

กาวยีพอกซีเสริมสารตัวเติมอนินทรีย์สำหรับงานบรรจุภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ Inorganic Filler-filled Epoxy Adhesive for Electronic Packaging Application

ชุตีพงศ์ แซ่ซื่อ^{1*} และ อนงค์นาฏ สมหวังธนโรจน์²

¹นักศึกษา ²รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

บทคัดย่อ

เมื่อมีความต้องการอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สมรรถนะสูง การถ่ายเทความร้อนที่ดีขึ้นในบรรจุภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์จึงเป็นสิ่งจำเป็น งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาชนิดและปริมาณของสารตัวเติมอนินทรีย์ที่มีผลต่อค่าการแพร่ของความร้อนของกาวยีพอกซีที่ใช้เป็นวัสดุอินเตอร์ฟิลล์ในบรรจุภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมีค่าการนำความร้อนต่ำ โดยสารตัวเติมขนาดอนุภาคระดับนาโนเมตรที่นำมาศึกษา ได้แก่ อะลูมินัมออกไซด์ ซิลิกอนไนไตรด์ และซิลิกอนคาร์ไบด์ อีกทั้งได้ปรับกระบวนการในการผสมกาวยีพอกซีให้สารตัวเติมสามารถกระจายตัวในเนื้อเมทริกซ์ได้ดีขึ้น ปริมาณสารตัวเติมสูงสุดที่สามารถเติมลงไปขึ้นอยู่กับกาวยีพอกซีที่กำหนดจากค่าความเข้าเป็นเนื้อเดียวกันของสารตัวเติมกับเมทริกซ์ นอกจากนี้เพื่อหลีกเลี่ยงการรวมตัวกันระหว่างอนุภาคของสารตัวเติม จึงศึกษาการปรับสภาพพื้นผิวของสารตัวเติมอะลูมินัมออกไซด์โดยใช้สารประสานไซเลนทำให้แรงกระทำระหว่างผิวของสารตัวเติมและอีพอกซีเมทริกซ์ดีขึ้น ผลของชนิดและปริมาณของสารตัวเติมต่อค่าการแพร่ของความร้อนศึกษาโดยเครื่องเลเซอร์แฟลช ซึ่งค่าที่ได้จะนำมาคำนวณเป็นค่าการนำความร้อนต่อไป

Abstract

As the high performance electronic devices are required, the better heat dissipation in electronic packaging is necessary. In this work, the thermal diffusivity of epoxy-based adhesive used as an underfill material in electronic packaging can be improved by adding nano-sized inorganic fillers. These fillers including aluminum oxide (Al_2O_3), silicon nitride (Si_3N_4) and silicon carbide (SiC) were used alone for preparing particulate filled-epoxy adhesive. Furthermore, In order to achieve good dispersion of filler in matrix, the adhesive's preparation process was adjusted. The maximum loading of fillers in adhesive were determined by the homogeneity of filler and matrix. In addition, to avoid the agglomeration of filler, silane coupling agent was treated onto surface of aluminum oxide filler to improve interfacial interaction between filler and epoxy resin. The effects of the filler type and filler's loading on the thermal diffusivity of adhesive were investigated using Laserflash.

คำสำคัญ : การนำความร้อน สารตัวเติมอนินทรีย์ กาวยีพอกซี

Keywords : thermal conductivity, inorganic filler, epoxy adhesive

*ผู้พิมพ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ chutipong_sae-sue@hotmail.com โทร. 08 3494 6184

