

micro-LED集積化における側面の制御による電極の形成

Impact of dry-etch conditions on the mesa shape in integrated micro-LED

山崎 大和¹⁾

指導教員 本田 徹^{1,2)}

研究協力者 尾沼 猛儀²⁾、山口智広²⁾

1) 工学院大学大学院 工学研究科 電気電子工学専攻 フォトニクス研究室

2) 工学院大学 先進工学部 応用物理学科

キーワード：micro-LED、モノリシック集積、pixel

1. 背景

発光ダイオード(Light Emitting Diode: LED)を $100\mu\text{m}$ 以下に微細化したmicro-LEDを画素としたmicro-LEDディスプレイは次世代のディスプレイとして期待されているが、LEDの微細化及び大量のLEDが必要なこと、それらの精密な配置に大きなコストがかかるという課題がある[1]。そこで基板をエッチングすることにより微細化と配列を同時に行うトップダウン方式のモノリシック集積技術に着目した。本研究室で用いているGaN系LEDのドライエッチングでは塩素系ガスとArガスを含んだ異方性の高い条件を使用している。しかし、この高い異方性により側面の垂直性が高くメサ形成後、真空蒸着による電極配線時に不連続な電極が形成され接触不良が発生する。本実験では連続的な電極形成を目指し、側面を制御するドライエッチング条件の検討を行った。

2. 実験方法

まず、(0001)サファイア基板の上にAlNを8 nm、GaNを $3\mu\text{m}$ を成長したテンプレートを用いた。フォトリソグラフィを用いてレジストパターンを形成し、ドライエッチングを行った。ドライエッチングに使用したガスは BCl_3 、 Cl_2 を15 sccm、20 sccmで混合したガスを用いた[2]。RF ICP Power 150 W、プロセス圧力 0.8 Paを一定の下、RF Bias Powerを

10 W~40 Wまで変化させ、各6か所ずつメサ側壁を測定した。評価にはFE-SEM、接触式形状測定装置、レーザー顕微鏡を用いた。

その後、本研究室で製作している micro-LED 製作プロセスにおいてこのエッチング条件を用いた。

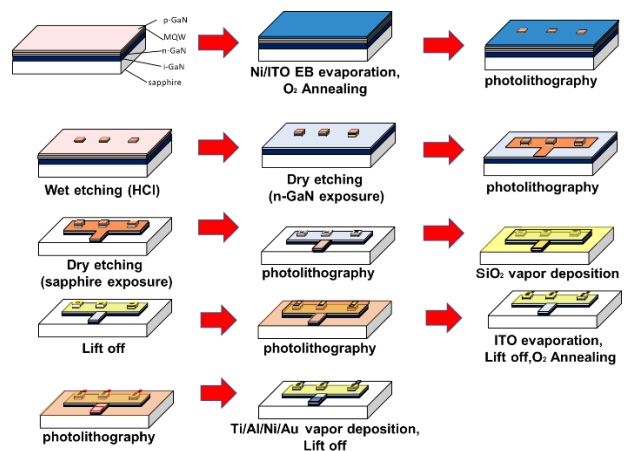


図1. micro-LED pixel 製作プロセスの模式図.

3. 結果と考察

図1に RF Bias Power 30 Wで60秒間エッチング後のメサ側面の鳥瞰SEM像を示す。勾配角は面内方向からメサ内側の角度と定義する。図2に上記の条件で3分36秒間エッチング後、 SiO_2 を蒸着した側面の鳥瞰SEM像を示す。勾配角は 78° で、連続膜を蒸着することに成功した。図3にレーザー顕微鏡で測定した勾配のRF Bias Power 依存性を示す。側

面の勾配はそれぞれRF Bias Powerが10 Wの時88.3°、20 Wでは84.3°、30 Wでは83.4°、40 Wでは86.0°であった。

ドライエッチング中Arを使用する場合、その物理的スパッタリング効果により異方性エッチングが起こり、垂直性が実現される。塩素系ガスの併用により化学的エッチングを同時利用し、損傷層の除去を行うとされている。化学反応によるエッチングは等方性が期待できるため、今回のメサ形成では塩素系ガスのみでエッチングすれば側面形状(勾配角)をなだらかにすることができるのではないかと考えた。図3よりRF Bias Powerと側面の勾配に依存がないことから、本エッチングは主に化学反応が寄与していることが示唆される。今回成功した勾配角低減は、化学反応を主とするエッチングが支配的になったためと考える。

4. 結論

連続的な電極形成を行うために側面を制御するドライエッチング条件の検討を行った。ドライエッチングにより、滑らかな側面を形成し連続的な蒸着に成功した。本技術によりトップダウン方式のモノリシック集積法によるmicro-LEDディスプレイ製作において、電極の断線を防止することが可能となった。

謝辞

本研究で用いたLED ウェハをご提供いただいた産業技術総合研究所の清水 三聡 博士、高橋 言緒 博士に心より深く感謝申し上げます。

参考文献

- [1] K. Ding *et al.*, Appl.sci. 9, 1 (2019).
- [2] Y. Zhang *et al.*, Appl. Phys. Lett. 110, 2 (2017).

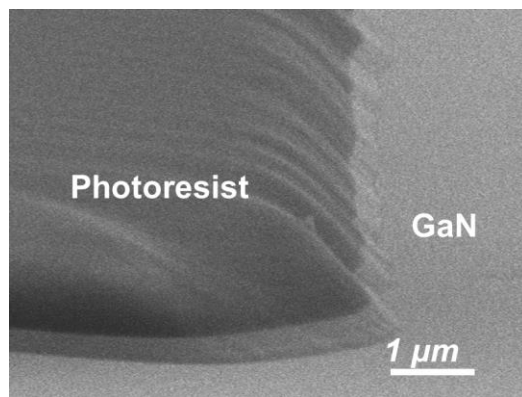


図 2. GaN テンプレート上に形成されたメサ構造の鳥瞰 SEM 像(×10,000 倍).

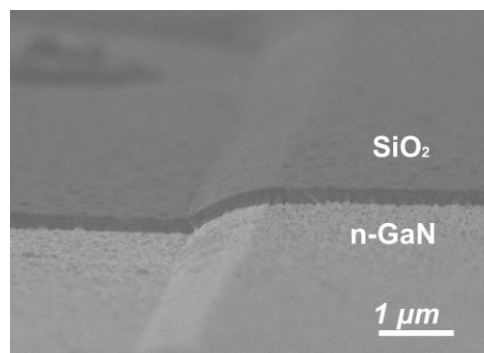


図 3.層間絶縁層 SiO₂ 蒸着 micro-LED pixel.

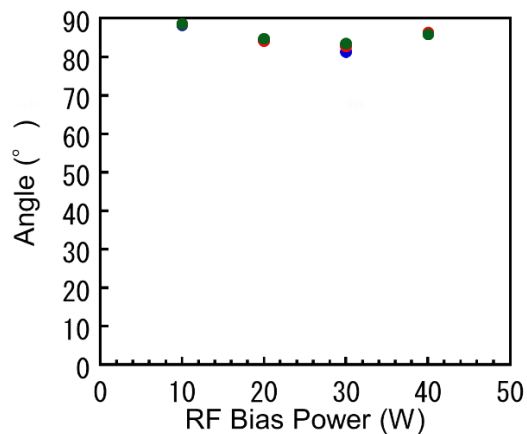


図 4. RF Bias Power と勾配角の関係.