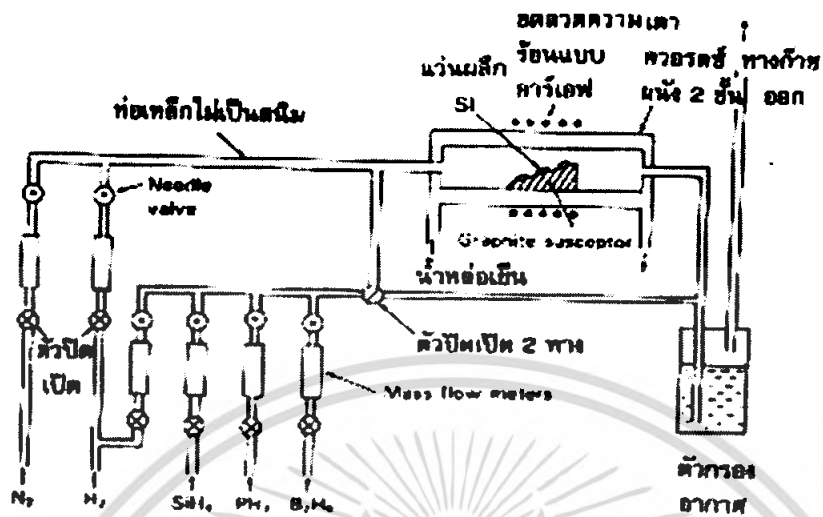
หลังจากที่ทำการปลูกผลึกเดี่ยวที่มีความบริสุทธิ์สูงจนเป็นแท่ง จากนั้นตัดออกเป็นแผ่นบาง ๆ ที่เรียกว่า แวนผลึก อย่งไรก็ตามก่อนที่จะนำแวนผลึกมาสร้างวงจรรวม (หรือสิ่งประดิษฐ์) ในทางปฏิบัติยังมีความจำเป็นที่ต้องปลูกชั้นผลึกเดี่ยวบนแวนผลึกดังกล่าวด้วยเหตุผลหลายประการ ลักษณะการปลูกฟิล์มเช่นนี้เรียกว่า อีพิแทกซี (epitaxy) ซึ่งมาจากภาษากรีกที่ว่า epi แปลว่า บน และ taxis แปลว่า ทำให้มีระเบียบ สำหรับความจำเป็นในการปลูกฟิล์มอีพิแทกซีมีดังนี้

1. เพื่อใช้สร้างชั้นฝังที่มีการเติมสารเจือในปริมาณสูงให้อยู่ได้ชั้นอีพิแทกซีที่มีการเติมสารเจือในปริมาณต่ำ
2. เพื่อใช้สร้างรอยต่อหลายรอยต่อ
3. เพื่อใช้สร้างรอยต่อระหว่างผลึกสารกึ่งตัวนำคนละชนิด

ชั้นอีพิแทกซีที่สร้างจากวัสดุชนิดเดียวกับแผ่นฐานรองจะเป็นกรณีที่ปลูกได้ง่ายที่สุด ลักษณะเช่นนี้ เรียกว่า โฮโมอีพิแทกซี (homoepitaxy) สำหรับการปลูกชั้นอีพิแทกซีที่สร้างจากสารกึ่งตัวนำต่างชนิดกัน เรียกว่า เฮเทอโรอีพิแทกซี (heteroepitaxy) ในกรณีนี้ต้องพยายามทำให้ความไม่เข้ากันของโครงสร้างผลึก (lattice mismatch) ระหว่างผลึกทั้งสองเกิดน้อยที่สุดเพื่อผลในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ให้มีประสิทธิภาพดี

ในที่นี้จะขอกล่าวถึงเทคนิคการปลูกชั้นฟิล์มอีพิแทกซีที่ใช้เป็นหลัก 3 วิธีคือ (1) อีพิแทกซีสถานะไอ [vapour phase epitaxy (VPE)] (2) อีพิแทกซีใช้ลำโมเลกุล(MBE) และ(3) อีพิแทกซีสถานะของเหลว [liquid phase epitaxy (LPE)]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ระบบ VPE สำหรับปลูกชั้นอีพิแทกซ์บนแผ่นผลึก Si

1. เทคนิค VPE เป็นการปลูกผลึกจากวัสดุที่อยู่ในสภาวะก๊าซ โดยอาศัยไอของสารที่ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำที่ต้องการฝากหรือปลูกให้ผ่านเข้ามาในแชมเบอร์ที่มีอุณหภูมิ ($\approx 1,000-1,200^{\circ}\text{C}$ สำหรับ Si) โดยในแชมเบอร์จะมีแผ่นผลึกที่วางเอียง และถูกยึดอยู่บนซัสเซปเตอร์ (susceptor) ดังรูปในรูปที่ 1 ที่อุณหภูมิสูงสารประกอบในสภาวะก๊าซที่เข้ามาจะแยกสลายและฝากลงบนผิวหน้าแผ่นผลึกในขณะที่ก๊าซที่เหลือหรือจากปฏิกิริยาจะถูกดึงออกจากแชมเบอร์ ตัวอย่างปฏิกิริยาสารประกอบในสภาวะก๊าซ เช่น



ที่อุณหภูมิสูงมากเช่นนี้ [ต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของ Si ($1,410^{\circ}\text{C}$ ไม่นานนัก)] ทำให้อะตอมของสารที่ปลูกใหม่เคลื่อนที่ได้อย่างรวดเร็วตลอดผิวหน้าแผ่นผลึก ในสภาวะเช่นนี้อะตอมจะพยายามแทรกเข้าไปในสถานที่ต่าง ๆ จนในที่สุดจะหยุดพัก ณ ตำแหน่งโครงผลึกที่เหมาะสมซึ่งเป็นตำแหน่งที่อะตอมมีพลังงานต่ำสุด โดยทั่วไปการเติมสารเจือสามารถทำได้โดยใช้ก๊าซ PH_3 , AsH_3 หรือ B_2H_6 ผสมกับก๊าซพาในอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อเจือให้แผ่นฟิล์มที่ปลูกเป็นสารอินหรือพี

VPE เป็นเทคนิคการปลูกฟิล์มที่มีอัตราการปลูกค่อนข้างเร็ว ($\approx 1 \mu\text{m}/\text{min}$) และเหมาะสมสำหรับฟิล์มแบบโฮโมอีพิแทกซ์ ข้อเสียหลักของเทคนิคนี้ก็คือ เป็นกระบวนการที่กระทำที่อุณหภูมิสูงมาก ซึ่งเป็นการช่วยขับอะตอมสารเจือ (ในสารกึ่งตัวนำ) ให้เกิดการแพร่ซึมอย่างมีประสิทธิภาพด้วยเหมือนกัน ด้วยเหตุนี้ แม้ว่าจะสามารถปลูกชั้นอีพิแทกซ์ Si ที่มีการเติมสารเจือได้ก็ตาม แต่จะเป็นการยากที่จะให้ได้รับรอยต่อพหุคูณที่แหลมคม เนื่องจากสารอะตอมสารเจือมีแนวโน้มจะแพร่ซึมกลับออกมาอยู่ในชั้นที่กำลังปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เทคนิค MBE เป็นเทคนิคปลูกฟิล์มอิมพิเทกซ์ที่สำคัญมากอีกวิธีหนึ่ง ซึ่งนำมาประยุกต์ใช้กับการสร้างสิ่งประดิษฐ์โครงสร้างเฮเทอโรที่เป็นตัวเดียวโคด ๆ อย่างเช่น เลเซอร์ไดโอด เทคนิคนี้สามารถนำมาใช้ปลูกฟิล์มของสารกึ่งตัวนำได้เกือบทุกชนิด (ยกเว้นสารกึ่งตัวนำที่มีค่าช่องว่างพลังงานกว้างมาก) MBE เป็นเทคนิคต้องใช้ระบบสุญญากาศที่สูงมาก ($\approx 10^{-12}$ Torr) เมื่อมีการปั๊มสุญญากาศลงต่ำเต็มที่ ภายในแชมเบอร์จะมีเบ้า (crucible) หลายอันเพื่อบรรจุประจุธาตุต่าง ๆ (elemental charges) โดยที่ธาตุเหล่านี้จะเป็นส่วนประกอบของผลึกที่จะปลูก รวมถึงสารเจือที่ต้องการใช้เจือด้วย เมื่อทำให้เบ้าร้อนขึ้น อะตอมหรือโมเลกุลของประจุธาตุจะระเหยและเคลื่อนที่ป็นแนวตรงไปตกกระทบลงบนแผ่นฐานรองซึ่งกำลังถูกทำให้ร้อน

เนื่องจากเทคนิค MBE จะไม่มีปฏิกิริยาเคมีเข้ามาเกี่ยวข้องเลย การปลูกฟิล์มโดยวิธีนี้จึงเป็นสิ่งที่ง่ายที่สุด ในบรรดาเทคนิคอิมพิเทกซ์ทั้งหมด และการควบคุมคุณภาพของฟิล์มก็สามารถกระทำได้ดี เพียงแต่อัตราการปลูกฟิล์มจะช้ามาก (≈ 1.0 monolayer/s) และเครื่องมือยังมีราคาแพงมากอีกด้วย นอกจากนี้เนื่องจากเทคนิคการปลูกฟิล์มดังกล่าวเกี่ยวข้องกับระบบสุญญากาศที่ต้องดึงความดันลงจนต่ำมาก ดังนั้นปัญหาเรื่องการรั่วของอากาศจึงนับเป็นปัญหาหลักที่มักพบบ่อย

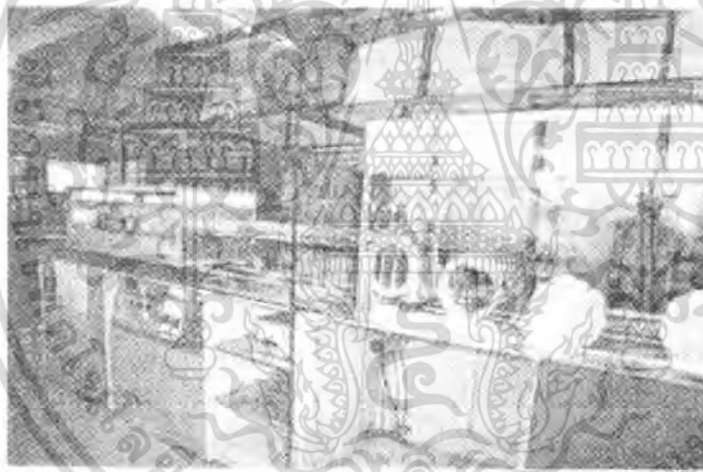
3. LPE เป็นเทคนิคการปลูกฟิล์มอิมพิเทกซ์ที่มีมาก่อน จนกระทั่งในช่วงทศวรรษ 1970 จึงได้เริ่มมีเทคนิคอื่น ๆ เข้ามาเสริม เทคนิค LPE ยังคงใช้สำหรับปลูกผลึกหลายชนิด อย่างเช่น AlGaAs สำหรับเลเซอร์โครงสร้างเฮเทอโร 2 รอยต่อ และ HgCdTe สำหรับตัวตรวจจับในย่านความยาวคลื่นยาว เป็นต้น เทคนิคนี้เป็นการปลูกผลึกสารกึ่งตัวนำ ณ อุณหภูมิต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของสารกึ่งตัวนำชนิดนั้น ๆ เนื่องจากการผสมสารกึ่งตัวนำชนิดนั้นกับสารที่สองจะทำให้จุดหลอมเหลวของตัวเองต่ำลง ซึ่งกระทำโดยการนำแผ่นฐานรองมาวางในโบบ์ (boat) ที่ทำจากกราไฟท์หรือควอร์ตซ์ โดยที่ในโบบ์จะบรรจุผลึกที่เป็นของเหลวซึ่งจะใช้ปลูกฟิล์ม



รูปที่ 2.2 แผนภาพการปลูกผลึก AlGaAs และ GaAs ด้วยเทคนิค LPE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเหลวดังกล่าวอาจประกอบด้วยสารเจือที่ ต้องการใช้เจือด้วยก็ได้ LPE มักใช้ปลูกฟิล์มพวกอัลลอย ซึ่งการปลูกจะเป็นไปตามการสมดุลของเฟสโคอะแกรมระหว่างของแข็ง-ของเหลว โดยการควบคุมส่วนประกอบของของเหลวและอุณหภูมิอย่างแม่นยำ จะทำให้สามารถควบคุมส่วนประกอบของอัลลอยที่ปลูกได้ เนื่องจาก LPE เป็นเทคนิคการปลูกฟิล์มที่ใกล้เคียงกับสภาวะสมดุลของเฟสโคอะแกรม จึงเป็นการยากที่จะปลูกอัลลอยของสารต่าง ๆ เพื่อไม่ให้มาผสมกัน หรือแม้แต่มิสามารถปลูกโครงสร้างเฮเทอโรโพลิเมอร์รอยต่อที่ชั้นในระดับอะตอมได้ อย่างไรก็ตาม โครงสร้างเฮเทอโรโพลิเมอร์รอยต่อเป็นแบบลาดในระดับ $> 10-20 \text{ \AA}$ สามารถปลูกด้วยเทคนิค LPE ได้โดยการเลื่อนโพลิตผ่านเหนือหลุมที่บรรจุสารกึ่งตัวนำชนิดต่าง ๆ ซึ่งกำลังหลอมเหลวอยู่ เทคนิค LPE ใช้อุปกรณ์ที่ราคาค่อนข้างไม่แพง ดังนั้นจึงได้รับความนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม สำหรับรูปที่ 2.3 แสดงภาพถ่ายจริงของระบบ LPE

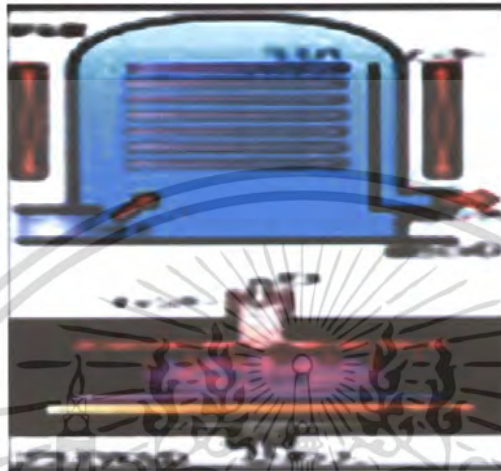


รูปที่ 2.3 ภาพถ่ายจริงของระบบ LPE

2.1.2 เทคนิค CVD

หลักการโดยทั่วไปของระบบนี้แสดงดังในรูปที่ 2.4 (a) ซึ่งตัวอย่างที่แสดงเป็นการปลูกฟิล์มซิลิคอนอสัณฐาน (hydrogenated amorphous silicon; a-Si:H) ในระบบนี้ก๊าซดิบที่ใช้ปลูกฟิล์มคือ ก๊าซไซเลน (SiH_4) [หากในกรณีที่ต้องการเจือให้ชั้นฟิล์มที่ปลูกเป็นสารพีจะเติมก๊าซโคโบเลน (B_2H_6) หรือหากต้องการเจือให้ฟิล์มเป็นสารเอ็น จะเติมก๊าซฟอสฟีน (PH_3) ร่วมด้วย] ก๊าซดิบที่ต้องการใช้ปลูกฟิล์มจะถูกปล่อยเข้าไปในแชมเบอร์ที่ดึงความดันลงต่ำ (background pressure $\approx 10^{-3}$ Torr และความดันขณะปลูกฟิล์ม ≈ 1 Torr) จากนั้นจะกระตุ้นให้ก๊าซแยกสลายเป็นพลาสมาด้วยสนามไฟฟ้าความถี่คลื่นวิทยุ หรืออาร์เอฟ (13.56 MHz) อะตอมของ Si ที่แยกออกมาจะไปเกาะติดบนแผ่นฐานรองซึ่งวางไว้ภายในแชมเบอร์ ลักษณะเช่นนี้จะเป็นการปลูกฟิล์มไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

a-Si:H ลงบนแผ่นฐานที่เพิ่มอุณหภูมิไว้ $\sim 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ สำหรับรูปที่ 2.4 (b) แสดงภาพถ่ายของระบบ อุปกรณ์ CVD



(a)



(b)

รูปที่ 2.4 (a) อุปกรณ์ของระบบ CVD ที่เป็นพื้นฐานซึ่งใช้ปลูกฟิล์ม

(b) ภาพถ่ายของระบบอุปกรณ์ CVD

นอกจากนี้ยังสามารถปลูกฟิล์ม a-Si:H โดยการใช้อุณหภูมิอื่นก็ได้ เช่น SiH_2Cl_2 หรือ SiCl_4 สำหรับการปลูกฟิล์มที่เป็นออกไซด์ของซิลิคอนจะต้องเติม O_2 หรือ N_2O เข้ามาผสมในก๊าซเฉื่อยที่ใช้ด้วย หรือหากต้องการปลูกฟิล์มพวกซิลิคอนไนไตรด์ก็ต้องนำก๊าซ NH_3 เข้ามาผสมกับก๊าซเฉื่อยเพื่อให้แผ่นฟิล์มที่ต้องการปลูกมีส่วนประกอบของอะตอมไนโตรเจนอยู่ด้วย

เอ็กสเตรนเป็นเอกสารที่ลงไว้ในเว็บไซต์เพื่อการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟิล์มที่เป็นโลหะสามารถปลูกด้วยกรรมวิธีนี้เช่นกัน เพียงแต่ก๊าซดิบหรือไอของโลหะชนิดนั้น ๆ จะต้องเหมาะสมกับการใช้งาน และการปลูกฟิล์มโลหะที่ใช้กระบวนการ CVD ในอุตสาหกรรมการผลิตสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำในปัจจุบันคือ การปลูกฟิล์มทังสเตน (W) ซึ่งมีอยู่ 2 ปฏิกริยาที่ใช้กันมากคือ



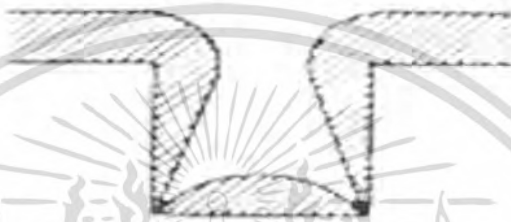
ปฏิกริยาแรก WF_6 จะถูกรีดิวซ์ด้วย Si เพื่อปลูกฟิล์มทังสเตน ซึ่งกระบวนการนี้เป็นกระบวนการเลือกเฟ้น คือจะเลือกใช้เฉพาะบนผิวหน้า Si ที่ถูกฉายแสง และเป็นการปลูกฟิล์มบาง (20-200 nm) สำหรับปฏิกริยาที่สอง เป็นกระบวนการรีดักชันของไฮโดเจน ซึ่งเป็นกระบวนการเลือกเฟ้นเช่นกัน และจะเลือกใช้เฉพาะกรณีที่ต้องการปลูกชั้นทังสเตนที่หนา ($\approx 3.0 \mu\text{m}$) และใช้ปลูกฟิล์มในบริเวณที่มีการปลูกฟิล์มโลหะอยู่แล้ว

อัตราการปลูกฟิล์มในกระบวนการ CVD ส่วนใหญ่จะเกิดค่อนข้างช้าอยู่ในช่วง 30-300 nm/min ดังนั้นจึงต้องการระบบที่สามารถป้อนแวนผลึกได้หลาย ๆ แผ่นให้ผ่านกระบวนการ CVD ในเวลาเดียวกันได้ ข้อได้เปรียบของ CVD คือฟิล์มที่ปลูกได้มักมีรูปทรงที่ดีกว่าการปลูกฟิล์มด้วยวิธีอื่น ถึงแม้จะปลูกฟิล์มลงบนพื้นผิวที่เป็นขั้นชัน ๆ ซึ่งลักษณะนี้จะตรงกันข้ามกับฟิล์มบางที่ปลูกโดยเทคนิคการฉาบไอระเหยของวัสดุหรือสปัตเตอร์ ซึ่งให้ความหนาของชั้นฟิล์มที่ไม่สม่ำเสมอ

(ก) CVD



(ข) การฉาบไอระเหย



(ค) สปีดเตอร์ริง



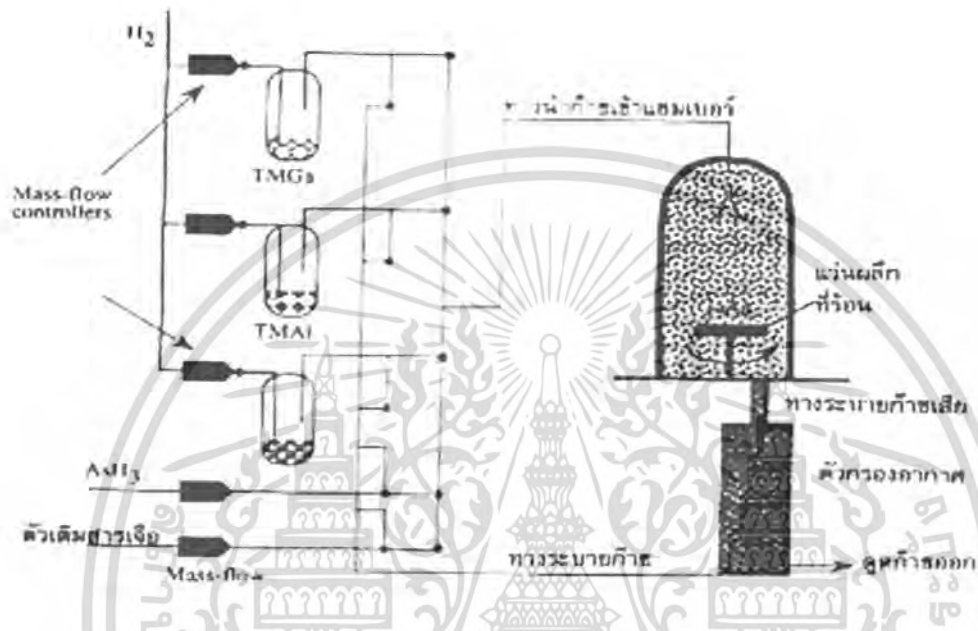
รูปที่ 2.5 สเตปคอปเวอเรจ (step coverage) ที่มักเกิดขึ้น

นอกจากนี้ยังมีเทคนิค CVD ที่ใช้ปลูกฟิล์มสารประกอบกึ่งตัวนำรูป III-V (เช่น GaAs, GaP, InAs เป็นต้น) และกรุป II-VI (เช่น ZnSe, CdTe, CdS เป็นต้น) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ค่อนข้างใหม่ นั่นคือ MOCVD (Metal Organic CVD) เทคนิคนี้เป็นการปลูกฟิล์มที่สำคัญอีกวิธีหนึ่งซึ่งใช้มากในการปลูกฟิล์มเฮเทอโรอีพิตอกซ์ เทคนิค MOCVD สามารถใช้สร้างผิวรอยต่อที่ชั้นในระดับชั้นเดียว (monolayer) ระหว่างสารกึ่งตัวนำได้เหมือนอย่างเช่นเทคนิค MBE ระบบ MOCVD ที่เป็นแบบแผนแสดงดังในรูปที่ 2.6 ในที่นี้ใช้สารประกอบอินทรีย์ของธาตุที่ต้องการปลูกผลึกมาทำปฏิกิริยาเคมี อย่างเช่น ถ้าต้องการปลูกผลึกของ GaAs ก็จะใช้สารประกอบอินทรีย์ของแกลเลียม เช่น ไตรเมทิลแกลเลียม [trimethyl gallium (TMGa)] ซึ่งถูกทำให้ร้อนในบรรยากาศของ H_2 และผสมกับ AsH_3 โดยการปลูกผลึกจะขึ้นกับปฏิกิริยาดังต่อไปนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทคนิค MOCVD มีประโยชน์มากต่อการสร้างโครงสร้าง HEMT ของสาร $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ บน GaAs เพื่อสร้างให้เป็นรอยต่อเฮเทอโรที่ชั้นมาก ซึ่งจำเป็นสำหรับการทำงานของสิ่งประดิษฐ์ดังกล่าว



รูปที่ 2.6 โค้ดแกรมของระบบ MOCVD

TMGa: สารประกอบอินทรีย์ของแกเลียม

TMAI: สารประกอบอินทรีย์ของอะลูมิเนียม

AsH₃: สารประกอบของอาร์เซนิก

ข้อเสีย : ของเทคนิคนี้คือ เนื่องจากก๊าซที่ใช้มีพิษร้ายแรงมาก ดังนั้นระบบเครื่องมือจึงต้องมีความปลอดภัยสูง ก็จะเกิดการรั่วไหลของก๊าซไม่ได้เลยแม้แต่น้อย จึงทำให้การจัดตั้งระบบยุ่งยากและเสียค่าใช้จ่ายสูงในด้านระบบความปลอดภัย

2.1.2.1 เครื่องปลูกฟิล์มบางด้วยไอสารเคมี ในสถานะความดันต่ำ Low Pressure Chemical Vapor Deposition (LPCVD)

ฟิล์มบางของซิลิกอน และอนุพันธ์ถูกสร้างเพื่อเป็นส่วนประกอบของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคโนโลยีการผลิตวงจรรวมขนาดใหญ่มาก (Very Large Scale Integrated Circuit : VLSI) เช่น ฟิล์มบางโพลีคริสตัลซิลิกอน ทำหน้าที่เป็น เกต (Gate) ในทรานซิสเตอร์แบบมอส หรือเป็นตัวต้านทาน และตัวเก็บประจุ ในขณะที่ฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) ทำหน้าที่เป็นฉนวน หรือ ไดอิเล็กตริก ส่วนฟิล์มบางซิลิกอนไนไตรด์ (Si_3N_4) ทำหน้าที่เป็นชั้นฉนวนป้องกันการกัดกร่อนของฟิล์มบางซิลิกอนไนไตรด์หรือการแข็งตัวของฟิล์มบางซิลิกอนไนไตรด์ การดำเนินการนี้ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ (Passivation Layer) เครื่อง LPCVD จะมีท่อทำปฏิกิริยาทำจากวัสดุควอทซ์ทนความร้อน โดยมีขดลวดให้ความร้อนอยู่ด้านบนนอก ควบคุมอุณหภูมิให้ผิดพลาดได้ไม่เกิน 2 องศาเซลเซียส ปลายท่อทั้งสองข้างถูกปิดด้วยฝาโลหะสแตนเลสที่มีการต่อท่อนำก๊าซเข้าสู่ระบบทางด้านหน้า และ ท่อด้านหลังจะเชื่อมต่อกับระบบสุญญากาศ ซึ่งสามารถทำให้ความดันในท่อลดลงเหลือ 10 มิลลิทอร์ (สภาพความดันปกติที่ระดับน้ำทะเลเท่ากับ 760 ทอร์)

ก๊าซที่จะใช้ในการทำปฏิกิริยาจะถูกควบคุมการไหลในอัตราที่กำหนดเพื่อให้เกิดการทำปฏิกิริยาภายในระบบ เพื่อให้เกิดฟิล์มบางตามที่ต้องการ เช่น ใช้ก๊าซไดคลอโรไซเลน (SiH_2Cl_2) กับ แอมโมเนีย (NH_3) ในการทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 775 °C ให้เกิดฟิล์ม Si_3N_4 และการใช้ก๊าซ ไสเลน (SiH_4) สำหรับปลูกฟิล์ม โพลีซิลิกอน ที่อุณหภูมิ 620 °C หรือหากผสมกับออกซิเจนที่อุณหภูมิ 440 °C ก็จะได้ฟิล์มบางของซิลิกอน ไดออกไซด์

ภาพตัดขวาง ขยายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน 17,000 เท่า แสดงให้เห็นชั้นฟิล์มบางซิลิกอนชนิดต่างๆ ที่เคลือบลงบนผลึกฐานซิลิกอน



รูปที่ 2.7 ชั้นฟิล์มบางซิลิกอนชั้นต่างๆที่เคลือบลงบนผลึกฐานซิลิกอน

(a) ฟิล์มบาง Si_3N_4

(b) ฟิล์มบาง โพลีซิลิกอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ (c) ฟิล์มบางซิลิกอนไดออกไซด์ อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปลูกฟิล์มบางในสภาพความดันต่ำ จะทำให้ได้ชั้นฟิล์มที่มีความบริสุทธิ์สูง มีความเครียดของฟิล์ม น้อยและเป็นวิธีที่เหมาะสมกับการปลูกฟิล์มลงบนพื้นผิวที่มีลักษณะสูงต่ำ เช่นการผลิตรวม เป็นต้น อีก ประการหนึ่งคือสามารถปลูกฟิล์มบางในพื้นที่กว้างให้มีความหนาของชั้นฟิล์มสม่ำเสมอได้ดี เนื่องจากเป็น วิธีที่มีอัตราการปลูกฟิล์มต่ำมาก (ประมาณ 1 ถึง 10 นาโนเมตรต่อนาที) ดังภาพแสดงการแปรเปลี่ยนความ หนาของฟิล์ม 3 ชนิดที่ปลูกบนแผ่นผลึกซิลิคอนขนาด 4 นิ้ว จะเห็นว่ามีการแปรปรวนของความหนา ในช่วงไม่เกิน 40 นาโนเมตร

2.1.2.2 ระบบ MPCVD (Microwave Plasma Chemical Vapor Deposition) สำหรับ สังเคราะห์ฟิล์มบางเพชร

ได้ออกแบบ โครงสร้างและส่วนต่าง ๆ ของระบบ ได้แก่ ห้องปฏิบัติการสุญญากาศ ส่วนเชื่อมต่อไมโครเวฟกับสุญญากาศฐานรองสำหรับวางแผ่นซิลิคอน และระบบควบคุมการจ่ายก๊าซ ระบบ MPCVD ใช้ไมโครเวฟกำลังสูงแบบต่อเนื่องโดยใช้กับท่อนำคลื่นสี่เหลี่ยมขนาด WG9A คลื่น ไมโครเวฟผ่านท่อนำคลื่นสี่เหลี่ยมไปยังท่อนำคลื่นทรงกระบอกแบบ Axis-Symmetric โหมด และ เคลื่อนผ่านไปยังห้องปฏิบัติการสุญญากาศ ระบบ MPCVD ได้ทำการทดสอบไมโครเวฟพลาสมาในก๊าซ H_2 200 sccm ที่ความดันสุญญากาศและการใช้กำลังไมโครเวฟมากกว่า 900 วัตต์ พลาสมา ball ที่เกิดขึ้นไม่มีเสถียรภาพ ระบบ MPCVD ได้ทำการทดสอบการสังเคราะห์ฟิล์มบางเพชรชนิดอินทรินซิกในเงื่อนไข ต่าง ๆ เช่น เวลาในการสังเคราะห์ กำลังไมโครเวฟ ความดันก๊าซผสม และปริมาณก๊าซ CH_4 ในก๊าซ H_2 จากข้อมูลการทดสอบได้กำหนดใช้เงื่อนไขในการสังเคราะห์ฟิล์มบางเพชร เพื่อใช้สำหรับสร้าง สิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำ

2.1.2.3 Microwave plasma enhanced CVD

ใช้ในการสร้างฟิล์มเพชรบนฐานรองต่างชนิดกัน โดยใช้ความถี่ไมโครเวฟทำการ สั่นอิเล็กตรอนทำให้เกิดการชนกันของอิเล็กตรอนกับไอออนที่เย็น โมเลกุลอะตอมคู่จึงแยกออกเป็นอะตอม ได้ และการกระตุ้นไมโครเวฟพลาสมาของโมเลกุลไฮโดรเจนจะทำให้เกิดภาวะสมดุลยิ่งยวดของความ เข้มข้นของไฮโดรเจน

ชุดอุปกรณ์ Microwave plasma enhanced CVD เป็น Tube-style ประกอบด้วย Magnetron ทำ หน้าที่กำเนิดไมโครเวฟความถี่ 2.45 GHz ตรงเข้าสู่ Applicator ภายใน Rectangular waveguide ซึ่งเป็น ตัวกำหนดขอบเขตของคลื่นไมโครเวฟระหว่างตัวกำเนิดและแชนเบอร์ซึ่งใช้ทำปฏิกิริยา โดยแชนเบอร์นี้ จะทำมาจากท่อซิลิกาซึ่งสามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิสูงประมาณ 1,200 องศาเซลเซียส และไม่ดูดกลืน รังสีไมโครเวฟที่ผนังของท่อซิลิกาจึงไม่ทำให้เกิดการปนเปื้อนซิลิคอนในฟิล์มเพชรขึ้น ตำแหน่งทิศทาง การเคลื่อนที่ของไมโครเวฟจะพุ่งผ่าน Three stub tuners ที่บริเวณ Waveguide ฐานรองจะมีอุณหภูมิ 400-1,000 องศาเซลเซียส ใช้แก๊สผสม 0.1-5% มีเทนกับไนโตรเจน อัตราการไหลรวมอยู่ระหว่าง 1-5 sccm เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

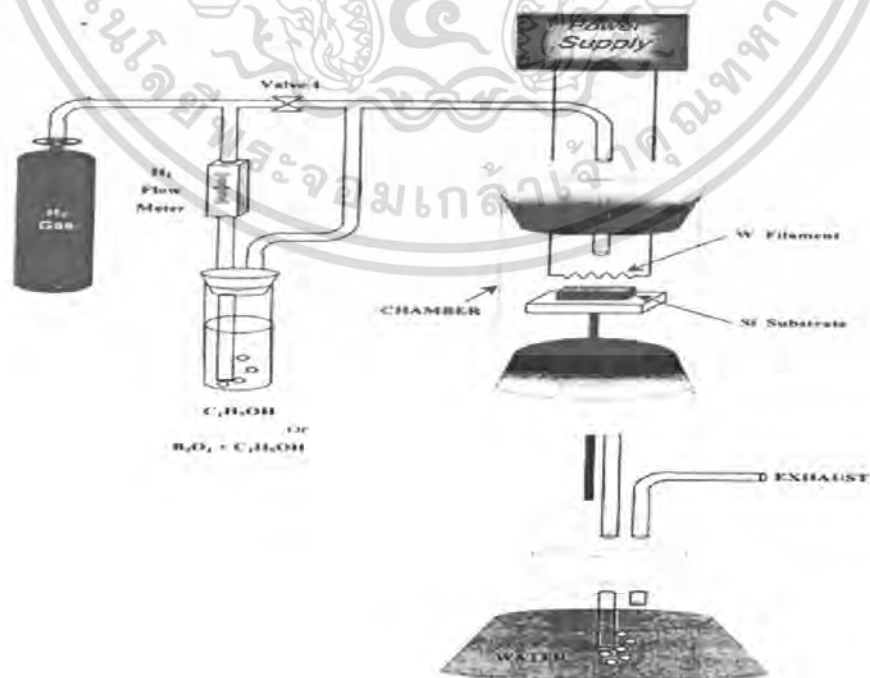
50-500 sccm ความดันรวม 1-400 ทอร์ แต่เนื่องจาก Tube-style มีข้อเสียที่ขนาดของฐานรองเล็กจึง พัฒนารูปแบบทางวิศวกรรมจนฐานรองมีอุณหภูมิถึง 1,000 องศาเซลเซียส เกิดความร้อนโดยการคับปลิง ด้วยไมโครเวฟและการชนของพลาสมา สามารถสร้างไมโครเวฟพลาสมาได้ขนาด 10 เซนติเมตร ตาม แนวเส้นผ่านศูนย์กลาง พลาสมาจะมีลักษณะกลมเป็นลูกบอลซึ่งจะมีขนาดเพิ่มขึ้นตามกำลังไมโครเวฟที่ เพิ่มขึ้นมีผลให้เกิดความไม่สม่ำเสมอของฟิล์ม

2.1.2.4 RF plasma enhanced CVD

โดยทั่วไปความถี่วิทยุที่สามารถสร้างพลาสมาในอิเล็กทรอนิกส์มี 2 ลักษณะที่สามารถ คับเปิดได้ คือ เพลทแบบขนานและโดยการเหนี่ยวนำ RF และ plasma enhanced CVD ทำงานด้วยควมถี่ 13.58 MHz มีข้อเสียเรื่องความไม่สม่ำเสมอของฟิล์มในแนวรัศมีและเนื่องจากความหนาแน่นของพลาสมา จะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเข้าสู่แกนของแชนเบอร์ความหนาแน่นของพลาสมาใกล้ผนังของฐานรองมีค่าสูง เป็นผลให้เกิดการกัด ของท่อควอทซ์ และเกิดการส่งผ่านไอไปสู่ฟิล์มเพชร มีอัตราการเกิด 0.5-3.0 $\mu\text{m}/\text{h}$ Matsumoto ได้รายงานว่าสามารถสร้างฟิล์มเพชรขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ที่ความดัน บรรยากาศโดยใช้กำลังพลาสมา 20-75 kW ใช้อาร์กอนแก๊สเป็นตัวพา อุณหภูมิฐานรองอยู่ในช่วง 700-1,200 องศาเซลเซียส ได้อัตราการเกิดสูงถึง 120 $\mu\text{m}/\text{h}$

2.1.2.5 หลักการ CVD แบบความร้อน

ระบบ CVD แบบความร้อนเป็นระบบที่ใช้ในการแตกตัวทางความร้อนทำให้เกิดอะตอมของ ไฮโดรเจนและอนุโมลอิสระอื่นๆ ซึ่งเป็นไอเคมีในการเกิดฟิล์มบางเพชร ดังรูปที่ 2.8



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 2.8 ไออะแกมมูอย่างง่ายของระบบ CVD ที่ใช้ในการสังเคราะห์ฟิล์มเพชร
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการที่กล่าวมาแล้วเกี่ยวกับกระบวนการสร้างฟิล์มเพชรด้วยวิธีต่าง ๆ แม้ว่าแต่ละวิธีจะมีความแตกต่างกันออกไป อย่างไรก็ตามจะมีหลักการพื้นฐานที่สำคัญเหมือนกันดังนี้

1. ในระบบต้องมีอะตอมของไฮโดรเจนปรากฏอยู่
2. ต้องมีการกระตุ้นแก๊สที่มีอนุพลของคาร์บอน
3. อุณหภูมิของฐานรองต้องมีความเหมาะสม
4. ต้องมีการเตรียมพื้นผิวของฐานรอง

ในกระบวนการสร้างนั้น ต้องใช้หลักการทั้งสองข้อนี้ร่วมกันเพื่อให้ได้ฟิล์มบางเพชรที่มีคุณภาพดี อัตราการเกิดฟิล์มบางเพชรมีค่าสูง หากขาดข้อหนึ่งข้อใดไป ผลผลิตที่ได้จะไม่ใช่ฟิล์มบางเพชรที่มีคุณภาพดี อัตราการเกิดฟิล์มบางเพชรมีค่าสูงหากขาดข้อหนึ่งข้อใดไป ผลผลิตที่ได้จะไม่ใช่ฟิล์มบางเพชร คือ อาจเป็นแกรไฟต์ ออสซิลคาร์บอน หรือ Diamond-like carbon (DLC) ก็ได้ โดยวิธีการที่ใช้ในการควบคุมเงื่อนไขทั้งสองข้อดังกล่าว สามารถใช้เทคนิคหลายอย่างควบคุมความเหมาะสม วิธี MPCVD นี้จะได้ฟิล์มบางเพชรที่มีคุณภาพดีและอัตราการก่อตัวสูงพอสมควร อีกทั้งสิ่งเจือปนที่เกิดจากใส่หลอดมีน้อยมากยอมรับให้ใช้ในงานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ได้จนเป็นวิธีที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมสร้างฟิล์มบางเพชร โดยกลไกการเกิดฟิล์มเพชรจากวิธี CVD จะประกอบไปด้วยกระบวนการต่าง ๆ ที่สอดคล้องทำให้เกิดอนุพลคาร์บอนอยู่ในสภาวะแอคทีฟ เกิดการก่อตัวหรือนิวเคลียสเริ่มต้นเกิดเป็นผลึกฟิล์มบางเพชร

2.1.3 กระบวนการของแก๊สเฟส

การสร้างฟิล์มบางเพชรด้วยกระบวนการ CVD มีหลักการพื้นฐาน คือต้องมีการกระตุ้นแก๊สเฟสด้วยพลังงานสูง เพื่อจุดประสงค์ 2 อย่าง คือ ทำให้เกิดแก๊สไฮโดรคาร์บอนแตกตัวเป็นโมเลกุล ซึ่งพร้อมจะเกิดปฏิกิริยาการก่อตัวที่พื้นผิว และแยกโมเลกุลไฮโดรเจนเพื่อสร้างสมดุลของความหนาแน่นสูงของแก๊สเฟสของอะตอมไฮโดรเจน

แม้ว่าแต่ละระบบจะมีความแตกต่างกันในแง่ของรูปแบบทางวิศวกรรมแต่ทั้งหมดจะมีลักษณะสำคัญพื้นฐานเหมือนกัน คือ ทำให้ได้ฟิล์มเพชรที่มีคุณภาพดีออกมา พลังงานจำนวนมากที่ใช้จะอยู่ในรูปของพลังงานไฟฟ้าหรือเคมี ทำให้โมเลกุลของไฮโดรเจนและไฮโดรคาร์บอนแตกตัว การสร้างจะกระทำที่ความดันต่ำ (ประมาณ 1 torr – 1atm) เพื่อป้องกันการรวมตัวกันของอะตอมของไฮโดรเจนกลับไปสู่รูปของโมเลกุล อุณหภูมิของแก๊สเฟสมีค่าสูงกว่า 1,700 องศาเซลเซียส เกิดขึ้นที่บริเวณ Activation zone การระบายความร้อนทั้งแบบแอคทีฟหรือพาสซีฟเป็นตัวรักษาระดับอุณหภูมิของฐานรองให้มีค่าประมาณ 925 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

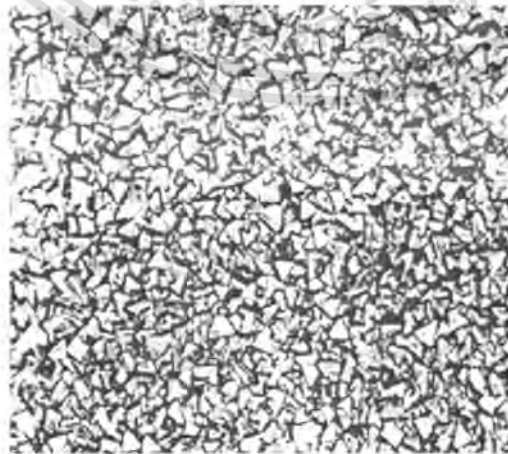
2.1.4 ปฏิกิริยาการเกิดนิ่วแคลิเอซัน

ปฏิกิริยาการเกิดนิ่วแคลิเอซันของเพชร CVD เป็นปฏิกิริยาการก่อตัวเริ่มต้นของแก๊สเฟสเป็นผลึกเพชร ตามด้วยการเกิดไฮโดรเจนที่แตกแยก การเกาะตัวของคาร์บอนที่เพิ่มขึ้นบนพื้นผิวเพื่อเพิ่มขนาดของก้อนเนื้อสาร เป็นปฏิกิริยาการสร้างนิ่วแคลิเอซันเริ่มต้นด้วยขนาดของนิ่วแคลิเอซันต้องมีขนาดมากกว่าขนาดของวิกฤต สามารถคงอยู่และเสถียรได้นานพอที่จะทำให้เกิดเป็นโครงสร้างผลึกชั้น ซึ่งขึ้นอยู่กับรูปแบบของอนุภาคที่ประกอบกันขึ้นจนมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานอิสระของระบบเป็นลบเพื่อให้สามารถเกิดกระบวนการขึ้นได้ ซึ่งระบบนี้หมายถึงฐานรองอนุภาคที่เกิดขึ้น และแก๊สเฟส