1. บทนำ

เมื่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็ก ประมวลผลเร็วและราคาไม่สูงเป็นที่ต้องการมากขึ้น จึงต้องมีการพัฒนาเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ตามไปด้วย ซึ่งปัจจุบันเทคโนโลยี ฟลิปชิป (flip-chip technology) เป็นคำตอบของปัญหานี้ และเพื่อยืดอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์จะต้องมีการเติมวัสดุอินเตอร์ฟิลล์ (underfill material) ลงในช่องว่างระหว่างไอซีชิปและพื้นรอง (substrate) ของบรรจุภัณฑ์ฟลิปชิป โดยวัสดุ อินเตอร์ฟิลล์นี้ทำหน้าที่รับความเครียดซึ่งเกิดขึ้นที่โลหะบัดกรีเนื่องจากการขยายตัวทางความร้อนที่ไม่เท่ากันของไอซีชิปและพื้นรองระหว่างการใช้งาน (Lau 1996; Shi and Wong 1999) นอกจากนี้ยังมีหน้าที่ในการส่งผ่านความร้อนที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์ที่มีสมรรถนะสูงอีกด้วย (Procter and Solc 1991) อย่างไรก็ตามกาวอีพอกซี (epoxy-based adhesive) ซึ่งนิยมนำมาใช้เป็นวัสดุอินเตอร์ฟิลล์นี้มีค่าการนำความร้อนที่ต่ำ จึงมีการเติมสารตัวเติมที่สามารถนำความร้อนได้ดีลงในกาวอีพอกซีเพื่อช่วยเพิ่มค่าการนำความร้อนของคอมพอสิต (Benson, Farrar et al. 2008) ขณะที่ยังคงต้องรักษาความเป็นฉนวนของกาวอินเตอร์ฟิลล์ไว้

แม้ว่าการเพิ่มขนาดของสารตัวเติมจะทำให้ค่าการนำความร้อนเพิ่มขึ้น (Tanaka, Kozako et al. 2012) แต่สำหรับกาวอินเตอร์ฟิลล์อนุภาคขนาดไมโครอาจติดอยู่ที่ผิวรอยต่อระหว่างโลหะบัดกรีและแผ่นวงจรทำให้ขัดขวางการเชื่อมต่อทางไฟฟ้าได้ ดังนั้นจึงนิยมใช้สารตัวเติมอนินทรีย์ขนาดนาโนในการปรับปรุงสมบัติของกาวอินเตอร์ฟิลล์ (Gross, Hackett et al. 2003) สิ่งที่ต้องคำนึงถึงเมื่อใช้สารตัวเติมขนาดนาโนคือ อนุภาคขนาดนาโนมีแนวโน้มสูงที่จะรวมตัวกัน การควบคุมให้มีการกระจายตัวที่ดีจึงเป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้ได้สมบัติสุดท้ายที่ดี การปรับสภาพพื้นผิวของอนุภาคนาโนเป็นวิธีที่นิยมที่สุดในการปรับปรุงเสถียรภาพการกระจายตัวของอนุภาคนาโนในตัวกลาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารควบคู่ไซเลน (Iijima and Kamiya 2009) การปรับสภาพพื้นผิวนี้สามารถเพิ่มความเข้ากันได้และการยึดติดระหว่างอนุภาคอนินทรีย์และพอลิเมอร์เมทริกซ์

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาชนิดและปริมาณของสารตัวเติมอนินทรีย์ที่มีผลต่อค่าการแพร่ของความร้อน (thermal diffusivity) ของกาวอีพอกซีที่ใช้เป็นวัสดุอินเตอร์ฟิลล์ โดยสารตัวเติมขนาดอนุภาคระดับนาโนเมตรที่นำมาศึกษาได้แก่ อะลูมินออกไซด์ (Al_2O_3) ซิลิกอนไนไตรด์ (Si_3N_4) และซิลิกอนคาร์ไบด์ (SiC) อีกทั้งได้ปรับกระบวนการในการผสมกาวให้สารตัวเติมสามารถกระจายตัวในเนื้อเมทริกซ์ได้ดีขึ้น นอกจากนี้เพื่อหลีกเลี่ยงการรวมตัวกันระหว่างอนุภาคของสารตัวเติม จึงศึกษาการปรับสภาพพื้นผิวของ สารตัวเติมอะลูมินออกไซด์ด้วยสารควบคู่ไซเลน

2. วิธีการทดลอง

2.1 สารเคมีที่ใช้

สูตรกาวที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ได้แก่ อีพอกซีเรซิน สารบ่มชนิด แอนไฮไดรด์ (anhydride curing agent) ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดโลหะ (metal catalyst) ฟลักซ์ พรีเคอร์เซอร์ (fluxing precursor) และสารตัวเติม (filler)

