JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

| | |
|---|---|
| Title | Cat-CVD法を用いて作製する薄膜トランジスタの研究 |
| Author(s) | 西崎，昭吾 |
| Citation | |
| Issue Date | 2009-03 |
| Type | Thesis or Dissertation |
| Text version | none |
| URL | http://hdl.handle.net/10119/8005 |
| Rights | |
| Description | Supervisor:松村英樹 教授，マテリアルサイエンス研究科，博士 |

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

# Cat-CVD 法を用いて作製する薄膜トランジスタの研究

松村研究室　640008　西崎 昭吾

## 研究の背景

現在のディスプレイには単に映像を映すだけではなく、薄くて軽量、高精細、低価格であるなどの要求がある。その中でも、有機 EL ディスプレイ (OLED) は、液晶ディスプレイ (LCD) に比べて、コントラストや応答速度に優れた特長を持ち、次世代のディスプレイとして注目されている。LCD の画素駆動素子としてアモルファス・シリコン (a-Si) を用いた薄膜トランジスタ (TFT) が広く用いられているが、一般のプラズマ化学気相成長 (CVD) 法を用いて作製する a-Si TFT には、動作中の特性変動が OLED の輝度を減少させる問題があるため [1-7]、現在の OLED の画素駆動素子には多結晶シリコン TFT (poly-Si TFT) が用いられている。

poly-Si TFT は高い電流駆動性と安定性を持つが、a-Si の製膜後にレーザー照射により多結晶化する工程が入るため、大画面化が難しく、低価格化を実現させるのが困難であるといった問題がある。そこで、poly-Si TFT と同程度の駆動能力をもち、OLED の駆動時に TFT の特性劣化が無い a-Si TFT を作製することができれば、大型基板上に OLED を安価に生産可能になることが期待できる。

一方、我々の研究室では、PECVD 法に代わる新しい薄膜堆積法として、加熱触媒体と原料ガス分子の接触により生成される分解種を薄膜堆積種に用いる、触媒化学気相成長 (Cat-CVD) 法を開発してきた。この方法で作られる a-Si 膜は、従来膜と異なり、光照射や電流印加に対する特性変動が少ないことを明らかにしてきた。そこで、Cat-CVD 法を用いて、poly-Si TFT と同程度の駆動能力と高い安定性を持つ a-Si TFT の作製を試みた。

## 研究目的と調査内容

本研究は、Cat-CVD 法により作られる TFT 用の各薄膜の諸特性と堆積パラメータの関係を明らかした上で、それらの膜を用いて、OLED の画素駆動が可能な水準の、高い電流駆動性と安定性を持つ a-Si TFT を実現することを目的としている。その目的を達成するため、以下の各項を検討した。

① Cat-CVD 法を用いて良好な電気特性と高い安定性を持つ a-Si TFT を作製する。具体的には、a-Si TFT に使用する下地ゲート電極、シリコン窒化膜 ($SiN_x$ 膜)、a-Si 活性層などの膜特性を評価し、それらの膜特性が a-Si TFT の電気特性に与える影響を調査する。

② Cat-CVD a-Si TFT の特性変動の要因を明らかにする。具体的には、バイアス印加、光照射、電流などの様々なストレスに対する a-Si TFT の特性の変化を調査する。ストレスに対する特性変動の要因を明らかにすることにより、安定性の高い a-Si TFT の作製が期待される。

③ 従来の PECVD 法を用いて作製する a-Si TFT と、Cat-CVD 法を用いて作製する a-Si TFT の電気特性と安定性を比較する。従来の PECVD a-Si TFT との特性の差異を明らかにすることにより、その特長を活かしたデバイス作製を期待することができる。また、本研究で作製した Cat-CVD a-Si TFT を OLED の画素駆動素子に用いたときの信頼性を検討する。

## 実験結果および考察

① 下地ゲート電極材料の調査においては、$SiN_x$ ゲート絶縁膜のリーク電流密度は、Al, Ti, Cu, Cr のどの電極上においてもほぼ一定値を示したが、Cr を用いた時の絶縁破壊電界が他の電極に比べて高くなることが明らかになった。Cr 電極が相応しい電極材料である理由として、ガラス基板とゲート電極材料との線膨張係数差が最も小さく、$SiN_x$ 製膜時に形成されるヒロックが少ないことが原因の一つであると考えられる。

a-Si の製膜時において、触媒体温度と触媒体基板間距離が膜質を大きく変化させるパラメータであることが明らかになった。その他にも、製膜時の基板温度、$SiH_4$ と $H_2$ の原料ガスの流量比、製