การนิ่วแคลิเอซันขั้นที่ 1 เป็นขั้นตอนที่คำนึงถึงเงื่อนไขของฐานรองเนื่องจากเป็นช่วงของการเริ่มก่อตัวบนพื้นผิว การฟอร์มตัวของคาร์ไบด์เริ่มต้นไม่เกิดขึ้นอย่างทันทีทันใดบนฐานรองที่ไม่มีรอยขีดข่วนแต่เกิดขึ้นหลังจากช่วงเวลาหนึ่งที่มีการอิมมersionของคาร์บอนที่พื้นผิว และการนิ่วแคลิเอซันมีความหนาแน่นต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับฐานรองที่มีรอยขีดข่วนซึ่งจะมีนิ่วแคลิเอซันเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ผลึกที่สังเกตบนฐานรองเหล่านี้ภายหลังเกิดกระบวนการโตและจะมีขนาดที่สม่ำเสมอเพราะการนิ่วแคลิเอซันจะหยุดลงหลังจากการเกิดเริ่มต้นขึ้น สันนิษฐานได้ว่าเงินเพราะคาร์บอนที่เพิ่มขึ้นที่พื้นผิวได้แพร่เข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของผลึกเพชร

การนิ่วแคลิเอซันขั้นที่ 2 สำหรับเพชรการเกิดนิ่วแคลิเอซันได้หลายทิศทางคือ

1. การฟอร์มตัวของนิ่วแคลิเอซันบนพื้นผิวที่อิมไปด้วยคาร์บอนที่เหมาะสม
2. การนิ่วแคลิเอซันของแก๊สเฟส
3. การก่อตัวและโตขึ้นจากส่วนที่เป็นเพชรหรือคาร์บอน sp³ อื่น ๆ ที่เหลือจากการทำรอยขีดข่วน



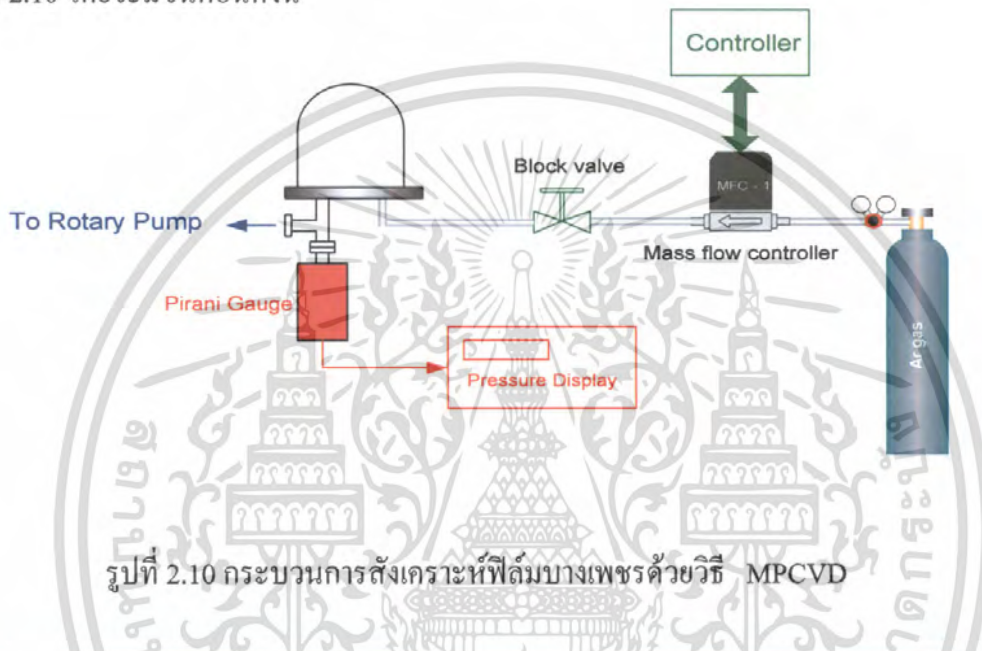
รูปที่ 2.9 ลักษณะฟิล์มบางเพชรที่ได้จากวิธี CVD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

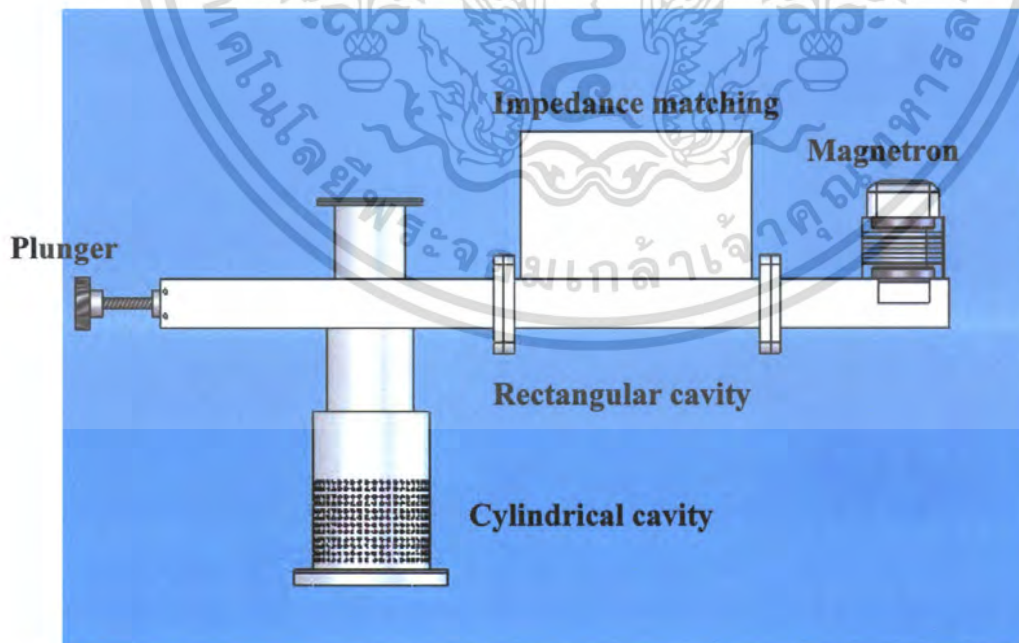
2.2 กระบวนการสังเคราะห์ฟิล์มบางเพชร

2.2.1 กระบวนการสังเคราะห์ฟิล์มบางเพชรด้วยวิธี CVD

การสังเคราะห์ฟิล์มบางเพชร ในเรื่องนี้จะใช้วิธีการ CVD แบบ MPCVD โดยจะเพิ่มแหล่งจ่ายก๊าซเข้าไปใน Chamber ซึ่งจะทำให้สังเคราะห์ฟิล์มบางเพชรได้พื้นที่กว้างกว่าเทคนิคอื่น ดังรูปที่ 2.10 โดยจะมีขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 2.10 กระบวนการสังเคราะห์ฟิล์มบางเพชรด้วยวิธี MPCVD



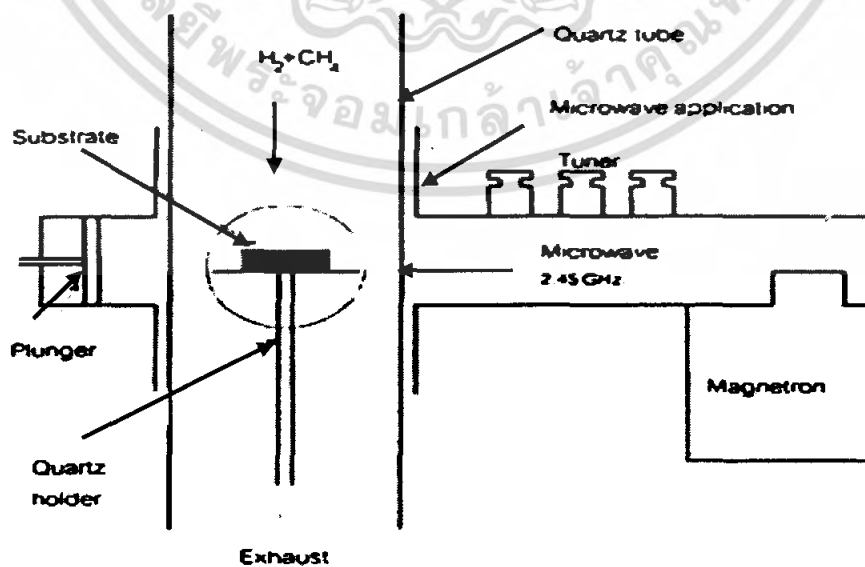
รูปที่ 2.11 โครงสร้างของระบบ MPCVD ใช้ในการสังเคราะห์ฟิล์มเพชร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

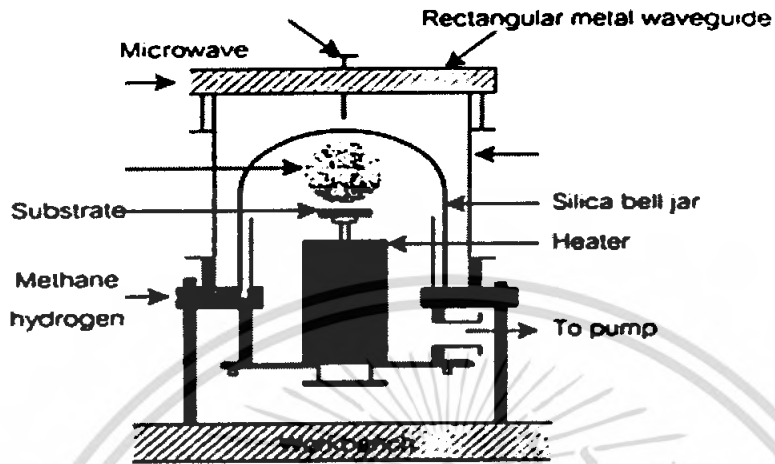
2.3 กระบวนการสร้างฟิล์มเพชรด้วยวิธี Microwave Plasma CVD

วิธีนี้ใช้ในการสร้างฟิล์มเพชรหลายรูปแบบบนฐานรองต่างชนิดกัน โดยใช้ความถี่ไมโครเวฟทำการสั่นอิเล็กตรอนทำให้เกิดการชนกันของอิเล็กตรอนกับ ไอออนที่เย็น โมเลกุลอะตอมอุ้งจึงแยกออกเป็นอะตอมได้ และการกระตุ้นไมโครเวฟพลาสมาของโมเลกุลไฮโดรเจนจะทำให้เกิดภาวะสมดุลยิ่งยวดของความเข้มข้นของไฮโดรเจน

ชุดอุปกรณ์ Microwave plasma enhanced CVD แสดงดังรูปที่ 2.12(a) เป็น Tube-style ประกอบด้วย Magnetron ทำหน้าที่กำเนิดไมโครเวฟความถี่ 2.45 GHz ตรงเข้าสู่ Applicator ภายใน Rectangular wave guide ซึ่งเป็นตัวกำหนดขอบเขตของคลื่นไมโครเวฟระหว่างตัวกำเนิดและแชนเบอร์ซึ่งใช้ทำปฏิกิริยา โดยแชนเบอร์นี้จะทำมาจากท่อซิลิกาซึ่งสามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิสูงประมาณ 1,200 องศาเซลเซียส และไม่ดูดกลืนรังสีไมโครเวฟที่ผนังของท่อซิลิกาจึงทำให้เกิดการปนเปื้อนซิลิกอนในฟิล์มเพชรขึ้น ตำแหน่งที่สททางเคลื่อนที่ของไมโครเวฟจะพุ่งผ่าน Three stub tuners ที่บริเวณ Waveguide ฐานรองจะมีอุณหภูมิ 400-1,000 องศาเซลเซียส ใช้แก๊สผสม 0.1-5% มีเทนในไฮโดรเจน อัตราการไหลรวมอยู่ระหว่าง 50-500 sccm ความดันรวม 1-400 ทอร์ แต่เนื่องจาก Tube-style ดังรูปที่ 2.12(a) มีข้อเสียที่ขนาดของฐานรองเล็กจึงพัฒนารูปแบบทางวิศวกรรมของระบบนี้เป็นแบบ Bell jar ดังรูปที่ 2.12(b) ฐานรองมีอุณหภูมิถึง 1,000 องศาเซลเซียส เกิดความร้อนโดยการกัปลังด้วยไมโครเวฟและการระเหยของพลาสมา สามารถสร้างไมโครเวฟพลาสมาได้ขนาด 10 เซนติเมตร ตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง พลาสมาจะมีลักษณะกลมเป็นลูกบอลซึ่งจะมีขนาดเพิ่มขึ้นตามกำลังไมโครเวฟที่เพิ่มขึ้นมีผลให้เกิดความไม่สม่ำเสมอของฟิล์มดังรูปที่ 2.12



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
(a)
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(b)

รูปที่ 2.12 แผนภาพระบบ Microwave plasma CVD

(a) แบบ Tube-style

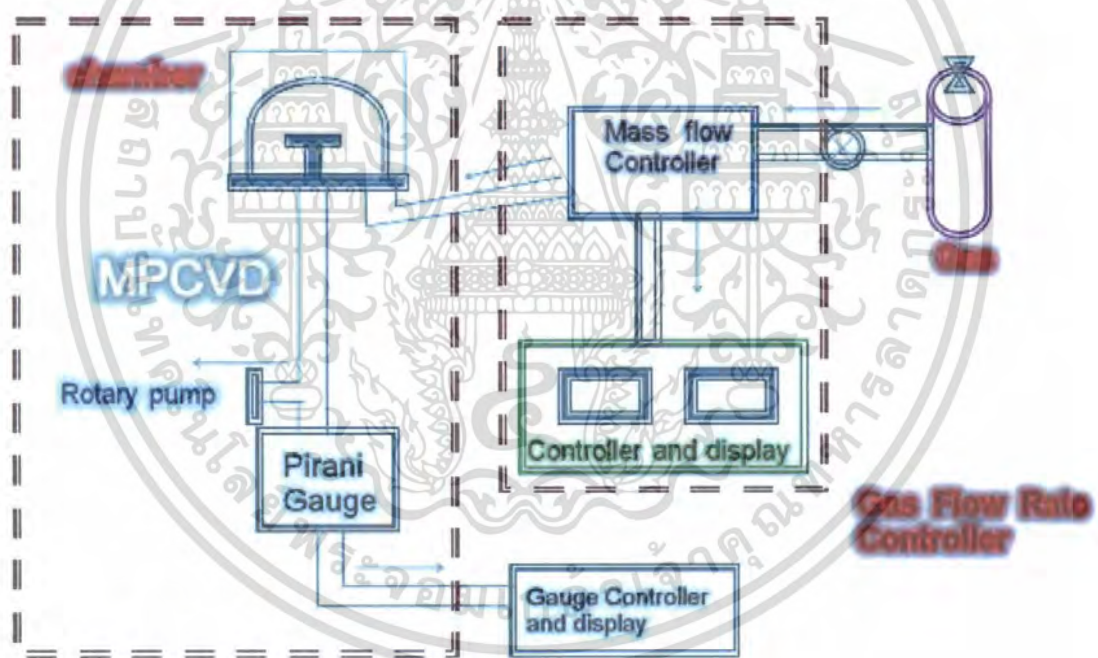
(b) แบบ Bell jar

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้ของโครงการพิเศษจะกล่าวถึงวิธีการทดลอง ซึ่งได้แบ่งออกเป็นสองส่วนหลัก คือ ส่วนที่ศึกษาการควบคุมอัตราการไหลของก๊าซ และส่วนกระบวนการกำเนิดพลาสมาเพื่อใช้ในการสร้างฟิล์มบางเพชร โดยจะทำการสร้างเครื่องควบคุมอัตราการไหลของก๊าซเพื่อควบคุมปริมาณการไหลของก๊าซที่ป้อนเข้าสู่ระบบ สำหรับกระบวนการกำเนิดพลาสมาเพื่อใช้ในการสร้างฟิล์มบางเพชรนั้นจะใช้วิธีไมโครเวฟพลาสมาซีวีดี (Microwave Plasma CVD) ในแผนภาพระบบดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนภาพระบบไมโครเวฟพลาสมาซีวีดี

3.1 เครื่องควบคุมอัตราการไหลของก๊าซ

ในส่วนนี้จะทำการศึกษาการควบคุมอัตราการไหลของก๊าซโดยใช้เกจควบคุมอัตราการไหล รุ่น FC-770 AC แสดงดังรูปที่ 3.2 โดยจะทำการทดลองควบคุมอัตราการไหลของก๊าซโดยใช้เกจควบคุมอัตราการไหล 2 ขนาดด้วยกัน คือ 2 sccm และ 5 sccm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 เกจควบคุมอัตราการไหลรุ่น FC 770 AC

สำหรับการเชื่อมต่อกับเกจควบคุมอัตราการไหลจะเป็นจุดเชื่อมต่อแบบ 20-pin Card-edge Connector ซึ่งมีรายละเอียดแต่ละขาแสดงได้ดังรูปที่ 3.3

CASE GND	1	A	CONTROL 0-5VDC (0-2.5mA)
COMMON	2	B	COMMON (VALVE RTN)
OUTPUT	3	C	COMMON (VALVE RTN)
+15 V DC	4	D	VALVE OPEN/CLOSE
UNASSIGNED	5	E	
VALVE TEST POINT	6	F	-15 VDC
	7	G	
ALARM H	8	J	
ALARM L	9	K	
ALARM OFF	10	L	

รูปที่ 3.3 จุดเชื่อมต่อแบบ card-edge connector

โดยขาที่สำคัญมีดังนี้

- ขา 1 GND ทำหน้าที่เป็นกราวด์ร่วมของวงจร
- ขา A Control ใช้ในการควบคุมอัตราการไหลโดยจ่ายโวลต์เตจอินพุท
- ขา 3 Output ใช้ในการตรวจวัดค่าโวลต์เอาต์พุทที่ได้จากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา F (-15) ไฟเลี้ยงของวงจร -15 โวลต์

ทำการสร้างชุดควบคุมอัตราการไหลของก๊าซโดยการป้อนไฟเลี้ยง ± 15 โวลต์ และทำการปรับเปลี่ยนศักย์ไฟฟ้าที่ป้อนให้กับขาควบคุม (ขา A) ของเกจควบคุมอัตราการไหล โดยใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ขนาด 100 กิโลโอห์ม ต่อวงจรแบ่งแรงดันเพื่อปรับศักย์ไฟฟ้าตั้งแต่ 1-5 โวลต์ แล้ววัดศักย์ไฟฟ้าเอาต์พุต (ขา 3) ของเกจควบคุมอัตราการไหล ดังแสดงในรูปที่ 3.4 ซึ่งจะทำให้การทดลองกับเกจ ควบคุมอัตราการไหลทั้งสองขนาด โดยนำไปทดลองควบคุมอัตราการไหลของก๊าซในระบบไมโครเวฟพลาสมาชีวิต ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.4 ชุดควบคุมอัตราการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

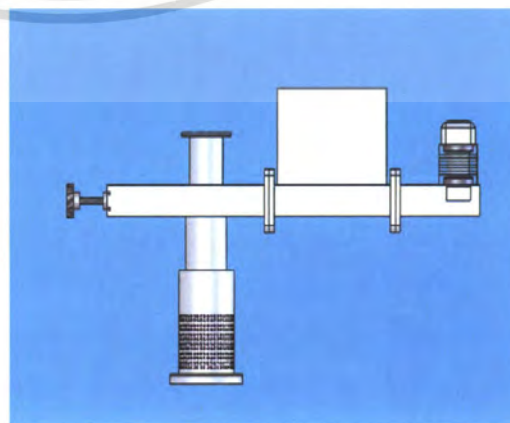
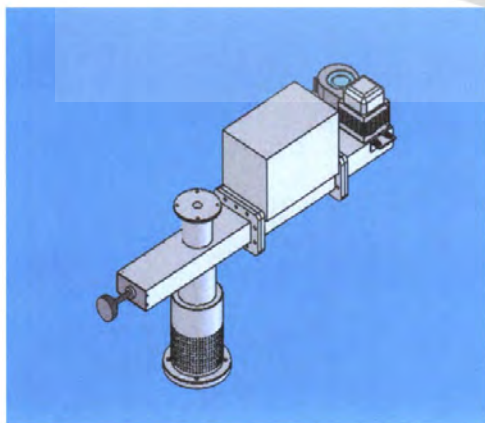


รูปที่ 3.5 การทดลองควบคุมอุณหภูมิของก๊าซ

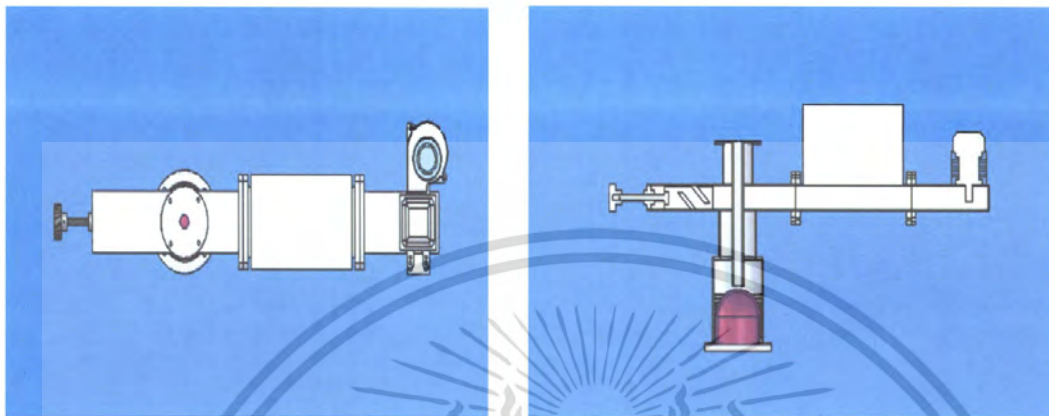
3.2 ระบบไมโครเวฟพลาสมาชีวิต

ในส่วนนี้จะทำการหาอัตราส่วนของก๊าซไฮโดรเจนกับมีเทนที่เหมาะสม เพื่อใช้ในการปลูกฟิล์มบางเพชร โดยทำการศึกษาและทดลองวัดสเปกตรัมของพลาสมาที่เกิดขึ้น เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของการจ่ายก๊าซมีเทน และไฮโดรเจน เข้าไปยังห้องสุญญากาศ

ทำการสร้างระบบไมโครเวฟพลาสมาชีวิตสำหรับปลูกฟิล์มบางเพชรโดยอาศัยคลื่นไมโครเวฟ ในการช่วยกระตุ้นทำให้เกิดพลาสมา ซึ่งระบบดังกล่าวแสดงได้ดังรูปที่ 3.6 และรูปที่ 3.7



เอกสารนี้เป็นเอกสาร (a) ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ (b) อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(c)

(d)

รูปที่ 3.6 โครงสร้างระบบ Microwave plasma CVD

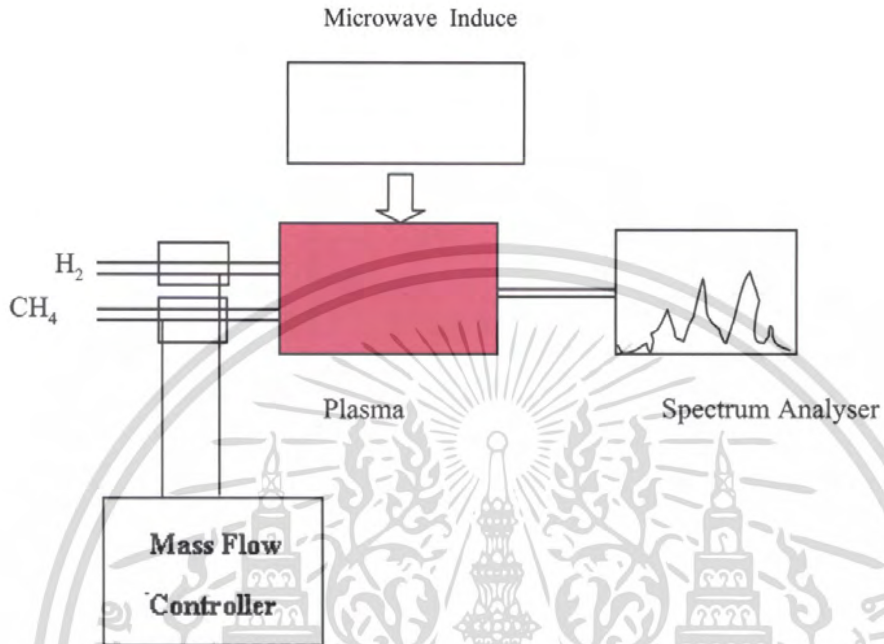
- (a) รูปโครงสร้างระบบแบบสามมิติ
- (b) รูปโครงสร้างระบบแบบด้านข้าง
- (c) รูปโครงสร้างระบบแบบด้านบน
- (d) รูปที่เกิดพลาสมาภายในระบบโครงสร้าง



รูปที่ 3.7 ระบบ Microwave plasma CVD วิธีการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 ทำการทดลองกำเนิดพลาสมาโดยระบบ MPCVD



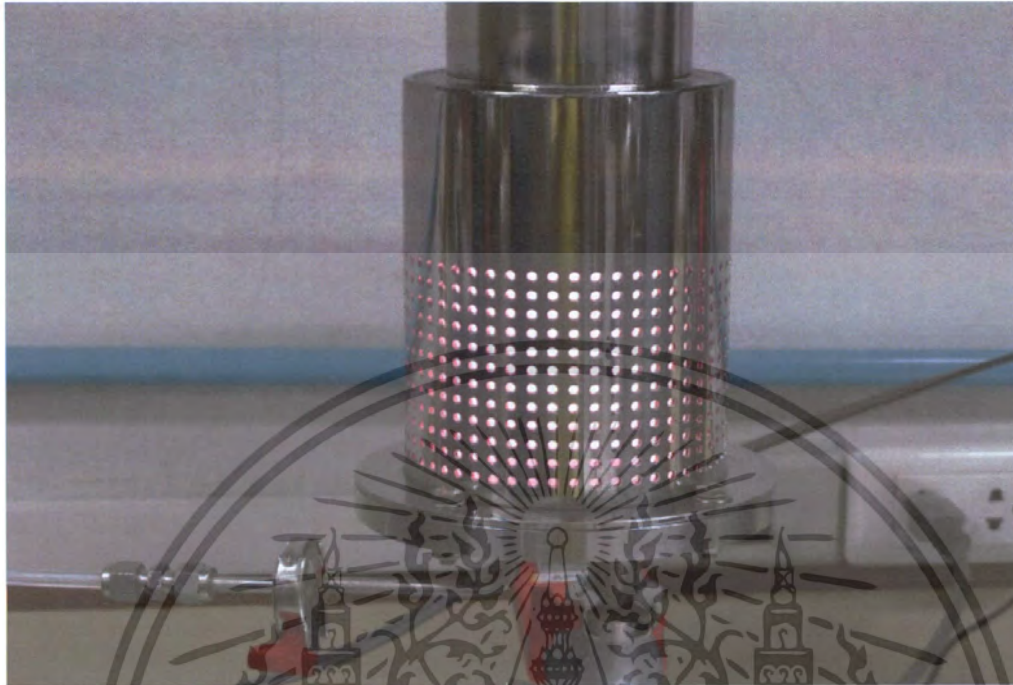
รูปที่ 3.8 แผนภาพ ระบบ Microwave plasma CVD

รูปแสดงการเกิดไมโครเวฟพลาสมาชีวิต ที่เกิดจากการจุดพลาสมาภายใน Chamber โดยการจ่ายก๊าซไฮโดรเจน และก๊าซมีเทนดังแสดงในรูปที่ 3.9



(a)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(b)

รูปที่ 3.9 การเกิด Microwave Plasma

(a) ระบบ MPCVD

(b) การเกิดพลาสมาในระบบ MPCVD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองผลการทดลองและอภิปรายผล

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองที่ได้ทำการทดลอง โดยทำการทดลองตามขั้นตอนต่าง ๆ เพื่อสร้างเครื่องควบคุมอัตราการไหลของก๊าซ และทำการหาอัตราส่วนของก๊าซไฮโดรเจนกับมีเทนที่เหมาะสมในการปลูกฟิล์มบางเพชร โดยใช้เครื่องควบคุมอัตราการไหลที่สร้างขึ้นเป็นตัวควบคุมก๊าซ

4.1 ผลการทดลองการสร้างเครื่องควบคุมอัตราการไหลของก๊าซ

4.1.1. การทดลองเครื่องควบคุมอัตราการไหลของก๊าซ (Mass Flow Controller)

เป็นการทดลองที่อัตราการไหลตั้งแต่ 0-2 sccm สำหรับก๊าซออกซิเจน และ 0-5 sccm สำหรับไอน้ำ ด้วยชุดทดลองที่สร้างขึ้นและบันทึกค่าแรงดันอินพุท, เอาท์พุท, สถานะตรวจสอบ (Test point) ด้วยมัลติมิเตอร์และความดัน (มิลลิบาร์) ในช่วงสุญญากาศด้วยเกจวัดแรงดันอินพุท โดยแต่ละอย่างทำหน้าที่คือ

อินพุท คือปริมาณแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้าไปควบคุมการเปิดปิดวาล์วของเกจควบคุมการไหลของก๊าซโดยวัดจากมิเตอร์

เอาท์พุท คือปริมาณแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากขาสัญญาณเอาท์พุทของเกจควบคุมอัตราการไหลของก๊าซด้วยมิเตอร์ ซึ่งจะชี้ให้เห็นว่ามีค่าอัตราการไหล (sccm)

ค่าสถานะทดสอบ (Test point) ที่ได้จากการทดลองซึ่งจะบอกถึงสถานการณ์ทำงานของอุปกรณ์เกจควบคุมอัตราการไหลของก๊าซ

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองที่ได้จากการทดลอง Mass Flow Controller (0-2sccm) ซึ่งทำการทดลองโดยใช้ก๊าซอาร์กอน

MFC Input (V)	Pressure Gauge Output (V)	Calculated Pressure (mbar)	Pressure (mbar)	MFC Output (V)	Test point (V)
0.0	2.710	0.005	0.006	0.01	-0.523
0.1	2.810	0.006	0.008	0.1	-3.330
0.2	3.022	0.010	0.011	0.2	-3.445
0.3	3.117	0.012	0.014	0.3	-3.512
0.4	3.226	0.015	0.016	0.4	-3.422
0.5	3.390	0.020	0.020	0.5	-3.455

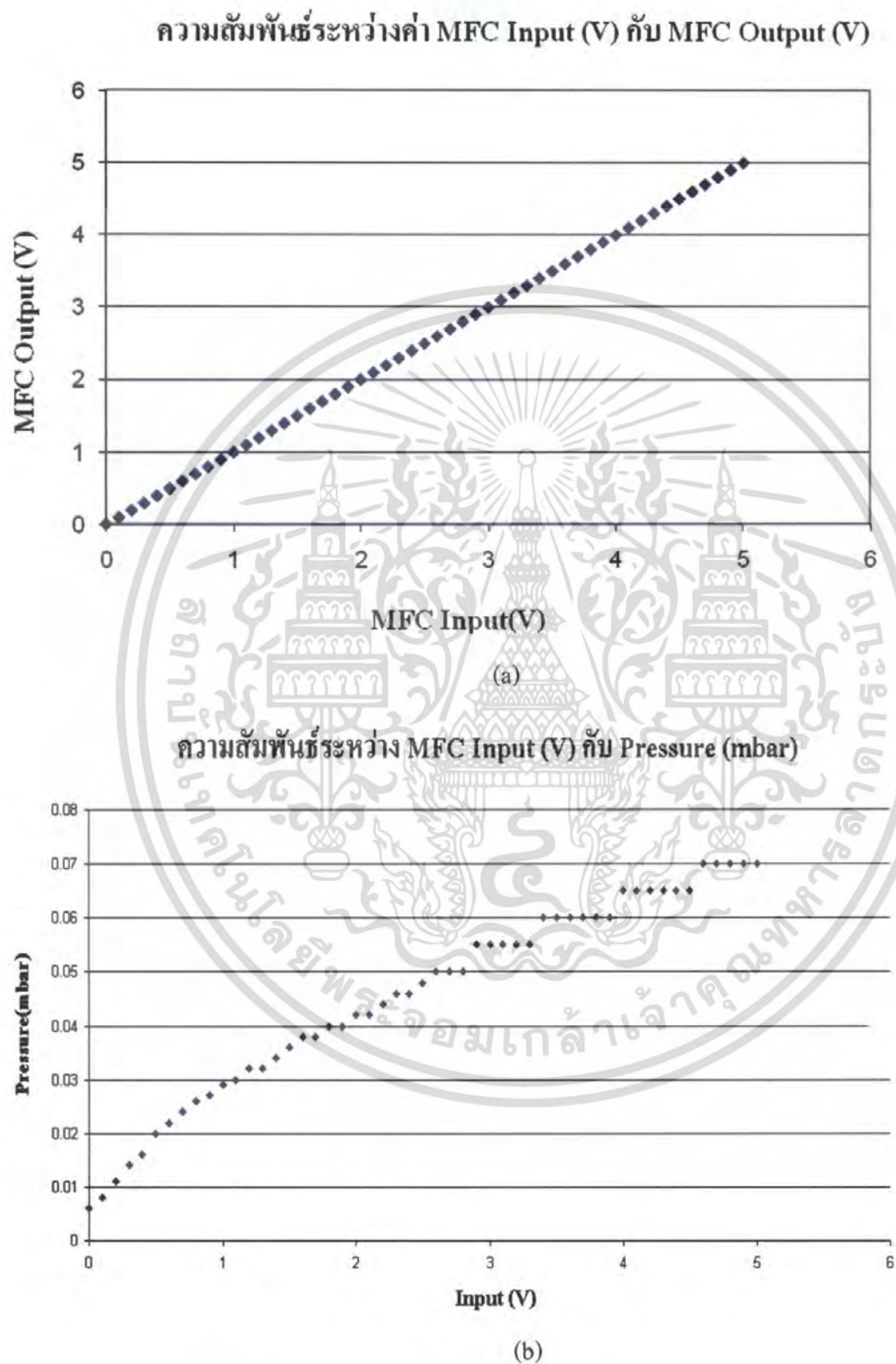
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้ประโยชน์ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MFC Input (V)	Pressure Gauge Output (V)	Calculated Pressure (mbar)	Pressure (mbar)	MFC Output (V)	Test point (V)
0.6	3.450	0.023	0.022	0.6	-3.486
0.7	3.480	0.024	0.024	0.7	-3.505
0.8	3.520	0.025	0.026	0.8	-3.525
0.9	3.550	0.027	0.027	0.9	-3.540
1.0	3.570	0.028	0.029	1.0	-3.592
1.1	3.600	0.029	0.030	1.1	-3.609
1.2	3.630	0.031	0.032	1.2	-3.623
1.3	3.650	0.032	0.032	1.3	-3.636
1.4	3.680	0.033	0.034	1.4	-3.647
1.5	3.700	0.034	0.036	1.5	-3.657
1.6	3.730	0.036	0.038	1.6	-3.667
1.7	3.750	0.037	0.038	1.7	-3.678
1.8	3.770	0.038	0.040	1.8	-3.688
1.9	3.790	0.039	0.040	1.9	-3.698
2.0	3.810	0.041	0.042	2.0	-3.637
2.1	3.810	0.041	0.042	2.1	-3.651
2.2	3.840	0.043	0.044	2.2	-3.664
2.3	3.860	0.044	0.046	2.3	-3.676
2.4	3.870	0.044	0.046	2.4	-3.693
2.5	3.890	0.046	0.048	2.5	-3.704
2.6	3.900	0.047	0.050	2.6	-3.715
2.7	3.920	0.048	0.050	2.7	-3.728
2.8	3.930	0.049	0.050	2.8	-3.737
2.9	3.950	0.050	0.055	2.9	-3.748
3.0	3.960	0.051	0.055	3.0	-3.756
3.1	3.970	0.051	0.055	3.1	-3.766
3.2	3.980	0.052	0.055	3.2	-3.781

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MFC Input (V)	Pressure Gauge Output (V)	Calculated Pressure (mbar)	Pressure (mbar)	MFC Output (V)	Test point (V)
3.3	3.990	0.053	0.055	3.3	-3.790
3.4	4.010	0.054	0.060	3.4	-3.798
3.5	4.020	0.055	0.060	3.5	-3.909
3.6	4.030	0.056	0.060	3.6	-3.821
3.7	4.040	0.057	0.060	3.7	-3.830
3.8	4.050	0.058	0.060	3.8	-3.838
3.9	4.060	0.058	0.060	3.9	-3.846
4.0	4.080	0.060	0.065	4.0	-3.855
4.1	4.090	0.061	0.065	4.1	-3.870
4.2	4.100	0.062	0.065	4.2	-3.879
4.3	4.110	0.063	0.065	4.3	-3.887
4.4	4.120	0.063	0.065	4.4	-3.894
4.5	4.130	0.064	0.065	4.5	-3.902
4.6	4.140	0.065	0.070	4.6	-3.910
4.7	4.150	0.066	0.070	4.7	-3.917
4.8	4.160	0.067	0.070	4.8	-3.863
4.9	4.170	0.068	0.070	4.9	-3.871
5.0	4.180	0.0691	0.070	5.0	-3.882

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ของ MFC (0-2 sccm)

(a) ความสัมพันธ์ระหว่างค่า MFC Input (V) กับ MFC Output (V)

(b) ความสัมพันธ์ระหว่างค่า MFC Input (V) กับ Test point (V)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และสงวนสิทธิ์ในข้อมูลทั้งหมด ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองที่ได้จากการทดลอง Mass Flow Controller (0-5 sccm) ซึ่งทำการทดลองโดยใช้ก๊าซอาร์กอน

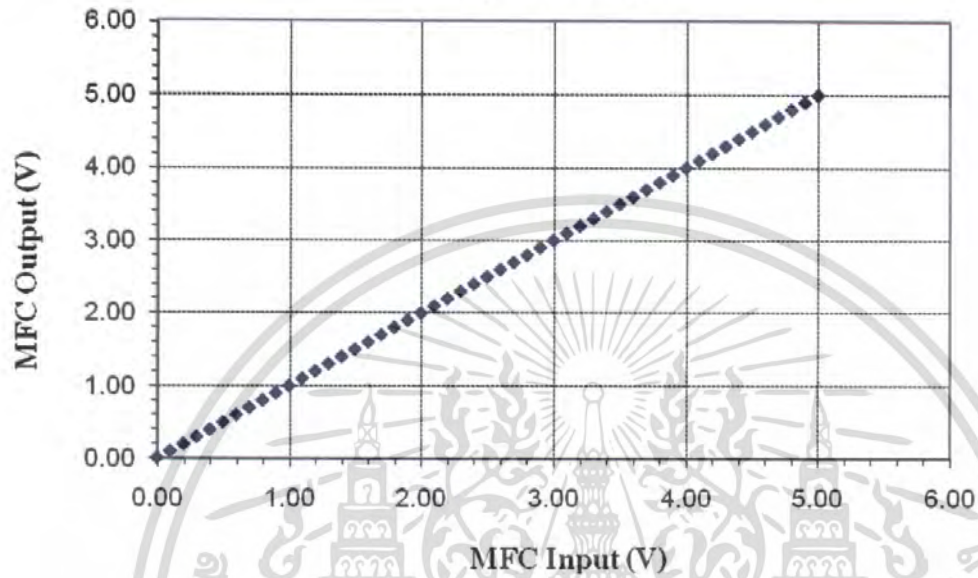
MFC Input (V)	Pressure Gauge Output (V)	Calculated Pressure (mbar)	Pressure (mbar)	MFC Output(V)	Test point (V)
0.0	2.701	0.005	0.0055	0.01	-0.635
0.1	3.480	0.024	0.0240	0.1	-3.528
0.2	3.510	0.025	0.0250	0.2	-3.647
0.3	3.560	0.027	0.0280	0.3	-3.833
0.4	3.660	0.032	0.0320	0.4	-3.810
0.5	3.740	0.036	0.0380	0.5	-3.892
0.6	3.800	0.040	0.0420	0.6	-3.950
0.7	3.870	0.044	0.0480	0.7	-3.950
0.8	3.920	0.048	0.0500	0.8	-4.300
0.9	3.970	0.051	0.0550	0.9	-4.140
1.0	4.020	0.055	0.0600	1.0	-4.190
1.1	4.060	0.058	0.0600	1.1	-4.450
1.2	4.090	0.061	0.0650	1.2	-4.030
1.3	4.130	0.064	0.0650	1.3	-4.370
1.4	4.160	0.067	0.0700	1.4	-4.470
1.5	4.180	0.069	0.0700	1.5	-4.320
1.6	4.210	0.071	0.0750	1.6	-4.250
1.7	4.240	0.074	0.0750	1.7	-4.340
1.8	4.270	0.077	0.0800	1.8	-4.500
1.9	4.280	0.078	0.0800	1.9	-4.870
2.0	4.310	0.081	0.0850	2.0	-4.15
2.1	4.340	0.084	0.0850	2.1	-4.21
2.2	4.370	0.087	0.0900	2.2	-4.24
2.3	4.400	0.091	0.0900	2.3	-4.35
2.4	4.420	0.093	0.0950	2.4	-4.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MFC Input (V)	Pressure Gauge Output (V)	Calculated Pressure (mbar)	Pressure (mbar)	MFC Output(V)	Test point (V)
2.5	4.450	0.096	0.0950	2.5	-4.32
2.6	4.470	0.099	0.1000	2.6	-4.34
2.7	4.500	0.102	0.1000	2.7	-4.35
2.8	4.520	0.105	0.1000	2.8	-4.38
2.9	4.540	0.107	0.1000	2.9	-4.39
3.0	4.560	0.110	0.1000	3.0	-4.31
3.1	4.590	0.113	0.1200	3.1	-4.41
3.2	4.610	0.116	0.1200	3.2	-4.36
3.3	4.630	0.119	0.1200	3.3	-4.43
3.4	4.650	0.121	0.1300	3.4	-4.46
3.5	4.670	0.124	0.1300	3.5	-4.47
3.6	4.690	0.127	0.1300	3.6	-4.50
3.7	4.710	0.130	0.1400	3.7	-4.50
3.8	4.730	0.132	0.1400	3.8	-4.52
3.9	4.750	0.135	0.1400	3.9	-4.53
4.0	4.770	0.138	0.1500	4.0	-4.56
4.1	4.790	0.141	0.1500	4.1	-4.56
4.2	4.810	0.144	0.1500	4.2	-4.58
4.3	4.820	0.146	0.1500	4.3	-4.59
4.4	4.840	0.149	0.1600	4.4	-4.59
4.5	4.860	0.152	0.1600	4.5	-4.62
4.6	4.880	0.155	0.1600	4.6	-4.66
4.7	4.900	0.159	0.1600	4.7	-4.67
4.8	4.910	0.160	0.1700	4.8	-4.66
4.9	4.930	0.164	0.1700	4.9	-4.70
5.0	4.950	0.167	0.1700	5.0	-4.70

