

# 低温 TFT に向けた大気圧プラズマ CVD による Si 成膜プロセスの研究

## Study on the Si deposition process in Atmospheric-Pressure Plasma for application to low-temperature thin film transistors

阪大院工

○田牧 祥吾, 寺脇 功士, 木元 雄一郎, 鎌田 航平, 大参 宏昌, 垣内 弘章, 安武 潔

Osaka Univ.

○S. Tamaki, K. Terawaki, Y. Kimoto, K. Kamada, H. Ohmi, H. Kakiuchi, K. Yasutake

E-mail: [tamaki@ms.prec.eng.osaka-u.ac.jp](mailto:tamaki@ms.prec.eng.osaka-u.ac.jp) / [kakiuchi@prec.eng.osaka-u.ac.jp](mailto:kakiuchi@prec.eng.osaka-u.ac.jp)

### 1. 緒言

フレキシブルディスプレイに代表されるフィルムをベースとしたデバイス、軽量・フレキシブルであるといった高機能性を持つだけでなく、低コスト化も可能であり、近年大変注目されている。TFT の材料となる *a*-Si や  $\mu$ c-Si の作製には一般的にプラズマ CVD が用いられているが減圧下でのプロセスであるために、成膜速度は数 nm/s と非常に遅い。特に、150 °C 以下の低温における高速成膜は非常に困難である。したがって、150 °C 以下の低温において高速・高品質成膜を実現可能な成膜プロセスを開発する必要がある。本研究では大気圧下における VHF (very high-frequency) 励起プラズマを用いて *a*-Si,  $\mu$ c-Si 薄膜の低温・高速形成技術の開発を行っている<sup>1,2)</sup>。

### 2. 実験方法

Si 薄膜の形成において、高速成膜の達成には原料ガスの供給量が、高品質化の達成には原料ガスの分解および活性化の度合いや、膜成長表面におけるエネルギーのやりとりが重要な因子であると考えられる。このような因子は、 $\text{SiH}_4$  ガス濃度、 $\text{H}_2$  ガス濃度、投入電力、成膜ギャップ、基板表面温度等の成膜パラメータにより決定される。成膜基板には p 型の熱酸化膜付き Si ウエハを用いた。得られた Si 薄膜の評価法として、結晶化度にはラマン散乱分光法、膜厚には段差計を用いた。また、得られた Si 薄膜を用いてボトムゲート型 TFT を作製し、プローブステーションを用いて電界効果移動度の測定を行い、膜構造の変化との相関関係を評価した。

### 3. 結果及び考察

平行平板型電極では、プラズマ中をガスが一方向に流れているので、ガスの上流部から下流部にかけて形成される Si 膜の膜質とガスの滞在時間に相関関係がある。そこで、まず基板を静止した状態で Si を成膜し、膜分布について調査を行った。ガスの上流部からの位置と膜厚との関係から、プラズマ中ですぐに  $\text{SiH}_4$  が分解され、生成したラジカルが膜成長に寄与していることが分かった。また、位置と膜の結晶化度との関係から、ガスの上流部では *a*-Si が、下流部では  $\mu$ c-Si が成膜されていることが分かった。一方、*a*-Si から  $\mu$ c-Si への転移点は投入電力や  $\text{H}_2/\text{SiH}_4$  比を変化させることで移動することが確認された。次に、実際にデバイスを作製する際には、膜厚分布のない均一な Si を大面積に成膜するため、基板を移動させながら成膜を行った。成膜速度は 15–25 nm/s の高い値を達成することができた。図 1 は熱酸化膜付き Si 基板上に形成した TFT の電界効果移動度の電力依存性である。チャンネル層成膜の際の基板の移動方向を変えることにより、*a*-Si チャンネルおよび  $\mu$ c-Si チャンネルの 2 種類の TFT を作製した。まず、*a*-Si チャンネル(正方向移動成膜)の場合では、一般的な *a*-Si TFT の移動度と同等な値 (~1.5  $\text{cm}^2/\text{Vs}$ ) を達成した。この結果は、チャンネルとなる基板界面付近で高品質な *a*-Si を形成できていることを示している。一方、 $\mu$ c-Si チャンネル(逆方向移動成膜)の場合では、*a*-Si TFT よりも高い移動度を達成することを期待していたが、実際は低い移動度しか得られていない。この原因としては、欠陥の多い  $\mu$ c-Si がチャンネル界面に成膜されていることが考えられる。今後、基板移動成膜で形成される Si の基板界面近傍での成長メカニズムを解明することで、PEN 基板や PET 基板といったフレキシブルで低融点な基板上への TFT 作製に向けて、できるだけ低温かつ低電力で高品質な  $\mu$ c-Si を形成する条件についての検討を進める予定である。

### 4. 結言

電極長さの異なる 2 種類の電極を用いた平行平板型電極を用いた大気圧プラズマ CVD 法により、Si 薄膜を形成し、その構造変化の評価を行った。その結果、原料  $\text{SiH}_4$  はプラズマ中ですぐに分解され膜成長に寄与することが分かった。また、ガスの上流部では *a*-Si が堆積し、下流部では投入電力密度によって、*a*-Si あるいは  $\mu$ c-Si が堆積した。また、一般的な減圧プラズマ CVD 法で作製する Si 薄膜に比べて大幅に速い成膜速度が得られた。さらに、得られた Si 薄膜を用いて作製したボトムゲート型薄膜トランジスタは正常に作動し、電界効果移動度は従来の *a*-Si TFT の移動度と同等な値を達成できた。

1) H. Kakiuchi, H. Ohmi, T. Yamada, A. Hirano, T. Tsumura, W. Lin, and K. Yasutake, *Surf. Coat. Technol.* **234** (2013) 2.

2) H. Kakiuchi, H. Ohmi, T. Yamada, S. Tamaki, T. Sakaguchi, W. Lin and K. Yasutake, *Phys. Status Solidi A*, **212**, No.7, 1571-1577 (2015)

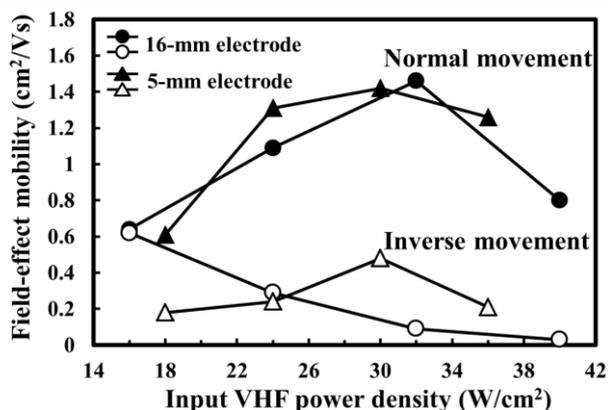


Fig.1. Input VHF power density dependence of field-effect mobility.