

題目：使用離子輔助蒸鍍系統鍍製IGZO薄膜並探討製程參數對薄膜特性之影響
學生：林柔
指導教授：謝章興 教授

簡介

IGZO具有高穿透($T\% > 85\%$)、高載子遷移率($\text{mobility} > 10 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$)與寬能隙($> 3.1 \text{ eV}$)的優勢，所以在透明電晶體的應用上被各界受矚目。然而從未有人使用離子輔助蒸鍍系統(Ion-Beam-Assisted-Deposition)沉積IGZO薄膜，本實驗利用IBAD沉積IGZO薄膜於玻璃基板上，實驗中探討改變離子槍陽極電流及氬氧比例對IGZO薄膜的光學、電性及結構之影響。最後並研究其相關性。

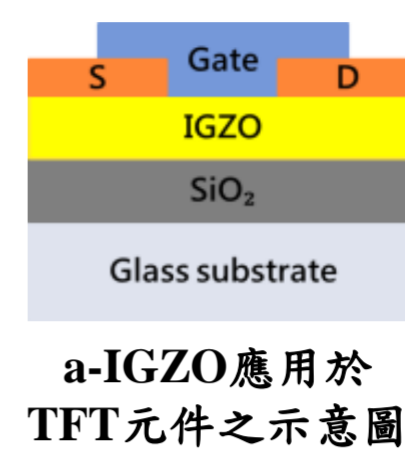
實驗步驟

製作試片 → 離子輔助蒸鍍系統 → 薄膜特性分析

Process Parameters	
Deposition Rate (Å/sec)	0.4
Working Pressure (torr)	1.7×10^{-4}
Background Pressure (torr)	3.0×10^{-7}
Substrate Temperature (°C)	25
Ar Flow (sccm)	3.75
Oxygen Flow (sccm)	1.25
Ion Gun	
Anode Potential (V)	180
Anode Current (A)	0/0.2/0.35/0.5
Gas Flow Ratio (Total flow rate 5 sccm)	
Ar : O ₂	0:100/25:75/50:50/75:25/100:0

Beam current = 20% anode current, Ion energy = 60% anode voltage

(1) 載台 (2) 膜厚偵測器 (3) 離子槍 (4) 電子束



IGZO應用，具有透明、導電及可撓性等優勢

	a-Si	p-Si	a-IGZO
電子遷移率 ($\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$)	0.5-1	100以上	10-30
均勻性	好	差	好
穩定性	差	好	好
製程溫度(°C)	150~350	250~400	150~350
成本/良率	低/高	高/低	中/高
結晶化	無	有	無

表1. TFT特性比較表(參考資料:夏普網站)