สารตัวเติมที่เลือกมาศึกษาเป็นสารตัวเติม อนินทรีย์ขนาดนาโนเมตร ซึ่งเลือกมาทั้งหมด 3 ชนิด คือ อะลูมินออกไซด์ ซิลิกอนคาร์ไบด์ และซิลิกอน ไนไตรด์ โดยปริมาณของสารตัวเติมที่ใช้อยู่ในช่วง 0.5 – 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของสารตัวเติมต่อปริมาตรทั้งหมดของกาว ทั้งนี้ปริมาณสารตัวเติมสูงสุดที่สามารถเติมลงไปในกาวได้ แตกต่างกันไปตามชนิดของสารตัวเติม เนื่องจากการรวมตัวกัน (agglomerate) ของสารตัวเติมแต่ละชนิดทำให้ปริมาตรจริงมีความคลาดเคลื่อนจากการคำนวณ ดังนั้นปริมาณสูงสุดของสารตัวเติมที่ใช้แล้วยังสามารถบ่งกวนและทำให้กระจายตัวเข้าเป็นเนื้อเดียวกันในกระบวนการผสมกาวได้จึงแตกต่างกันไป

สำหรับการปรับสภาพพื้นผิวของสารตัวเติม สารควบคู่ไซเลนที่นำมาใช้คือ N-(2-Aminoethyl)-3-(trimethoxysilyl)propylamine หรือ AETP และใช้เอทานอล (ethanol) เป็นตัวทำละลาย

2.2 วิธีการศึกษาและทดลอง

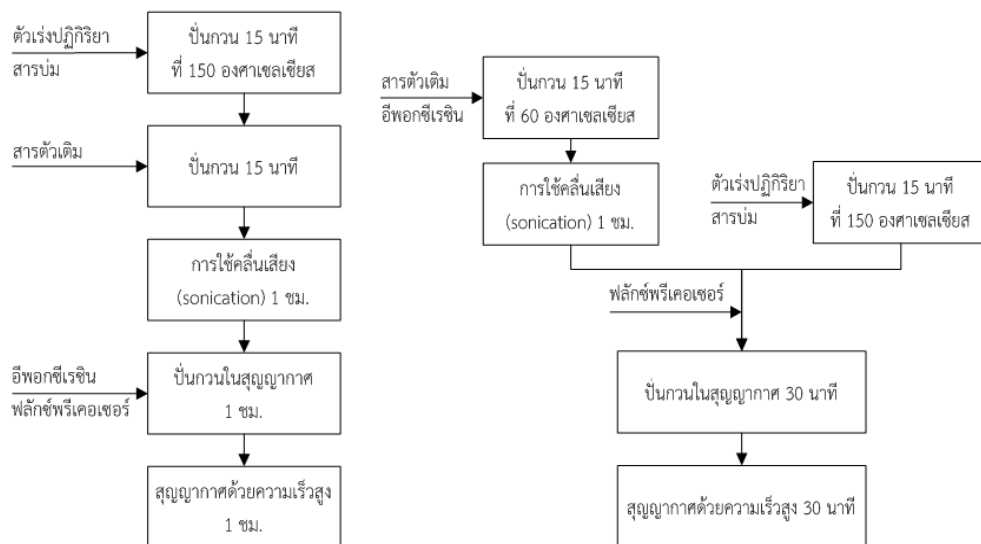
2.2.1 ระเบียบวิธีการศึกษา

การศึกษาวิจัยเริ่มจากการปรับกระบวนการผสมกาว เพื่อให้ได้วิธีการผสมที่สามารถใส่สารตัวเติมปริมาณมาก ลงไปในพอลิเมอร์เมทริกซ์ได้ ขณะที่ยังคงสามารถผสมกาวให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันได้

เมื่อได้กระบวนการผสมกาวที่เหมาะสมแล้วจึงทำการทดลองศึกษาชนิดและปริมาณของสารตัวเติมที่มีผลต่อการแพร่ของความร้อน โดยใช้สารตัวเติมที่ไม่ได้ปรับสภาพพื้นผิว

