"หน้าต่างอัจฉริยะ" เป็นอุปกรณ์ โฟโต- อิเล็กโตรเคมิคัล ซึ่งสามารถลดปริมาณความร้อน และปรับให้แสงสว่างผ่านเข้าภายในอาคารได้ตามต้องการ เมื่อได้รับการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้าหรือศักย์ไฟฟ้าเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้เพราะอาศัยปรากฏการณ์อิเล็กโตรโครมิคที่เกิดจากฟิล์มบางชั้นต่างๆ ซึ่งมีสมบัติแตกต่างกันดังนี้ (1) ชั้นฟิล์มบางตัวนำไฟฟ้าโปร่งใส (2) ชั้นฟิล์มบางอิเล็กโตรโครมิค (3) ชั้นฟิล์มบางตัวนำไอออนชนิดของแข็ง และ (4) ชั้นสะสมประจุ โดยที่ฟิล์มบางทั้งหมดถูกเคลือบบนกระจกสไลด์ และฟิล์มบางแต่ละชนิดจะมีคุณภาพดี ก็ต่อเมื่อถูกเคลือบด้วยเงื่อนไขและเทคนิคการเคลือบที่เหมาะสม

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเคลือบฟิล์มบางของอินเดียมทินออกไซด์ (ITO) สำหรับใช้เป็นขั้วนำไฟฟ้าโปร่งใส ฟิล์มบางของทังสเตนออกไซด์ (WO_3) สำหรับใช้เป็นชั้นอิเล็กโตรโครมิค และฟิล์มบางของแทนทาลัมเพนทอกไซด์ (Ta_2O_5) สำหรับใช้เป็นตัวนำไอออนชนิดของแข็ง โดยใช้เทคนิครีแอคทีฟ ดีซี แมคนีตรอนสปัตเตอริง ใช้ ITO โลหะ W และ Ta ที่มีความบริสุทธิ์ 99.95% เป็นเป้า (Target) ในการสร้างฟิล์มบางแต่ละชั้น จะมีการศึกษาผลของกำลังไฟฟ้า สัดส่วนของรีแอคทีฟแก๊ส ที่มีต่อคุณภาพของฟิล์ม และศึกษาสมบัติทางแสงของฟิล์มบางทั้งสามชนิดที่เคลือบบนกระจกสไลด์ สำหรับการเคลือบฟิล์มบางของ ITO และ WO_3 ใช้กำลังไฟฟ้าเท่ากับ 50 และ 150 วัตต์ ตามลำดับ แต่สำหรับ Ta_2O_5 จะปรับเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าเป็น 50, 75, 100, 150, 200 และ 250 วัตต์ ภายใต้บรรยากาศส่วนผสมของรีแอคทีฟแก๊ส Ar กับ O_2 สำหรับการเคลือบฟิล์ม WO_3 และ Ta_2O_5 กำหนดอัตราการไหลของ Ar คงที่เท่ากับ 30 sccm และปรับเปลี่ยนให้อัตราการไหลของ O_2 มีค่าแตกต่างกัน ในกรณีการ

เคลือบ ITO ใช้ Ar/O_2 เป็น 50/0.5 sccm ภายใต้ความดันพื้น 7.5 $X10^{-6}$mbar และความดันขณะเคลือบอยู่ในช่วง 1.5–3.5 $X10^{-3}$mbar ระยะห่างระหว่างเป้าถึงแผ่นรองรับ 8.5 cm ทำการเคลือบฟิล์มบางทั้งสามชนิดลงบนกระจกสไลด์ซึ่งผ่านการทำความสะอาด หลังจากนั้นเคลือบฟิล์มบางทั้งสามชนิดตามเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุด เพื่อให้ได้ระบบฟิล์มบาง Glass/ITO/WO_3, Glass/ITO/Ta_2O_5 และ Glass/ITO/WO_3/Ta_2O_5 เพื่อศึกษาสมบัติทางแสง ไฟฟ้า – เคมี และพฤติกรรมทางอิเล็กโตรโครมิคต่อไป

