

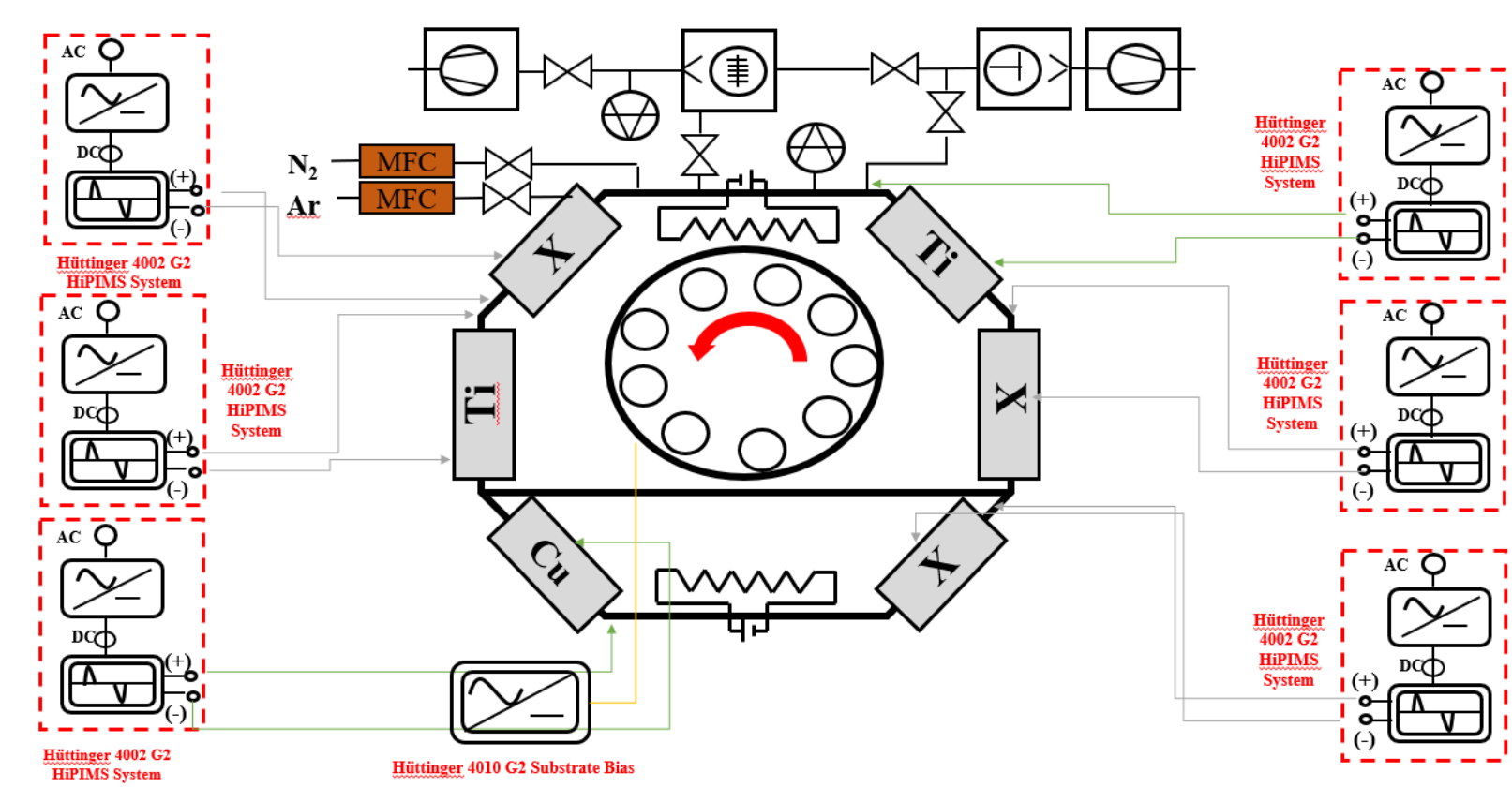
玻璃載板通孔金屬化鍍銅之特性分析：銅厚度之效應

學生:李志珈U11187106、張君茹U11187119、游詠勝U11187131、蕭項智U11187137
指導教授：張奇龍 教授

前言

本研究聚焦於解決銅(Cu)直接沉積於玻璃基板時，因界面能差異導致的附著力不佳、薄膜容易剝離，以及在玻璃通孔(TGV)內壁沉積分布不均等技術挑戰。考量到銅具備高導電率、低成本及優良加工性，是半導體先進封裝不可或缺的材料，能提升其在玻璃基板上的穩定性。採用鈦(Ti)作為中介層，利用鈦層優異的物理銜接特性，強化銅層在玻璃表面的附著強度。銅種子層的厚度直接影響後續電鍍填孔的均勻性、膜層結晶品質，因此確定最佳厚度參數對於提升TGV製程的穩定性與成品率至關重要。本研究的核心目標在於透過系統性地探討不同厚度銅種子層對膜層物理性質、電學特性與界面附著力的影響，確定Cu 種子層厚度，為後續的TGV電鍍填孔工程提供連續且穩定的導電通路。

