



# IR加熱模組 之模擬分析與設計

The Simulation Design of  
an Infrared Radiation Heating Module

胡智愷 林義鈞 利定東

國立中央大學  
機械工程學系

董福慶 陳建志 吳佩珊  
王慶鈞

工研院機械所  
先進機械技術組

## 關鍵詞(Keywords)

- 加熱器            Heater
- 紅外線輻射      Infrared radiation
- 電阻              Resistance

## 摘要(Abstract)

本文研究使用 Design on Simulation (DOS) 的概念，此方法可運用在眾多半導體設備的設計研發上，其中加熱器是半導體設備中的關鍵零組件，一個良好的加熱器設計，它需具備升降溫度速率快、加熱後盤面溫差小等特點。且加熱器在製程中扮演提供穩定熱源的重要角色。半導體加熱器依加熱溫度分大致可為低溫、中溫以及高溫

三種加熱種類，本文研究的即是高溫 IR 加熱器，IR 加熱器發熱體本身與待加熱載台呈現非接觸的型式。在本文中，發熱體種類為電熱管，其內部加熱管圖形陣列方式和載盤本身材料，將直接影響加熱後載盤表面的溫度分佈，文末，找出最佳化自行設計電熱管圖形，其碳化矽為最好的載盤材料。

This paper uses the concept of design on simulation. This work can be used to design numerous semiconductor equipment products. A heater is a key component in semiconductor equipment. A good design of heater must have a fast ramping rate of heating and cooling with good temperature uniformity on susceptor. In a chemical process, a heater plays an important role for providing a stable heat for reaction. According to



heating temperature, semiconductor heaters can divide into three kinds of heaters, low temperature, medium temperature and high temperature heaters. This paper focuses only on the high temperature infrared radiation heater. The heating source in infrared radiation heater does not contact with the susceptor. In this paper, heating source is a resistance coil. The internal shape arrangement of resistance coil and the susceptor material affect directly the temperature distribution of susceptor. Finally, an optimized resistance coil in design can be obtained and the best susceptor material is SiC.

---

## 1. 前言

---

本文研究使用的 Design on Simulation (DOS) 概念可運用在許多半導體加熱設備設計上，如蒸鍍機加熱源、化學氣相沉積等，首先以業界提供之零組件為藍本，憑藉學界擅長的基礎學理與模擬分析，建構確實的數值運算模型。經驗證無誤後再依照業界需求與經驗進行高效率DOS新產品研發，研發結果由優良製造加工能力的廠商實現，最終則將成品進行溫度驗證，並做為最佳化修改的基礎。台灣設備廠商或有意願與經費投入設備自製研發，但未必具有足夠的研發技術與經驗，技術水準無法超越國外廠商，又因基礎學理與技術不足，其產品甚至無法企及該世代水準。若要追求產品的最佳化，又將導致設備與零組件研發成本極高，最終產品價格無法吸引市場購買意願。

---

## 2. 文獻回顧

---

紅外線約有 200 年歷史，1800 年威廉絲薛爾爵士(William Herschel)用稜鏡把太陽光分光而得的放射於水銀溫度計黑化的水銀囊部分，測定其吸收能量所致的溫升，並以未被投射的溫度計為標準，發現紫色光升  $2^{\circ}\text{C}$ ，紅色光升  $7^{\circ}\text{C}$ ，紅色外肉眼看不到的光比紅色光高  $2^{\circ}\text{C}$ ，這是首次發現紅外線實驗，並發現可視域長波長端外有熱作用的放射譜。1951 年 Brngel 將紅外線的歷史分為：黎明期(1800~1880 年)、開拓期(1881~1950 年)、發展期(1951 年~)，不過在 1951 年後就快速發展，在 1960~1970 年以後可說是展開期。Kirchhof 提出黑體(black body)的概念，J. Stefan 在 1879 年以經驗求得在黑體條件，放射能正比於溫度  $T$  的 4 次方，此經驗律在 1884 年由 L. Boltzman 理論化，建立 Stefan-Boltzman 定律。1865 年 C. Maxwell 預見電磁波，1887 年 H. Hertz 實證。此理論會影響放射理論，統一建立電磁波譜。此理論經 W. Wein, L. Rayleigh, 在 1900 年由 Planck 完成，有關熱放射的能譜分佈理論體系獲得證實確立。熱輻射模擬方面的文章，早在 1995 年，由德國學者 L. Kadinski [1]發表熱輻射應用在 CVD 設備上的研究，1999 年，J.R. Garratt [2]模擬表面輻射通量的計算，2007 年 A. Habibi [3]，探討裂解爐輻射模型，2008 年 K.V. Deshmukh [4]探討化學物質之間熱輻射交換情況，同年 T. Ait-taleb [5]也探討自然對流與熱輻射之間耦合模擬，2009 年 A.M. Ilyin [6]研究石墨烯上輻射缺陷的影響，在 2012 年 Atsushi Sakurai [7]發表水平通道內熱輻射的模型，當然 IR 式加熱器也可運用在除了半導體

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】363期・102年6月號

每期220元・一年12期2200元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌官方網站：[www.automan.tw](http://www.automan.tw)