บทที่ 1

บทนำ

1. บทนำต้นเรื่อง

ในชีวิตประจำวันของมนุษย์มีความต้องการเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ ที่ให้ความสะดวกสบาย ความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน เครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ เหล่านี้เกิดขึ้นจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ การค้นคว้าวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์จึงยังคงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ โดยเฉพาะการค้นพบสมบัติต่างๆ ของวัสดุจึงเป็นการเปิดเผยความลับของธรรมชาติที่สำคัญต่อการนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์

การค้นพบที่สำคัญโดยสองพี่น้องชื่อ ปิแอร์ คูรี และ แจ็ค คูรี คือการค้นพบว่าวัสดุบางประเภทเมื่อได้รับแรงกด – อัด จะสามารถสร้างประจุไฟฟ้าขึ้นมาที่ผิวหน้าวัสดุได้ นอกจากนี้ยังพบอีกว่า เมื่อให้สนามไฟฟ้าผ่านเข้าไปในวัสดุ จะทำให้วัสดุเกิดการเปลี่ยนแปลงขนาด เช่น เกิดการยืดหรือหดของวัสดุ ปรากฏการณ์ที่ ปิแอร์ และ แจ็ค พบนี้ต่อมาเรียกว่าปรากฏการณ์พิโซอิเล็กตริก (piezoelectric effect) และเรียกวัสดุที่แสดงปรากฏการณ์นี้ว่า วัสดุพิโซอิเล็กตริก (piezoelectric material)

ตราบจนปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาค้นคว้าและประดิษฐ์วัสดุพิโซอิเล็กตริกเพื่อนำประยุกต์ใช้ในรูปแบบต่างๆ ทางด้านการแพทย์ เช่น เครื่องกระตุ้นหัวใจด้วยไฟฟ้า (defibrillator) เครื่องวัดความดันโลหิต (blood pressure monitor) เครื่องล้างอัลตราโซนิก (ultrasonic cleaner) ฯลฯ ด้านอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ มีการนำวัสดุพิโซอิเล็กตริกมาเป็นชิ้นส่วนของเครื่องพิมพ์แบบ dot–matrix เป็นตัวสั่น (resonator) หรือตัวกรอง (filter) ความถี่ช่วงต่างๆ ในเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น เครื่องรับโทรทัศน์ วิทยุ เครื่องขยายเสียง ลำโพง ฯลฯ อุปกรณ์ที่ใช้ในบ้านเรือน เช่น ที่จุดประกายไฟ (ignator) ของที่จุดบุหรี่และเตาหุงต้ม เป็นต้น

ในการนำวัสดุพิโซอิเล็กตริกไปประยุกต์ใช้งาน ค่าคงที่พิโซอิเล็กตริกของวัสดุ (piezoelectric coefficient) เป็นปริมาณหนึ่งที่สำคัญในการประกอบการพิจารณาว่าจะนำวัสดุพิโซอิเล็กตริกมาประยุกต์ใช้ในด้านใด ค่าคงที่พิโซอิเล็กตริกนี้คือปริมาณที่บ่งบอกอัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลหรือในทางกลับกันคืออัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า ด้วยเหตุนี้จึงเป็นหน้าที่ที่สำคัญของนักวิทยาศาสตร์ที่จะชี้นำว่าวัสดุพิโซอิเล็กตริกเหล่านี้สามารถนำไปประยุกต์อะไรได้บ้างเพื่อประโยชน์ของมวลมนุษย์ชาติ

นับตั้งแต่มีการค้นพบปรากฏการณ์พิโซอิเล็กตริกในปี ค.ศ. 1880 การตรวจสอบสมบัติพิโซอิเล็กตริกของวัสดุจึงเกิดขึ้นควบคู่กันไปกับการประยุกต์ใช้งาน กล่าวคือมีการคิดค้นและปรับปรุงวิธีการวัดค่าคงที่พิโซอิเล็กตริกตลอดเวลา พร้อมกับการนำวัสดุพิโซอิเล็กตริกไปประยุกต์ใช้งานให้สอดคล้องกับค่าคงที่พิโซอิเล็กตริกที่วัดได้