สุดท้าย ทำการศึกษาการปรับสภาพพื้นผิวของสารตัวเติมอะลูมิเนียมออกไซด์ด้วยสารควบคู่ไซเลน

2.2.2 ขั้นตอนการผสมกาว



กระบวนการในการผสมกาว 2 วิธี แสดงดังรูปที่ 1 วิธีแรกเป็นกระบวนการเดิมที่ใช้ในอุตสาหกรรม และอีกวิธีเป็นกระบวนการที่ปรับขั้นตอนการผสมใหม่ เพื่อจะทำให้สามารถใส่สารตัวเติมได้ในปริมาณที่มากขึ้น

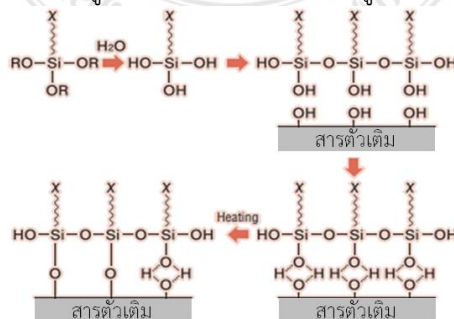
รูปที่ 1 กระบวนการในการผสมกาว

ด้านซ้ายวิธีที่ 1 กระบวนการเดิม

ด้านขวาวิธีที่ 2 กระบวนการใหม่

2.2.3 การปรับสภาพพื้นผิวของสารตัวเติม

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างสารควบคู่ไซเลนกับสารตัวเติมเป็นดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 กลไกปฏิกิริยาระหว่างไซเลนกับสารตัวเติม

ปริมาณสารควบคู่ไซเลนที่เหมาะสมสำหรับการปรับสภาพพื้นผิวของสารตัวเติม คำนวณจากสมการ

$$\text{น้ำหนักของไซเลน (กรัม)} = \frac{\text{น้ำหนักของสารตัวเติม} \times \text{พื้นที่ผิวจำเพาะ}}{\text{พื้นที่ขั้นต่ำที่ไซเลนจะคลุมได้}}$$

ซึ่งอะลูมิเนียมออกไซด์ที่ใช้มีพื้นที่ผิวจำเพาะ 159.8142 ตารางเมตร/กรัม และสารควบคู่ไซเลนที่ใช้มีพื้นที่ขั้นต่ำที่ไซเลนจะคลุมได้ 351 ตารางเมตร/กรัม จึงสามารถคำนวณได้ว่าจะต้องใช้ไซเลน 0.4555 กรัมต่อสารตัวเติม 1 กรัม

ขั้นตอนที่ใช้ในการปรับสภาพพื้นผิวของสารตัวเติมอะลูมิเนียมออกไซด์เป็นดังนี้ ขวดแรกเตรียมสารละลาย 95% เอทานอล/5% น้ำ เพื่อกระจายสารตัวเติมโดยใช้คลื่นเสียง (sonicate) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ขวดที่สองเตรียมสารละลาย 95% เอทานอล/5% น้ำ ใส่ไซเลนลงในขวดที่สองให้ได้ความเข้มข้น 2% โดยปริมาตรและมีความเข้มข้น 45.55% โดยน้ำหนักของสารตัวเติมแล้วนำไปปั่นจนเป็นเวลา 10 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและเกิดซิลานอล (silanol) (Parker, Anderson et al. 1994) จากนั้นจึงนำขวดที่หนึ่งและขวดที่สองรวมกันได้สารละลายที่มีไซเลนเข้มข้น 1.5% โดยปริมาตร แล้วนำไปรีฟลักซ์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง เพื่อให้อนุภาคเปียกด้วยซิลานอลอย่างเพียงพอ หลังจากนั้นจึงนำไปแยกเอทานอลและน้ำออกโดยการหมุนเหวี่ยง (centrifugal) แล้วจึงนำสารที่ได้มาล้างด้วยน้ำ 3 ครั้ง หลังจากนั้นจึงนำสารที่ได้ไปแยกน้ำออกให้หมดโดยการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze drying)