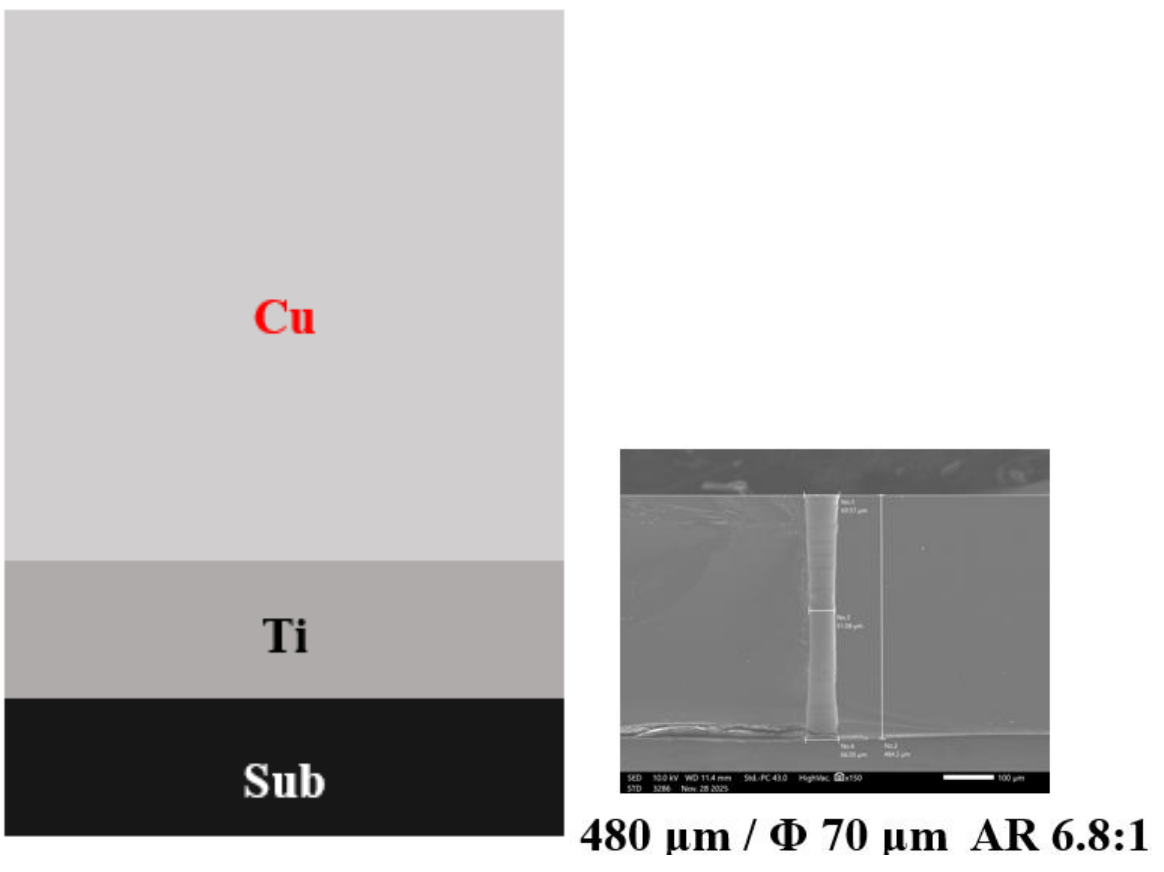
實驗參數設定



圖一、HIPIMS 腔體配置圖

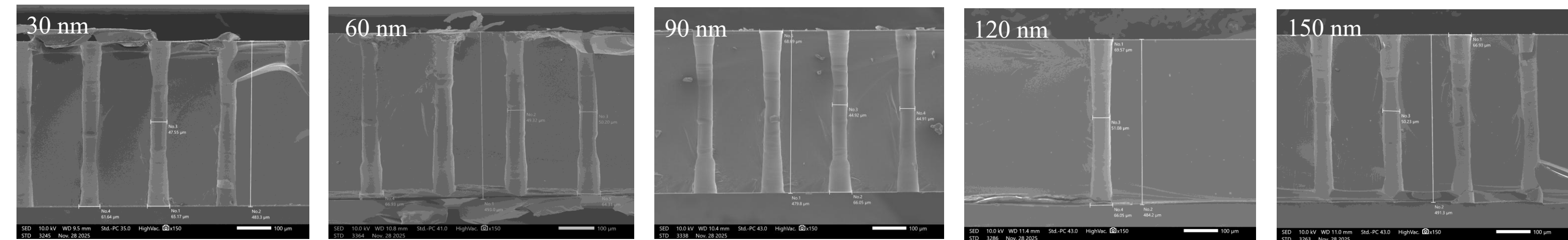
Item	parameter
Target	1*Cu/2*Ti
Substrate	Glass - TGV (AR 6.8:1) - Si
Working pressure (mtorr)	2.0
Reactive gas	Ar
Ar(sccm)	65
Output power (kW)	Ti 4 Cu 4
Cu seed layer TGV thickness (nm)	30、60、90、120、150
Ti seed layer TGV thickness (nm)	10
Duty cycle (%)	3
HiPIMS Frequency (Hz)	200
HiPIMS pulse time (μs)	150 (On time) / 4850 (Off time)
Rotating speed (rpm)	2
Substrate bias (V)	-60
Mode	Unipolar

