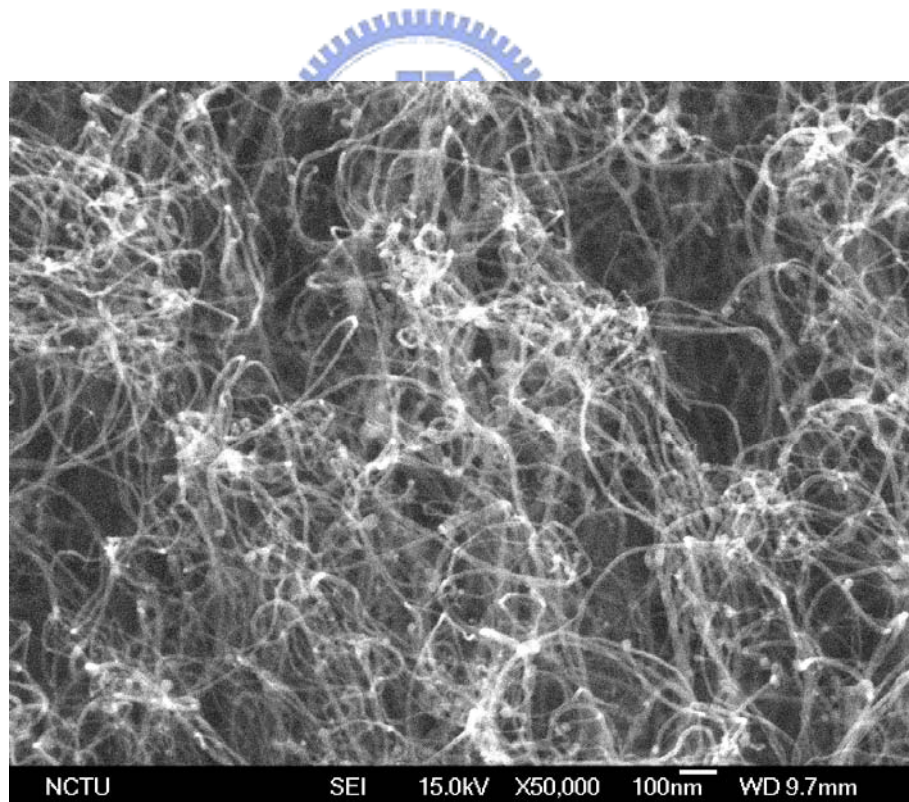


(a)



(b)

圖 4-19 AlN(10nm)/Fe(5nm)所成長之碳管形貌(試片編號 FE1),(a)為試片傾斜 30 度所觀測的，(b)為(a)圖中碳管頂部之放大圖

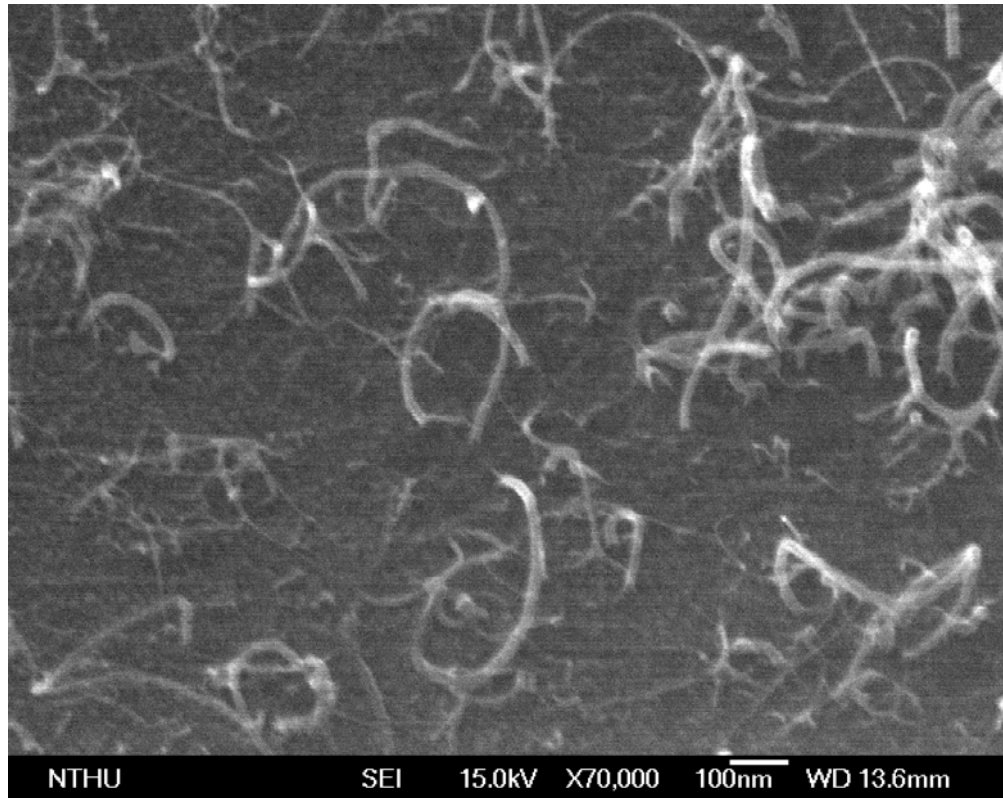
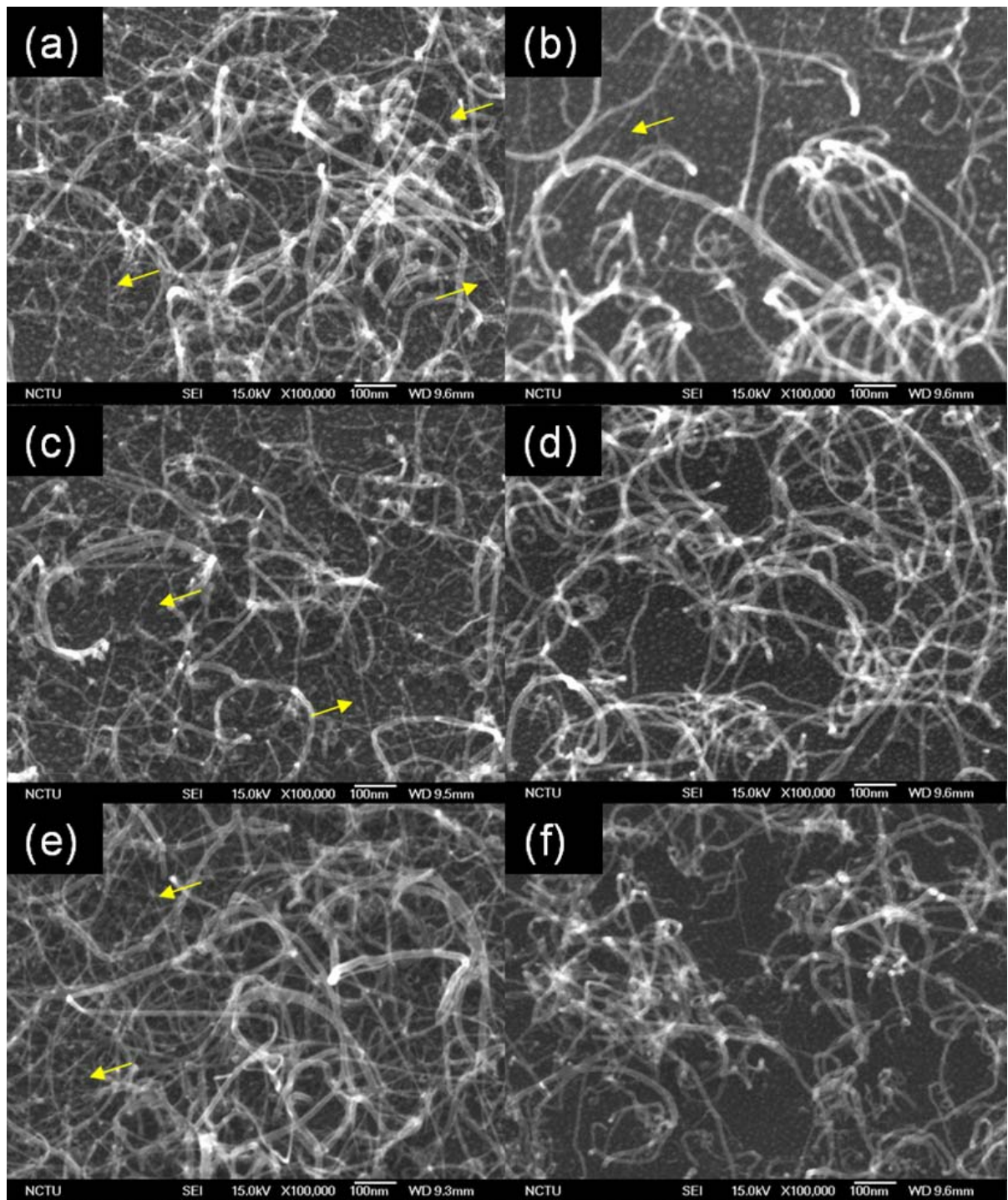


圖 4-20  $\text{Al}_2\text{O}_3(10\text{nm})/\text{Fe}(5\text{nm})$ 於 $\text{CH}_4/\text{H}_2$ 為 1.5/100(sccm /sccm)所成長之碳管俯視圖(試片編號 FD3)





