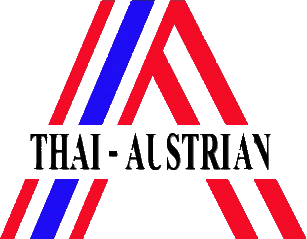
ตัวอย่างปกนอก

*2.5 ซม.*

*3 ซม.*

*7 ซม.*

*2.5 ซม.*

**คุณสมบัติเชิงกายภาพและคุณสมบัติเชิงแสงของไททาเนียมไดออกไซด์**

**ที่สังเคราะห์ด้วยกระบวนการโซลเจล**

**PHYSICAL AND OPTICAL PROPERTIES OF TITANIUM DIOXIDE SYNTHESIZED**

**BY SOL-GEL TECHNIQUE**

**ปราญรยา ผาดไธสง**

**พูนทรัพย์ ปุราสะกา**

**โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)**

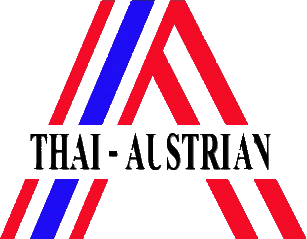
**พ.ศ. 2545 (ปรับปรุง พ.ศ. 2546)**

**สาขางาน....................... สาขาวิชา....................................**

**วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ**

**ปีการศึกษา.................**

ตัวอย่างปกใน

**คุณสมบัติเชิงกายภาพและคุณสมบัติเชิงแสงของไททาเนียมไดออกไซด์**

**ที่สังเคราะห์ด้วยกระบวนการโซลเจล**

**PHYSICAL AND OPTICAL PROPERTIES OF TITANIUM DIOXIDE SYNTHESIZED**

**BY SOL-GEL TECHNIQUE**

**ปราญรยา ผาดไธสง**

**พูนทรัพย์ ปุราสะกา**

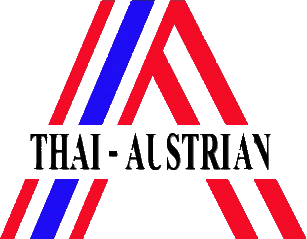
**โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)**

**พ.ศ. 2545 (ปรับปรุง พ.ศ. 2546)**

**สาขางาน....................... สาขาวิชา....................................**

**วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ**

**ปีการศึกษา.................**



*3.5 ซม.*

*2.5 ซม.*

*3.5 ซม.*

*3 ซม.*

**ใบรับรองโครงการ**

**สาขาวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ**

ชื่อโครงการ คุณสมบัติเชิงกายภาพและคุณสมบัติเชิงแสงของไททาเนียมไดออกไซด์

ที่สังเคราะห์ด้วยกระบวนการโซลเจล

โดย นายพูนทรัพย์ ปุราสะกา

นางสาวปราญรยา ผาดไธสง

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พ.ศ. 2545 (ปรับปรุง พ.ศ. 2546) สาขาวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ หัวหน้าสาขาวิชาเมคคาทรอนิกส์

( นายสมบัติ อินยิน )

วันที่ ……… เดือน มีนาคม พ.ศ. ………..

คณะกรรมการสอบโครงการ

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ ประธานกรรมการ

(……………….…….ชื่อครู......................................... )

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ กรรมการ

(……………….…….ชื่อครู......................................... )

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ กรรมการ

(……………….…….ชื่อครู......................................... )

โครงงาน คุณสมบัติเชิงกายภาพและคุณสมบัติเชิงแสงของไททาเนียมไดออกไซด์

ที่สังเคราะห์ด้วยกระบวนการโซลเจล

โดย นายพูนทรัพย์ ปุราสะกา

นางสาวปราญรยา ผาดไธสง

สาขาวิชา แมคคาทรอนิกส์

สาขางาน แมคคาทรอนิกส์

ครุที่ปรึกษา นายสมบัติ อินยิน

ครูที่ปรึกษาร่วม นายธีระยุทธ นุ้ยนุ่น

จำนวนหน้า 80 หน้า

ปีการศึกษา 2552

# บทคัดย่อ

อนุภาคไททาเนียมไดออกไซด์ที่สังเคราะห์ด้วยกระบวนการโซลเจล มีคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงแสงที่ดีกว่าไททาเนียมไดออกไซด์ (P-25) จากการศึกษาผลกระทบของความเข้มข้นของกรดเปอร์คลอริก ระยะเวลาการตั้งสารละลายโซลทิ้งไว้ (Aging time) และอุณหภูมิในการเผา (Annealing temperature) พบว่า อนุภาคไททาเนียมไดออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้ มีสัดส่วนของโครงสร้างแบบอนาเทสต่อโครงสร้างแบบรูไทล์ (Ratio of anatase to rutile) ขนาดอนุภาค (Particle size) และพื้นที่ผิวจำเพาะ (Specific surface area) ที่แตกต่างกัน โดยไททาเนียมไดออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้มีสัดส่วนของเฟสอนาเทสสูงถึง 90% ซึ่งสูงกว่า P-25 ขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 5-10 nm ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า P-25 ถึง 3 เท่า และมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูงถึง 300 m2/g ซึ่งสูงกว่า P-25 ถึง 6 เท่า คุณสมบัติทางกายภาพดังกล่าว ส่งผลให้ไททาเนียมไดออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้มีคุณสมบัติเชิงแสงในการดูดกลืนแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 292±5 nm ดีขึ้น ซึ่งจากคุณสมบัติดังกล่าวจะส่งผลให้การเกิดปฏิกิริยาโฟโตแคตาไลติก (Photocatalytic activity) เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ไททาเนียมไดออกไซด์ คุณสมบัติเชิงแสง การดูดกลืนแสงยูวี เทคนิคโซลเจล