圖二、實驗參數設定

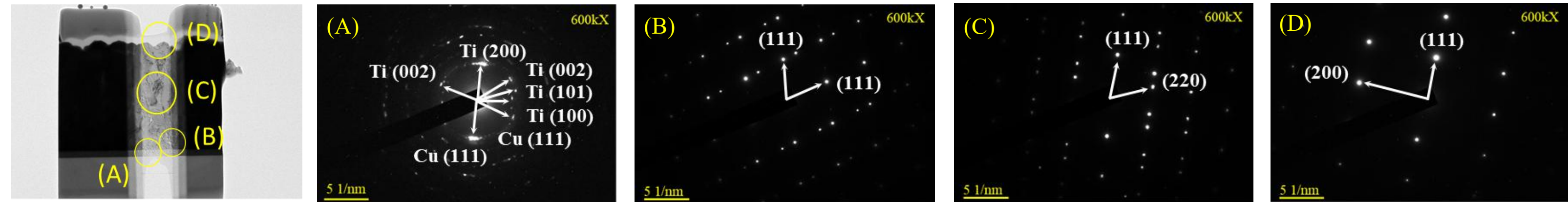


圖三、膜層分布/TGV玻璃規格

實驗成果



圖四、玻璃通孔截面形貌



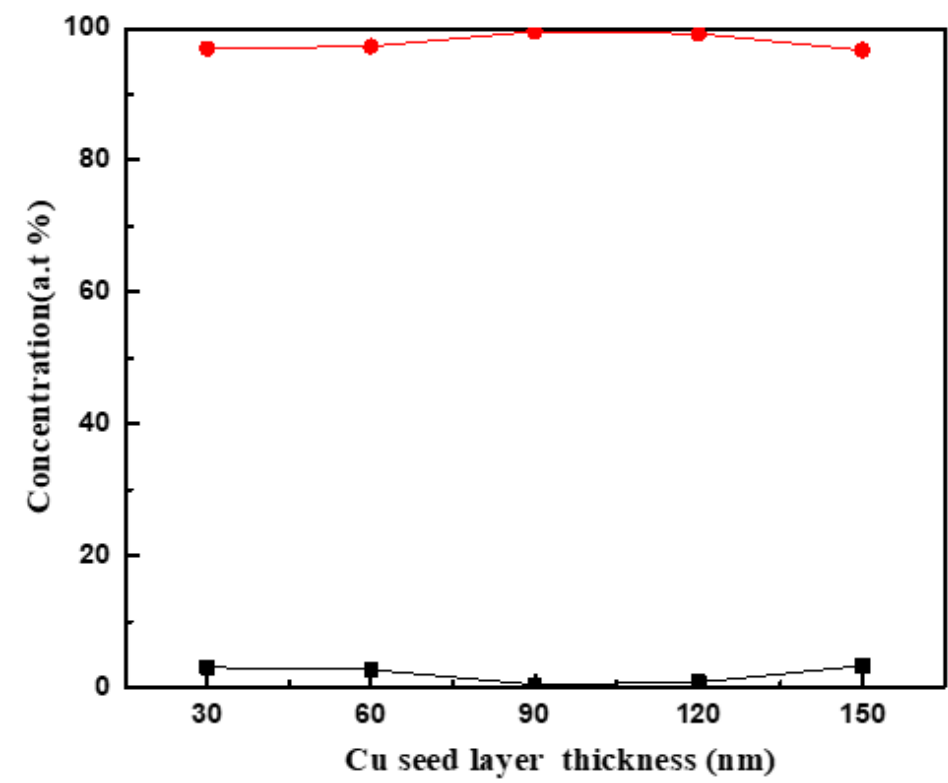
圖五、150 nm 玻璃通孔 SAED圖



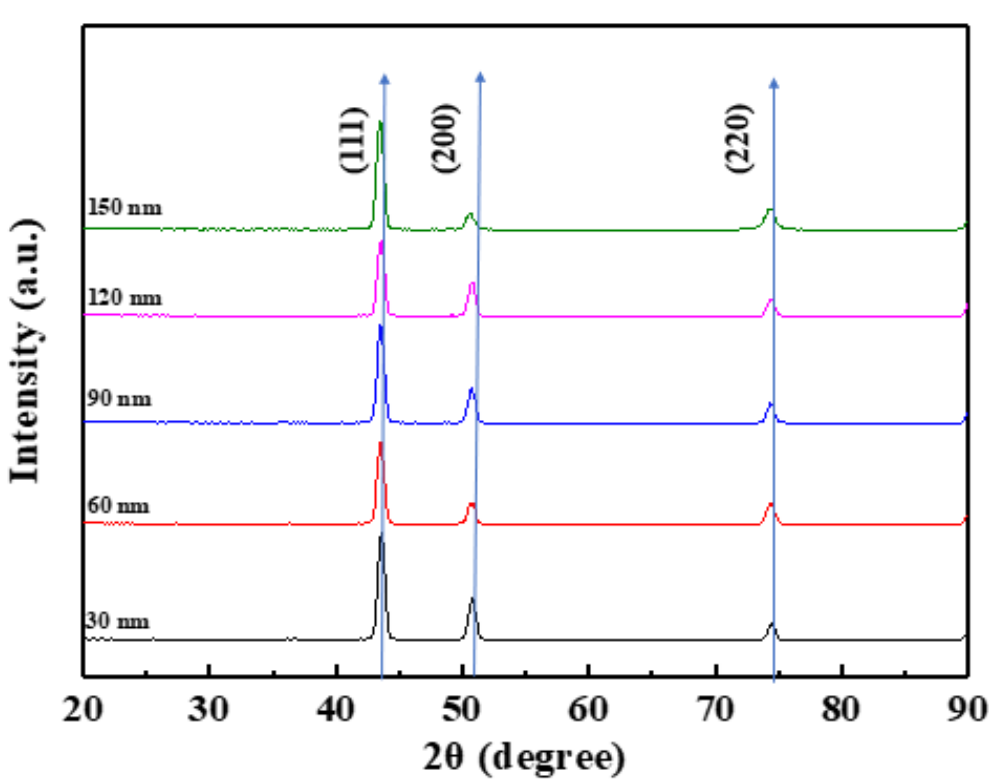
圖六、薄膜附著力測試

CLASSIFICATION OF ADHESION TEST RESULTS		
CLASSIFICATION	PERCENT AREA REMOVED	SURFACE OF CROSS-CUT AREA FROM WHICH FLAKING HAS OCCURRED FOR SIX PARALLEL CUTS AND ADHESION RATIO BY PERCENT
5B	0%	None
4B	Less than 5%	
3B	5 - 15%	
2B	15 - 35%	
1B	35 - 65%	
0B	Greater than 65%	