2.3 การวัดวิเคราะห์

ในงานวิจัยนี้ตัวอย่างชิ้นงานกาวได้มาจากการบ่มกาวเหลวด้วยเตาอบที่อุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นปล่อยให้เย็นตัวลงอย่างช้าๆ มายังอุณหภูมิห้อง ชิ้นงานกาวที่ได้จะนำมาวัดค่าการแพร่ของความร้อนโดยใช้เครื่องเลเซอร์แฟลช (laser flash) โมเดล LFA 447TM ของบริษัท NETZSCH ความหนาของชิ้นงานประมาณ 10 มิลลิเมตร

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 ผลจากการปรับกระบวนการผสมกาว

จากการทดลองใช้กระบวนการผสมกาว 2 วิธี ดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.2.2 เปรียบเทียบกัน พบว่าการใช้กระบวนการใหม่ทำให้สามารถใส่สารตัวเติมได้ในปริมาณที่มากขึ้น ทั้งนี้เป็นการพิจารณาขั้นต้นจากการสังเกตด้วยตา ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยปริมาณสูงสุดกำหนดจากความสามารถในการปั่นกวนสารให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันและการกระจายตัวของสารตัวเติม

การใส่สารตัวเติมได้มากขึ้นเป็นการช่วยเพิ่มค่าการนำความร้อนของคอมพอสิต (Lee, Lee et al. 2008) เนื่องจากปริมาณของสารตัวเติมที่มากในอีพอกซี เมทริกซ์ทำให้มีความเป็นไปได้ที่จะมีเส้นทางการนำความร้อน (thermal conductive path) ที่ต่อเนื่องขึ้น และยังอาจทำให้ผิวรอยต่อของสารตัวเติมกับ อีพอกซีเมทริกซ์ซึ่งทำให้เกิดความต้านทานการส่งผ่านความร้อนลดน้อยลงด้วยเพราะการอัดตัวกันของสารตัวเติม



(ก)



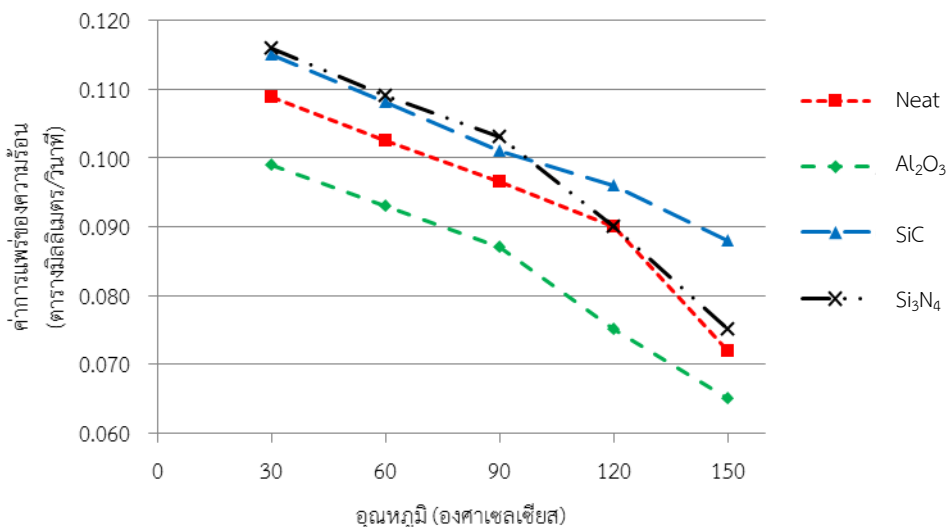
(ข)

รูปที่ 3 กาวอีพอกซีฟิลล์เติมด้วยซิลิกอนไนไตรด์ (ก) ผสมด้วยกระบวนการเดิม (ข) ผสมด้วยกระบวนการใหม่