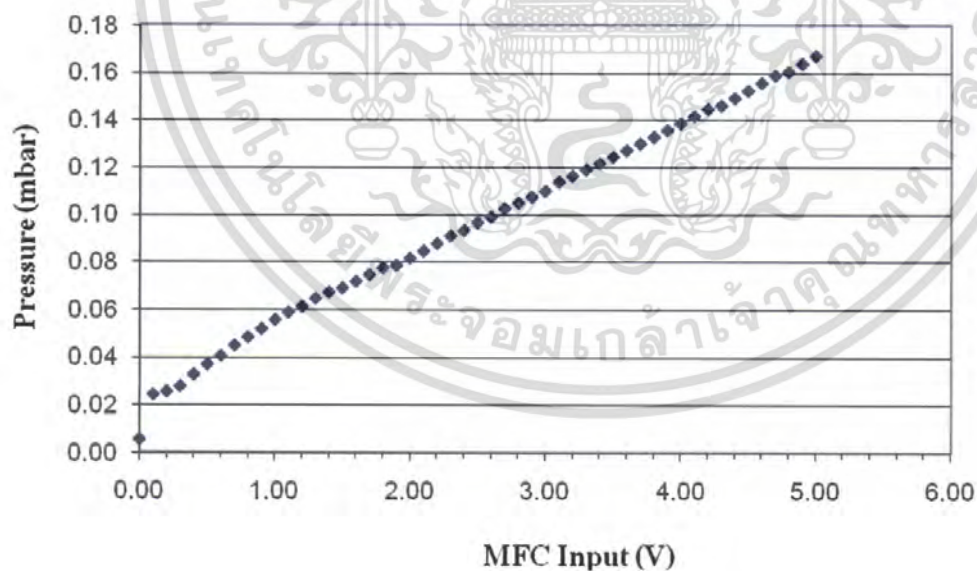
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์ระหว่าง MFC Input (V) กับ MFC Output(V)
(0- 5 SCCM)



(a)

ความสัมพันธ์ระหว่าง MFC Input (V) กับ Pressure (mbar)



(b)

รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ของ MFC (0-5 sccm)

(a) ความสัมพันธ์ระหว่าง MFC Input (V) กับ MFC Output(V)(0- 5 SCCM)

(b) ความสัมพันธ์ระหว่าง MFC Input (V) กับ Pressure (mbar) (0- 5 SCCM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ผลการทดลอง

ทดสอบอัตราการไหลของก๊าซอาร์กอนที่ 0-2 sccm

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าอินพุท กับแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุท จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแรงดันไฟฟ้าอินพุทให้กับเกจควบคุมอัตราการไหลของก๊าซ จะทำให้ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุท ที่ได้จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งจะมีกราฟเป็นลักษณะเชิงเส้น (linear) ซึ่งค่าอินพุทและเอาต์พุทมีค่าที่เท่ากัน

ความดัน (มิลลิบาร์) จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณแรงดันไฟฟ้าอินพุทที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่ามีก๊าซไหลเข้าไปในช่องสุญญากาศเร็วกว่าสภาวะปกติที่ใช้ rotary pump ทำงานอย่างเดียว

ทดสอบอัตราการไหลของก๊าซอาร์กอนที่ 0-5 sccm

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า กราฟยังมีสถานะเหมือนเดิม คือมีค่าอินพุท(โวลต์)และเอาต์พุท(โวลต์) ที่ออกมาใกล้เคียงกัน มีลักษณะเป็นเชิงเส้นต่อกัน (linear) มากขึ้นในช่วง 0-5 โวลต์ และมีค่าใกล้เคียงกันแสดงให้เห็นว่าในช่วงแรงดันอินพุท(โวลต์) 0-5 โวลต์สามารถควบคุมเกจอัตราการไหลที่มีช่วงอัตราการไหลที่ 0-5 sccm ได้ตรงตามสเปคของเกจ แสดงว่า แรงดันอินพุท (โวลต์) เป็นสัญญาณควบคุมอัตราการไหลของก๊าซ

4.1.2. การทดลองชุดควบคุมอัตราการไหลของก๊าซ

โดยทำการทดลองเพื่อทดสอบค่าของชุดทดลองที่สร้างขึ้น และบันทึกค่าเอาต์พุทที่ได้ผ่านทางมิเตอร์ 1 และ 2 เทียบกับเอาต์พุทที่ได้จากมัลติมิเตอร์ โดยมิเตอร์ 1,2 คือ display ที่แสดงค่าออกมาทาง 7-segment ทั้งสองตัวของชุดทดลอง จะใช้วัดอัตราการไหลของก๊าซ โดยมิเตอร์ 1 คือ อัตราการจ่ายแรงดันไฟฟ้าเทียบกับอินพุท ส่วนมิเตอร์ 2 คือ แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุทเทียบกับ Digitalmultimeter

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองชุดควบคุมอัตราการไหลของก๊าซ

Voltage Input (V)	Digitalmultimeter (V)	Meter 1 (V)	Meter 2 (V)
0.05	0.052	0.05	0.05
0.10	0.101	0.10	0.10
0.15	0.151	0.15	0.15
0.20	0.202	0.20	0.20
0.25	0.251	0.25	0.25
0.30	0.301	0.30	0.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Voltage Input (V)	Digitalmultimeter (V)	Meter 1 (V)	Meter 2 (V)
0.35	0.352	0.35	0.35
0.40	0.400	0.40	0.40
0.45	0.451	0.45	0.45
0.50	0.501	0.50	0.50
0.55	0.551	0.55	0.55
0.60	0.601	0.60	0.60
0.65	0.650	0.65	0.65
0.70	0.701	0.70	0.70
0.75	0.751	0.75	0.75
0.80	0.800	0.80	0.80
0.85	0.851	0.85	0.85
0.90	0.901	0.90	0.90
0.95	0.950	0.95	0.95
1.00	1.000	1.00	1.00
1.05	1.050	1.05	1.05
1.10	1.100	1.10	1.10
1.15	1.151	1.15	1.15
1.20	1.201	1.20	1.20
1.25	1.251	1.25	1.25
1.30	1.301	1.30	1.30
1.35	1.351	1.35	1.35
1.40	1.400	1.40	1.40
1.45	1.450	1.45	1.45
1.50	1.501	1.50	1.50
1.55	1.550	1.55	1.55
1.60	1.600	1.60	1.60
1.65	1.651	1.65	1.65
1.70	1.700	1.70	1.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

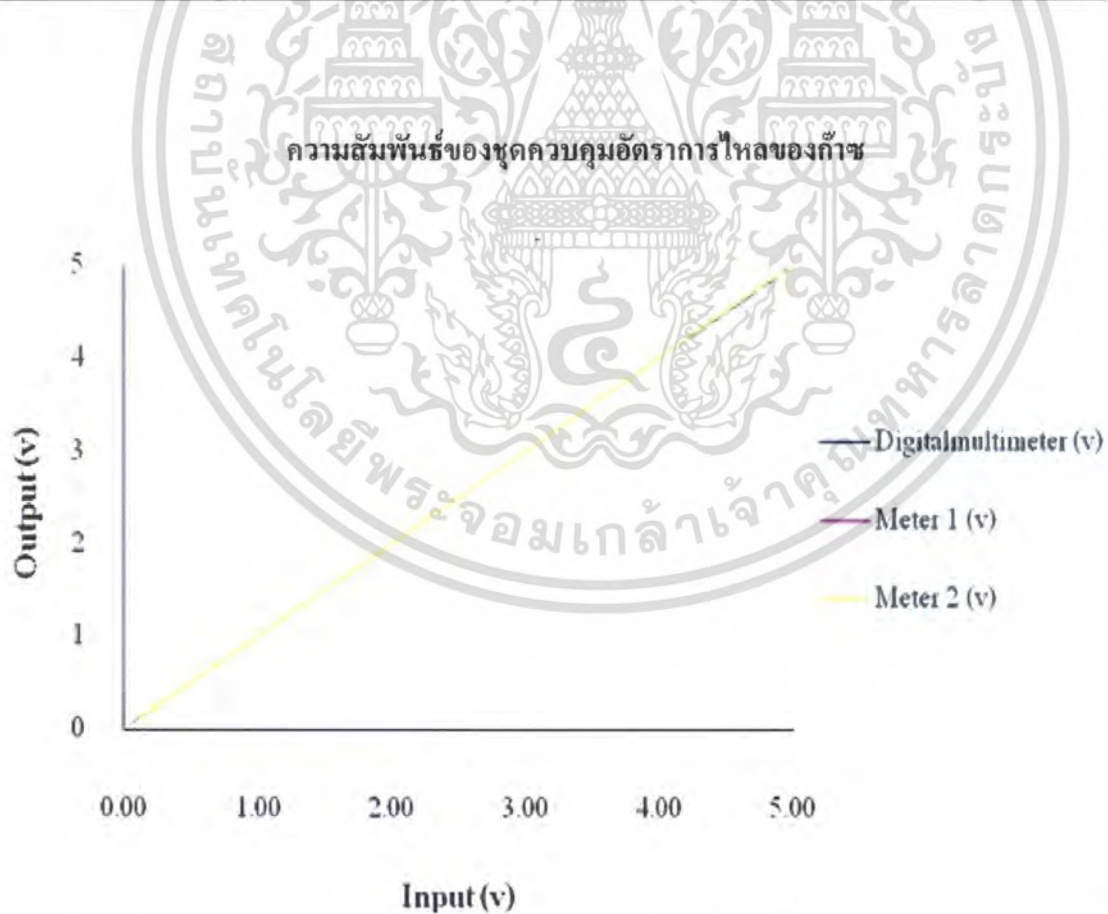
Voltage Input (V)	Digitalmultimeter (V)	Meter 1 (V)	Meter 2 (V)
1.75	1.750	1.75	1.75
1.80	1.800	1.80	1.80
1.85	1.850	1.85	1.85
1.90	1.901	1.90	1.90
1.95	1.949	1.95	1.95
2.00	2.000	2.00	2.00
2.05	2.050	2.05	2.05
2.10	2.099	2.10	2.10
2.15	2.151	2.15	2.15
2.20	2.200	2.20	2.20
2.25	2.249	2.25	2.25
2.30	2.300	2.30	2.30
2.35	2.350	2.35	2.35
2.40	2.400	2.40	2.40
2.45	2.450	2.45	2.45
2.50	2.500	2.50	2.50
2.55	2.550	2.55	2.55
2.60	2.600	2.60	2.60
2.65	2.651	2.65	2.65
2.70	2.700	2.70	2.70
2.75	2.750	2.75	2.75
2.80	2.801	2.80	2.80
2.85	2.850	2.85	2.85
2.90	2.900	2.90	2.90
2.95	2.949	2.95	2.95
3.00	3.000	3.00	3.00
3.05	3.050	3.05	3.05
3.10	3.099	3.10	3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Voltage Input (V)	Digitalmultimeter (V)	Meter 1 (V)	Meter 2 (V)
3.15	3.150	3.15	3.15
3.20	3.200	3.20	3.20
3.25	3.249	3.25	3.25
3.30	3.300	3.30	3.30
3.35	3.350	3.35	3.35
3.40	3.399	3.40	3.40
3.45	3.450	3.45	3.45
3.50	3.500	3.50	3.50
3.55	3.549	3.55	3.55
3.60	3.599	3.60	3.60
3.65	3.650	3.65	3.65
3.70	3.699	3.70	3.70
3.75	3.749	3.75	3.75
3.80	3.800	3.80	3.80
3.85	3.849	3.85	3.85
3.90	3.899	3.90	3.90
3.95	3.950	3.95	3.95
4.00	3.999	4.00	4.00
4.05	4.049	4.05	4.05
4.10	4.100	4.11	4.10
4.15	4.149	4.15	4.16
4.20	4.199	4.20	4.20
4.25	4.248	4.25	4.26
4.30	4.299	4.30	4.30
4.35	4.350	4.36	4.36
4.40	4.398	4.41	4.41
4.45	4.449	4.46	4.46
4.50	4.499	4.51	4.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Voltage Input (V)	Digitalmultimeter (V)	Meter 1 (V)	Meter 2 (V)
4.55	4.549	4.56	4.56
4.60	4.599	4.61	4.61
4.65	4.649	4.66	4.66
4.70	4.698	4.71	4.71
4.75	4.749	4.76	4.76
4.80	4.799	4.81	4.81
4.85	4.849	4.86	4.86
4.90	4.899	4.91	4.90
4.95	4.950	4.96	4.95
5.00	4.999	5.01	5.00



รูปที่ 4.3 การทดสอบชุดควบคุมอัตราไหล ความสัมพันธ์ระหว่าง Input (V) กับ Output (V)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองและกราฟแสดงให้เห็นว่า เอาท์พุท(โวลต์)ที่ได้จากมัลติมิเตอร์(โวลต์) และมิเตอร์ทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกันมาก บางค่าก็เท่ากัน ทำให้ได้กราฟออกมาในลักษณะเป็นเชิงเส้น(linear) คือค่าทั้งสามเส้นซ้อนทับกันเป็นเส้นเดียวกัน เป็นจึงสรุปได้ว่ามิเตอร์ทั้งสองจากชุดควบคุมอัตราการไหลที่สร้างขึ้นมาเองให้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าอัตราการไหลของก๊าซจริง

4.1.3. การทดลองการควบคุมเกจวัดอัตราการไหลของก๊าซภายในระบบ MPCVD

การทดลองควบคุมเกจควบคุมอัตราการไหลของก๊าซที่อัตราการไหลตั้งแต่ 0-2 sccm และ 0-5 sccm ด้วยชุดทดลองที่สร้างขึ้นโดยต่อเข้ากับระบบ MPCVD โดยระบบนี้จะใช้ทำการทดลอง การสร้างฟิล์มบางเพชร และบันทึกค่าแรงดันอินพุท (โวลต์) , เอาท์พุท (โวลต์) , มัลติมิเตอร์และความดัน (มิลลิบาร์) ในช่วงสูญญากาศด้วยเกจวัดแรงดันอินพุท (โวลต์) โดยการทดลองนี้จะให้ เอาท์พุทที่แสดงผลออกมาทางมิเตอร์และทางdisplay (7-segment)

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองชุดควบคุมอัตราการไหลของก๊าซด้วยระบบ MPCVD ตั้งแต่ (0-2 sccm)

Voltage Input Control (V)	Output(V)		Pressure (mbar)
	Meter	Display	
0.0	0.002	0.00	0.0042
0.1	0.101	0.10	0.008
0.2	0.201	0.20	0.012
0.3	0.306	0.30	0.015
0.4	0.408	0.40	0.019
0.5	0.506	0.50	0.022
0.6	0.601	0.60	0.024
0.7	0.7	0.70	0.026
0.8	0.803	0.80	0.029
0.9	0.901	0.90	0.03
1.0	1.001	1.00	0.032
1.1	1.102	1.10	0.034

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

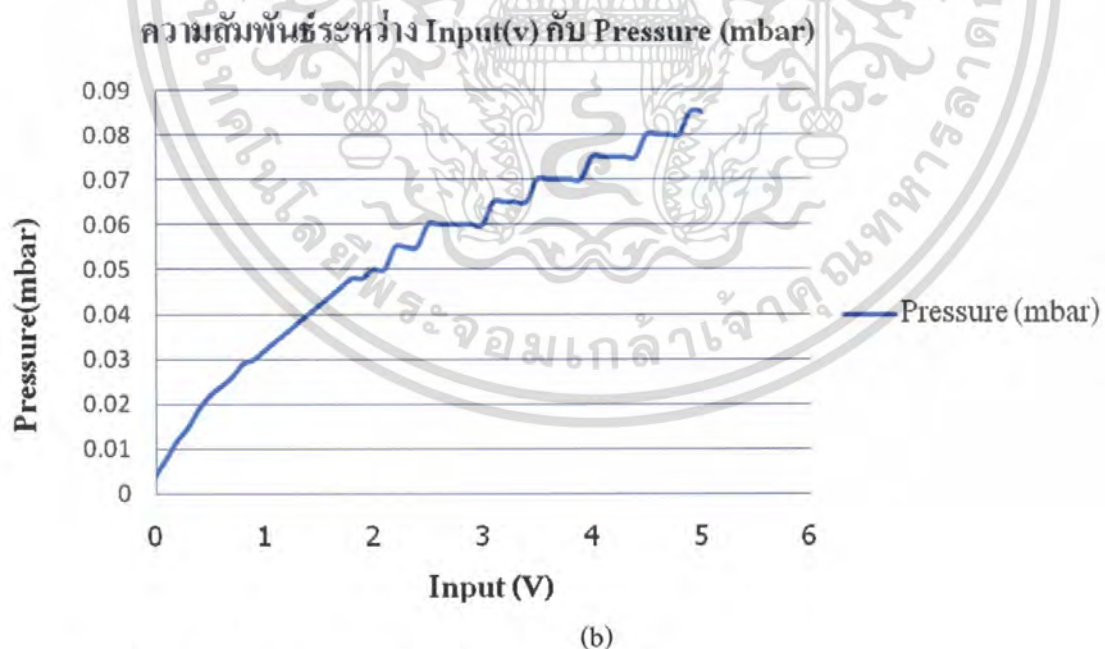
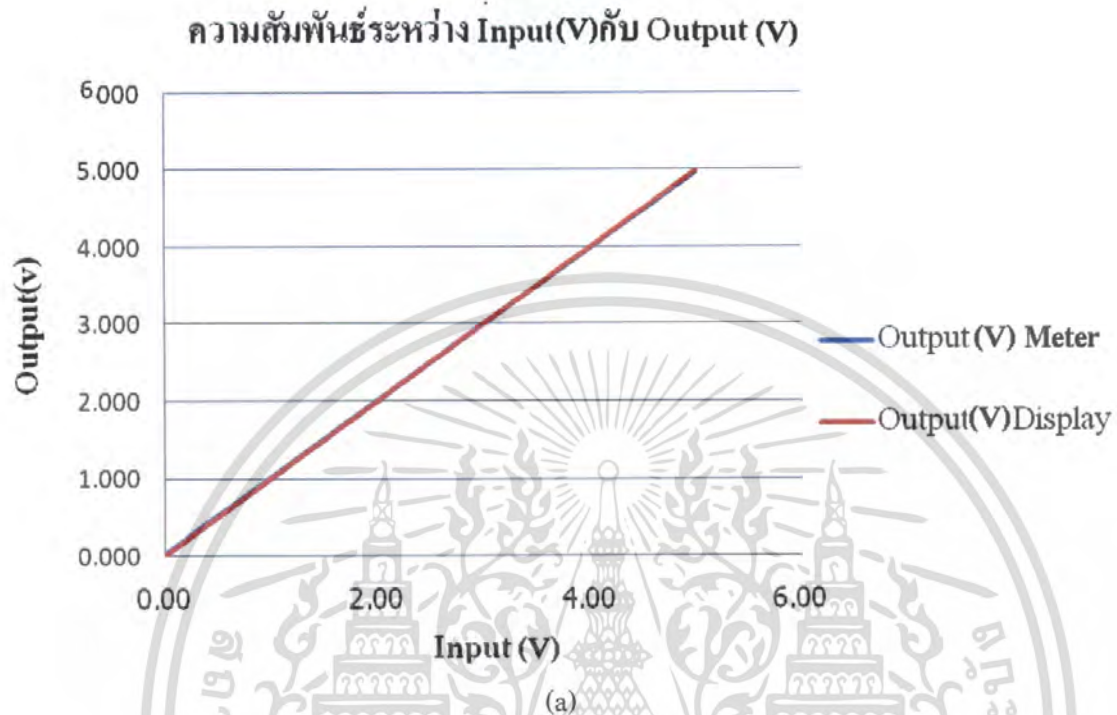
Voltage Input Control (V)	Output(V)		Pressure (mbar)
	Meter	Display	
1.2	1.202	1.20	0.036
1.3	1.302	1.30	0.038
1.4	1.401	1.40	0.04
1.5	1.495	1.490	0.042
1.6	1.602	1.60	0.044
1.7	1.701	1.70	0.046
1.8	1.796	1.79	0.048
1.9	1.899	1.90	0.048
2.0	1.994	1.99	0.05
2.1	2.093	2.09	0.05
2.2	2.199	2.20	0.055
2.3	2.294	2.29	0.055
2.4	2.394	2.39	0.055
2.5	2.499	2.5	0.06
2.6	2.596	2.59	0.06
2.7	2.697	2.69	0.06
2.8	2.797	2.80	0.06
2.9	2.892	2.89	0.06
3.0	2.991	2.99	0.06
3.1	3.089	3.09	0.065
3.2	3.192	3.19	0.065
3.3	3.292	3.29	0.065
3.4	3.383	3.38	0.065
3.5	3.484	3.48	0.07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ผู้ใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Voltage Input Control (V)	Output(V)		Pressure (mbar)
	Meter	Display	
3.6	3.583	3.58	0.07
3.7	3.685	3.69	0.07
3.8	3.785	3.79	0.07
3.9	3.88	3.88	0.07
4.0	3.982	3.98	0.075
4.1	4.083	4.08	0.075
4.2	4.184	4.19	0.075
4.3	4.284	4.28	0.075
4.4	4.388	4.39	0.075
4.5	4.48	4.48	0.08
4.6	4.576	4.58	0.08
4.7	4.679	4.68	0.08
4.8	4.774	4.78	0.08
4.9	4.872	4.88	0.085
5.0	4.974	4.98	0.085

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์ระหว่าง Input (V) กับ Output (V) ตั้งแต่ (0-2 sccm)



รูปที่ 4.4 อัตราการไหลของก๊าซด้วยระบบ MPCVD

(a) ความสัมพันธ์ระหว่าง Input (v) กับ Output (v) ตั้งแต่ (0-2 sccm)

(b) ความสัมพันธ์ระหว่าง Input (v) กับ Pressure (mbar) ตั้งแต่ (0-2 sccm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองชุดควบคุมอัตราการไหลของก๊าซด้วยระบบ MPCVD ตั้งแต่ (0-5 sccm)

Voltage Input Control (V)	output (V)		Pressure (mbar)
	Digitalmultimeter (V)	Display (V)	
0.00	0.002	0.00	0.008
0.10	0.101	0.10	0.012
0.20	0.201	0.20	0.021
0.30	0.306	0.30	0.027
0.40	0.408	0.40	0.032
0.50	0.506	0.50	0.038
0.60	0.601	0.60	0.042
0.70	0.700	0.70	0.046
0.80	0.803	0.80	0.050
0.90	0.901	0.90	0.055
1.00	1.001	1.00	0.060
1.10	1.102	1.10	0.065
1.20	1.202	1.20	0.070
1.30	1.302	1.30	0.070
1.40	1.401	1.40	0.075
1.50	1.495	1.49	0.080
1.60	1.602	1.60	0.085
1.70	1.701	1.70	0.085
1.80	1.796	1.79	0.090
1.90	1.899	1.90	0.095
2.00	1.994	1.99	0.100
2.10	2.093	2.09	0.100
2.20	2.199	2.20	0.110
2.30	2.294	2.29	0.110

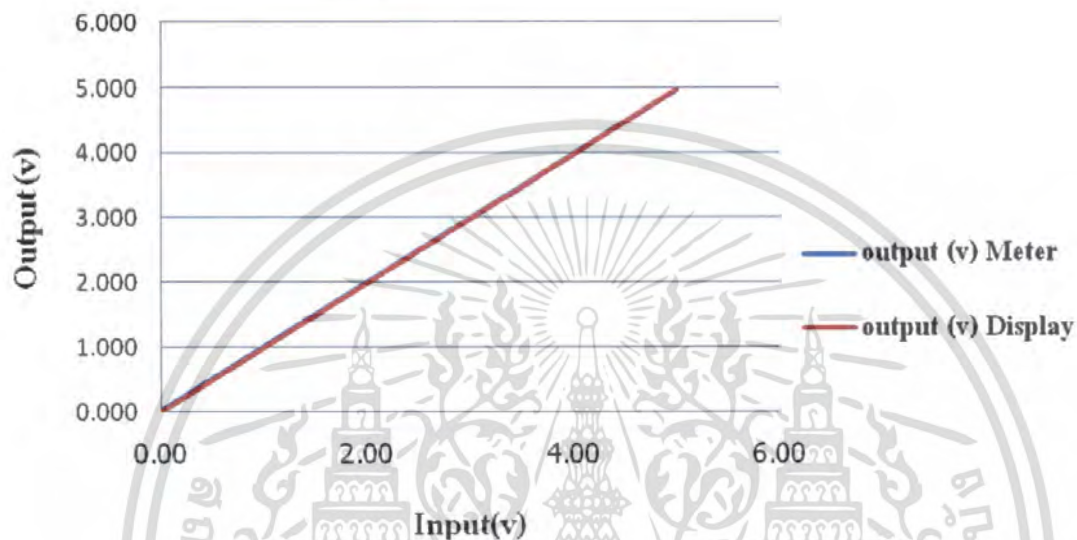
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Voltage Input Control (v)	output (v)		Pressure (mbar)
	Digitalmultimeter (v)	Display (v)	
2.40	2.394	2.39	0.120
2.50	2.499	2.50	0.120
2.60	2.590	2.59	0.130
2.70	2.697	2.69	0.130
2.80	2.797	2.80	0.140
2.90	2.892	2.89	0.140
3.00	2.991	2.99	0.140
3.10	3.089	3.09	0.150
3.20	3.192	3.19	0.150
3.30	3.292	3.29	0.160
3.40	3.383	3.38	0.160
3.50	3.484	3.48	0.160
3.60	3.583	3.58	0.170
3.70	3.685	3.69	0.170
3.80	3.785	3.79	0.180
3.90	3.880	3.88	0.180
4.00	3.982	3.98	0.180
4.10	4.083	4.08	0.180
4.20	4.184	4.19	0.180
4.30	4.284	4.28	0.180
4.40	4.388	4.39	0.180
4.50	4.480	4.48	0.190
4.60	4.576	4.58	0.190
4.70	4.679	4.68	0.190
4.80	4.774	4.78	0.190
4.90	4.872	4.88	0.190
5.00	4.974	4.98	0.190

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

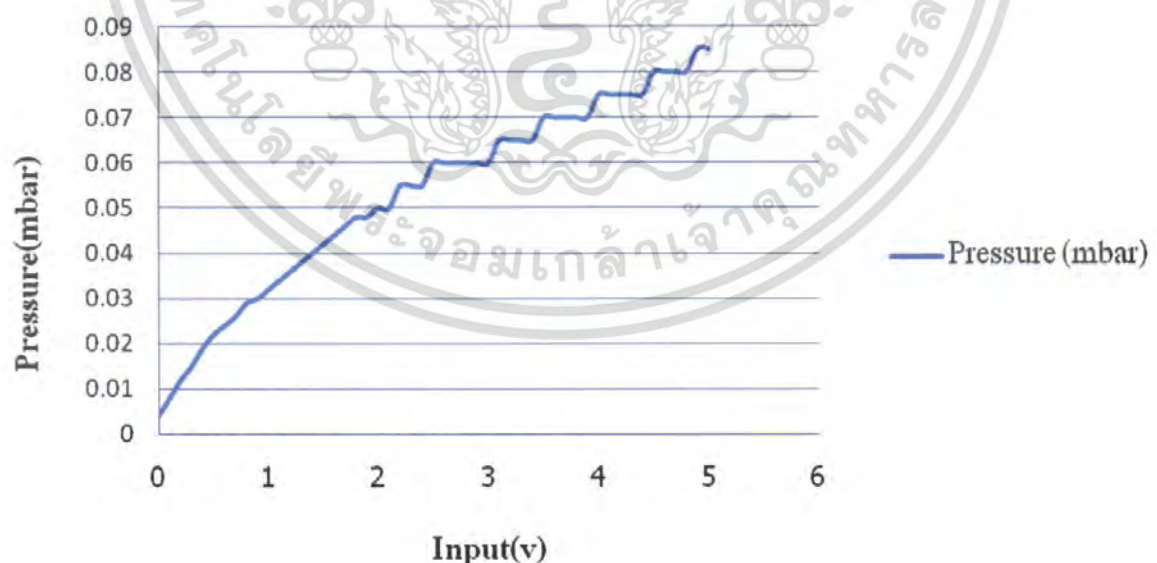
กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Input (v) กับ Output (v) ตั้งแต่ (0-5 sccm)

ความสัมพันธ์ระหว่าง Input(v) กับ Output(v) ตั้งแต่
0- 5 sccm



(a)

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Input(v) กับ Pressure (mbar)



(b)

รูปที่ 4.5 อัตราการไหลของก๊าซด้วยระบบ MPCVD

(a) ความสัมพันธ์ระหว่าง Input (v) กับ Output (v) ตั้งแต่ (0-5 sccm)
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
(b) ความสัมพันธ์ระหว่าง Input (v) กับ Pressure (mbar) ตั้งแต่ (0-5 sccm)
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

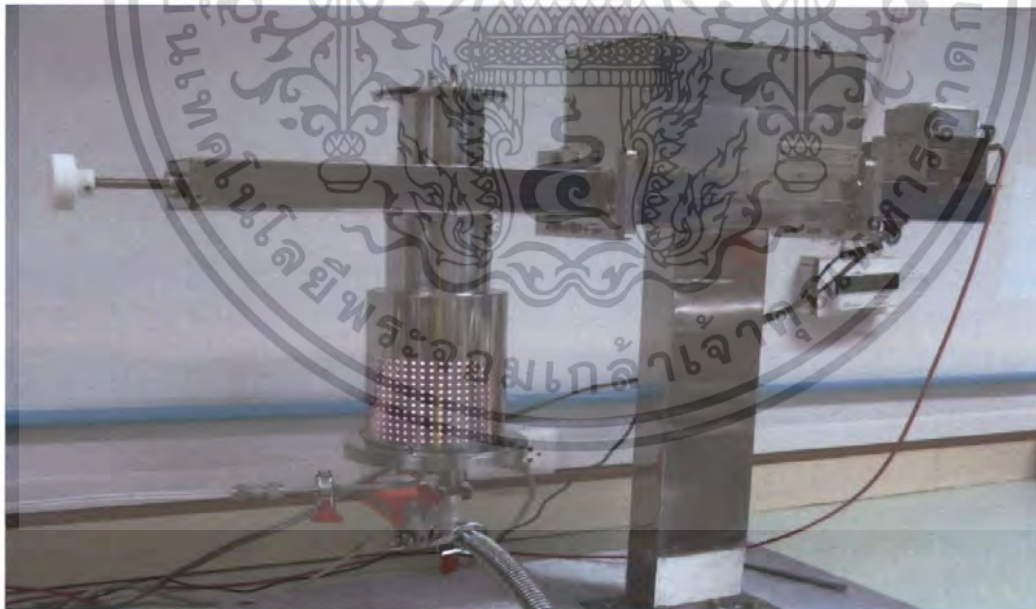
วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองและกราฟแสดงให้เห็นว่าอินพุต(โวลต์) ที่เราป้อนเข้าไปมีความสัมพันธ์กับความดัน(มิลลิบาร์) คือเมื่อให้แรงดันอินพุตเพิ่มมากขึ้นความดันในช่องสุญญากาศก็จะมากขึ้นด้วย จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตกับความดัน จะเห็นว่าความสัมพันธ์ของเส้นกราฟจะมีลักษณะไม่ค่อย linear เท่าไรนัก เนื่องจากตอนทำการทดลอง display ของ pressure gauge มีความละเอียดไม่พอ ควรวัดโวลต์ แล้วนำมาคำนวณหาค่าความดันแทน

4.2 ระบบไมโครเวฟพลาสมาซีวีดี (MPCVD)

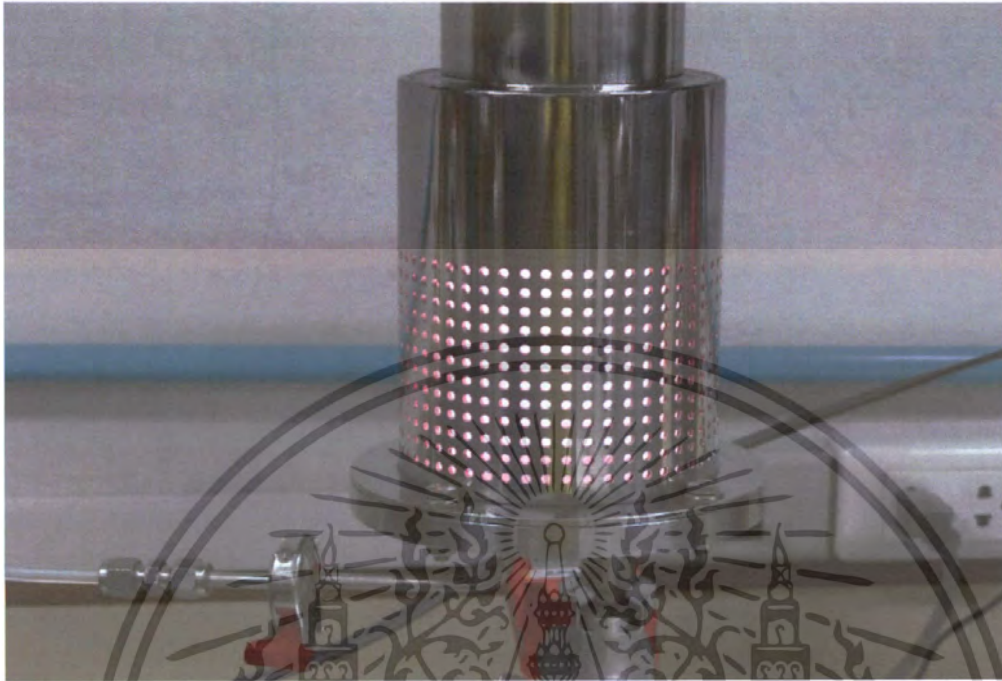
จากการทดลองเมื่อนำชุดควบคุมอัตราการไหลของก๊าซที่เราสร้างขึ้นมา แล้วทำการทดสอบอัตราการไหลของก๊าซ หลังจากนั้นจึงนำมาใช้ควบคุมอัตราการไหลของก๊าซอาร์กอนในระบบไมโครเวฟพลาสมาซีวีดี เพื่อทดสอบการเกิดพลาสมาภายในระบบได้ดังรูปที่ 4.6

รูปแสดงผลการทดลองการเกิดระบบ Microwave Plasma CVD



(a)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(b)

รูปที่ 4.6 ผลการทดลองการเกิดระบบไมโครเวฟพลาสมาซีวีดี

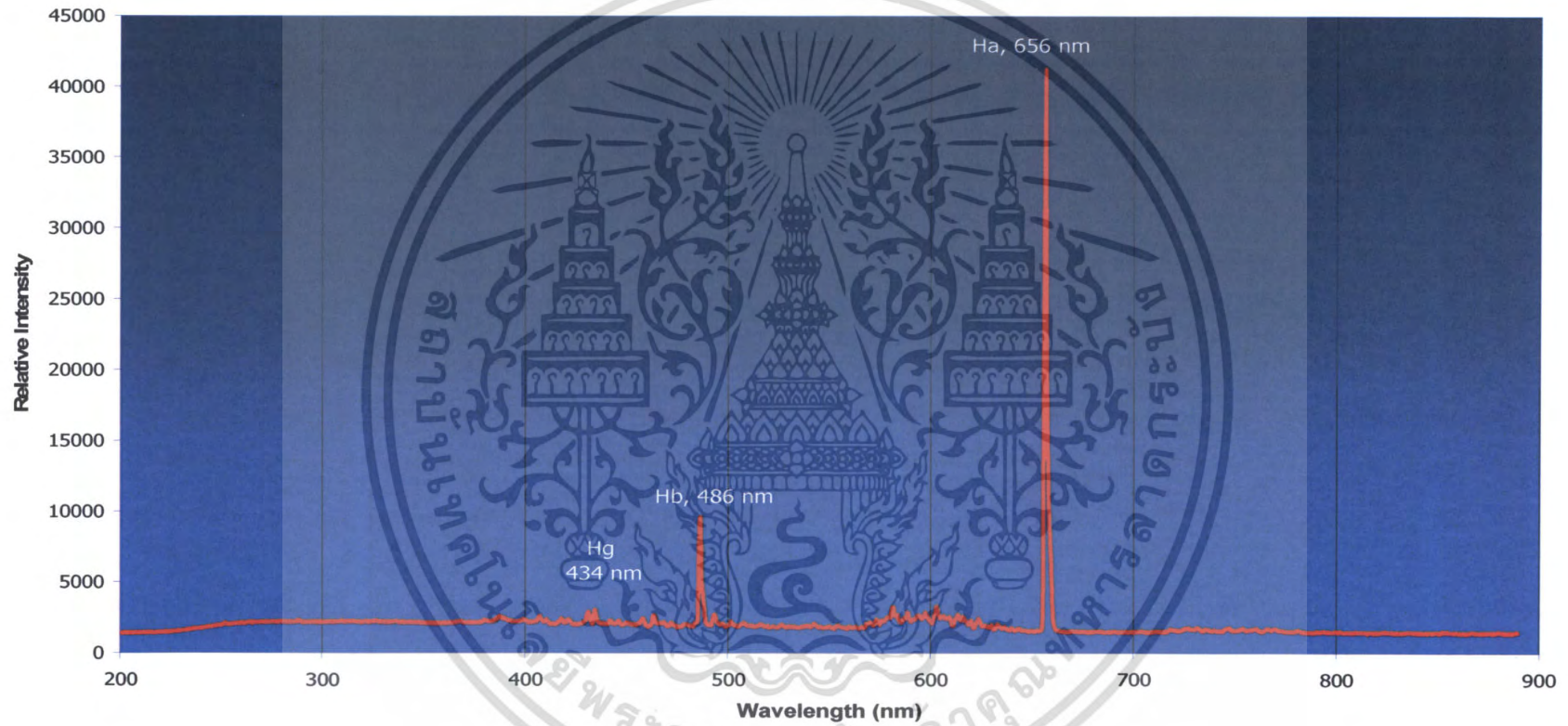
(a) ระบบ MPCVD

(b) การเกิดพลาสมาในระบบ MPCVD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 หาปริมาณสเปกตรัมที่เหมาะสมในการปลูกฟิล์มบางเพชรของไฮโดรเจน H_2

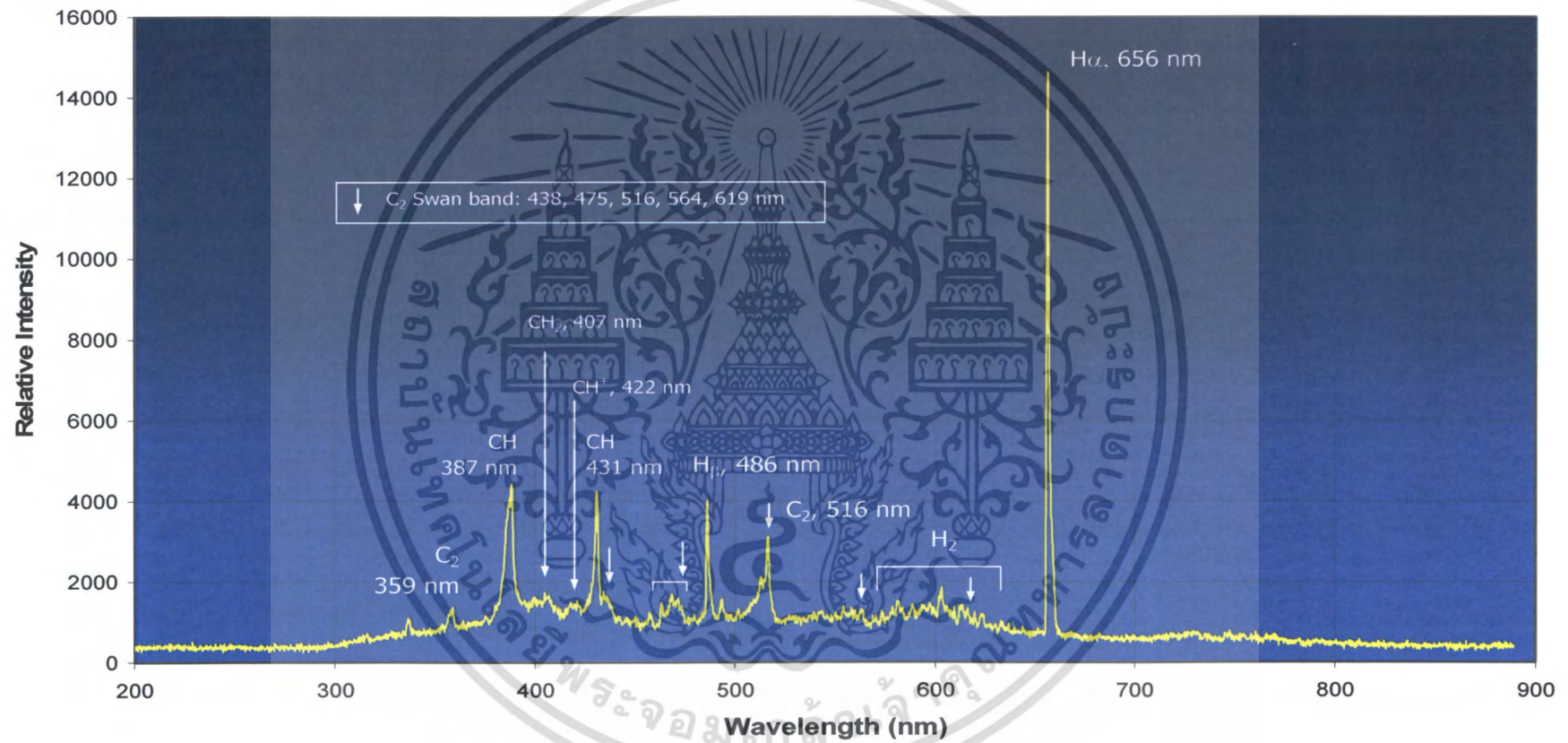
Hydrogen Plasma Spectrum (1.0 mbar)