**การเขียนบทคัดย่อ**

*จะต้องกล่าวถึงหัวข้อต่อไปนี้*

* *ชื่อโครงการ*
* *วัตถุประสงค์*
* *ส่วนประกอบของโครงการ*
* *รูปแบบของการทดลอง*
* *ผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง*

*เขียนเป็นย่อหน้าเดียวกัน โดยความยาวไม่เกิน ½ หน้ากระดาษ*

# กิตติกรรมประกาศ

โครงงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ก็ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ครูสมบัติ อินยิน ครูที่ปรึกษาโครงงาน ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ในการจัดทำโครงงานมาโดยตลอด ขอขอบคุณคณะกรรมการสอบโครงงานทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนคณะครูทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้

คณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบคุณ สาขางานแมคคาทรอนิกส์ สาขาวิชาแมคคาทรอนิกส์ ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ทำการทดลอง เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำโครงงาน อีกทั้งขอขอบคุณผู้ปกครอง ที่สนับสนุนทุนจัดทำโครงงานในครั้งนี้

**สารบัญ**

**หน้า**

[บทคัดย่อ ข](#_Toc485649576)

[กิตติกรรมประกาศ ค](#_Toc485649577)

[สารบัญตาราง ฉ](#_Toc485649578)

[สารบัญรูป ช](#_Toc485649579)

[รายการสัญลักษณ์และคำย่อ ซ](#_Toc485649580)

บทที่ 1 [บทนำ 1](#_Toc485649582)

[1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1](#_Toc485649583)

[1.2 วัตถุประสงค์ 2](#_Toc485649584)

[1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2](#_Toc485649585)

[1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3](#_Toc485649586)

บทที่ 2 [ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4](#_Toc485649588)

[2.1 ทฤษฏี 4](#_Toc485649589)

[2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6](#_Toc485649590)

[บทที่](#_Toc485649591) 3 [วิธีการดำเนินงาน 7](#_Toc485649592)

[3.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น 7](#_Toc485649593)

[3.2 ขั้นตอนการศึกษา 7](#_Toc485649594)

[3.3 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล 7](#_Toc485649595)

[บทที่](#_Toc485649591) 4 [ผลการดำเนินงาน 8](#_Toc485649597)

[บทที่](#_Toc485649591) 5 [สรุปผลและข้อเสนอแนะ 10](#_Toc485649599)

[5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 10](#_Toc485649600)

[5.2 อภิปรายปัญหา 10](#_Toc485649601)

[5.3 ข้อเสนอแนะ 10](#_Toc485649602)

[เอกสารอ้างอิง 12](#_Toc485649603)

[ภาคผนวก ก 17](#_Toc485649604)

[ผลการวิเคราะห์หาโครงสร้างผลึกของไททาเนียมไดออกไซด์ 17](#_Toc485649605)

**สารบัญ (ต่อ)**

**หน้า**

[ภาคผนวก ข 19](#_Toc485649606)

[ผลการวิเคราะห์พื้นที่ผิจำเพาะและรูพรุนของไททาเนียมไดออกไซด์ 19](#_Toc485649607)

# สารบัญตาราง

**ตารางที่ หน้า**

[2.1 ความสามารถในการดูดซับของโมเลกุลแก๊สบนผิวหน้าของโลหะต่างๆ 5](#_Toc485649617)

# สารบัญรูป

**รูปที่ หน้า หน้า**

[2.1 อิเล็กตรอนที่ถูกจับโดยตัวดูดซับ 4](#_Toc485290867)

[ก.1 พีคการเกิดเฟสของไททาเนียมไดออกไซด์ที่ใช้กรดเปอร์คลอริก ความเข้มข้น 0.01 M เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งเผาที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส เมื่อไม่ตั้งทิ้งไว้เลย 17](#_Toc485290868)

[ก.2 พีคการเกิดเฟสของไททาเนียมไดออกไซด์ที่ใช้กรดเปอร์คลอริกความเข้มข้น 0.01 M](#_Toc485290869)

[เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งเผาที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส เมื่อไม่ตั้งทิ้งไว้เลย 18](#_Toc485290870)

[ก.3 แสดงพีคการเกิดเฟสของไททาเนียมไดออกไซด์ที่ใช้กรดเปอร์คลอริกความเข้มข้น 0.01 M](#_Toc485290871)

[เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งเผาที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เมื่อไม่ตั้งทิ้งไว้เลย 18](#_Toc485290872)