膜圧力なども a-Si の膜質を変化させるパラメータであり、それらを調整することにより $10^{15}$ /cm$^3$ 台の比較的低い欠陥密度を持つ a-Si の製膜が可能になった。触媒体基板間距離の違いはサブスレショルドスウィング (S 値) を変化させ、触媒体温度の違いはオフリーク電流を変化させることが明らかになった。どちらの場合においても原子状水素の影響によるものである可能性が高く、a-Si の製膜時に原子状水素によるダメージを低減させる必要があることが明らかになった。

$SiN_x$ の製膜時において、$SiH_4$ と $NH_3$ の原料ガス流量比と触媒体基板間距離は、欠陥密度を大きく変化させるパラメータであることが明らかになった。$SiH_4$ と $NH_3$ の原料ガス流量比の違いは初期の安定性に大きな違いを生じさせ、また、触媒体基板間距離は S 値に影響を与えることが明らかになった。それぞれの結果は、$SiN_x$ 膜中の Si 欠陥が電子をトラップするためであることと、原子状水素により形成される界面準位密度の差により生じている可能性があることが明らかになった。

② 短時間の電流ストレスにおける閾値電圧のシフト量は、その電流値に依存せず、電流値を変化させるドレイン電圧に依存することが明らかになった。ドレイン電圧が最も小さいときにシフト量は大きくなり、ドレイン電圧を大きくするにつれて減少した。この結果より、短時間の電流ストレスに対する a-Si TFT の特性の変動は a-Si 膜の劣化によるものではなく、$SiN_x$ 膜に注入される電子により生じている可能性が高いことが明らかになった。

1 分間のゲート電極へのバイアスストレスに対して、立ち上がりの電圧が正方向に水平にシフトした。印加電圧が大きいほどそのシフト量が増加した。バイアスストレス印加前後において、S 値と移動度は変化しなかった (図 1)。この特性の変化は $SiN_x$ 膜中への電子の注入により引き起こされていると考察した。

AM-1.5 の疑似太陽光の照射時間を増大するにつれて S 値が増大した。これは $SiN_x$ 膜と a-Si 膜の界面準位密度の増加により引き起こされていると考えられる。一方、立ち上がりのゲート電圧は変化せず、$SiN_x$ 膜中への電子の注入が無い可能性があると推測した (図 2)。

長時間の電流ストレスを a-Si TFT に負荷し続けた時、S 値は変化しないが立ち上がりのゲート電圧が正方向にシフトした (図 3)。この結果は疑似太陽光を照射した時に得られた結果とは異なり、バイアスストレスを印加した時と同じ結果を示した。以上の結果から、長時間の電流ストレス後に a-Si 膜の劣化による a-Si TFT の特性の変動が無いこと、すなわち、$SiN_x$ 中への電子の注入のみにより TFT の電気特性が変化する可能性があることが明らかになった。バイアスストレスに対する安定性は、$SiN_x$ 中の欠陥密度に大きく依存することが明らかになっている。このことより、$SiN_x$ 膜を低欠陥化させることにより、高い安定性を持つ a-Si TFT を作製することが期待できる。

③ Cat-CVD 法で作製する a-Si TFT は、PECVD 法で作製する a-Si TFT に比べて、オフリーク電流が 1 桁から 2 桁程度低いことが明らかになった (図 4)。これは、Cat-CVD 法には、プラズマ中の荷電粒子や電子による a-Si 膜中へのダメージによって引き起こされるオフリークの増大がないためであると考察した。Cat-CVD a-Si TFT は、PECVD a-Si TFT と比べて、バイアス温度ストレスに対して高い安定性を持つことが明らかになった (図 5)。

オフリーク電流が小さいことを利用して、チャンネル幅の大きな Cat-CVD a-Si TFT を試作した結果、オフリーク電流を $10^{-13}$ A 程度に保ったまま $10^{-4}$ A 以上の高い駆動能力を持つ a-Si TFT を作製することができた(図 6)。この結果は、従来の poly-Si TFT で得られる駆動能力と等しい水準であり、大画面 OLED を実現するための架け橋となることが期待できる。

Cat-CVD 法を用いて作製した a-Si TFT は、OLED の画素を駆動させるに十分な駆動能力を持つことが算出された。現時点で見積もられる OLED の寿命は 916 時間程度であることが見積もられたが、$SiN_x$ 膜中の欠陥密度を低減させることにより、更なる長寿命化を可能にすることが期待できる。

本研究で得られた結果は、将来、Cat-CVD 法を用いて良好な特性を持つ a-Si TFT を作製するために必要不可欠であり、更に安定性の高い a-Si TFT を作製するための基礎となる。本研究で得られた技術基盤を応用し、高い安定性をもつ OLED を a-Si TFT で作製することにより、低コスト化と大画面化の両方が実現されたディスプレイの作製が期待される。