(a) AlN(5nm), [SP. FE7]	(b) Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ( 5nm), [SP. FD7]
(c) AlN(10nm), [SP. FE8]	(d) Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ( 10nm), [SP. FD8]
(e) AlN(15nm), [SP. FE9]	(f) Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ( 15nm), [SP. FD9]

圖 4-21 不同緩衝層材質與厚度對碳管形貌之影響(以 5 nm厚的Fe為觸媒),  
左半圖(a,c,e)與右半圖(b,d,f)分別為AlN及Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>緩衝層於不同厚度之碳管形貌俯視圖

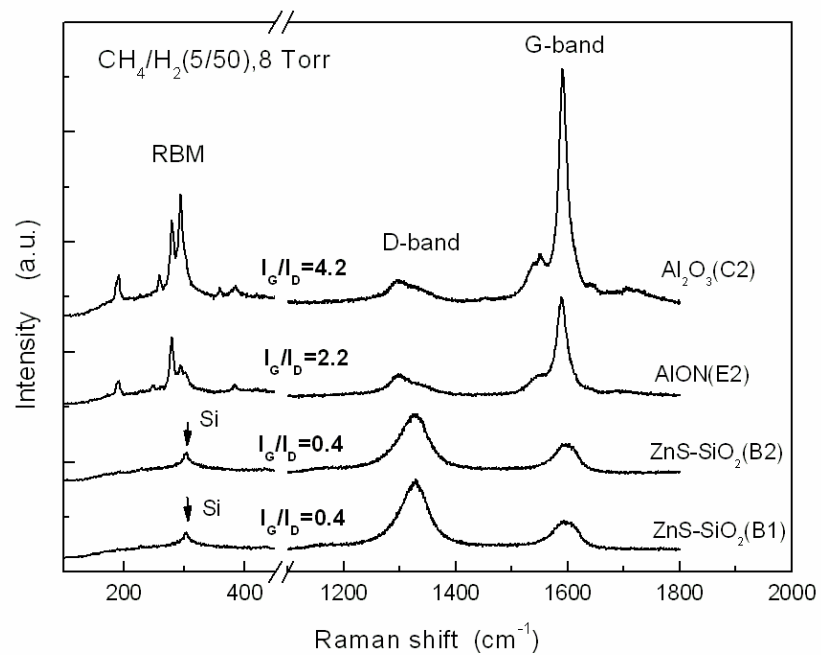


圖 4-22 Co 觸媒於不同緩衝層材料上,在 8 Torr 成長壓力所成長的碳結構之拉曼光譜圖

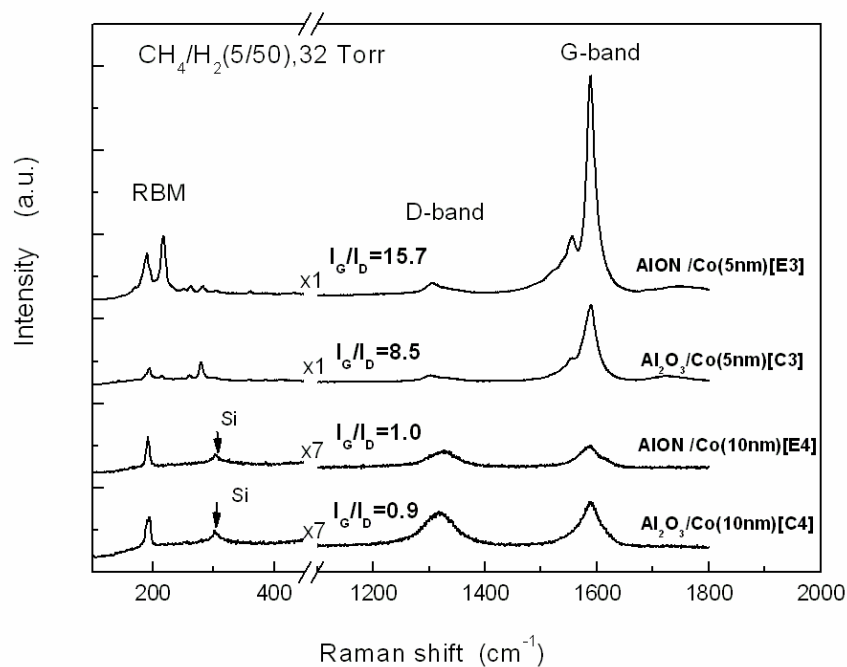
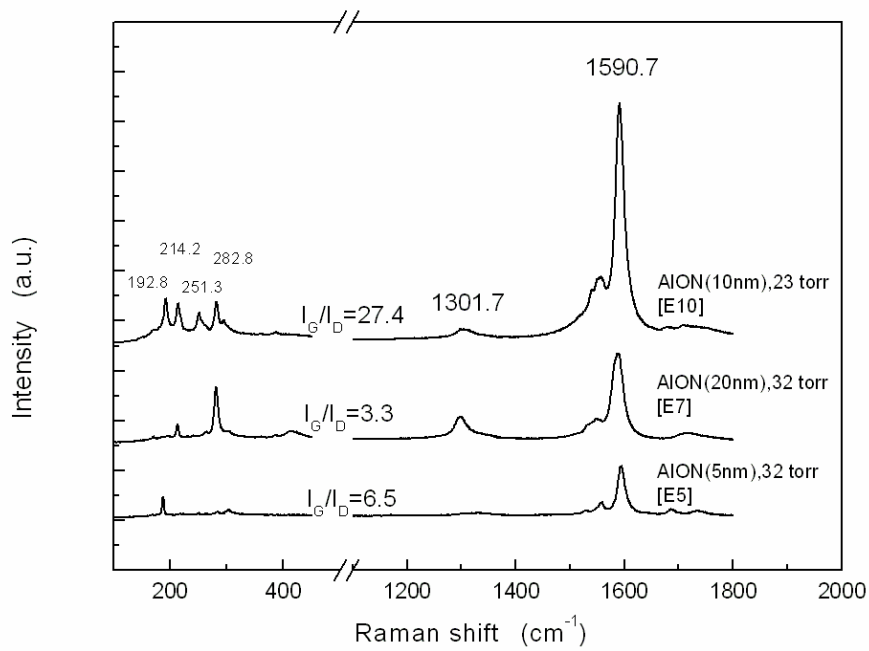