結構分析

由XRD圖可以看出，沒有結晶相的產生。從FE-SEM中並沒有看到柱狀晶，所以此為非晶結構。

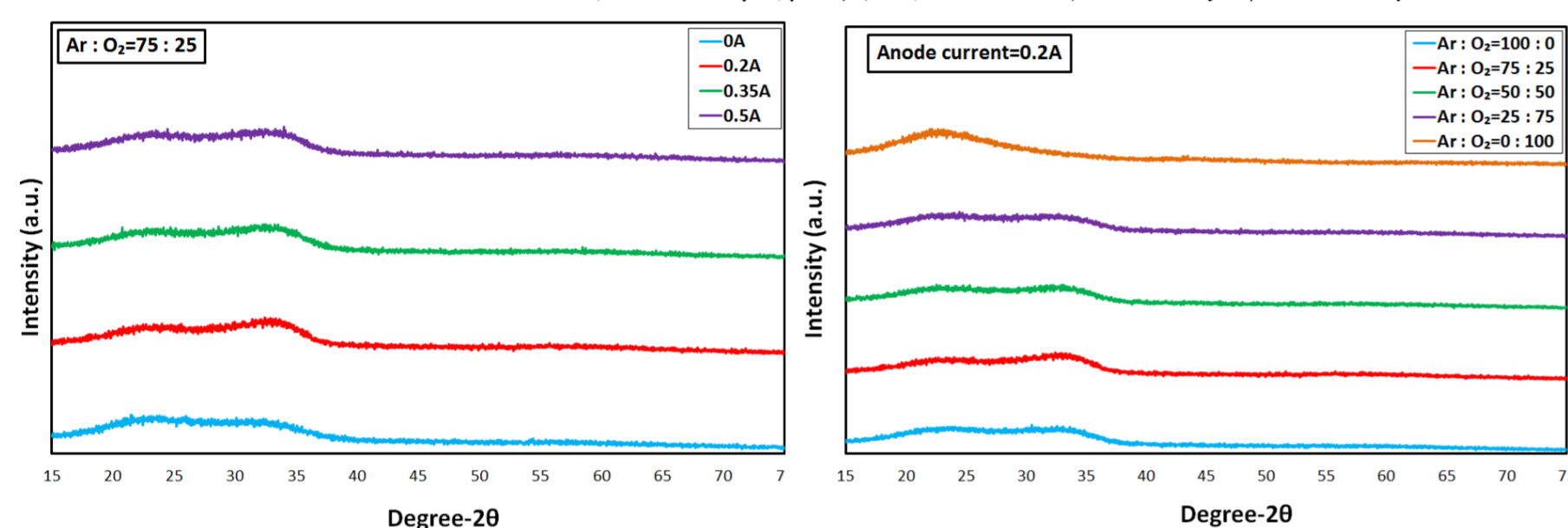


Fig.1 改變離子槍陽極電流，固定氣體流量比Ar : O₂=75:25之XRD

Fig.2 固定離子槍陽極電流為0.2A，改變氣體流量比Ar : O₂=75:25之XRD

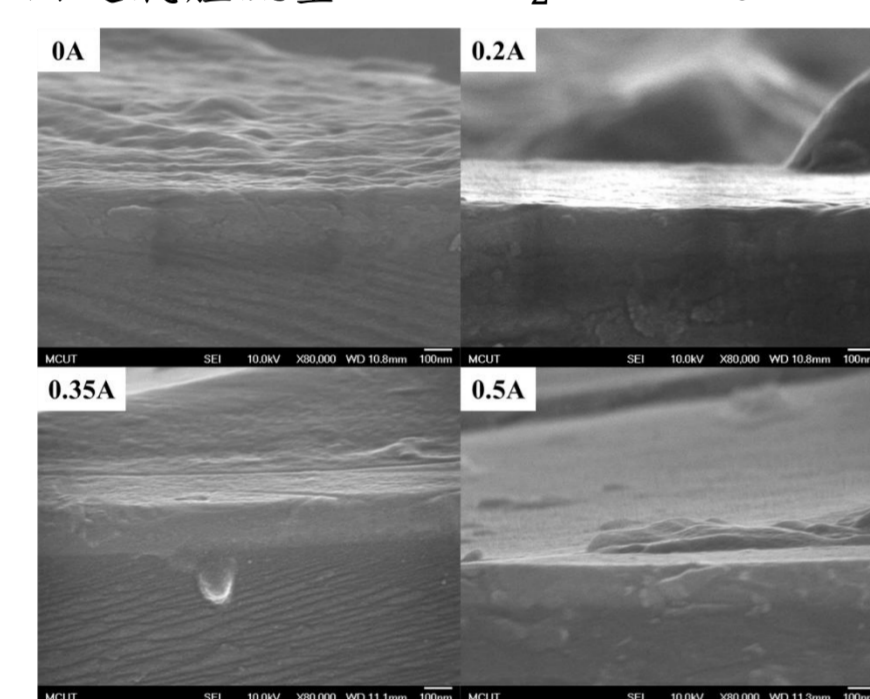


Fig.3 改變離子槍陽極電流，固定氣體流量比Ar : O₂=75:25之FE-SEM