รูปที่ 4.7 แสดงปริมาณสเปกตรัมของของไฮโดรเจน H_2

4.3.2 หาปริมาณสเปกตรัมของที่เหมาะสมในการปลูกฟิล์มบางเพชรของมีเทน CH₄

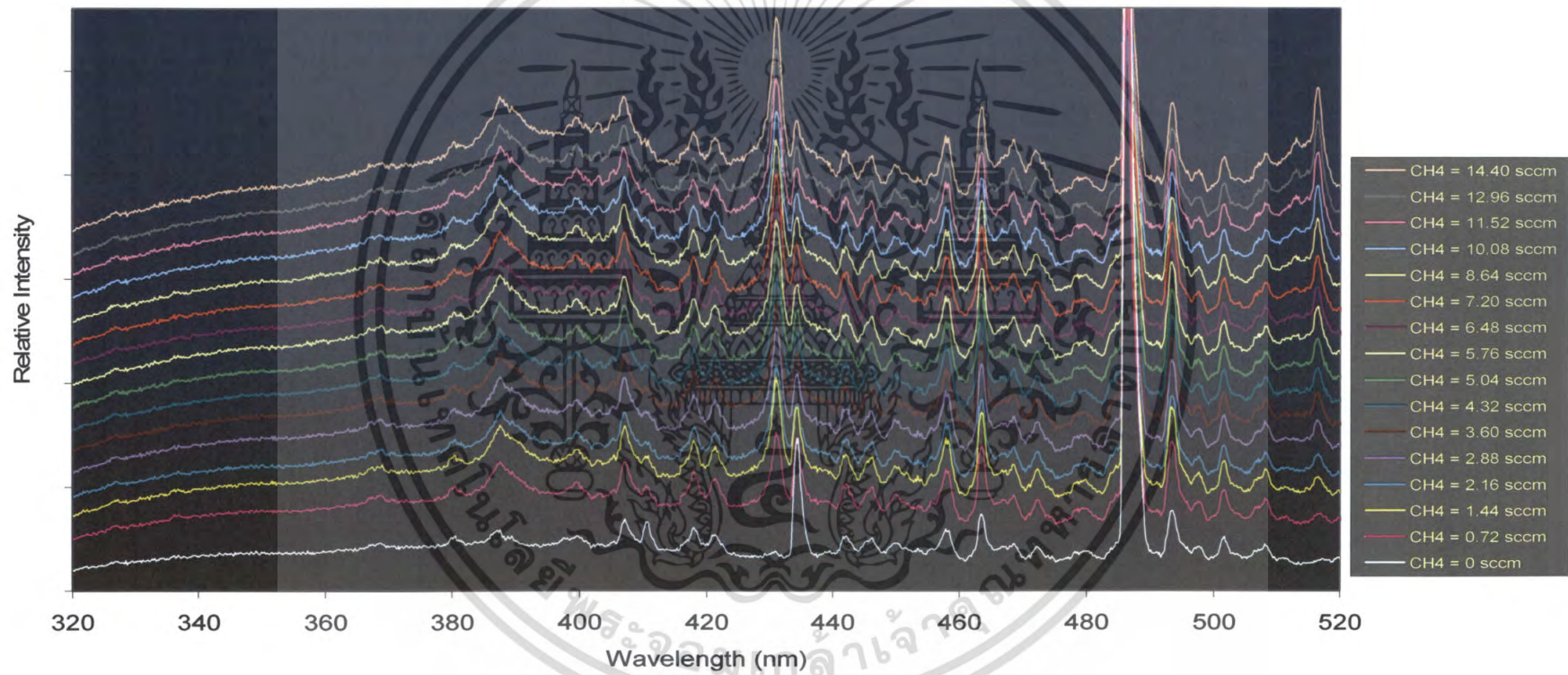
Methane Plasma Spectrum 0.6 mbar (Pyrex Tube)



รูปที่ 4.8 แสดงปริมาณสเปกตรัมของมีเทน CH₄

4.3.3 ปรับอัตราส่วนของไฮโดรเจน H₂ ที่ 1mbar (100 sccm) กับมีเทน CH₄

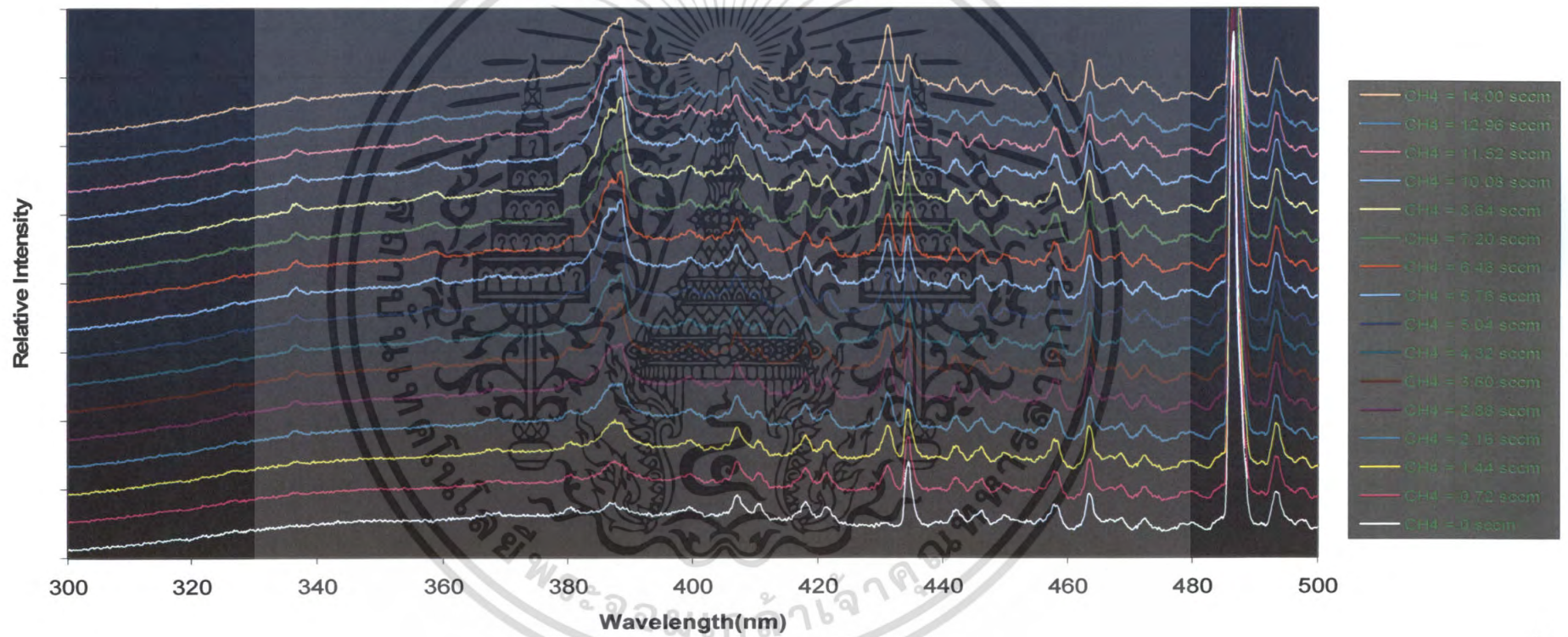
Spectrum of hydrogen and methane plasma generated by 2.45 GHz MW from pyrex chamber :
Acatel Pumping Speed 7 m³/hr , P_{inlet} 1.0 mbar , Absorbed Power 200 W
H₂ = 1.0 mbar and varied CH₄



รูปที่ 4.9 แสดงอัตราส่วนของไฮโดรเจน H₂ ที่ 1mbar (100 sccm) กับมีเทน CH₄

4.3.4 ปรับอัตราส่วนของไฮโดรเจน H_2 ที่ 2 mbar (200 sccm) กับมีเทน CH_4

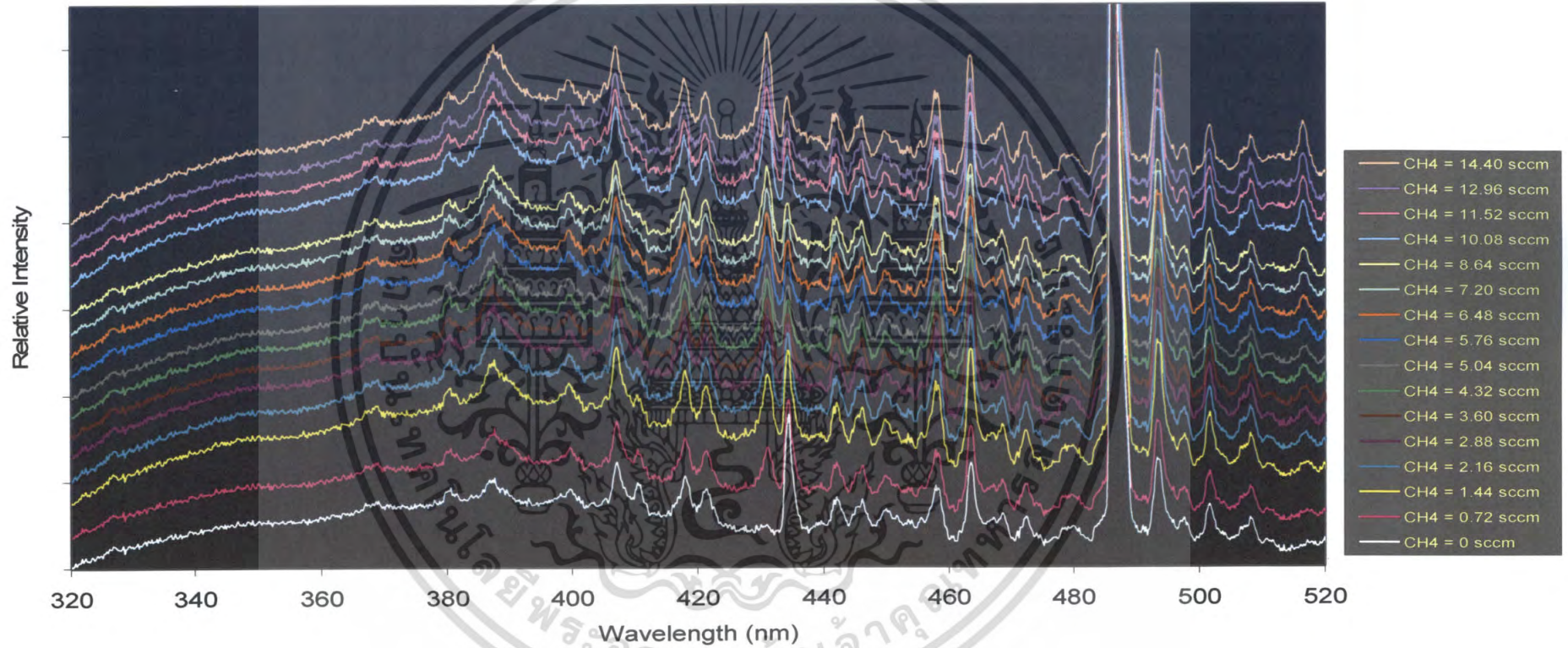
Spectrum of hydrogen and methane plasma generated by 2.45 GHz MW from pyrex chamber :
Acatel Pumping Speed 7 m³/hr , Pinlet 2.0 mbar , Absorbed Power 200 W
 $H_2 = 2.0$ mbar and varied CH_4



รูปที่ 4.10 แสดงอัตราส่วนของไฮโดรเจน H_2 ที่ 2 mbar (200 sccm) กับมีเทน CH_4

4.3.5 ปรับอัตราส่วนของไฮโดรเจน H₂ ที่ 3 mbar (300 sccm) กับมีเทน CH₄

Spectrum of hydrogen and methane plasma generated by 2.45 GHz MW from pyrex chamber :
Acatel Pumping Speed 7 m³/hr , P_{inlet} 3.0 mbar , Absorbed Power 200 W
H₂ = 3.0 mbar and varied CH₄



รูปที่ 4.11 แสดงอัตราส่วนของมีเทน H₂ ที่ 3 mbar (300 sccm) กับมีเทน CH₄

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในโครงการพิเศษนี้เป็นการพัฒนาระบบการปลูกฟิล์มบางเพชรโดยใช้วิธีการตกผลึกกลับของไอทางเคมี(chemical vapor deposition) โดยใช้แก๊สมีเทนเป็นแหล่งกำเนิดของคาร์บอน ร่วมกับแก๊สไฮโดรเจน โดยอะตอมของไฮโดรเจนที่อยู่ในสถานะที่จะทำปฏิกิริยากับอะตอมรอบข้าง หรือที่เรียกว่า H radical (H^*) ซึ่งเกิดจากการแตกตัวของแก๊สไฮโดรเจน มีหน้าที่สำคัญอย่างหนึ่ง คือ การขจัดคาร์บอนที่ฟอรมอยู่ในรูปของแกรไฟต์ออกไปจากพื้นผิว รวมทั้งทำหน้าที่ในแตกพันธะระหว่างไฮโดรเจนกับคาร์บอนที่เกาะอยู่บนผิว เพื่อให้คาร์บอนสามารถฟอรมกลายเป็นฟิล์มเพชรได้ในที่สุด

พันธะทางเคมีของทั้งแก๊สมีเทนและไฮโดรเจนแตกออกจากกันได้โดยการกระตุ้นด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ความถี่ 2.45 GHz ซึ่งทำให้เกิดเป็นสถานะของพลาสมา โดยบางส่วนของแก๊สมีเทนจะแตกตัวออกมาอยู่ในรูปของ CH_x ($x = 1, 2$ และ 3) ซึ่งเป็นสถานะที่ไม่เสถียร (radical) และแก๊สไฮโดรเจนจะแตกตัวออกมาอยู่ในรูปของไฮโดรเจนอะตอมและ H^* โดย CH_x จะตกลงบนพื้นผิว ซึ่งควรจะมีลักษณะการจับยึดทางเคมีในลักษณะเดียวกับเพชร ไฮโดรเจนที่ยึดเกาะกับ CH_x จะหลุดออกจากพื้นผิวในรูปของแก๊สไฮโดรเจนเมื่อมี H^* เข้าไปทำปฏิกิริยากับ CH_x

เนื่องจากในสถานะของพลาสมาจะประกอบด้วยอนุภาคชนิดต่าง ๆ หลายนชนิดด้วยกัน ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากการแตกตัวของแก๊สที่อยู่ภายในระบบนั่นเอง โดยจำนวนของอนุภาคแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับปริมาณของแก๊สแต่ละชนิดที่อยู่ในภาชนะระบบนั่นเอง สำหรับการสร้างฟิล์มเพชรด้วยวิธีการตกผลึกกลับของไอทางเคมีด้วยการกระตุ้นด้วยคลื่นไมโครเวฟนั้น อนุภาคภายในแหล่งกำเนิดพลาสมาที่จะทำให้เกิดเป็นฟิล์มเพชรได้ คือ CH ซึ่งมีสถานะที่ไม่เสถียร ในขณะเดียวกันภายในแหล่งกำเนิดพลาสมาไม่ควรที่จะเกิดอนุภาคที่อยู่ในรูปของ C_2 ซึ่งจะทำได้ฟิล์มของแกรไฟต์ ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างแก๊สมีเทนกับไฮโดรเจนจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อลักษณะของฟิล์มที่ได้

โดยในโครงการพิเศษนี้ได้ทำการวัดปริมาณของอนุภาคต่าง ๆ ที่มีอยู่ภายในระบบด้วยการทางแสง โดยทำการวัดแสงที่เปล่งออกมาจากระบบเนื่องจากการกลับสู่สถานะพื้นของอนุภาค ด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ ซึ่งเป็นวิธีการไม่รบกวนระบบ โดยอนุภาคแต่ละชนิดจะเปล่งแสงออกมาในช่วงความยาวคลื่นที่แตกต่างกัน ในขณะที่ความเข้มของแสงจะสัมพันธ์โดยตรงกับจำนวนของอนุภาค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวัดสเปกตรัมของพลาสมาของแก๊สไฮโดรเจน พบว่ามีเส้นสเปกตรัมของ H_α , H_β , H_γ และ H_δ ที่ความยาวคลื่น 656, 486, 434 และ 410 nm ตามลำดับ รวมทั้งสเปกตรัมของแก๊สไฮโดรเจน (H_2) ที่ความยาวคลื่นในช่วง 575 - 625 nm สำหรับสเปกตรัมของพลาสมาของแก๊สมีเทนประกอบด้วยเส้นสเปกตรัมของอนุภาคชนิดต่าง ๆ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แบบที่สำคัญ ๆ ได้แก่ สเปกตรัมของไฮโดรเจน, สเปกตรัมของอะตอมไฮโดรคาร์บอน และ สเปกตรัมของโมเลกุลคาร์บอน (C_2 dimer) โดยสเปกตรัมของไฮโดรเจนยังคงประกอบด้วย H_α , H_β , H_γ และ H_δ ที่ความยาวคลื่น 656, 486, 434 และ 410 nm ตามลำดับ และ สเปกตรัมของโมเลกุลไฮโดรเจน ที่ความยาวคลื่นในช่วง 575 - 625 nm เช่นเดียวกับสเปกตรัมของพลาสมาไฮโดรเจน สำหรับสเปกตรัมของไฮโดรคาร์บอน ได้แก่ เส้นสเปกตรัมของ CH ที่ความยาวคลื่น 387 และ 431 nm, CH_2 ที่ความยาวคลื่น 407 nm และ CH^+ ที่ความยาวคลื่น 422 nm โดยเฉพาะสเปกตรัมของ CH ที่ความยาวคลื่น 431 nm นั้นจะมีความสัมพันธ์กับคุณภาพของฟิล์มบางเพชรที่ปลูกได้ ส่วนสเปกตรัมของ C_2 จะประกอบด้วยความยาวคลื่น 438, 475, 516, 564 และ 619 nm นิยมเรียกกันว่า C_2 Swan band ซึ่งการเกิด C_2 ในขณะที่ทำการปลูกฟิล์มนั้น มีผลทำให้คาร์บอนยึดเหนี่ยวกันของพันธะแบบแกรไฟต์

จากขบวนการเกิดฟิล์มบางเพชรด้วยวิธีการตกกลับผลึกของไอทางเคมี อนุภาคภายในแหล่งกำเนิดพลาสมาของแก๊สผสมระหว่างมีเทนกับไฮโดรเจนที่สำคัญที่คาดว่าจะส่งผลต่อคุณภาพของฟิล์มเพชรโดยตรง ได้แก่ CH ที่ความยาวคลื่น 387 และ 431 nm, H ที่ความยาวคลื่น 434 nm และ C_2 ที่ความยาวคลื่น 517 nm โดยอนุภาคแต่ละชนิดจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอัตราส่วนผสมของแก๊สทั้งสองชนิด

จากผลการวัดสเปกตรัมของพลาสมาของแก๊สผสมระหว่างแก๊สไฮโดรเจนกับมีเทน ที่อัตราการไหลของแก๊สไฮโดรเจน 200 sccm โดยแก๊สมีเทนที่อัตราการไหลค่าต่าง ๆ เมื่อพิจารณาเฉพาะเส้นสเปกตรัมของ CH, H และ C_2 พบว่า เมื่อแก๊สมีเทนมีอัตราการไหลของแก๊ส 0 sccm เส้นสเปกตรัมของ CH และ C_2 ที่ความยาวคลื่น 387 กับ 431 nm และ 512 nm ตามลำดับ ไม่สามารถวัดความเข้มของแสงได้ หรือ กล่าวได้ว่าไม่มี CH และ C_2 อยู่ในระบบ แต่จะพบว่ายังคงเกิดความเข้มของเส้นสเปกตรัมของ H ที่ความยาวคลื่น 434 nm

เมื่ออัตราการไหลของแก๊สมีเทนมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 0.72 sccm ความเข้มของเส้นสเปกตรัมของ CH และ C_2 มีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความเข้มของเส้นสเปกตรัมของ H มีค่าลดลงแต่ยังคงมีระดับความเข้มมากกว่าเส้นสเปกตรัมของ CH และ C_2 และ เมื่อเพิ่มอัตราการไหลของแก๊สมีเทนจนมีค่าเป็น 6.48 sccm จะพบว่า ความเข้มของเส้นสเปกตรัมของ CH ที่ความยาวคลื่น 387 และ 431

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

nm มีค่ามากขึ้น โดยที่ความยาวคลื่น 431 nm มีความเข้มกับเท่ากับความเข้มของเส้นสเปกตรัมของ H ซึ่งมีระดับความเข้มที่ลดลง ในขณะที่ความเข้มของเส้นสเปกตรัมของ C_2 ก็ยังคงมีค่าเพิ่มขึ้น

เมื่อเพิ่มอัตราการไหลของแก๊สมีเทนมีค่าสูงขึ้นอีก จะพบว่า ความเข้มของเส้นสเปกตรัมของ CH ที่ความยาวคลื่น 387 และ 431 nm และ ความเข้มของเส้นสเปกตรัมของ C_2 ที่ความยาวคลื่น 517 nm มีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความเข้มของเส้นสเปกตรัมของ H มีระดับลดลง

จากการผลการวัดสเปกตรัมสรุปได้ว่า จำนวนของอนุภาคของ CH และ C_2 เปลี่ยนแปลงตามอัตราการไหลของแก๊สมีเทน ซึ่งจำนวนของ CH จะมีผลทำให้ฟิล์มที่เกิดขึ้นเป็นฟิล์มบางเพชร ในขณะที่ C_2 จะมีผลให้ทำฟิล์มที่เกิดขึ้นเป็นฟิล์มบางแกรไฟต์ ในขณะที่จำนวนของอะตอม H มีค่าลดลง จากขบวนการของการฟอร์มตัวของฟิล์มบางเพชร จำนวนของอนุภาคของ CH และ H จะต้องมีอัตราส่วนที่เหมาะสมจึงจะทำให้ได้ฟิล์มบางเพชรที่มีคุณภาพดี ในขณะเดียวกันจะต้องควบคุมจำนวนของ C_2 ให้มีปริมาณที่น้อยที่สุดเพื่อป้องกันการฟอร์มตัวของแกรไฟต์บนพื้นผิว

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

ในการวัดสเปกตรัมนี้ เราจะได้ค่าที่ไม่ต้องการคือ ค่าของ C_2 (swan band) ซึ่งจะทำให้เกิดการฟอร์มตัวกันของแกรไฟต์ จากการทดลองจะเห็นว่า C_2 จะเพิ่มขึ้นมากตามการจ่ายแก๊สมีเทน ดังนั้นจึงต้องทำการจ่ายแก๊สมีเทนในอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการปลูกฟิล์มบางเพชร

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาและทดลองในส่วนของเทคนิคการปลูกฟิล์มบางเพชร เพื่อที่จะหาอัตราส่วนที่แน่นอนของแก๊ส
2. ในการศึกษาและทดลองการปลูกฟิล์มบางเพชรควรระมัดระวังในเรื่องของสิ่งเจือปนจากคราบไขมันหรือฝุ่นเวลาติดตั้งอุปกรณ์ทำการทดลอง ซึ่งอาจทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนได้

เอกสารอ้างอิง

Edwards. **High Vacumm International**. 1992.Instruction Manual Model 825 Mass flow controller.

4-5

YUKIO SAIT, SHINPE MATSUDA,SHUNSUKE NOGITA.**Synthesis of diamond by decomposition of methane in microwave plasma**. Journal of materials science letter 5 (1986) 565-568

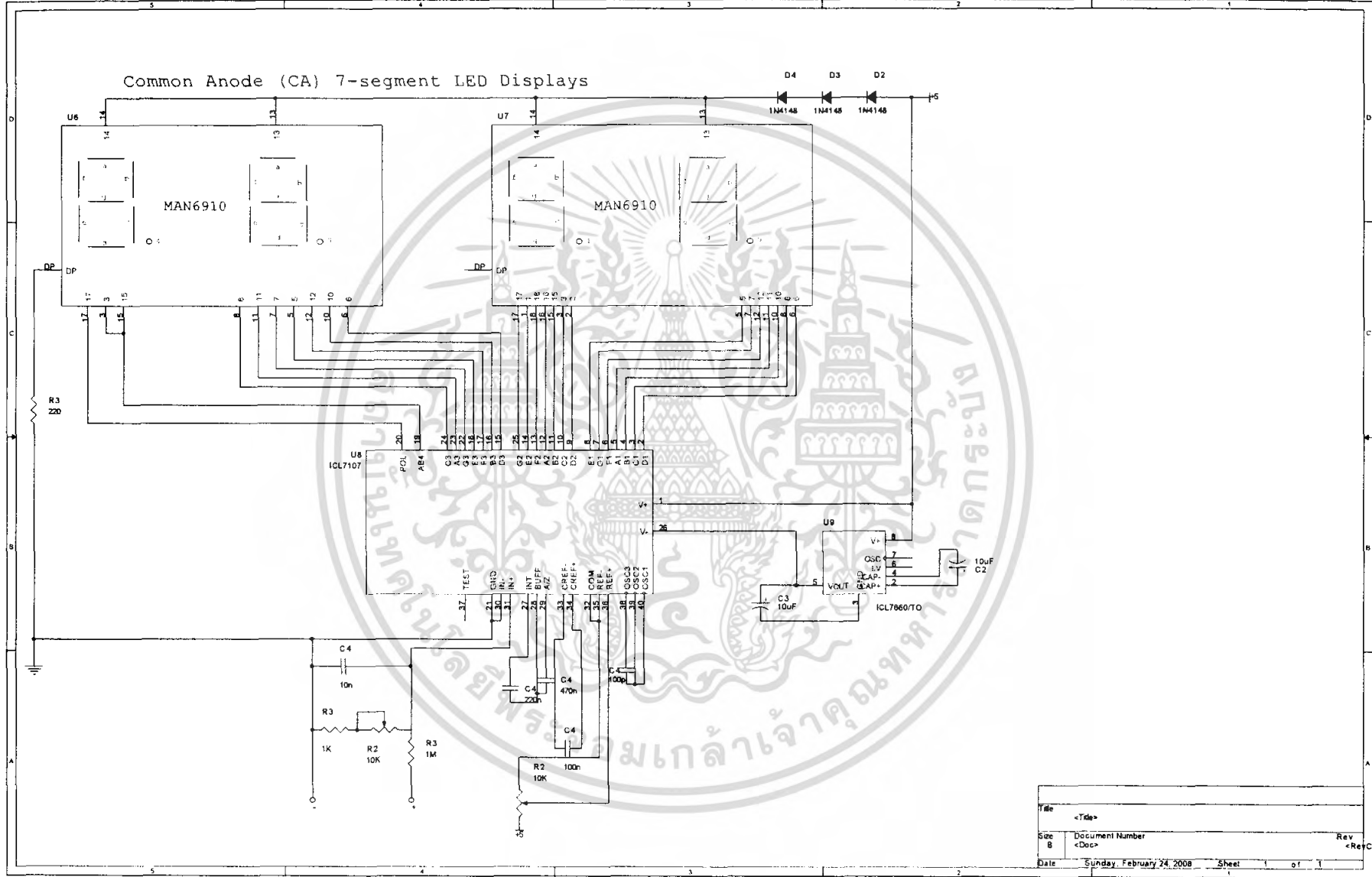
ลักษณะชัย สี่หรั่งค์,อภิสิทธิ์ วาริชื่นสุข และนายอรรถสิทธิ์ ศรีประภาพร. 2547.การสร้งเครื่องควบคุม อัตราการไหล. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขา ฟิสิกส์ประยุกต์ สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ลัดดาวัลย์ สุภาดี.2544. การปลูกผลึกเพชรด้วยเทคนิค **HOT FILAMENT CHEMICAL VAPOR DEPOSITION**. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขา วิศวกรรมไฟฟ้า สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

http://www.semiconductors.philips.com/acrobat_download/datasheets/ICL_7106_7_7s.pdf

<http://www.mcmflow.com/catalog/thermal.html>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Mass Flow Controllers

Series FC-77X / 77XX, Series FC-78X / 78XX, and Series FC-79X

June 2006 5700512-C

AERA PRODUCTS

User Manual

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Product Overview

PRODUCT DESCRIPTION AND THEORY OF OPERATION

The MFC provides analog control, an array of possible mechanical and electrical connections, and a wide variety of flow ranges. As shown in Figure 2-1, the MFC (mass flow controller) is composed of a PC board that is integrated with the following sections:

- Flow and temperature sensor
- Bypass
- Electronics
- Control valve

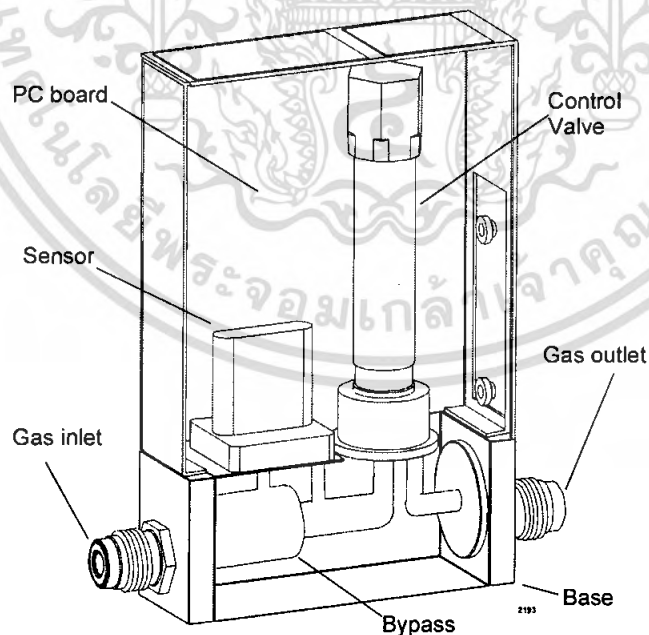


Figure 2-1. MFC cutaway view

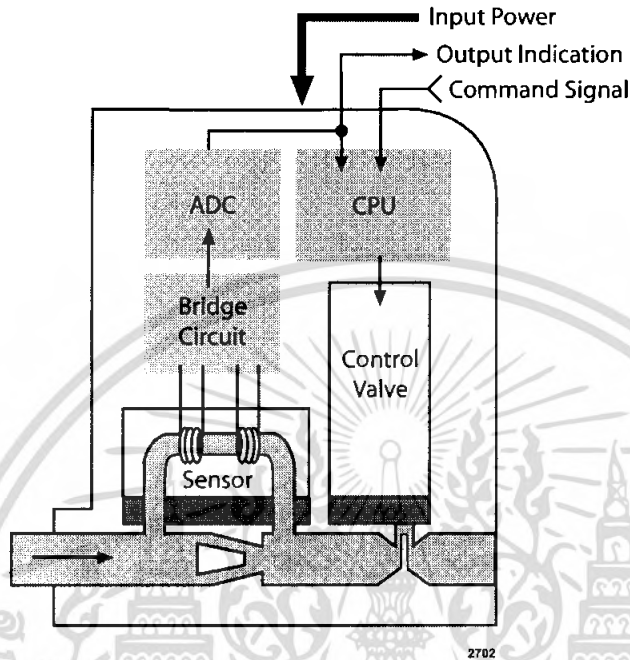


Figure 2-2. MFC functional block diagram

Flow Sensor Assembly

The flow sensor consists of a capillary tube wound by two self-heating resistance wires through which electrical current is passed. The resistance wires heat the sensor tube and when gas flows through the flow sensor a temperature differential is produced between the upstream and downstream wires. The temperature change causes a change in resistance which is detected as an electronic signal by the bridge circuit of the electronics assembly.

The MFC uses the mass gas flow measurement because the heat exchange between the gas and the self-heating resistance wire depends on the mass flow. When gas is not flowing, heat is distributed evenly over the upstream and downstream wires, therefore the resistance of upstream and downstream wires is equal and the bridge circuit outputs zero. When gas flows, heat is exchanged between the gas and the self-heating resistance wires. The temperature distribution between the upstream and downstream resistance wires changes causing an imbalance. The imbalance of the upstream and downstream temperatures results in a resistance differential that is detectable by the bridge circuit as an electronic signal. The electronic signal represents the mass gas flow.

I/O Connections and Communication

The following sections provide information on the MFC's electrical connectors and communication interfaces for MFC control, read back, and alarm indications.

20-PIN CARD EDGE CONNECTOR AND 20-PIN HONDA CONNECTOR

Card Edge Connector

Figure 4-1 shows the pin names on the card edge connector.

1	A
2	B
3	C
4	D
5	E
6	F
7	G
8	J
9	K
10	L

Figure 4-1. 20-pin card-edge connector

Honda Connector

Figure 4-2 shows the pin numbers on the 20-pin Honda connector.

11	1
12	2
13	3
14	4
15	5
16	6
17	7
18	8
19	9
20	10

Figure 4-2. 20-pin Honda connector

20-Pin Connector Signal Descriptions

Table 4-1 provides the pin and signal descriptions for the 20-pin card-edge connector and the 20-pin Honda connector.

Table 4-1. 20-pin connector signal descriptions

Pin	Signal Name	Signal Description
1	<i>CASE GND</i>	Case ground terminal. This terminal is connected to the base of the MFC. All other terminals must be insulated from this terminal.
2	<i>POWER COMMON</i>	Common line that carries the majority of the MFC operating current. <i>Note: POWER COMMON (pin 2) and SIGNAL COMMON (pins B and C for the card edge connector, pins 12 and 13 for the Honda connector) must be connected at the power supply.</i>

Table 4-1. 20-pin connector signal descriptions (Continued)

Pin	Signal Name	Signal Description
3	<i>OUTPUT</i>	Flow output terminal. Flow is represented by a signal scaled between 0 VDC and 5 VDC: <ul style="list-style-type: none"> • 0 VDC = 0% • 5 VDC = 100% of full-scale flow
4	<i>+15 VDC</i>	For specifications on this signal, see the supply power section of the specifications table for the specific MFC model (see “Model Specifications” on page 6-1).
5	<i>UNASSIGNED</i>	This pin is unassigned and should <i>not</i> be connected.
6	<i>VALVE TEST POINT</i>	Terminal for monitoring the voltage of the valve drive. The scale is 0 VDC to -13 VDC (maximum valve voltage).
Key (card edge) 7 (Honda)	<i>KEY</i> or <i>UNASSIGNED</i>	The key is a slot in the card-edge connector that ensures the connector can not be connected backwards. For Honda connectors, this pin is unassigned and should <i>not</i> be connected.
8	<i>ALARM H</i>	This pin provides an alarm output, which does not need to be connected. For more information see “Alarm Output (Error Detection) Signals” on page 4-7.
9	<i>ALARM L</i>	This pin provides an alarm output, which does not need to be connected. For more information see “Alarm Output (Error Detection) Signals” on page 4-7.
10	<i>ALARM OFF</i>	This pin resets the alarm signal on pins 8 and 9. It does not need to be connected. For more information see “Alarm Output (Error Detection) Signals” on page 4-7.

Table 4-1. 20-pin connector signal descriptions (Continued)

Pin	Signal Name	Signal Description
A (card edge) 11 (Honda)	<i>SET POINT INPUT</i>	Analog flow control set point signal. The signal range is 0 VDC to 5 VDC: <ul style="list-style-type: none"> • 0 VDC = 0% • 5 VDC = 100% of full-scale flow
(card edge) 12 (Honda)	<i>SIGNAL COMMON</i>	Return for control signals. <i>Note: POWER COMMON</i> (pin 2) and <i>SIGNAL COMMON</i> (pins B and C for the card edge connector, pins 12 and 13 for the Honda connector) must be connected at the power supply.
C (card edge) 13 (Honda)	<i>SIGNAL COMMON</i>	See pin B (12)
D (card edge) 14 (Honda)	<i>VALVE OPEN/ CLOSE</i>	This signal controls the position of the control valve and allows you to use the purge function on the MFC. The controls for this function vary with connector and MFC type. For more information, see “Control Valve Purge Function Signals” on page 4-8.
E (card edge) 15 (Honda)	<i>UNASSIGNED</i>	This pin is unassigned and should <i>not</i> be connected.
F (card edge) 16 (Honda)	<i>-15 VDC</i>	For specifications on this signal, see the supply power section of the specifications table for the specific MFC model (see “Model Specifications” on page 6-1).
Key (card edge) 17 (Honda)	<i>KEY</i> or <i>UNASSIGNED</i>	The key is a slot in the card-edge connector that ensures the connector can not be connected backwards. For Honda connectors, this pin is unassigned and should <i>not</i> be connected.
J (card edge) 18 (Honda)	<i>UNASSIGNED</i>	This pin is unassigned and should <i>not</i> be connected.
K (card edge) 19 (Honda)	<i>UNASSIGNED</i>	This pin is unassigned and should <i>not</i> be connected.
L (card edge) 20 (Honda)	<i>UNASSIGNED</i>	This pin is unassigned and should <i>not</i> be connected.

3¹/₂ Digit, LCD/LED Display, A/D Converters

The Intersil ICL7106 and ICL7107 are high performance, low power, 3¹/₂ digit A/D converters. Included are seven segment decoders, display drivers, a reference, and a clock. The ICL7106 is designed to interface with a liquid crystal display (LCD) and includes a multiplexed backplane drive; the ICL7107 will directly drive an instrument size light emitting diode (LED) display.

The ICL7106 and ICL7107 bring together a combination of high accuracy, versatility, and true economy. It features auto-zero to less than 10 μ V, zero drift of less than 1 μ V/ $^{\circ}$ C, input bias current of 10pA (Max), and rollover error of less than one count. True differential inputs and reference are useful in all systems, but give the designer an uncommon advantage when measuring load cells, strain gauges and other bridge type transducers. Finally, the true economy of single power supply operation (ICL7106), enables a high performance panel meter to be built with the addition of only 10 passive components and a display.

Features

- Guaranteed Zero Reading for 0V Input on All Scales
- True Polarity at Zero for Precise Null Detection
- 1pA Typical Input Current
- True Differential Input and Reference, Direct Display Drive
 - LCD ICL7106, LED ICL7107
- Low Noise - Less Than 15 μ V_{p-p}
- On Chip Clock and Reference
- Low Power Dissipation - Typically Less Than 10mW
- No Additional Active Circuits Required
- Enhanced Display Stability
- Pb-Free Plus Anneal Available (RoHS Compliant)

Ordering Information

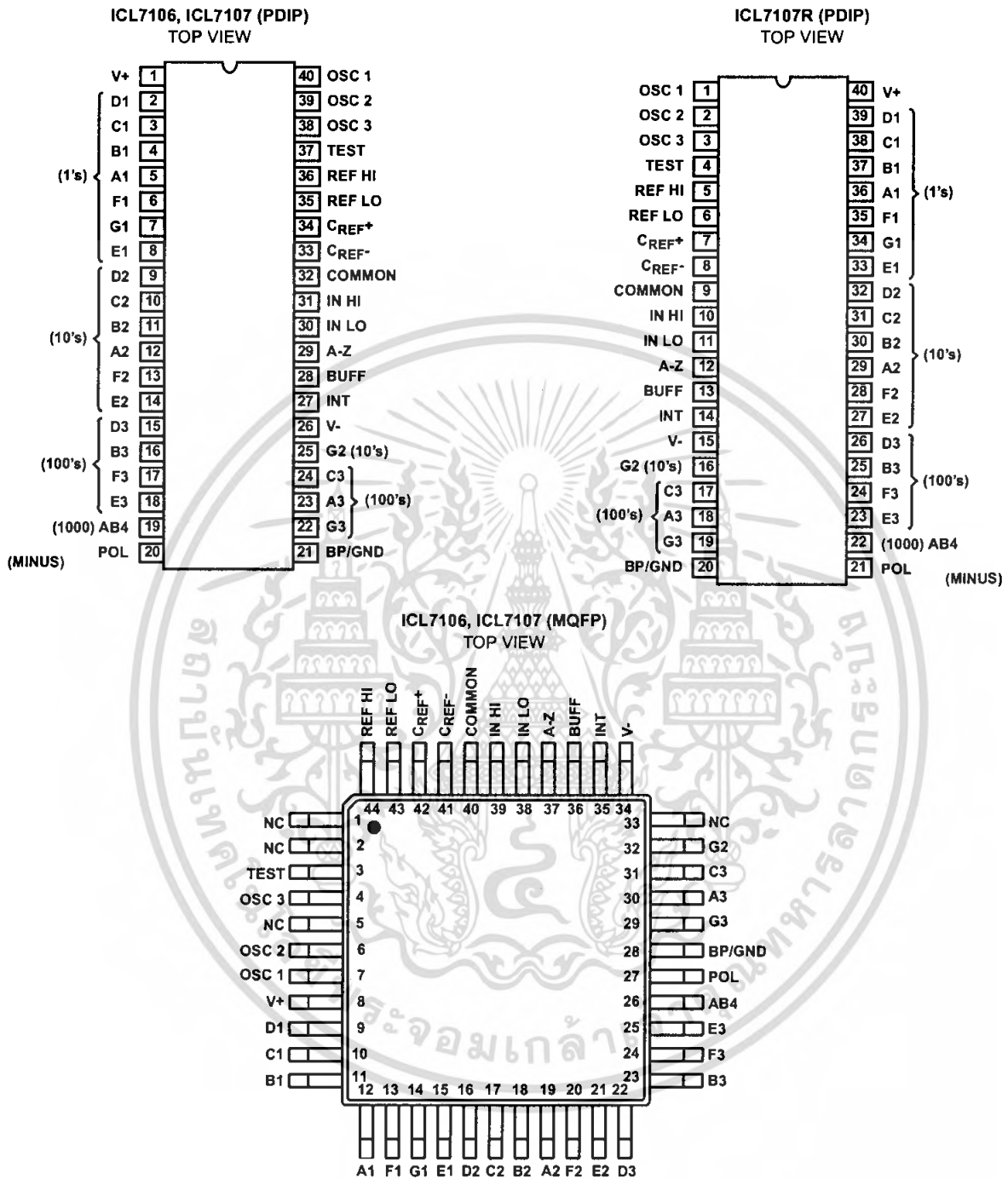
PART NO.	PART MARKING	TEMP. RANGE (°C)	PACKAGE	PKG. DWG. #
ICL7106CPL	ICL7106CPL	0 to 70	40 Ld PDIP	E40.6
ICL7106CPLZ (Note 2)	ICL7106CPLZ	0 to 70	40 Ld PDIP(Pb-free) (Note 3)	E40.6
ICL7106CM44	ICL7106CM44	0 to 70	44 Ld MQFP	Q44.10x10
ICL7106CM44Z (Note 2)	ICL7106CM44Z	0 to 70	44 Ld MQFP (Pb-free)	Q44.10x10
ICL7106CM44ZT (Note 2)	ICL7106CM44Z	0 to 70	44 Ld MQFP Tape and Reel (Pb-free)	Q44.10x10
ICL7107CPL	ICL7107CPL	0 to 70	40 Ld PDIP	E40.6
ICL7107CPLZ (Note 2)	ICL7107CPLZ	0 to 70	40 Ld PDIP(Pb-free) (Note 3)	E40.6
ICL7107RCPL	ICL7107RCPL	0 to 70	40 Ld PDIP (Note 1)	E40.6
ICL7107RCPLZ (Note 2)	ICL7107RCPLZ	0 to 70	40 Ld PDIP (Pb-free) (Notes 1, 3)	E40.6
ICL7107SCPL	ICL7107SCPL	0 to 70	40 Ld PDIP (Notes 1, 3)	E40.6
ICL7107SCPLZ (Note 2)	ICL7107SCPLZ	0 to 70	40 Ld PDIP (Pb-free) (Notes 1, 3)	E40.6
ICL7107CM44	ICL7107CM44	0 to 70	44 Ld MQFP	Q44.10x10
ICL7107CM44T	ICL7107CM44	0 to 70	44 Ld MQFP Tape and Reel	Q44.10x10
ICL7107CM44Z (Note 2)	ICL7107CM44Z	0 to 70	44 Ld MQFP (Pb-free)	Q44.10x10
ICL7107CM44ZT (Note 2)	ICL7107CM44Z	0 to 70	44 Ld MQFP Tape and Reel (Pb-free)	Q44.10x10

NOTES:

1. "R" indicates device with reversed leads for mounting to PC board underside. "S" indicates enhanced stability.
2. Intersil Pb-free plus anneal products employ special Pb-free material sets; molding compounds/die attach materials and 100% matte tin plate termination finish, which are RoHS compliant and compatible with both SnPb and Pb-free soldering operations. Intersil Pb-free products are MSL classified at Pb-free peak reflow temperatures that meet or exceed the Pb-free requirements of IPC/JEDEC J STD-020.
3. Pb-free PDIPs can be used for through hole wave solder processing only. They are not intended for use in Reflow solder processing applications.