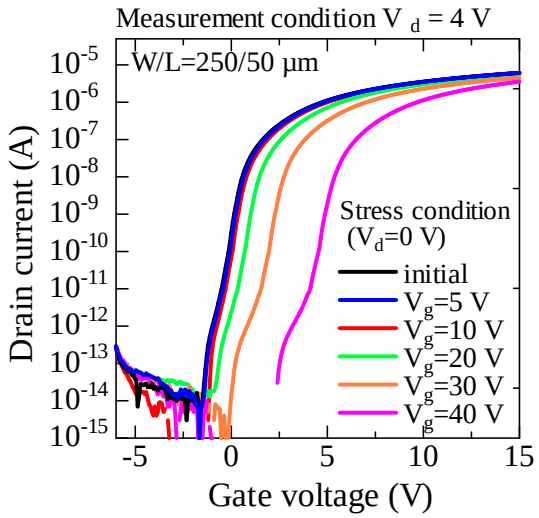


図 1. バイアスストレスに対する伝達特性の変化

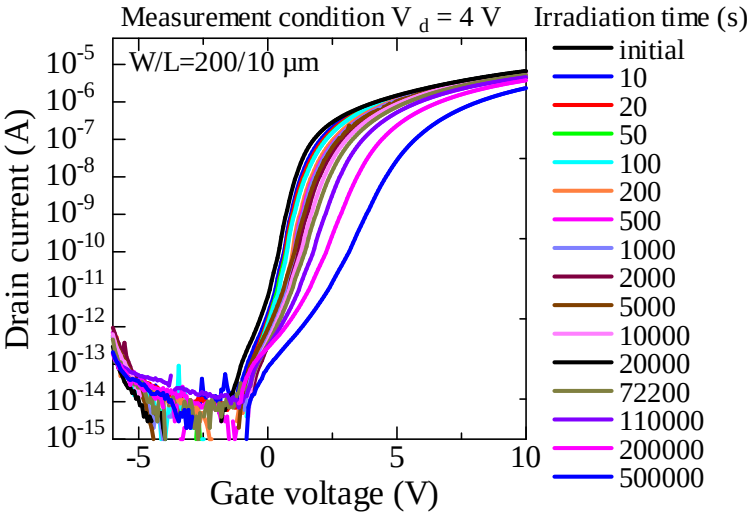


図 2. 光照射に対する伝達特性の変化

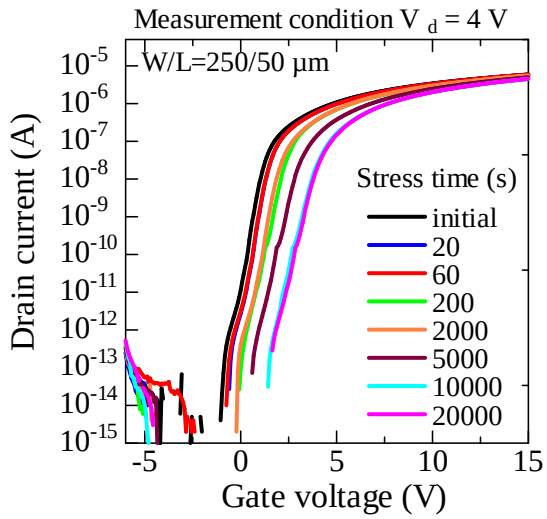


図 3. 電流ストレスに対する伝達特性の変化

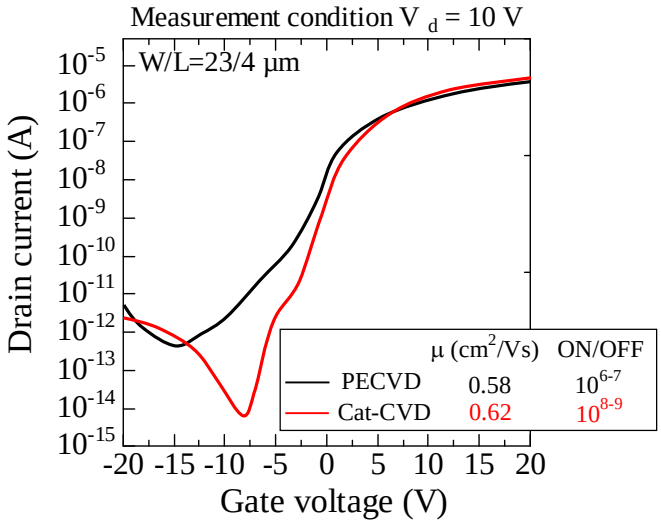


図 4. PECVD 法と Cat-CVD 法を用いて作製した a-Si TFT の伝達特性

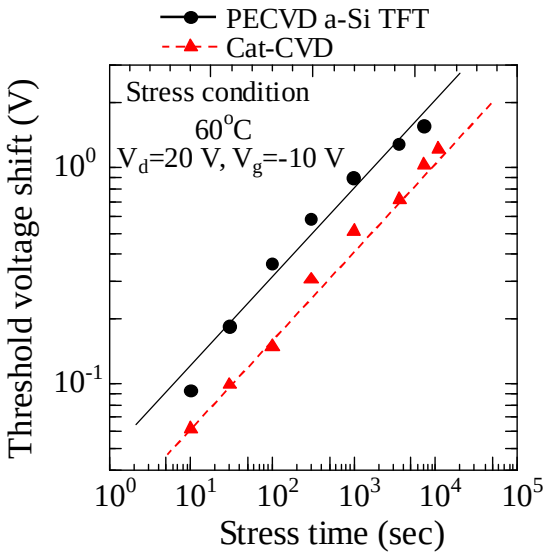


図 5. PECVD 法と Cat-CVD 法を用いて作製した a-Si TFT のバイアス温度ストレスに対する閾値電圧のシフト量

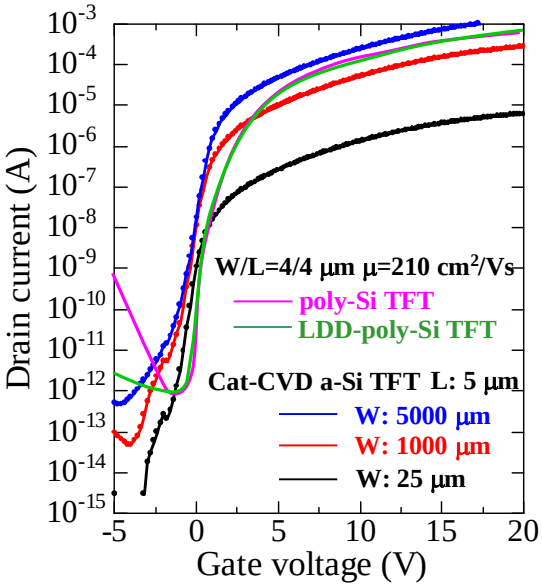


図 6.異なるチャンネル幅を持つ Cat-CVD a-Si TFT と poly-Si TFT の伝達特性

**参考文献**

1) M. J. Powell, C. van Berkel, and J. J. R. Hughes: Appl. Phys. Lett., **54** (1989) 1323.
2) M. J. Powell: Appl. Phys. Lett., **43** (1983) 597.
3) A. V. Gelatos and J. Kanichi: Appl. Phys. Lett., **57** (1990) 1197.
4) F. R. Libsch and J. Kanicki: Appl. Phys. Lett., **62** (1993) 1286.
5) A. R. Hepburn, C. Main, J.M. Marshall, C. Van Berkel, and M. J. Powell: J. Non-Cryst. Solids, **97&98** (1987) 903.
6) Y. Kaneko, A. Sasano, T. Tsukada, R. Oritsuki, and K. Suzuki: Conference on Solid State Devices and Materials Ext. Abst., (1986) 699.