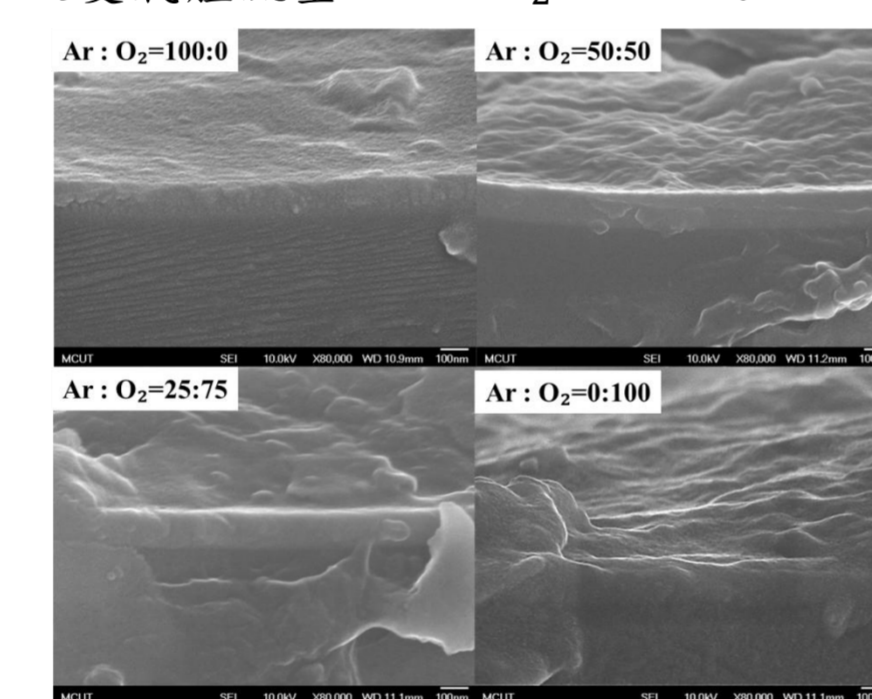


Fig.4 改變氣體流量比，固定離子槍陽極電流為0.2A之FE-SEM

光學特性

固定氣體流量比，加離子槍陽極電流之試片明顯有較高的穿透率。氣體流量比為Ar : O₂=75:25、50:50、0:100之試片在可見光範圍穿透率都有達到90%。

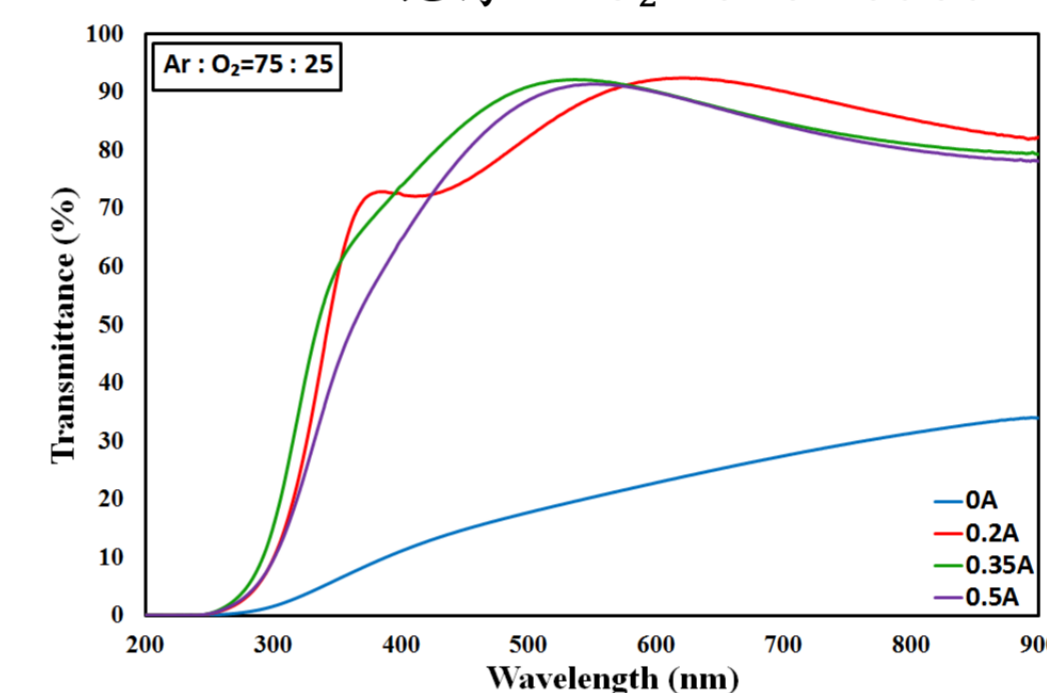


Fig.9 為改變離子槍陽極電流，固定氣體流量比Ar : O₂=75:25之UV光譜圖

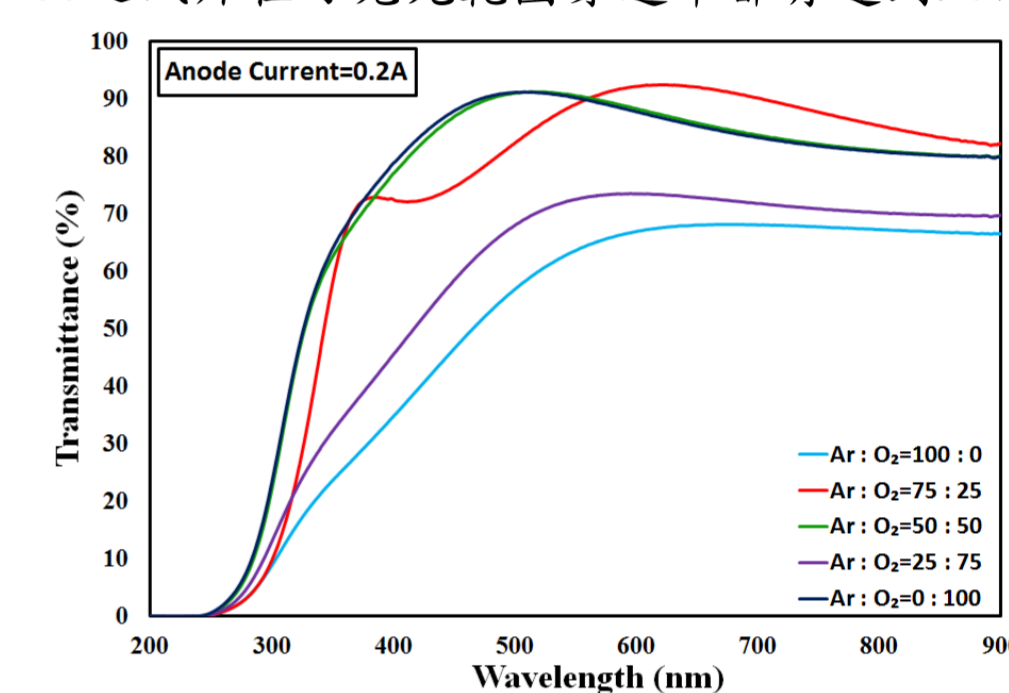


