ペロブスカイト太陽電池と単結晶シリコン CMOS論理回路のガラス基板上における集積化

Integration of Perovskite Solar Cells and Single Crystalline Silicon CMOS Logic Circuits on a Glass Substrate

広大院先端研，　○長澤 聡，花房 宏明，東 清一郎

Graduate School of Advanced Sciences of Matter, Hiroshima Univ,
°S. Nagasawa, H. Hanafusa, and S. Higashi
E-mail: semicon@hiroshima-u.ac.jp

序＞近年、盛んに研究されているフレキシブルエレクトロニクスは基板の耐熱温度が低いという制約から、低温成膜が容易な酸化物や有機物半導体が主に用いられている。我々は、それらの材料と比較して高い移動度、高い信頼性、CMOS回路の形成が可能といったメリットを有する単結晶シリコン (c-Si) 膜をフレキシブル基板上へ局所的に低温転写する技術 (Meniscus Force Mediated Layer Transfer : MLT) を報告してきた。[1] また、同技術を用いてフレキシブル基板上でのc-Si CMOS論理回路の動作も報告してきた。[2] 現在、フレキシブルエレクトロニクスはバッテリーの大容量化が困難であることから、外部電源を必要とし軽量・携帯性の良さ等の利点を損なっている。そこで低温成膜可能でフレキシブル基板への形成が報告されているペロブスカイト太陽電池 (PSC) [3]に着目し、上記の転写技術を用いてフレキシブル基板上でCMOS回路と集積化することでPSCの発電によるCMOS回路のバッテリーレス動作が可能であると考えた。本研究ではこれまでに直列接続により出力電圧を増加させたPSCモジュール (Fig. 1) を用いて、別基板に作製したCMOSリングオシレータの駆動を実現している。[4] そこで今回は同一基板上に両デバイスを集積化するプロセスを構築し、PSCの発電によるCMOS論理回路の動作を試みた。

実験方法＞CMOS論理回路とPSCの同一基板上での集積化において、有機デバイスであるPSCがCMOSプロセスで用いる薬品に腐食されることを考慮し、先にTFTを転写しCMOS論理回路の配線を行った後にPSCを作製するという工程順が最適であると推察される。Fig. 2 に今回考案した集積化プロセスを示す。まず、ガラス基板上のFTOのパターニングを行い、MLT技術を用いてp/n-channel TFTを転写し、コンタクトホールを形成後、Al電極を配線し奇数段のCMOSインバータを形成する。その後、RPCVDにより絶縁層 (SiO_2) を堆積し、viaホール形成、Al配線を行いリングオシレータの多層配線を行った後にPSCモジュールを作製した。PSCモジュールの作製においては Fig. 1 のような FTO/dense TiO_2/porus TiO_2/$(CH_3NH_3)PbI_3$/spiro-OMeTAD/Au という構造を用いた。

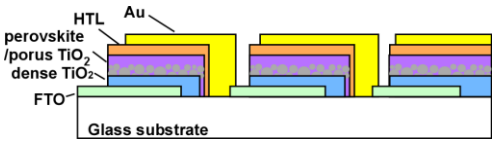

Fig. 1 Schematic diagram of series connected module of perovskite solar cells.

結果＞考案した集積化プロセスにより作製したサンプルの画像を Fig. 3 に示す。このように同一基板上 c-Si CMOS 論理回路及びペロブスカイト太陽電池の混載を実現した。この結果か MLT 技術は異種デバイスの集積化において非常に有効であることが示された。しかし、この基板の裏面から光を照射した状態でリングオシレータの電圧波形の測定を試みたが、電気特性は得られなかった。追加実験の結果、PSC 作製の前後で TFT の特性が悪化することが判明した。これは、PSC プロセスの TiO_2 成膜における 500 ºC という高温による TFT と Al 電極の界面での Al スパイク等が原因として考えられる。従って、高温が必要な TiO_2 層のみ先に成膜後、CMOS 論理回路の作製を行った後に残りの PSC 作製を行う方法、または低温作製可能なペロブスカイト太陽電池の作製プロセスを導入することで同一基板上に集積化した PSC の発電による CMOS 論理回路の動作が期待できる。

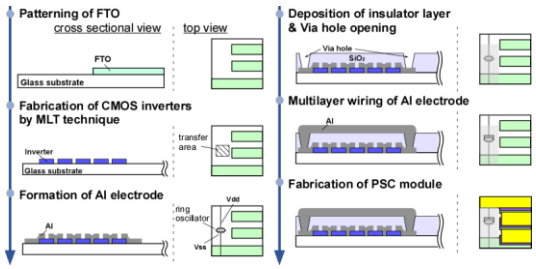

Fig. 2 Schematic diagram of the integration process flow of PSC module and CMOS circuits on a glass.

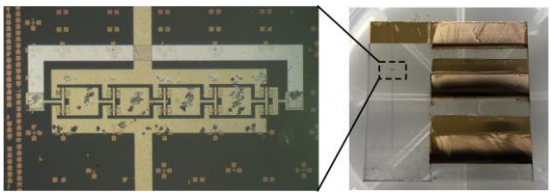

Fig. 3 The optical micro scope image of the 5-stage CMOS ring oscillator and the photo image of series connected PSCs on a glass substrate.

謝辞＞本研究において、PSC 作製プロセスをご教示頂いた兵庫県立大学 伊藤省吾 教授、 高知工科大学 古田守 教授、及び両研究室の学生の方々に感謝申し上げます。

***References*:** [1] K. Sakaike, *et. al.*, Appl. Phys. Lett., 103, 233510 (2013). [2] 水上 *他*, 第 65 回応用物理学会春季学術講演会, (17a-C101), (2018). [3] A. Kogo, *et. al.*, Chemistry Letters., 46, pp.530-532, (2017). [4] 長澤 *他*, 第 79 回応用物理学会秋季学術講演会, (21a-432-6), (2018).

© 2019年 応用物理学会