# รายการสัญลักษณ์และคำย่อ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **สัญลักษณ์** | **หน่วย** | **คำอธิบาย** |
| A | - | ค่าการดูดกลืนแสง (Light absorbance) |
| C | mol/L | ความเข้มข้นของสารตัวอย่าง |
| D |  | ขนาดผลึกที่ระยะทางระหว่างสองระนาบ |
| I | - | ความเข้มของรังสีหลังผ่านสารตัวอย่าง |
| K | - | คริสตัลไลท์-เชฟ แฟกเตอร์ (Crystallite-shape factor) |
| L | cm | ความหนาของเซลล์ตามแนวลำแสง |
| β | - | ความสูงครึ่งหนึ่งของพีค (Peak) สูงสุดของโครงสร้างที่สนใจ |
| ε | - | ค่าการดูดกลืนแสง ( Molar absorptivity ) |
| λ |  | ความยาวคลื่นของรังสีเอ็กซ์ |
| θ | Degree | มุมที่ทำให้เกิดยอดสูงสุด |
| I0 | - | ความเข้มของรังสีก่อนผ่านสารตัวอย่าง |
|  | - | ความเข้มของเฟสอนาเทสที่ระนาบ (101) |
|  | - | ความเข้มของเฟสรูไทล์ที่ระนาบ (110) |

# 

*[Enter 1 ครั้ง]*

*ไม่มีเลขหน้า*

# บทที่ 1



*จัดรูปแบบการพิมพ์ชิดซ้ายพยายามให้คำท้ายบรรทัดเท่ากันทุกบรรทัด*

# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO2) ถูกนำมาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย เช่น ในระบบบำบัดน้ำ iเสีย หรือระบบบำบัดอากาศเสีย เนื่องจากสารแอคทีฟ (Active species : •OH, •O) ที่เกิดจากปฏิกิริยารีดัคชันของออกซิเจน (Oxygen reduction) โดยอิเลคตรอน (Photoexcited electron) และจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำ (Water Oxidation) โดยโฮล (Photoexcited hole) จะมีความสามารถออกซิไดซ์สารอินทรีย์ได้ดี อีกทั้งมีการประยุกต์ใช้ไททาเนียมไดออกไซด์ในสีทาบ้าน เนื่องจากความสามารถในการสะท้อนแสงที่ดี ซึ่งการนำไททาเนียมไดออกไซด์ไปประยุกต์ใช้นั้น จำเป็นต้องคำนึงถึงคุณสมบัติทางกายภาพของ ไททาเนียมไดออกไซด์ เช่น โครงสร้าง (Phase structure), ขนาดอนุภาค (Particle size) และพื้นที่ ผิวจำเพาะ (Specific surface area) และอื่นๆ ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อกลไกการทำให้เกิดปฏิกิริยา [1]

*ใช้อ้างอิงใน*

*เอกสารอ้างอิง*

*ลำดับที่ 1*

*ตั้งค่า Tab ซ้าย 1ซม.*

โครงสร้างผลึกของไททาเนียมไดออกไซด์มีอยู่ด้วยกัน 3 แบบ คือ โครงสร้างแบบอนาเทส (Anatase) แบบรูไทล์ (Rutile) และแบบบรูคไคท์ (Brookite) โดยไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีโครงสร้างแบบอนาเทส จะมีประสิทธิภาพในการเกิดปฏิกิริยาโฟโตแคตาไลติกได้ดีกว่าโครงสร้างแบบรูไทล์ สาเหตุเนื่องมาจากการกลับมารวมตัวกันใหม่ของอิเลคตรอนกับโฮล เกิดได้ยากกว่าโครงสร้างแบบรูไทล์ ในขณะที่โครงสร้างแบบรูไทล์มีค่ารีแฟรคทีฟอินเดกซ์ (Refractive Index) สูงกว่าโครงสร้างแบบอนาเทส และมีความเสถียรที่อุณหภูมิสูง จึงเหมาะที่จะใช้เป็นตัวเติมเพื่อสะท้อนแสง โดยทั่วไปแล้ว โครงสร้างผลึกแบบอนาเทสและ รูไทล์เป็นที่นิยมนำมาศึกษา สำหรับการเกิดปฏิกิริยาโฟโตแคตาไลติก โดยโครงสร้างผลึกอนาเทสให้ประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาสูงกว่าโครงสร้างผลึกรูไทล์ แต่อย่างไรก็ตาม ในบางปฏิกิริยาโครงสร้างผลึกรูไทล์หรือโครงสร้างผลึกผสมระหว่างแบบอนาเทสและแบบรูไทล์ (เช่น อนาเทส 70-75% และ รูไทล์ 30-25%) ถูกรายงานว่าให้ประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาสูงกว่าโครงสร้างผลึกอนาเทสบริสุทธิ์ โดยทั้งนี้ทั้งนั้นมีตัวแปรหลายอย่างที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาของแต่ละโครงสร้างผลึกของไททาเนียมไดออกไซด์ ได้แก่ พื้นที่ผิว, การกระจายตัวของรูพรุน, ขนาดของอนุภาคผลึก, และที่สำคัญมากคือ วิธีการที่ใช้ในการสังเคราะห์ผลึกไททาเนียมไดออกไซด์ ส่วนโครงสร้างแบบบรูคไคท์ ยังไม่มีการศึกษากันมากนัก [2]

ขนาดอนุภาคของไททาเนียมไดออกไซด์ส่งผลต่อประสิทธิภาพของปฏิกิริยาโฟโตแคตาไลติก โดยไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีขนาดนาโน (Nano-sized) จะส่งผลให้อัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของอนุภาคไททาเนียมไดออกไซด์เพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการกลับมารวมตัวกันใหม่ของอิเลคตรอนกับโฮลภายในอนุภาค (Volume recombination) ลดลง ทำให้ประสิทธิภาพปฏิกิริยาโฟโตแคตาไลติก เพิ่มขึ้น [3] อีกทั้งพื้นที่ผิวจำเพาะของไททาเนียมไดออกไซด์ส่งผลต่อความสามารถในการดูดซับสารอินทรีย์ (Chemical Adsorption) ตลอดจนความสามารถในการดูดกลืนแสง (Light Absorption) [4]