3.2 ผลของชนิดและปริมาณของสารตัวเติม

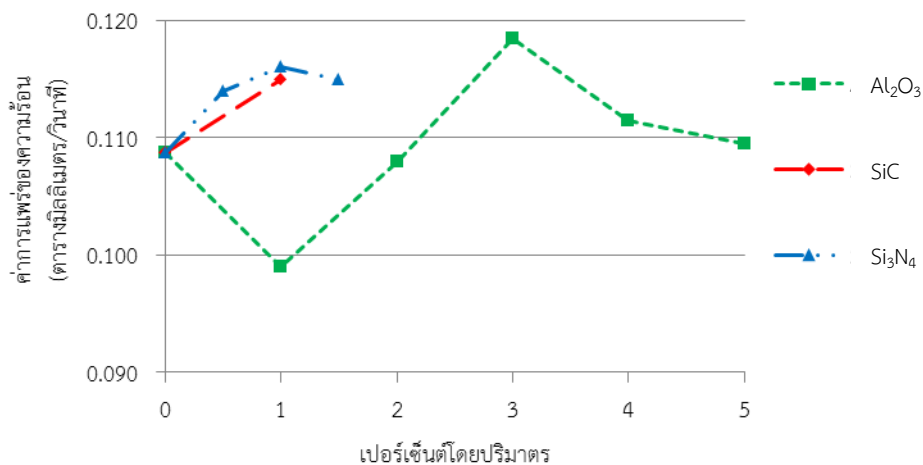
จากการทดลองผสมกาวด้วยกระบวนการใหม่และใช้สารตัวเติมที่ไม่ได้ผ่านการปรับสภาพพื้นผิว 3 ชนิดที่สัดส่วนโดยปริมาตรต่างๆ ได้ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 4 และ 5

จากรูปที่ 4 เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าการนำความร้อนของคอมพอสิตจะมีค่าลดลง อย่างไรก็ตามจะพิจารณาผลการทดลองในช่วงอุณหภูมิ 30 – 90 องศาเซลเซียสเป็นหลักเนื่องจากอยู่ในช่วงอุณหภูมิในการนำกาวไปใช้งานจริง จะเห็นว่า สารตัวเติมซิลิกอนไนไตรด์ทำให้ค่าการแพร่ของความร้อนของคอมพอสิตมีค่าสูงสุด รองลงมาคือซิลิกอนคาร์ไบด์ ขณะที่อะลูมินัมออกไซด์ให้ค่าต่ำกว่าอีพอกซีที่ไม่ใส่สารตัวเติม แม้ว่าค่าการนำความร้อนของสารตัวเติมซิลิกอนคาร์ไบด์มากกว่าซิลิกอนไนไตรด์ อะลูมินัมออกไซด์ และอีพอกซี เมทริกซ์ ตามลำดับ และมีการศึกษาพบว่าการใช้สารตัวเติมที่มีค่าการนำความร้อนสูงจะทำให้ค่าการนำความร้อนของคอมพอสิตสูงตามไปด้วย (Lee, Park et al. 2006) แต่ผลการทดลองที่ได้จากงานวิจัยนี้ไม่เป็นไปตามทฤษฎีทั้งหมด ทั้งนี้มีสาเหตุเนื่องมาจากสารตัวเติมซิลิกอนไนไตรด์สามารถผสมให้เข้ากับอีพอกซีเมทริกซ์ได้ดีกว่าสารตัวเติมซิลิกอนคาร์ไบด์ ซึ่งจากการสังเกตด้วยตาพบว่า เมื่อใส่สารตัวเติมในปริมาณที่เท่ากัน ซิลิกอนคาร์ไบด์จะเกิดการรวมตัวกันและแยกเฟสจากอีพอกซีเมทริกซ์มากกว่าซิลิกอนไนไตรด์ จึงทำให้ค่าการแพร่ของความร้อนของ



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการแพร่ของความร้อน (ตารางมิลลิเมตร/วินาที) และอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ของสารตัวเติมทั้ง 3 ชนิด ที่สัดส่วนโดยปริมาตร 1 เปอร์เซ็นต์ โดยสารตัวเติมไม่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิว

วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษ
การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5



