

## 8 吋矽晶圓半導體 LPCVD 製程設備之研發 (II)

# Research and Development of LPCVD Process Equipment for Eight Inch Single Silicon Wafer (II)

計畫編號：NSC 87-2218-E-009-005

執行期限：86 年 8 月至 87 年 7 月

主持人：林清發教授 交通大學機械系

共同主持人：林清發教授 交通大學機械系

曲新生教授 交通大學機械系

曾俊元教授 交通大學電工系

林育才教授 元智大學機械系

### 一、中文摘要

本整合型群體研究計畫將以三年時間(85 年 8 月至 88 年 7 月)改進目前 LPCVD 製程設備設計，經由分析、實驗量測及實作，建立一套新的 LPCVD 製程設備。特別針對化學蒸氣進氣系統、加熱系統及成長未來深具潛力之 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 薄膜，進行深入研究。

本群體研究計畫共有四個子計畫。第一子計畫擬改進加熱及進氣系統設計，模擬計算化學蒸氣流場及整個系統之設計與整合。第二子計畫將量測加熱燈之能譜及輻射熱傳分佈，並進行晶圓熱應力之分析。第三子計畫計算晶圓之輻射熱傳及其受加熱燈排列之影響。第四子計畫將調配化學蒸氣成長 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 薄膜，並檢測分析其性質。

這些子計畫將以 interactive 及 iterative 的方法整合在一起，一步步改進系統設計及設備。

在第二年的研究裡(86 年 8 月至 87 年 7 月)我們已完成第一年所建造的爐子之熱傳及

流力試驗測試，發現加入等溫銅板可大幅降低晶圓溫度之不均勻性及利用細孔 showerhead 可使進入爐體的氣流較均勻分佈。另外，我們也進行燈源之光度分佈及晶圓的光性質量測。小爐子所長出的 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 薄介電常數頗低，符合未來 insulation 之應用。

關鍵詞：LPCVD 反應爐、薄膜成長、熱流設計

### Abstract

This three-year group research project (August 1996 to July 1999) intends to improve the design of the present LPCVD process equipment. Through a combined numerical modeling experimental measurement and component installing, an improved LPCVD reactor will be established. Considerable attention will be paid to study the gas feeding system, heating system and growth of the Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> thin film for future memories.

There are four individual projects in this group research project. The first individual project will improve the heating

and gas feeding system design, modeling the gas flow, improving whole LPCVD system design and set up the system. The second individual project will measure the energy spectral of the heating lamps and thermal radiation heat transfer, and meanwhile will conduct the thermal stress analysis of the wafer. In the third project a detailed computation model will be developed to calculate the net thermal radiation to the wafer and its influence by the arrangement of heating lamps. The fourth project will use the new reactor to grow the  $Ta_2O_5$  thin film and analyze its properties for further improvement of the system.

These individual projects will be unified together through regular iterative discussion and interactive tests and improvements of the system design and the thin film properties.

In the second year of the study (August 1997 to July 1998) we have completed the tests of gas flow and heat transfer in the rapid heating LPCVD reactor built in the first year of the study. It was noted that adding the thick copper plate can substantially reduce the temperature nonuniformity for the wafer and using the showerhead with finer holes results in better gas flow distribution. Besides, the intensity distribution of the light source was carried out. The  $Ta_2O_5$  thin film grown from the small reactor has a very low dielectric constant.