圖 4-23 Co 觸媒於 AlON 及  $\text{Al}_2\text{O}_3$  上,在 32 Torr 成長壓力所成長的碳結構之拉曼光譜圖



備註: E5 試片相對於其他兩個試片其強度較弱所以在 RBM 區中較弱的訊號被遮蔽了

圖 4-24 Co(5nm)在不同 AlON 厚度及壓力所成長的碳結構之拉曼光譜圖

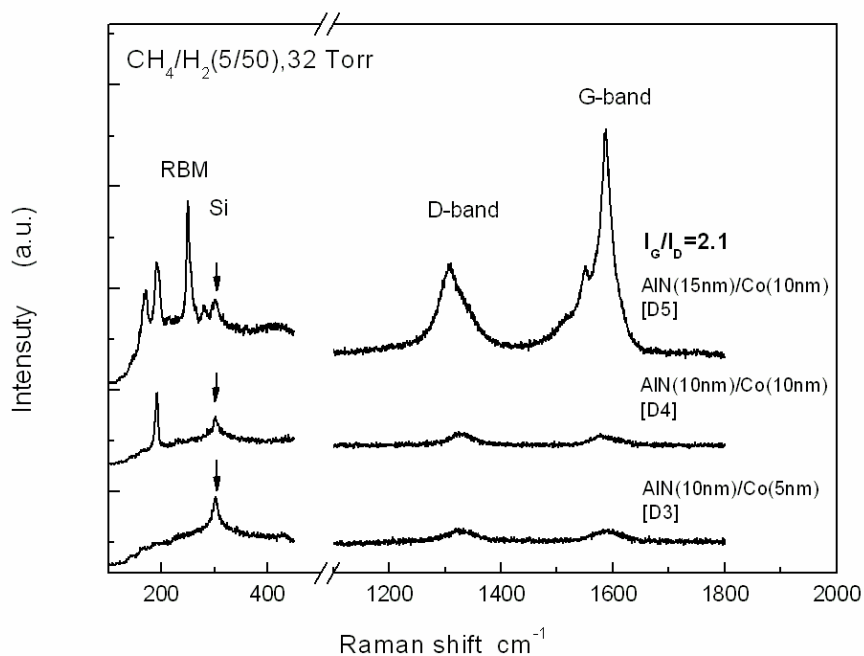


圖 4-25 在 32 Torr 成長壓力，變化 AlN 與 Co 觸媒的厚度所成長的碳結構之拉曼光譜圖

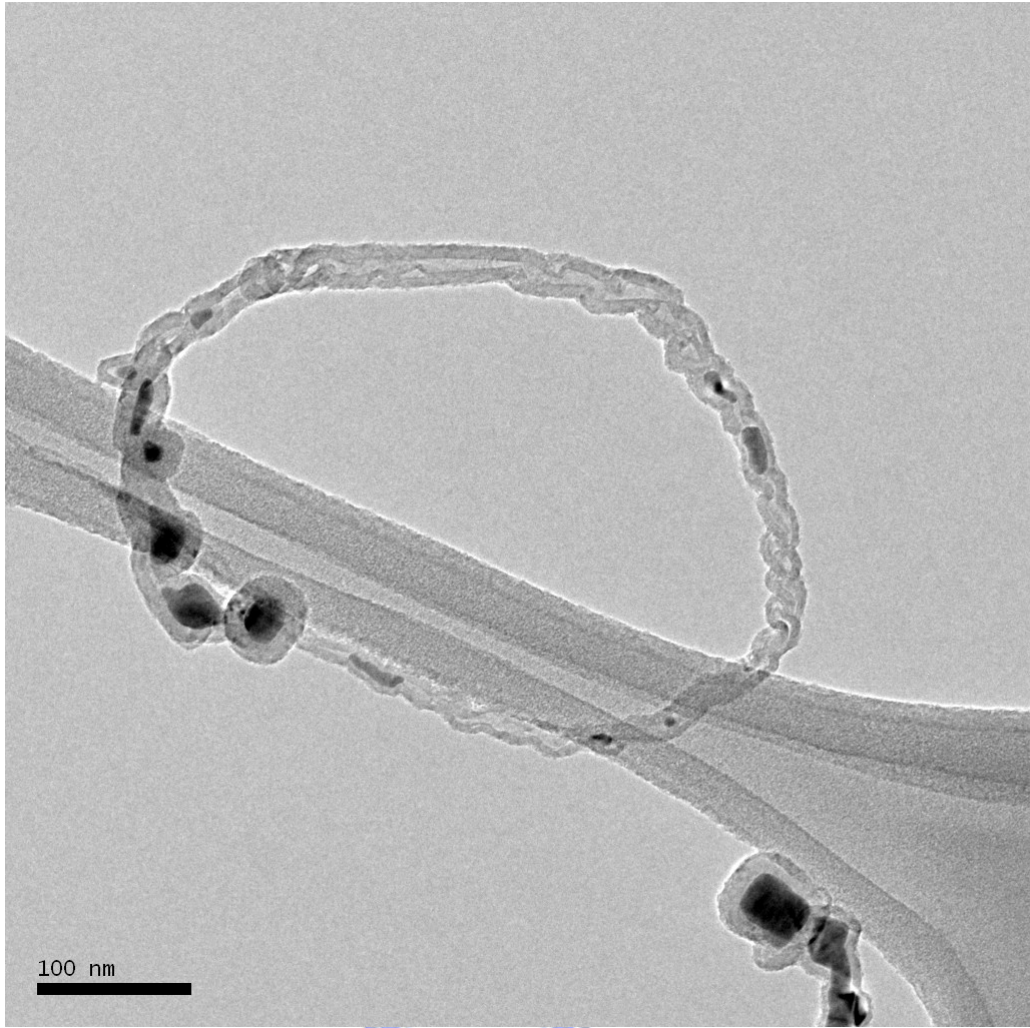


圖 4-26 由大觸媒裂解成小觸媒所生成的碳管之 TEM 圖(試片編號 E3)

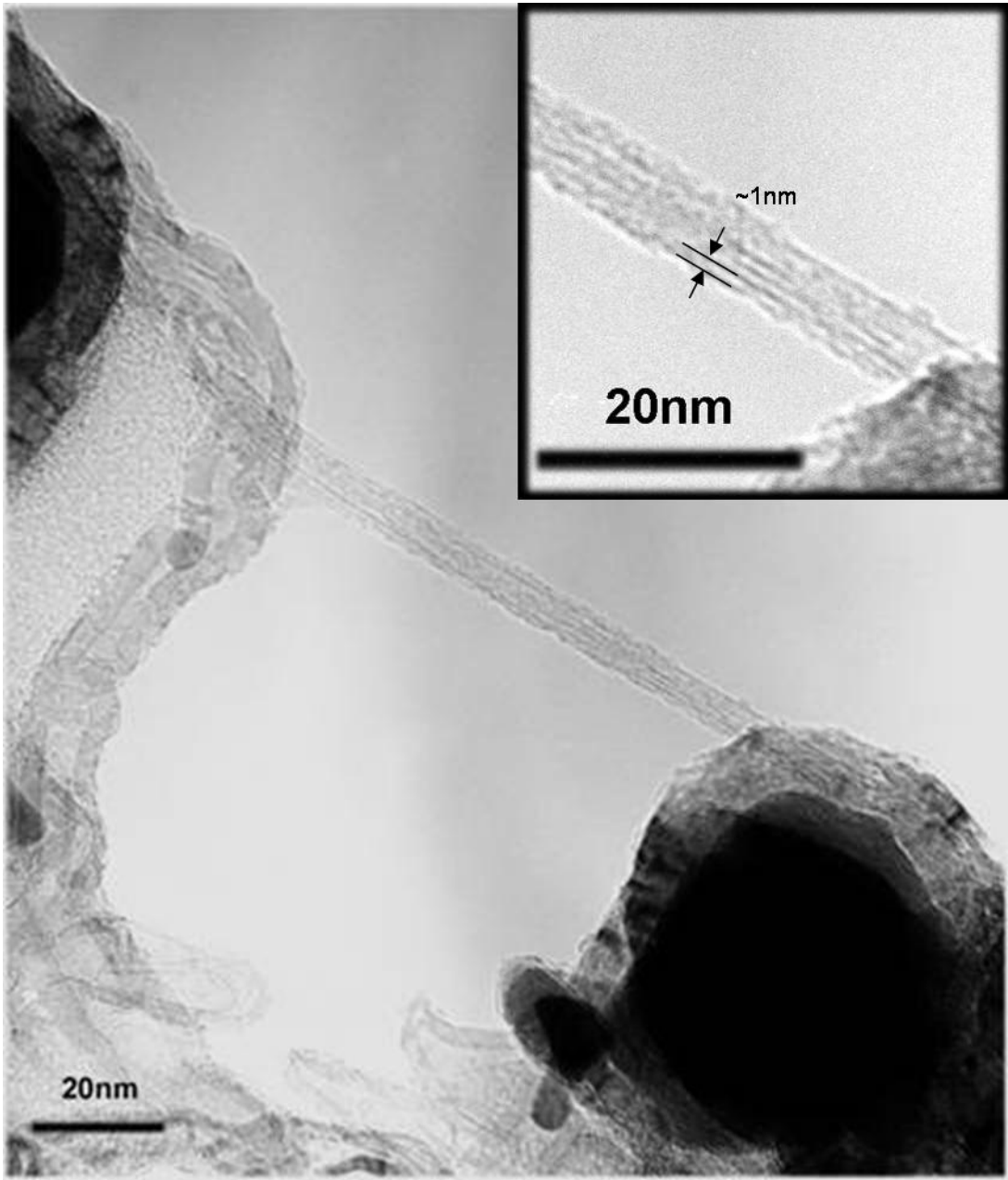


圖 4-27 由直徑約 1nm 的單壁碳管所構成之單壁碳管管束之 HRTEM 圖  
(試片編號 E3)

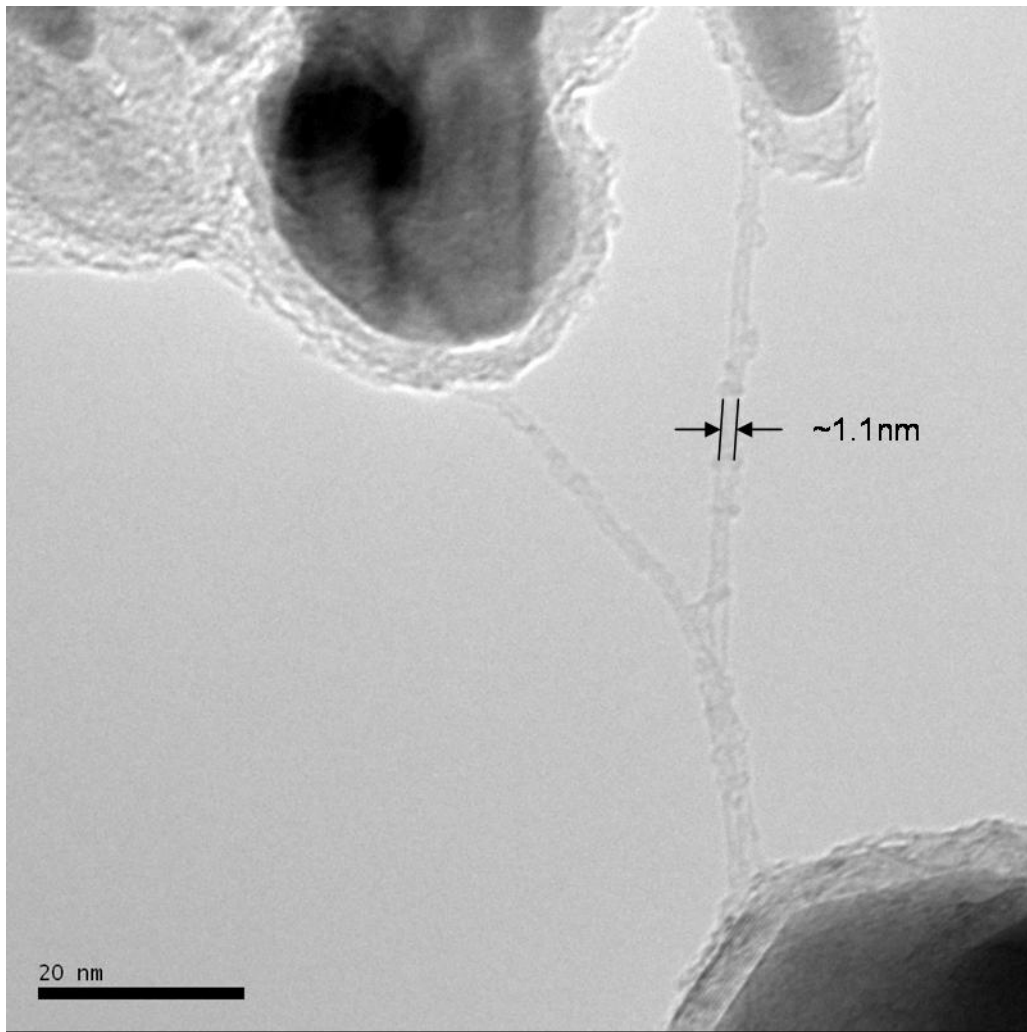


圖 4-28 二根直徑約 1.1nm 的單壁碳管連接於三個觸媒之間的 HRTEM 圖  
(試片編號 E3)