วิธีการวัดค่าคงที่พิโซอิเล็กตริกจึงเป็นกุญแจสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน การปรับปรุงวิธีการวัดค่าคงที่พิโซอิเล็กตริกให้มีความเที่ยงตรง แม่นยำ สะดวก และใช้ได้กับวัสดุหลายๆ ประเภทจึงเป็นความท้าทายของนักวิทยาศาสตร์ และเป็นพื้นฐานสำคัญที่จะส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีสาขาอื่นๆ อีกด้วย

จากที่กล่าวมาทั้งหมดพอจะสรุปได้ว่าการวิจัยทางด้านวัสดุพิโซอิเล็กตริกยังคงเป็นเรื่องจำเป็นต่อมนุษย์นอกจากเป็นการสร้างองค์ความรู้ใหม่แล้ว ยังส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพชีวิตด้านสุขภาพของมนุษย์ สำหรับประเทศไทยพบว่าการวิจัยด้านนี้ยังมีน้อย จึงคาดว่างานวิจัยนี้จะมีประโยชน์ต่อการศึกษาวิจัยด้านวัสดุพิโซอิเล็กตริก

2. การตรวจเอกสาร

หลังจากมีการค้นพบปรากฏการณ์พิโซอิเล็กตริก งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาสมบัติพิโซอิเล็กตริกของวัสดุก็เกิดขึ้นอย่างมากมาย สำหรับการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดค่าคงที่พิโซอิเล็กตริกของวัสดุพอสรุปได้โดยสังเขปดังนี้

Mason และคณะ (1954) ได้สรุปวิธีการวัดค่าคงที่พิโซอิเล็กตริก ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก และค่าคงที่ยืดหยุ่นของผลึกและวัสดุเซรามิก Mason และคณะ พบว่าวิธีการเรโซแนนซ์ซึ่งคิดค้นโดย Cady (1964) เป็นวิธีการวัดค่าคงที่ดังกล่าวได้แม่นยำที่สุด โดยอาศัยการตอบสนองต่อความถี่ของสารตัวอย่างใช้ได้ดีกับสารตัวอย่างที่มีอัตราส่วนของ $\frac{Q}{r}$[1] สูง และขึ้นอยู่กับรูปทรงของสารตัวอย่าง สำหรับสารตัวอย่างที่มีอัตราส่วนของ $\frac{Q}{r}$ ต่ำควรใช้วิธีการสถิตหรือกึ่งสถิตในการวัดค่าคงที่ดังกล่าว วิธีการเรโซแนนซ์ เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป และเป็นวิธีมาตรฐานในการวัดค่าคงที่พิโซอิเล็กตริกของเซรามิก (IRE std., 1958) จากวิธีที่กล่าวมา Sherrit และคณะ (1991) พบว่า วิธีเรโซแนนซ์นี้เหมาะสำหรับสารตัวอย่างที่มีการสูญเสียสัญญาณเนื่องจากสนามไฟฟ้าน้อย (low losses material) เช่น เซรามิกเลดเซอร์โค

---

[1] เมื่อ $Q = \frac{f_r}{\Delta f}$ และ $r = \frac{1 - 1/k^2}{p}$ เมื่อ k คือ coupling factor p คือ numerical factor (รายละเอียดใน บทที่ 2 หัวข้อ 1.3.2 วิธีการเรโซแนนซ์)