**Keywords :** LPCVD Reactor Thin Film Growth Thermal-Fluid Design

## 二、計畫緣由與目的

近幾年來由於微電子元件之日益急速微小化及晶片功能之大幅提昇，積體電路已由 VLSI 發展到 ULSI，晶片也將由 8 吋擴大至 12 吋，因此如何精確地控制熱流條件使在大晶圓上成長的各類薄膜能達到均勻厚度、純度、線寬等之要求，以及減低晶片內之熱應力等，實為目前急需解決之重要問題。本整合性計畫之主要目的即在探討如何經由詳細分析，實驗及實作來改進 IC 製程中常用之 LPCVD 反應爐，建立一套新的系統，成長未來深具潛力之氧化物  $Ta_2O_5$  薄膜。對於國內自行建立 LPCVD 反應爐之能力甚有助益。

LPCVD 為 IC 晶片製造之重要製程之一，先進國家在這方面已有甚多之研究，但國內做的並不多，尤其是在建立 LPCVD 反應爐設備方面，落後甚多。過去的 IC 晶片製造大多為 resistance heating，較難精確製造細微線路，且能源消耗較多。近來所發展之單一大晶片的 rapid lamp heating 則較省能，細微線路控制較好，但只要有些許之溫度不均勻，易造成薄膜厚度不均勻，且晶片易受熱應力而變形或破裂。

有關 rapid lamp heating CVD 製程研究，近年來國外已有不少，但如何由國內獨力建立 LPCVD 設備技術則尚需努力。

## 三、結果與討論

- (1) 由本計畫所建造之反應爐的熱流實驗測試顯示在爐子中加入一片厚銅板對減少晶圓之溫度不均勻性有良好之效果（表一及表二）。另外，使

用細孔之 showerhead 對均勻流場亦有良好之效果。

- (2) 燈源所產生的燈光之強度分佈已量測，而晶圓之光吸收率及其厚度之影響如圖一所示。
- (3) 詳細的熱輻射模式計算顯示溫度控制板對於促進晶圓溫度均勻性有甚大幫助（圖二）。
- (4) 小爐子所長出之  $Ta_2O_5$  薄膜顯示其電性相當良好，適合未來 VLSI capacitor 使用（圖三）。