คุณสมบัติทางกายภาพของอนุภาคไททาเนียมไดออกไซด์ จะขึ้นอยู่กับวิธีการสังเคราะห์ โดยที่การสังเคราะห์ด้วยวิธีโซล - เจล (Sol - gel Technique) เป็นวิธีการสังเคราะห์ทางเคมีแบบเปียก (Wet -process) ชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นการสังเคราะห์สารที่อุณหภูมิต่ำและมีราคาถูก โดยไททาเนียมไดออกไซด์ที่เตรียมได้จากวิธีโซล - เจลจะมีอนุภาคขนาดนาโน [5] อย่างไรก็ตาม การปรับสภาวะในการเตรียมด้วยวิธีโซล - เจล เช่น ชนิดของกรด ความเข้มข้นของกรด อุณหภูมิในการเผา ทำให้ได้อนุภาคไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกันด้วย [6]

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ทำการสังเคราะห์ไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยกระบวนการโซล - เจล โดยศึกษาผลกระทบของความเข้มข้นของกรดเปอร์คลอริก และอุณหภูมิในการเผาที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของไททาเนียมไดออกไซด์ ได้แก่โครงสร้าง ขนาดอนุภาค และพื้นที่ผิวจำเพาะ ตลอดจนศึกษาคุณสมบัติเชิงแสงในการดูดกลืนแสงยูวี ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาโฟโตแคตาไลติก (Photocatalytic activity)

## 1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาปัจจัยในการสังเคราะห์ไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยกระบวนการโซล - เจล ที่ส่งผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของไททาเนียมไดออกไซด์

1.2.2 เพื่อศึกษาผลกระทบของคุณสมบัติทางกายภาพของไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีต่อคุณสมบัติการดูดกลืนแสงของไททาเนียมไดออกไซด์

## 1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 การเตรียมไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธีโซล - เจล

1.3.1.1 ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ปัจจัยที่ศึกษาคือ กรดเปอร์คลอริก ที่ความเข้มข้น 0.01, 0.005 และ 0.001 โมลาร์

*ตั้งค่า Tab ซ้าย 2ซม.*

1.3.1.2 ปฏิกิริยาคอนเดนเซชั่น (Condensation) ปัจจัยที่ศึกษาคือ ระยะเวลาในการ

ปปตั้งสารไททาเนียมไดออกไซด์ชนิดโซลทิ้งไว้ 0, 3 และ 6 วัน

1.3.2 อุณหภูมิที่ใช้ในการเผา คือ 300, 350, 400, 450, และ 600 องศาเซลเซียล

1.3.3 การไดอะไลซ์ ( Dialyze ) ของสารละลายให้ได้พีเอช (pH) ประมาณ 3.5 0.1

1.3.4 การวิเคราะห์

1.3.4.1 การวัดการดูดกลืนของแสงด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสง

1.3.4.2 การวิเคราะห์ขนาดอนุภาคด้วยกล้องจุลทรรศ์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน

1.3.4.3 การวิเคราะห์หาโครงสร้างผลึกด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน

1.3.4.4 การวิเคราะห์หาพื้นที่ผิวและขนาดรูพรุนด้วยเครื่องวัดการดูดซับก๊าซ

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถทราบถึงปัจจัยในการสังเคราะห์ไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยกระบวนการโซล-เจล

ที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของไททาเนียมไดออกไซด์

1.4.2 สามารถทราบถึงผลกระทบของคุณสมบัติทางกายภาพของไททาเนียมไดออกไซด์ ที่มีต่อ

การดูดกลืนแสงและการกระเจิงแสงของไททาเนียมไดออกไซด์

# 

*[ตัวอย่างรูปภาพ]*

# บทที่ 2

# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ทฤษฏี

ไททาเนีย หรือ ไททาเนียมไดออกไซด์ (Titanium dioxide;TiO2) เป็นสารประกอบออกไซด์ของโลหะไททาเนียมซึ่งอยู่ในกลุ่มของโลหะทรานซิชัน ไททาเนียได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในการนำมาประยุกต์สำหรับการใช้งานด้านต่างๆ เนื่องจากมีความเสถียรต่อสารเคมี, ไม่มีความเป็นพิษสูง, ราคาไม่แพงมาก และมีคุณสมบัติพิเศษโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ไททาเนียที่ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในด้านการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานรูปอื่น เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell) เป็นต้น

**2.1.1 ปฏิกิริยาของไททาเนียมไดออกไซด์ที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้แสง**

อิเล็กตรอนที่ถูกกระตุ้นด้วยแสงที่ได้มาจากไททาเนียมไดออกไซด์อาจจะนำมาใช้เป็นพลังงานไฟฟ้า หรือถูกจับอยู่ที่ผิวหน้าของไททาเนียมไดออกไซด์โดยตัวดูดซับ หรือถูกเก็บไว้ที่โลหะที่เติมลงไป ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 อิเล็กตรอนที่ถูกจับโดยตัวดูดซับ