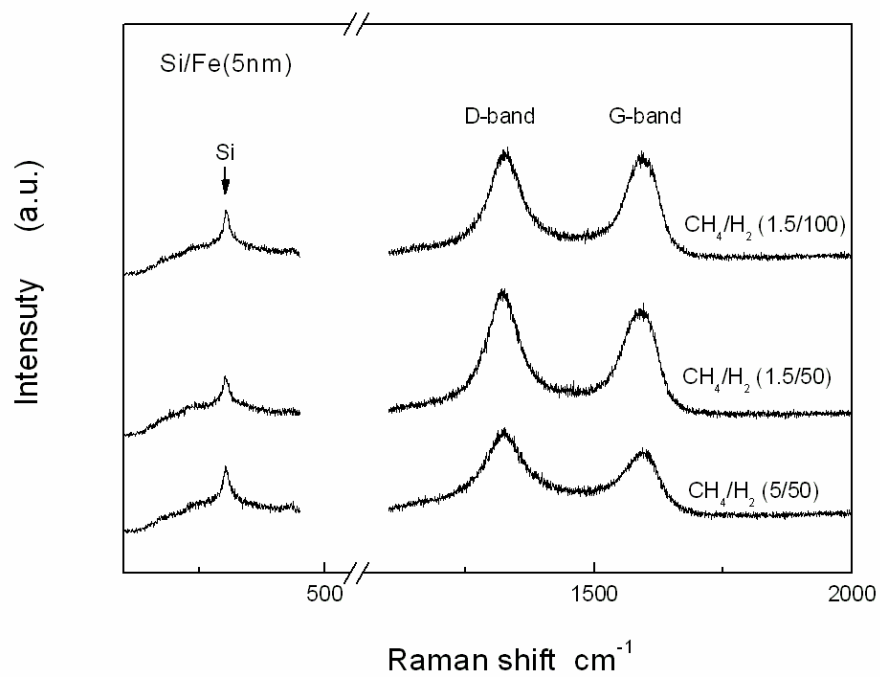
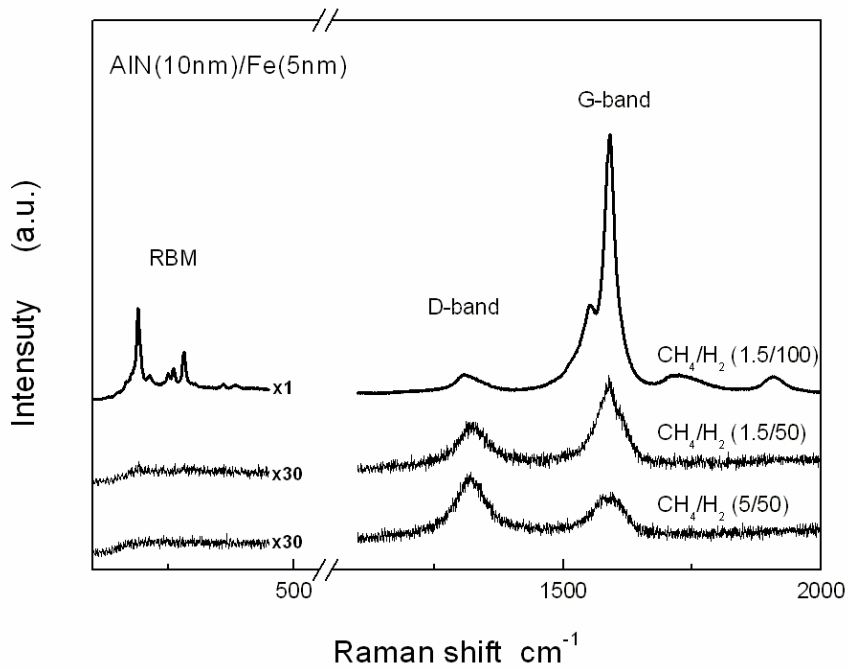
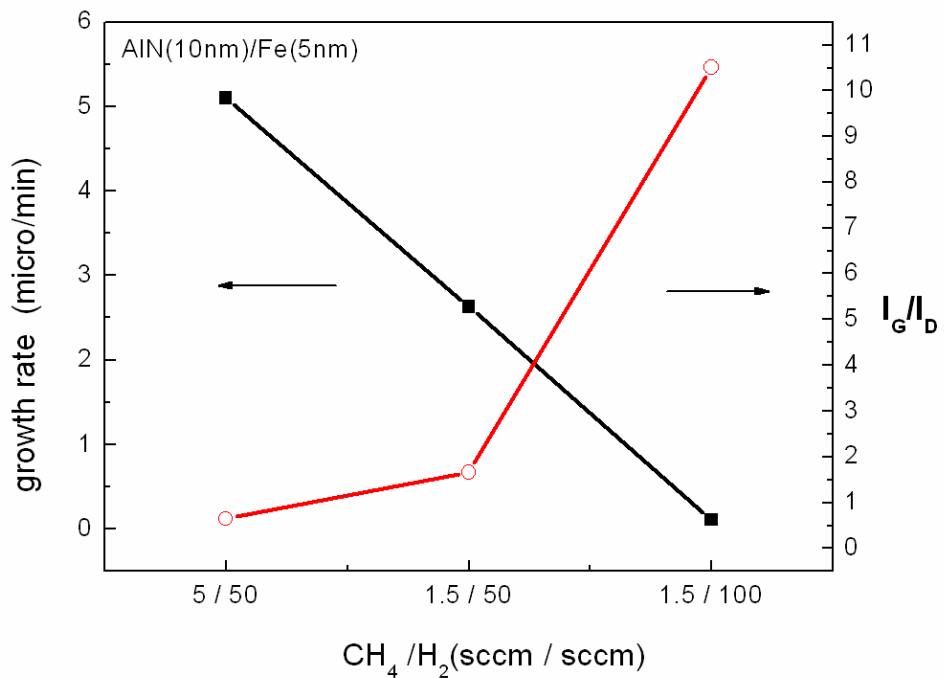


圖 4-29 Si/Fe(5nm)在不同CH<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>流量比所成長的碳結構之拉曼光譜圖  
(試片編號由上而下為FA3,FA2,FA1)



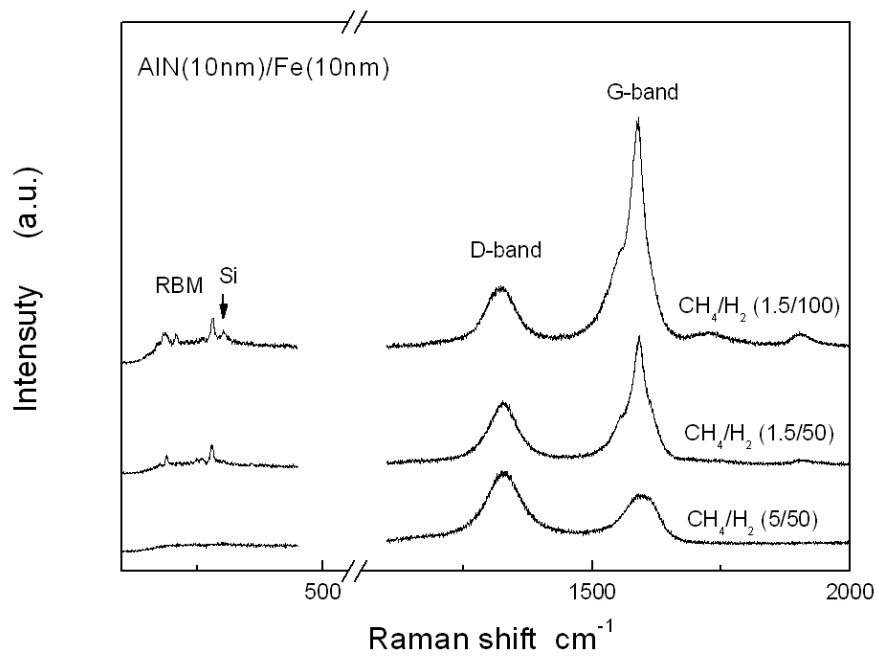


(a) 不同CH<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>流量比的碳結構之拉曼光譜圖  
(試片編號由上而下為 FE3,FE2,FE1)

