

การวัดสัมประสิทธิ์เฟียสโซอิเล็กทริกของแผ่นฟิล์มพอลิไวโนลิดีนฟูลอไรด์ที่ความถี่ต่ำ



นายธีระพันธ์ แยมวงษ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

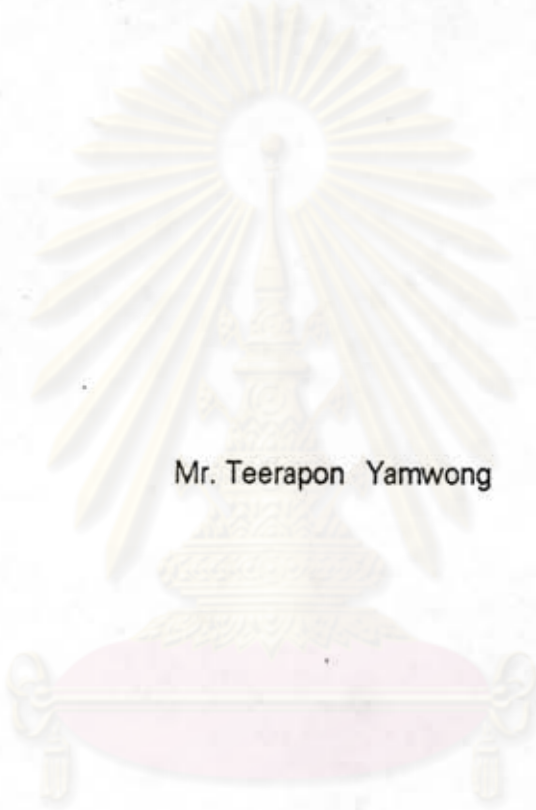
พ.ศ. 2537

ISBN 974-582-584-586-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 1416316X

Measurement of Piezoelectric Coefficient of Polyvinylidene Fluoride Films
at Low Frequencies



Mr. Teerapon Yamwong

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science

Department of Physics

Graduate School

Chulalongkorn University


1994

ISBN 974-582-584-586-8

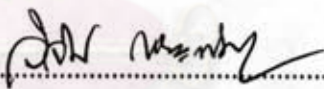
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การวัดสัมประสิทธิ์เฟียลโซอิเล็กทริกของแผ่นฟิล์มพอลิไวโนลิดีนฟูลออไรด์
ที่ความถี่ต่ำ
โดย นาย วีระพงษ์ แยมวงษ์
ภาควิชา ฟิสิกส์
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. อนันตสิน เศรษฐ์กำพูน




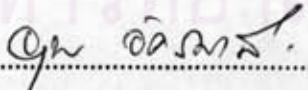
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ดาวร วีชรักย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วิจิตร เสงี่ยมพันธุ์)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันตสิน เศรษฐ์กำพูน)


.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ยุทธ อัครมาส)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยยศ อยู่ดี)



พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

ธีระพงษ์ แยมวงษ์ : การวัดสัมประสิทธิ์ของแผ่นฟิล์มพอลิไวนิลิดีนฟลูออไรด์ที่ความถี่ต่ำ
(MEASUREMENT OF PIEZOELECTRIC COEFFICIENT OF POLYVYNILIDENE FLUORIDE FILMS AT LOW FREQUENCIES) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร. อนันตสิน เตชะกำพุช , 75
หน้า. ISBN 974 - 584 - 586 - 8

ในงานวิจัยนี้ ได้สร้างเครื่องมือเพื่อวัดค่าสัมประสิทธิ์เพียโซอิเล็กทริก (d_{31}) แบบกระแสสลับของแผ่นฟิล์ม PVDF ที่ความถี่ 10 Hz โดยเครื่องมือนี้จะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนของขดลวดเคลื่อนที่ ซึ่งทำหน้าที่ให้แรงกระทำแบบรูปไซน์กับแผ่นฟิล์ม และส่วนของวงจรรีเล็กทรอนิกส์ ซึ่งทำหน้าที่ช่วยในการวัดค่าสัญญาณทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับแผ่นฟิล์ม เมื่อให้แรงกระทำกับแผ่นฟิล์ม PVDF นี้ สำหรับวิธีการวัดนั้น ในงานวิจัยนี้จะใช้ 2 วิธีด้วยกันคือ