ในสภาวะที่มีออกซิเจน อิเล็กตรอนที่ถูกกระตุ้นด้วยแสงจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดเป็น ซุปเปอร์ออกไซด์แรดดิคัล ดังสมการ (2.1) หลังจากนั้นปฏิกิริยาจะเกิดต่อเนื่อง ดังสมการ (2.2) และ สมการ (2.3)

*[ตัวอย่างตาราง]*

 (2.1)

 (2.2)

 (2.3)

อิเล็กตรอน-โฮลของไททาเนียมไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นเมื่อถูกกระตุ้นด้วยแสง จะถูกแยกออกจากกันในดีพลีทชันเลเยอร์ เคลื่อนที่ไปยังตัวรับอิเล็กตรอน และตัวให้อิเล็กตรอน ตามลำดับ

**2.1.2 การดูดซับทางเคมี [7]**

สารที่มีสภาพขั้วสูง มักจะดูดซับได้แข็งแรงกว่าสารที่ไม่มีขั้ว ในปฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจนสารที่เป็นผลิตภัณฑ์จะมีความสามารถในการดูดซับน้อยกว่าสารตั้งต้น แต่แนวโน้มมักจะตรงข้ามในปฏิกิริยาออกซิเดชันบางส่วนและความสามรถในการดูดซับจะเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักโมเลกุล ตารางที่ 2.1 แสดงความสามารถในการดูดซับของโมเลกุลของแก๊สบนผิวหน้าของธาตุต่างๆ

ตารางที่ 2.1 ความสามารถในการดูดซับของโมเลกุลแก๊สบนผิวหน้าของโลหะต่างๆ

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ธาตุ | ชนิดของแก๊ส | | | | | | |
| O2 | C2H2 | C2H4 | CO | H2 | CO2 | N2 |
| Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Fe Ru, Os | S | S | S | S | S | S | S |
| Ni, Co | S | S | S | S | S | S | S |
| Rh, Ir, Pd, Pt | S | S | S | S | S | S | S |
| Mn, Cu | S | S | S | S | W | S | S |
| Al, Au | S | S | S | S | U | U | U |
| Na, K | S | S | U | U | U | U | U |
| Ag, Zn, Cd, In, Si, Ge, Pb, As, Sb, Bi | S | U | U | U | U | U | U |

S แทนการดูดซับทางเคมีที่แข็งแรง W แทนการดูดซับที่อ่อนและ U ไม่สามารถระบุได้

มีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลกระทบต่อการดูดซับ สารที่เป็นแอโรมาติกมักจะจับกับโลหะบางชนิดได้อย่างแข็งแรงเกิดพันธะบนโลหะ โดยทั่วไปความแข็งแรงของการดูดซับของแก๊สจะเรียงลำดับดังนี้

>>  >>  >>

## 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันมีการศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวกับไททาเนียมไดออกไซด์ ซึ่งสามารถจำแนกได้ดังนี้

**2.2.1 การศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาการตั้งทิ้งไว้ (Sol’s aging time) [2]**

ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาการตั้งทิ้งไว้ของสารละลายโซล จากการตั้งทิ้งไว้ 1, 6, 12 และ 24 ชั่วโมง โดยใช้สารละลายไททานิลซัลเฟตทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ พบว่าไททาเนียมไดออกไซด์ที่ระยะเวลาการตั้งทิ้งไว้ต่างกัน จะมีผลต่อการเกิดเฟสของไททาเนียมไดออกไซด์ โดยขนาดอนุภาคของเฟสอนาเทสจะลดลง เมื่อระยะเวลาการตั้งทิ้งไว้เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งระยะเวลาที่ตั้งทิ้งไว้มากกว่า 6 ชั่วโมง ซึ่งระยะเวลาการตั้งทิ้งไว้มากขึ้นจะทำให้เกิดการสลายตัวและกลับมาตกตะกอนใหม่ของสารละลายโซล จึงทำให้มีโครงสร้างมีช่องว่างน้อย เนื่องจากการเกิดนิวคลีเอชั่น (Nucleation )และผลึกมีรูปแบบเป็นพอลิเมอร์มากขึ้น จึงช่วยป้องกันการรวมตัวกันของอนุภาคในขั้นตอนการเผา

**2.2.2 การศึกษาอิทธิพลของไฮโดรไลซิง เอเจนท์ (Hydrolyzing agents) [8]**

ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของไฮโดรไลซิง เอเจนท์ โดยใช้ไททาเนียมไอโซโพรพอกไซด์ทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสกับน้ำด้วยกระบวนการโซล-เจล จากการทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสของไททาเนียมไอโซโพรพอกไซด์ด้วยไอโซโพรพานอลเป็นไฮโดรไลซิง เอเจนท์ เปรียบเทียบกับกรดอะซิติก พบว่าขนาดอนุภาคของไททาเนียมไดออกไซด์ที่ใช้กรดอะซิติกเป็นไฮโดรไลซิง เอเจนท์มีขนาดเล็กกว่าใช้ไอโซโพรพานอล เนื่องจากการใช้ไอโซโพรพานอลทำให้ปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสช้า จึงทำให้บางส่วนของไททาเนียมไอโซโพรพอกไซด์ที่เป็นมอนอเมอร์มีการรวมตัวกันเป็นไดเมอร์ ไตรเมอร์และกลายเป็นอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ และเมื่อใช้กรดอะซิติกเป็นไฮโดรไลซิง เอเจนท์ ทำให้การเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสอย่างรวดเร็ว และการมีไอออนลบของอะซิเตทที่มีอยู่ที่ผิวหน้าของไททาเนียมไดออกไซด์ทำเกิดการยับยั้งการรวมตัวกันของไททาเนียมไดออกไซด์ จึงทำให้ไททาเนียมไดออกไซด์ที่ได้มีอนุภาคขนาดเล็ก