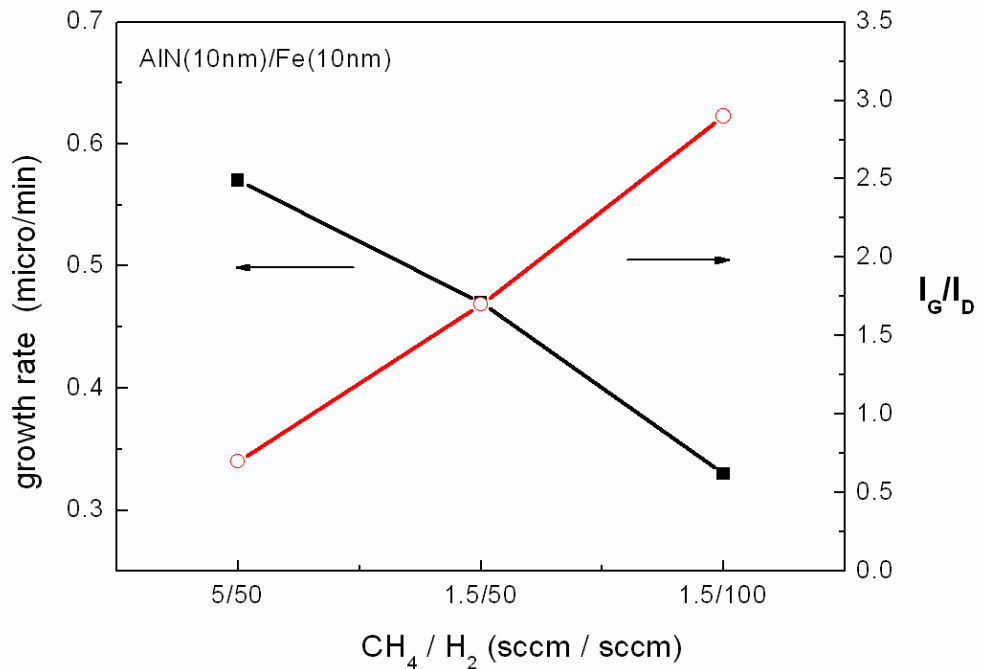


(b) 碳管成長速率與I<sub>G</sub>/I<sub>D</sub>比值之關係圖

圖 4-30 AlN(10nm)/Fe(5nm)在CH<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>流量比成長之碳管拉曼光譜圖及 I<sub>G</sub>/I<sub>D</sub>比與成長速率之關係圖

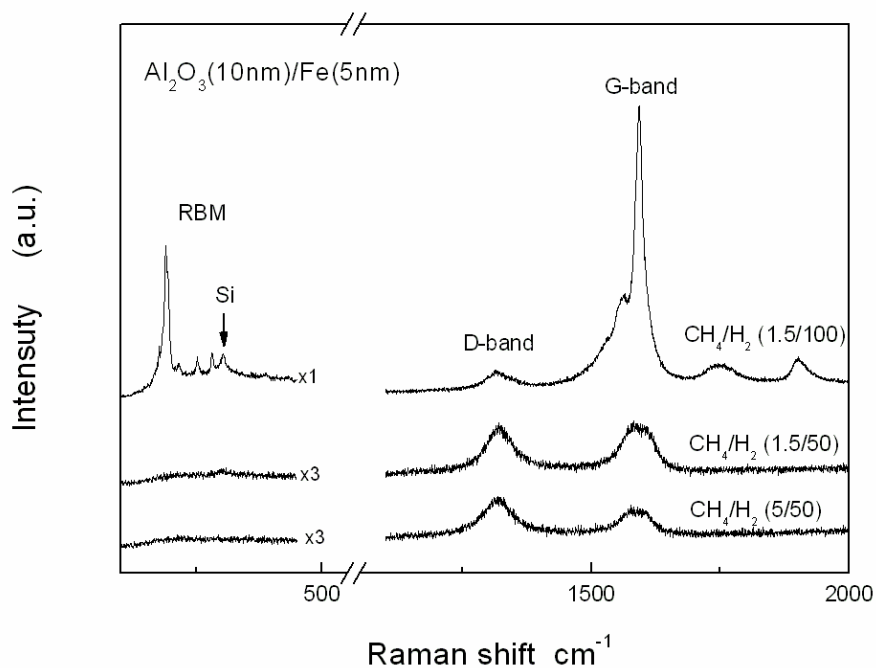


(a) 不同CH<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>流量比的碳結構之拉曼光譜圖  
(試片編號由上而下為 FE6,FE5,FE4)

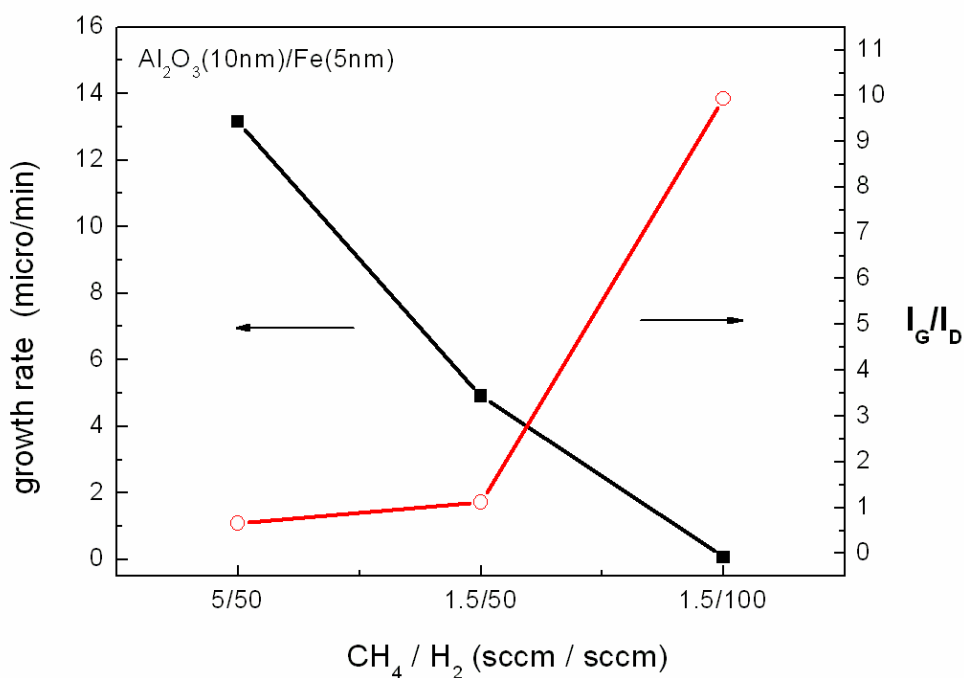


(b) 碳管成長速率與I<sub>G</sub>/I<sub>D</sub>比值之關係圖

圖 4-31 AlN(10nm)/Fe(10nm) 在不同CH<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>流量比成長之碳管拉曼光譜圖及I<sub>G</sub>/I<sub>D</sub>比與成長速率之關係圖

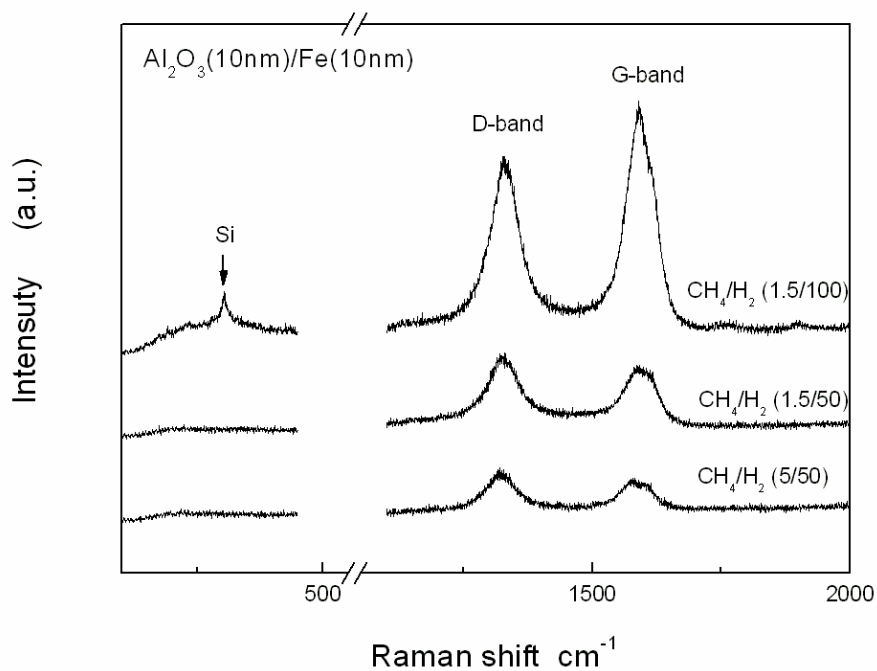


(a) 不同CH<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>流量比的碳結構之拉曼光譜圖  
(試片編號由上而下為 FD3,FD2,FD1)