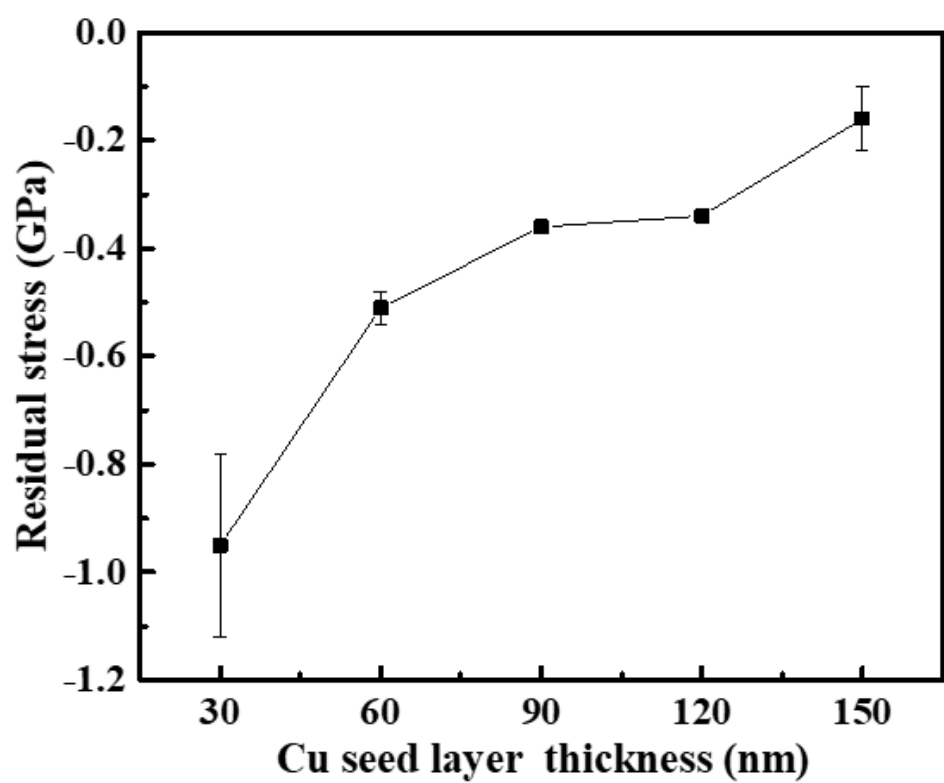
圖七、百格規範



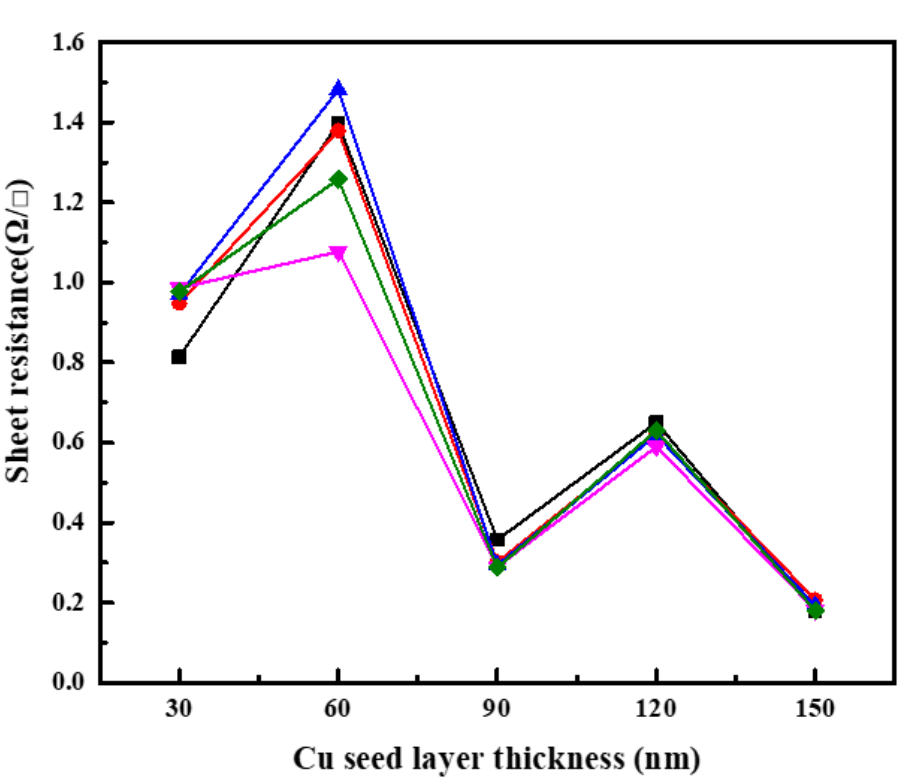
圖八、TGV表面銅和氧原子含量比例圖



圖九、XRD量測



圖十、銅層厚度與殘留應力關係圖



圖十一、銅層厚度與電阻值關係圖

結論

- 隨著玻璃通孔中間厚度 30 至 150 nm，其電阻率會隨之下降，從 1.32 下降到 0.19 $\Omega/\square$ 。
- 透過TEM確認基材上具備銅的 (111) 和 (200) 晶面特徵，其中 (111) 為優選方向，結果與 XRD量測一致。
- 薄膜厚度與殘留應力呈反比關係，薄膜越薄因缺陷密度與晶界能高而應力大，越厚則因晶粒粗化與自退火效應釋放應力而殘留應力降低，呈現較低的殘留應力，使玻璃基板不會因後續退火製程的溫度過高而產生裂紋或彎曲。
- 最佳銅種子層厚度為 90 nm，其不僅具備與150 nm 相當的低電阻特性與優異導電性，更因沉積時間與製程成本的顯著優勢，成為TGV種子層製程的最優選擇。