

高頻功率氮化鋁鎵/氮化鎵高電子
遷移率電晶體電性之改善
(利用SiN鈍化層)

**Development of InAlN/GaN HEMT for
High Power and High Frequency
Applications**

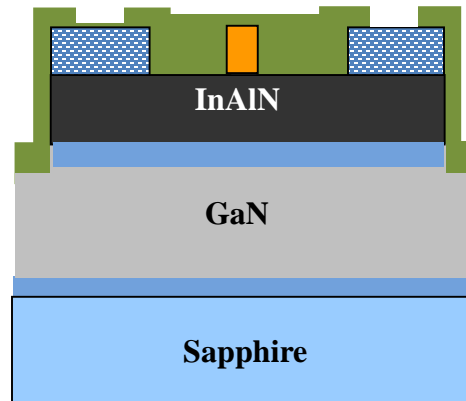
專題學生：王鈞

指導教授：張翼 教授

交通大學材料系

實驗流程

用丙酮和異丙醇清洗試片表面的有機物，接著浸泡BHF(buffer Hydrofluoric acid)溶液以蝕刻掉表面的原生氧化層，之後以標準接觸式對準黃光製程，定義主動區域，使用感應耦合式電漿蝕刻機進行電漿蝕刻，完成MESA製程，之後以標準接觸式對準黃光製程，定義歐姆接觸區域並使用電子束蒸鍍系統沉積Ti/Al/Ni/Au金屬，用丙酮和異丙醇把多餘的金屬下層之光阻溶解剝除(liftoff)，快速熱處(RTA)800°C 60sec在周圍氣體是氮氣的環境(5×10^{-6} torr)去形成歐姆接觸，之後利用電子束微影系統(Electron Beam Lithography System, E-Bean)製作之200奈米線寬閘極並使用電子束蒸鍍系統沉積Ni/Au金屬，用丙酮和異丙醇把多餘的金屬下層之光阻溶解剝除(liftoff)，最後利用PECVD成長氮化矽薄膜形成鈍化層，並以感應耦合式電漿蝕刻機進行VIA蝕刻

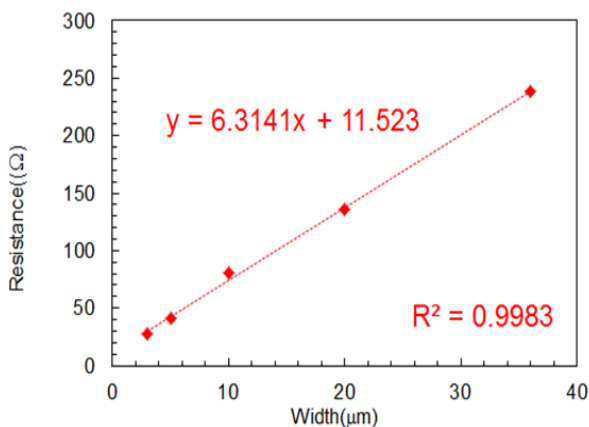
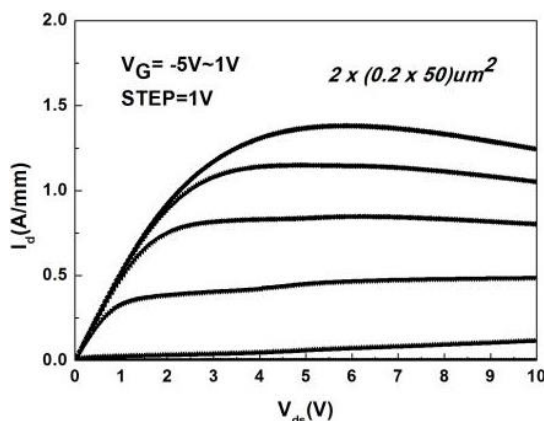


$$\begin{aligned}L_{SD} &= 2 \text{ } \mu\text{m} \\L_G &= 0.2 \text{ } \mu\text{m} \\W_G &= 2 \times 50 \text{ } \mu\text{m}\end{aligned}$$