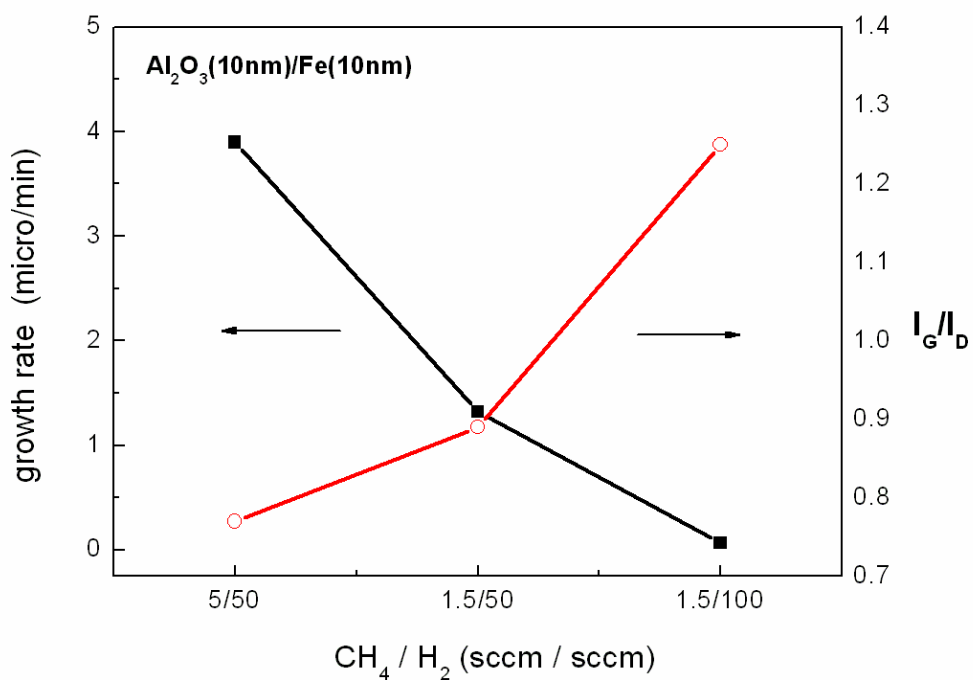


(b) 碳管成長速率與I<sub>G</sub>/I<sub>D</sub>比值之關係圖

圖 4-32 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (10nm)/Fe(5nm) 在不同CH<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>流量比成長之碳管拉曼光譜圖及I<sub>G</sub>/I<sub>D</sub>比與成長速率之關係圖



(a) 不同CH<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>流量比的碳結構之拉曼光譜圖  
(試片編號由上而下為 FD6,FD5,FD4)



(b) 碳管成長速率與IG/ID比值之關係圖

圖 4-33 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (10nm)/Fe(10 nm)在不同CH<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>流量比成長之碳管拉曼光譜圖及IG/ID比與成長速率之關係圖

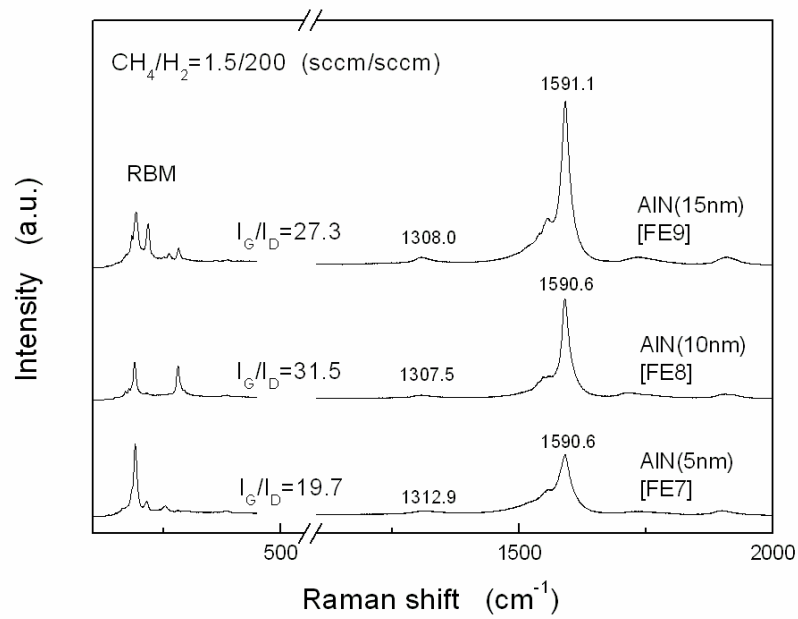


圖 4-34 Fe(5nm)在不同AlN 厚度上於CH<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>為 1.5/200 ( sccm / sccm)成長之碳管拉曼光譜圖(試片編號由上而下試片為FE9、FE8、FE7)

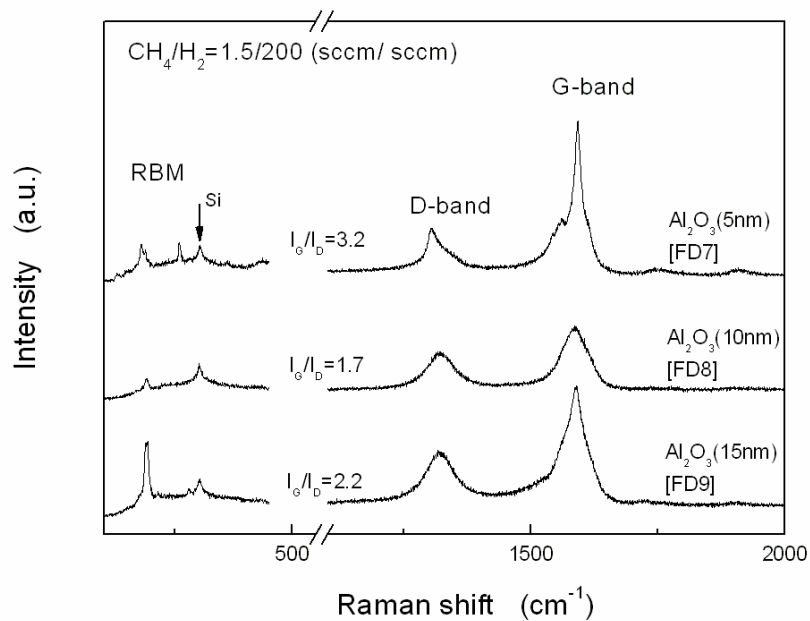
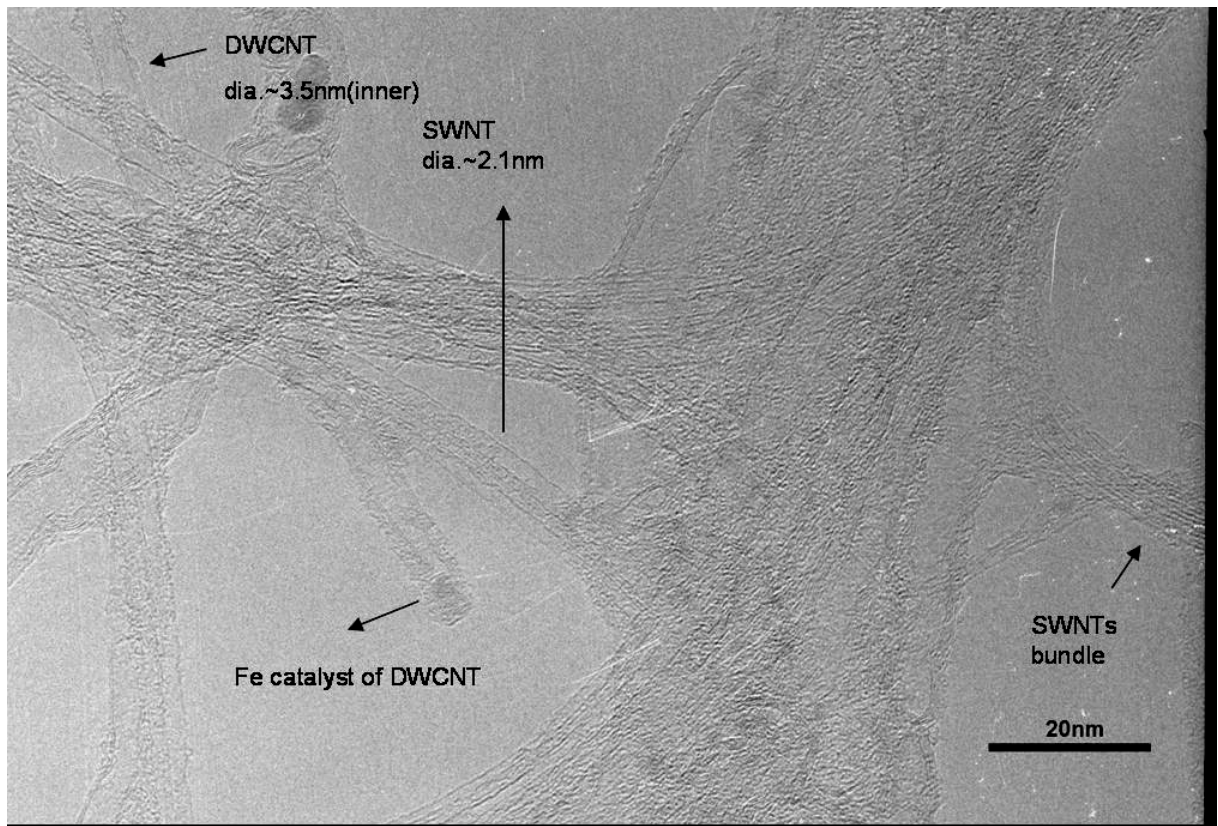
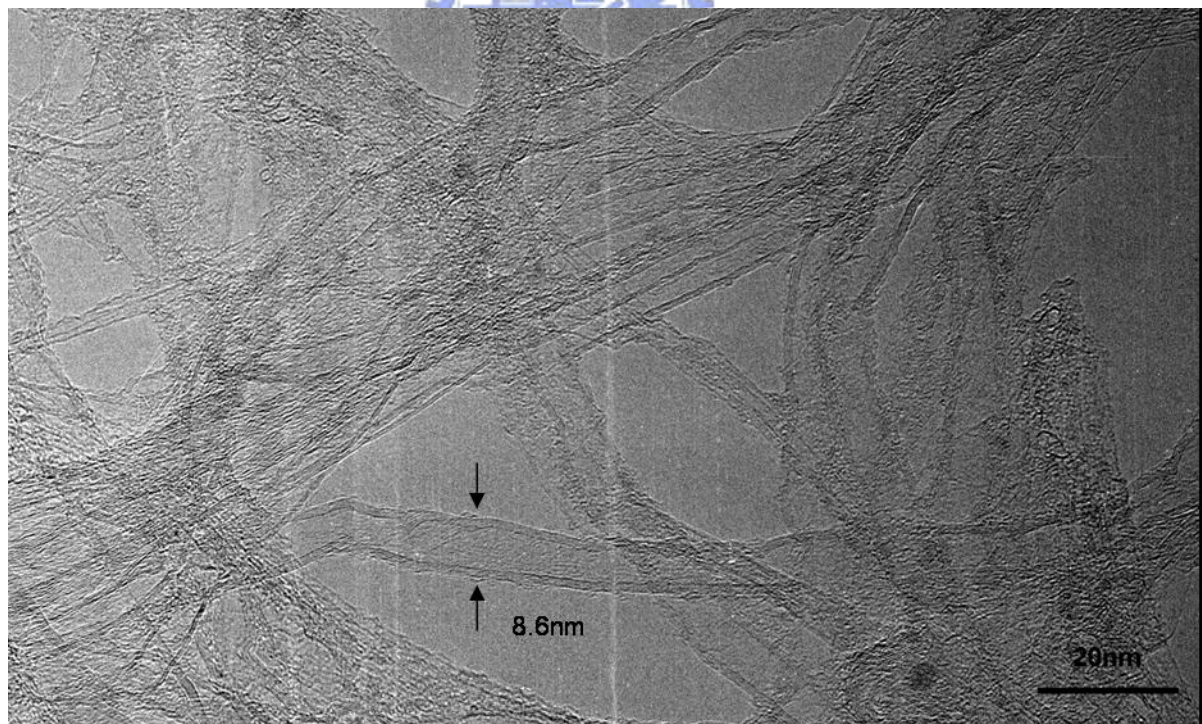