วิธีแรก จะใช้แผ่นฟิล์ม PVDF สองแผ่นต่ออนุกรมกันในการวัด โดยแผ่นหนึ่งเป็นฟิล์มซึ่งทราบค่า d_{31} จากการวัดแบบกระแสตรง ฟิล์มแผ่นนี้จะใช้ประจำเป็นแผ่นอ้างอิง ส่วนอีกแผ่นจะเป็นแผ่นที่จะทำการวัดค่า (d_{31}) โดยเมื่อเริ่มทำการวัดจะให้กระแสกับขดลวดเคลื่อนที่ค่าหนึ่ง ซึ่งทำให้เกิดความต่างศักย์ (rms) ที่แผ่น PVDF อ้างอิงเท่ากับ 0.800 โวลต์ แล้ววัดค่าความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นที่แผ่นฟิล์ม PVDF อีกแผ่น จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่า d_{31} ของฟิล์มนี้

วิธีที่สอง จะใช้แผ่นฟิล์ม PVDF เพียงแผ่นเดียวโดยในตอนแรกจะนำแผ่นฟิล์มอ้างอิงมาทำการวัดค่าความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นเมื่อใส่กระแสไฟฟ้า 0.750 แอมแปร์ (rms) ให้กับขดลวดเคลื่อนที่ นำค่าความต่างศักย์ที่วัดได้นี้ไปคำนวณหาค่าแรงที่กระทำต่อฟิล์ม หลังจากนั้นนำแผ่นฟิล์ม PVDF ที่จะวัดค่า d_{31} มาทำการวัดโดยใส่กระแสไฟฟ้าขนาด 0.750 A ให้กับขดลวดเคลื่อนที่ แล้ววัดค่าความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นที่แผ่นฟิล์มนี้ นำค่าความต่างศักย์ที่ได้และค่าแรงที่คำนวณได้จากแผ่นอ้างอิง ไปคำนวณหาค่า d_{31} ต่อไป

เมื่อนำค่า d_{31} แบบกระแสสลับที่วัดได้จากทั้งสองวิธีนี้ไปเปรียบเทียบกับค่า d_{31} แบบกระแสตรง พบว่าวิธีที่ 1 นั้นจะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง 0 - 17 % ในขณะที่วิธีที่ 2 จะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ในช่วงระหว่าง 2- 11 %

ภาควิชา
สาขาวิชา
ปีการศึกษา

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C325446 : MAJOR PHYSICS

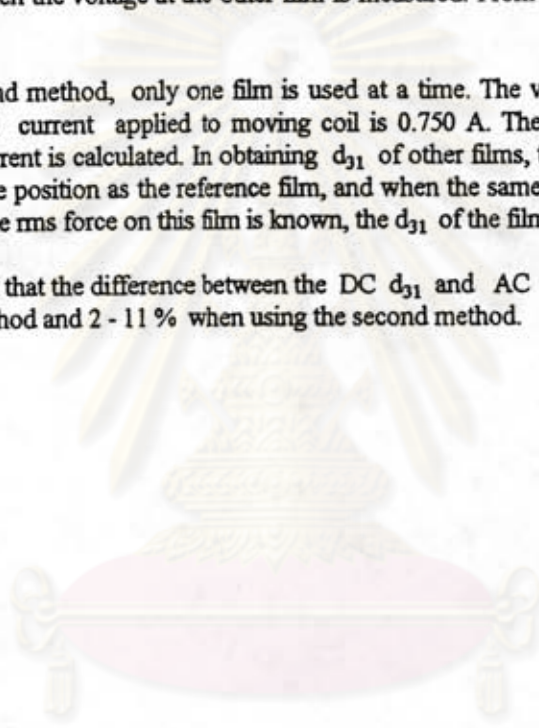
KEY WORD: PIEZOELECTRIC / PIEZOELECTRIC COEFFICIENT/ POLYVYNILIDENE FLUORIDE
TEARAPON YAMWONG : MEASUREMENT OF PIEZOELECTRIC COEFFICIENT OF
POLYVYNILIDENE FLUORIDE FILMS AT LOW FREQUENCIES. THESIS ADVISOR :
ASSOC. PROF. ANUNTASIN TECHAGUMPUCH, Ph.D. 75 pp. ISBN 974 - 584 - 586 - 8

In this research, an apparatus for measuring the piezoelectric coefficient (d_{31}) of PVDF at 10 Hz was developed. This apparatus has a moving coil which generated a sinusoidal force on the film and an electric circuit for measuring the electrical signal from PVDF films.