เนตไทเทเนต (lead zirconate titanate, PZT) และสามารถวัดค่าคงที่ต่างๆ ได้เฉพาะค่าจริงเท่านั้น ค่าจินตภาพที่ได้จากของวิธีการนี้ยังไม่มีการกล่าวถึง จะทำให้ค่าที่ต่างๆ คำนวณได้คลาดเคลื่อนไปหากนำมาประยุกต์ใช้กับสารตัวอย่างที่มีการสูญเสียสัญญาณเนื่องจากสนามไฟฟ้าสูง (lossy material) เช่น วัสดุประกอบเซรามิกกับพอลิเมอร์ Sherrit และคณะ จึงเสนอวิธีการคำนวณค่าคงที่ต่างๆ โดยคำนึงถึงส่วนจริงและส่วนจินตภาพของข้อมูลที่ได้จากการทดลองที่ใช้ วิธีการเรโซแนนซ์ของสารตัวอย่างที่มีรูปทรงเป็นแผ่นกลมแบน (disk) ในปีต่อมา Sherrit และคณะ (1992) ได้เสนอวิธีการคำนวณค่าคงที่ของวัสดุทั้งส่วนจริงและส่วนจินตภาพโดยละเอียด และวิธีดังกล่าวเหมาะกับสารตัวอย่างในทุกรูปทรงที่เกิดการเรโซแนนซ์ Kwok และคณะ (2000) วัดค่าคงที่พิโซอิเล็กตริก ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก และค่าคงที่ยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ โพลิไวนิลิดีน ฟลูออไรด์ (polyvinylidene fluoride) และโคพอลิเมอร์ ไวนิลิดีนฟลูออไรด์ – ไตรฟลูออโรเอธีลีน (vinylidene fluoride – trifluoroethylene copolymer) วัสดุประกอบ PZT/epoxy และ PZT โดยวิธีที่แตกต่างกัน 5 วิธี คือวิธีมาตรฐานของ IEEE std. 176-1987 วิธีของ Sherrit และคณะ วิธีของ Smits (1976) วิธีการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม (PRAP) และวิธีของ Gauss – Newton จากผลการทดลอง Kwok และคณะชี้ให้เห็นว่า วิธีของ IEEE std. 176- 1987 ใช้ได้ดีกับวัสดุที่ไม่มีการสูญเสียสัญญาณเนื่องจากสนามไฟฟ้าเท่านั้น ตรงกันข้ามกับวิธีของ Sherrit และคณะ ที่สามารถใช้ได้กับสารตัวอย่างที่มีการสูญเสียสัญญาณสูง แต่ค่าคงที่ของการเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าในแนวความหนา (electromechanical coupling factor in thickness mode) มีค่าน้อยกว่าวิธีอื่นๆ และวิธีการของ Smits นั้นความแม่นยำขึ้นอยู่กับการเลือกค่าความต้านทานเชิงซ้อนในตอนเริ่มต้นมาคำนวณ

Wiederick และคณะ (1996) ใช้ระบบทางแสงที่เรียกว่า optical lever tecnique วัดค่าคงที่พิโซอิเล็กตริกของวัสดุประกอบในระบบ 1 - 3 PZT/polyurethane Wiederrick และคณะ พบว่าวิธีการนี้มีความละเอียดในการวัดถึงระดับ 10^{-9} เมตร แต่ขั้นตอนการฉาบผิวหน้าสารตัวอย่างให้มีความแววาวจนสามารถสะท้อนแสงเลเซอร์ได้ยังคงเป็นอุปสรรคของวิธีนี้อยู่ อย่างไรก็ตามวิธีการทางแสงยังคงเป็นที่สนใจของนักวิจัย สังเกตจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดค่าคงที่พิโซอิเล็กตริกโดยใช้วิธีการแทรกสอดของแสงเพิ่มมากขึ้นรายละเอียดจะอยู่ในย่อหน้าถัดไป นอกจากวิธีการเรโซแนนซ์และวิธีทางแสงแล้ว ยังมีวิธีที่น่าสนใจโดย Rastorguev และคณะ (1996) ใช้วิธี piezoelectric transformer วัดค่าคงที่ของการเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าในแนวความหนา วัดค่าคงที่ยืดหยุ่น วัดความเร็วและการหน่วงความเร็วของเสียงในสารตัวอย่าง โดยอาศัยสมบัติของการเป็นตัวแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลของสารตัวอย่าง อัตราส่วนของสัญญาณไฟฟ้าที่ป้อนต่อสัญญาณไฟฟ้าที่ผลิตได้เป็นอัตราส่วนโดยตรงกับค่าคงที่ของการเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าในแนวความหนา