圖 4-35 Fe(5nm)在不同Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 厚度上於CH<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>為 1.5/200 ( sccm / sccm)成長之碳管拉曼光譜圖(試片編號由上而下試片為FD7、FD8、FD9)



(a)



(b)

圖 4-36 試片編號 FE9 之 HRTEM 圖

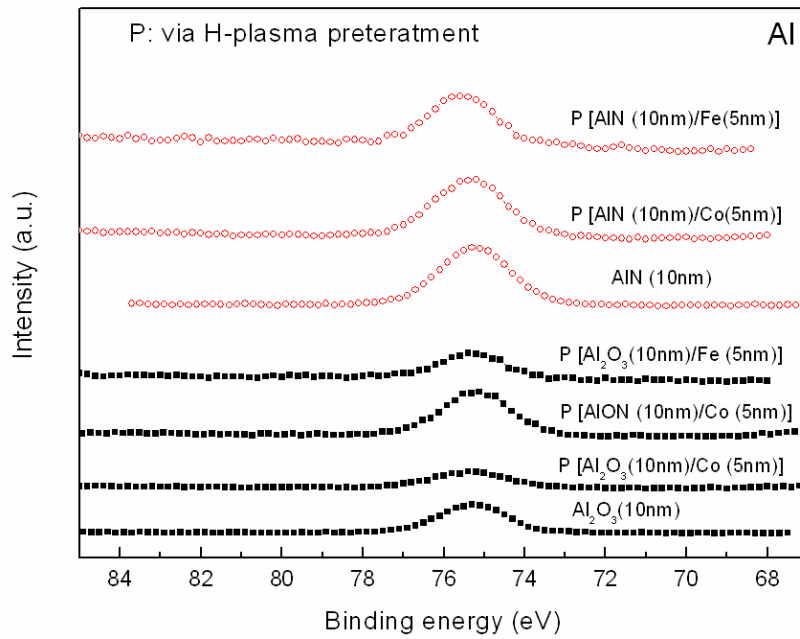


圖 4-37 鋁基緩衝層搭配 Co、Fe 觸媒經氫電漿前處理後之 XPS 圖(Al 元素)