Fig.10 為改變氣體流量比，固定離子槍陽極電流為0.2A之UV光譜圖

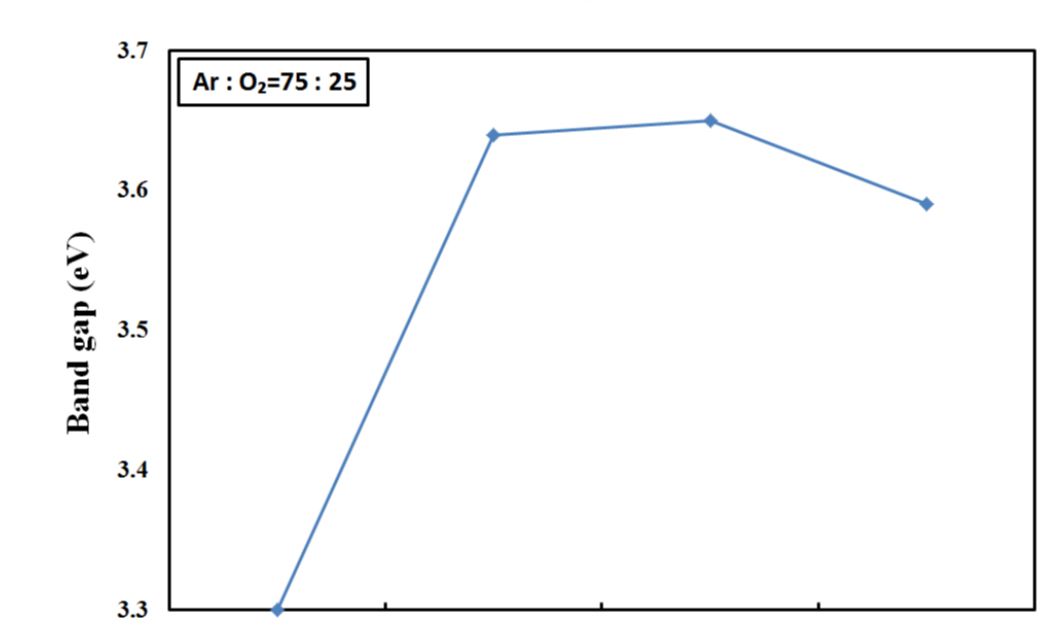


Fig.11 改變離子槍陽極電流，固定氣體流量比Ar : O₂=75:25之能隙關係

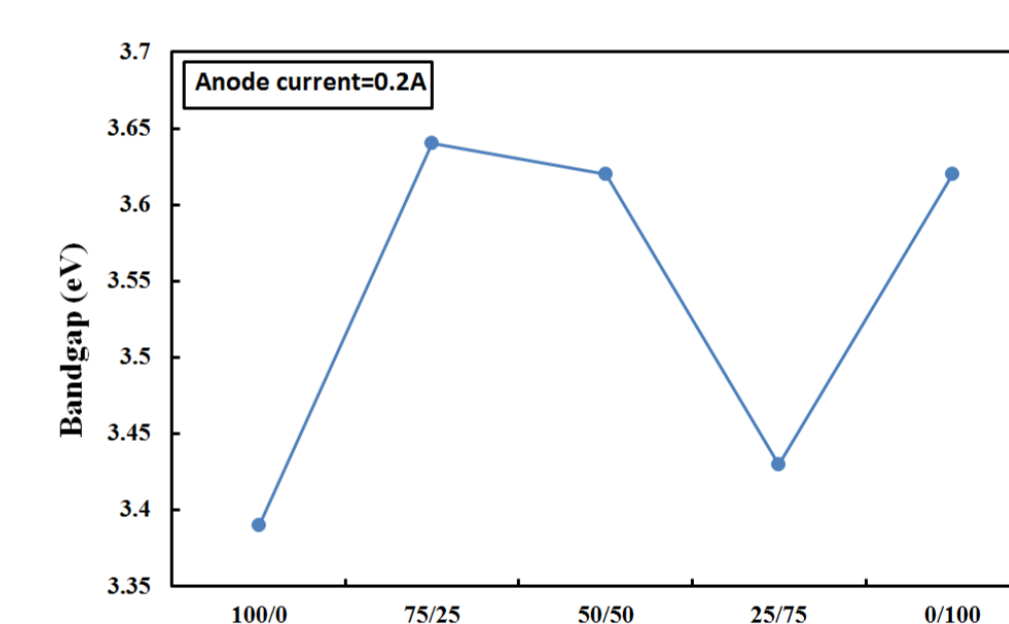


Fig.12 改變氣體流量比，固定離子槍陽極電流為0.2A之能隙關係

研究成果

成份分析

當Ga成分的比例偏高，因Ga與氧形成的鍵結比Zn或In與氧的鍵結更強而壓抑了藉由氧空缺所形成的載子，導致得到較低的載子濃度。摻入的In由於是重金屬元素，有較好的載子遷移率。