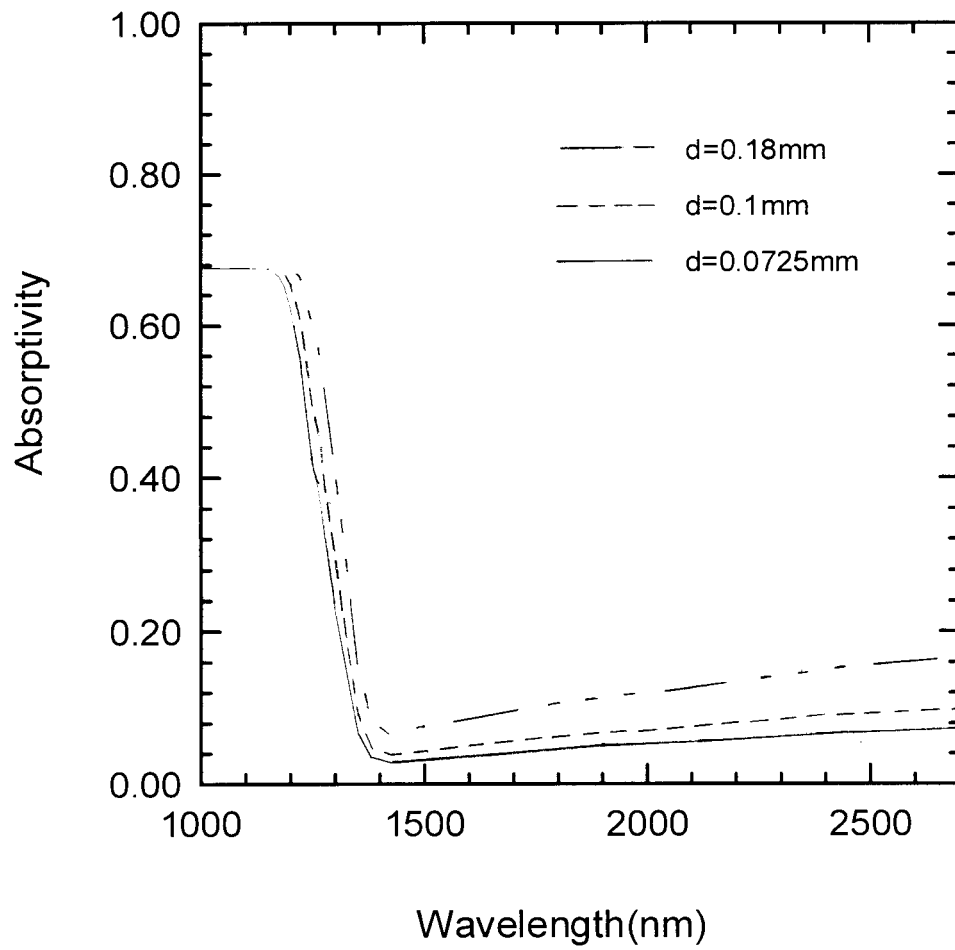
#### 四、計畫成果自評

經由本年度計畫之執行，我們已獲得不少設計 LPCVD 反應爐及成長  $Ta_2O_5$  薄膜之經驗。這些經驗將用於第三年來改進 LPCVD 反應爐設計，建造出性能較佳之反應爐。

