สุจินดา ไชยชาติ : โครงสร้างทางอิเล็กทรอนิกส์ของผลึกระดับนาโนรูปสี่เหลี่ยมของไพโรไลต์กราไฟท์ที่มีความเข้มข้นสูง (ELECTRONIC STRUCTURE OF NANOSCALE CRYSTALLINE HIGHLY ORIENTED PYROLYTIC GRAPHITE SQUARE PATTERN). อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.วรวัฒน์ มีวาสนา, 86 หน้า.

วัสดุที่มีพื้นฐานเป็นคาร์บอนสองมิติ เช่น กราฟีนและกราไฟต์ได้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพที่ดีสำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในอนาคต คุณสมบัติที่สนใจของกราฟีนซึ่งมีความสำคัญต่ออุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์คือการทวีคูณของประจุตัวนำซึ่งหมายความว่าโฟตอนตัวเดียวจะสร้างประจุตัวนำได้มากกว่าหนึ่งตัวโดยกระบวนการ Auger อย่างไรก็ตามข้อเสียอย่างหนึ่งที่จะเป็นประโยชน์ในฐานะวัสดุอิเล็กทรอนิกส์คือการขาดช่องว่างพลังงาน ในงานนี้ได้ทำการศึกษาโครงสร้างทางอิเล็กทรอนิกส์ของไพโรไลติกกราไฟต์ที่มีผลึกระดับนาโน (nano HOPG) ที่เตรียมโดยลำแสงไอออนที่พ่นออกมา (Focused ion beam) รูปร่างของไพโรไลติกกราไฟต์ที่มีผลึกระดับนาโนมีลักษณะเป็นเกาะสี่เหลี่ยมบนพื้นผิวครอบคลุมพื้นที่ 100 x 100 ตารางไมโครเมตร ยิ่งไปกว่านั้นไพโรไลติกกราไฟต์ชั้นสูงที่มีผลึกระดับนาโนยังคงอยู่ในแนวผลึกเดียวกันกับพื้นผิวเดิม ด้วยการใช้เทคนิคโฟโตอิมิชชันแบบแยกแยะเชิงมุม (ARPES) สามารถพบช่องว่างพลังงานของไพโรไลติกกราไฟต์ที่มีผลึกระดับนาโนประมาณ 90 มิลลิอิเล็กตรอนโวลต์

เพื่อพิสูจน์การเปิดช่องว่างพลังงานนั้นเกิดได้อย่างไร เทคนิครามานสเปกโทรสโกปีและการคำนวณทางทฤษฎีโดยใช้ทฤษฎีฟังก์ชันความหนาแน่นถูกนำมาใช้ในการอธิบายด้วย สเปกตรัมของเทคนิครามานสเปกโทรสโกปีของไพโรไลติกกราไฟต์ที่มีผลึกระดับนาโน เผยให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของจุดยอดของโหมดการสั่นสองมิติในทิศทางที่มีความถี่น้อยลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับพื้นผิวของไพโรไลติกกราไฟต์ การเปลี่ยนแปลงนี้อาจมาจากการขยายตัวของวงแหวนหกเหลี่ยมคาร์บอนซึ่งเรียกว่าความเครียดแรงดึง ผลการคำนวณทางทฤษฎีโดยใช้ทฤษฎีฟังก์ชันความหนาแน่นแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ของการเปิดช่องว่างพลังงานที่มาจากความเครียดแรงดึงซึ่งค่อนข้างสอดคล้องกับผลการทดลอง การค้นพบนี้แสดงให้เห็นถึงวิธีการใหม่ในการสร้างและควบคุมช่องว่างพลังงาน ของวัสดุที่มีพื้นฐานเป็นคาร์บอนสองมิติในพื้นที่ขนาดใหญ่

สาขาวิชาฟิสิกส์ ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2563 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

SUJINDA CHAIYACHAD : ELECTRONIC STRUCTURE OF NANO-SCALE CRYSTALLINE HIGHLY ORIENTED PYROLYTIC GRAPHITE SQUARE PATTERN: ASSOC. PROF. WORAWAT MEEVASANA, Ph.D. 86 PP.

LAYERED MATERIALS/BANDGAP OPENING/NANO PATTERN/FOCUSED ION BEAM

Two-dimensional carbon-base materials such as graphene and graphite have shown great potential for next-generation electronic devices. The interesting property of graphene, which is important to optoelectronic devices, is carrier multiplication. That means a single photon generates charge carriers more than one by the Auger process. However, one of the disadvantages to being useful as an electronic material is the lack of bandgap. In this work, the electronic structure of nano-scale crystalline highly oriented pyrolytic graphite (HOPG) (one of the two-dimensional carbon-base materials) that was prepared by ion beam sputtered was investigated. The shape of nano HOPGs is a square island on a substrate cover area of 100 x 100 μm^2. Moreover, the array of nano HOPGs will still be in the same crystalline orientation as the original substrate. By using angle resolved photoemission spectroscopy (ARPES), the energy gap of nano HOPG was observed. The symmetrized ARPES spectrum of nanoscale HOPG revealed the gap opening of approximately 90 meV.

To prove how the opening of the energy gap occurred, Raman spectroscopy and theoretical computation using density function theory were also used in the explanations. A look at nanoscale HOPG shows that the peak position of the 2D mode

is a lot more redshifted than it is on the surface of the HOPG refers to the decreasing frequency of the 2D mode. There is a possibility that this redshift may come from the expansion of the carbon hexagonal ring, which is called tensile strain. In order to figure out how strain changes the electronic structure of graphene-based materials, we did first-principle calculations of the electronic band structure of graphene under a single tensile strain. The results of this calculation reveal the probability of gap opening coming from the tensile strain, which is quite consistent with the experimental results. This finding suggests a new kind of method to create and control the bandgap of large area 2D carbon base material.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Physics

Academic Year 2020

Student's Signature _____

Advisor's Signature _____