There are two methods for measuring d_{31} of PVDF films. By the first method two PVDF films are connected in series, one of which is a reference film for which the coefficient d_{31} is known from a previous DC measurement. The current is applied to the moving coil to obtain an rms voltage of 0.800 V from the reference film, and then the voltage at the other film is measured. From this method, d_{31} of the second film can be calculated.

By the second method, only one film is used at a time. The voltage of the reference PVDF is measured when the rms current applied to moving coil is 0.750 A. Then the rms force exerted on the reference film by this current is calculated. In obtaining d_{31} of other films, the rms voltage produced by the film mounted at the same position as the reference film, and when the same current is applied to the moving coil, is recorded. Since the rms force on this film is known, the d_{31} of the film can be calculated.

It was found that the difference between the DC d_{31} and AC d_{31} for various films was 0 -17% when using the first method and 2 - 11 % when using the second method.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....

สาขาวิชา.....

ปีการศึกษา.....

ลายมือชื่อนิสิต.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงด้วยดี ด้วยความกรุณาและเอาใจใส่อย่างดียิ่งจาก ท่านรองศาสตราจารย์ ดร. อนันตสิน เตชะกำพุช ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ท่านได้ให้การแนะนำช่วยเหลือทั้งด้านวิชาการ , เครื่องมือ ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณ ท่านรองศาสตราจารย์ ดร. วิจิตร เสงี่ยมพันธ์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ในด้านอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง พร้อมกันนี้ขอขอบคุณ คุณอภิรัตน์ บุญเปี่ยม ที่ช่วยให้คำแนะนำ ในด้านอิเล็กทรอนิกส์

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณมารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยพัชร์พยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญรูปและแผนภูมิ.....	ญ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2. ทฤษฎีพียสโซอิเล็กตริก.....	4
2.1 สภาพพียสโซอิเล็กตริกและการวัด.....	4
2.2 สมการทั่วไปของสภาพพียสโซอิเล็กตริกในพอลิเมอร์.....	9
2.3 ปฏิกิริยารวมตัวของคลาย.....	14
2.4 การผ่อนคลายพียสโซอิเล็กตริก.....	18
3. พอลิไวนิลิดีนฟลูออไรด์.....	20
โครงสร้างของ PVDF.....	20
4. แบบจำลองของพียสโซอิเล็กตริกทรานสดิวเซอร์.....	29
4.1 สมการทรานสดิวเซอร์สำหรับสารอนุพันธ์.....	30
4.2 แบบจำลองไฟฟ้าเชิงกลสำหรับแผ่นฟิล์มทรานสดิวเซอร์ที่มีความถี่ต่ำ.....	34
4.2.1 สมภาพการถ่ายโอนพารามิเตอร์ในมอเตอร์และเจนเนอเรเตอร์โหมด.....	35
4.2.2 นัยสำคัญของสัมประสิทธิ์คู่ควบไฟฟ้าเชิงกล.....	37
4.2.3 ตัวอย่างการใช้แบบจำลอง.....	38
4.3 แบบจำลองของสารในกรณีที่เกิดความเฉื่อยและความหนืด.....	41
5. การวัดสัมประสิทธิ์ความเครียดพียสโซอิเล็กตริก.....	44
5.1 การวัดค่าสัมประสิทธิ์พียสโซอิเล็กตริกแบบกระแสดตรง.....	45
5.1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าสัมประสิทธิ์ความเครียดพียสโซอิเล็กตริก แบบกระแสดตรง.....	45

