

# 集積化脳神経プローブシステムの過熱保護用温度検出回路の一考察

西野 悟\* 伊藤 圭汰\*\* 竹澤 好樹\*\* 下川 賢士\*\*\* 後藤 竜也\*\*  
木野 久志\*\*\*\* 田中 徹\*\*\*\* 清山 浩司\*

( \*長崎総科大 \*\*東北大院工 \*\*\*東北大院医工 \*\*\*\*東北大学際科学フロンティア研究所)

## 1 はじめに

半導体技術の進歩による計測システムの高性能化を基にして、脳疾患治療、脳機能の解明や Brain-Machine Interface(BMI)などの研究が目覚ましい進展を続けている。脳波をはじめとする生体信号計測の高度化の要求は強く、計測信号の多様化、多電極化および高機能化に向けた取り組みが行われている。我々は、種々の脳波を記録できる多機能集積化脳神経プローブシステムの開発を進めている。生体に装着または埋植して長期記録・刺激を行うシステムには、消費電力増加によるデバイスの発熱が細胞にダメージを与えないよう監視・保護する機能の実装が必須である。本稿では、プローブシステムの発熱による生体へのダメージを防ぐことを目的とする過熱保護機能に用いる温度検出回路の設計および評価について述べる。

## 2 温度検出回路の構成

能動埋込医療機器の表面温度は、機器が体内に埋め込まれた状態において通常運転および 1 箇所の故障が発生した状態で体温から温度上昇 2°C 以内という安全指針がある[1]。集積回路(LSI)を用いて構成されるプローブシステムにおいては、LSI の温度検出にリング発振器の発振周波数の温度依存性[2]、PN 接合の順方向電圧の温度依存性を使用する方式[3]などが提案されている。我々のシステムは、アナログ回路のリファレンス電圧・電流を生成する回路に Band Gap Reference(BGR)回路を用いており、この回路で生成する信号を温度検出に利用する。温度検出は、BGR の出力に電圧-電流変換回路(V/I)を接続して、温度依存性が小さい電圧  $V_W$  および温度依存性が大きい電圧  $V_{WO}$  を生成した後、差動増幅回路(IA)で電位差を増幅する構成とした。図 1 に温度検出回路の概略図を示す。IA は  $V_W$  と  $V_{WO}$  の電位差の増幅(12dB)に加え、後段の入力レンジに合わせる為、出力電圧を  $V_{REF}$  にレベルシフトする。

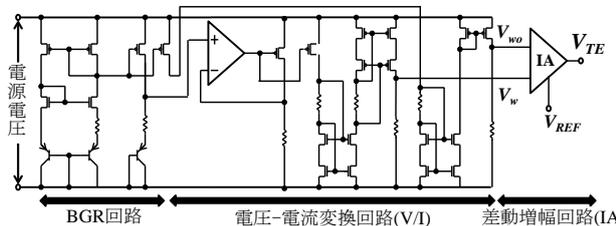
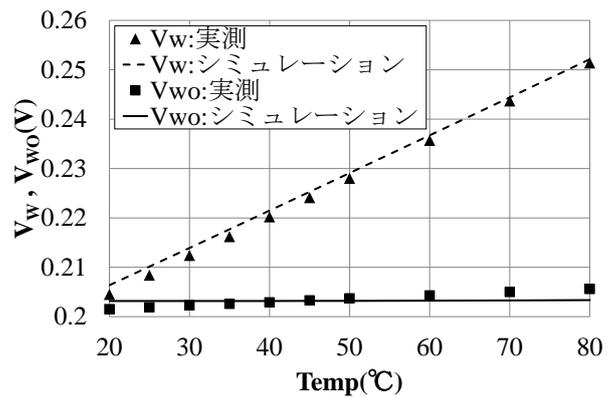


図 1. 温度検出回路の概略図

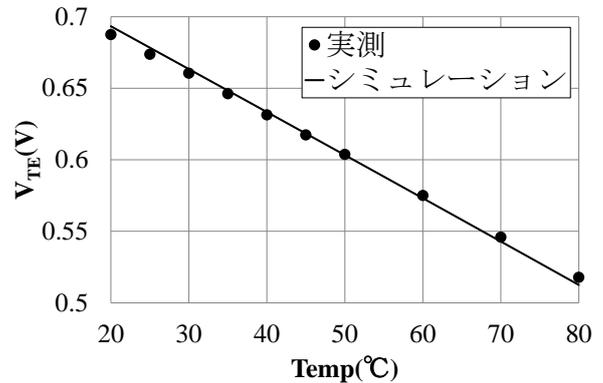
## 3 温度検出回路の試作および測定結果

BGR を含む温度検出回路は、CMOS-0.18 $\mu$ m 1-P 6-M triple-Well テクノロジで試作し面積は 300 $\times$ 530 $\mu$ m<sup>2</sup> である。図 2 には、試作した温度検出回路の測定結果の一例を示す。この測定は、電源電圧 1.8V、温度検出結果の電圧の基準値  $V_{REF}$  を 0.7V として、環境試験機(恒温槽)で温度条件を 20~80°C とした結果である。図 2(a)は、IA で増幅前の信号  $V_W$  および  $V_{WO}$  のシミュレーション(実線)および測定結果(点=測定点)を示す。同図より、設計通りの結果が得ら

れていることが確認できる。図 2(b)は、 $V_W$  および  $V_{WO}$  の電位差を 12dB の IA を介して得られた電圧  $V_{TE}$  である。IA で増幅前の  $V_W$  および  $V_{WO}$  の電位差の温度係数は 0.7mV/°C、IA 出力の温度係数は -3.0mV/°C であることを確認した。また、同図より IA 出力電圧は  $V_{REF}$  によりレベルシフトされている事が確認できる。



(a) IA の入力電圧



(b) IA の出力電圧

図 2. 温度検出回路の測定結果

## 4 おわりに

多機能集積化脳神経プローブシステムの構成要素である過熱保護回路に用いる温度検出回路の設計と評価について述べた。加熱保護機能の詳細は発表時に報告する。

## 謝辞

本研究の一部は株式会社半導体理工学研究センター(STARC)の援助を受け行われた。また、本チップの設計は東京大学大規模集積システム設計教育研究センター(VDEC)を通し日本ケイデンス株式会社、シノプシス株式会社およびメンター株式会社の協力で行われたものである。

## 参考文献

- [1] 経済産業省: 体内埋め込み形能動型機器分野の開発ガイドライン ISO14708-1
- [2] A. Vaz et al., IEEE Trans. on Circuits and Systems, Vol.57, No.2, pp.95-99, Feb. 2010.
- [3] Chih-Lin Chen et al., Proc. of IEEE International Symp. on Circuits and Systems (ISCAS) 2012, pp.1991-1994.