# บทที่ 3

# วิธีการดำเนินงาน

*กล่าวถึงการดำเนินงานตั้งแต่ต้น การวางแผน การออกแบบ การสร้างหรือจัดทำ วิธีการทดลอง และวิธีวิเคราะห์ข้อมูล หรือการประเมินผล เช่น*

ในการศึกษาคุณสมบัติเชิงกายภาพและคุณสมบัติเชิงแสงของไททาเนียมไดออกไซด์

ที่สังเคราะห์ด้วยกระบวนการโซลเจลมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

## 3.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

## 3.2 ขั้นตอนการศึกษา

## 3.3 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

# 

# บทที่ 4

# ผลการดำเนินงาน

กล่าวถึงผลการดำเนินงานตามที่กำหนดไว้แล้วในบทที่ 3 ว่าได้ผลอย่างไร เช่นผลการทดลอง ผลการทดสอบ หรือผลการประเมินความพึงพอใจ แล้วแต่กรณีของโครงงาน รวมถึงการอภิปรายผลการทดลอง ซึ่งการอภิปรายผลทางวิชาการนั้นสามารถทำโดยอาศัยทฤษฎี ผลงานวิจัยหรือผลการทดลองของผู้อื่น มาสนับสนุน หักล้าง หรือโต้แย้งผลการทดลองที่ได้

# บทที่ 5

# สรุปผลและข้อเสนอแนะ

*เป็นส่วนสำคัญที่สุดของโครงงานเพราะต้องตอบคำถามตามในวัตถุประสงค์ รวมทั้งการเสนอประโยชน์ในทางประยุกต์ของผลการทดลองที่ได้ พร้อมทั้งข้อเสนอแนะในการ ทำโครงงานครั้งต่อไป โดยมีเหตุผลทางวิชาการสนับสนุน*

## 5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

*ในการเขียนอาจกล่าวเป็นความเรียง สรุปสั้นๆ ถึงวัตถุประสงค์ในการทำโครงงาน วิธีการดำเนินงาน รวมถึงการเก็บข้อมูลหรือการทดลองและผลการทดลอง*

## 5.2 อภิปรายปัญหา

## 5.3 ข้อเสนอแนะ

# เอกสารอ้างอิง

*[ตัวอย่างเอกสารอ้างอิง]*

**[1]** A. Fujishima, K. Hashimoto, T. Watanabe, “TiO2 Photocatalysis: Fundamentals and Applications,” BKC Inc., Tokyo: 1999.

**[2]** S. Sakthivel, M.C. Hidalgo, D.W. Bahnemann, S.U. Geissen, V. Murugesen, A. Vogelpohl, “A fine route to tune the photocatalytic activity of TiO2,” *Appl. Catal. B*. vol. 63, pp. 31-40, 2006.

**[3]** H. Gerischer, “Photocatalysis in aqueous solution with small TiO2 particle and the dependence of the quantum yield on particle size and light intensity,” *Electrochimica Acta*, vol 40, pp. 1277-1281, 1995.

**[4]** U. Stafford, K. A. Gray, P. V. Kamat, A. Varma, “An in situ diffuse reflectance FTIR investigation of photocatalytic degradation of 4-chlorophenol on a TiO2 powder surface,” *Chem. Phys. Lett*., vol. 205, pp. 55-61, 1993.

**[5]** A. Sirisuk, C. G. HillJr., M. A. Anderson, “Photocatalytic degradation of ethylene over thin films of titania supported on glass rings,” *Catalysis Today,* vol. 54, pp. 159-164**, 1999.**

**[6]** C. J. Brinker, G. W. Scherer, “Sol-gel science,” Academic press limited, London: 1990**.**

**[7] ธรรมนูญ ศรีทะวงศ์**, “ไทเทเนีย : ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วม,” pttplc.com, บริษัท [ปตท. จำกัด (มหาชน)](http://www.pttplc.com/) และ สสวท, 2550. [Online]. แหล่งที่มา:

<http://www.vcharkarn.com/include/article/showarticle.php> [สิงหาคม 2550].

[8] N. Venkatachalam, M. Palanichamy, V. Murugesan, “Sol-gel preparation and characterization of nanosize TiO2: Its photocatalytic performance,” *Materials Chemistry and Physics*, vol. 104, pp. 454-459, April 2007.