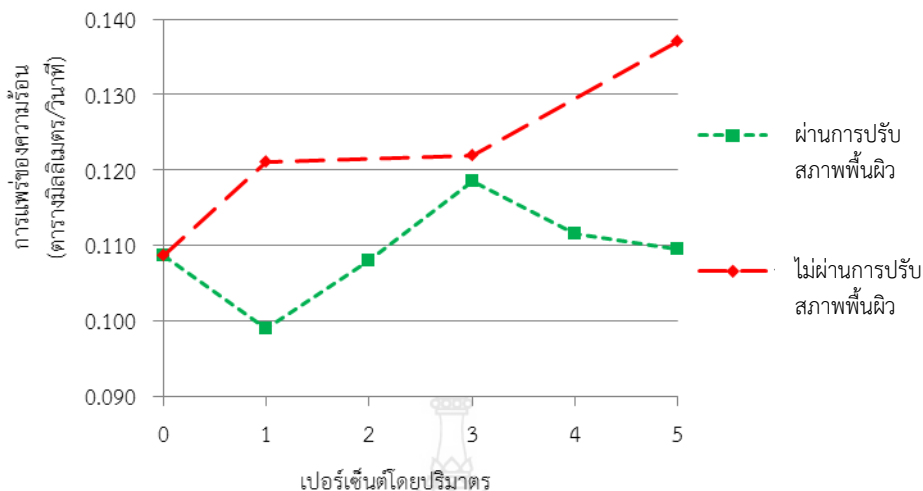
รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการแพร่ของความร้อน (ตารางมิลลิเมตร/วินาที) และ เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ของสารตัวเติมทั้ง 3 ชนิด ซึ่งยังไม่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิว

คอมพอสิตที่ได้มีค่าต่ำกว่า สำหรับค่าการแพร่ของความร้อนของกาวที่ใส่สารตัวเติมอะลูมินัมออกไซด์ ซึ่งมีค่าต่ำกว่ากาวที่ไม่ใส่สารตัวเติม อาจเนื่องมาจากปริมาณของสารตัวเติมที่สัดส่วนโดยปริมาตร 1 เปอร์เซ็นต์น้อยเกินไปที่จะทำให้เกิดเส้นทางการนำความร้อน และปริมาณที่น้อยนี้ยังทำให้สารตัวเติมกระจายตัวไปทั่วอีพอกซีเมทริกซ์เกิดเป็นผิวรอยต่อของสารตัวเติมกับอีพอกซีเมทริกซ์มากขึ้น ทำให้มีจุดที่ทำให้เกิดความต้านทานการส่งผ่านความร้อนเพิ่มขึ้นนั่นเอง

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณของสารตัวเติมในรูปที่ 5 จะเห็นว่า เมื่อปริมาณของสารตัวเติมมากขึ้นมีแนวโน้มที่จะทำให้ค่าการแพร่ของความร้อนของ คอมพอสิตมีค่าสูงขึ้น เพราะปริมาณสารตัวเติมที่มากขึ้นมีโอกาสในการสร้างเส้นทางการนำความร้อนที่ดีขึ้นดังที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่เมื่อปริมาณของสารตัวเติมสูงจนถึงค่าหนึ่ง คือ 1 และ 3 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของซิลิกอนไนไตรด์และอะลูมินัมออกไซด์ ตามลำดับ ค่าการแพร่ของความร้อนจะมีค่าลดต่ำลง ทั้งนี้เนื่องจากในกระบวนการผสมกาวไม่สามารถทำให้สารตัวเติมที่มีปริมาณมากกระจายตัวและเข้าเป็นเนื้อเดียวกับพอลิเมอร์เมทริกซ์ได้ดีเท่าที่ควร สำหรับซิลิกอนคาร์ไบด์ที่ไม่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวสามารถใส่ในปริมาณสูงสุดได้เพียง 1 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรเท่านั้น

