

ペロブスカイト太陽電池によるフレキシブル基板上の 単結晶シリコン CMOS 論理回路のバッテリーレス動作 Batteryless Operation of Single Crystalline Silicon CMOS Logic Circuits on a Flexible Substrate by Perovskite Photovoltaic Cells

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、フレキシブルエレクトロニクスは一層注目を集めており、様々な材料を用いて研究開発が行われている。我々は、有機物や酸化物半導体などと比較して高い移動度、高い信頼性、そして CMOS 回路の形成が可能な単結晶シリコン (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的 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、上記の転写技術と PSC の作製プロセスを融合してフレキシブル基板上で c-Si デバイスと PSC を混載することによりバッテリーレス駆動が可能であると考え、本研究では c-Si デバイスの動作に要する電圧を得るために直列接続の PSC モジュールの作製プロセスを構築し、試作した PSC モジュールの発電によるフレキシブル基板上的 c-Si CMOS 論理回路のバッテリーレス駆動を試みた。

実験方法> Fig. 1 のようにパターンニングした Fluorine doped Tin Oxide (FTO) 付きガラス基板に 500 °C のホットプレート上で Spray Pyrolysis Deposition 法を用いて TiO₂ ブロッキング層を成膜した後、スピコート法にて TiO₂ メソポーラス層を成膜し 500 °C にて焼成し電子輸送層を形成した。その後、スピコート法にて (CH₃NH₃)PbI₃ ペロブスカイト層を成膜後 100 °C で焼成を行った。最後にスピコート法にて spiro-OMeTAD ホール輸送層 (Hole Transport Layer : HTL) を成膜し金電極を蒸着してセルを作製した。各層はマスクを用いて Fig.1 のようにパターンニングを行い、金電極の真空蒸着工程にて前段の HTL と次段の FTO を配線しセルを3段直列接続したセルストリング構造の PSC モジュールを作製した。また、フレキシブル基板上に形成した3段CMOSリングオシレータのV_{dd}, V_{ss}にPSC モジュールのAu cathode, FTO anode をそれぞれ配線し、光を照射することで太陽光発電によるリングオシレータの駆動(発振動作)を試みた。

結果>作製した PSC モジュールの J-V 特性を Fig. 2 に示す (J_{sc} = 11.05 mA, V_{oc} = 2.58 V, FF = 0.50)。直列接続したことによる直列抵抗成分の増大によって FF はやや低めの値となったが、V_{oc}が増大し、約 2.51 V の出力電圧を示した。PSC モジュールの太陽光発電によって駆動させたリングオシレータの動作特性を Fig. 3 に示す。以上の結果から、同一基板上で直列接続の PSC モジュールを形成するために考案した Fig. 1 の構造によって出力電圧の増大を実現し、太陽光発電によるフレキシブル基板上的 c-Si CMOS 論理回路のバッテリーレス駆動を実現した。今後はフレキシブル基板上に直列接続の PSC モジュールを作製し、転写技術を用いて同一基板上での c-Si デバイスとの集積化及びバッテリーレス駆動を実現することでフレキシブルエレクトロニクスのバッテリー課題の改善が期待できる。

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)

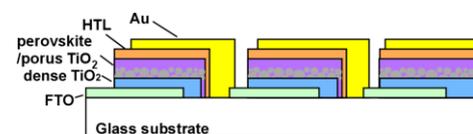


Fig. 1 Schematic diagram of series connected module of perovskite solar cells.

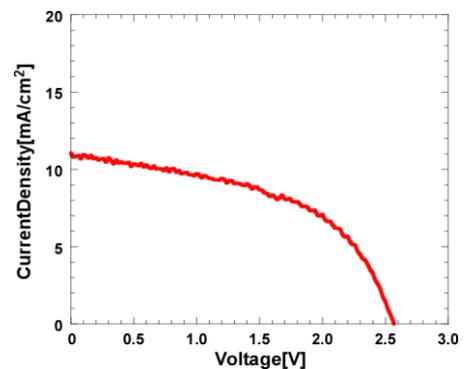


Fig. 2 J-V characteristics of PSC module.

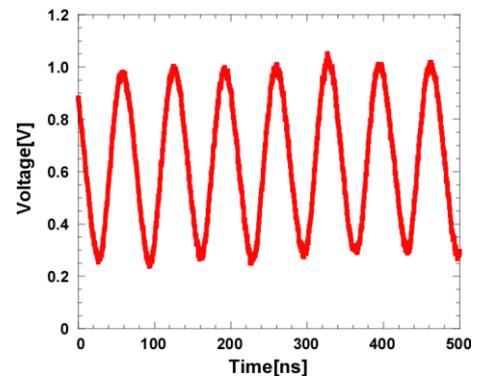


Fig. 3 Characteristics of 3-stage ring oscillator driven by photovoltaic of PSC module.