

AI による Si 薄膜トランジスタの電気特性推定

Prediction of electrical properties of poly-Si TFTs with artificial intelligence

九大シス情¹, 九大ギガフォトン共同研究部門², 東北大未来研³,

○池上浩^{1,2}, 倉重貴行¹, 永野貴寛¹, 片山慶太¹, 柿本祥明², 中村大輔¹, 後藤哲也³.

Grad. Sch. of ISEE, Kyushu Univ.¹, Department of Gigaphoton Next GLP, Kyushu Univ.²,

New Industry Creation Hatchery Center Tohoku Univ.³,

○Hiroshi Ikenoue^{1,2}, Takayuki Kurashige¹, Takahiro Nagano¹, Keita Katayama¹, Yoshiaki Kakimoto²,
Daisuke Nakamura¹, Tetsuya Goto³.

e-mail: ikenoue.hiroshi.834@m.kyushu-u.ac.jp

近年, AI (Artificial Intelligence) の発展と IoT (Internet of Things) 技術の連携により, 生産工程や研究開発における AI 解析の導入が急速に進展している。半導体デバイス製造においても, AI 解析の導入は, 従来の検査工程では解析が困難となる複雑プロセスの管理や故障解析に対して進んでおり, 半導体デバイス構造と製造工程の複雑化にともなってその導入が今後益々加速すると予想される。

TFT (Thin Film Transistor) の研究開発の歴史は古く 1990 年代から活発に行われてきた。Si ウエハ上にトランジスタを形成する従来の半導体集積回路の製造が 900°C 程度の高温工程であるのに対し, 配線層やガラス基板などの耐熱性の低い絶縁膜上に集積回路を形成する TFT の製造は, レーザーアニール技術によるプロセスの低温化 (<500°C) により可能となった。現在, TFT はディスプレイの駆動回路素子として用いられており, さらに近年の半導体デバイス構造の 3 次元化にともない配線層トランジスタ (BEOL FET) としての活用も期待されている。

本講演では, 高速動作, 微細化, 及び n 形 p 形の制御が可能な poly-Si TFT を題材とし, レーザーアニール結晶化が施された poly-Si 薄膜表面の光学顕微鏡像の深層学習による poly-Si TFT の電気特性の推定を試みたのでその結果を報告する。

TFT のチャネル材となる Si 薄膜の結晶化は, 我々が提案する高移動度 poly-Si 薄膜形成技術である強度分布制御エキシマレーザーアニール法により行った[1]。Fig.1 に製作した TFT と TFT 製作前の poly-Si 薄膜の光学顕微鏡像を示す。Poly-Si 薄膜の厚さは 100 nm, 結晶化に用いたレーザーはギガフォトン社製の KrF エキシマレーザー (波長: 248 nm, パルス幅: 約 80 ns) であった。Si はバンドギャップ 1.1 eV の間接遷移型の半導体であり, 可視光領域における poly-Si の光学定数は, その結晶化状態により大きく変化することが知られている。さらに, 厚さ 100 nm 程度の薄膜では, 膜中の多重散乱, 表面形状やその周期性の影響を受け薄膜の光学特性は大きく影響を受ける。以上の様に, 光学顕微鏡像には, poly-Si TFT 電気特性に影響する情報が数多く含まれており, 深層学習の

学習データとして十分に活用できることが期待される。Fig.2 に観察された光学顕微鏡像の例を示す。Fig.2 に示す様に, 様々なレーザー照射条件において Si 薄膜の色味, 及び製作された TFT の移動度が大きく変化することが分かる。Fig.3 に深層学習による TFT 移動度の予測値と実測値を示す。予測値と実測値には相関係数 1 の強い相関性が認められ, その推定精度は 13.4 cm²/Vs (RSME : root mean square error), 及び 22.4 % (RMSPE : root mean square percentage error)であることが分かった。以上の様に, この学習法を用いれば, TFT を製作することなく最終製品の性能に直結する TFT 移動度などの電気特性推定が瞬時に可能となり, TFT の研究開発や製造工程管理などで活用可能と結論する。

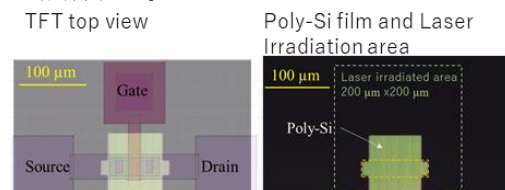


Fig.1 Optical microscope images of a poly-Si TFT and a poly-Si film.

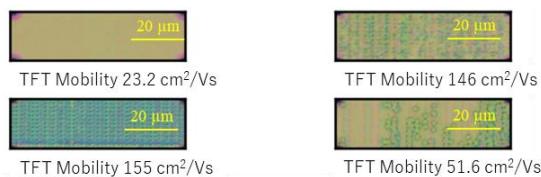


Fig.2 Optical microscope images of LTPS thin films at channel regions.

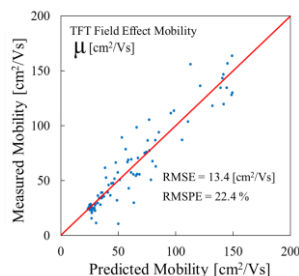


Fig.3 The predicted and measured mobilities for the validation data.

[1] A. Mizutani et al., IEEE Journal of the Electron Devices Society, 9, 679 (2021).