3.3 ผลการปรับสภาพพื้นผิวของสารตัวเติม

ค่าการแพร่ของความร้อนสำหรับกาวที่ใส่สารตัวเติมนาโนอะลูมินัมออกไซด์ที่ไม่ได้ปรับสภาพพื้นผิวและกาวที่ใส่สารตัวเติมที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิว แสดงดังรูปที่ 6 จะเห็นว่าที่ปริมาณสารตัวเติมเดียวกัน กาวที่ใส่สารตัวเติมที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วย สารควบคู่ไซเลนมีค่าการแพร่ของความร้อนที่สูงกว่า สาเหตุเนื่องมาจากไซเลนเป็นเหมือนสะพานที่ช่วยเพิ่มการยึดติดระหว่างสารตัวเติมและอีพอกซีเมทริกซ์ ทำให้ผิวรอยต่อดีขึ้น ช่องว่างระหว่างรอยต่อลดลง ซึ่งส่งผลให้ความต้านทานการส่งผ่านความร้อนที่ผิวรอยต่อนี้ลดลง ค่าการแพร่ของความร้อนของกาวคอมพอสิตจึงสูงขึ้น (Xu, Chung et al. 2001) นอกจากนี้การปรับสภาพพื้นผิวของสารตัวเติมยังทำให้สามารถใส่สารตัวเติมลงในพอลิเมอร์เมทริกซ์ได้ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นด้วย



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการแพร่ของความร้อน (ตารางมิลลิเมตร/วินาที) และ เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ของอะลูมิเนียมออกไซด์ที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวและยังไม่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิว

4. สรุป

ค่าการแพร่ของความร้อนของกาวอีพ็อกซีฟิลล์ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของสารตัวเติม โดยในงานวิจัยนี้ การใช้สารตัวเติมที่ไม่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวในปริมาณที่เท่ากัน สารตัวเติมซิลิกอนไนไตรด์ให้ค่าการแพร่ของความร้อนสูงที่สุด อย่างไรก็ตามปริมาณสารตัวเติมที่เหมาะสมในการนำไปใช้งานสำหรับสารตัวเติมแต่ละชนิดหาได้จากการทดลอง นอกจากนี้การปรับสภาพพื้นผิวของสารตัวเติมด้วยสารควบคู่ไฮเลชันทำให้ค่าการแพร่ของความร้อนของกาวอีพ็อกซีฟิลล์มีค่าสูงขึ้นด้วย ค่าการแพร่ของความร้อนที่ได้จากงานวิจัยนี้จะนำไปคำนวณเป็นค่าการนำความร้อนในงานต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนวิจัยจากบริษัท เม็กเท็ค แมงูแพ็คเจอรัง คอร์ปอเรชั่น (ประเทศไทย) จำกัด

6. เอกสารอ้างอิง

- Benson, R. C., D. Farrar, et al. 2008. "Polymer Adhesives and Encapsulants for Microelectronic Applications." *Johns Hopkins Apl Technical Digest* 28: 58-71.
- Gross, K., S. Hackett, et al. 2003. **Nanocomposite underfills for flip-chip applications.** Electronic Components and Technology Conference, 2003. Proceedings. 53rd.
- Iijima, M. and H. Kamiya 2009. "Surface Modification for Improving the Stability of Nanoparticles in Liquid Media." *KONA Powder and Particle.*
- Lau, J. H. 1996. **Flip Chip Technologies.** New York, McGraw-Hill.
- Lee, E.-S., S.-M. Lee, et al. 2008. "Enhanced Thermal Conductivity of Polymer Matrix Composite via High Solids Loading of Aluminum Nitride in Epoxy Resin." *Journal of the American Ceramic Society* 91(4): 1169-1174.
- Lee, G.-W., M. Park, et al. 2006. "Enhanced thermal conductivity of polymer composites filled with hybrid filler." *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* 37(5): 727-734.

- Parker, A. A., E. M. Anderson, et al. 1994. Surface treated ceramic powders. United States, Aluminum Company of America.
- Procter, P. and J. Solc 1991. "Improved thermal conductivity in microelectronic encapsulants." **Components, Hybrids, and Manufacturing Technology, IEEE Transactions on** 14(4): 708-713.
- Shi, S. H. and C. P. Wong 1999. "Study of the fluxing agent effects on the properties of no-flow underfill materials for flip-chip applications." **Components and Packaging Technologies** 22(2): 141-151.
- Tanaka, T., M. Kozako, et al. 2012. "Toward High Thermal Conductivity Nano Micro Epoxy Composites with Sufficient Endurance Voltage." **Journal of International Council on Electrical Engineering** 2(1): 90-98.
- Xu, Y., D. D. L. Chung, et al. 2001. "Thermally conducting aluminum nitride polymer-matrix composites." **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing** 32(12): 1749-175

