

單晶之 CVD 薄膜和熔化成長法製程中的不穩定熱流與使其穩定之研究(III)
(總計畫)

A Study of Generic Unstable Flow and Heat Transfer and It's Stabilization in CVD
Thin Film and Melt Growth of Single Crystals (III)

計畫編號：NSC87-2212-E-009-028

執行期限：86 年 8 月至 87 年 7 月

主持人：林清發 交通大學機械系教授

一、中文摘要：

本三年期(八十四年八月至八十七年七月)整合型群體研究計畫，主要係針對生產薄膜單晶之水平與垂直 CVD(Cheical Vapor Deposition)製程和生產晶塊的垂直 Bridgman 製程中的相關浮力驅動之不穩定流體流動及熱傳進行詳細研究。總共有三個子計畫整合在一起，分別對這三種製程進行實驗與數值模擬研究。

各子計畫在第三年(八十六年八月至八十七年七月)所獲得之主要結果將簡要報告於此。這些實驗及計算結果已顯示相關 CVD 和 Bulk Crystal 製程中浮力驅動之主要渦流結構與相關之不穩定流體流動及熱傳。較詳細之結果與討論可參考各子計畫之結案報告。

關鍵詞：薄膜單晶、浮力、渦流結構

Abstract

A three-year group research effort (August 1995 to July 1998) including three individual research projects has been undertaken to investigate the buoyancy driven unstable flow and heat transfer associated with the thin crystal film growth from the relevant horizontal and vertical chemical vapor deposition CVD processes and with the melt growth of large bulk crystals from the vertical Bridgman method. Both numerical simulation and experimental measurement are carried out and complement each other.

The major results from each individual

project are summarized here. These results have revealed the buoyancy driven unstable flow and heat transfer phenomena relating to the CVD and melt growth, in addition to various vortex flow structures. More details are available from the final reports of the individual projects.

Keywords : Thin Crystal Film、Bulk Crystals、Buoyancy、Unstable Flow and Heat Transfer

二、計畫緣由與目的：

近幾年來微電子零件日益微小化，積體電路已由 VLSI 進展到 ULSI，因此對製造積體電路所用的單晶材料的純度要求愈來愈高。目前已知單晶的 Defects 主要來自於單晶製程中浮力驅動之流體運動及熱傳之不穩定與 Growth velocity 的不均勻。本研究的主要目的即在探討幾種重要的單晶製程的不穩定熱流現象及找尋穩定流場的方法，提供未來改進設計此類單晶製程之參考。

三、結果與討論：

本整合型研究計畫第三年的主要研究成果及討論簡述如下：

(一)數值計算及實驗量測與觀測顯示(圖一)，在水平 CVD growth 中，管道傾斜所造成之 opposing buoyancy 對 Vortex structures 有重大影響，尤其是當傾斜角大時 Transverse 及 Mixed Roll 結構均被破壞至完全無規律性。

- 而當管子底板傾斜時，浮力驅動之二次流變得較弱，onset of convection 被延後，Nusselt number 變小(圖二)。
- (二)在垂直 CVD growth 之中，我們的結果顯示，浮力所驅動之 Strong flow recirculation 可以被 Susceptor rotation 所壓制，變成較小及較弱。
- (三)在 Bridgman 的垂直 Bulk Crystal growth 中，我們的結果顯示(表一)，只有在某一個特定的 rotation speed 範圍，旋轉才有穩定流場之效果。當轉速高於或低於此一範圍，則流動仍然是不穩定。

四、計畫成果自評：

本整合型計畫今年度各子計畫所獲得的結果對於促進瞭解水平及垂直 CVD growth 與垂直 Bridgman Bulk growth 中由浮力所驅動之流體運動及旋轉所造成之流體流動穩定機制甚有幫助，這些結果可提供未來設計相關反應爐及成長爐之參考。