ICL7106, ICL7107, ICL7107S

Pinouts



ICL7106, ICL7107, ICL7107S

Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage	
ICL7106, V+ to V-	15V
ICL7107, V+ to GND	6V
ICL7107, V- to GND	-9V
Analog Input Voltage (Either Input) (Note 1)	V+ to V-
Reference Input Voltage (Either Input)	V+ to V-
Clock Input	
ICL7106	TEST to V+
ICL7107	GND to V+

Thermal Information

Thermal Resistance (Typical, Note 2)	θ_{JA} (°C/W)
PDIP Package	50
MQFP Package	75
Maximum Junction Temperature	150°C
Maximum Storage Temperature Range	-65°C to 150°C
Maximum Lead Temperature (Soldering 10s)	300°C
(MQFP - Lead Tips Only)	

NOTE: Pb-free PDIPs can be used for through hole wave solder processing only. They are not intended for use in Reflow solder processing applications.

Operating Conditions

Temperature Range	0°C to 70°C
-------------------	-------------

CAUTION: Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

NOTES:

- Input voltages may exceed the supply voltages provided the input current is limited to $\pm 100\mu\text{A}$.
- θ_{JA} is measured with the component mounted on a low effective thermal conductivity test board in free air. See Tech Brief TB379 for details.

Electrical Specifications (Note 3)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
SYSTEM PERFORMANCE					
Zero Input Reading	$V_{IN} = 0.0\text{V}$, Full Scale = 200mV	-000.0	± 000.0	+000.0	Digital Reading
Stability (Last Digit) (ICL7106S, ICL7107S Only)	Fixed Input Voltage (Note 6)	-000.0	± 000.0	+000.0	Digital Reading
Ratiometric Reading	$V_{IN} = V_{REF}$, $V_{REF} = 100\text{mV}$	999	999/1000	1000	Digital Reading
Rollover Error	$-V_{IN} = +V_{IN} \cong 200\text{mV}$ Difference in Reading for Equal Positive and Negative Inputs Near Full Scale	-	± 0.2	± 1	Counts
Linearity	Full Scale = 200mV or Full Scale = 2V Maximum Deviation from Best Straight Line Fit (Note 5)	-	± 0.2	± 1	Counts
Common Mode Rejection Ratio	$V_{CM} = 1\text{V}$, $V_{IN} = 0\text{V}$, Full Scale = 200mV (Note 5)	-	50	-	$\mu\text{V/V}$
Noise	$V_{IN} = 0\text{V}$, Full Scale = 200mV (Peak-To-Peak Value Not Exceeded 95% of Time)	-	15	-	μV
Leakage Current Input	$V_{IN} = 0$ (Note 5)	-	1	10	pA
Zero Reading Drift	$V_{IN} = 0$, 0°C To 70°C (Note 5)	-	0.2	1	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Scale Factor Temperature Coefficient	$V_{IN} = 199\text{mV}$, 0°C To 70°C, (Ext. Ref. 0ppm/ $^\circ\text{C}$) (Note 5)	-	1	5	ppm/ $^\circ\text{C}$
End Power Supply Character V+ Supply Current	$V_{IN} = 0$ (Does Not Include LED Current for ICL7107)	-	1.0	1.8	mA
End Power Supply Character V- Supply Current	ICL7107 Only	-	0.6	1.8	mA
COMMON Pin Analog Common Voltage	25k Ω Between Common and Positive Supply (With Respect to + Supply)	2.4	3.0	3.2	V
Temperature Coefficient of Analog Common	25k Ω Between Common and Positive Supply (With Respect to + Supply)	-	80	-	ppm/ $^\circ\text{C}$
DISPLAY DRIVER ICL7106 ONLY					
Peak-To-Peak Segment Drive Voltage	V+ = to V- = 9V (Note 4)	4	5.5	6	V
Peak-To-Peak Backplane Drive Voltage					

ICL7106, ICL7107, ICL7107S

Electrical Specifications (Note 3) (Continued)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
DISPLAY DRIVER ICL7107 ONLY					
Segment Sinking Current	V+ = 5V, Segment Voltage = 3V				
Except Pins AB4 and POL		5	8	-	mA
Pin AB4 Only		10	16	-	mA
Pin POL Only		4	7	-	mA

NOTES:

3. Unless otherwise noted, specifications apply to both the ICL7106 and ICL7107 at $T_A = 25^\circ\text{C}$, $f_{\text{CLOCK}} = 48\text{kHz}$. ICL7106 is tested in the circuit of Figure 1. ICL7107 is tested in the circuit of Figure 2.
4. Back plane drive is in phase with segment drive for "off" segment, 180 degrees out of phase for "on" segment. Frequency is 20 times conversion rate. Average DC component is less than 50mV.
5. Not tested, guaranteed by design.
6. Sample Tested.

Typical Applications and Test Circuits

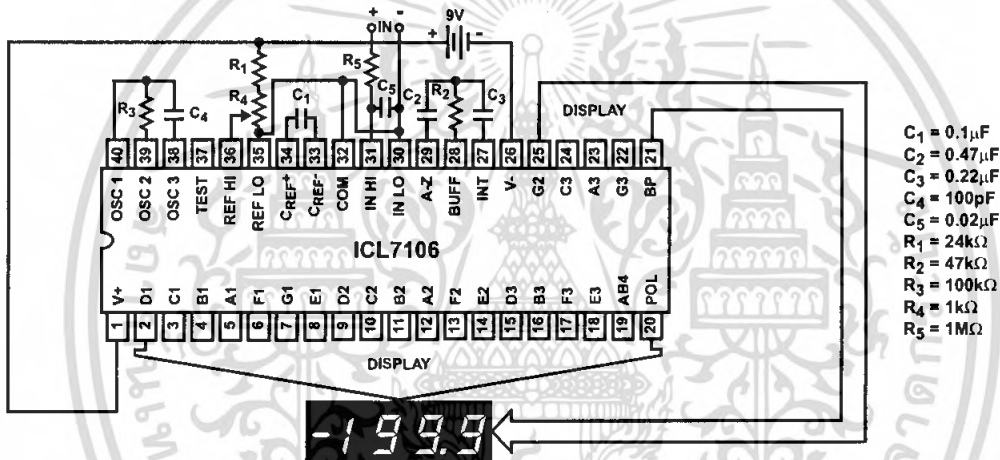


FIGURE 1. ICL7106 TEST CIRCUIT AND TYPICAL APPLICATION WITH LCD DISPLAY COMPONENTS SELECTED FOR 200mV FULL SCALE

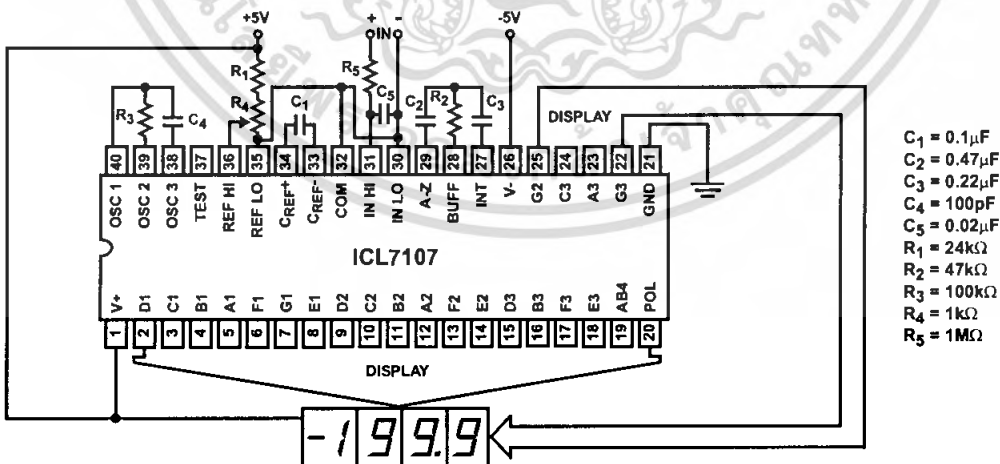


FIGURE 2. ICL7107 TEST CIRCUIT AND TYPICAL APPLICATION WITH LED DISPLAY COMPONENTS SELECTED FOR 200mV FULL SCALE

Design Information Summary Sheet

• **OSCILLATOR FREQUENCY**

$f_{OSC} = 0.45/RC$
 $C_{OSC} > 50pF; R_{OSC} > 50k\Omega$
 $f_{OSC} (Typ) = 48kHz$

• **OSCILLATOR PERIOD**

$t_{OSC} = RC/0.45$

• **INTEGRATION CLOCK FREQUENCY**

$f_{CLOCK} = f_{OSC}/4$

• **INTEGRATION PERIOD**

$t_{INT} = 1000 \times (4/f_{OSC})$

• **60/50Hz REJECTION CRITERION**

t_{INT}/t_{60Hz} or $t_{INT}/t_{50Hz} = \text{Integer}$

• **OPTIMUM INTEGRATION CURRENT**

$I_{INT} = 4\mu A$

• **FULL SCALE ANALOG INPUT VOLTAGE**

$V_{INFS} (Typ) = 200mV$ or $2V$

• **INTEGRATE RESISTOR**

$R_{INT} = \frac{V_{INFS}}{I_{INT}}$

• **INTEGRATE CAPACITOR**

$C_{INT} = \frac{(t_{INT})(I_{INT})}{V_{INT}}$

• **INTEGRATOR OUTPUT VOLTAGE SWING**

$V_{INT} = \frac{(t_{INT})(I_{INT})}{C_{INT}}$

• **V_{INT} MAXIMUM SWING:**

$(V^- + 0.5V) < V_{INT} < (V^+ - 0.5V)$; $V_{INT} (Typ) = 2V$

• **DISPLAY COUNT**

$COUNT = 1000 \times \frac{V_{IN}}{V_{REF}}$

• **CONVERSION CYCLE**

$t_{CYC} = t_{CLOCK} \times 4000$
 $t_{CYC} = t_{OSC} \times 16,000$
 when $f_{OSC} = 48kHz$; $t_{CYC} = 333ms$

• **COMMON MODE INPUT VOLTAGE**

$(V^- + 1V) < V_{IN} < (V^+ - 0.5V)$

• **AUTO-ZERO CAPACITOR**

$0.01\mu F < C_{AZ} < 1\mu F$

• **REFERENCE CAPACITOR**

$0.1\mu F < C_{REF} < 1\mu F$

• **V_{COM}**

Biased between V_i and V^- .

• **V_{COM} \equiv V⁺ - 2.8V**

Regulation lost when V^+ to $V^- < \cong 6.8V$
 If V_{COM} is externally pulled down to $(V^+ \text{ to } V^-)/2$, the V_{COM} circuit will turn off.

• **ICL7106 POWER SUPPLY: SINGLE 9V**

$V^+ - V^- = 9V$
 Digital supply is generated internally
 $V_{GND} \equiv V^+ - 4.5V$

• **ICL7106 DISPLAY: LCD**

Type: Direct drive with digital logic supply amplitude.

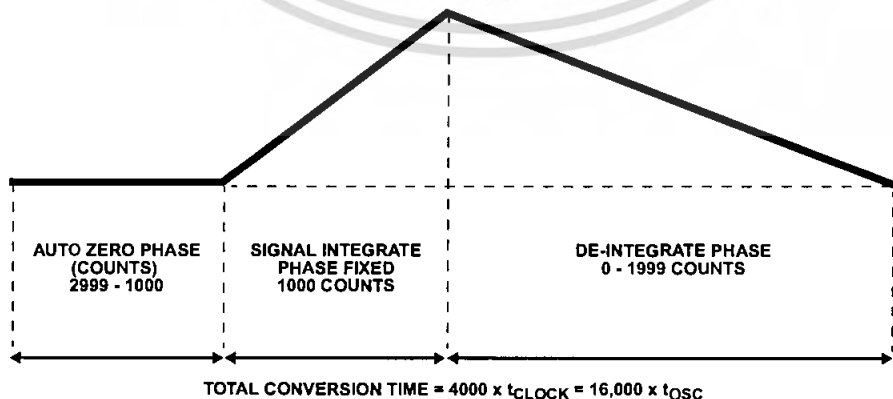
• **ICL7107 POWER SUPPLY: DUAL $\pm 5.0V$**

$V^+ = +5V$ to GND
 $V^- = -5V$ to GND
 Digital Logic and LED driver supply V^+ to GND

• **ICL7107 DISPLAY: LED**

Type: Non-Multiplexed Common Anode

Typical Integrator Amplifier Output Waveform (INT Pin)



Detailed Description

Analog Section

Figure 3 shows the Analog Section for the ICL7106 and ICL7107. Each measurement cycle is divided into three phases. They are (1) auto-zero (A-Z), (2) signal integrate (INT) and (3) de-integrate (DE).

Auto-Zero Phase

During auto-zero three things happen. First, input high and low are disconnected from the pins and internally shorted to analog COMMON. Second, the reference capacitor is charged to the reference voltage. Third, a feedback loop is closed around the system to charge the auto-zero capacitor C_{AZ} to compensate for offset voltages in the buffer amplifier, integrator, and comparator. Since the comparator is included in the loop, the A-Z accuracy is limited only by the noise of the system. In any case, the offset referred to the input is less than $10\mu V$.

Signal Integrate Phase

During signal integrate, the auto-zero loop is opened, the internal short is removed, and the internal input high and low are connected to the external pins. The converter then integrates the differential voltage between IN HI and IN LO for a fixed time. This differential voltage can be within a wide common mode range: up to 1V from either supply. If, on the other hand, the input signal has no return with respect to the converter power supply, IN LO can be tied to analog COMMON to establish the correct common mode voltage. At the end of this phase, the polarity of the integrated signal is determined.

De-Integrate Phase

The final phase is de-integrate, or reference integrate. Input low is internally connected to analog COMMON and input high is connected across the previously charged reference capacitor. Circuitry within the chip ensures that the capacitor will be connected with the correct polarity to cause the integrator output to return to zero. The time required for the

output to return to zero is proportional to the input signal. Specifically the digital reading displayed is:

$$\text{DISPLAY COUNT} = 1000 \left(\frac{V_{IN}}{V_{REF}} \right)$$

Differential Input

The input can accept differential voltages anywhere within the common mode range of the input amplifier, or specifically from 0.5V below the positive supply to 1V above the negative supply. In this range, the system has a CMRR of 86dB typical. However, care must be exercised to assure the integrator output does not saturate. A worst case condition would be a large positive common mode voltage with a near full scale negative differential input voltage. The negative input signal drives the integrator positive when most of its swing has been used up by the positive common mode voltage. For these critical applications the integrator output swing can be reduced to less than the recommended 2V full scale swing with little loss of accuracy. The integrator output can swing to within 0.3V of either supply without loss of linearity.

Differential Reference

The reference voltage can be generated anywhere within the power supply voltage of the converter. The main source of common mode error is a roll-over voltage caused by the reference capacitor losing or gaining charge to stray capacity on its nodes. If there is a large common mode voltage, the reference capacitor can gain charge (increase voltage) when called up to de-integrate a positive signal but lose charge (decrease voltage) when called up to de-integrate a negative input signal. This difference in reference for positive or negative input voltage will give a roll-over error. However, by selecting the reference capacitor such that it is large enough in comparison to the stray capacitance, this error can be held to less than 0.5 count worst case. (See Component Value Selection.)

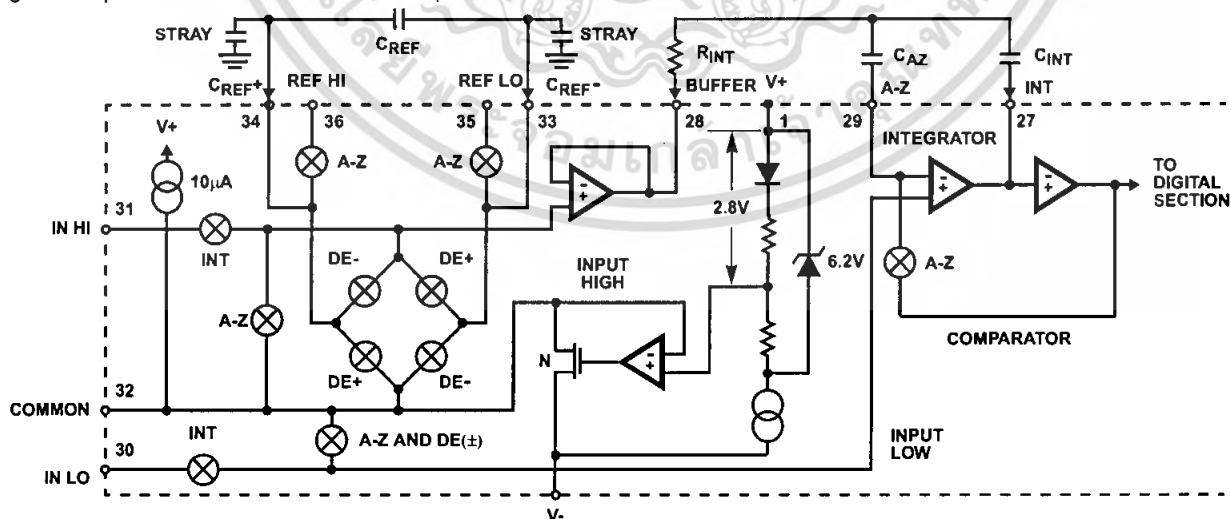


FIGURE 3. ANALOG SECTION OF ICL7106 AND ICL7107

Analog COMMON

This pin is included primarily to set the common mode voltage for battery operation (ICL7106) or for any system where the input signals are floating with respect to the power supply. The COMMON pin sets a voltage that is approximately 2.8V more negative than the positive supply. This is selected to give a minimum end-of-life battery voltage of about 6V. However, analog COMMON has some of the attributes of a reference voltage. When the total supply voltage is large enough to cause the zener to regulate (>7V), the COMMON voltage will have a low voltage coefficient (0.001%/V), low output impedance ($\approx 15\Omega$), and a temperature coefficient typically less than 80ppm/ $^{\circ}\text{C}$.

The limitations of the on chip reference should also be recognized, however. With the ICL7107, the internal heating which results from the LED drivers can cause some degradation in performance. Due to their higher thermal resistance, plastic parts are poorer in this respect than ceramic. The combination of reference Temperature Coefficient (TC), internal chip dissipation, and package thermal resistance can increase noise near full scale from 25 μV to 80 $\mu\text{V}_{\text{p.p}}$. Also the linearity in going from a high dissipation count such as 1000 (20 segments on) to a low dissipation count such as 1111 (8 segments on) can suffer by a count or more. Devices with a positive TC reference may require several counts to pull out of an over-range condition. This is because over-range is a low dissipation mode, with the three least significant digits blanked. Similarly, units with a negative TC may cycle between over-range and a non-over-range count as the die alternately heats and cools. All these problems are of course eliminated if an external reference is used.

The ICL7106, with its negligible dissipation, suffers from none of these problems. In either case, an external reference can easily be added, as shown in Figure 4.

Analog COMMON is also used as the input low return during auto-zero and de-integrate. If IN LO is different from analog COMMON, a common mode voltage exists in the system and is taken care of by the excellent CMRR of the converter. However, in some applications IN LO will be set at a fixed known voltage (power supply common for instance). In this application, analog COMMON should be tied to the same point, thus removing the common mode voltage from the converter. The same holds true for the reference voltage. If reference can be conveniently tied to analog COMMON, it should be since this removes the common mode voltage from the reference system.

Within the IC, analog COMMON is tied to an N-Channel FET that can sink approximately 30mA of current to hold the voltage 2.8V below the positive supply (when a load is trying to pull the common line positive). However, there is only 10 μA of source current, so COMMON may easily be tied to a more negative voltage thus overriding the internal reference.

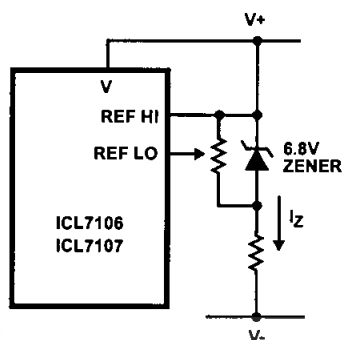


FIGURE 4A.

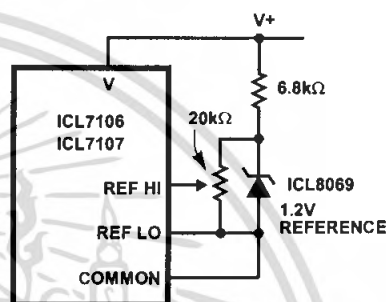


FIGURE 4B.

FIGURE 4. USING AN EXTERNAL REFERENCE

TEST

The TEST pin serves two functions. On the ICL7106 it is coupled to the internally generated digital supply through a 500 Ω resistor. Thus it can be used as the negative supply for externally generated segment drivers such as decimal points or any other presentation the user may want to include on the LCD display. Figures 5 and 6 show such an application. No more than a 1mA load should be applied.

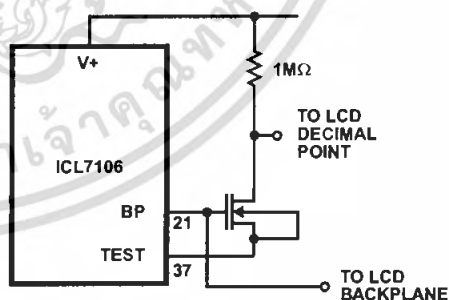


FIGURE 5. SIMPLE INVERTER FOR FIXED DECIMAL POINT

The second function is a "lamp test". When TEST is pulled high (to V+) all segments will be turned on and the display should read "1888". The TEST pin will sink about 15mA under these conditions.

CAUTION: In the lamp test mode, the segments have a constant DC voltage (no square-wave). This may burn the LCD display if maintained for extended periods.

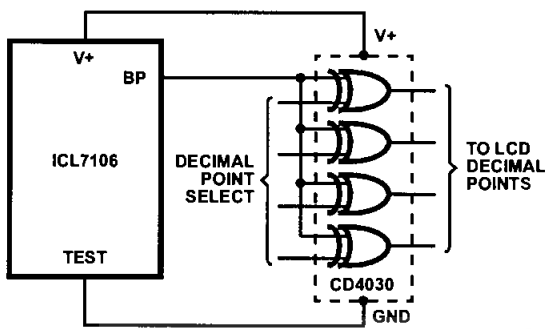


FIGURE 6. EXCLUSIVE 'OR' GATE FOR DECIMAL POINT DRIVE

Digital Section

Figures 7 and 8 show the digital section for the ICL7106 and ICL7107, respectively. In the ICL7106, an internal digital ground is generated from a 6V Zener diode and a large P-Channel source follower. This supply is made stiff to

absorb the relative large capacitive currents when the back plane (BP) voltage is switched. The BP frequency is the clock frequency divided by 800. For three readings/sec., this is a 60Hz square wave with a nominal amplitude of 5V. The segments are driven at the same frequency and amplitude and are in phase with BP when OFF, but out of phase when ON. In all cases negligible DC voltage exists across the segments.

Figure 8 is the Digital Section of the ICL7107. It is identical to the ICL7106 except that the regulated supply and back plane drive have been eliminated and the segment drive has been increased from 2mA to 8mA, typical for instrument size common anode LED displays. Since the 1000 output (pin 19) must sink current from two LED segments, it has twice the drive capability or 16mA.

In both devices, the polarity indication is "on" for negative analog inputs. If IN LO and IN HI are reversed, this indication can be reversed also, if desired.

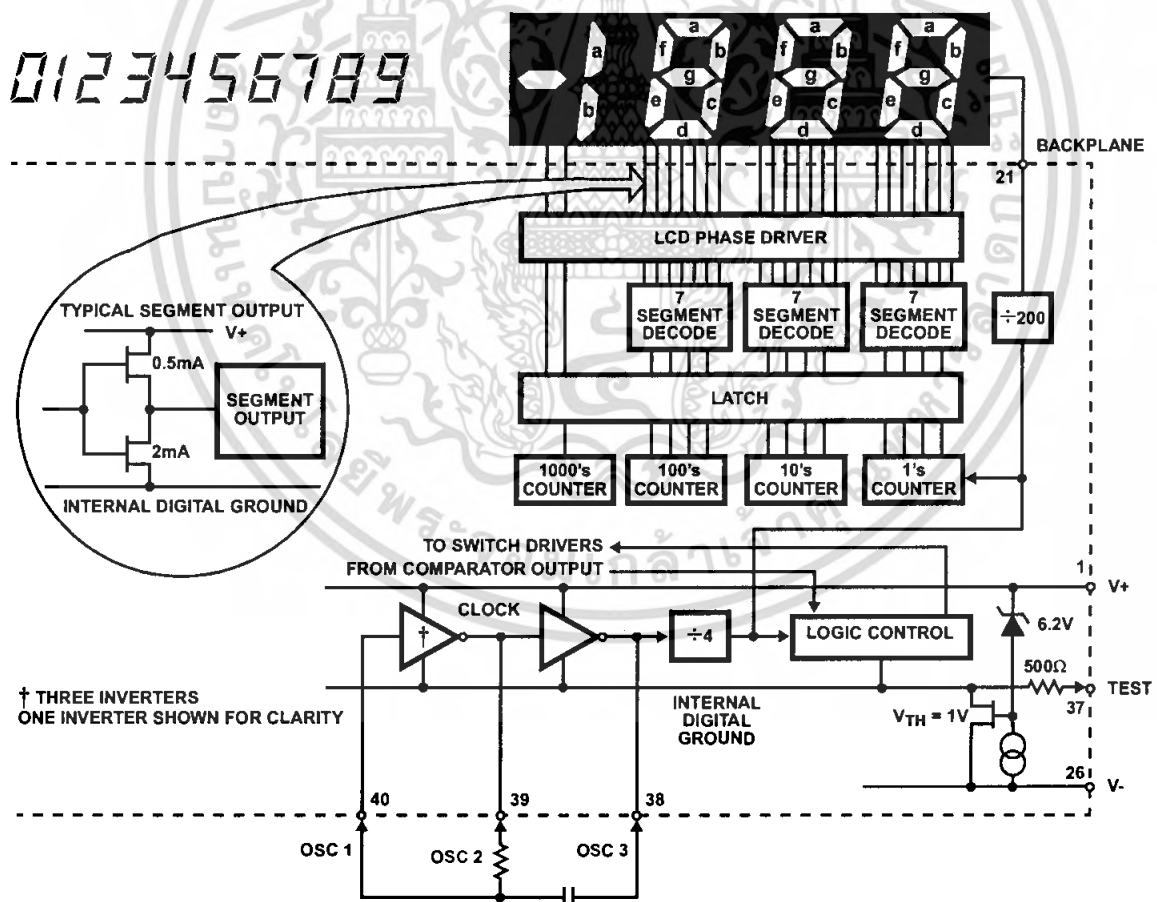


FIGURE 7. ICL7106 DIGITAL SECTION

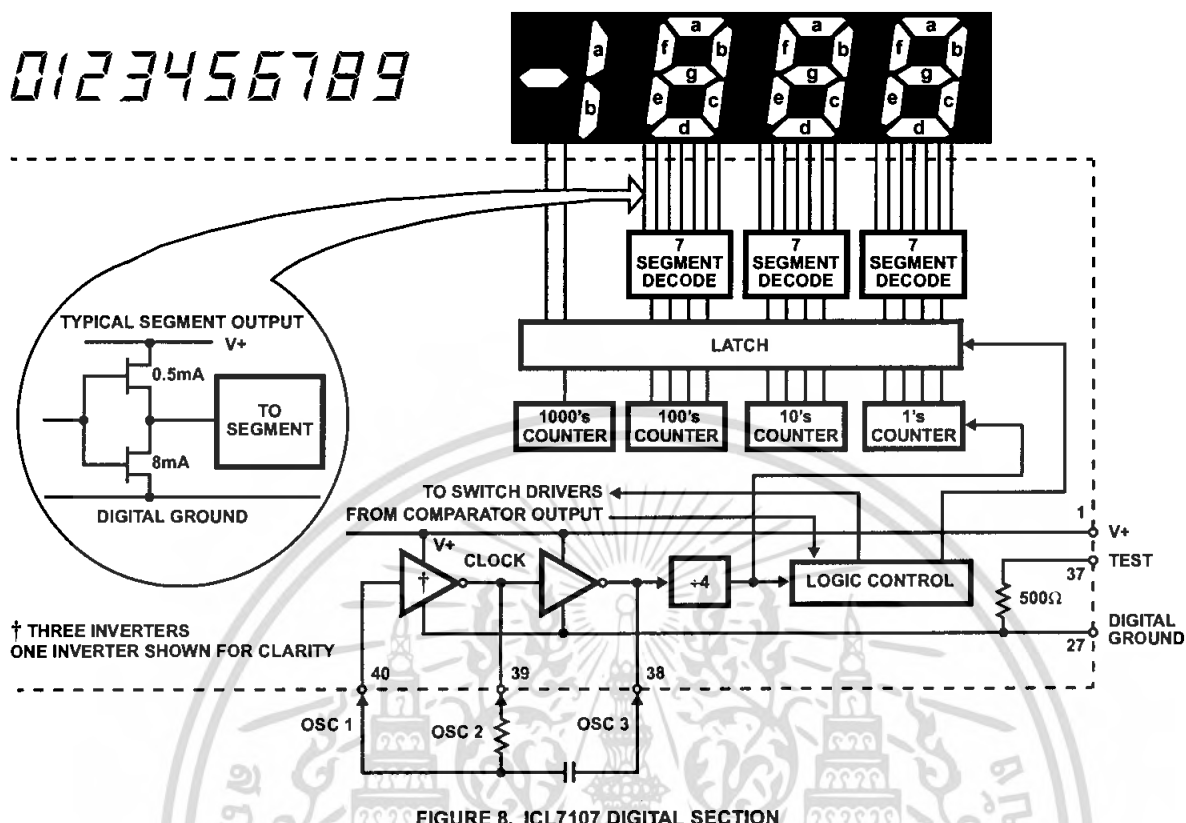


FIGURE 8. ICL7107 DIGITAL SECTION

System Timing

Figure 9 shows the clocking arrangement used in the ICL7106 and ICL7107. Two basic clocking arrangements can be used:

1. Figure 9A. An external oscillator connected to pin 40.
2. Figure 9B. An R-C oscillator using all three pins.

The oscillator frequency is divided by four before it clocks the decade counters. It is then further divided to form the three convert-cycle phases. These are signal integrate (1000 counts), reference de-integrate (0 to 2000 counts) and auto-zero (1000 to 3000 counts). For signals less than full scale, auto-zero gets the unused portion of reference de-integrate. This makes a complete measure cycle of 4,000 counts (16,000 clock pulses) independent of input voltage. For three readings/second, an oscillator frequency of 48kHz would be used.

To achieve maximum rejection of 60Hz pickup, the signal integrate cycle should be a multiple of 60Hz. Oscillator frequencies of 240kHz, 120kHz, 80kHz, 60kHz, 48kHz, 40kHz, $33\frac{1}{3}$ kHz, etc. should be selected. For 50Hz rejection, Oscillator frequencies of 200kHz, 100kHz, $66\frac{2}{3}$ kHz, 50kHz, 40kHz, etc. would be suitable. Note that 40kHz (2.5 readings/second) will reject both 50Hz and 60Hz (also 400Hz and 440Hz).

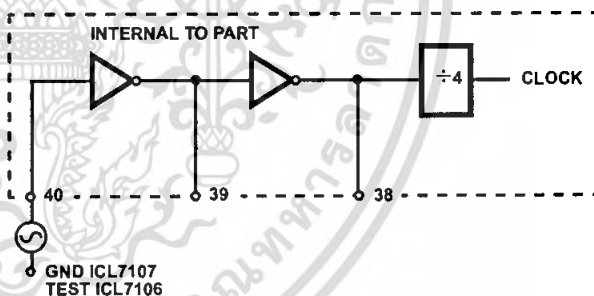


FIGURE 9A.

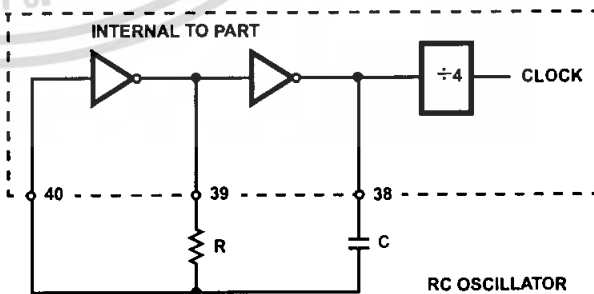


FIGURE 9B.

FIGURE 9. CLOCK CIRCUITS

Component Value Selection

Integrating Resistor

Both the buffer amplifier and the integrator have a class A output stage with 100µA of quiescent current. They can supply 4µA of drive current with negligible nonlinearity. The integrating resistor should be large enough to remain in this very linear region over the input voltage range, but small enough that undue leakage requirements are not placed on the PC board. For 2V full scale, 470kΩ is near optimum and similarly a 47kΩ for a 200mV scale.

Integrating Capacitor

The integrating capacitor should be selected to give the maximum voltage swing that ensures tolerance buildup will not saturate the integrator swing (approximately, 0.3V from either supply). In the ICL7106 or the ICL7107, when the analog COMMON is used as a reference, a nominal +2V full-scale integrator swing is fine. For the ICL7107 with +5V supplies and analog COMMON tied to supply ground, a ±3.5V to +4V swing is nominal. For three readings/second (48kHz clock) nominal values for C_{INT} are 0.22µF and 0.10µF, respectively. Of course, if different oscillator frequencies are used, these values should be changed in inverse proportion to maintain the same output swing.

An additional requirement of the integrating capacitor is that it must have a low dielectric absorption to prevent roll-over errors. While other types of capacitors are adequate for this application, polypropylene capacitors give undetectable errors at reasonable cost.

Auto-Zero Capacitor

The size of the auto-zero capacitor has some influence on the noise of the system. For 200mV full scale where noise is very important, a 0.47µF capacitor is recommended. On the 2V scale, a 0.047µF capacitor increases the speed of recovery from overload and is adequate for noise on this scale.

Reference Capacitor

A 0.1µF capacitor gives good results in most applications. However, where a large common mode voltage exists (i.e., the REF LO pin is not at analog COMMON) and a 200mV scale is used, a larger value is required to prevent roll-over error. Generally 1µF will hold the roll-over error to 0.5 count in this instance.

Oscillator Components

For all ranges of frequency a 100kΩ resistor is recommended and the capacitor is selected from the equation:

$$f = \frac{0.45}{RC} \text{ For 48kHz Clock (3 Readings/sec),}$$

$$C = 100\text{pF.}$$

Reference Voltage

The analog input required to generate full scale output (2000 counts) is: $V_{IN} = 2V_{REF}$. Thus, for the 200mV and 2V scale, V_{REF} should equal 100mV and 1V, respectively. However, in many applications where the A/D is connected to a transducer, there will exist a scale factor other than unity between the input voltage and the digital reading. For instance, in a weighing system, the designer might like to have a full scale reading when the voltage from the transducer is 0.662V. Instead of dividing the input down to 200mV, the designer should use the input voltage directly and select $V_{REF} = 0.341V$. Suitable values for integrating resistor and capacitor would be 120kΩ and 0.22µF. This makes the system slightly quieter and also avoids a divider network on the input. The ICL7107 with ±5V supplies can accept input signals up to ±4V. Another advantage of this system occurs when a digital reading of zero is desired for $V_{IN} \neq 0$. Temperature and weighing systems with a variable fare are examples. This offset reading can be conveniently generated by connecting the voltage transducer between IN HI and COMMON and the variable (or fixed) offset voltage between COMMON and IN LO.

ICL7107 Power Supplies

The ICL7107 is designed to work from ±5V supplies. However, if a negative supply is not available, it can be generated from the clock output with 2 diodes, 2 capacitors, and an inexpensive IC. Figure 10 shows this application. See ICL7660 data sheet for an alternative.

In fact, in selected applications no negative supply is required. The conditions to use a single +5V supply are:

1. The input signal can be referenced to the center of the common mode range of the converter.
2. The signal is less than ±1.5V.
3. An external reference is used.

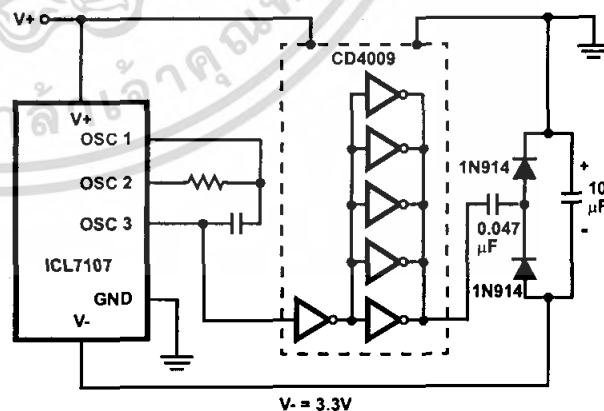


FIGURE 10. GENERATING NEGATIVE SUPPLY FROM +5V

Typical Applications

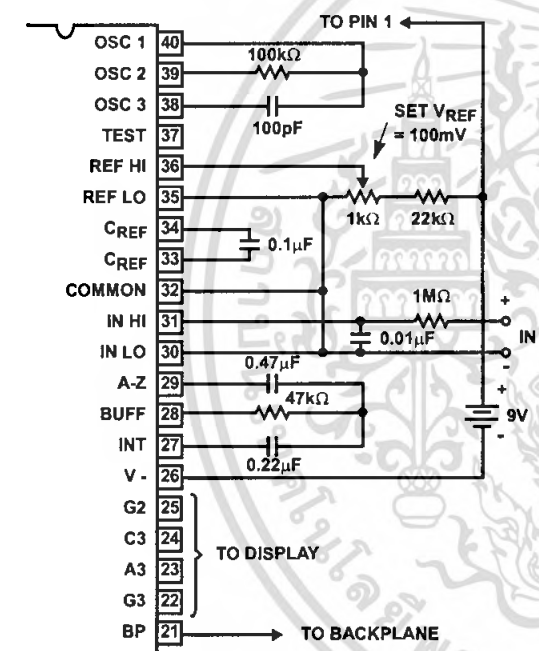
The ICL7106 and ICL7107 may be used in a wide variety of configurations. The circuits which follow show some of the possibilities, and serve to illustrate the exceptional versatility of these A/D converters.

The following application notes contain very useful information on understanding and applying this part and are available from Intersil Corporation.

Application Notes

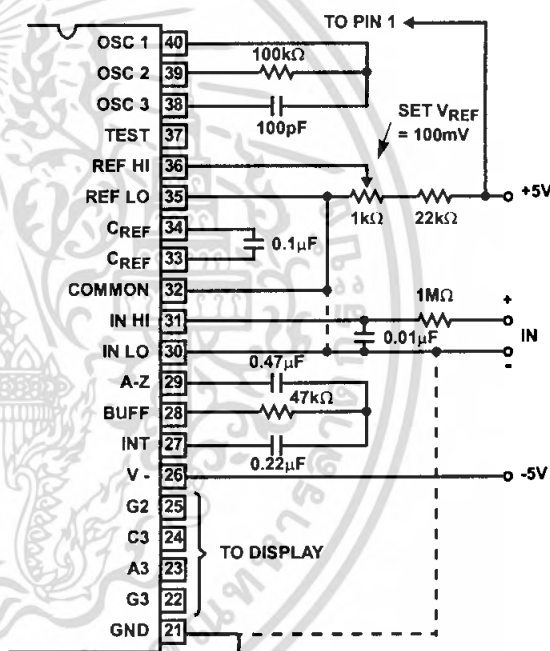
NOTE #	DESCRIPTION
AN016	"Selecting A/D Converters"
AN017	"The Integrating A/D Converter"
AN018	"Do's and Don'ts of Applying A/D Converters"
AN023	"Low Cost Digital Panel Meter Designs"
AN032	"Understanding the Auto-Zero and Common Mode Performance of the ICL7136/7/9 Family"
AN046	"Building a Battery-Operated Auto Ranging DVM with the ICL7106"
AN052	"Tips for Using Single Chip 3 ^{1/2} Digit A/D Converters"
AN9609	"Overcoming Common Mode Range Issues When Using Intersil Integrating Converters"

Typical Applications



Values shown are for 200mV full scale, 3 readings/sec., floating supply voltage (9V battery).