#### 五、參考文獻

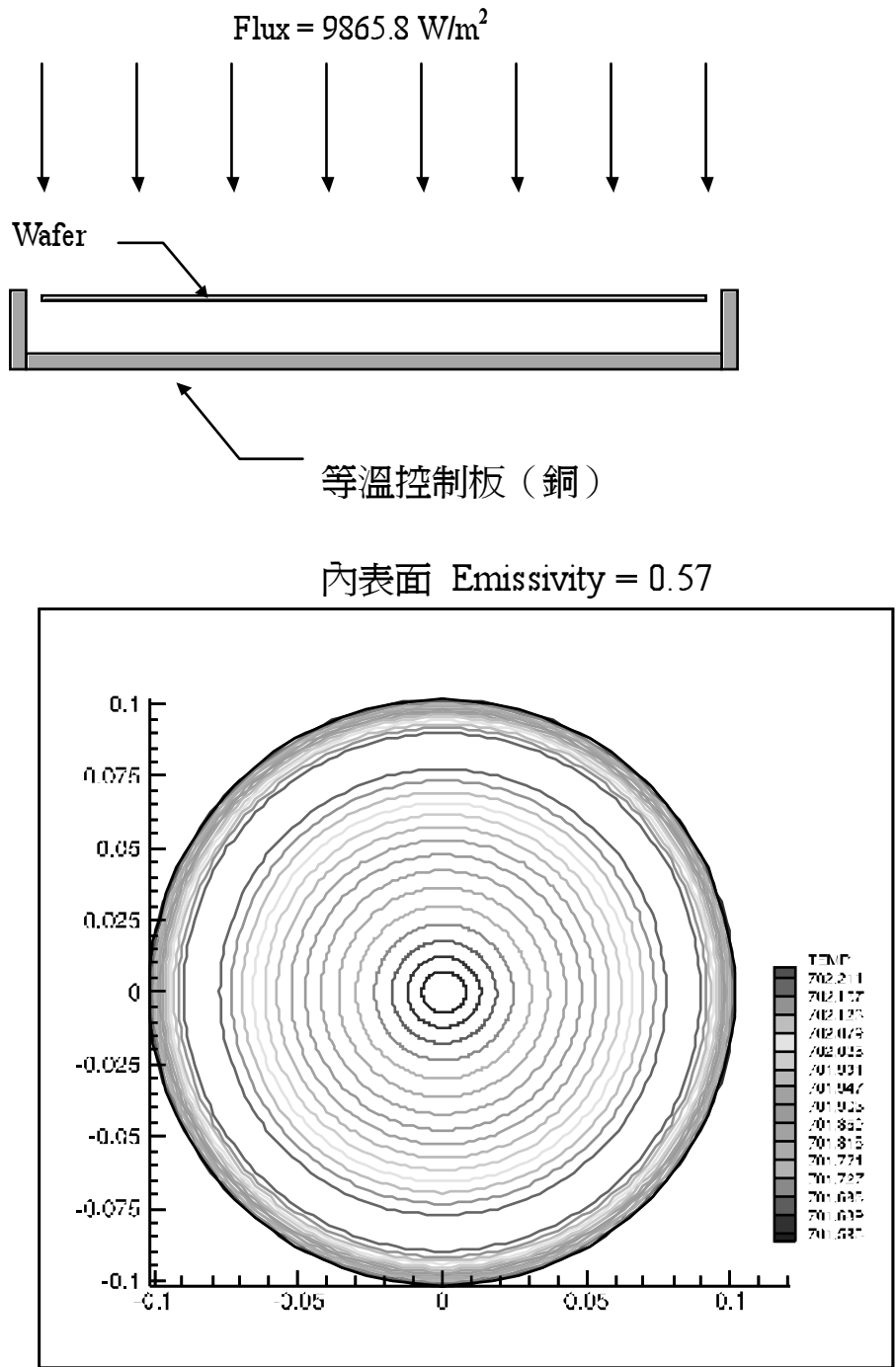
1. "Crystal Growth - Theory and Techniques. Vol.1" ed., C.H.L. Goodman, Plenum Press -London(1974)
2. "Crystal Growth - Theory and Techniques. Vol.1" ed., C.H.L. Goodman, Plenum Press -New York(1974)
3. "Crystal Growth : A Tutorial", Proc. 3<sup>rd</sup> Int. Summer School on Crystal Growth, ed., W. Bardsley, D.T.J. Hurel and J.B. Mullin, North - Holland Pub., New York(1979).
4. "Crystal Growth of Electronic Materials", ed. E. Kaldis, North - Holland Pub., Amsterdam (1985).
5. "Crystal Growth in Science and Technology", ed., H. Arend and J. Hulliger, NATO ASI series, plenum press, New York(1989).
6. "Handbook of Crystal Growth, Vol.1 : Fundamentals", ed., D. T. J. Hurel, North - Holland Pub., Amsterdam(1993)
7. "Handbook of Crystal Growth, Vol.2 : Bulk Crystal Growth", ed., D. T. J. Hurel, North - Holland Pub., Amsterdam(1993)
8. "Handbook of Crystal Growth, Vol.3 : Thin Film and Epitaxy", ed., D. T. J. Hurel, North - Holland Pub., Amsterdam(1994)
9. H. O. Pierson, "Handbook of chemical Vapor Deposition (CVD)," Noyes Publications, New Jersey(1992)
10. "Handbook of Thin Film Deposition Processes and Techniques, Principles, Methods, Equipment and Applications," ed., K. k. Schuegraf. Noyes Publications, New Jersey(1988).
11. A. Sherman, "Chemical Vapor Deposition for Microelectronics, Principles, Technology, and Application," Noyes Publications, New Jersey(1987).
12. A. Feingold and A. Katz Rapid Thermal Low-pressure Metal-Organic Chemical Vapor Deposition (RT-LPMOCVD) of Semiconductor, Dielectric and Metal Film onto InP and Related Materials, Materials Science and Engineering R113, 57-104(1994).
13. "Chemical Vapor Deposition : Principle and Applications" ed., M. L. Hitchman and K. F. Jensen, Academic Press, San Diego(1993).
14. S. Sivaram, "Chemical Vapor Deposition: Thermal and Plasma Deposition of Electronic Materials", Van Nostrand Reinhold, New York(1995).
15. P. Van Zant, "Microchip

- Fabrication” ,McGraw-Hill , New York(1990).
- 16.S. K. Ghandhi ,”VLSI Fabrication Principles: Silicon and Gallium Arsenide” ,John Will & Sons ,New York(1994).
- 17.S. A. Campbell ,”The Science and Engineering of Microelectronic Fabrication”,Oxford Univ. Press, Oxford(1996).
- 18.C. Y. Chang and S. M. Sze ,”ULSI Technology”, McGraw-Hill, New York(1996).