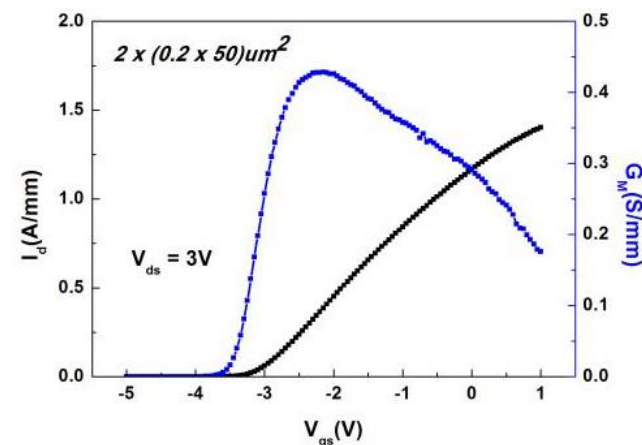


DC 量測

(a) TLM量測歐姆接觸

(b) $I_{ds}-V_{ds}$ 

(c) Transfer curves

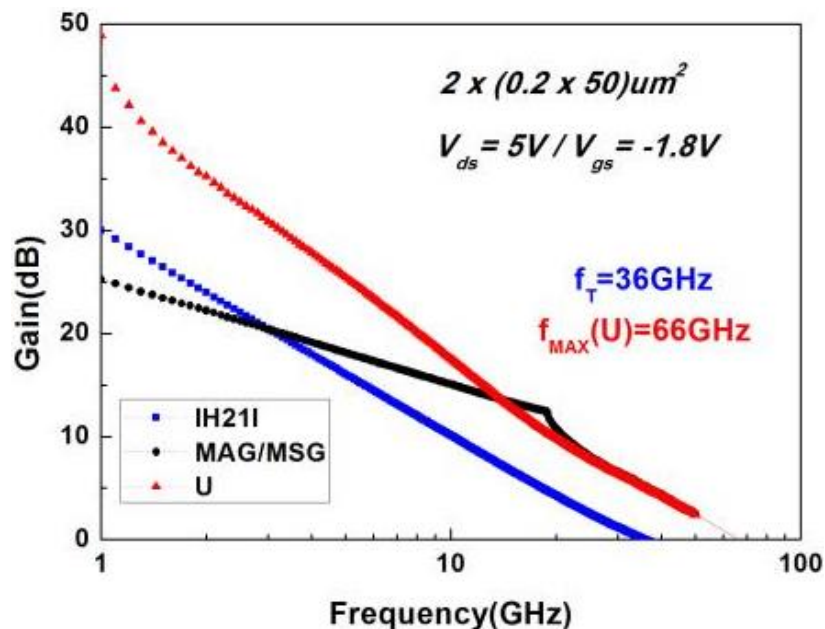


1. 接觸電阻為 $0.43 \Omega \cdot \text{mm}$ 、線性特徵接觸電阻($3.89 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}^2$)，結果顯示在經過快速熱退火後，其有好的歐姆接觸的特性
2. $I_{ds}-V_{ds}$ 電性量測，其在閘極偏壓為1V、汲極偏壓為6V時有最大汲極電流密度為 1.38 A/mm
3. 汲極偏壓為3V時有最大轉導值 429 mS/mm ，而起始電壓為 -3.1 V

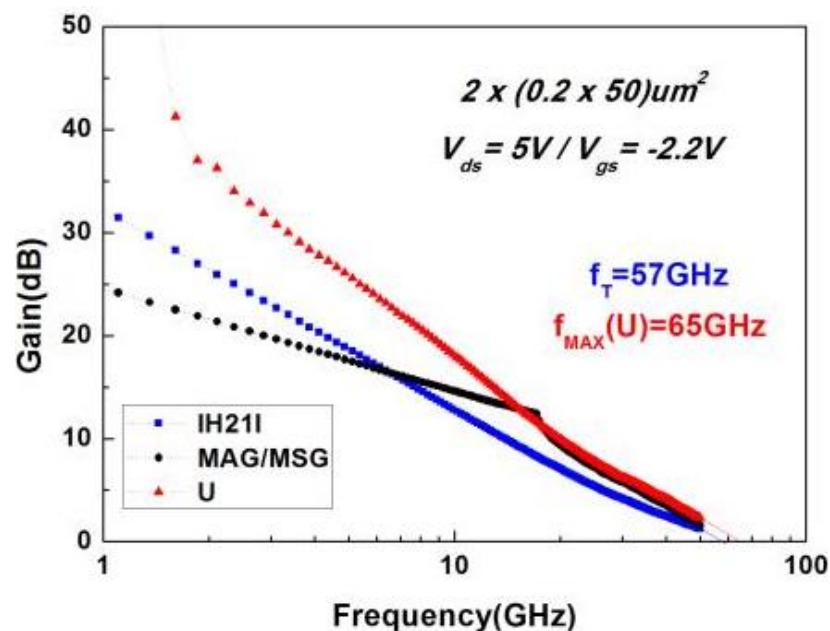


小訊號模型量測

(a) W/O passivation
(Before pad deembedded)
(為沉積鈍化層)



(b) With SiN_x passivation
(Before pad deembedded)
(已沉積鈍化層)

