

低周波ノイズ特性に優れた直接増幅型酸化還元センサの開発

Development of Amplified Redox Sensor with Low Frequency Noise Characteristics

○高橋 聡¹, 二川 雅登², 秋田 一平¹, 高橋 一浩¹, 岩田 達哉¹, 石田 誠¹, 澤田 和明¹

(1. 豊橋技術科学大学, 2. 静岡大学)

○S.Takahashi¹, M. Futagawa², I. Akita¹, K.Takahashi¹, T.Iwata¹, M.Ishida¹, K.Sawada¹

(1. Toyohashi Univ. of Tech., 2. Shizuoka Univ.)

E-mail: takahashi-s@int.ee.tut.ac.jp

【概要】

電気化学測定では低周波領域で行う測定が主であり低周波ノイズ(フリッカーノイズ)が少なく増幅することが求められている。そこで本研究では、Bipolar Trのベース端子と作用電極を一体化することで微小な酸化還元電流(ファラデー電流)を直接増幅し低濃度測定かつセンシングエリアの小型化可能な、電流直接増幅型酸化還元センサを開発している¹⁻²⁾。本報告では製作したBipolar Trを使用している本センサとMOSFETを使用したトランスインピーダンス回路の低周波ノイズ特性を入力換算雑ノイズから評価を行い、本センサが低周波測定を行う電気化学測定に適したセンサであるか検証を行った。

【背景】

酸化還元センサとは酸化還元反応を利用し化学物質の種類や濃度を直接電気信号に変換するセンサである。電気化学測定では低周波領域で行う測定が主であり低周波ノイズ(フリッカーノイズ)が少ない増幅器が求められている。そこで本研究では、欠陥の多い酸化膜界面を使用するMOSFETに比べSi基板内部を使用するBipolar Trはフリッカーノイズの発生が少ないためノイズを少なく増幅することが可能である。本報告では、電流直接増幅型電気化学センサと同じ単素子のMOSFETを使用したトランスインピーダンス回路とBipolar Trを使用した本センサの入力換算雑ノイズの比較を行い、本センサが低周波測定を行う電気化学測定において、定量的な最低検出感度の検討を行った。

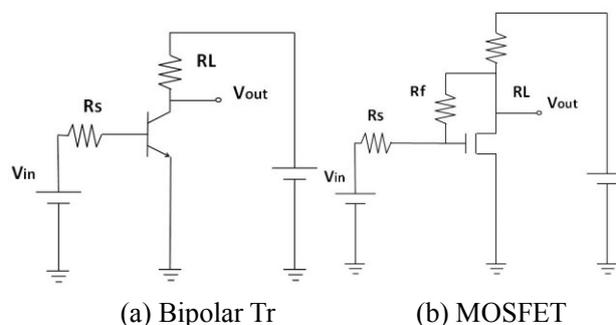
【実験方法】

図1に各々のノイズ計測回路を示す。入力換算雑ノイズの算出に必要な利得は各々の小信号等価回路より算出した。出力雑ノイズをFFTアナライザにより計測し、利得で割ることによって出力換算雑ノイズを算出した。測定には本センサのBipolar TrとNch-MOSFET(L=10 μm, W=20 μm)を使用した。測定装置としてFFTアナライザ(SR770, Stanford research systems)と電圧源に半導体デバイス・アナライザ(B1500, Agilent)を用いた。

【実験結果と考察】

図2に入出力換算を行った各々の結果を示す。SWV法においてフェリシアン化カリウムを測定する場合、振幅0.025 V、電位幅0.5 V

周波数15 Hzの時の条件において測定を行った場合、周波数帯域は0.75 Hzから15 Hzになる。その時のノイズの実効値はBipolar Trを使用した本センサの場合183.23 pA_{RMS}、MOSFETを使用したトランスインピーダンス回路の場合640.27 pA_{RMS}なる。そのため、同様な読み出し回路を用いた場合3.5倍ほどの最低検出感度の向上が予想される。



(a) Bipolar Tr

(b) MOSFET

Rs: 信号源抵抗, RL: 負荷抵抗, Rf: 順方向抵抗

図1 各々のノイズ計測回路

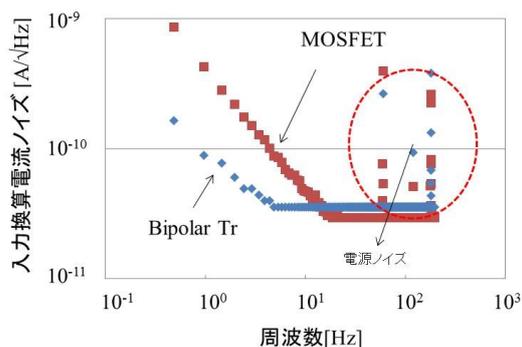


図2 各々の入力換算雑ノイズの測定結果

【参考文献】

- 高橋聡, 二川雅登, 石田誠, 澤田和明, "Bipolar Transistor と作用電極を一体化した直接増幅型レドックスセンサの製作" 第74回応用物理学会秋季学術講演会, pp, 2013年9月
- Sou Takahashi, Masato Futagawa, Makoto Ishida, and Kazuaki Sawada, "IMPROVEMENT OF AN AMPLIFIED REDOX SENSOR FOR HIGH SENSITIVITY CHEMICAL ANALYSIS", APCOT 2014, Daegu, Korea, June, 2014