圖一. 溫度為  $400^{\circ}\text{C}$  時, 不同厚度的晶圓吸收頻譜圖

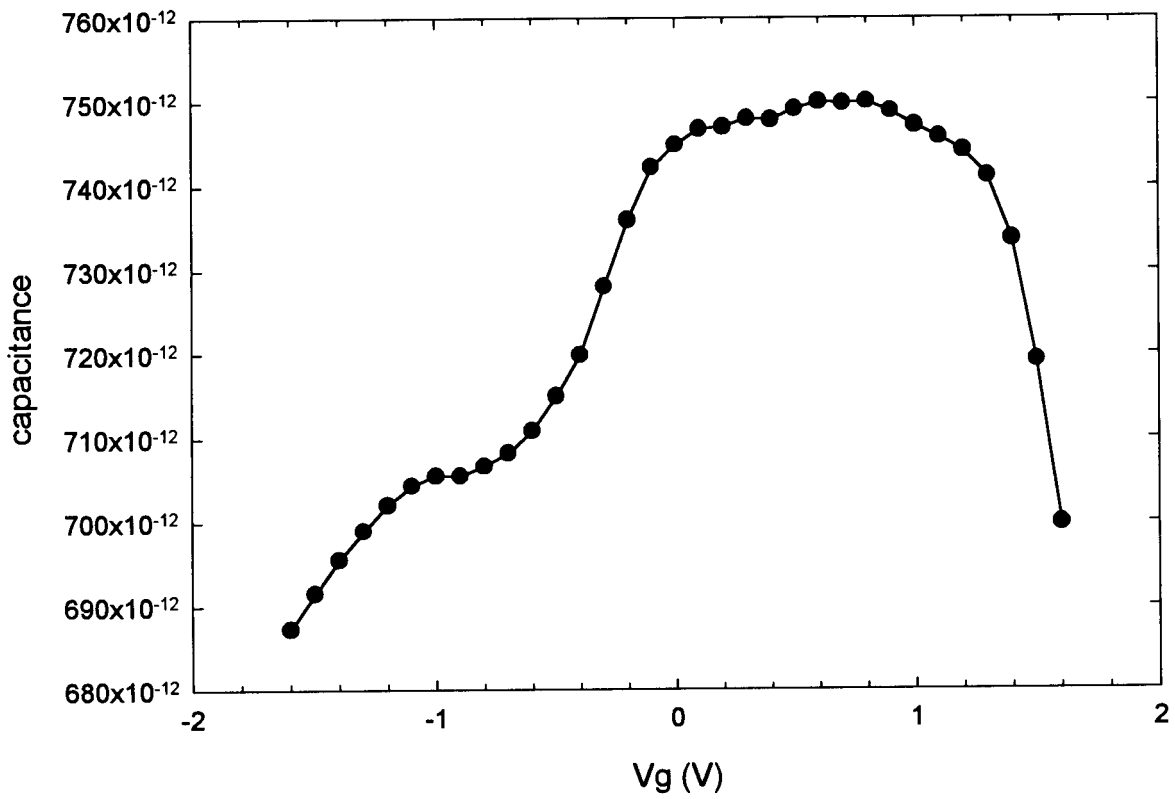
※ **Case 3** : 晶圓上方給一均勻之 Flux，預估其晶圓溫度將上升至700K  
左右。



圖二. 到達穩態時晶圓上溫度 Contour 圖

—●— B

Pt/Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/Pt --- 550°C, 90s(550°C, RTA, O<sub>2</sub>)+30s(plasma, O<sub>2</sub>)



圖三.小爐所長出之 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 薄膜的 capacitance