7) C. OH, I. Chung, W. Kim, J. Hwang, S. Lee, Y. Kim, J. Park, and M. Han: Mat. Res. Soc. Symp. Proc., **284** (1993) 419.

## 目次

**第 1 章　序論** …… 1
**第 2 章　PECVD 法と Cat-CVD 法の原理と特長** …… 11
**第 3 章　試料作製方法と評価方法** …… 32
**第 4 章　ボトムゲート電極材料の適合性** …… 41
**第 5 章　Cat-CVD 法を用いて作製する a-Si 膜の膜質評価** …… 47
**第 6 章　Cat-CVD 法を用いて作製する $SiN_x$ 膜の膜質評価** …… 72
**第 7 章　Cat-CVD 法を用いて作製する a-Si TFT の電気特性** …… 96
**第 8 章　Cat-CVD a-Si TFT の閾値電圧シフトの要因** …… 125
**第 9 章　PECVD 法と Cat-CVD 法により作製した a-Si TFT の電気特性の比較と有機 EL 画素駆動素子への応用** …… 144
**第 10 章　総括** …… 163
**付録** …… 168
**参考文献** …… 174
**主要な成果の概要** …… 182
**謝辞** …… 185

## 主な業績

1) Shogo Nishizaki, Keisuke Ohdaira, Hideki Matsumura, “Study on Stability of Amorphous-Silicon Thin Film Transistors Prepared by Catalytic Chemical Vapor Deposition (Cat-CVD)” Japanese Journal of Applied physics, **47,** (2008) 8700-8706.
2) Shogo Nishizaki, Keisuke Ohdaira, Hideki Matsumura, “Comparison of a-Si TFT’s fabricated by Cat-CVD and PECVD method” Thin Solid Films. (In press)
3) R. E. I. Schropp, S. Nishizaki, Z. S. Houweling, V. Verlaan, C. H. M. van der Werf, and H. Matsumura: Solid-State Electron. **52** (2008) 427-431.