หลังจากพบปัญหาที่เกิดขึ้นจากวิธีการเรโซแนนซ์วัดค่าคงที่พิโซอิเล็กตริกของสารตัวอย่างบางชนิด Bottom (1970) จึงใช้ระบบอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์แบบ Fabry – Perot วัดค่าคงที่พิโซอิเล็กตริก

d_{11} ของผลึกควอทซ์ (SiO_2) ค่าที่ได้มากกว่าค่าที่รายงานโดย แจ็ค และ ปิแอร์ คูรี เล็กน้อย ตารางที่ 1.1 คือค่าคงที่พิโซอิเล็กตริกของควอทซ์ที่รายงานตั้งแต่ปี ค.ศ. 1964 เป็นต้นมา

ตารางที่ 1.1 แสดงค่าคงที่พิโซอิเล็กตริกของควอทซ์

ผู้วัด	วิธีที่ใช้วัด	ค่า $d_{11}\left(pm/V\right)$	อ้างอิง
P. Curie และ J. Curie	Direct Method	2.10	Cady (1964: 217)
Virgil G. Bottom	Fabry – Perot Dilatometer	2.27	Bottom (1970)
Th. Kwaaitaal	Michelson Interefrometer	2.27	Kwaaitaal (1974)
Q. M. Zhang และคณะ	Michelson Interefrometer	2.26	Zhang และคณะ (1988)
D. Royer และคณะ	Mach – Zehnder Interferometer	2.38	Royer และ Kmetik (1992)

หมายเหตุ: pm คือพิโคเมตร (picometer) มีค่าเท่ากับ 10^{-12} เมตร

นอกจากควอทซ์แล้วสารตัวอย่างชนิดอื่นๆ ก็มีรายงานการวัดค่าคงที่พิโซอิเล็กตริกของสารเช่น Zhang และคณะ (1988) ใช้ระบบอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์วัดค่าคงที่พิโซอิเล็กตริก d_{33} ของ PZT ทั้งที่มีและไม่มีตัวเติม (dopant) Royer และ Kmetik (1992) วัดค่าคงที่พิโซอิเล็กตริกของผลึกเดี่ยว ลิเธียมนิโอเบต ($LiNbO_3$) และลิเธียมแทนทาเลต ($LiTaO_3$) นอกจากนี้ยังมีการนำระบบอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์มาประยุกต์เข้ากับการวัดค่าคงที่พิโซอิเล็กตริกของสารกึ่งตัวนำคือ Muensit (1998) วัดค่าคงที่พิโซอิเล็กตริกของ แกลเลียมไนไตรด์ (GaN) ตารางที่ 1.2 แสดงค่าคงที่พิโซอิเล็กตริกที่วัดโดยอาศัยระบบอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์ อย่างใดอย่างหนึ่งใน 2 ระบบ ต่อไปนี้คือระบบอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์แบบ Michelson หรือแบบ Mach-Zehnder

ตารางที่ 1.2 แสดงค่าคงที่พิโซอิเล็กตริกของวัสดุพิโซอิเล็กตริกชนิดต่างๆ ที่วัดด้วยเทคนิคอินเทอร์-เฟอร์โรมิเตอร์

สารตัวอย่าง	ชนิดของระบบ	ค่าคงที่ (pm/V)	อ้างอิง
PZT	Michelson	$d_{33} = 250$	Zhang และคณะ (1987)
$LiNbO_3$	Mach – Zehnder	$d_{33} = 9.55$	Royer และ Kmetik (1992)
$LiTaO_3$	Mach – Zehnder	$d_{33} = 8.8$	Royer และ Kmetik (1992)
GaN	Michelson	$d_{33} = 2.0$	Muensit และ Guy (1998)
GaN	Mach – Zehnder	$d_{33} = 2.31$	Lueng และคณะ (1999)
AlN	Mach – Zehnder	$d_{33} = 5.1$	Lueng และคณะ (2000)
GaAs	Michelson	$d_{14} = 2.7$	Muensit และ Guy (2002)