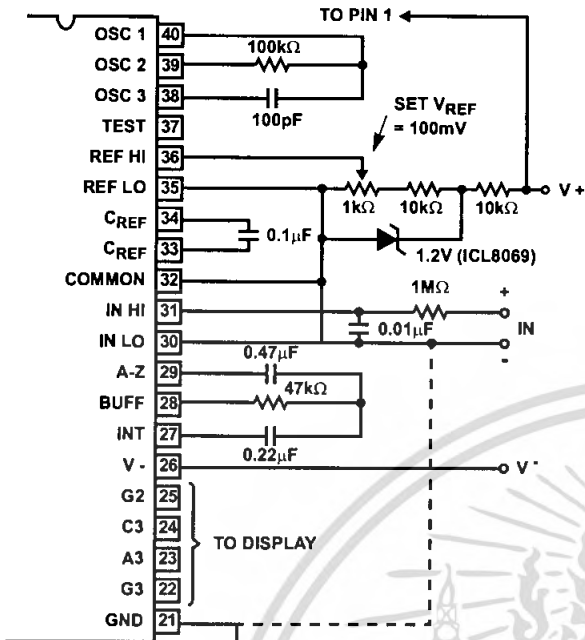
FIGURE 11. ICL7106 USING THE INTERNAL REFERENCE



Values shown are for 200mV full scale, 3 readings/sec. IN LO may be tied to either COMMON for inputs floating with respect to supplies, or GND for single ended inputs. (See discussion under Analog COMMON).

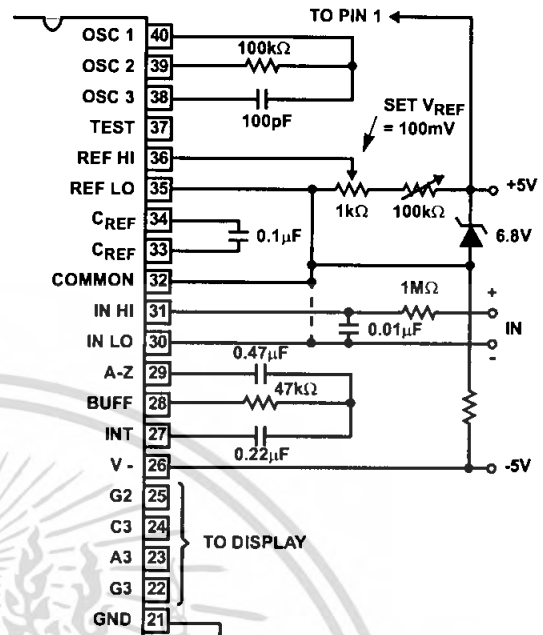
FIGURE 12. ICL7107 USING THE INTERNAL REFERENCE

Typical Applications (Continued)



IN LO is tied to supply COMMON establishing the correct common mode voltage. If COMMON is not shorted to GND, the input voltage may float with respect to the power supply and COMMON acts as a pre-regulator for the reference. If COMMON is shorted to GND, the input is single ended (referred to supply GND) and the pre-regulator is overridden.

FIGURE 13. ICL7107 WITH AN EXTERNAL BAND-GAP REFERENCE (1.2V TYPE)



Since low TC zeners have breakdown voltages ~ 6.8V, diode must be placed across the total supply (10V). As in the case of Figure 12, IN LO may be tied to either COMMON or GND.

FIGURE 14. ICL7107 WITH ZENER DIODE REFERENCE

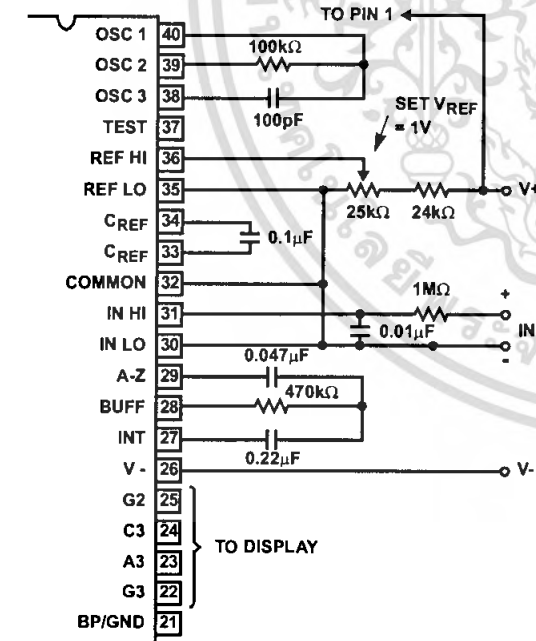
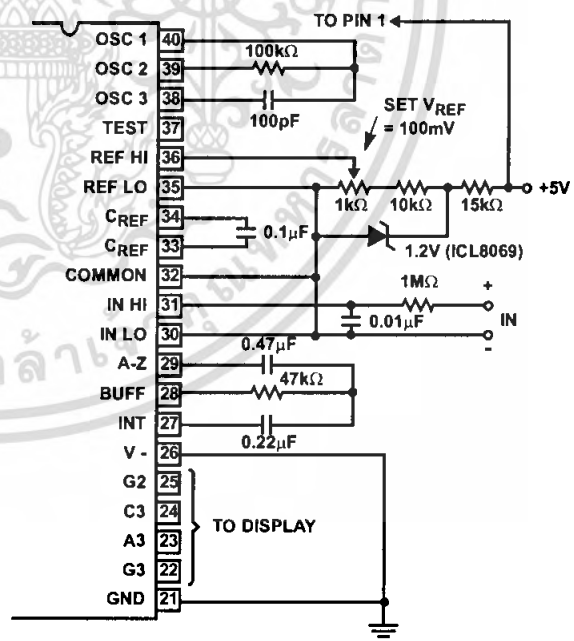


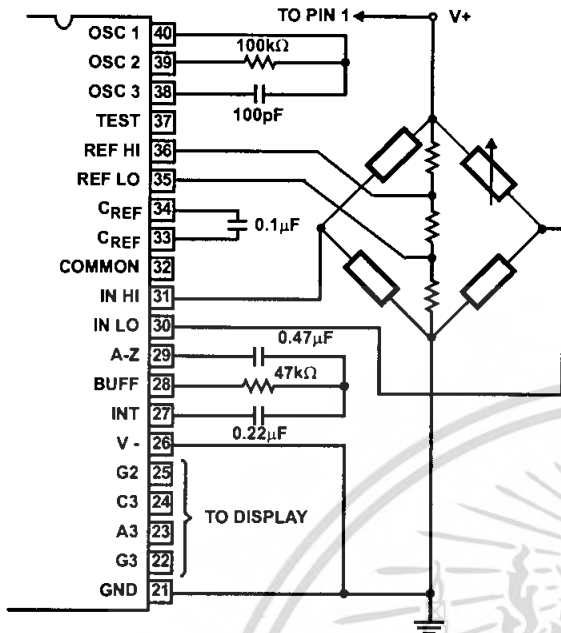
FIGURE 15. ICL7106 AND ICL7107: RECOMMENDED COMPONENT VALUES FOR 2V FULL SCALE



An external reference must be used in this application, since the voltage between V+ and V- is insufficient for correct operation of the internal reference.

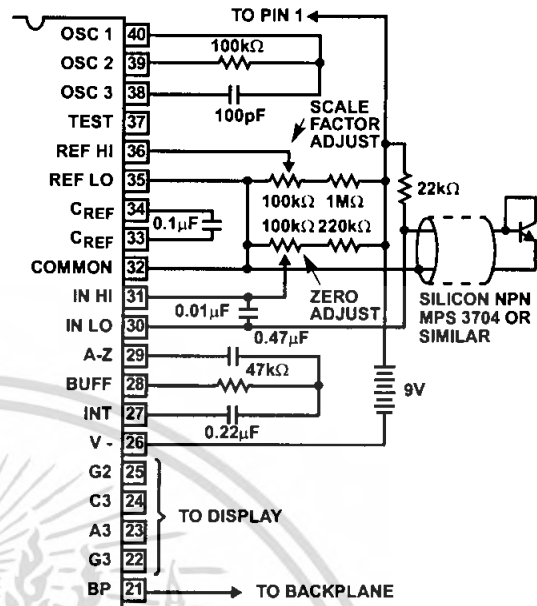
FIGURE 16. ICL7107 OPERATED FROM SINGLE +5V

Typical Applications (Continued)



The resistor values within the bridge are determined by the desired sensitivity.

FIGURE 17. ICL7107 MEASURING RATIOMETRIC VALUES OF QUAD LOAD CELL



A silicon diode-connected transistor has a temperature coefficient of about $-2\text{mV}/^\circ\text{C}$. Calibration is achieved by placing the sensing transistor in ice water and adjusting the zeroing potentiometer for a 000.0 reading. The sensor should then be placed in boiling water and the scale-factor potentiometer adjusted for a 100.0 reading.

FIGURE 18. ICL7106 USED AS A DIGITAL CENTIGRADE THERMOMETER

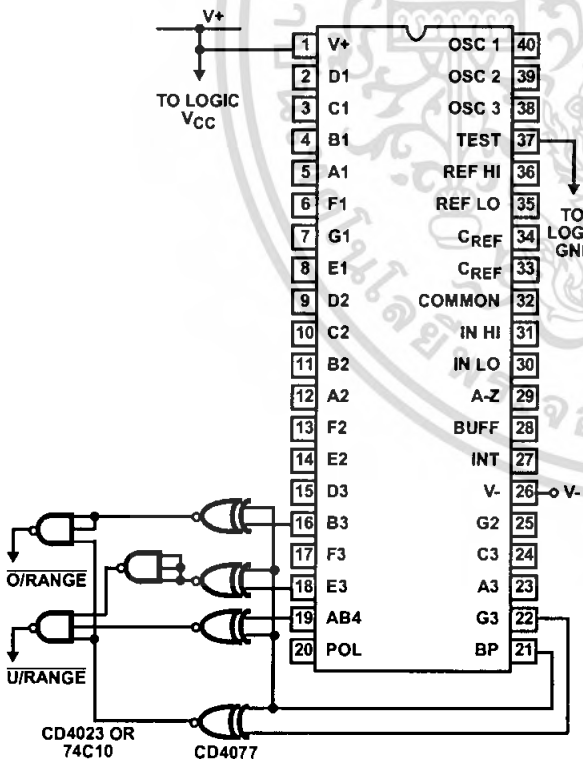


FIGURE 19. CIRCUIT FOR DEVELOPING UNDERANGE AND OVERRANGE SIGNAL FROM ICL7106 OUTPUTS

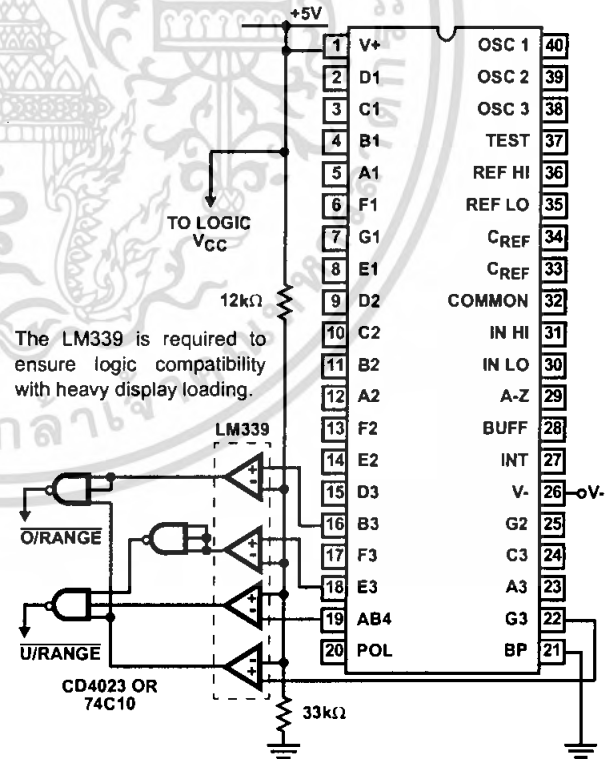
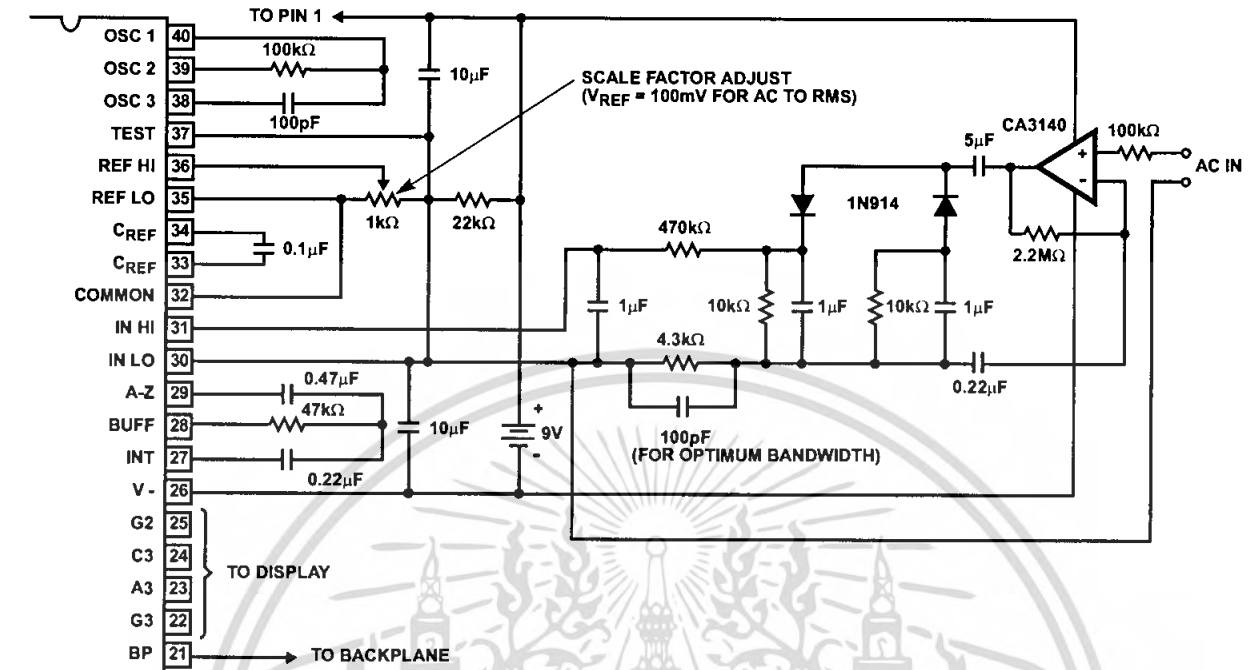


FIGURE 20. CIRCUIT FOR DEVELOPING UNDERANGE AND OVERRANGE SIGNALS FROM ICL7107 OUTPUT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)



Test is used as a common-mode reference level to ensure compatibility with most op amps.

FIGURE 21. AC TO DC CONVERTER WITH ICL7106

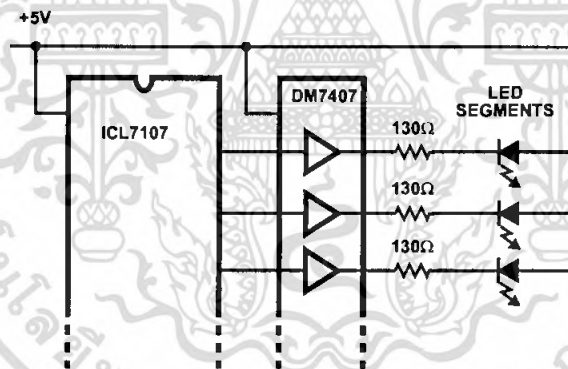
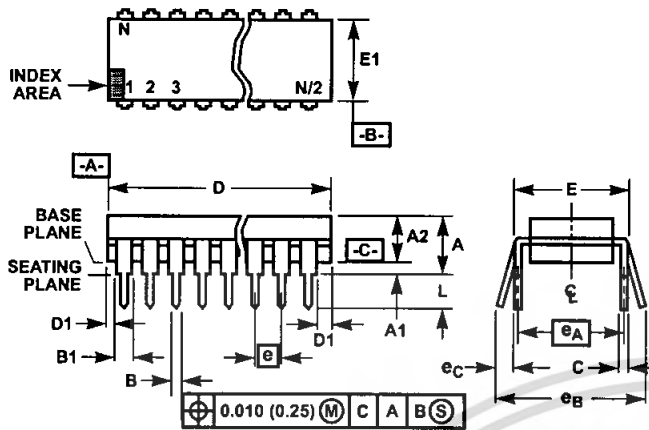


FIGURE 22. DISPLAY BUFFERING FOR INCREASED DRIVE CURRENT

Dual-In-Line Plastic Packages (PDIP)



E40.6 (JEDEC MS-011-AC ISSUE B)
40 LEAD DUAL-IN-LINE PLASTIC PACKAGE

SYMBOL	INCHES		MILLIMETERS		NOTES
	MIN	MAX	MIN	MAX	
A	-	0.250	-	6.35	4
A1	0.015	-	0.39	-	4
A2	0.125	0.195	3.18	4.95	-
B	0.014	0.022	0.356	0.558	-
B1	0.030	0.070	0.77	1.77	8
C	0.008	0.015	0.204	0.381	-
D	1.980	2.095	50.3	53.2	5
D1	0.005	-	0.13	-	5
E	0.600	0.625	15.24	15.87	6
E1	0.485	0.580	12.32	14.73	5
e	0.100 BSC		2.54 BSC		-
eA	0.600 BSC		15.24 BSC		6
eB	-	0.700	-	17.78	7
L	0.115	0.200	2.93	5.08	4
N	40		40		9

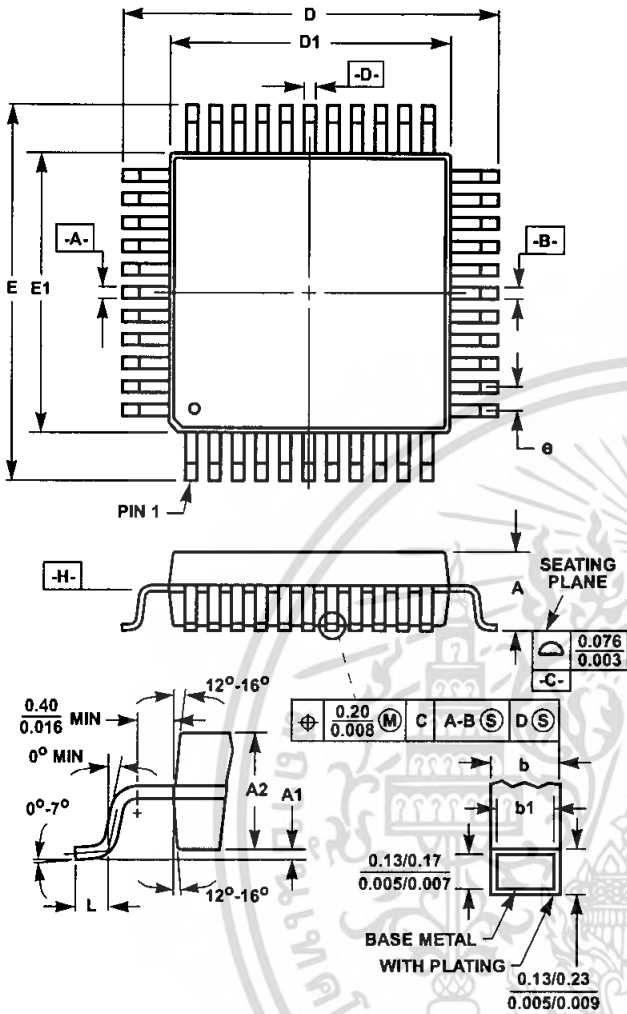
NOTES:

- Controlling Dimensions: INCH. In case of conflict between English and Metric dimensions, the inch dimensions control.
- Dimensioning and tolerancing per ANSI Y14.5M-1982.
- Symbols are defined in the "MO Series Symbol List" in Section 2.2 of Publication No. 95.
- Dimensions A, A1 and L are measured with the package seated in JEDEC seating plane gauge GS-3.
- D, D1, and E1 dimensions do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed 0.010 inch (0.25mm).
- E and eA are measured with the leads constrained to be perpendicular to datum -C-.
- eB and eC are measured at the lead tips with the leads unconstrained. eC must be zero or greater.
- B1 maximum dimensions do not include dambar protrusions. Dambar protrusions shall not exceed 0.010 inch (0.25mm).
- N is the maximum number of terminal positions.
- Corner leads (1, N, N/2 and N/2 + 1) for E8.3, E16.3, E18.3, E28.3, E42.6 will have a B1 dimension of 0.030 - 0.045 inch (0.76 - 1.14mm).

Rev. 0 12/93

ICL7106, ICL7107, ICL7107S

Metric Plastic Quad Flatpack Packages (MQFP)



Q44.10x10 (JEDEC MS-022AB ISSUE B)
44 LEAD METRIC PLASTIC QUAD FLATPACK PACKAGE

SYMBOL	INCHES		MILLIMETERS		NOTES
	MIN	MAX	MIN	MAX	
A	-	0.096	-	2.45	-
A1	0.004	0.010	0.10	0.25	-
A2	0.077	0.083	1.95	2.10	-
b	0.012	0.018	0.30	0.45	6
b1	0.012	0.016	0.30	0.40	-
D	0.515	0.524	13.08	13.32	3
D1	0.389	0.399	9.88	10.12	4, 5
E	0.516	0.523	13.10	13.30	3
E1	0.390	0.398	9.90	10.10	4, 5
L	0.029	0.040	0.73	1.03	-
N	44		44		7
e	0.032 BSC		0.80 BSC		-

Rev. 2 4/99

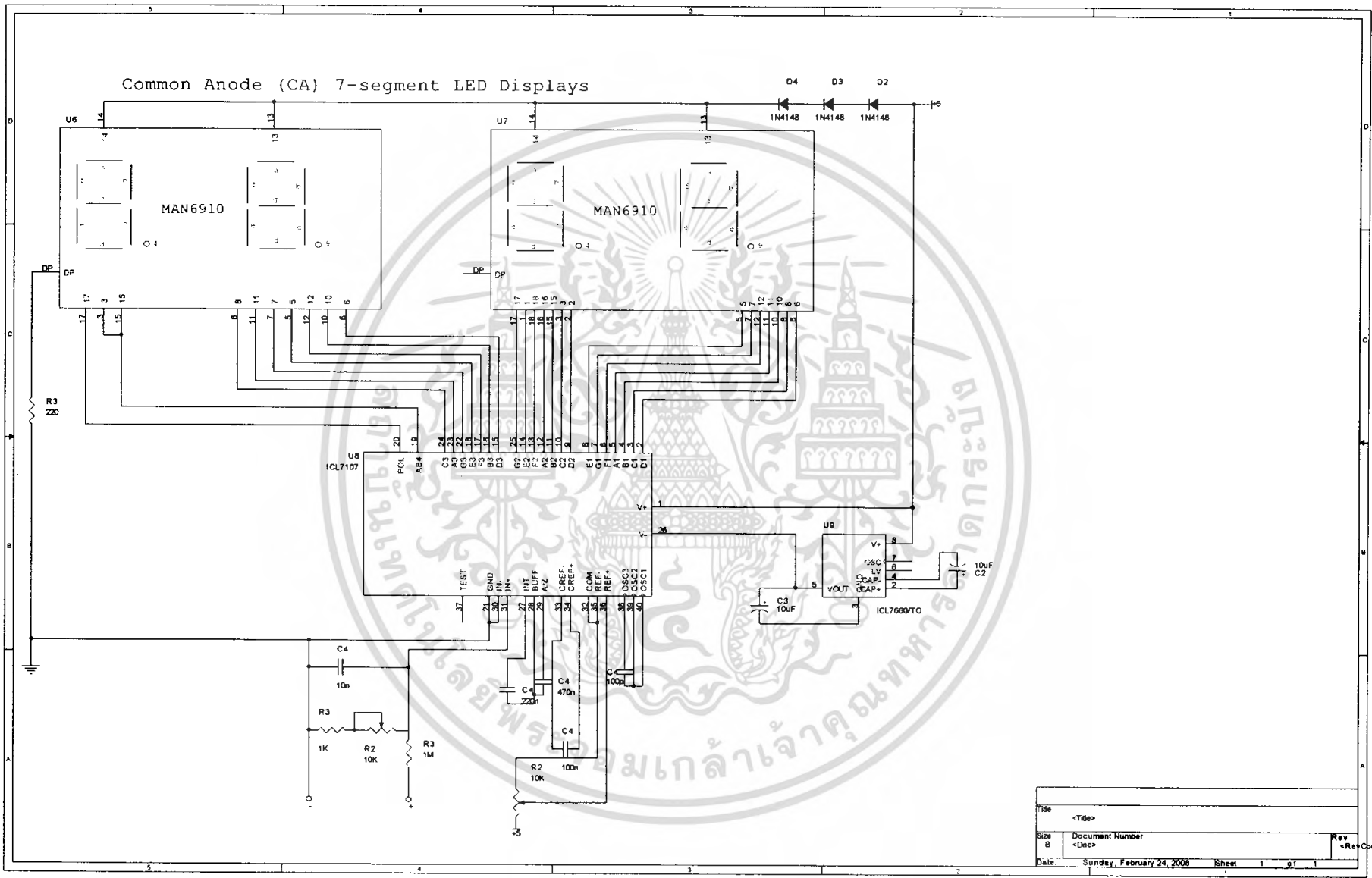
NOTES:

1. Controlling dimension: MILLIMETER. Converted inch dimensions are not necessarily exact.
2. All dimensions and tolerances per ANSI Y14.5M-1982.
3. Dimensions D and E to be determined at seating plane [-C-].
4. Dimensions D1 and E1 to be determined at datum plane [-H-].
5. Dimensions D1 and E1 do not include mold protrusion. Allowable protrusion is 0.25mm (0.010 inch) per side.
6. Dimension b does not include dambar protrusion. Allowable dambar protrusion shall be 0.08mm (0.003 inch) total.
7. "N" is the number of terminal positions.

All Intersil U.S. products are manufactured, assembled and tested utilizing ISO9000 quality systems. Intersil Corporation's quality certifications can be viewed at www.intersil.com/design/quality

Intersil products are sold by description only. Intersil Corporation reserves the right to make changes in circuit design, software and/or specifications at any time without notice. Accordingly, the reader is cautioned to verify that data sheets are current before placing orders. Information furnished by Intersil is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Intersil or its subsidiaries for its use; nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Intersil or its subsidiaries.

For information regarding Intersil Corporation and its products, see www.intersil.com



Title	<Title>	
Size	Document Number	Rev
B	<Dec>	<Rev Code>
Date	Sunday, February 24, 2008	Sheet 1 of 1

3¹/₂ Digit, LCD/LED Display, A/D Converters

The Intersil ICL7106 and ICL7107 are high performance, low power, 3¹/₂ digit A/D converters. Included are seven segment decoders, display drivers, a reference, and a clock. The ICL7106 is designed to interface with a liquid crystal display (LCD) and includes a multiplexed backplane drive; the ICL7107 will directly drive an instrument size light emitting diode (LED) display.

The ICL7106 and ICL7107 bring together a combination of high accuracy, versatility, and true economy. It features auto-zero to less than 10 μ V, zero drift of less than 1 μ V/ $^{\circ}$ C, input bias current of 10pA (Max), and rollover error of less than one count. True differential inputs and reference are useful in all systems, but give the designer an uncommon advantage when measuring load cells, strain gauges and other bridge type transducers. Finally, the true economy of single power supply operation (ICL7106), enables a high performance panel meter to be built with the addition of only 10 passive components and a display.

Features

- Guaranteed Zero Reading for 0V Input on All Scales
- True Polarity at Zero for Precise Null Detection
- 1pA Typical Input Current
- True Differential Input and Reference, Direct Display Drive
 - LCD ICL7106, LED ICL7107
- Low Noise - Less Than 15 μ V_{p-p}
- On Chip Clock and Reference
- Low Power Dissipation - Typically Less Than 10mW
- No Additional Active Circuits Required
- Enhanced Display Stability
- Pb-Free Plus Anneal Available (RoHS Compliant)

Ordering Information

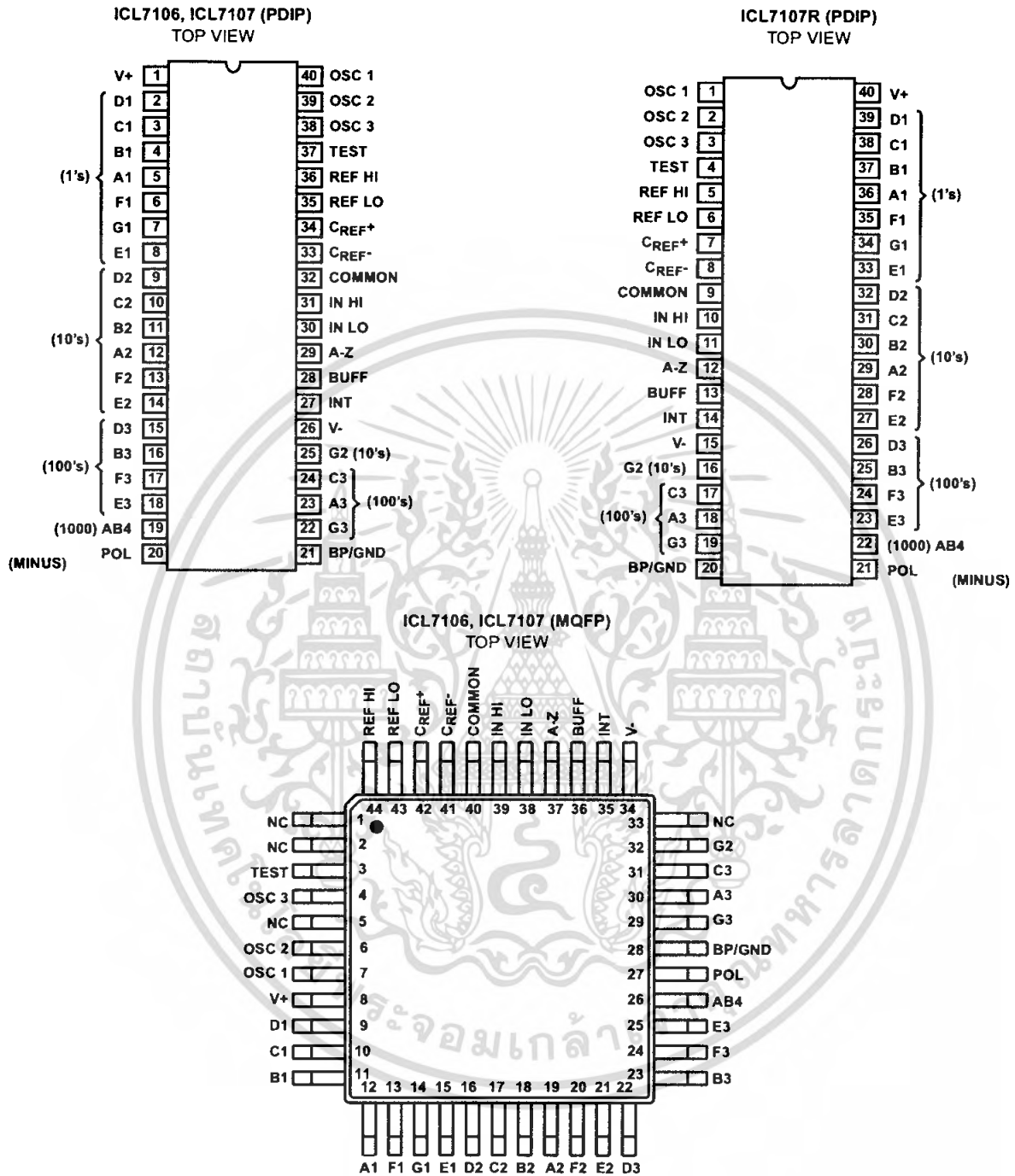
PART NO.	PART MARKING	TEMP. RANGE (°C)	PACKAGE	PKG. DWG. #
ICL7106CPL	ICL7106CPL	0 to 70	40 Ld PDIP	E40.6
ICL7106CPLZ (Note 2)	ICL7106CPLZ	0 to 70	40 Ld PDIP(Pb-free) (Note 3)	E40.6
ICL7106CM44	ICL7106CM44	0 to 70	44 Ld MQFP	Q44.10x10
ICL7106CM44Z (Note 2)	ICL7106CM44Z	0 to 70	44 Ld MQFP (Pb-free)	Q44.10x10
ICL7106CM44ZT (Note 2)	ICL7106CM44Z	0 to 70	44 Ld MQFP Tape and Reel (Pb-free)	Q44.10x10
ICL7107CPL	ICL7107CPL	0 to 70	40 Ld PDIP	E40.6
ICL7107CPLZ (Note 2)	ICL7107CPLZ	0 to 70	40 Ld PDIP(Pb-free) (Note 3)	E40.6
ICL7107RCPL	ICL7107RCPL	0 to 70	40 Ld PDIP (Note 1)	E40.6
ICL7107RCPLZ (Note 2)	ICL7107RCPLZ	0 to 70	40 Ld PDIP (Pb-free) (Notes 1, 3)	E40.6
ICL7107SCPL	ICL7107SCPL	0 to 70	40 Ld PDIP (Notes 1, 3)	E40.6
ICL7107SCPLZ (Note 2)	ICL7107SCPLZ	0 to 70	40 Ld PDIP (Pb-free) (Notes 1, 3)	E40.6
ICL7107CM44	ICL7107CM44	0 to 70	44 Ld MQFP	Q44.10x10
ICL7107CM44T	ICL7107CM44	0 to 70	44 Ld MQFP Tape and Reel	Q44.10x10
ICL7107CM44Z (Note 2)	ICL7107CM44Z	0 to 70	44 Ld MQFP (Pb-free)	Q44.10x10
ICL7107CM44ZT (Note 2)	ICL7107CM44Z	0 to 70	44 Ld MQFP Tape and Reel (Pb-free)	Q44.10x10

NOTES:

1. "R" indicates device with reversed leads for mounting to PC board underside. "S" indicates enhanced stability.
2. Intersil Pb-free plus anneal products employ special Pb-free material sets; molding compounds/die attach materials and 100% matte tin plate termination finish, which are RoHS compliant and compatible with both SnPb and Pb-free soldering operations. Intersil Pb-free products are MSL classified at Pb-free peak reflow temperatures that meet or exceed the Pb-free requirements of IPC/JEDEC J STD-020.
3. Pb-free PDIPs can be used for through hole wave solder processing only. They are not intended for use in Reflow solder processing applications.

ICL7106, ICL7107, ICL7107S

Pinouts



ICL7106, ICL7107, ICL7107S

Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage	
ICL7106, V+ to V-	15V
ICL7107, V+ to GND	6V
ICL7107, V- to GND	-9V
Analog Input Voltage (Either Input) (Note 1)	V+ to V-
Reference Input Voltage (Either Input)	V+ to V-
Clock Input	
ICL7106	TEST to V+
ICL7107	GND to V+

Thermal Information

Thermal Resistance (Typical, Note 2)	θ_{JA} (°C/W)
PDIP Package	50
MQFP Package	75
Maximum Junction Temperature	150°C
Maximum Storage Temperature Range	-65°C to 150°C
Maximum Lead Temperature (Soldering 10s)	300°C
(MQFP - Lead Tips Only)	

NOTE: Pb-free PDIPs can be used for through hole wave solder processing only. They are not intended for use in Reflow solder processing applications.

Operating Conditions

Temperature Range 0°C to 70°C

CAUTION: Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

NOTES:

1. Input voltages may exceed the supply voltages provided the input current is limited to $\pm 100\mu\text{A}$.
2. θ_{JA} is measured with the component mounted on a low effective thermal conductivity test board in free air. See Tech Brief TB379 for details.

Electrical Specifications (Note 3)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
SYSTEM PERFORMANCE					
Zero Input Reading	$V_{IN} = 0.0\text{V}$, Full Scale = 200mV	-000.0	± 000.0	+000.0	Digital Reading
Stability (Last Digit) (ICL7106S, ICL7107S Only)	Fixed Input Voltage (Note 6)	-000.0	± 000.0	+000.0	Digital Reading
Ratiometric Reading	$V_{IN} = V_{REF}$, $V_{REF} = 100\text{mV}$	999	999/1000	1000	Digital Reading
Rollover Error	$-V_{IN} = +V_{IN} \approx 200\text{mV}$ Difference in Reading for Equal Positive and Negative Inputs Near Full Scale	-	± 0.2	± 1	Counts
Linearity	Full Scale = 200mV or Full Scale = 2V Maximum Deviation from Best Straight Line Fit (Note 5)	-	± 0.2	± 1	Counts
Common Mode Rejection Ratio	$V_{CM} = 1\text{V}$, $V_{IN} = 0\text{V}$, Full Scale = 200mV (Note 5)	-	50	-	$\mu\text{V/V}$
Noise	$V_{IN} = 0\text{V}$, Full Scale = 200mV (Peak-To-Peak Value Not Exceeded 95% of Time)	-	15	-	μV
Leakage Current Input	$V_{IN} = 0$ (Note 5)	-	1	10	pA
Zero Reading Drift	$V_{IN} = 0$, 0°C To 70°C (Note 5)	-	0.2	1	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Scale Factor Temperature Coefficient	$V_{IN} = 199\text{mV}$, 0°C To 70°C, (Ext. Ref. 0ppm/°C) (Note 5)	-	1	5	ppm/°C
End Power Supply Character V+ Supply Current	$V_{IN} = 0$ (Does Not Include LED Current for ICL7107)	-	1.0	1.8	mA
End Power Supply Character V- Supply Current	ICL7107 Only	-	0.6	1.8	mA
COMMON Pin Analog Common Voltage	25k Ω Between Common and Positive Supply (With Respect to + Supply)	2.4	3.0	3.2	V
Temperature Coefficient of Analog Common	25k Ω Between Common and Positive Supply (With Respect to + Supply)	-	80	-	ppm/°C
DISPLAY DRIVER ICL7106 ONLY					
Peak-To-Peak Segment Drive Voltage	V+ = to V- = 9V (Note 4)	4	5.5	6	V
Peak-To-Peak Backplane Drive Voltage					

ICL7106, ICL7107, ICL7107S

Electrical Specifications (Note 3) (Continued)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT				
DISPLAY DRIVER ICL7107 ONLY									
Segment Sinking Current	V+ = 5V, Segment Voltage = 3V								
Except Pins AB4 and POL						5	8	-	mA
Pin AB4 Only						10	16	-	mA
Pin POL Only		4	7	-	mA				

NOTES:

3. Unless otherwise noted, specifications apply to both the ICL7106 and ICL7107 at $T_A = 25^\circ\text{C}$, $f_{\text{CLOCK}} = 48\text{kHz}$. ICL7106 is tested in the circuit of Figure 1. ICL7107 is tested in the circuit of Figure 2.
4. Back plane drive is in phase with segment drive for "off" segment, 180 degrees out of phase for "on" segment. Frequency is 20 times conversion rate. Average DC component is less than 50mV.
5. Not tested, guaranteed by design.
6. Sample Tested.

Typical Applications and Test Circuits

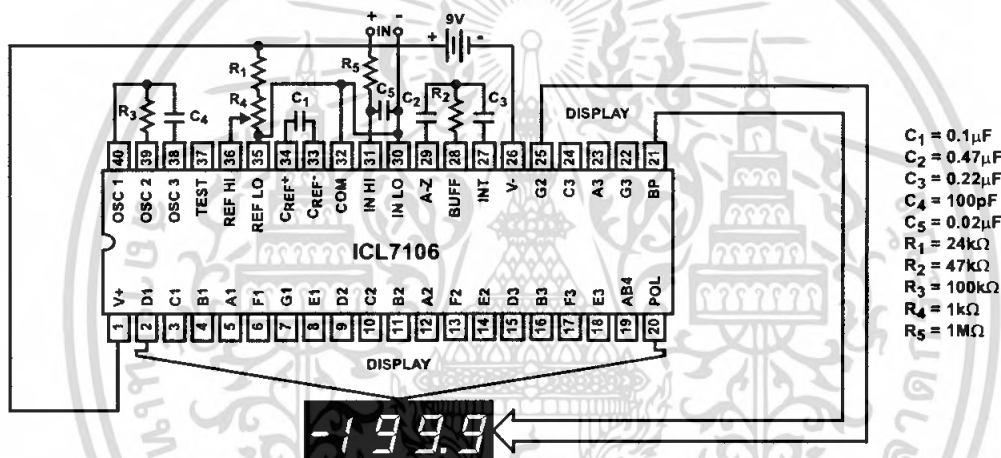


FIGURE 1. ICL7106 TEST CIRCUIT AND TYPICAL APPLICATION WITH LCD DISPLAY COMPONENTS SELECTED FOR 200mV FULL SCALE

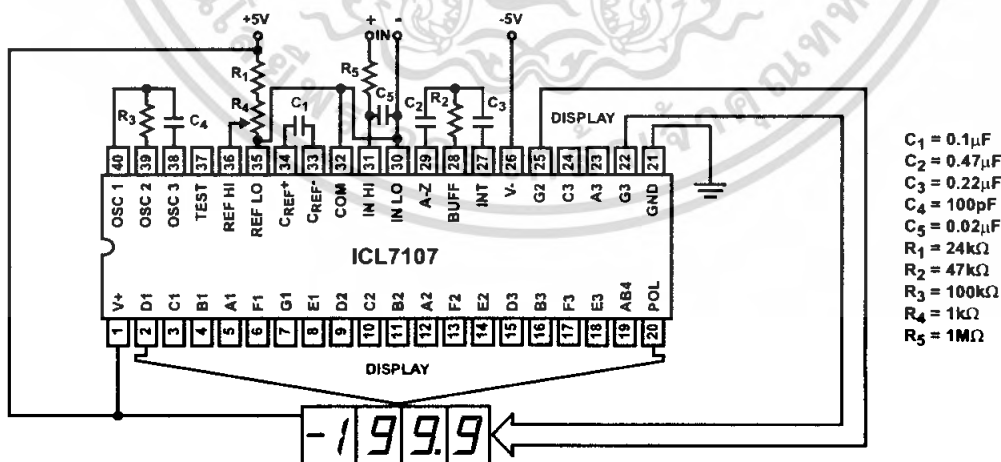


FIGURE 2. ICL7107 TEST CIRCUIT AND TYPICAL APPLICATION WITH LED DISPLAY COMPONENTS SELECTED FOR 200mV FULL SCALE

Design Information Summary Sheet

• **OSCILLATOR FREQUENCY**

$f_{OSC} = 0.45/RC$
 $C_{OSC} > 50pF; R_{OSC} > 50k\Omega$
 $f_{OSC} (Typ) = 48kHz$

• **OSCILLATOR PERIOD**

$t_{OSC} = RC/0.45$

• **INTEGRATION CLOCK FREQUENCY**

$f_{CLOCK} = f_{OSC}/4$

• **INTEGRATION PERIOD**

$t_{INT} = 1000 \times (4/f_{OSC})$

• **60/50Hz REJECTION CRITERION**

t_{INT}/t_{60Hz} or $t_{INT}/t_{50Hz} = \text{Integer}$

• **OPTIMUM INTEGRATION CURRENT**

$I_{INT} = 4\mu A$

• **FULL SCALE ANALOG INPUT VOLTAGE**

$V_{INFS} (Typ) = 200mV$ or $2V$

• **INTEGRATE RESISTOR**

$R_{INT} = \frac{V_{INFS}}{I_{INT}}$

• **INTEGRATE CAPACITOR**

$C_{INT} = \frac{(t_{INT})(I_{INT})}{V_{INT}}$

• **INTEGRATOR OUTPUT VOLTAGE SWING**

$V_{INT} = \frac{(t_{INT})(I_{INT})}{C_{INT}}$

• **V_{INT} MAXIMUM SWING:**

$(V- + 0.5V) < V_{INT} < (V+ - 0.5V), V_{INT} (Typ) = 2V$

• **DISPLAY COUNT**

$COUNT = 1000 \times \frac{V_{IN}}{V_{REF}}$

• **CONVERSION CYCLE**

$t_{CYC} = t_{CLOCK} \times 4000$
 $t_{CYC} = t_{OSC} \times 16,000$
 when $f_{OSC} = 48kHz; t_{CYC} = 333ms$

• **COMMON MODE INPUT VOLTAGE**

$(V- + 1V) < V_{IN} < (V+ - 0.5V)$

• **AUTO-ZERO CAPACITOR**

$0.01\mu F < C_{AZ} < 1\mu F$

• **REFERENCE CAPACITOR**

$0.1\mu F < C_{REF} < 1\mu F$

• **V_{COM}**

Biased between V_i and V_- .