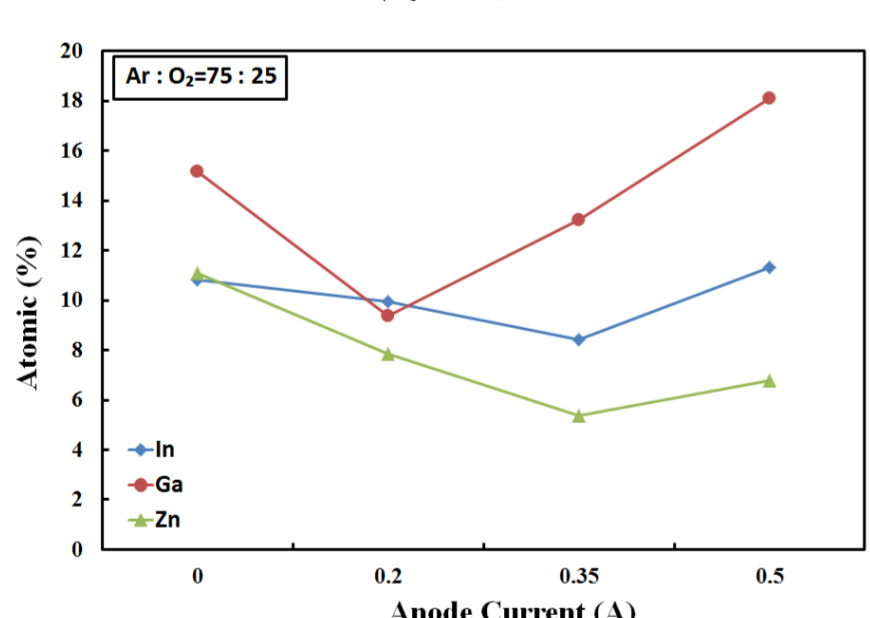


Fig.5 為改變離子槍陽極電流，固定氣體流量比Ar : O₂=75:25

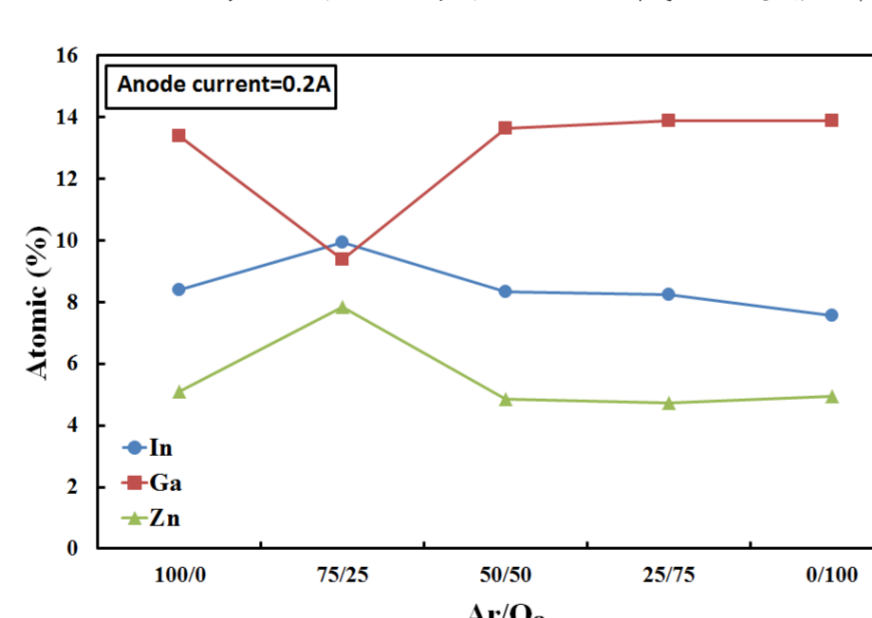


Fig.6 為改變氣體流量比，固定離子槍陽極電流為0.2A

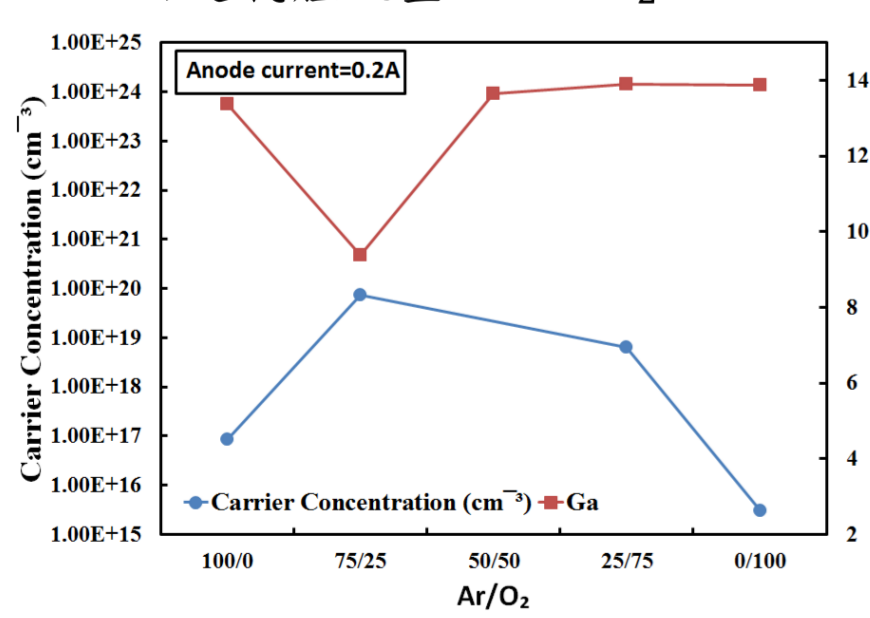