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.1.2 วิธีทดลองวัดค่า d_{31} แบบกระแสตรง.....	45
5.2 การวัดสัมประสิทธิ์ความเครียดเพียงโซอิเล็กทริกแบบกระแสลับ.....	52
5.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าสัมประสิทธิ์ความเครียดเพียงโซอิเล็กทริก แบบกระแสลับ.....	52
5.2.2.1 ส่วนของอุปกรณ์ที่ให้แรงกระทำกับแผ่นฟิล์ม PVDF.....	52
5.2.1.2 ส่วนที่วัดค่าของสัญญาณไฟฟ้าของแผ่นฟิล์ม PVDF.....	54
5.2.2 การวัดค่า d_{31} แบบกระแสลับ.....	56
5.3 สรุป.....	67
เอกสารอ้างอิง.....	69
ภาคผนวก ก.....	70
ภาคผนวก ข.....	72
ประวัติผู้เขียน.....	75

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ตารางแสดงสมบัติของสารพียโซอิเล็กทริกชนิดต่าง ๆ.....	2
3.1 ตารางแสดงชื่อทางการค้าของผลิตภัณฑ์ PVDF.....	28
4.1 ตารางแสดงค่าคงตัวต่าง ๆ ของ PVDF ในทางการค้า.....	36
5.1 ตารางแสดงผลการวัดค่าความต่างศักย์ของแผ่นฟิล์ม PVDF แบบกระแสตรง.....	48
5.2 ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์ แบบกระแสตรงของแผ่นฟิล์ม PVDF ต่าง ๆ	52
5.3 ตารางแสดง V_N ของแผ่นฟิล์มต่าง ๆ ที่ $V_R = 0.800$ V.....	58
5.4 ตารางแสดงค่าความกว้าง W_N ของฟิล์ม ความต่างศักย์ระหว่างขั้วของฟิล์ม เมื่อ $V(k_2) = 0.800$ V , d_{31} ของแผ่นฟิล์มวัดโดยวิธี DC และ AC (d_N).....	62
5.5 ตารางแสดงค่า d_N หรือ d_{31} ที่ได้จากการวัดโดยใช้กระแสลับของฟิล์มต่าง ๆ ...	64
5.6 ตารางแสดงค่า d_{31} ที่หาได้โดยการวัดวิธี 2 เปรียบเทียบกับ d_{31} (DC).....	66

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปและแผนภูมิ

รูปที่	หน้า
2.1 (ก) แสดงประจุโพลาริเซชันที่ผิวบนและล่างของแผ่นเพียสโซอิเล็กตริก	
(ข) แสดงแผ่นเพียสโซอิเล็กตริกที่อิเล็กโทรดทั้งสองถูกลัดวงจรทำให้มีประจุจริงที่ผิวบนและล่างและมีโพลาริเซชัน P_r	
(ค) แสดงแผ่นเพียสโซอิเล็กตริกที่มีโพลาริเซชัน P เนื่องจากสนาม E และความเค้น X ซึ่งเท่ากับแรง F ต่อพื้นที่ที่แรงกระทำ.....	4
2.2 แสดงแผ่นพอลิเมอริกที่มีประจุ q อยู่ภายใน.....	9
2.3 แสดงระนาบ Z ในแผ่นพอลิเมอริก.....	10
2.4 แสดงลักษณะของแผ่นพอลิเมอริกที่ประกบกันเป็นชั้น ๆ	13
2.5 แสดงการผ่อนคลายของยาง.....	15
2.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Z กับ $\log t/\tau$	
(ก) relaxation behavior	
(ข) retardation behavior.....	16
3.1 แสดงสูตรโครงสร้างของ PVDF.....	20
3.2 แสดงเฟส - α (II) ออโทรมบิก.....	21
3.3 แสดงโครงสร้างโมเลกุลของสายโซ่ PVDF รูปแบบ (II) เฟส α	21
3.4 แสดงโครงสร้างผลึกและเซลล์หน่วยของ PVDF รูปแบบ (II) เฟส α	22
3.5 แสดงเฟส - β (I) ออโทรมบิก.....	23
3.6 (ก) โครงสร้างโมเลกุลของ PVDF รูปแบบ I (เฟส β)	
(ข) การบิดตัวของสายโซ่โมเลกุลเพื่อให้อะตอม F บรรจบลงได้	
(ค) มุมการบิดตัวของสายโซ่โมเลกุล.....	24
3.7 แสดงเซลล์หน่วยของผลึก PVDF รูปแบบ I (เฟส β).....	24
3.8 แสดงการจัดชั้นฟิล์ม PVDF ซึ่งมีผลึกแบบเฟส β มีแกน C เป็นแกนตั้งและเป็นแกนของสายโซ่โมเลกุล.....	26

