

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

磊晶鑽石膜成核之研究

Study of Nucleation of Epitaxial Diamond Films

計畫編號：NSC 87-2217-E-009-005

執行期限：86年10月1日至87年7月31日

主持人：張立 執行機構及單位名稱：交通大學材料系

一、中文摘要

利用微波電漿輔助化學氣相沉積法與直流偏壓前處理探討鑽石在 6H-SiC 單晶片成長磊晶之可能性。分析工具以 SEM 與 XTEM 觀察鑽石在 6H-SiC 上成長的情形。

關鍵詞：微波電漿氣相沉積、直流偏壓、磊晶

Abstract

Microwave plasma assisted chemical vapor deposition method is used to study the possibility of diamond epitaxial nucleation on 6H-SiC single crystal wafers. The pretreatment is dc bias enhanced method. SEM and XTEM are used to observed the behaviors of diamond deposited on SiC wafers.

二、緣由與目的

鑽石具有許多極佳的材料性質，其中之一為半導體之能隙寬，可做為高溫高功率之元件。此前提是必須有良好之磊晶膜。過去數年的研究證實用微波電漿輔助 CVD 法，以直流偏壓可成長出高方向性之薄膜[1-2]，其中部分區域有磊晶的情形，然而鑽石如何以磊晶形式出現，仍了解不多，因此至今要製作出面積大、磊晶程度高之鑽石膜仍有相當多的困難。本計畫目的在於探討鑽石磊晶膜成核之過程，因為成核之鑽石方向對後續之薄膜生長方向有很大的影響。在矽晶片上成核常會有碳化

矽之界面層出現，對鑽石之方向有所干擾，因此本計劃探討鑽石在碳化矽單晶基材上成長磊晶膜的可能性，另外很少有關於 6H-SiC 做鑽石之研究在公開文獻上發表。

三、結果與討論

基材以 6H SiC 單晶片為主，購自美國 CREE 公司，使用微波電漿輔助化學氣相沉積法成長鑽石，前處理則以直流偏壓法進行，儀器為工研院材料所之設備，6H SiC 之尺寸小於 $0.5 \times 0.5 \text{cm}^2$ 。實驗條件如表 1 所示，偏壓情形與 SiC 之導電性、表面清洗及尺寸有關，另外周圍之墊片亦對偏壓有影響。影像觀察包括 FE-SEM 及橫截面 TEM。以下就目前已完成觀察之結果做一報告。偏壓在 2%CH₄ 濃度條件下成長鑽石，需較長的時間才能達到成核的效果，圖一 SEM 照片顯示所得之鑽石未形成連續膜，鑽石之晶面明顯，但方位散亂，晶粒尺寸在 1-3 μm ；增加濃度至 10%，偏壓時間可縮短，但使得鑽石晶面之特徵消失，鑽石顆粒呈花椰菜之形狀，如圖二所示；若改變 CH₄ 濃度為 5%偏壓時間在 23 分鐘左右，其表面形狀如圖三所示，孕核密度提高，且有晶面特徵，晶粒尺寸較圖一小；圖四之處理條件同圖二，不同處在成長階段之 CH₄ 濃度較低，從圖中得知晶形有較佳之晶面，且成連續膜，晶粒較小，小於 200nm 圖二與圖四不同之可能可能原因是在偏壓結束成長階段初期有不同的影響所造成的，有待進一步探討。圖五為圖二之試片作 XTEM 觀察之結果，在鑽石與 SiC 之間有非晶質碳與石墨層出現，這

	CH ₄ /H ₂ concentration	Pressure	Temperature	Power	Voltage	Duration
H ₂ Plasma Etching			-750°C	800W		10min
Carburization	X	X	X	X	X	X
Bias	2.5,10 %	20 torr	-800°C	800W	-200V	20-50min
Growth	0.5,1.5 %	20 torr	750-800°C	700-800W	X	60 min