Fig.7 為改變氣體流量比，固定離子槍陽極電流為0.2A之載子濃度與鎵原子含量關係。

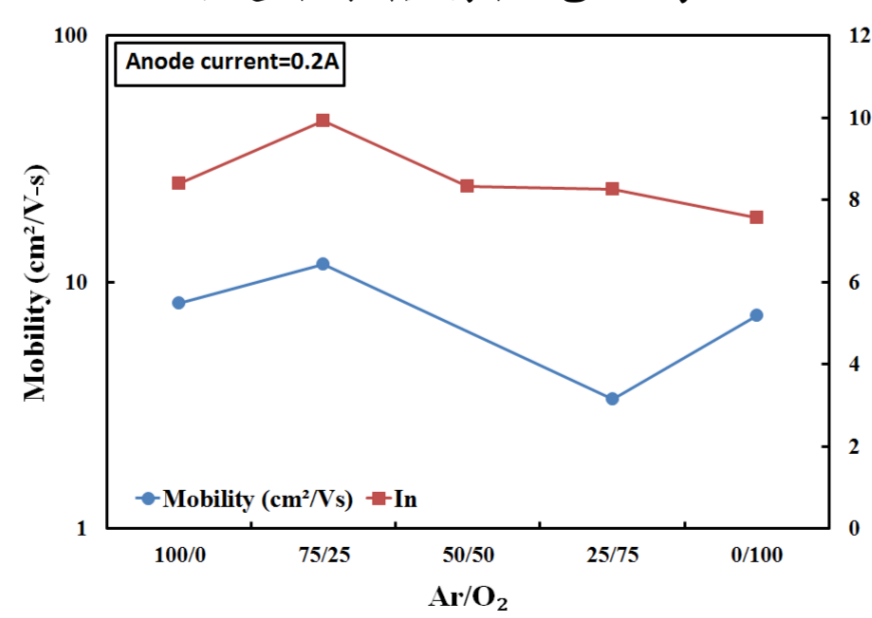


Fig.8 為改變氣體流量比，固定離子槍陽極電流為0.2A之載子遷移率與銦原子含量關係。

電學特性

藉由調整In、Ga、Zn、O，四者的比例可以控制載子濃度(carrier concentration)、載子遷移率(mobility)以及電阻率(resistivity)。