*เอกสารอ้างอิงต่าง ๆ เช่น หนังสือ วารสาร ข้อมูลจากอินเตอร์เน็ต มีวิธีการเขียนดังนี้*

***1) กรณีที่เอกสารอ้างอิงเป็นภาษาไทย***

***หนังสือ***

***ชื่อ ชื่อสกุล,/ชื่อหนังสือ,/ครั้งที่พิมพ์,/เมืองที่พิมพ์:/สำนักพิมพ์,/ปีที่พิมพ์.***

**ตัวอย่าง**

*หริส สูตะบุตร และฮารูโอ ทาฮารา, เครื่องสูบ และเครื่องอัด, พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมความรู้ด้านเทคนิคระหว่างประเทศ, 2526.*

***วิทยานิพนธ์***

***ชื่อ ชื่อสกุล,/“ชื่อวิทยานิพนธ์,”/ชื่อปริญญา//สาขา// สถาบัน,/ปีที่จบการศึกษา***

**ตัวอย่าง**

*นันทน์ ถาวรังกูร, “การเตรียมและการศึกษาคุณสมบัติผิวเลือกรังสีโครมดำบนผิวรองรับเหล็กและอลูมิเนียม,” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2527.*

**วารสาร**

***ชื่อ ชื่อสกุล,/“ชื่อบทความ,”/ชื่อวารสาร,/เล่มที่ (ฉบับที่):/หน้าที่ตีพิมพ์;/ปีที่ตีพิมพ์.***

***ตัวอย่าง***

*กัณทิพย์ รัตนชาติชูชัย และประวิทย์ แซ่เตียว, “การวิเคราะห์หาโลหะปริมาณน้อยในน้ำธรรมชาติ โดยวิธีดิฟเฟอเรนเชียลฟัลส์อะโนติคสตริฟพิงโวลแทมเมตร,”**วารสารวิจัยและพัฒนา, ฉบับที่ 2: หน้า 36-61; 2528.*

*กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, “การออกแบบและการพัฒนาผลิตภัณฑ์และกระบวนการโดยอาศัยการออกแบบการทดลองทางสถิติ,” การประชุมใหญ่ทางวิชาการประจำปี 2532 ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย เรื่องเทคโนโลยีใหม่ในงานวิศวกรรม, หน้า 800-809; 2532.*

***อินเทอร์เน็ต***

*ชื่อ ชื่อสกุล,/“ชื่อบทความ,”/ชื่อหน้าเว็บ./แหล่งข้อมูลที่เผยแผ่,/ปีที่พิมพ์./[Online ]./แหล่งที่มา:/ที่อยู่อินเทอร์เน็ต/[เดือน/พ.ศ. (ที่สืบค้น)]*

***ตัวอย่าง***

***ธรรมนูญ ศรีทะวงศ์****, “ไทเทเนีย: ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วม”, pttplc.com, บริษัท* [*ปตท. จำกัด(มหาชน)*](http://www.pttplc.com/) *และ สสวท, 2550. [Online]. แหล่งที่มา:*

[*http://www.vcharkarn.com/include/article/showarticle.php*](http://www.vcharkarn.com/include/article/showarticle.php) *[สิงหาคม 2550].*

*สถานแห่งประเทศไทย เรื่องเทคโนโลยีใหม่ในงานวิศวกรรม, หน้า 800-809; 2532.*

***อินเทอร์เน็ต***

***ชื่อ ชื่อสกุล,/“ชื่อบทความ,”/ชื่อหน้าเว็บ./แหล่งข้อมูลที่เผยแผ่,/ปีที่พิมพ์./[Online]./ แหล่งที่มา:/ที่อยู่อินเทอร์เน็ต/[เดือน/พ.ศ. (ที่สืบค้น)]***

***ตัวอย่าง***

***ธรรมนูญ ศรีทะวงศ์****, “ไทเทเนีย: ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วม”, pttplc.com, บริษัท* [*ปตท. จำกัด(มหาชน)*](http://www.pttplc.com/) *และ สสวท, 2550. [Online]. แหล่งที่มา:*

[*http://www.vcharkarn.com/include/article/showarticle.php*](http://www.vcharkarn.com/include/article/showarticle.php) *[สิงหาคม 2550].*

***หมายเหตุ***  *การพิมพ์รายการเอกสารอ้างอิงที่ยาวกว่า 1 บรรทัด ให้เว้นวรรค 7 ตัว อักษรก่อนพิมพ์*

***2) กรณีที่เอกสารอ้างอิงเป็นภาษาอังกฤษ***

***หนังสือ***

*ชื่อแรก./ชื่อกลาง/ชื่อสกุล,/ชื่อหนังสือ,/ครั้งที่พิมพ์,/เมืองที่พิมพ์:/สำนักพิมพ์,/ปีที่พิมพ์.*

***ตัวอย่าง***

*M. L. Davis and D. A. Cornwell, Introduction to Environmental Engineering, 2nd ed, Singapore: McGraw-Hill, Inc., 1991.*

*F. Daniels and J. A. (Eds.) Duffie, Solar Energy Research, Madison: University of Wisconsin Press, 1961. (ปีแรกที่ตีพิมพ์ไม่จำเป็นต้องใส่ครั้งที่พิมพ์)*

***วารสาร***

*ชื่อแรก./ชื่อกลาง./ชื่อสกุล,/“ชื่อบทความ.”/ชื่อวารสาร./เล่มที่ (ฉบับที่):/ หน้าที่ตีพิมพ์; / ปีที่ตีพิมพ์.*

***ตัวอย่าง***

*S. B. Tang, F. L. Qui and S. J. Lu, “Effect of Supports on the Carbon Deposition of Nickle Catalysts for Methane Reforming with CO2,” Catalysis Today, 24: 253-255; 1995.*

*K. Attenborough, “Acoustical Characteristics of Rigid Fibrous Absorbents and Granular Materials,” Journal of Accoustical Society of America, 73: 785-799; 1983.*