ถึงแม้ว่าระบบอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์ทั้ง 2 ชนิด ที่กล่าวถึงในตารางที่ 1.2 นั้นสามารถวัดการกระจัดในระดับ 10^{-14} เมตรได้ แต่ระบบดังกล่าวนี้ยังมีสิ่งที่ต้องให้ความสำคัญ Kwaaitaal (1974) พบว่าเสถียรภาพของระบบไมเคิลสันอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์ และสัญญาณรบกวนจากสิ่งแวดล้อมเป็นตัวบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพของระบบ Kwaaitaal และคณะ (1980) พบว่าเสถียรภาพของระบบประกอบด้วยกำลังแยกความแตกต่างของระยะทาง (resolution) และความไวต่อการตอบสนองการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสง (sensitivity) ของระบบนั้นส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของระบบ สอดคล้องกับ Vilkomerson (1976) ที่ให้นิยามของความไวของระบบคืออัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงต่อการเปลี่ยนแปลงความแตกต่างของระยะทางเดินแสงทั้งสองแขน และ Vilkomerson แสดงให้เห็นว่าจุดที่ระบบมีความไวสูงสุดคือจุดที่ความแตกต่างของระยะทางเดินแสงทั้งสองแขนในตอนเริ่มต้นของระบบอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์นั้นต้องมีค่าน้อยกว่าหนึ่งในสี่ของความยาวคลื่นแสงที่ใช้ในระบบ Kwaaitaal และคณะ (1980) วิเคราะห์ว่าในทางทฤษฎีระบบไมเคิลสันอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์มีกำลังแยกความแตกต่างของระยะทาง (resolution) ในระดับ 10^{-15} เมตร แต่ในทางปฏิบัติมีสัญญาณรบกวนของระบบจาก 2 แหล่งใหญ่ ที่ส่งผลต่อเสถียรภาพและความไวของระบบ คือ จากสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นสัญญาณรบกวนทางกล และจากระบบอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมาจากการตอบสนองต่อสัญญาณไฟฟ้าของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บางชนิดคลาดเคลื่อนไปเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม และการใช้อุปกรณ์ทางไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องและเป็นเวลานาน Kwaaitaal และคณะ ได้ทดลองเพื่อหาขนาดของสัญญาณรบกวนดังกล่าวพบว่าสัญญาณรบกวนที่มาจากสิ่งแวดล้อมมีค่ามากกว่าสัญญาณรบกวนทางอิเล็กทรอนิกส์ถึงประมาณ 1000 เท่า

Zhang และคณะ (1988) ได้ทดลองวัดค่าคงที่พิโซอิเล็กตริกของวัสดุบางชนิด พบว่าที่ความถี่ต่ำๆ สัญญาณรบกวนทางกลมีผลต่อการทดลองมาก จึงใช้วงจรป้อนสัญญาณย้อนกลับ (feedback loop) แก้ปัญหาหาการรบกวนทางกลที่ความถี่ต่ำดังกล่าวได้ ทำให้ระบบมีความเสถียรมากขึ้น

เนื่องจากสารตัวอย่างที่ใช้ในระบบอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์นั้นนอกจากมีผิวหน้าหรือถูกทำให้ผิวหน้าสะท้อนแสงเลเซอร์ได้ดีแล้ว การยึดสารตัวอย่างให้ติดกับแท่นจับยึดสารตัวอย่างส่งผลให้สารตัวอย่างมีอิสระในการขยายตัวเนื่องจากการตอบสนองต่อสนามไฟฟ้าน้อยลง กล่าวคือ Zhang และคณะ (1988) ได้วิเคราะห์ถึงผลของการยึดสารตัวอย่างด้วยกาวนำไฟฟ้าติดกับแท่นจับยึดนั้นส่งผลให้ค่าคงที่พิโซอิเล็กตริกที่วัดได้น้อยลงกว่าความเป็นจริงเพราะการขยายตัวในแนวขนานกับลำแลงเลเซอร์ถูกจำกัดให้ขยายตัวได้เพียงด้านเดียว Zhang และคณะ วิเคราะห์ว่าแรงที่ยึดสารตัวอย่างให้ติดกับที่จับยึดนั้นมีลักษณะเหมือนแรงของสปริง ขึ้นอยู่กับความยืดหยุ่นของกาวนำไฟฟ้าที่ใช้ พื้นที่ผิวที่จับยึด และความถี่ที่ปฏิบัติงาน สอดคล้องกันกับแนวคิดของ Royer และ Kmetik (1992) ที่รายงานค่าคงที่พิโซอิเล็กตริกที่มีการบวกแฟกเตอร์แก้ไข (correction factor) เพื่อให้ได้ค่าคงที่พิโซอิเล็กตริกสัมฤทธิ์ (effective piezoelectric coefficient)