Table 1. Deposition condition of carburization, bias and growth



Fig1 Bias CH₄:2% 50 min
Growth CH₄:1% 60 min

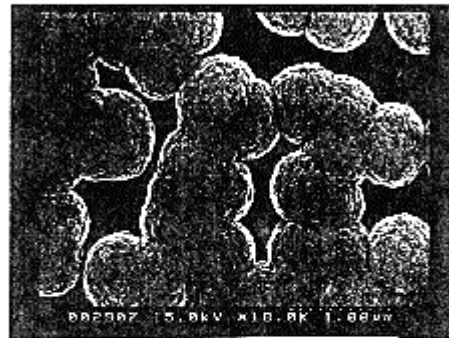


Fig2 Bias CH₄:10% 23 min
Growth CH₄:5% 60 min

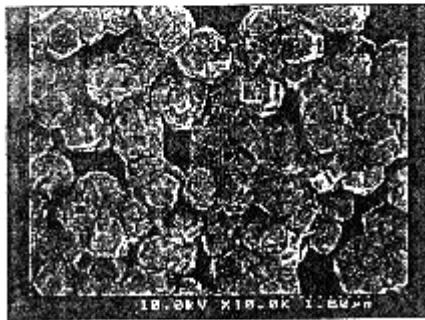


Fig3 Bias CH₄:5% 35 min
Growth CH₄:0.5% 60 min

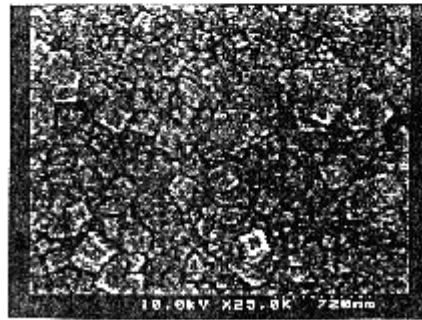


Fig4 Bias CH₄:10% 23 min
Growth CH₄:0.5% 60 min

是造成磊晶鑽石未出現之主要原因。因此，現有之製程條件並不適合在 6H-SiC 上做磊晶。另外，TEM 顯示花椰菜形狀之表面事實上是一層鑽石膜，這與一般認知不同；通常認為此類形狀之薄膜含有多量之 sp² 鍵結相散雜在其中。

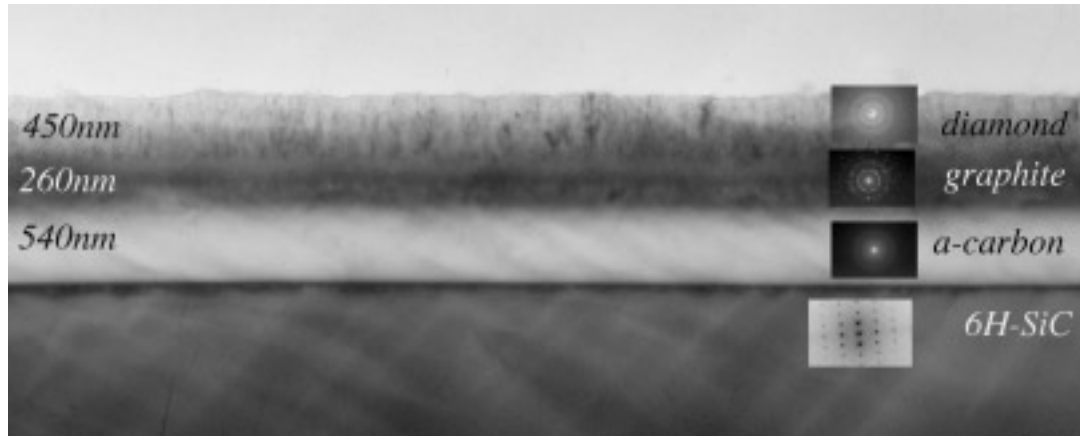
四、 成果自評

CREE 公司已不銷售 beta SiC，故無法進行相關之研究。因此以 6H-SiC 為主，雖然未達到磊晶之目的，但目前對 6H-SiC 與

偏壓之關係已累積足夠隻經驗在之經驗，短期之內將可在 6H-SiC 成長出磊晶。

五、 參考文獻

- [1] X. Jiang and C.P.Klages, *Diamond Relat. Mater.*, 2,1112 (1993)
- [2] B. Stoner and J.T. Glass, *Appl. Phys. Lett.*, 60, 698 (1992)



圖五. XTEM 照片及繞射圖形。最上層為鑽石，其次為石墨，再其次為非晶質碳。試片同圖二。