五、參考文獻：

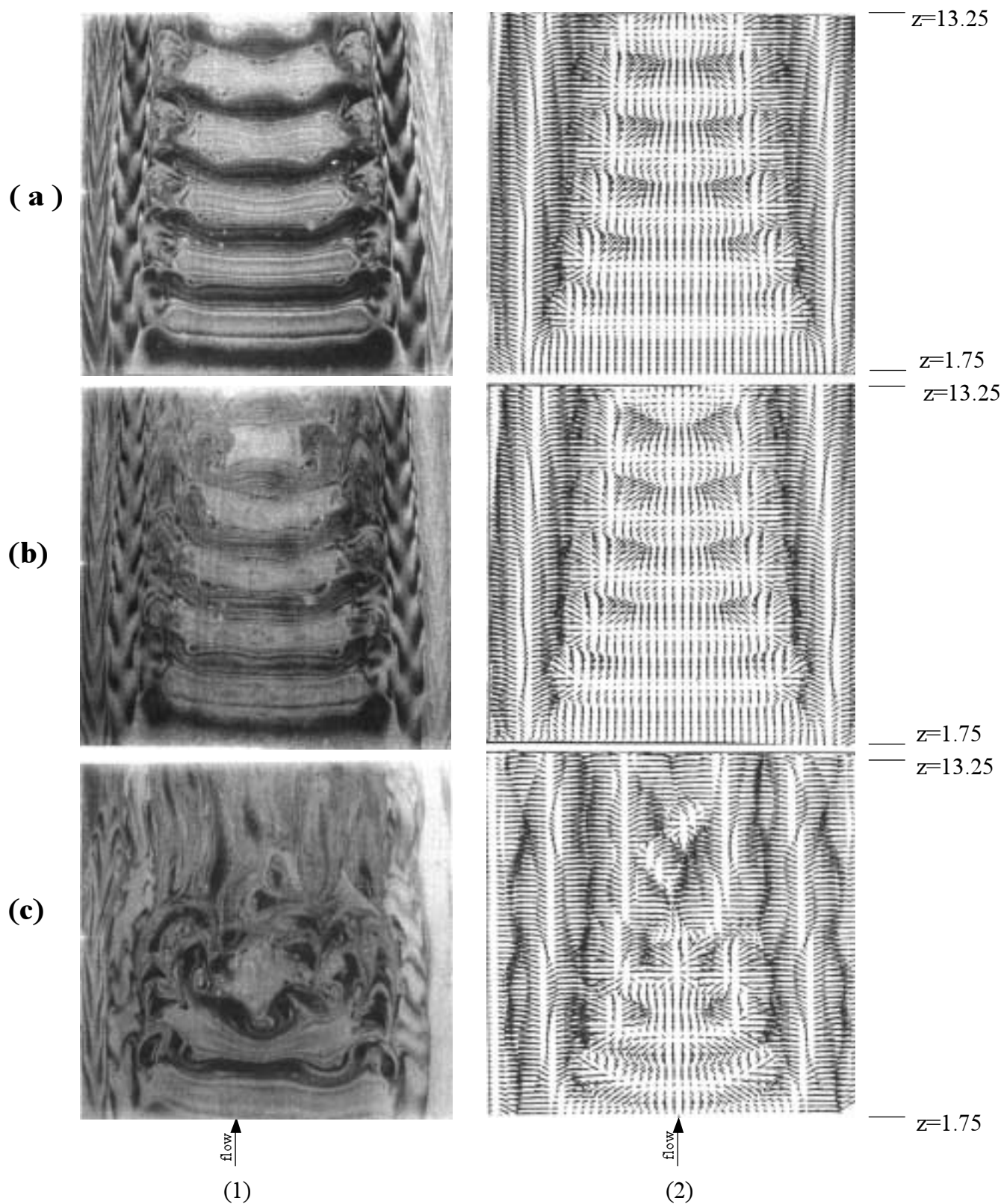
1. "Crystal Growth - Theory and Techniques. Vol. 1", ed., C. H. L. Goodman, Plenum Press - London(1974).

2. "Crystal Growth - Theory and Techniques. Vol. 2", ed., C. H. L. Goodman, Plenum Press - London(1974).
3. "Crystal Growth : A Tutorial Approach", Proc. 3rd Int. Summer School on Crystal Growth, ed., W. Bradsley, 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).

