

直接増幅型レドックスセンサの検出限界向上のための増幅率の安定化

Stabilization of amplification employing directly amplified redox sensor for improvement of the limit of detection

豊橋技術科学大学¹ 静岡大学², ○高橋 聡¹, 二川 雅登² 石田 誠¹, 澤田 和明¹

Toyohashi Univ. of Tech.¹, Shizuoka Univ.², ○S.Takahashi¹, M. Futagawa², M.Ishida¹, K.Sawada¹

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

【概要】

我々は、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、電流直接増幅型レドックスセンサの製作に成功した。本研究では、製作した本センサの計測方法の改善案を提案し、低濃度における増幅率の安定化を行った。

【背景】

酸化還元電位センサは、物質によって決まっている酸化還元電位を測定することにより、物質の同定が行えるセンサである。^[1]しかし、対象物質の低濃度の計測、検出部の電極(作用電極)の微小化により、測定電流(ファラデー電流)が小さくなることから計測が困難となり、微小領域・低濃度測定において従来のセンサは不向きであった^[1]。

本研究では Bipolar Tr と作用電極を一体化しファラデー電流を直接増幅することで検出感度の向上を目的としセンサの製作および評価を行った。^[2]しかしながら、本提案のセンサは Bipolar Tr のベース端子に流れる電流を増幅しているため流れた電流によっては増幅度に変化してしまい、微小電流の測定の際、増幅できない問題があった。そこで本研究ではオフセット電流をベース端子に挿入し安定した増幅を行うことで検出限界の向上が期待できる。

【測定原理】

図 1 にオフセット電流を挿入した場合の測定回路を示す。図 1 の場合の増幅電流式は以下のようになる。

$$I_E = I_B(H_{FE} + 1) = (I_{offset} + I_{redox})(H_{FE} + 1) \cdots (1)$$

測定電流(I_{redox})とオフセット電流が増幅されるため増幅されたオフセット電流を差し引く(I_{offset})ための電流をエミッタに挿入することにより増幅された測定電流のみ測定を行う。

【結果と考察】

今回は増幅度を Bipolar Tr のガンメルプロットから線形性が得られている 113 倍にするようにオフセット電流を加えた。フェリシアン化カリウム 1 mM の結果の図 2,3 に示す。電極のみのファラデー電流に比べバイポーラトラン

ジスタを使用した場合電流が増幅されたのが確認された。各々のピーク電流値から 113 に増幅することを確認した。このことより安定した増幅ができていると考えられる。

また微小電極による電流の評価を行うことで微小領域を測定する際の高感度化を検討していく。

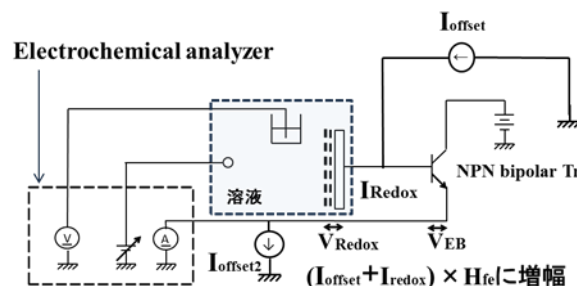
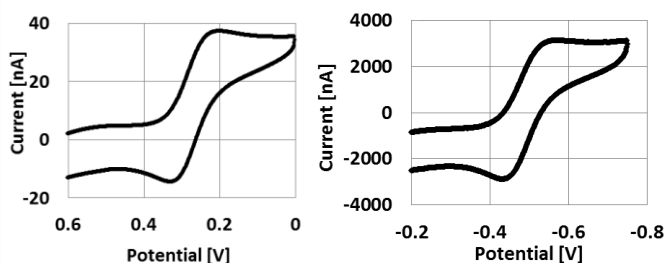


図 1 オフセット電流を挿入した測定回路



(a) 電極のみ

(b) 製作したセンサ

図 2 フェリシアン化カリウム 1 mM による比較結果

【参考文献】

1. T.Yamazaki, T.Ikeda, M.Ishida, and K.Sawada, "Design and Fabrication of Smart All-in-one Chip for Electrochemical Measurement," Extended Abstracts of the 2010 International Conference on SSDM, Tokyo, Sept. 2010, pp822-823.
2. Takahashi, S., Futagawa, M., Ishida, M., & Sawada, K. "Proposition and fabrication of Amplified Redox Sensor (ARS) for high sensitive chemical analysis". Transducers'2013, pp. 242-245. (2013)