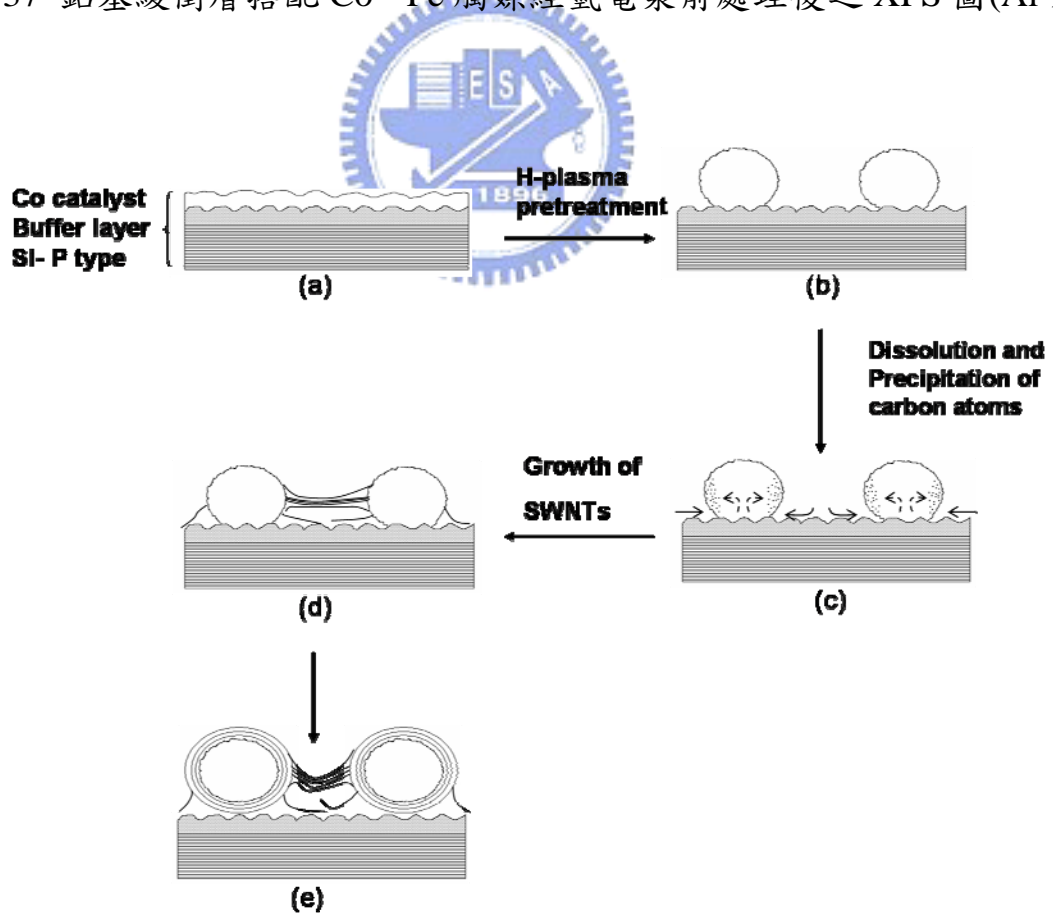


圖 3-38 Co 觸媒在鋁基緩衝層成長單壁碳管機制之示意圖



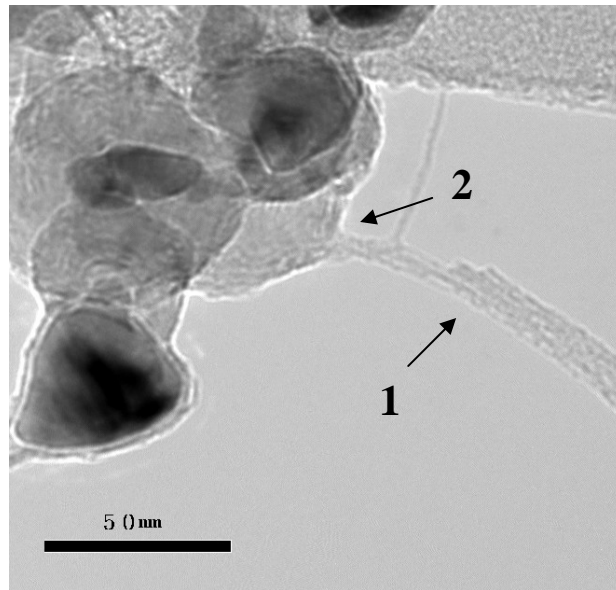


圖 4-39 (a) E3 試片單壁碳管管束與觸媒表面連結的低倍率形貌圖

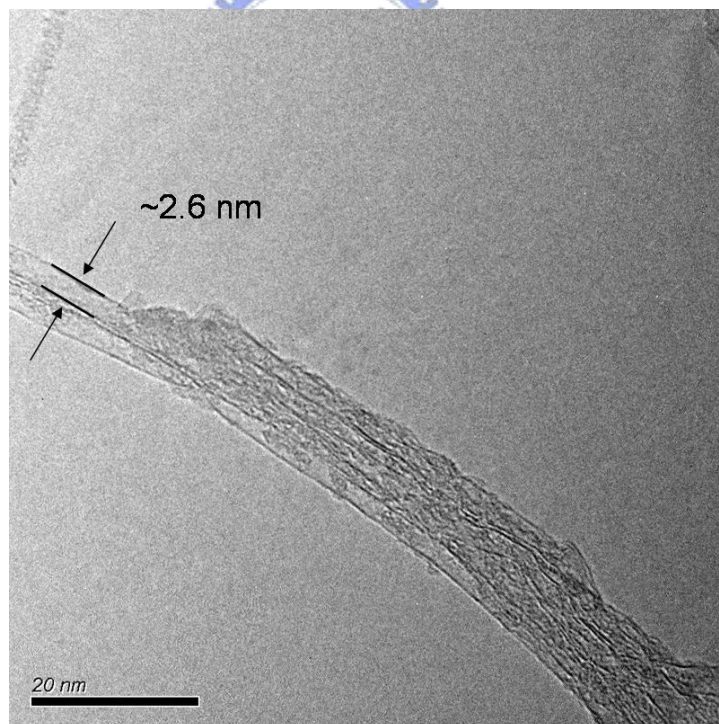


圖 4-39 (b) 為(a)圖中位置 1 的放大圖，顯示由直徑約 2.6nm 的單壁碳管構成之單壁碳管管束

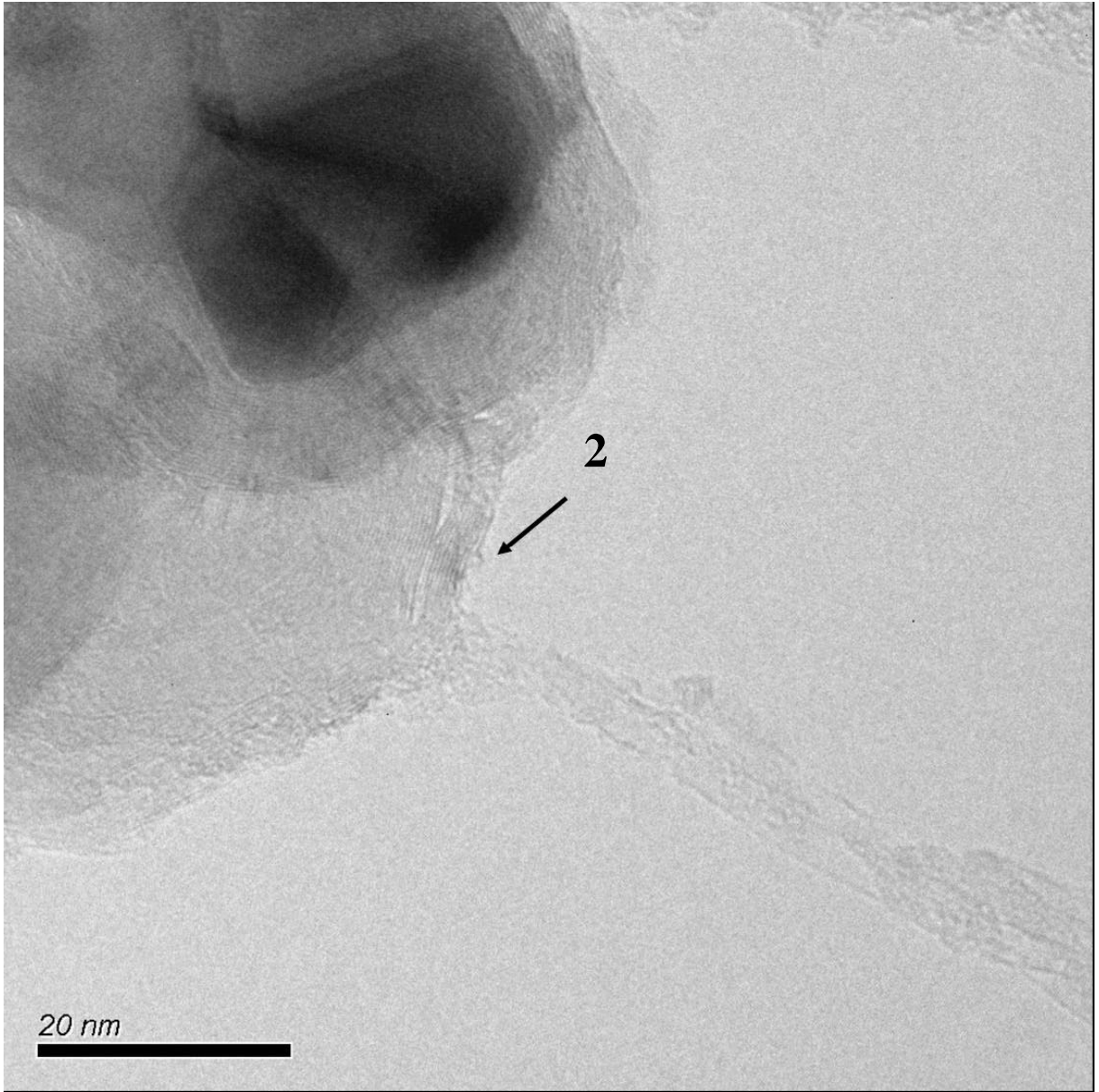


圖 4-39(c) 為(a)圖中位置 2 的放大圖

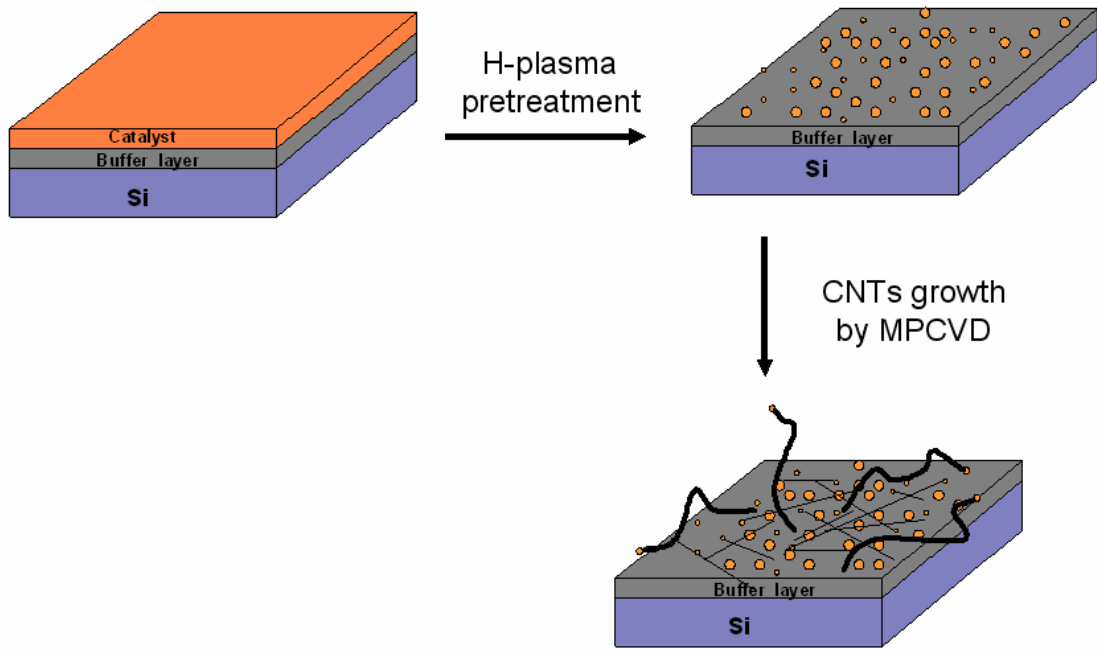


圖 4-40 Fe 觸媒在鋁基緩衝層成長單壁碳管機制之示意圖

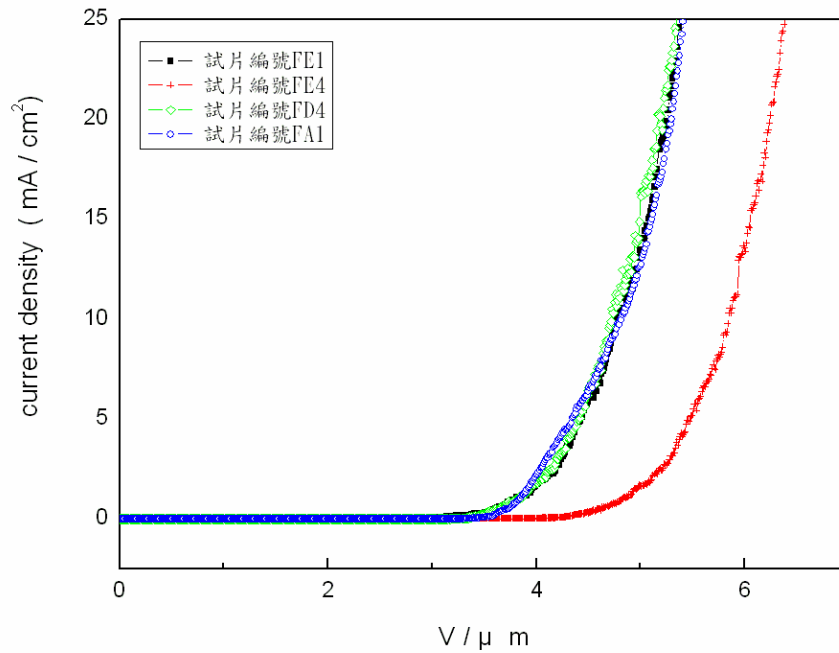


圖 4-41 碳管之 J-E 圖(以 Fe 為觸媒)