ผลการทดสอบสมบัติทางแสงโดยเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมทรี พบว่าฟิล์มบางของ Ta_2O_5 และ WO_3 จะโปร่งใสเมื่ออัตราการไหลของแก๊สออกซิเจนมากกว่า 6 sccm และ 25 sccm ตามลำดับ ฟิล์มบางทั้ง 3 ชนิด มีค่าการส่องผ่านแสงในช่วงตามองเห็นมากกว่า 85% และค่าการสะท้อนแสงมีค่าน้อยกว่า 25% วิเคราะห์โครงสร้างและความเป็นผลึกของฟิล์มบางของแทนทาลัมเพนทอกไซด์ ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ พบว่าฟิล์มบางที่ได้จากการเคลือบทุกเงื่อนไขมีโครงสร้างอสัณฐาน การศึกษาสมบัติทางไฟฟ้า และพฤติกรรมทางอิเล็กโตรโครมิคโดยใช้เทคนิคไซคลิกโวลแทมเมทรี พบว่าระบบฟิล์มบาง Glass/ITO/WO_3 เกิดการเปลี่ยนสีได้เข้มที่สุด ซึ่งมีค่าความหนาแน่นกระแสแอโนดสูงสุดเท่ากับ 3.896 mA/cm^2 สำหรับสมบัติทางไฟฟ้า – เคมี ของระบบฟิล์มบาง Glass/ITO/Ta_2O_5 พบว่าเมื่อความหนาของฟิล์มแทนทาลัมออกไซด์เพิ่มขึ้น ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าแอโนดจะมีค่าน้อยลง ในกรณีของระบบฟิล์มบาง Glass/ITO/WO_3/Ta_2O_5 ซึ่งยังสังเกตุเห็นพฤติกรรมอิเลคโตรโครมิค และแสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ในการสร้างอุปกรณ์อิเลคโตรโครมิคชนิดของแข็งทั้งหมด จากการศึกษาพบว่า สเปกตรัมการส่องผ่านของระบบฟิล์มบางหลังเคลือบมากกว่า 85% และจะมีค่าประมาณ 52 - 57% เมื่อผ่านการทำให้เกิดสี – จางสี 25 รอบแรก ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าสูงสุดมีค่าอยู่ในช่วง 1.775 ถึง 2.063 mA/cm^2

"Smart window" is a photo-electrochemical device that can simultaneously reduce heat gain through building envelope and regulate transmitted daylight at will. Changing of light transparency is due to electrochromism when the device is activated by small amount of electric field. Generally, the device is layered by a series of thin films including (1) transparent conducting oxide, (2) electrochromic layer, (3) ion conducting layer, and (4) counter electrode or ion storage layer, which are all fabricated on a glass substrate. Quality of each film layer depends on conditions and techniques of film deposition.

This research was aimed at studying techniques for developing an all-solid electrochromic device by depositing thin film systems of indium doped tin oxide (ITO) as a transparent conducting oxide layer, tungsten oxide (WO_3) as an electrochromic layer and tantalum pentoxide (Ta_2O_5) as an ion conducting layer. A reactive magnetron sputtering on ITO, tungsten and tantalum targets at 99.95% purity was employed for film fabrication. Effects of sputtering power and ratio of reactive gas on film quality and spectral properties were investigated to determine optimum conditions of each film layer. ITO and WO_3 were sputtered at the power of 50 and 150 watts, respectively. In order to investigate the effect of power on Ta_2O_5 film properties, Ta target was reactive sputtered at 50, 75, 100, 150, 200 and 250 watts in the atmosphere of argon and oxygen gases. While depositing WO_3 and Ta_2O_5, flow of argon was fixed at 30 sccm but varying the flow of oxygen. ITO was also

reactively sputtered with the ratio of Ar/O_2 at 50/0.5 sccm under the base pressure at $7.5x10^{-6}$ mbar and operating pressures within the range of $1.5 - 3.5 x10^{-3}$ mbar. Glass substrates were set at 8.5 cm away from targets and were cleaned prior to deposition processes. Upon optimum deposition conditions for each layer, three configurations of film systems, namely Glass/ITO/WO_3, Glass/ITO/Ta_2O_5, and Glass/ITO/WO_3/Ta_2O_5, were fabricated and their spectral, electrochemical, and electrochromic properties were properties investigated.

The investigation of spectral properties using spectrophotometry showed that Ta_2O_5 and WO_3 became visibly clear when oxygen flow was greater than 6 sccm and 25 sccm, respectively. Their visible transmittance was more than 85% and visible reflectance was less than 25%. X-ray diffractometry was employed to investigate film structure and crystallization of Ta_2O_5. It was found that most films were amorphous. Electrochromism was investigated using cyclic-voltammetry. It was found that Glass/ITO/WO_3 system gave the highest degree of electrochromism in which the coloring was maximum at an anodic current of 3.896 mA/cm^2. In the Glass/ITO/Ta_2O_5 film system, it was found that increasing thickness of Ta_2O_5 tended to lower electrochromism activity in the film system. In the Glass/ITO/WO_3/Ta_2O_5 film system, electrochromism was also observed. It suggested that all-solid electrochromic device can be created. Upon 25 rounds of cyclic-voltammetry, visible transparence at coloring and de-coloring stages were found to be in the range of 52-57% and greater than 85%, respectively, with the maximum anodic current in the range of $1.775 - 2.063$ mA/cm^2.