โครงการวิจัยโลหะและสารกึ่งตัวนำภายใต้สภาวะรุนแรง

Metals and Semiconductors under extreme conditions

บทที่ 1 บทนำ

สำหรับงานวิจัยทางการทดลองภายใต้ความดันสูงนั้นเทคนิคในการทดลองเป็นสิ่งที่สำคัญมากทุกๆความก้าวหน้าที่ถูกนำมาพัฒนาใช้กับเครื่องมือส่งผลให้กับการทดลองอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นการขยายความสามารถในการทำวิจัยและเพิ่มพูนความรู้ใหม่ๆเกี่ยวกับสมบัติและการเปลี่ยนแปลงของสสารภายใต้สภาวะความดันสูง จนเมื่อไม่นานมานี้งานวิจัยทางด้านความดันได้มีส่วนสำคัญในการพัฒนางานวิจัยทางด้านวัสดุศาสตร์เนื่องมาจากเครื่องมือใหม่ที่เรียกว่า Diamond Anvil Cell (DAC) เครื่องมือชนิดนี้ถูกนำมาใช้ในครั้งแรกโดย Weir และคณะเมื่อปี 1959 [1] เพื่องานทางด้านการวัดการดูดกลืนในย่านอิฟราเรดและในขณะเดียวกันโดยไม่เกี่ยวข้องกัน John C. Jamieson [2] ก็ได้นำมาใช้ในการศึกษาการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์โดยผลึกผง นับแต่นั้นมา DAC ก็ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในงานทดลองต่างๆที่ความดันสูง เช่นการนำไปใช้กับการเลี้ยวเบนโดยผลึกผงโดย Piermarini และ Weir [3] และนำไปใช้ในการศึกษาการเลี้ยวเบนของผลึกเดี่ยวโดย Block และ Weir [4, 5] นอกจากนี้แล้วก็มีการพัฒนาเทคนิคใหม่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของ DAC เช่นการใช้วงแหวนโลหะโดย Van Valkenburgh [6] การใช้ตัวกลางในการส่งผ่านความดันโดย Piermarini และคณะ [7] การใช้เทคนิคการเรืองแสงของทับทิมเพื่อการวัดความดันโดย Barnett และคณะ [8] เหล่านี้ล้วนเป็นจุดเริ่มของการวิจัยสสารภายใต้ความดันสูงโดยการสร้างสภาวะความดันสูงสามารถทำได้โดยเครื่องมือที่มีขนาดเล็กและในห้องปฏิบัติการทั่วไป สำหรับในประเทศไทยนั้นกลุ่มวิจัยฟิสิกส์สภาวะรุนแรง ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยการเริ่มต้นของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิติ บวรรัตนารักษ์ ได้ทำการพัฒนาเทคนิคการทดลองภายใต้ความดันสูงมาโดยตลอดจนในปัจจุบันสามารถทำการออกแบบเครื่องมือรวมทั้งการเจียรเพชรหน้าตัดเพชรให้เป็น Anvil Device ได้เองภายในประเทศทั้งหมด ทำให้ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการทดลองถูกลงอย่างมากและสามารถสร้างความดันได้สูงสุดที่ 50 GPa หรือประมาณ 50,000 เท่าของความดันบรรยากาศที่ผิวโลกซึ่งเป็นระดับความดันที่ไม่สามารถสร้างได้โดยเทคนิคอื่นๆ นอกจากการพัฒนาเทคนิคในการสร้างความดันและการนำไปใช้ในการทดลองกับสารตัวอย่างแล้วเทคนิคการวัดความดันโดยใช้แสงยังได้รับการพัฒนาเพิ่มเติมและปรับปรุงโดยโครงการวิจัยในปีที่สองนี้ทำให้ปัจจุบันสามารถทำการวัดความดันโดยเทคนิคการเรืองแสงของทับทิมได้ตลอดทุกช่วงความดัน

โครงการวิจัยนี้ได้ดำเนินการศึกษาสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ $AgInTe_2$ และ $AgGaTe_2$ ภายใต้ความดันสูงต่อเนื่องจากโครงการในปีที่หนึ่ง และได้ขยายไปสู่การศึกษา CeO_2 ซึ่งมีความน่าสนใจเนื่องจากมีการประยุกต์ใช้งานวัสดุนี้อย่างมากมายและเป็นการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องมือที่พัฒนาขึ้น ในการทดลองนี้ได้ทำการวัดด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ชนิดกระจายมุม โดยใช้ DAC เป็นอุปกรณ์เพิ่มความดัน การวัดความดันทำได้โดยเทคนิคการเกิดฟลูออเรสเซนซ์ในทับทิมซึ่งมีความยาวคลื่นสัมพันธ์กับความดัน และใช้อิเมจเพลตเป็นอุปกรณ์สำหรับบันทึกแถบการ

เลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ ทั้งนี้ในการเปลี่ยนโครงสร้าง ได้ทำการคำนวณด้วย DFT เพื่อเปรียบเทียบและสนับสนุนผลการทดลอง ซึ่งเป็นการดำเนินการวิจัยต่อเนื่องจากโครงการที่ได้รับการสนับสนุนในปีที่หนึ่งโดยมีการพัฒนาเครื่องมือเพิ่มเติมและปรับปรุงแนวทางและขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยใหม่ รวมทั้งมีการพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในการปรับเทียบค่าความเข้าเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ดีขึ้นสามารถเปรียบเทียบได้กับการทดลองที่ได้จากแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์จากซินโครตรอน

ในรายงานการวิจัยฉบับนี้จะขอนำเสนอผลการดำเนินการวิจัยเป็นส่วนต่าง ๆ คือบทนำที่ได้นำเสนอแล้วในบทนี้ บทที่สองจะกล่าวถึงเทคนิคการสร้างความดันสูงในห้องทดลองรวมทั้งการวัดความดันและเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ที่ได้พัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องจากโครงการในปีแรก บทที่สามกล่าวถึงผลการทดลองและการคำนวณโครงสร้างของวัสดุที่สภาวะความดันสูงโดยที่ในส่วนของทฤษฎีในการคำนวณนั้นจะได้นำเสนอในรายงานของโครงการวิจัยการเปลี่ยนแปลงทางสถานะโครงสร้างของธาตุโลหะภายใต้สภาวะรุนแรงซึ่งอยู่ในส่วนที่สองของแผนงานวิจัยเดียวกันนี้ เพื่อให้ไม่เป็นการซ้ำซ้อน และสำหรับในบทที่สี่จะได้ทำการสรุปผลการทดลองและแนวทางในการดำเนินการวิจัยต่อเนื่องในอนาคต