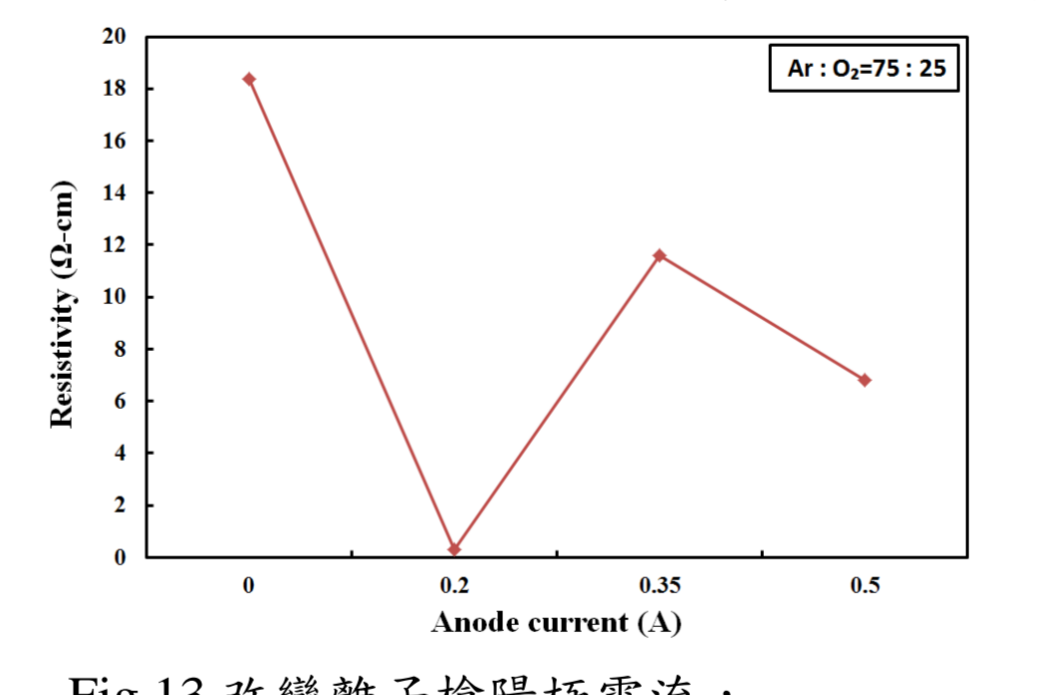


Fig.13 改變離子槍陽極電流，固定氣體流量比Ar : O₂=75:25之電阻率變化

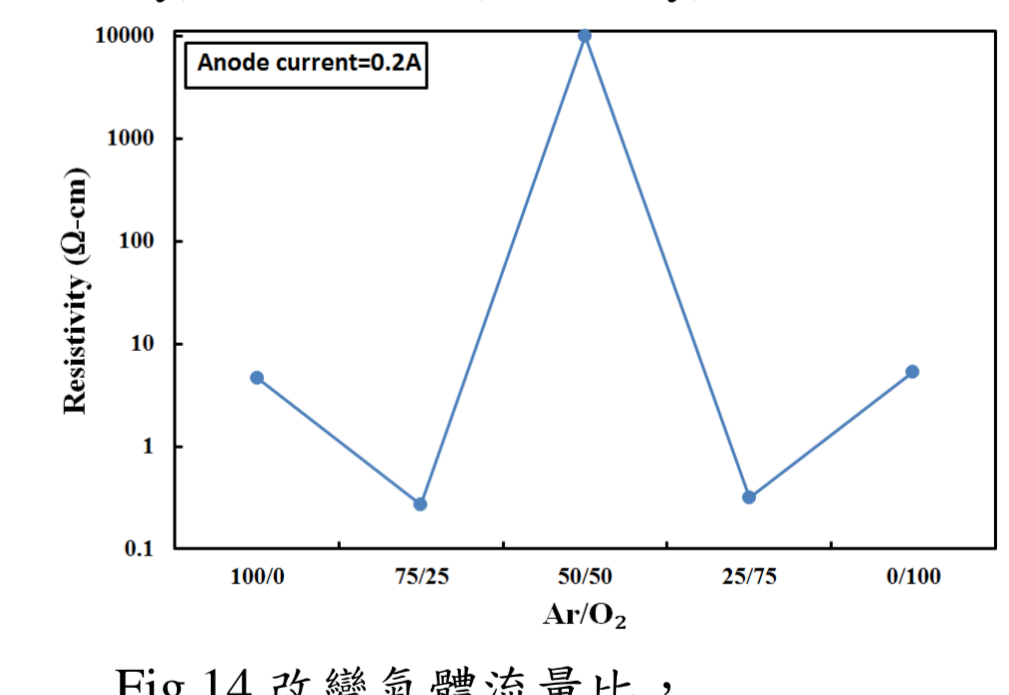


Fig.14 改變氣體流量比，固定離子槍陽極電流為0.2A之電阻率變化

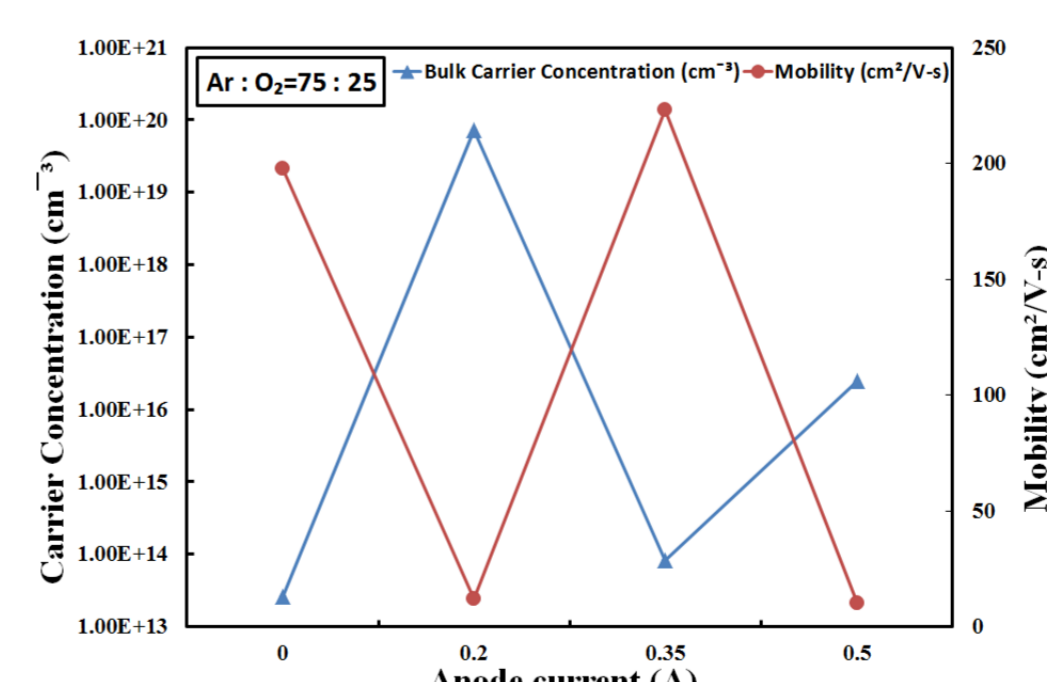


Fig.15 改變離子槍陽極電流，固定氣體流量比Ar : O₂=75:25之載子濃度與載子遷移率

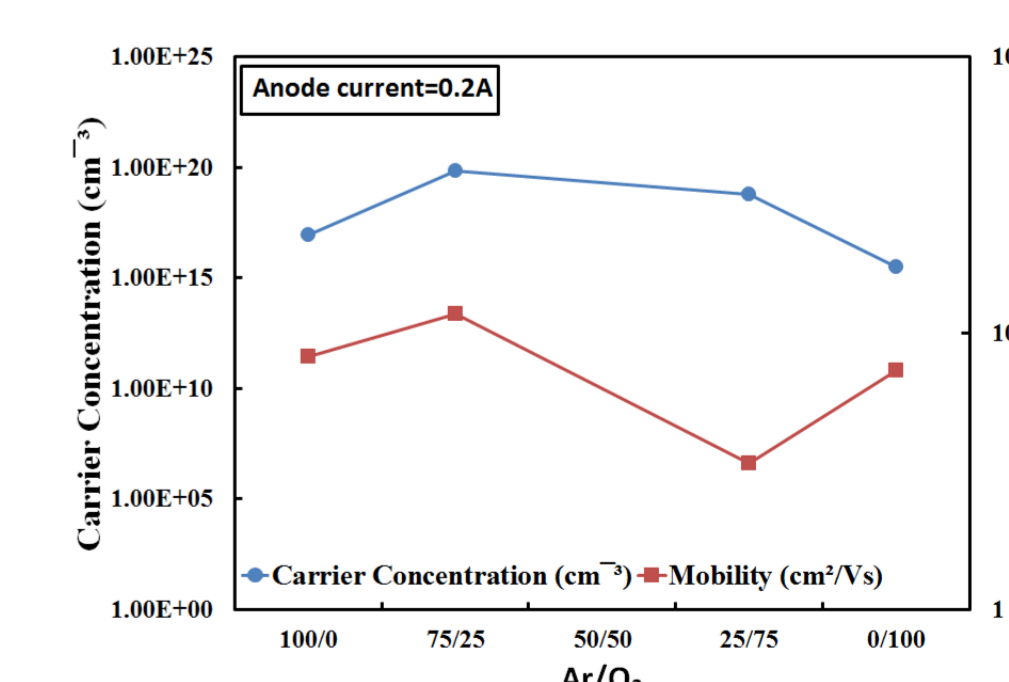


Fig.16 改變氣體流量比，固定離子槍陽極電流為0.2A之載子濃度與載子遷移率

結論

本實驗成功利用離子輔助蒸鍍系統(IBAD)製備出a-IGZO薄膜。從UV光譜圖中可以看出氣體流量比為Ar : O₂=75 : 25、50 : 50、0 : 100之試片在可見光範圍穿透率都有達到90%。由載子濃度可以看出，由於離子槍陽極電流為0.2A而氣體流量比為Ar : O₂=75 : 25的試片，其薄膜組成的原子結構最接近文獻中所提到的原子比例In : Ga : Zn : O=1 : 1 : 1 : 4，此時有最高的載子濃度及遷移率。

致謝：陳詩婷技士、江美貞技士、賴逸樺學姊、張哲愷學長、林羿孜學姊、劉上綸學長、江日升學長 的幫助