สารบัญรูปและแผนภูมิ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.9 กราฟแสดงเส้นโค้งอิทธิพลของค่า e_{31} ของแผ่นฟิล์ม PVDF อิเล็กเทร็ดกับค่าสนามไฟฟ้า.....	26
4.1 แสดง generic transducer	29
4.2 แสดง PVDF ทรานสดิวเซอร์ในโหมดตามขวาง.....	30
4.3 แสดงลูกบาศก์ของสารซึ่งมีแรงและสนามไฟฟ้ามากกระทำ.....	30
4.4. (ก) แสดงพลังงานที่เซลล์ไฟฟ้าได้รับ = $-\int EdD = d_{31}X_1^0E_3$ (ข) แสดงงานของแรงภายนอกที่กระทำต่อแผ่นฟิล์ม = $d'_{31}X_1^0E_3$ (ค) แสดงเซลล์ไฟฟ้าที่ต่อกับแผ่นฟิล์มที่ถูกตรึงและมีแรงมากกระทำ.....	31
4.5 แสดงสารจำกัดกับแบบจำลองคู่ควบ (ก) ทางไฟฟ้า (ข) ทางกล.....	35
4.6 เพียโซอิเล็กตริกทรานสดิวเซอร์เมื่อให้แหล่งกำเนิดไฟฟ้าและจะไปรับโหลดทางกล.....	38
4.7 แสดงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ซึ่งไม่มีมวลและความแข็งตั้งโดยมีแต่ความหนืด.....	42
4.8 วงจรทางกลของสารเพียโซอิเล็กตริกเมื่อรวมมวลและความหนืด.....	43
5.1 แสดงการวัดค่า d_{31} แบบกระแสดตรง.....	46
5.2 แสดงแผ่นฟิล์ม PVDF ที่มีแรง F_1 มากกระทำ.....	46
5.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมวลที่ถ่วงกับค่าความต่างศักย์ที่วัดได้ของแผ่นฟิล์ม D_1	48
5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมวลที่ถ่วงกับค่าความต่างศักย์ที่วัดได้ของแผ่นฟิล์ม D_5	49
5.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมวลที่ถ่วงกับค่าความต่างศักย์ที่วัดได้ของแผ่นฟิล์ม E_6	49
5.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมวลที่ถ่วงกับค่าความต่างศักย์ที่วัดได้ของแผ่นฟิล์ม k_2	50
5.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมวลที่ถ่วงกับค่าความต่างศักย์ที่วัดได้ของแผ่นฟิล์ม k_4	50

สารบัญรูปและแผนภูมิ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมวลที่ถ่วงกับค่าความต่างศักย์ที่วัด ได้ของแผ่นฟิล์ม k_{11}	51
5.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมวลที่ถ่วงกับค่าความต่างศักย์ที่วัด ได้ของแผ่นฟิล์ม m_6	51
5.10 แสดงอุปกรณ์ที่ให้แรงดึงกับแผ่นฟิล์ม PVDF	53
5.11 แสดงไดอะแกรมการใช้งานของขดลวดเคลื่อนที่.....	53
5.12 แสดงวงจรเพียโซอิเล็กทริกดีเทกเตอร์.....	54
5.13 แสดงวงจรกรองความถี่ 50 Hz.....	55
5.14 แสดงการตอบสนองของความถี่ของวงจรกรองความถี่ 50 Hz.....	56
5.15 แสดงแบบจำลองในการหาค่า d_{31} ของแผ่นฟิล์ม PVDF แบบสลับ.....	57
5.16 แสดงแผ่นฟิล์ม PVDF ที่มีแรง F_1 มากกระทำ.....	58
5.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า d_{31} (DC) กับ d_N	61

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย