ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์	การจัดการทางอุณหภาพด้วยการระบายความร้อน โดยการพา สำหรับแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์
ผู้เขียน	นายสุริยนต์ ชมดี
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)
คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ศ.ดร.ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ ประธานกรรมการ รศ.ตะวัน สุจริตกุล กรรมการ ผศ.ดร.วิวัฒน์ คล่องพานิช กรรมการ ผศ.ดร.ณัฐ วรยศ กรรมการ ดร.จิรวรรณ เตียรถ์สุวรรณ กรรมการ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เน้นการศึกษาวิธีการจัดการเชิงอุณหภาพในการระบายความร้อนด้วยอากาศ เพื่อการควบคุมอุณหภูมิโมดุลอิเล็กทรอนิกส์บนแผ่นวงจร ในการนี้จะใช้ชุดโมดุลเลียนแบบที่มีลักษณะเหมือนชิปอิเล็กทรอนิกส์ ที่มี 64 ขา โดยมีฟอยล์ให้ความร้อนติดอยู่ภายใน สำหรับศึกษาพารามิเตอร์ต่างๆ ที่มีผลต่ออุณหภูมิของโมดุล งานวิจัยนี้ยังมีการนำเทคนิคแบบพาสซีฟช่วยในการเพิ่มความสามารถในการถ่ายเทความร้อน ได้แก่ การเคลือบแผ่นวงจรด้วยวัสดุที่มีสภาพการนำความร้อนสูง การใช้ตัวกำเนิดวอร์เท็กซ์ ติดตั้งด้านหน้าของโมดุล นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาวิธีการเพื่อสามารถกำหนดการจัดวางโมดุลเพื่อควบคุมอุณหภูมิที่เป็นจุดที่มีอุณหภูมิสูง

การศึกษาพารามิเตอร์ ที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน และอุณหภูมิ จะเป็นลักษณะเชิงทดลอง โดยจะศึกษาโมดุลแถวเดี่ยว ที่วางในแนวแกนเดียวกัน และแบบเป็นกลุ่มโมดุล ที่วางตัวแบบแนวเดียวกัน และ แบบเยื้องกัน บนแผ่นวงจร พารามิเตอร์ที่ศึกษา ได้แก่ ความเร็วลม ระยะห่างระหว่างโมดุล และอัตราความร้อนที่ปลดปล่อยจากโมดุล การทดสอบทำในอุโมงค์ลมขนาดเล็ก อุณหภูมิของโมดุลสามารถอ่านได้โดยตรง จากเครื่องสแกนอินฟราเรด และชุดของเทอร์โมคัปเปิล สำหรับโมดุลแถวเดี่ยว ที่วางเรียงตัวกัน จะมีการเกิดการหมุนของอากาศ ระหว่างโมดุล ทำให้การถ่ายเทความร้อน ในโมดุลถัดไปลดลง เมื่อความเร็วของอากาศสูงขึ้น รวมถึงการขยายระยะห่างระหว่างโมดุลจะช่วยทำให้การถ่ายเทความร้อนดีขึ้น ในกรณีที่โมดุลมีการปลดปล่อยความร้อน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ในอัตราที่ต่างกัน ตัวที่จ่ายอัตราความร้อนสูงที่สุด ควรอยู่ในแถวแรกที่สัมผัสกับอากาศที่ไหลเข้าแผ่นวงจรเพื่อลดอุณหภูมิสูงสุด ในแผ่นวงจร สำหรับกลุ่มโมดุลที่วางแบบเยื้องกัน พบว่า จะให้อัตราการถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าแบบที่วางในแนวเดียวกัน ค่าอัตราส่วน H/B ส่งผลต่ออุณหภูมิของโมดุล ถ้าค่าอัตราส่วนนี้สูงขึ้นการระบายความร้อนจะดีขึ้น

การเคลือบวัสดุที่มีค่าสภาพการนำความร้อนสูงบนแผ่นวงจรเป็นหัวข้อที่น่าสนใจ เนื่องจากพื้นผิวแผ่นวงจรจะช่วยเพิ่มพื้นที่การถ่ายเทความร้อนออกจากตัวโมดุล ในการศึกษานี้ ได้ใช้ ฟอยล์อลูมินัมเคลือบบนแผ่นวงจร และพบว่าอุณหภูมิ ของโมดุลสามารถลดลงอย่างเห็นได้ชัด งานวิจัยนี้ยังได้พัฒนาโมเดลเพื่อทำนายค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ในกรณีที่แผ่นวงจรเคลือบอลูมินัมฟอยล์ และ อุณหภูมิโมดุลที่ทำนายได้ให้ผลใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทดลองเป็นอย่าง ดี

งานวิจัยนี้ยังพิจารณา ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบอะเดียเบติก (adiabatic heat transfer coefficient) และ ฟังก์ชันที่เป็นผลตามมาเชิงอุณหภาพ (thermal wake function) ของกลุ่มโมดุลที่จัดวางแบบแนวเดียวกัน และ วางเยื้องกัน โดยมีและไม่มีตัวกำเนิดวอร์เท็กซ์ติดตั้งหน้าโมดุล ตัวกำเนิดวอร์เท็กซ์จะเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบอะเดียเบติก และลดฟังก์ชันที่เป็นผลตามมาเชิงอุณหภาพอย่างได้ผล อย่างไรก็ตามจะมีผลของมุมที่ปะทะลม ถ้ามีค่าสูงจะไปเพิ่มค่าความดันลดในการไหลของของไหล ในงานนี้มีการสร้างสหสัมพันธ์เพื่อใช้ทำนายข้อมูลการถ่ายเทความร้อน และฟังก์ชันที่เป็นผลตามมาเชิงอุณหภาพ และโดยการใช้เทคนิคแบบวางซ้อนกัน (superposition method)และใช้โมเดลที่พัฒนาขึ้นมาดังกล่าว พบว่าสามารถทำนายอุณหภูมิของโมดุล ในแต่ละแถวได้ดีทั้งในกรณีที่จัดวางแบบแนวเดียวกัน หรือวางแบบเยื้องกัน โดยให้ผลใกล้เคียงกับค่าการทดลอง

เทคนิคแบบวางซ้อนกัน ซึ่งรวมผลที่เกิดจากความร้อนที่เกิดในตัวของโมดุลเอง และผลของความร้อนที่เกิดจากโมดุลในแถวก่อน สามารถนำมาใช้ในการจัดวางตำแหน่งของโมดุล เพื่อให้ไม่ให้อุณหภูมิของโมดุลเกินค่าที่กำหนด บนแผ่นวงจร วิธีนี้สามารถใช้ได้ผลเป็นอย่างดี ในการควบคุมอุณหภูมิ ทั้งในกรณีที่มี และไม่มีตัวกำเนิดวอร์เท็กซ์ ในกรณีที่อุณหภูมิที่กำหนดมีค่าต่ำ การติดตั้งตัวกำเนิดวอร์เท็กซ์ จะมีศักยภาพสูงในการควบคุมการเกิดตำแหน่งที่มีอุณหภูมิสูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Thesis Title Thermal Management of Convective Cooling for Electronic Printed Circuit Boards

Author Mr. Suriyon Chomdee

Degree Doctor of Philosophy (Mechanical Engineering)

Thesis Advisory Committee

Prof.Dr.Tanongkiat Kiatsiriroat	Chairperson
Assoc.Prof. Thawan Sucharitakul	Member
Asst. Prof. Dr. Wiwat Klongpanich	Member
Asst. Prof. Dr. Nat Vorayos	Member
Dr. Jirawan Tiansuwan	Member

ABSTRACT

This research study concentrates on thermal management of convective cooling for controlling temperatures of electronic modules on printed circuit boards. A set of artificial modules similar to 64 pins chip with heating foil inside are taken for considering the parameters affecting the temperatures of the modules. Different passive methods on heat transfer enhancement such as using of PCB coated with high thermal conductivity and using of vortex generator integrated in front of the module are also concentrated. Moreover, the method for allocating the positions of modules to control the hot spot temperature is also developed.

Experimental studies of the parameters affecting on convective heat transfer coefficients and temperatures of single row in-line modules, in-line and staggered arrays on a printed circuit board (PCB) are carried out. The parameters considered are air velocity, chip spacing and heat generation. The experiments are performed in a small wind tunnel. The module temperatures are monitored directly with an infrared scanner and a set of thermocouples. For the single row in-line modules, there is a recirculation of air between the module blocks which reduces the heat transfer to the next module. Higher the air velocity and increase of the module

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

spacing result in better heat transfer. When the modules give different heat generations, the highest one should be positioned closest to the entering air to reduce the hot spot temperature. For the arrays of the modules, the staggered arrangement shows better heat transfer than the in-line one. H/B ratio also affects the module temperatures. Higher the ratio results in better cooling.

Coating of high thermal conductivity material on the circuit board is an interesting topic. It is found that the overall heat transfer area both from the modules and from the circuit board is increased. In this study the circuit board is coated with aluminum foil and the temperatures of the module array mounted on the circuit board could be reduced significantly. A model to predict the heat transfer coefficient when the board is coated with aluminum foil is also developed and the predicted module temperatures agree very well with the experimental data.

Experimental study on the adiabatic heat transfer coefficients and thermal wake functions of the arrays in in-line and staggered arrangements with and without delta winglet vortex generators set in front of the modules are also carried out. The vortex generators could enhance the adiabatic heat transfer coefficient and reduce the thermal wake function effectively. More attack angle results in higher heat transfer augmentation and also the pressure drop in the fluid flow. The correlations to predict the heat transfer data and the thermal wake functions are developed. By using the superposition method with the heat transfer models developed, the convection results and the thermal wake functions could be used to predict the module temperatures very well for both in-line and staggered arrays with very good agreement with the measured values.

The superposition method that includes the self-heating due to the heat generating within the module and the second heating effect due to the heat release from upstream components could be also used to adjust the positions of the chip modules for controlling their temperatures. The procedure developed is very effective to allocate the modules both with and without vortex generators. For low temperature limit, the vortex generators have a high potential to control the hot spot.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved