

大型マイクロ波プラズマ源による TFT 液晶ディスプレイのドライエッチング

Dry-Etching Technology for Large TFT-LCDs Using Microwave Plasma

青木 克明
K. Aoki清水 政俊
M. Shimizu木下 正治
M. Kinoshita

TFT-LCD (薄膜トランジスタ型液晶ディスプレイ) 用基板の大面积化に対応できる、大型のマイクロ波励起プラズマ源を開発した。このプラズマ源は、プロセスチャンバ内にマイクロ波を直接導入することで、基板に近接した位置で大型の高密度なプラズマを発生できる。

このプラズマ源を用いて、360 mm×465 mm の TFT-LCD 用基板について、ゲート線 (Mo と Ta の合金薄膜) を高速で均一なテーパ形状にエッチングした。

その結果、エッチング性能として、テーパ形状を $35^\circ \pm 10'$ に制御しながら、エッチング速度 130 nm/min 以上、均一性 $\pm 6\%$ を達成した。これにより、従来のマイクロ波ダウンフロー方式のエッチングに比べて、2 倍の高速化が実現できた。

We have developed a large-size microwave excitation plasma source capable of handling large thin-film transistor liquid-crystal display (TFT-LCD) substrates. The microwave propagates vertically to the process chamber, allowing a large-size and high-density plasma source to be realized.

For molybdenum-tantalum alloy film on 360 mm×465 mm glass substrate, excellent taper etching performance was obtained: an etching rate exceeding 130 nm/min, $\pm 6\%$ uniformity, and a $35^\circ \pm 10'$ taper angle. As a result, the newly developed system has achieved double the throughput compared with the present microwave downflow etching system.

1 まえがき

TFT-LCD の製造工程においては、生産性向上のために、ガラス基板の大型化によるパネルの多面取りとスルーボット向上が進められている。現在では、10.4 インチクラスのパネルが 4 面取れるサイズとして、360 mm×465 mm のガラス基板が使用されているが、ドライエッチングではこのような大面积基板を、高速で均一にエッチングすることが要求されている。

図 1 に示す TFT-LCD のゲート線のエッチングでは、デバイスに対してダメージが少ない、レジストとの選択比が高い、テーパ形状に制御よくエッチングできることなどが必要である。このため、ケミカルドライエッチング (CDE) 方式を用いてきた。この方式では、プラズマ中の活性種をエッチングしたい基板まで輸送するため、その間に活性種が再結合などによって失活してしまい、エッチング速度の向上には限界があった。

これを解決するため、基板の近傍で高密度プラズマを生成し、活性種の失活を抑える新しい大型マイクロ波励起プラズマ源を開発し、ガラス基板上の Mo と Ta の合金薄膜のテーパエッチングの高速化を実現した。

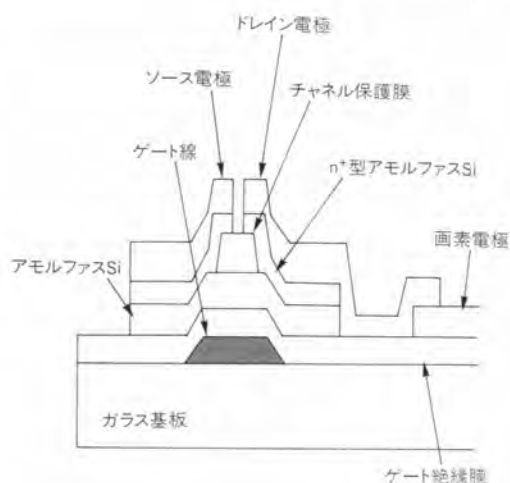


図 1. チャンネル保護方式の TFT-LCD の断面。ゲート線は後工程で段切れを起こさないようにテーパ形状に加工される。

Cross-sectional outline of TFT-LCD

2 マイクロ波励起プラズマ源

2.1 プラズマ源の構造

開発したプラズマ源を搭載したプロセスチャンバの概略を

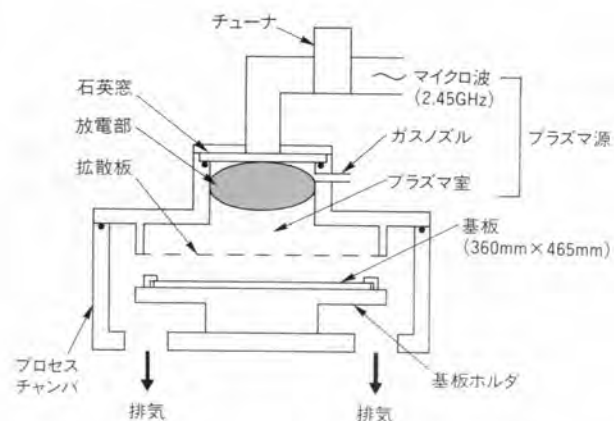


図2. 開発した装置の概略 基板の近傍に放電部を配置し、大型基板に合わせて二段構造にし、活性種を効率よく基板に輸送させる。

Schematic diagram of newly developed plasma downflow etching system

図2に示す。プラズマ室は活性種を効率よく利用できるように、基板の直上に設置している。マイクロ波は石英窓を通してプラズマ室に垂直に導入され、この高電界によって、石英窓直下で放電が生ずる。放電の安定化に対して、プラズマ室は空洞共振器の役割を果たしており、さらに、プラズマ室を2段構造にすることで大型基板に対応できるようにしてある。これにより、基板サイズはプラズマ室断面積の2.4倍まで大きくできる。さらに、エッチングの面内均一性を確保するために、開口パターンを適正化した拡散板を設けている。

2.2 プラズマ源の性能評価

エッチング性能は、プラズマ源の電子密度分布と大きく関係する。図3に放電部における石英窓直下の電子密度分布の測定結果を示す。電子密度は、石英窓の直下で約 $1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ と高く、距離が離れるに従って低くなるが、拡散板の付

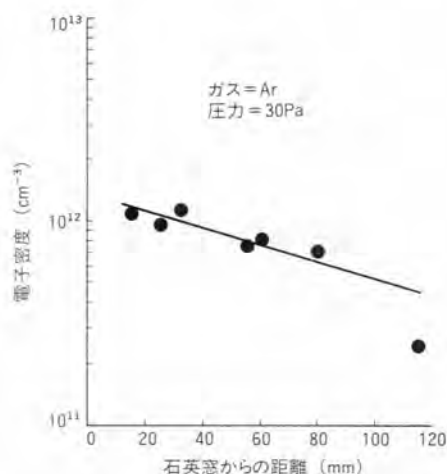


図3. 放電部の電子密度分布 Arガスの放電による電子密度分布。石英窓直下で約 10^{12} cm^{-3} の電子密度が得られた。

Distribution of electron density

近(100 mm)でも 10^{11} cm^{-3} 台の高い電子密度を示している。これは、放電部で多くの活性種が生成され、速やかに拡散が進んでいることを示しており、エッチング速度の向上が可能であることがわかる。

しかし、一般的に放電の広がりには両極性拡散をしており、拡散板付近の電子密度分布は中心部で高く周辺部で低い。したがって、エッチング速度の分布も中心で高く周辺で低いと考えられる。そこで、エッチングの均一性を得るには、拡散板が必要となる。図4に拡散板の有無によるエッチング速度分布の相違を示す。

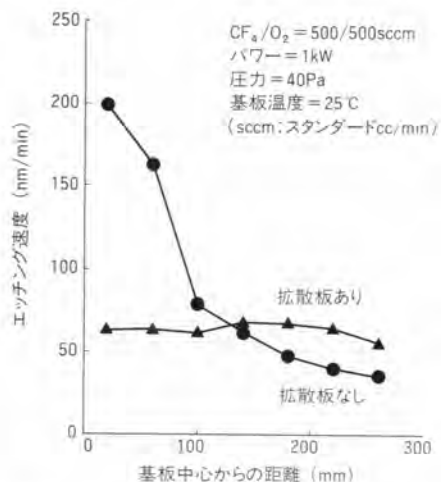


図4. 拡散板の有無によるエッチング速度のMoTa基板面内分布 活性種の拡散を拡散板によって基板面内で均一化し、エッチング速度の面内分布を±10%以下にした。

Effect of using diffusion plate for etching uniformity

拡散板がない場合は基板中心、すなわち、プラズマ室の直下で極端にエッチング速度が高く、基板周辺に行くに従ってエッチング速度は低下する。そのため、エッチング速度の基板面内分布に合わせて拡散板の開口パターンを適正化した。その結果、中心部のエッチング速度を抑え、基板端部に多くの活性種を供給することができるようになり、面内均一性±10%以下を実現した。

しかし、拡散板を取り付けることによって、活性種が衝突などにより失われてしまい、エッチング速度が低下した。そこで、プロセス条件を最適化してエッチング速度の向上を図った。

3 エッチング性能の評価

ゲート線の材料は、MoとTaの合金薄膜であり、厚さは300 nmである。このゲート線のエッチングでは、後工程において段差部へ成膜をするときに、膜の段切れが発生しないようテーパ形状に加工する必要がある。

大面積高密度プラズマ源を用いているが、供給律速系の加工であるため、図5に示すように、基板を加熱し反応を促進させることでエッチング速度の向上を図った。

今回の実験では、基板温度 25°C でエッチング速度 60 nm/min が、90°C で 130 nm/min と 2 倍強が得られた。

また、図6にはエッチング速度の基板面積依存性を従来方式と合わせて示す。供給律速系であるため、ローディング効果が同様に発生し、従来方式も今回開発した方式も、基板面積が大きくなるに従って、エッチング速度は低下していく。しかし、従来方式と今回開発した方式のエッチング速度を比較したとき、360 mm×465 mm の大型基板でも、今回開発した高密度プラズマ源を搭載した方式は、従来方式に比べて約

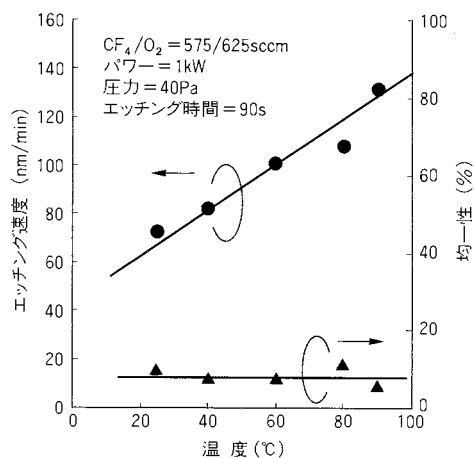


図5. 基板温度とエッチング速度の関係 基板温度を上げると、均一性は変わらずエッチング速度は増加する。

Relationship between etching rate and substrate temperature

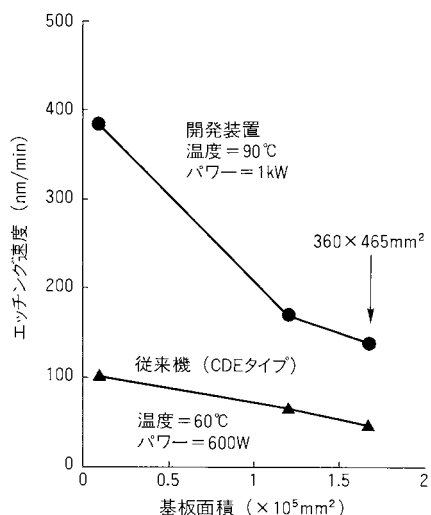


図6. 基板面積とエッチング速度の関係 従来機も開発装置も、基板面積が大きくなるに従い速度が低下する。また、開発した装置のほうがエッチング速度が高い。

Relationship between etching rate and substrate area

2 倍のエッチング速度が得られている。

次に、ガス流量の比によるテーパ形状の加工について図7に CF₄ と O₂ の流量比とエッチング速度、およびテーパ角の関係を示す。

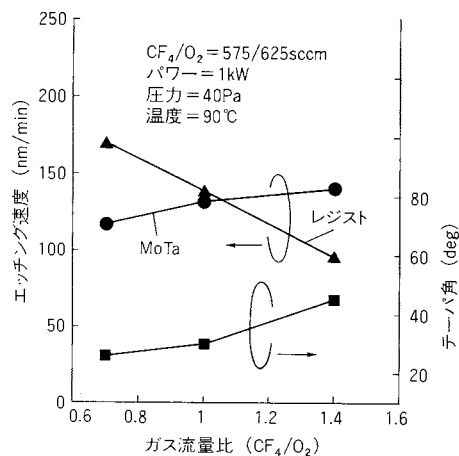


図7. ガス流量比とエッチング速度、テーパ角の関係 CF₄ と O₂ の流量比を変化させることで、MoTa とレジストの速度を制御し、任意のテーパ形状にできる。

Dependence of etching rate and taper angle on gas ratio

CF₄のガス流量比を増やし、O₂の流量比を減らしていくと、フッ素ラジカルの増加により、主に MoTa のエッチング速度が増し、一方、酸素ラジカルの減少により、主にレジストの分解が抑制され、アッシング速度が低下すると推定できる。このように、CF₄ と O₂ の流量比を適正化し、MoTa のエッチング速度とレジストの後退量を制御することで、任意のテーパ角を形成できる (図8)。

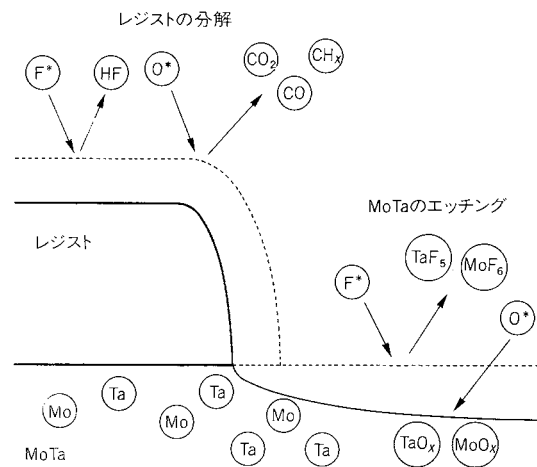


図8. ゲート線のテーパエッチングのモデル MoTa は主にフッ素ラジカルによってエッチングされ、レジストは主に酸素ラジカルにより反応が進行する。

Etching model of tapered gate electrode

図9にテーパ形状にエッチングしたゲート線の断面写真を示す。

以上の結果から、テーパ角を任意に制御できる高速エッチングが可能となった。



図9. エッチング後のテーパ形状の断面 マスクのレジストを後退させながらテーパ形状にエッチングする。これにより、ステップカバレッジを良くする。

Cross-sectional view of MoTa alloy taper angle after etching

4 あとがき

基板に近接した放電部で多量の活性種を生成し、かつ基板上への供給量を拡散板で均一化することで、360 mm×465 mm

の大型 TFT-LCD 基板を高速で均一にエッチングできるマイクロ波励起のプラズマ源を開発した。

これにより、ガラス基板上のゲート線 (Mo と Ta の合金薄膜) に対し、エッチング速度 130 nm/min 以上、均一性±6%、テーパ角 $35^\circ \pm 10^\circ$ を達成した。

今後は、さらに大型化する基板やゲート線以外のエッチングへの適用を検討していく。

文 献

- (1) T. Shinmura, et al: AAPPS, THE SIXTH ASIA PACIFIC PHYSICS CONFERENCE, p.566 (JULY 1994)
- (2) K. Aoki, et al: SID, DMTC'95 Digest, p.97 (JAN 1995)



青木 克明 Katsuaki Aoki

1988年入社。エッチング装置の開発に従事。現在、生産技術研究所プロセス技術研究部。
Manufacturing Engineering Research Center



清水 政俊 Masatoshi Shimizu

1975年入社。プロセス装置の開発に従事。現在、生産技術研究所プロセス技術研究部主任研究員。
Manufacturing Engineering Research Center



木下 正治 Masaharu Kinoshita, D.Eng.

1972年入社。精密加工技術および薄膜プロセスの開発に従事。現在、生産技術研究所プロセス技術研究部部長、工博。
Manufacturing Engineering Research Center