• **V_{COM} \cong V+ - 2.8V**

Regulation lost when $V+$ to $V_- < \cong 6.8V$
 If V_{COM} is externally pulled down to $(V+ \text{ to } V_-)/2$, the V_{COM} circuit will turn off.

• **ICL7106 POWER SUPPLY: SINGLE 9V**

$V+ - V_- = 9V$
 Digital supply is generated internally
 $V_{GND} \cong V+ - 4.5V$

• **ICL7106 DISPLAY: LCD**

Type: Direct drive with digital logic supply amplitude.

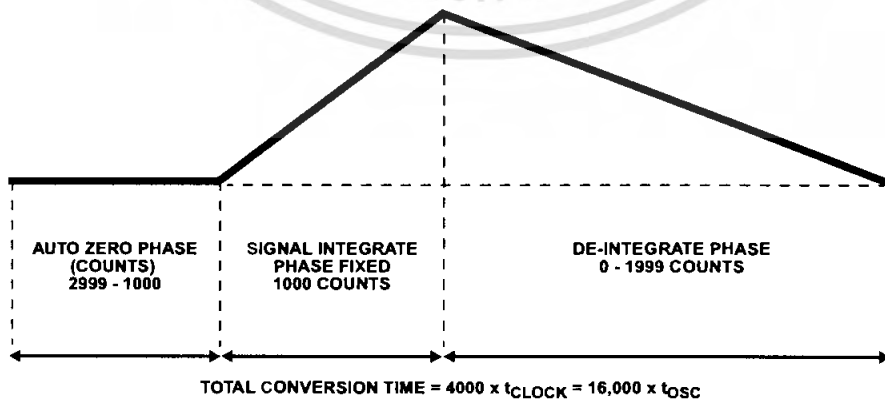
• **ICL7107 POWER SUPPLY: DUAL $\pm 5.0V$**

$V+ = +5V$ to GND
 $V- = -5V$ to GND
 Digital Logic and LED driver supply $V+$ to GND

• **ICL7107 DISPLAY: LED**

Type: Non-Multiplexed Common Anode

Typical Integrator Amplifier Output Waveform (INT Pin)



Detailed Description

Analog Section

Figure 3 shows the Analog Section for the ICL7106 and ICL7107. Each measurement cycle is divided into three phases. They are (1) auto-zero (A-Z), (2) signal integrate (INT) and (3) de-integrate (DE).

Auto-Zero Phase

During auto-zero three things happen. First, input high and low are disconnected from the pins and internally shorted to analog COMMON. Second, the reference capacitor is charged to the reference voltage. Third, a feedback loop is closed around the system to charge the auto-zero capacitor C_{AZ} to compensate for offset voltages in the buffer amplifier, integrator, and comparator. Since the comparator is included in the loop, the A-Z accuracy is limited only by the noise of the system. In any case, the offset referred to the input is less than $10\mu V$.

Signal Integrate Phase

During signal integrate, the auto-zero loop is opened, the internal short is removed, and the internal input high and low are connected to the external pins. The converter then integrates the differential voltage between IN HI and IN LO for a fixed time. This differential voltage can be within a wide common mode range: up to 1V from either supply. If, on the other hand, the input signal has no return with respect to the converter power supply, IN LO can be tied to analog COMMON to establish the correct common mode voltage. At the end of this phase, the polarity of the integrated signal is determined.

De-Integrate Phase

The final phase is de-integrate, or reference integrate. Input low is internally connected to analog COMMON and input high is connected across the previously charged reference capacitor. Circuitry within the chip ensures that the capacitor will be connected with the correct polarity to cause the integrator output to return to zero. The time required for the

output to return to zero is proportional to the input signal. Specifically the digital reading displayed is:

$$\text{DISPLAY COUNT} = 1000 \left(\frac{V_{IN}}{V_{REF}} \right)$$

Differential Input

The input can accept differential voltages anywhere within the common mode range of the input amplifier, or specifically from 0.5V below the positive supply to 1V above the negative supply. In this range, the system has a CMRR of 86dB typical. However, care must be exercised to assure the integrator output does not saturate. A worst case condition would be a large positive common mode voltage with a near full scale negative differential input voltage. The negative input signal drives the integrator positive when most of its swing has been used up by the positive common mode voltage. For these critical applications the integrator output swing can be reduced to less than the recommended 2V full scale swing with little loss of accuracy. The integrator output can swing to within 0.3V of either supply without loss of linearity.

Differential Reference

The reference voltage can be generated anywhere within the power supply voltage of the converter. The main source of common mode error is a roll-over voltage caused by the reference capacitor losing or gaining charge to stray capacity on its nodes. If there is a large common mode voltage, the reference capacitor can gain charge (increase voltage) when called up to de-integrate a positive signal but lose charge (decrease voltage) when called up to de-integrate a negative input signal. This difference in reference for positive or negative input voltage will give a roll-over error. However, by selecting the reference capacitor such that it is large enough in comparison to the stray capacitance, this error can be held to less than 0.5 count worst case. (See Component Value Selection.)

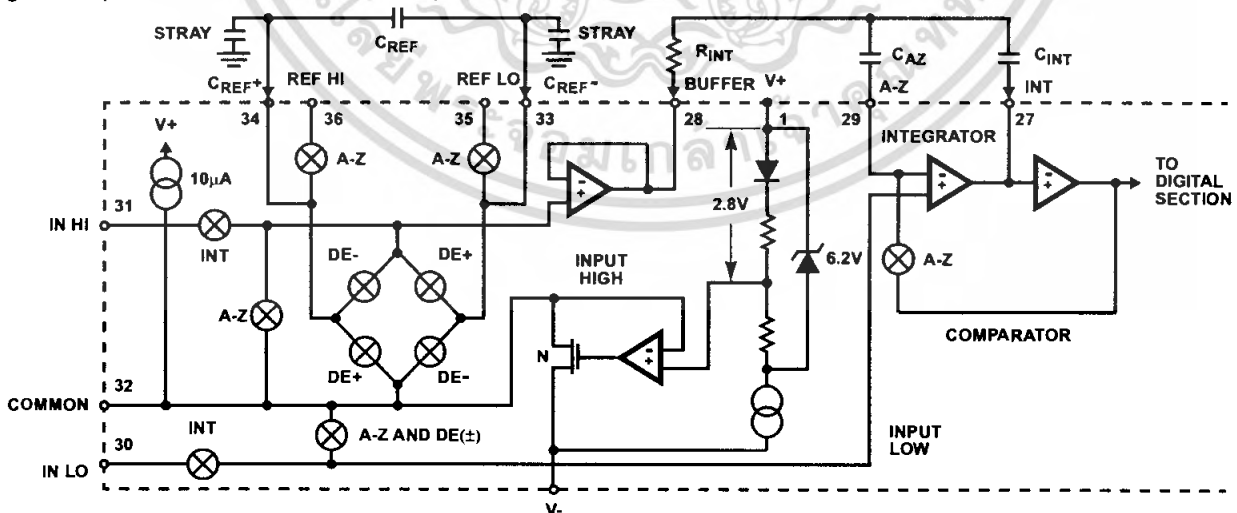


FIGURE 3. ANALOG SECTION OF ICL7106 AND ICL7107

Analog COMMON

This pin is included primarily to set the common mode voltage for battery operation (ICL7106) or for any system where the input signals are floating with respect to the power supply. The COMMON pin sets a voltage that is approximately 2.8V more negative than the positive supply. This is selected to give a minimum end-of-life battery voltage of about 6V. However, analog COMMON has some of the attributes of a reference voltage. When the total supply voltage is large enough to cause the zener to regulate (>7V), the COMMON voltage will have a low voltage coefficient (0.001%/V), low output impedance ($\approx 15\Omega$), and a temperature coefficient typically less than 80ppm/ $^{\circ}\text{C}$.

The limitations of the on chip reference should also be recognized, however. With the ICL7107, the internal heating which results from the LED drivers can cause some degradation in performance. Due to their higher thermal resistance, plastic parts are poorer in this respect than ceramic. The combination of reference Temperature Coefficient (TC), internal chip dissipation, and package thermal resistance can increase noise near full scale from 25 μV to 80 $\mu\text{V}_{\text{P-P}}$. Also the linearity in going from a high dissipation count such as 1000 (20 segments on) to a low dissipation count such as 1111 (8 segments on) can suffer by a count or more. Devices with a positive TC reference may require several counts to pull out of an over-range condition. This is because over-range is a low dissipation mode, with the three least significant digits blanked. Similarly, units with a negative TC may cycle between over-range and a non-over-range count as the die alternately heats and cools. All these problems are of course eliminated if an external reference is used.

The ICL7106, with its negligible dissipation, suffers from none of these problems. In either case, an external reference can easily be added, as shown in Figure 4.

Analog COMMON is also used as the input low return during auto-zero and de-integrate. If IN LO is different from analog COMMON, a common mode voltage exists in the system and is taken care of by the excellent CMRR of the converter. However, in some applications IN LO will be set at a fixed known voltage (power supply common for instance). In this application, analog COMMON should be tied to the same point, thus removing the common mode voltage from the converter. The same holds true for the reference voltage. If reference can be conveniently tied to analog COMMON, it should be since this removes the common mode voltage from the reference system.

Within the IC, analog COMMON is tied to an N-Channel FET that can sink approximately 30mA of current to hold the voltage 2.8V below the positive supply (when a load is trying to pull the common line positive). However, there is only 10 μA of source current, so COMMON may easily be tied to a more negative voltage thus overriding the internal reference.

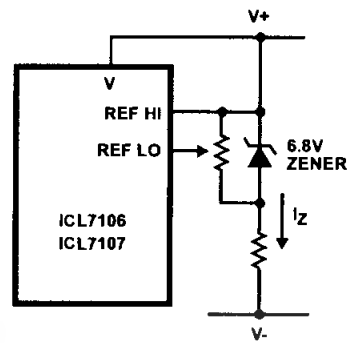


FIGURE 4A.

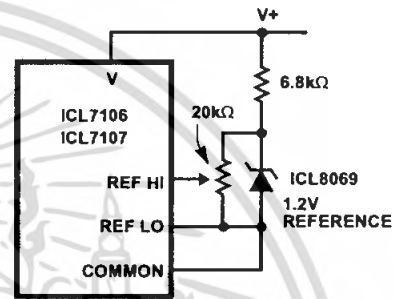


FIGURE 4B.

FIGURE 4. USING AN EXTERNAL REFERENCE

TEST

The TEST pin serves two functions. On the ICL7106 it is coupled to the internally generated digital supply through a 500 Ω resistor. Thus it can be used as the negative supply for externally generated segment drivers such as decimal points or any other presentation the user may want to include on the LCD display. Figures 5 and 6 show such an application. No more than a 1mA load should be applied.

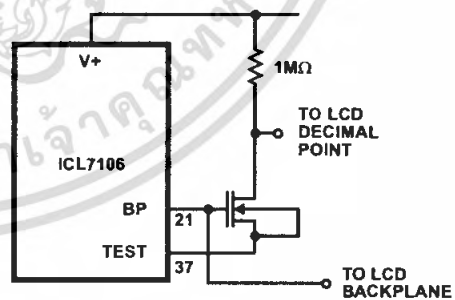


FIGURE 5. SIMPLE INVERTER FOR FIXED DECIMAL POINT

The second function is a "lamp test". When TEST is pulled high (to V+) all segments will be turned on and the display should read "1888". The TEST pin will sink about 15mA under these conditions.

CAUTION: In the lamp test mode, the segments have a constant DC voltage (no square-wave). This may burn the LCD display if maintained for extended periods.

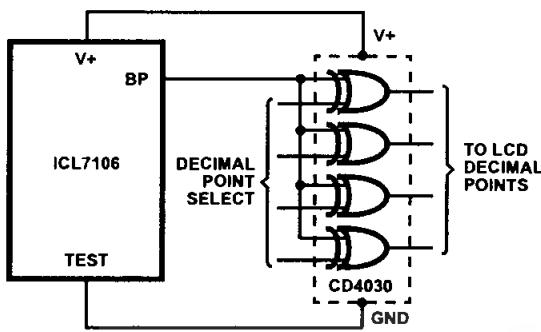


FIGURE 6. EXCLUSIVE 'OR' GATE FOR DECIMAL POINT DRIVE

Digital Section

Figures 7 and 8 show the digital section for the ICL7106 and ICL7107, respectively. In the ICL7106, an internal digital ground is generated from a 6V Zener diode and a large P-Channel source follower. This supply is made stiff to

absorb the relative large capacitive currents when the back plane (BP) voltage is switched. The BP frequency is the clock frequency divided by 800. For three readings/sec., this is a 60Hz square wave with a nominal amplitude of 5V. The segments are driven at the same frequency and amplitude and are in phase with BP when OFF, but out of phase when ON. In all cases negligible DC voltage exists across the segments.

Figure 8 is the Digital Section of the ICL7107. It is identical to the ICL7106 except that the regulated supply and back plane drive have been eliminated and the segment drive has been increased from 2mA to 8mA, typical for instrument size common anode LED displays. Since the 1000 output (pin 19) must sink current from two LED segments, it has twice the drive capability or 16mA.

In both devices, the polarity indication is "on" for negative analog inputs. If IN LO and IN HI are reversed, this indication can be reversed also, if desired.

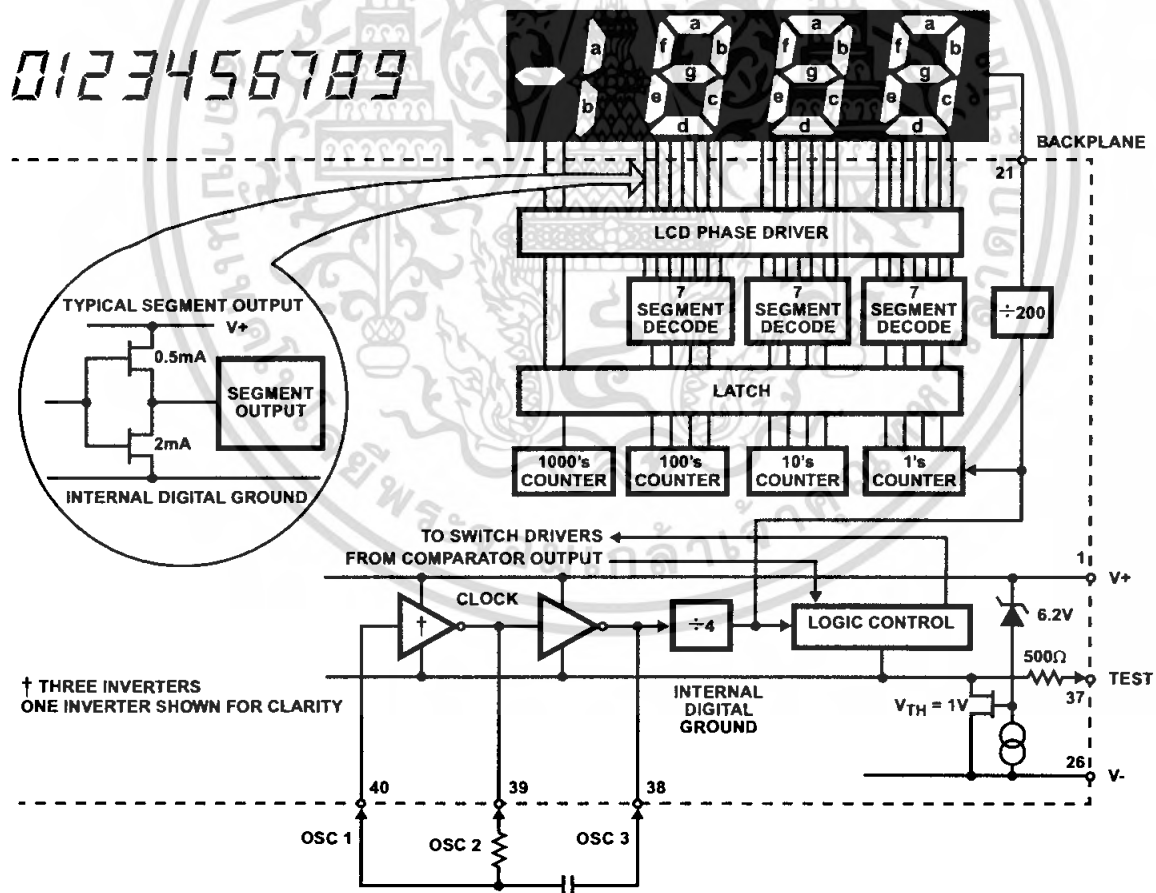


FIGURE 7. ICL7106 DIGITAL SECTION

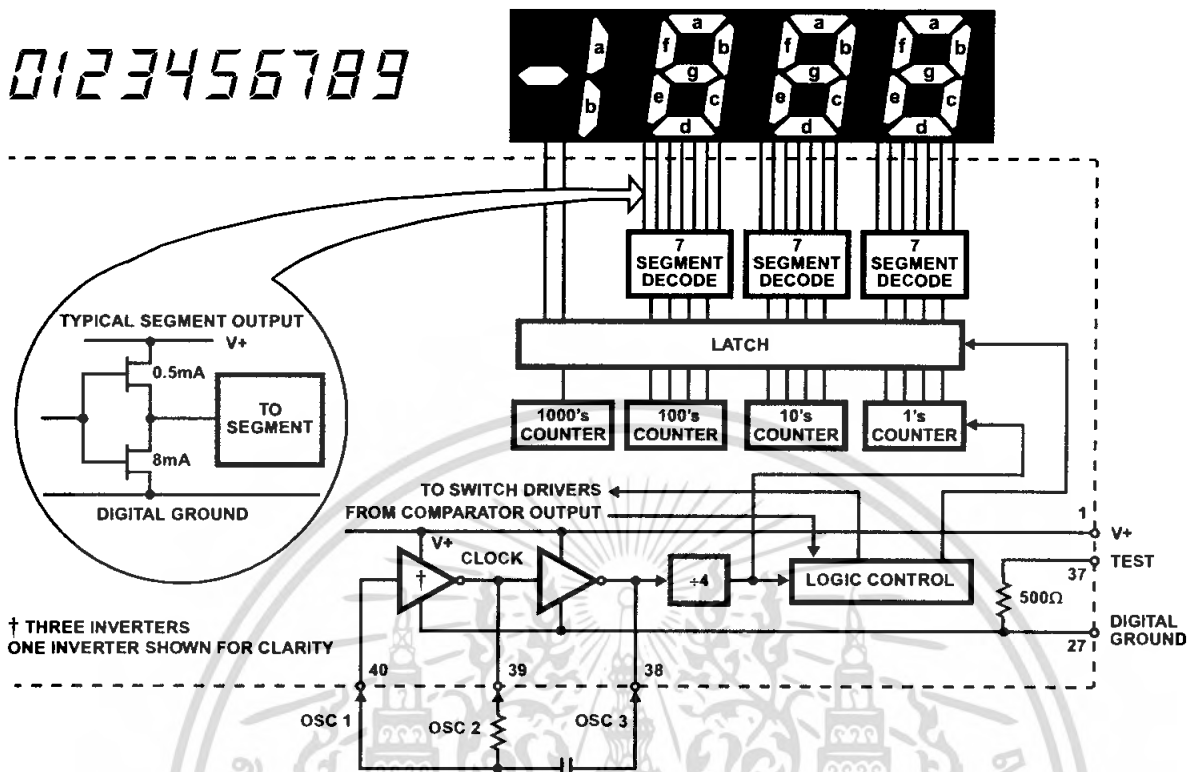


FIGURE 8. ICL7107 DIGITAL SECTION

System Timing

Figure 9 shows the clocking arrangement used in the ICL7106 and ICL7107. Two basic clocking arrangements can be used:

1. Figure 9A. An external oscillator connected to pin 40.
2. Figure 9B. An R-C oscillator using all three pins.

The oscillator frequency is divided by four before it clocks the decade counters. It is then further divided to form the three convert-cycle phases. These are signal integrate (1000 counts), reference de-integrate (0 to 2000 counts) and auto-zero (1000 to 3000 counts). For signals less than full scale, auto-zero gets the unused portion of reference de-integrate. This makes a complete measure cycle of 4,000 counts (16,000 clock pulses) independent of input voltage. For three readings/second, an oscillator frequency of 48kHz would be used.

To achieve maximum rejection of 60Hz pickup, the signal integrate cycle should be a multiple of 60Hz. Oscillator frequencies of 240kHz, 120kHz, 80kHz, 60kHz, 48kHz, 40kHz, $33\frac{1}{3}$ kHz, etc. should be selected. For 50Hz rejection, Oscillator frequencies of 200kHz, 100kHz, $66\frac{2}{3}$ kHz, 50kHz, 40kHz, etc. would be suitable. Note that 40kHz (2.5 readings/second) will reject both 50Hz and 60Hz (also 400Hz and 440Hz).

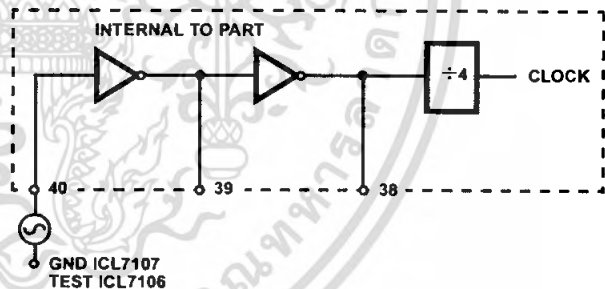


FIGURE 9A.

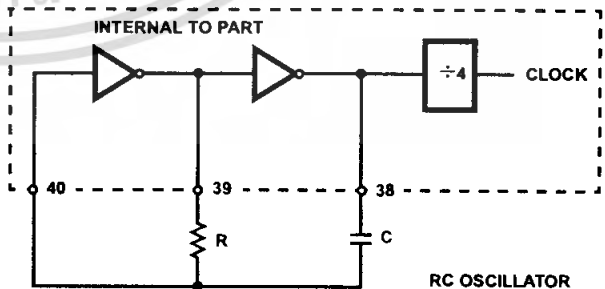


FIGURE 9B.

FIGURE 9. CLOCK CIRCUITS

Component Value Selection

Integrating Resistor

Both the buffer amplifier and the integrator have a class A output stage with 100µA of quiescent current. They can supply 4µA of drive current with negligible nonlinearity. The integrating resistor should be large enough to remain in this very linear region over the input voltage range, but small enough that undue leakage requirements are not placed on the PC board. For 2V full scale, 470kΩ is near optimum and similarly a 47kΩ for a 200mV scale.

Integrating Capacitor

The integrating capacitor should be selected to give the maximum voltage swing that ensures tolerance buildup will not saturate the integrator swing (approximately 0.3V from either supply). In the ICL7106 or the ICL7107, when the analog COMMON is used as a reference, a nominal +2V full-scale integrator swing is fine. For the ICL7107 with +5V supplies and analog COMMON tied to supply ground, a ±3.5V to +4V swing is nominal. For three readings/second (48kHz clock) nominal values for C_{INT} are 0.22µF and 0.10µF, respectively. Of course, if different oscillator frequencies are used, these values should be changed in inverse proportion to maintain the same output swing.

An additional requirement of the integrating capacitor is that it must have a low dielectric absorption to prevent roll-over errors. While other types of capacitors are adequate for this application, polypropylene capacitors give undetectable errors at reasonable cost.

Auto-Zero Capacitor

The size of the auto-zero capacitor has some influence on the noise of the system. For 200mV full scale where noise is very important, a 0.47µF capacitor is recommended. On the 2V scale, a 0.047µF capacitor increases the speed of recovery from overload and is adequate for noise on this scale.

Reference Capacitor

A 0.1µF capacitor gives good results in most applications. However, where a large common mode voltage exists (i.e., the REF LO pin is not at analog COMMON) and a 200mV scale is used, a larger value is required to prevent roll-over error. Generally 1µF will hold the roll-over error to 0.5 count in this instance.

Oscillator Components

For all ranges of frequency a 100kΩ resistor is recommended and the capacitor is selected from the equation:

$$f = \frac{0.45}{RC} \text{ For 48kHz Clock (3 Readings/sec),}$$

$$C = 100\text{pF.}$$

Reference Voltage

The analog input required to generate full scale output (2000 counts) is: $V_{IN} = 2V_{REF}$. Thus, for the 200mV and 2V scale, V_{REF} should equal 100mV and 1V, respectively. However, in many applications where the A/D is connected to a transducer, there will exist a scale factor other than unity between the input voltage and the digital reading. For instance, in a weighing system, the designer might like to have a full scale reading when the voltage from the transducer is 0.662V. Instead of dividing the input down to 200mV, the designer should use the input voltage directly and select $V_{REF} = 0.341V$. Suitable values for integrating resistor and capacitor would be 120kΩ and 0.22µF. This makes the system slightly quieter and also avoids a divider network on the input. The ICL7107 with ±5V supplies can accept input signals up to ±4V. Another advantage of this system occurs when a digital reading of zero is desired for $V_{IN} \neq 0$. Temperature and weighing systems with a variable fare are examples. This offset reading can be conveniently generated by connecting the voltage transducer between IN HI and COMMON and the variable (or fixed) offset voltage between COMMON and IN LO.

ICL7107 Power Supplies

The ICL7107 is designed to work from ±5V supplies. However, if a negative supply is not available, it can be generated from the clock output with 2 diodes, 2 capacitors, and an inexpensive IC. Figure 10 shows this application. See ICL7660 data sheet for an alternative.

In fact, in selected applications no negative supply is required. The conditions to use a single +5V supply are:

1. The input signal can be referenced to the center of the common mode range of the converter.
2. The signal is less than ±1.5V.
3. An external reference is used.

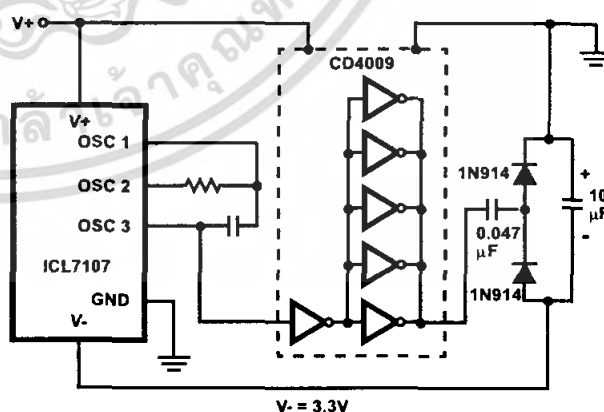


FIGURE 10. GENERATING NEGATIVE SUPPLY FROM +5V

ICL7106, ICL7107, ICL7107S

Typical Applications

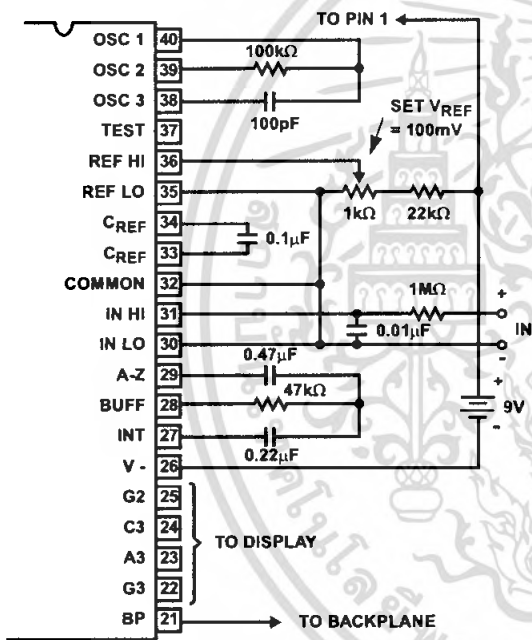
The ICL7106 and ICL7107 may be used in a wide variety of configurations. The circuits which follow show some of the possibilities, and serve to illustrate the exceptional versatility of these A/D converters.

The following application notes contain very useful information on understanding and applying this part and are available from Intersil Corporation.

Application Notes

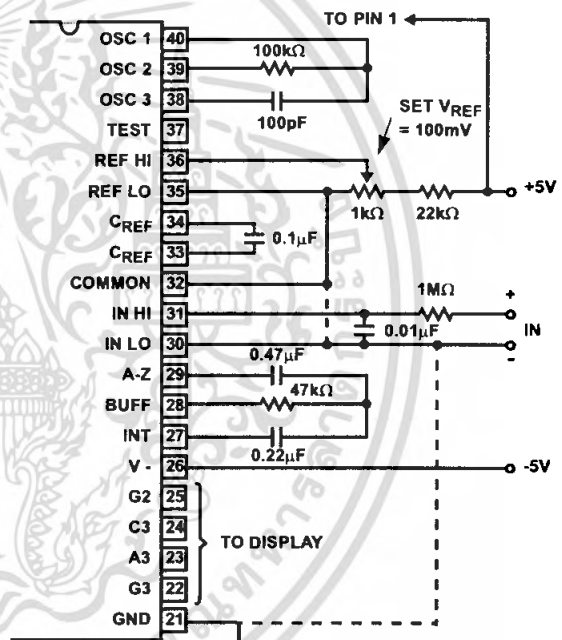
NOTE #	DESCRIPTION
AN016	"Selecting A/D Converters"
AN017	"The Integrating A/D Converter"
AN018	"Do's and Don'ts of Applying A/D Converters"
AN023	"Low Cost Digital Panel Meter Designs"
AN032	"Understanding the Auto-Zero and Common Mode Performance of the ICL7136/7/9 Family"
AN046	"Building a Battery-Operated Auto Ranging DVM with the ICL7106"
AN052	"Tips for Using Single Chip 3 ¹ / ₂ Digit A/D Converters"
AN9609	"Overcoming Common Mode Range Issues When Using Intersil Integrating Converters"

Typical Applications



Values shown are for 200mV full scale, 3 readings/sec., floating supply voltage (9V battery).

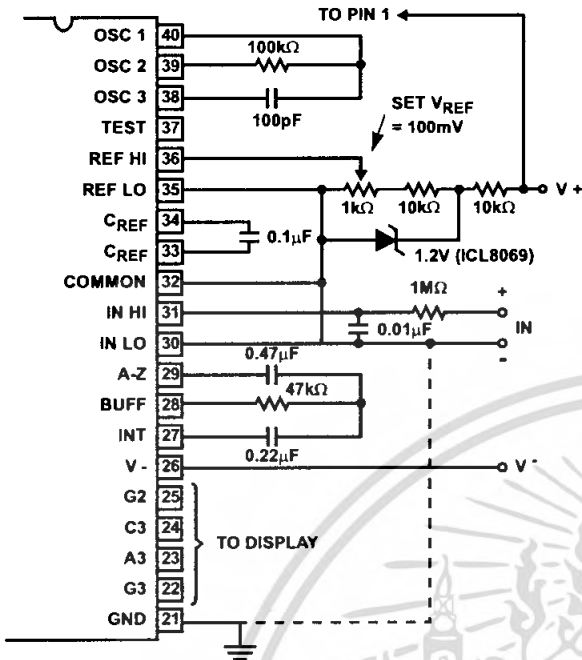
FIGURE 11. ICL7106 USING THE INTERNAL REFERENCE



Values shown are for 200mV full scale, 3 readings/sec. IN LO may be tied to either COMMON for inputs floating with respect to supplies, or GND for single ended inputs. (See discussion under Analog COMMON).

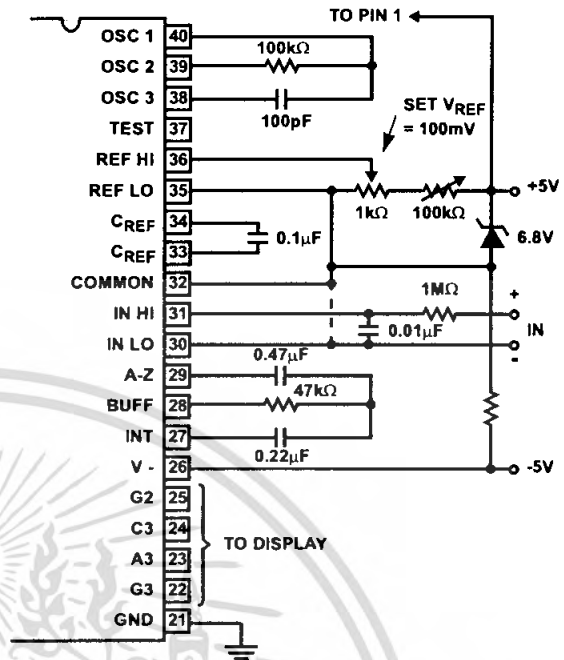
FIGURE 12. ICL7107 USING THE INTERNAL REFERENCE

Typical Applications (Continued)



IN LO is tied to supply COMMON establishing the correct common mode voltage. If COMMON is not shorted to GND, the input voltage may float with respect to the power supply and COMMON acts as a pre-regulator for the reference. If COMMON is shorted to GND, the input is single ended (referred to supply GND) and the pre-regulator is overridden.

FIGURE 13. ICL7107 WITH AN EXTERNAL BAND-GAP REFERENCE (1.2V TYPE)



Since low TC zeners have breakdown voltages ~ 6.8V, diode must be placed across the total supply (10V). As in the case of Figure 12, IN LO may be tied to either COMMON or GND.

FIGURE 14. ICL7107 WITH ZENER DIODE REFERENCE

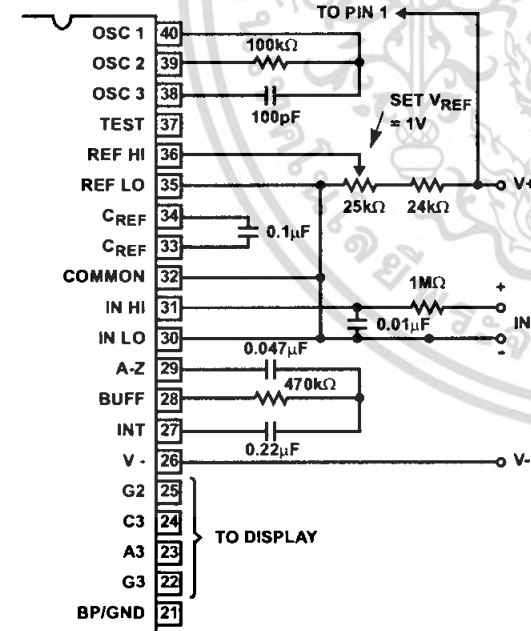
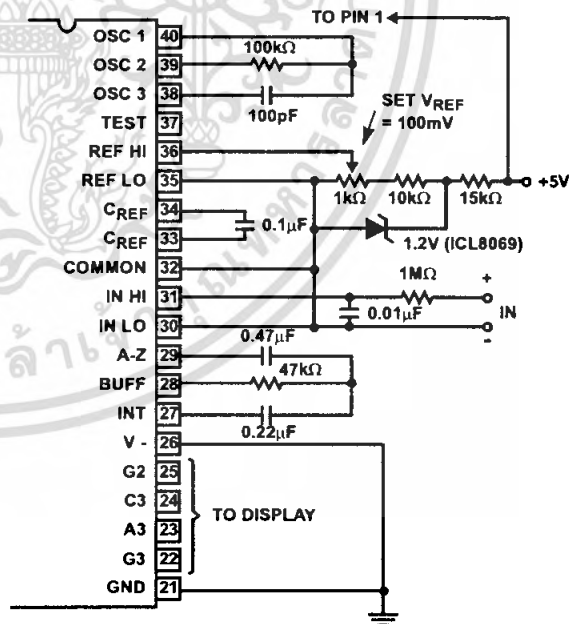


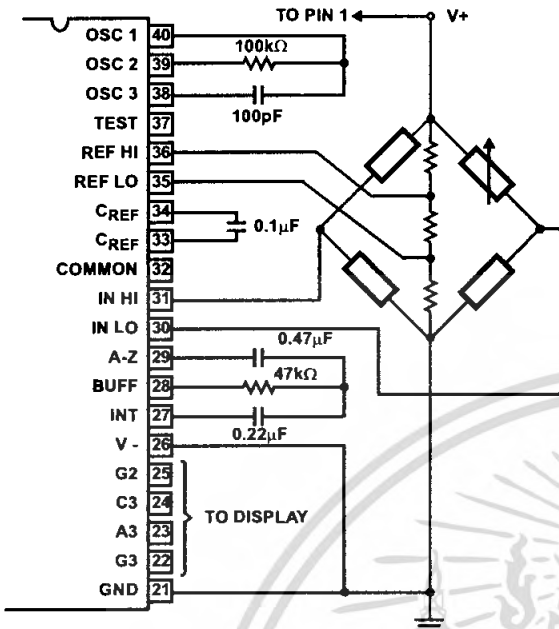
FIGURE 15. ICL7106 AND ICL7107: RECOMMENDED COMPONENT VALUES FOR 2V FULL SCALE



An external reference must be used in this application, since the voltage between V+ and V- is insufficient for correct operation of the internal reference.

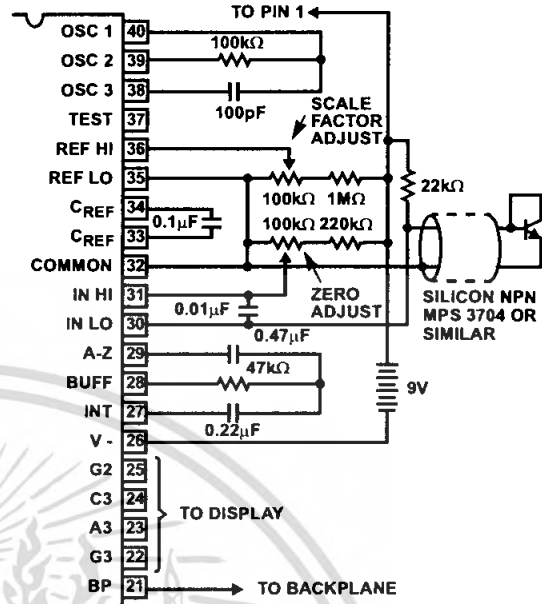
FIGURE 16. ICL7107 OPERATED FROM SINGLE +5V

Typical Applications (Continued)



The resistor values within the bridge are determined by the desired sensitivity.

FIGURE 17. ICL7107 MEASURING RATIOMETRIC VALUES OF QUAD LOAD CELL



A silicon diode-connected transistor has a temperature coefficient of about $-2\text{mV}/^\circ\text{C}$. Calibration is achieved by placing the sensing transistor in ice water and adjusting the zeroing potentiometer for a 000.0 reading. The sensor should then be placed in boiling water and the scale-factor potentiometer adjusted for a 100.0 reading.