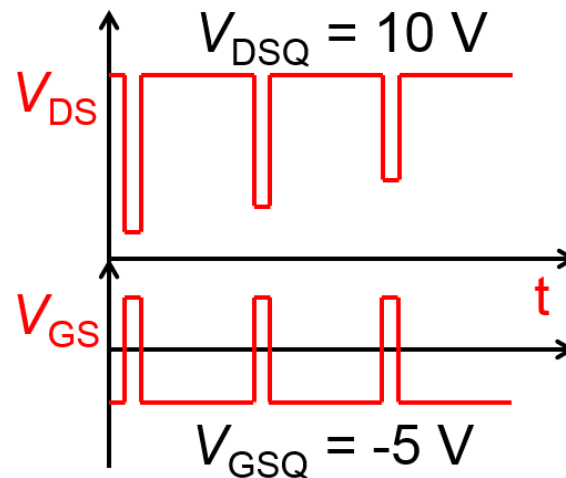
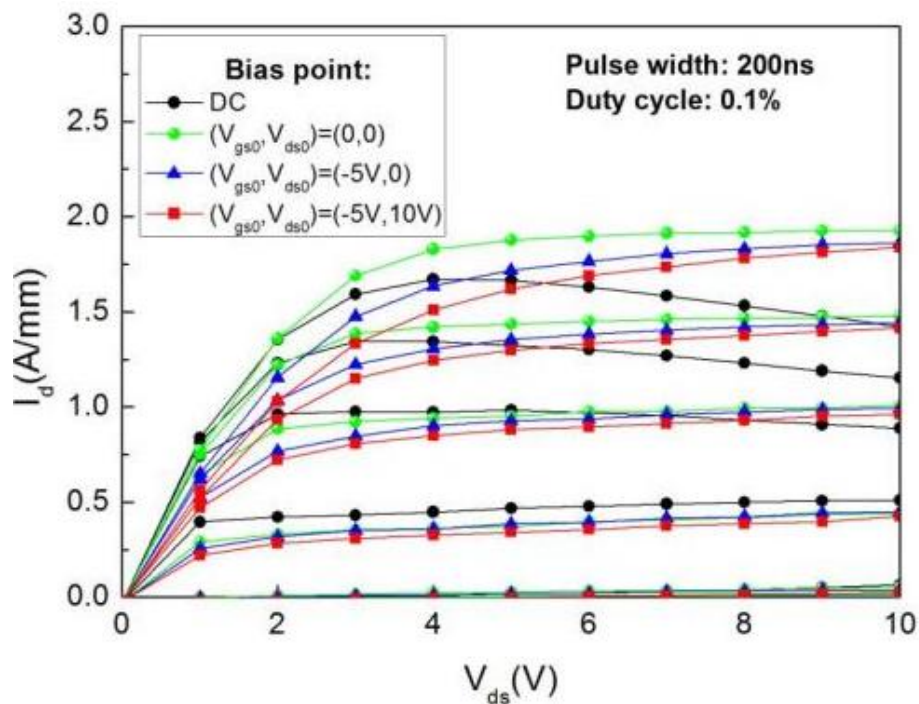


最大截止頻率從36GHz增加到65GHz，而其最大功率截止頻率從66GHz略減到65GHz，因為雖然最大功率截止跟最大截止頻率成正比，但是最大功率截止頻率會跟電容成反比，然而沉積上鈍化層後，電容會比跟空氣接觸時增加不少，也因此最大截止頻率不會有太大的變化



Pulse IV量測

Pulse $I_{ds}-V_{ds}$ 電性量測



Pulse IV的量測，是用不同的靜止閘、汲極偏壓以及不同Pulse width和Duty cycle所量測出來的，不同的Pulse width反映出不同的trapping lifetime

在Gate lag方面，僅有5.7%的電流降，而在Drain lag方面，僅有9.7%的電流降，其顯示氮化矽為一極好的鈍化層薄膜材料



Conclusions

1. 觸電阻為 $0.43\ \Omega \cdot \text{mm}$ 、線性特徵接觸電阻($3.89 \times 10^{-6}\ \Omega \cdot \text{cm}^2$)，結果顯示在經過快速熱退火後，其有好的歐姆接觸的特性
2. I_{ds} - V_{ds} 電性量測可以看出其具有好的電性
3. 最大轉導值 $429\ \text{mS}/\text{mm}$ 可看Gate具有好有的控制能力
4. 沉積上鈍化層後，在Gate lag方面，僅有5.7%的電流降，而在Drain lag方面，僅有9.7%的電流降
5. 截止頻率從36GHz增加到65GHz，而其最大功率截止頻率從66GHz略減到65GHz，可看沉積上鈍化層後可以使元件操做的頻率大幅增加
6. Pulse IV量測和小訊號模型量測可以看出借由鈍化曾得到電性的改善，是因為解決的表面斷鍵的問題，使電子不會trapping在斷鍵的缺陷中

