

3. Noff プロセッサ

我々は提案するシステムを実証するため、Noff プロセッサ試作をした。図 3 に Noff プロセッサの外観を示す。図 4 に試作した Noff プロセッサ内部の 1 ビット分のレジスタの回路図を示す。Noff プロセッサは、パワーゲーティングが行われる直前にフリップフロップのデータを CAAC-IGZO-Tr によって保持容量にバックアップすることで、プロセッサの内部状態を保持する。CAAC-IGZO-Tr の優れた書き換え耐性とオフ電流特性により、その後電源供給を遮断してもデータを長時間保持することができる。また、バックアップされたデータは Si-Tr でセンシングされフリップフロップにリカバリーすることができる。このように Noff プロセッサでは、パワーゲーティングの前後でプロセッサの内部状態をプロセッサ外部の不揮発性メモリへバックアップ・リカバリーする処理が不要になる。したがって試作したプロセッサは電力供給が開始されてから短時間でプログラムを起動させることができ、効果的にパワーゲーティングができる。

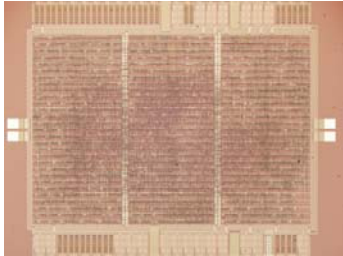


図 3 Noff プロセッサ外観

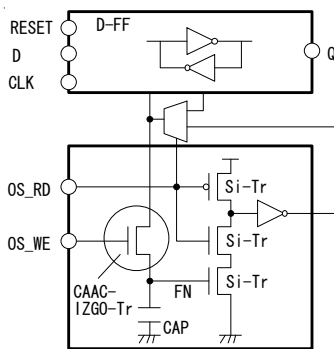


図 4 Noff プロセッサ内部の 1 ビット分のレジスタ回路

図 5 に Noff プロセッサが画像処理を行ったときの電源電圧と内部信号の実測波形を示す。Noff プロセッサは、約 16.7ms のレートで表示する画像データの変更を行っている。またミリ秒単位のパワーゲーティングに対して、バックアップ制御信号とリカバリー制御信号のアクティブ期間は非常に短く、高速にデータを読み書きすることを確認した。図 6 にパワーゲーティングの周期を変化させたときの、電源電圧のオンオフ比と平均電源電流の関係を示す。平均電源電流はパワーゲーティングの周期を変化させてもほとんど変わらないことから、オーバーヘッドによってもたらされる消費電流は無視できるほど小さいものであることが確認された。さらに、電源電圧のオンオフの比率に消費電流

が比例しているため、電源オフ期間をさらに長くすることにより大幅な電力削減が可能であることを示唆する。

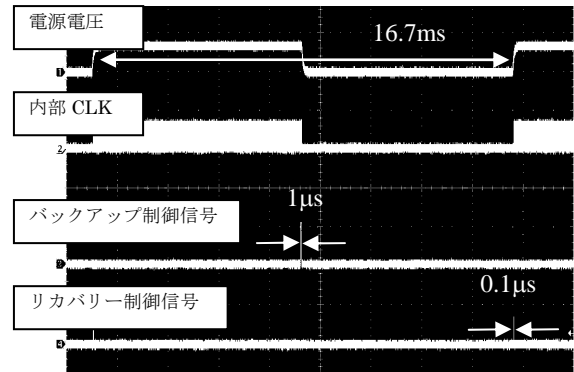


図 5 Noff プロセッサのパワーゲーティング波形

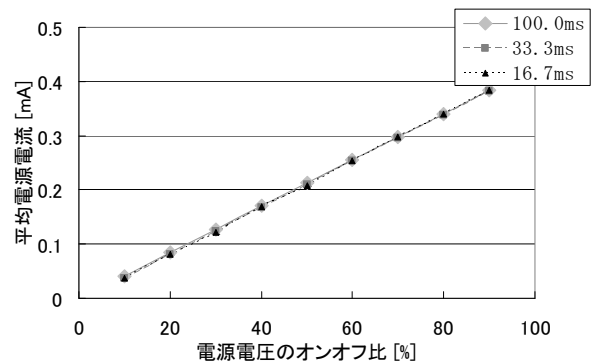


図 6 パワーゲーティングの周期を変化させたときの電源電圧のオンオフ比と平均電源電流の関係

4. 結論

我々は、ディスプレイの性能を最大限に活かしながら消費電力を大幅に削減するノーマリ・オフ・コンピューティングによるディスプレイシステムを提案した。また、その構成要素であるプロセッサを結晶性 IGZO トランジスタ技術を用いて試作し、ミリ秒オーダーのパワーゲーティングに成功した。また、そのときのオーバーヘッドの電力は無視できる程度の小さいものであることを確認した。

参考文献

- [1] 安藤功児, “不揮発性磁気メモリ”, FED レビュー, Vol.1, No.14 (2002).
- [2] N. Kimizuka et al., “Spinel, YbFe_2O_4 , and $\text{Yb}_2\text{Fe}_2\text{O}_7$ types of structures for compounds in the In_2O_3 and $\text{Sc}_2\text{O}_3\text{-A}_2\text{O}_3\text{-BO}$ systems [A: Fe, Ga, or Al; B: Mg, Mn, Fe, Ni, Cu, or Zn] at temperatures over 1000°C,” J. Solid State Chemistry, vol. 60, no. 3, pp. 382-384, Dec. 1985.
- [3] M. Takahashi et al., “C-Axis Aligned Crystalline In-Ga-Zn-Oxide FET with High Reliability”, The Proceedings of AM-FPD 11, pp. 271-274 (2011)
- [4] K. Kato et al., “Evaluation of Off-State Current Characteristics of Transistor Using Oxide Semiconductor Material, Indium-Gallium-Zinc Oxide”, Japanese Journal of Applied Physics, Vol.51, No.2, 021201 (2012).
- [5] S. Yamazaki et al., “Research Development, and Application of Crystalline Oxide Semiconductor” SID Symposium Dig., 183-186 (2012).
- [6] T. Matsuzaki et al., “1Mb Non-Volatile Random Access Memory Using Oxide Semiconductor”, International Memory Workshop, pp. 185-188 (2011).