

平野 愛弓

東北大学大学院医工学研究科
准教授

超絶縁性脂質二分子膜に基づくイオン・電子ナノチャネルの創成

§ 1. 研究実施体制

(1)「縦方向イオンチャネルに基づく脂質二分子膜デバイス」グループ

① 研究代表者:平野 愛弓 (東北大学大学院医工学研究科、准教授)

② 研究項目

- ・イオンチャネル包埋確率の向上に向けての検討
- ・イオンチャネル包埋過程のその場観察
- ・アレイ型チップに基づく測定系の設計
- ・二分子膜内電極配線用の微細配線装置の仕様確定と選定

(2)「脂質二分子膜単電子デバイス」グループ

① 主たる共同研究者:木村 康男 (東京工科大学工学部電気電子工学科、教授)

② 研究項目

- ・脂質二分子膜特性評価及びトランジスタ評価用測定系の構築
- ・自立型ナノギャップ電極構築プロセスの検討と準備
- ・モンテカルロ法を用いた数値計算の試行
- ・脂質二重膜への金ナノ粒子の導入方法の検討と原子間力顕微鏡による評価

(3)「脂質二分子膜電界効果トランジスタ」グループ

① 主たる共同研究者:廣瀬 文彦 (山形大学大学院理工学研究科、教授)

② 研究項目

- ・室温・大気圧原子層堆積法 (ALD) 装置の構築
- ・脂質二分子膜形成技術の獲得と特性評価法の標準化
- ・微粒子 FET の電界誘導効果の机上検討

§ 2. 研究実施の概要

(1) 「縦方向イオンチャネルに基づく脂質二分子膜デバイス」グループ(平野 Gr)

生体チャネルは脂質分子に包まれたプロテオリポソームの状態抽出され、脂質二分子膜との膜融合によって膜中に包埋される。平野 Gr では自発的な膜融合による生体チャネルの包埋に成功しているが、その包埋確率が低いことが課題となっていた。本年度は hERG チャネルを含むいくつかのイオンチャネルを対象に膜融合促進について検討し、約 60%の確率で脂質二分子膜中にチャネルタンパク質を包埋できる方法を開発した。また、イオンチャネル包埋過程に関する基礎学理を追及するため、包埋過程のリアルタイム観測系の構築を行った。この他、96 ウェル型プレートに類似したアレイ化チャンバーの構築に着手した[1][2][3]。

(2) 「脂質二分子膜単電子デバイス」グループ(木村 Gr)

脂質二分子膜形成プロセス及び評価技術の習得と構築、モンテカルロ法を用いた数値シミュレーション、金ナノ粒子の脂質二重膜内への導入について検討した。金ナノ粒子配列における単一電子帯電効果について、モンテカルロ法を用いた数値シミュレーションにより特性予測を行い(図 1)、大きなサイズ分散を有する金ナノ粒子を用いることが可能であることがわかった。また、金ナノ粒子の表面を疎水基で修飾することにより、脂質二分子膜中への金ナノ粒子の導入を実現した。さらに、作製した脂質二重膜の表面平坦性と流動性の変化を原子間力顕微鏡により評価した。

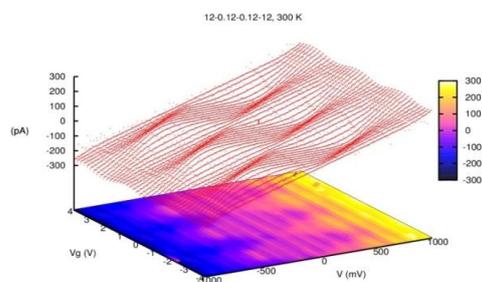


図 1. Au ナノ粒子配列における単一電子帯電効果のシミュレーション

(3) 「脂質二分子膜電界効果トランジスタ」グループ(廣瀬 Gr)

脂質二分子膜へのナノ微粒子包埋のための室温原子層堆積を実現するために、室温化のためにキーとなるプラズマ酸化源として誘導性プラズマ源と誘電体バリア放電型の 2 種の酸化源を試作した。誘導性プラズマ源において、室温化のために必須となるヒドロキシル(OH 種)の生成をプラズマ発光分光により確認した。投入パワーおよび流量による発光強度依存性に基づき、微粒子用室温原子層堆積装置の設計を行った。一方、脂質二分子膜をチャネルとした微粒子 FET を実現するためには、数 nm サイズの酸化物半導体微粒子を数 μm 程度のソース・ドレイン間に電界誘導効果で整列させる必要がある。本年度は、その基礎検討として、金属をコアとしたコアシェル微粒子を仮定し、電界整列に必要な電界強度を計算し、その結果を元に電界整列をより効果的にするためのアイデアの抽出を行った。

- [1] H. Yamamoto, T. Demura, K. Sekine, S. Kono, M. Niwano, A. Hirano-Iwata, T. Tanii, "Photopatterning Proteins and Cells in Aqueous Environment using TiO₂ Photocatalysis", Journal of Visualized Experiments, in press.
- [2] Y. Ikegami, S. Hozumi, A. Shoji, A. Hirano-Iwata, T. Bliss and M. Sugawara, "Real-time monitoring of extracellular L-glutamate levels released by high-frequency stimulation at region CA1 of hippocampal slices with a glass capillary-based L-glutamate sensor", Sensing and BioSensing Research, 2, 31-37 (2014). (doi.org/10.1016/j.sbsr.2014.10.006)
- [3] T. Ma, R. Kojima, D. Tadaki, J. Zhang, Y. Kimura and M. Niwano, "Fabrication of polymer/TiO₂-nanotube-based hybrid structures using a solvent-vapor-assisted coating method", Materials Research Express, vol. 1, 045048 (2014). (doi:10.1088/2053-1591/1/4/ 045048)