***อินเทอร์เน็ต***

*ชื่อ ชื่อสกุล,/“ชื่อบทความ,”/ชื่อหน้าเว็บ./แหล่งข้อมูลที่เผยแผ่,/ปีที่พิมพ์./[Online]./แหล่งที่มา:/ที่อยู่อินเทอร์เน็ต/[เดือน/พ.ศ. (ที่สืบค้น)]*

***ตัวอย่าง***

*G. Sussman, "Home page - Dr. Gerald Sussman," July 2002. [Online]. Available: http://www.comm.pdx.edu/faculty/Sussman/sussmanpage.htm [Accessed Sept. 12, 2004].*

*J. Geralds, "Sega Ends Production of Dreamcast," vnunet.com, para. 2, Jan. 31, 2001. [Online]. Available: http://nl1.vnunet.com/news/1116995. [Accessed Sept. 12, 2004].*

ภาคผนวก

# ภาคผนวก ก

*[ตัวอย่างภาคผนวก ก]*

# ผลการวิเคราะห์หาโครงสร้างผลึกของไททาเนียมไดออกไซด์

การวิเคราะห์หาโครงสร้างผลึกด้วยเครื่อง **X-ray Diffractrometer (XRD)** ในภาคผนวกนี้จะแสดงผลในรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Intensity กับ 





รูปที่ ก.1 พีคการเกิดเฟสของไททาเนียมไดออกไซด์ที่ใช้กรดเปอร์คลอริก ความเข้มข้น 0.01 M  
เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งเผาที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส เมื่อไม่ตั้งทิ้งไว้เลย





รูปที่ ก.2 พีคการเกิดเฟสของไททาเนียมไดออกไซด์ที่ใช้กรดเปอร์คลอริกความเข้มข้น 0.01 M

เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งเผาที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส เมื่อไม่ตั้งทิ้งไว้เลย





รูปที่ ก.3 แสดงพีคการเกิดเฟสของไททาเนียมไดออกไซด์ที่ใช้กรดเปอร์คลอริกความเข้มข้น 0.01 M

เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งเผาที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เมื่อไม่ตั้งทิ้งไว้เลย

# ภาคผนวก ข

# ผลการวิเคราะห์พื้นที่ผิจำเพาะและรูพรุนของไททาเนียมไดออกไซด์

**ประวัติผู้เขียน**

รูปถ่าย 1 นิ้ว

(ใช้การสแกนภาพหรือนำไฟล์ภาพมาใส่)

**ชื่อ – นามสกุล \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**วัน เดือน ปี เกิด\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**สถานที่เกิด\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**ที่อยู่ปัจจุบัน\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**ประวัติการศึกษา**

ปีการศึกษา\_\_\_\_\_\_\_

ปีการศึกษา\_\_\_\_\_\_\_

ปีการศึกษา\_\_\_\_\_\_\_

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *2.5 ซม.*  *2.5 ซม.*  *3 ซม.*  *1 ซม.*  *1 ซม.*  **แบบฟอร์มคุณลักษณะผลงานโครงการวิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ**  **ประจำปีการศึกษา 2556/**2 | | | | |
| โครงการ ระดับ ปวช. ปวส. แผนกวิชา……………………………………….. | | | | |
| วางรูปถ่าย ผลงานที่ชัดเจนและไม่มีบุคคล ปรากฏในภาพและย่อขนาดให้พอดี  ห้ามใช้แบบร่างหรือกราฟฟิก  วางรูปถ่าย ผลงานที่ชัดเจนและไม่มีบุคคล ปรากฏในภาพและย่อขนาดให้พอดี  ห้ามใช้แบบร่างหรือกราฟฟิก | | | | |
| **ชื่อโครงการ:** ใส่ชื่อผลงาน | | | **งบประมาณ: บาท** | |
| **ชื่อผู้จัดทำ 3คน/ชิ้นงานระดับ ปวช. 2คน/ชิ้นงาน ระดับ ปวส.** | | | | |
| 1. ใส่ชื่อและนามสกุล นักเรียน | | รหัส: ใส่รหัสนักเรียน | | ชั้น/กลุ่ม: 5/1 |
| 2. ใส่ชื่อและนามสกุล นักเรียน | | รหัส: ใส่รหัสนักเรียน | | ชั้น/กลุ่ม: 5/2 |
| 3. ใส่ชื่อและนามสกุล นักเรียน | | รหัส: ใส่รหัสนักเรียน | | ชั้น/กลุ่ม: 5/2 |
| **ชื่อครูที่ปรึกษา** | | | | |
| 1.ใส่ชื่อและนามสกุล ครูที่ปรึกษา | | | | |
| 2.ใส่ชื่อและนามสกุล ครูที่ปรึกษา | | | | |
| 3.ใส่ชื่อและนามสกุล ครูที่ปรึกษา | | | | |
| **บทคัดย่อ:** | สรุปที่มาของการประดิษฐ์ว่ามีแนวคิดอย่างไร เพื่อศึกษาอะไร  ให้สามารถเข้าใจได้ง่ายไม่เกิน 5 บรรทัด | | | |
| **ประโยชน์และคุณลักษณะ:** | บอกประโยชน์และคุณลักษณะการใช้งาน หรือวิธีใช้  หรือลักษณะเด่นที่ดีกว่าเดิม ให้สามารถเข้าใจง่ายไม่เกิน 5บรรทัด | | | |

ใบแสดงคุณลักษณะโครงการให้อยู่ภายในแผ่นเดียว