Pan และ Cross (1989) แก้ปัญหาการจับยึดสารตัวอย่างโดยการใช้ระบบอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์ที่มีการตกกระทบลำแสงเลเซอร์บนสารตัวอย่างทั้งสองผิวหน้า (โดยใช้ด้านหนาของสารตัวอย่างเป็นส่วนที่ถูกจับยึดแทนผิวหน้า) วิธีนี้สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้นได้ แต่เนื่องจากมีความยุ่งยากในการวิเคราะห์ผลเพื่อให้ได้ซึ่งค่าคงที่พิโซอิเล็กตริก และการที่ใช้ลำแสงเลเซอร์ที่ยาวเกินไป ทำให้วิธีนี้ไม่เหมาะกับระบบที่ใช้แหล่งกำเนิดเลเซอร์ที่มีกำลังต่ำหรือเลเซอร์ที่มีความยาวของลำแสงที่ไม่กระจายต่ำ (coherence length) ทำให้ถูกรบกวนจากสิ่งแวดล้อมได้ง่าย วิธีนี้จึงไม่เป็นที่นิยม

วิธีการยึดผิวด้านหนึ่งของสารตัวอย่าง และใช้ลำแสงเลเซอร์ตกกระทบผิวหน้าของสารตัวอย่างยังคงเป็นที่นิยม แต่ปัญหาที่ตามมาคือการยึดสารตัวอย่างกับที่จับยึดหรือฐานรองนั้นอาจทำให้เกิดการโค้งงอหรือบิดเบี้ยวของสารตัวอย่าง Kholkin และคณะ (1996) ได้แสดงให้เห็นถึงผลของการโค้งงอของสารตัวอย่างบนฐานรองและการโค้งงอของสารตัวอย่างกับฐานรองในสารตัวอย่างประเภทฟิล์มบาง Kholkin และคณะ พบว่าวิธีที่ใช้ 2 ลำแสงตกกระทบสารตัวอย่างเหมาะสำหรับสารตัวอย่างที่เป็นฟิล์มบาง ใช้เลเซอร์ที่มีกำลังสูงขึ้น และเปรียบเทียบให้เห็นว่าในแต่ละตำแหน่งของผิวหน้าสารตัวอย่างที่ลำแสงไปตกกระทบนั้นให้ค่าคงที่พิโซอิเล็กตริกต่างกัน Kholkin และคณะ แนะนำว่าควรลดขนาดของสารตัวอย่างลงเพื่อแก้ปัญหาการโค้งงอของสารตัวอย่าง ในขณะที่ Muensit และ Guy (1998) ที่ใช้ลำแสงเลเซอร์ตกกระทบที่ตำแหน่งต่างๆ บนผิวหน้าด้านใดด้านหนึ่งของสารตัวอย่างเพื่อตรวจสอบการโค้งงอของฟิล์มบาง GaN

3. วัตถุประสงค์

1. วัดค่าคงที่พิโซอิเล็กตริก d_{33} ของเซรามิกส์ เลดเซอร์โคเนตไทเทเนต
2. วัดค่าคงที่พิโซอเล็กตริก d_{33} ของผลึกเดี่ยวลิเธียมนิโอเบต
3. วัดค่าคงที่พิโซอิเล็กตริก d_{14} ของสารกึ่งตัวนำแกลเลียมอาร์เซไนด์
4. ตรวจสอบการตอบสนองพิโซอิเล็กตริกในวัสดุที่ประกอบด้วยฟิล์มบางอลูมิเนียมแกลเลียมอาร์เซไนด์กับฟิล์มบางแกลเลียมอาร์เซไนด์ หรือ $Al_xGa_{1-x}As$