

光受容タンパク質を用いた光検出器の時間応答特性

Temporal Response Characteristics of Protein-based Photodetectors

○(M1) 大澤 修平¹, 笠井 克幸², 岡田 佳子¹ (1. 電気通信大学基盤理工, 2. 情報通信研究機構)

○Shuhei Osawa¹, Katsuyuki Kasai², Yoshiko Okada-Shudo¹

(1. The Univ of Electro-Commun., 2. NICT.)

E-mail: o1733027@edu.cc.uec.ac.jp

バクテリオロドプシン (bR) は、高度好塩菌の細胞膜に存在するレチナールタンパク質であり、光駆動プロトンポンプ機能を有している。bR 膜と電解質溶液を 2 電極で挟み込んだ構造の光検出器は、bR 自体が光電変換材料として機能するため、バイアス電源を必要とせず、キャパシタの充電と放電により網膜神経節細胞と同様に時間微分応答を示す^{1,2)}。bR が安価な生体材料であり、この光検出器は生産コスト、環境負荷の面でも優れている。また、光電流応答特性が網膜と類似していることを生かして、人工網膜やモーションセンサーなどに応用されてきた^{1,3)}。この光検出器を次世代 IoT における高機能センサーに組み込むためには、光検出特性の最適化が必要である。本研究では、検出器の構造（電極面積、電極間距離）を変えて光電流応答を測定し、内部構造を等価回路で表して、そのパラメーター解明を目的とする。

bR 光検出器のセル構造を Fig. 1 に示す。ITO ガラス上に bR 膜をディップコーティング法で成膜し、対極の ITO ガラスとの間に電解質溶液 (KCl 500 mmol/L, HEPES 10 mmol/L, pH 8.1) を封入した。光源の発光ダイオード (波長 525 nm) を電圧-電流変換回路を介して正弦波電流で駆動した。直径 5 mm のマスクを被せた光検出器に正弦波変調した光を照射し、光電流出力波形を電流-電圧変換増幅回路を介して、オシロスコープで観測した。

電極面積と電極間距離を変えて周波数特性を測定したところ、ヒトの視覚系と同様にバンドパス型となったが、そのピーク周波数はヒトの視覚系よりも高周波数であった。電極間距離を 2 mm に固定して、電極面積を変えた際の利得の周波数特性を Fig. 2 (a) に示す。電極面積の増加に伴いピーク周波数は低周波数側にシフトしたが、帯域幅のオクターブ値 (カットオフ周波数の比) は常に一定であった。次に、電極面積を 78.5 mm² (スペーサーの内径 10 mm) に固定して、電極間距離を変えた際の利得の周波数特性を Fig. 2(b) に示す。ピーク周波数は常に 25 Hz であり、電極間距離の増加に伴い帯域幅が拡大した。これらの結果から、検出器構造によって周波数特性を制御できること、また通常のキャパシタとは異なり電極面積の減少と電極間距離の増加が等価でないことから、bR 光検出器のキャパシタンスは検出器構造のみでは決定されないことがわかった。したがって、bR 光検出器の等価回路決定の際には、構造由来のパラメーターを考える必要がある。また、光電流出力の検出器構造依存性も報告する予定である。

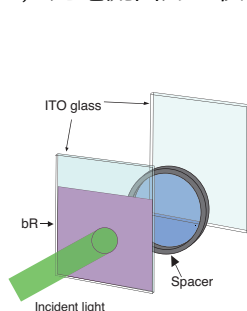


Fig. 1. Cell structure of a bR-based photodetector.

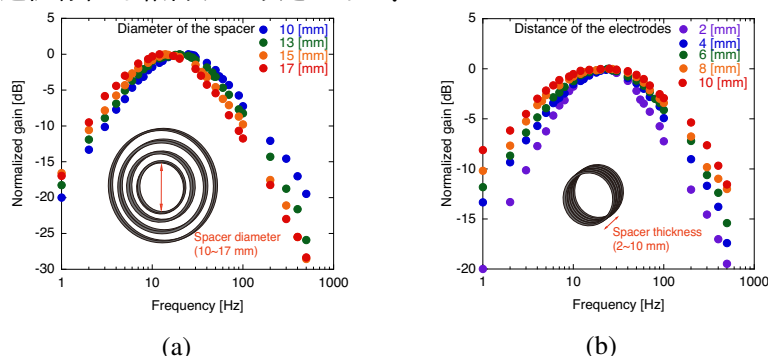


Fig. 2. Frequency response of the bR-based photodetectors for different cell structures. (a) The distance of the two electrodes is 2 mm. The diameter of the spacer is 10, 13, 15, and 17 mm. (b) The diameter of the spacer is 10 mm. The distance of the two electrodes is 2, 4, 6, 8, and 10 mm.

1) T. Miyasaka, K. Koyama, and I. Itoh, *Science*, **255**, 243 (1992).

2) J. Wang, S. Yoo, L. Song, and M. A. El-Sayed, *J. Phys. Chem. B*, **101**, 3420 (1997).

3) Y. Okada-Shudo, T. Tanabe, T. Mukai, K. Kasai, Y. Zhung, and M. Watanabe, *Synth.Met.*, **222**, 249, (2016).