FIGURE 18. ICL7106 USED AS A DIGITAL CENTIGRADE THERMOMETER

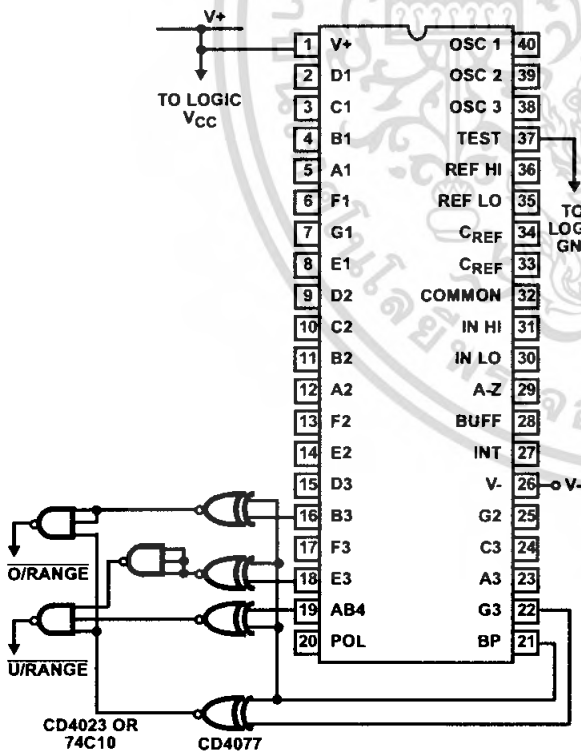


FIGURE 19. CIRCUIT FOR DEVELOPING UNDERRANGE AND OVERRANGE SIGNAL FROM ICL7106 OUTPUTS

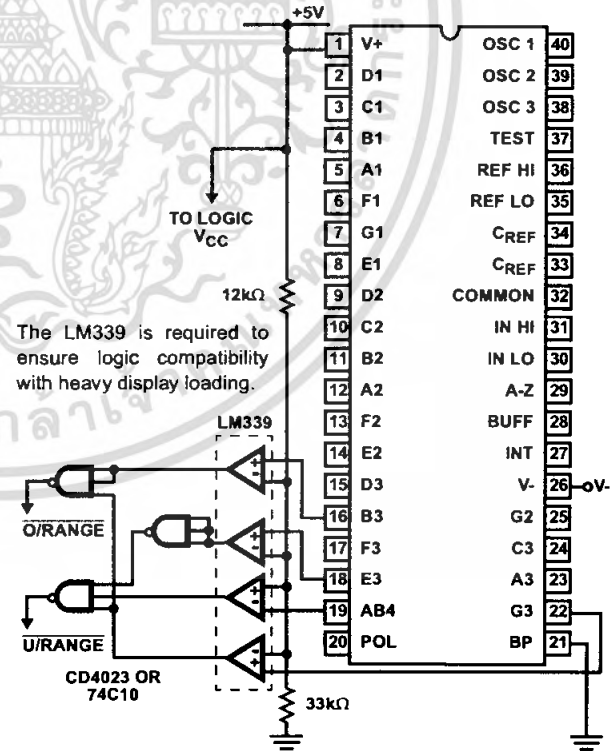


FIGURE 20. CIRCUIT FOR DEVELOPING UNDERRANGE AND OVERRANGE SIGNALS FROM ICL7107 OUTPUT

Typical Applications (Continued)

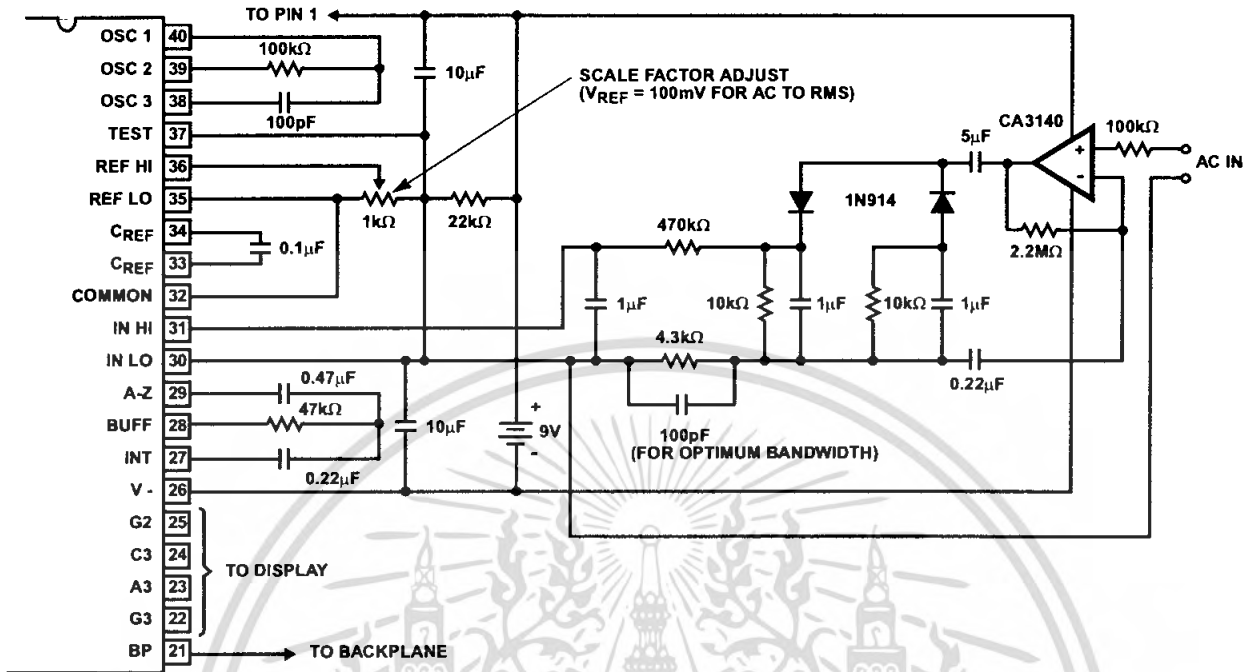


FIGURE 21. AC TO DC CONVERTER WITH ICL7106

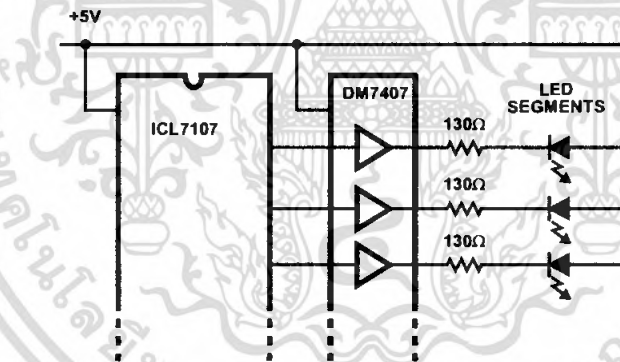
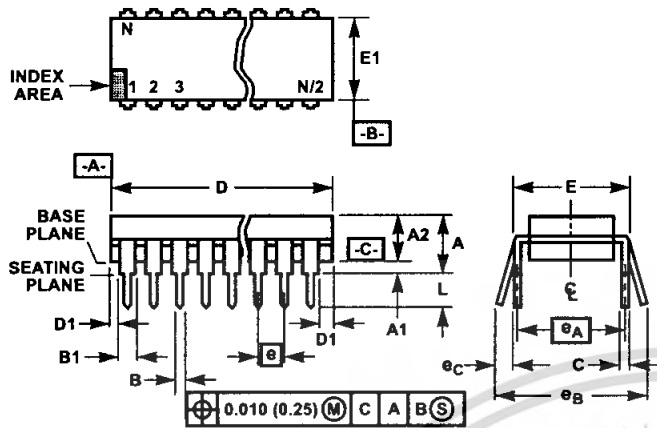


FIGURE 22. DISPLAY BUFFERING FOR INCREASED DRIVE CURRENT

Dual-In-Line Plastic Packages (PDIP)



E40.6 (JEDEC MS-011-AC ISSUE B)
40 LEAD DUAL-IN-LINE PLASTIC PACKAGE

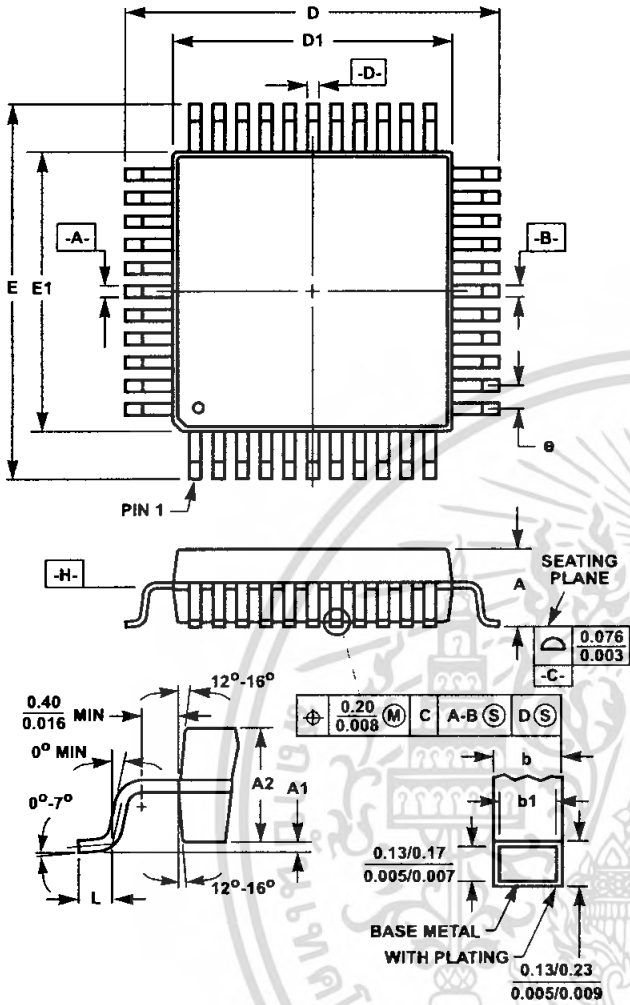
SYMBOL	INCHES		MILLIMETERS		NOTES
	MIN	MAX	MIN	MAX	
A	-	0.250	-	6.35	4
A1	0.015	-	0.39	-	4
A2	0.125	0.195	3.18	4.95	-
B	0.014	0.022	0.356	0.558	-
B1	0.030	0.070	0.77	1.77	8
C	0.008	0.015	0.204	0.381	-
D	1.980	2.095	50.3	53.2	5
D1	0.005	-	0.13	-	5
E	0.600	0.625	15.24	15.87	6
E1	0.485	0.580	12.32	14.73	5
e	0.100 BSC		2.54 BSC		-
e _A	0.600 BSC		15.24 BSC		6
e _B	-	0.700	-	17.78	7
L	0.115	0.200	2.93	5.08	4
N	40		40		9

NOTES:

- Controlling Dimensions: INCH. In case of conflict between English and Metric dimensions, the inch dimensions control.
- Dimensioning and tolerancing per ANSI Y14.5M-1982.
- Symbols are defined in the "MO Series Symbol List" in Section 2.2 of Publication No. 95.
- Dimensions A, A1 and L are measured with the package seated in JEDEC seating plane gauge GS-3.
- D, D1, and E1 dimensions do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed 0.010 inch (0.25mm).
- E and e_A are measured with the leads constrained to be perpendicular to datum -C-.
- e_B and e_C are measured at the lead tips with the leads unconstrained. e_C must be zero or greater.
- B1 maximum dimensions do not include dambar protrusions. Dambar protrusions shall not exceed 0.010 inch (0.25mm).
- N is the maximum number of terminal positions.
- Corner leads (1, N, N/2 and N/2 + 1) for E8.3, E16.3, E18.3, E28.3, E42.6 will have a B1 dimension of 0.030 - 0.045 inch (0.76 - 1.14mm).

Rev. 0 12/93

Metric Plastic Quad Flatpack Packages (MQFP)



Q44.10x10 (JEDEC MS-022AB ISSUE B)
44 LEAD METRIC PLASTIC QUAD FLATPACK PACKAGE

SYMBOL	INCHES		MILLIMETERS		NOTES
	MIN	MAX	MIN	MAX	
A	-	0.096	-	2.45	-
A1	0.004	0.010	0.10	0.25	-
A2	0.077	0.083	1.95	2.10	-
b	0.012	0.018	0.30	0.45	6
b1	0.012	0.016	0.30	0.40	-
D	0.515	0.524	13.08	13.32	3
D1	0.389	0.399	9.88	10.12	4, 5
E	0.516	0.523	13.10	13.30	3
E1	0.390	0.398	9.90	10.10	4, 5
L	0.029	0.040	0.73	1.03	-
N	44		44		7
e	0.032 BSC		0.80 BSC		-

Rev. 2 4/99

NOTES:

- Controlling dimension: MILLIMETER. Converted inch dimensions are not necessarily exact.
- All dimensions and tolerances per ANSI Y14.5M-1982.
- Dimensions D and E to be determined at seating plane [-C-].
- Dimensions D1 and E1 to be determined at datum plane [-H-].
- Dimensions D1 and E1 do not include mold protrusion. Allowable protrusion is 0.25mm (0.010 inch) per side.
- Dimension b does not include dambar protrusion. Allowable dambar protrusion shall be 0.08mm (0.003 inch) total.
- "N" is the number of terminal positions.

All Intersil U.S. products are manufactured, assembled and tested utilizing ISO9000 quality systems. Intersil Corporation's quality certifications can be viewed at www.intersil.com/design/quality

Intersil products are sold by description only. Intersil Corporation reserves the right to make changes in circuit design, software and/or specifications at any time without notice. Accordingly, the reader is cautioned to verify that data sheets are current before placing orders. Information furnished by Intersil is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Intersil or its subsidiaries for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Intersil or its subsidiaries.

For information regarding Intersil Corporation and its products, see www.intersil.com

Mass Flow Controllers

Series FC-77X / 77XX, Series FC-78X / 78XX, and Series FC-79X

June 2006 5700512-C

A PRODUCTS

User Manual

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

User Manual

Series FC-77X / 77XX,
Series FC-78X / 78XX, and
Series FC-79X MFCs



AE ADVANCED
ENERGY

5700512-C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Product Overview

PRODUCT DESCRIPTION AND THEORY OF OPERATION

The MFC provides analog control, an array of possible mechanical and electrical connections, and a wide variety of flow ranges. As shown in Figure 2-1, the MFC (mass flow controller) is composed of a PC board that is integrated with the following sections:

- Flow and temperature sensor
- Bypass
- Electronics
- Control valve

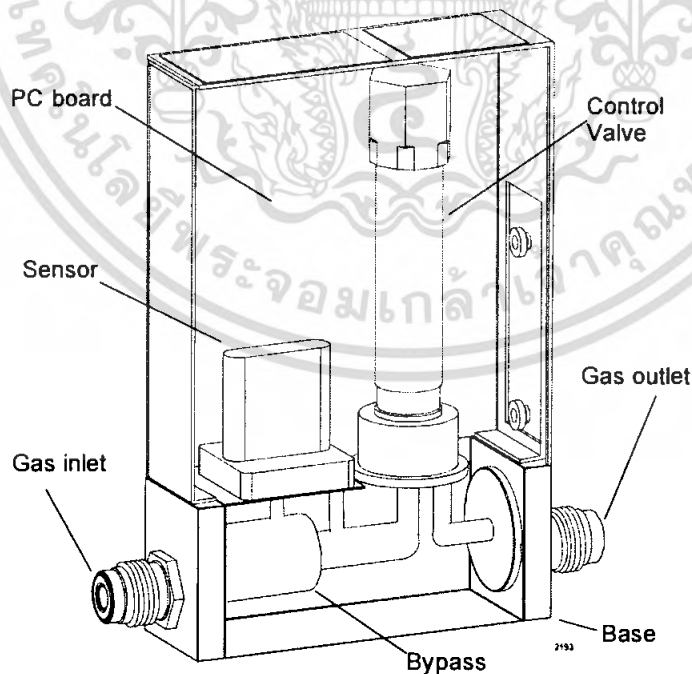


Figure 2-1. MFC cutaway view

When gas flows through the MFC it is split into two streams. A larger stream is routed through the bypass assembly, and a smaller stream that is proportional to the larger stream is routed through the flow sensor. The MFC is designed so that the ratio between these two streams remains constant over the entire measurable flow range of the instrument.

The flow sensor measures the flow of the smaller stream which represents the total gas flow through the MFC. The flow sensor consists of a small stainless steel capillary tube with two thermal resistors wound around the outside. Current passes through the thermal resistors that function as heaters to warm the sensor tube. The thermal resistors form part of a bridge circuit that senses the resistors' resistance balance. When gas is flowing, heat is transferred from the upstream to the downstream thermal resistor. The degree of imbalance is proportional to the rate of the gas flow.

The control valve adjusts gas flow through the MFC based on the flow sensor reading and the set point to ensure a stable gas flow from the MFC.

For more detailed information regarding the components in the MFC, see "MFC Components" on page 2-2.

MFC COMPONENTS

The main components of the MFC are the flow sensor, bypass, electronics (bridge, amplifier, and comparator circuits), and valve assemblies. Figure 2-2 illustrates these major components.

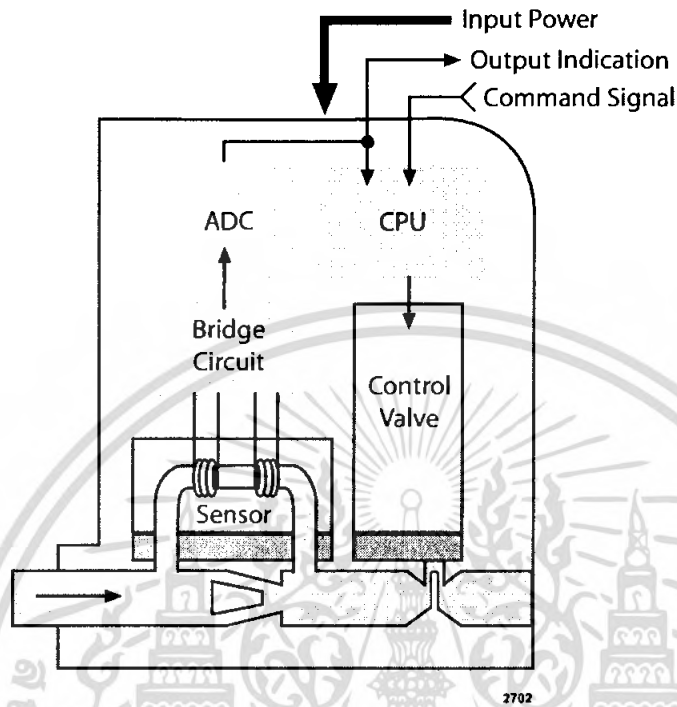


Figure 2-2. MFC functional block diagram

Flow Sensor Assembly

The flow sensor consists of a capillary tube wound by two self-heating resistance wires through which electrical current is passed. The resistance wires heat the sensor tube and when gas flows through the flow sensor a temperature differential is produced between the upstream and downstream wires. The temperature change causes a change in resistance which is detected as an electronic signal by the bridge circuit of the electronics assembly.

The MFC uses the mass gas flow measurement because the heat exchange between the gas and the self-heating resistance wire depends on the mass flow. When gas is not flowing, heat is distributed evenly over the upstream and downstream wires, therefore the resistance of upstream and downstream wires is equal and the bridge circuit outputs zero. When gas flows, heat is exchanged between the gas and the self-heating resistance wires. The temperature distribution between the upstream and downstream resistance wires changes causing an imbalance. The imbalance of the upstream and downstream temperatures results in a resistance differential that is detectable by the bridge circuit as an electronic signal. The electronic signal represents the mass gas flow.

As a result of the techniques of thermal mass flow measurement, gas flow can be measured independently of factors which affect volume and density, such as temperature and pressure.

Bypass Assembly

The bypass assembly diverts a small stream of incoming gas through the flow sensor and channels the rest through the bypass and toward the valve assembly of the MFC. The bypass assembly design ensures a constant flow ratio between the flow sensor and the larger flow passing through the instrument, making the output signal of the flow sensor proportional to the total (or mass) gas flow. A comparator circuit in the electronics assembly compares the output signal from the flow sensor and the flow set point. The signal created from this comparison drives the control valve until the difference between the set point and the sensor output signal decreases to zero.

Electronics Assembly

The electronics assembly consists of a bridge circuit, a high resolution analog converter, a valve drive circuit, and an analog I/O. The signal generated by the bridge circuit is amplified and fed into the analog converter which outputs this signal into the CPU (central processing unit). The CPU compares the set point signal to the sensor reading to generate a signal to drive the control valve.

Valve Assembly

The valve assembly consists of a normally closed or normally open, solenoid control valve.

Installation and Operation

PREPARING TO INSTALL THE UNIT

The following sections provide information that you need to understand before installing the MFC.

Installation Requirements

Install the MFC according to the following requirements.

**WARNING:**

Operating and maintenance personnel must receive proper training before installing, troubleshooting, or maintaining this equipment.

- Do not use this product for medical or life-support purposes.
- Use the appropriate tube size for the MFC fitting.

The MFC does not come with mounting screws and gaskets. The selection and preparation of appropriate screws and gaskets is your responsibility.

Note: For product and attachment dimensions, see “MFC Dimensions” on page 6-33.

- Connect the MFC with the gas flowing in line with the arrow marked on the front of the MFC.
- Make the electrical connection according to the instructions in “Making the Electrical Connection” on page 3-5.
- Use optional functions such as error detection and the purge function according to the relevant instructions.
- Perform the gas connector leak test with a helium leak detector.

Note: For models with a normally closed control, perform the leak test with the valve open (by providing a set point voltage to the MFC).

- After power on, warm up the MFC for at least 15 minutes before supplying gas.

- The MFC can be mounted in any position, but the zero point may shift if the MFC is in a nonvertical position.

Adjust the zero point in the intended mounting position (see “Zeroing the MFC” on page 3-9 for more information).

- AE recommends that you use a filter on the MFC primary side. A clogged MFC can result in inaccurate control and measurement and subsequent process failures.
- AE recommends that you use a dedicated regulator on the MFC primary side. Excessive service pressure can cause control errors and MFC failure. Unstable pressure (or multiple MFCs below a single regulator) can cause unstable output.

INSTALLING THE UNIT

The following sections explain how to install the unit.

⚠ WARNING:
Hazardous voltages exist inside the mass flow controller (MFC). Do not remove the MFC cover.

Overview of Unit Installation

To install the MFC, do the following:

1. “Confirming the MFC Model” on page 3-3.
2. “Preparing the Installation Site” on page 3-3.
3. “Unpacking the MFC” on page 3-3.
4. “Positioning the MFC” on page 3-3.
5. “Mounting the MFC” on page 3-4.
6. “Making the Mechanical Connections” on page 3-4
7. “Making the Electrical Connection” on page 3-5.
8. “Testing the System for Leaks” on page 3-6.

Confirming the MFC Model

Before you install the MFC, ensure that you have the correct model for your system requirements. The part number, serial number, calibration gas, and full-scale flow are listed on the label of the MFC. See “Product Label” on page 6-40 for an example MFC label.

Preparing the Installation Site

Before installing the MFC, thoroughly clean, dry, and purge all piping associated with the entire flow control system (in accordance with your company’s procedures). The MFC control valve is not capable of completely shutting off gas flow. You must install another shut off valve downstream of the MFC to completely stop gas flow.

Unpacking the MFC



**Configuration
Note**

The MFC is manufactured in a cleanroom environment and delivered in contamination-free packages. Unpack MFC products in a cleanroom.

Unpack and inspect the MFC carefully, looking for obvious physical damage. If no damage is apparent, locate and save all documentation, and then proceed with the installation procedures.

If you do see signs of shipping damage, contact Aera, an Advanced Energy company, and the carrier immediately (see “AE Global Services” on page 5-6 for contact information). Save the shipping container for submitting necessary claims to the carrier.

Save any undamaged shipping materials in the event you must ship the MFC in the future. For more information on shipping an MFC, see “Packing an MFC for Shipping” on page 5-10.

Positioning the MFC

Position the MFC so the gas flow is in the direction of the arrow stamped on the MFC base. The MFC can be mounted in any position, but the zero point may shift if the MFC is mounted in a non-vertical position. Adjust the zero point in the intended mounting position before running the MFC (see “Zeroing the MFC” on page 3-9 for more information).

Mounting the MFC

Look to the following information to correctly mount the MFC.

Note: If you are using an MFC with IGS connections, you must make the mechanical connections before mounting the MFC. See “Making the Mechanical Connections” on page 3-4 for more information.

Note: The MFC may be retrofitted into any system because it has been manufactured for drop-in replacement for all existing MFCs and is backward compatibility with all older analog MFCs.

To Mount the MFC:

1. Match the mounting holes on the bottom of the MFC with those on the mounting surface.
2. Using two #8-32 UNC-2B screws mount the MFC. Ensure it is securely attached and will resist vibration from external sources.

See “MFC Dimensions” on page 6-33 for dimensional drawings of the MFC, as well as the specifications of the MFC mounting footprint.

Making the Mechanical Connections

To make the mechanical connections for the MFC, connect the inlet and outlet fittings of the MFC to the gas supply line. Depending on the fitting type, use one of the following procedures to connect the MFC.

Note: See “Model Specifications” on page 6-1 for more information about your fitting type.

To Make VCR Fitting Connections:

1. Verify the MFC is correctly mounted (see “Mounting the MFC” on page 3-4).
2. Inspect the tubing, ferrules, and fittings for dirt, dust, contamination, or damage. If necessary, replace damaged components and clean the tubing, ferrules, and fittings in accordance with your company’s procedures.
3. Insert associated tubing until it rests flush against the shoulder of the fitting.
4. Tighten nut to finger tight and then 1/8 of a turn past finger tight.

To Make IGS Connections:

1. Inspect the mounting blocks for dirt, dust, contamination, or damage.
If necessary, replace damaged components and fittings in accordance with your company’s procedures.
2. Insert appropriate metal seals for your seal type.

Note: Metal seals are not included with the MFC.

3. Mount the MFC and tighten screws according to IGS torque specifications (see “Mounting the MFC” on page 3-4).

Making the Electrical Connection

Connect the system to the MFC using an appropriate mating connector and cable. For electrical connector pin and signal information, see Chapter 4, “I/O Connections and Communication.”

Note: If possible, securely fasten the connector with jack-post screws to the MFC to prevent the connector from vibrating loose. Signals at this I/O port can be sensitive to electrical noise. Take standard preventative measures against electromagnetic interference (EMI), including using shielded cable.

POWER SUPPLY REQUIREMENTS

For specific power supply requirements, see the specifications for your MFC model in “Model Specifications” on page 6-1.

Note: The power supply used with the MFC must be sufficient to handle the larger current demand during operation. Additionally, the ripple voltage of the power supply should be less than 20 mV.

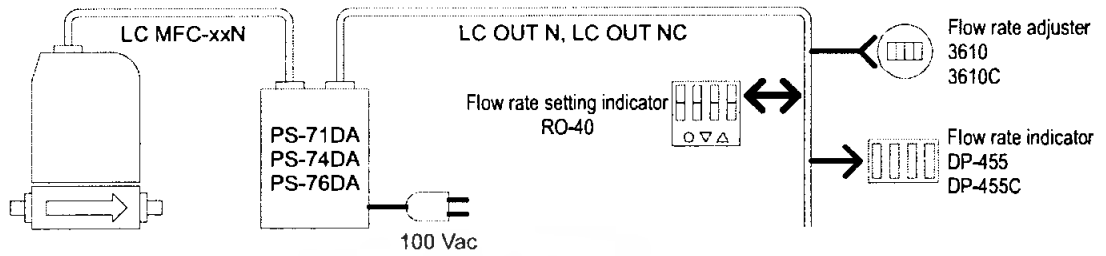
If needed, Aera recommends using the following Aera power supplies for use with Aera MFCs:

- PS94UA (For use with up to 4 MFCs)
- PS76DA (For use with up to 6 MFCs)
- PS74DA (For use with up to 4 MFCs)

GROUND CONNECTIONS

The MFC employs both signal and power commons. Proper grounding of these common leads is essential for the MFC to operate accurately and safely. Improper grounding practices may result in inaccurate actual and indicated flow. Follow all appropriate industry and local practices and standards in making these connections.

Note: For electrical connector pin and signal information, see Chapter 4, “I/O Connections and Communication.”

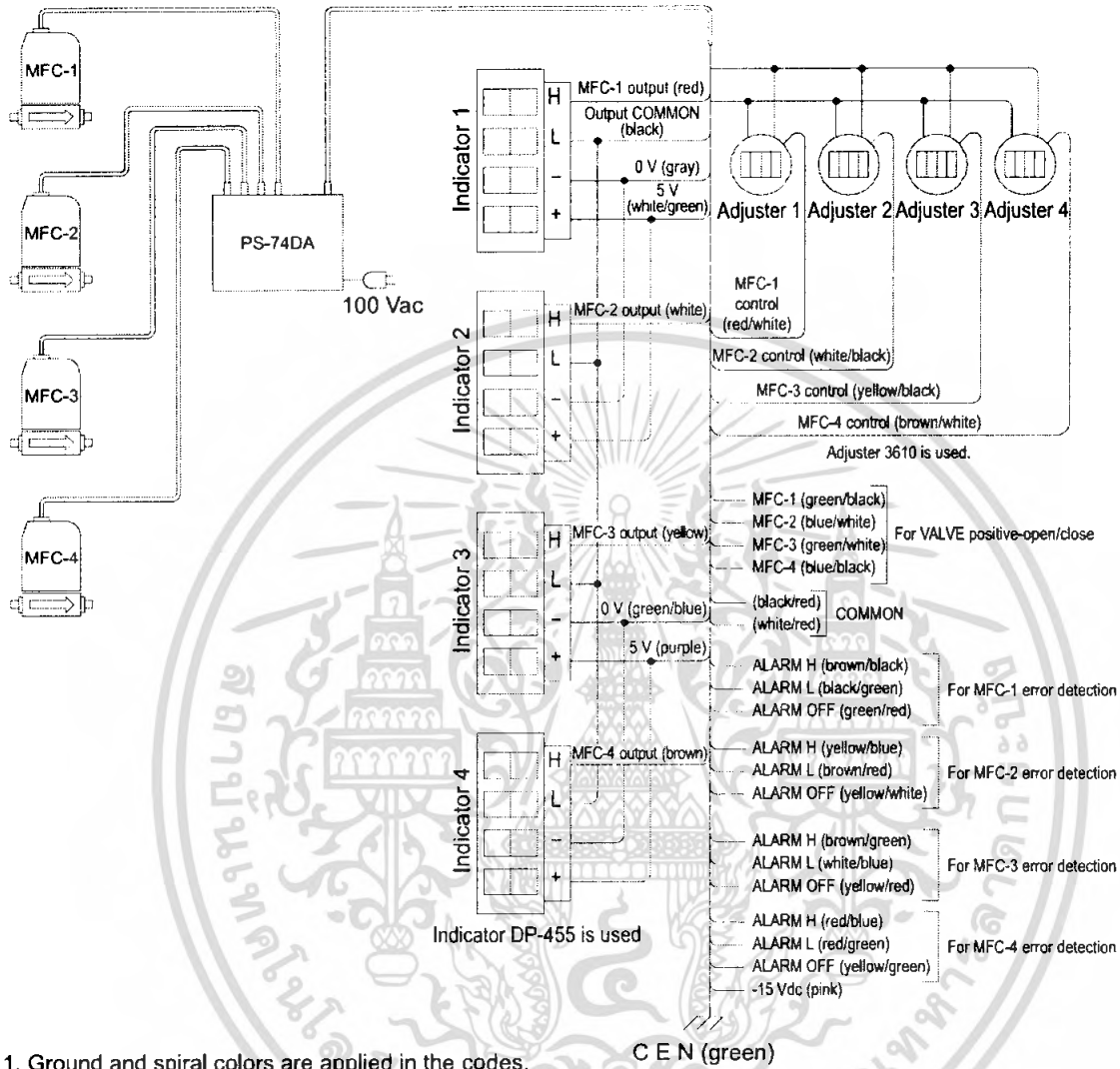


*Connector is assigned to 3610C, DP-455C and LC-OUT-NC.

2653

Figure 3-2. Connection to peripheral equipment using a dedicated power supply





1. Ground and spiral colors are applied in the codes.
2. Treat the unused terminal of line code LC-OUT-N with care not to establish a short.

2654

Figure 3-3. Example of connections using dedicated line code LC-OUT-N

OPERATING THE UNIT

The following sections explain how to operate the unit.



WARNING:

Hazardous voltages exist inside the mass flow controller (MFC). Do not remove the MFC cover.

First-Time Operation

The first time you operate the MFC:

1. Ensure that you have installed the MFC properly by following the procedures in “Installing the Unit” on page 3-2.
2. After energizing the MFC (turning on power) through the appropriate communications interface, allow the MFC to warm up for at least 15 minutes before supplying gas to the MFC.

If you observe deviation in the zero output, perform a zero-point adjustment (see “Zeroing the MFC” on page 3-9).

3. When using the MFC with vapors at room temperature, set the supply pressure at the minimum value capable of securing the full-scale flow rate to avoid liquid recondensation in the pipes. Be sure to maintain stable temperature for all pipes.

Zeroing the MFC

Look to the following information to adjust the MFC to the zero point.

Note: Contamination can negatively affect proper flow rate control and measurement, despite zero point adjustment.

Before Zeroing the MFC, Review the Following:

- Make sure that your MFC has a zero-point adjustment hole. To identify this hole, see Figure 3-4 on page 3-10. If your model does not have this hole, you can not adjust the zero point. In this situation, contact AE Global Services (see “AE Global Services” on page 5-6).
- The MFC can be mounted in any position. However, if the MFC is in a vertical position, thermal siphoning can occur with a gas that has a molecular weight that is 140 or less, which may cause the zero point to shift. Make sure to adjust the zero point in the intended mounting position and with pressured service gas.
- Adjust the zero point at the service operating temperature. Temperature deviations, even within the specified range of operating temperatures, may cause the zero point to shift.

To Adjust the MFC Zero Point:

1. Make sure that the MFC has reached ambient temperature.
2. Energize the MFC, then wait at least 15 minutes. During this time, make sure that the ambient temperature remains constant and that the output stabilizes.
3. Close the shut-off valves upstream and downstream of the MFC to ensure that there is no gas flow.
4. For normally closed MFCs set the set point signal to 0 V. For normally open MFCs, set the set point signal to 5 V. For more information on the set point command, see Chapter 4, "I/O Connections and Communication."
5. Use a small, flat head screw driver to make the zero-point adjustment as shown in Figure 3-4.

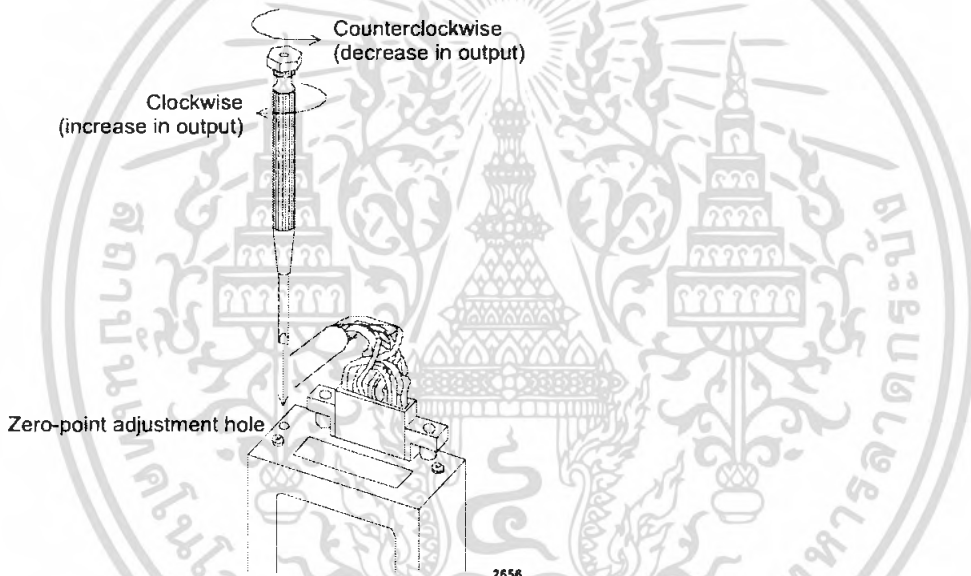


Figure 3-4. MFC zero point adjustment

MAINTENANCE

Recalibration and repair should be performed by Advanced Energy. See “AE Global Services” on page 5-6 for contact information.

Note: Removal of an MFC should be done only after adequate purging with a nonreactive gas such as nitrogen gas (N₂). You should follow your company procedures for removing gas line components.

Reactive gas calibrated MFCs may receive severe contamination or corrosion from exposure to air or moisture. Check plumbing for leaks, and purge thoroughly with dry nitrogen before operating or disconnecting from the system.

STORAGE

Observe the following requirements when placing an MFC in storage:

- Temperature between 5°C (41°F) and 45°C (113°F)
- Relative humidity less than 60%

Additionally, prevent any mechanical impact or corrosion.

I/O Connections and Communication

The following sections provide information on the MFC's electrical connectors and communication interfaces for MFC control, read back, and alarm indications.

20-PIN CARD EDGE CONNECTOR AND 20-PIN HONDA CONNECTOR

Card Edge Connector

Figure 4-1 shows the pin names on the card edge connector.

1	A
2	B
3	C
4	D
5	E
6	F
7	V
8	J
9	K
10	L

Figure 4-1. 20-pin card-edge connector

Honda Connector

Figure 4-2 shows the pin numbers on the 20-pin Honda connector.

11	1
12	2
13	3
14	4
15	5
16	6
17	7
18	8
19	9
20	10

Figure 4-2. 20-pin Honda connector

20-Pin Connector Signal Descriptions

Table 4-1 provides the pin and signal descriptions for the 20-pin card-edge connector and the 20-pin Honda connector.

Table 4-1. 20-pin connector signal descriptions

Pin	Signal Name	Signal Description
1	<i>CASE GND</i>	Case ground terminal. This terminal is connected to the base of the MFC. All other terminals must be insulated from this terminal.
2	<i>POWER COMMON</i>	Common line that carries the majority of the MFC operating current. <i>Note:</i> <i>POWER COMMON</i> (pin 2) and <i>SIGNAL COMMON</i> (pins B and C for the card edge connector, pins 12 and 13 for the Honda connector) must be connected at the power supply.

Table 4-1. 20-pin connector signal descriptions (Continued)

Pin	Signal Name	Signal Description
3	<i>OUTPUT</i>	Flow output terminal. Flow is represented by a signal scaled between 0 VDC and 5 VDC: <ul style="list-style-type: none"> • 0 VDC = 0% • 5 VDC = 100% of full-scale flow
4	<i>+15 VDC</i>	For specifications on this signal, see the supply power section of the specifications table for the specific MFC model (see “Model Specifications” on page 6-1).
5	<i>UNASSIGNED</i>	This pin is unassigned and should <i>not</i> be connected.
6	<i>VALVE TEST POINT</i>	Terminal for monitoring the voltage of the valve drive. The scale is 0 VDC to -13 VDC (maximum valve voltage).
Key (card edge) 7 (Honda)	<i>KEY</i> or <i>UNASSIGNED</i>	The key is a slot in the card-edge connector that ensures the connector can not be connected backwards. For Honda connectors, this pin is unassigned and should <i>not</i> be connected.
8	<i>ALARM H</i>	This pin provides an alarm output, which does not need to be connected. For more information see “Alarm Output (Error Detection) Signals” on page 4-7.
9	<i>ALARM L</i>	This pin provides an alarm output, which does not need to be connected. For more information see “Alarm Output (Error Detection) Signals” on page 4-7.
10	<i>ALARM OFF</i>	This pin resets the alarm signal on pins 8 and 9. It does not need to be connected. For more information see “Alarm Output (Error Detection) Signals” on page 4-7.

Table 4-1. 20-pin connector signal descriptions (Continued)

Pin	Signal Name	Signal Description
A (card edge) 11 (Honda)	<i>SET POINT INPUT</i>	Analog flow control set point signal. The signal range is 0 VDC to 5 VDC: <ul style="list-style-type: none"> • 0 VDC = 0% • 5 VDC = 100% of full-scale flow
(card edge) 12 (Honda)	<i>SIGNAL COMMON</i>	Return for control signals. <i>Note: POWER COMMON</i> (pin 2) and <i>SIGNAL COMMON</i> (pins B and C for the card edge connector, pins 12 and 13 for the Honda connector) must be connected at the power supply.
C (card edge) 13 (Honda)	<i>SIGNAL COMMON</i>	See pin B (12)
D (card edge) 14 (Honda)	<i>VALVE OPEN/ CLOSE</i>	This signal controls the position of the control valve and allows you to use the purge function on the MFC. The controls for this function vary with connector and MFC type. For more information, see “Control Valve Purge Function Signals” on page 4-8.
E (card edge) 15 (Honda)	<i>UNASSIGNED</i>	This pin is unassigned and should <i>not</i> be connected.
F (card edge) 16 (Honda)	<i>-15 VDC</i>	For specifications on this signal, see the supply power section of the specifications table for the specific MFC model (see “Model Specifications” on page 6-1).
Key (card edge) 17 (Honda)	<i>KEY</i> or <i>UNASSIGNED</i>	The key is a slot in the card-edge connector that ensures the connector can not be connected backwards. For Honda connectors, this pin is unassigned and should <i>not</i> be connected.
J (card edge) 18 (Honda)	<i>UNASSIGNED</i>	This pin is unassigned and should <i>not</i> be connected.
K (card edge) 19 (Honda)	<i>UNASSIGNED</i>	This pin is unassigned and should <i>not</i> be connected.
L (card edge) 20 (Honda)	<i>UNASSIGNED</i>	This pin is unassigned and should <i>not</i> be connected.

9-PIN SUBMINIATURE-D CONNECTOR

Connector

Figure 4-3 shows the pin numbers on the 9-pin subminiature-D connector.

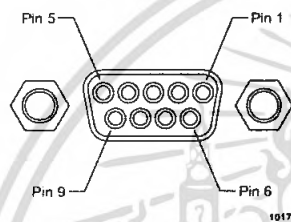


Figure 4-3. 9-pin subminiature-D connector

Pin and Signal Descriptions

Table 4-2 provides the pin and signal descriptions for the 9-pin subminiature-D connector.

Table 4-2. 9-pin connector signal descriptions

Pin	Signal Name	Signal Description
1	<i>VALVE OPEN/ CLOSED</i>	<p>This signal controls the position of the control valve and allows you to use the purge function on the MFC.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Open = Common or +15 VDC • Closed = -15 VDC • Normal = Floating <p>For more information, see “Control Valve Purge Function Signals” on page 4-8.</p> <p><i>Note:</i> Complete shut off of a gas cannot be achieved by the control valve of an MFC.</p>
2	<i>OUTPUT</i>	<p>Analog flow output signal. The signal range is 0 VDC to 5 VDC:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 0 VDC = 0% • 5 VDC = 100% of full-scale flow
3	<i>+15 VDC</i>	<p>For specifications on this signal, see the supply power section of the specifications table for the specific MFC model (see “Model Specifications” on page 6-1).</p>
4	<i>POWER COMMON</i>	<p>Common line that carries the majority of the MFC operating current.</p> <p><i>Note:</i> <i>POWER COMMON</i> (pin 4) and <i>SIGNAL COMMON</i> (pins 7 and 8) must be connected at the power supply.</p>
5	<i>-15 VDC</i>	<p>For specifications on this signal, see the supply power section of the specifications table for the specific MFC model (see “Model Specifications” on page 6-1).</p>
6	<i>SET POINT</i>	<p>Analog flow control signal. The signal range is 0 VDC to 5 VDC:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 0 VDC = 0% • 5 VDC = 100% of full-scale flow
7	<i>SIGNAL COMMON</i>	<p>Return for control signals.</p> <p><i>Note:</i> <i>POWER COMMON</i> (pin 4) and <i>SIGNAL COMMON</i> (pins 7 and 8) must be connected at the power supply.</p>

Table 4-2. 9-pin connector signal descriptions

Pin	Signal Name	Signal Description
8	<i>SIGNAL COMMON</i>	See pin 7.
9	<i>VALVE TEST POINT</i>	Test point signal indicating the position of the control valve: <ul style="list-style-type: none"> • Open = -13 VDC • Closed = 0 VDC

SPECIAL FUNCTION SIGNAL DESCRIPTIONS

The following sections provide detailed signal information for signals that are dedicated to specific functions.

Alarm Output (Error Detection) Signals

Not all MFC models provide these signals. To see if your model provides alarm output signals see the specifications for the MFC model in question (see “Model Specifications” on page 6-1). For signal descriptions, see Chapter 4, “I/O Connections and Communication.”

FC-77X and FC-77XX MFCs provide error detection as a standard feature. The function is an option on some other models.

For MFCs with the error detection feature, the MFC provides alarm output if it detects a difference between the flow rate set point and the actual flow rate for longer than eight seconds.