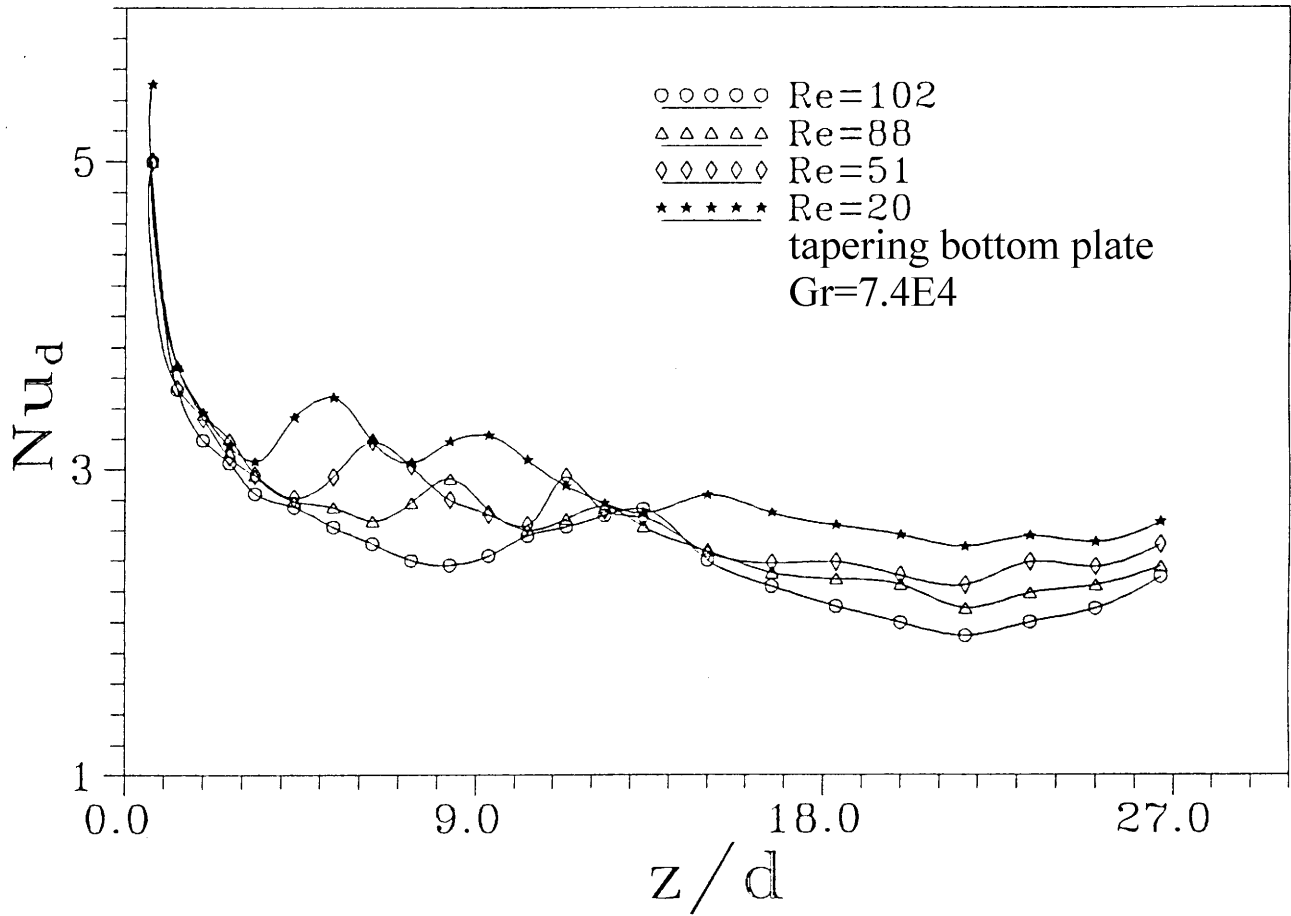
六、圖表：

表一 Summary of flow characteristics for cylinder with
 $Ar=2$, $D=2.5\text{cm}$ and $H=5\text{cm}$

rotation rate	$\Delta T=5^\circ\text{C}$			$\Delta T=10^\circ\text{C}$			$\Delta T=15^\circ\text{C}$		
	flow condition	f_1	f_2	flow condition	f_1	f_2	flow condition	f_1	f_2
0 rpm	steady	-----	-----	chaotic	-----	-----	chaotic	-----	-----
20 rpm	steady	-----	-----	chaotic	-----	-----	chaotic	-----	-----
40 rpm	periodic	0.0018	-----	chaotic	-----	-----	periodic	0.0436	0.083
60 rpm	periodic	0.0009	-----	periodic	0.0013	-----	periodic	0.0013	-----
90 rpm	steady	-----	-----	steady	-----	-----	periodic	0.0021	-----
120 rpm	steady	-----	-----	steady	-----	-----	periodic	0.0106	-----
150 rpm	periodic	0.001	0.308	steady	-----	-----	steady	-----	-----
180 rpm	periodic	0.0012	0.198	periodic	0.0014	0.203	steady	-----	-----
210 rpm	periodic	0.0006	0.695	periodic	0.0011	0.748	periodic	0.0022	0.748



圖一 Comparison of the flow visualization (1) (Lee,1996) and the predicted planform of the velocity field (2) at $y=0.7$ for $Re = 10$, $Ra = 5000$ and (a) $\Phi = -2.5^\circ$ at $t=300$, (b) $\Phi = -5^\circ$ at $t=375$ and (c) $\Phi = -12.5^\circ$ at $t=465$.



圖二 Effects of Reynolds number on the spanwise-averaged Nusselt number distribution for $Gr=7.4 \times 10^4$ for the tapering duct.