

平野 愛弓

国立大学法人 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

- ・チャネルタンパク質の脂質二分子膜中への包埋
- ・イオンチャネル含有プロテオリポソーム包埋過程のその場観察
- ・ナノ粒子の脂質二分子膜中への包埋
- ・hERG チャネル薬物副作用評価用および脂質二分子膜デバイス用シリコンチップの作製
- ・アレイ型チップに基づく測定系の設計と構築

### (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
- ・脂質二分子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
- ・固体基板上への金ナノ粒子散布による単一電子帯電効果の観察
- ・単一電子素子の入出力特性改善法の提案と数値計算による評価

### (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

- ・ナノ粒子用室温・大気圧原子層堆積法(ALD)装置の構築

- ・ナノ粒子用  $\text{TiO}_2$  及び  $\text{SnO}_2$  の室温 ALD 法の開発
- ・ナノ粒子の脂質二分子膜中へ気相包埋法の検討
- ・脂質二分子中の粒子配列の静電界シミュレーションによる検討

## § 2. 研究実施の概要

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

脂質二分子膜への生体チャンネルの包埋は、チャンネル含有リポソームと脂質二分子膜との膜融合によって進行するが、その確率が低いことが課題であった。本年度は hERG チャンネル、Na チャンネル、GABA 受容体チャンネルを対象に膜融合促進について検討し、遠心力を駆動力とすることにより(図1)、従来の約6%から67%へと包埋確率を向上させることに成功した。また、脂質二分子膜への膜融合過程における基礎学理を迫るため、基板支持二分子膜モデル系を用いた包埋過程のその場観察を行った。さらに、膜融合サイトおよび融合後の膜画分由来成分の空間分布を蛍光顕微鏡観察と原子間力顕微鏡観察によって明らかにした。

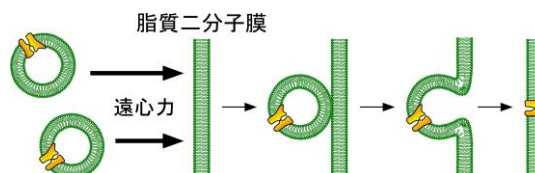


図1. 遠心力によるチャンネル包埋促進

### (2) 「脂質二分子膜単電子デバイス」グループ(木村 Gr)

基板支持二分子膜モデル系を用い、金属ナノ粒子の包埋技術を開拓した。疎水化した金ナノ粒子をあらかじめ脂質と混合して二分子膜を形成することにより、金ナノ粒子包埋脂質膜の形成に成功した。一方、脂質二分子膜形成後にベシクル融合法により金ナノ粒子が導入できることも分かった。導入された金属ナノ粒子は2次元に分布するものと考えられるため、2次元配列させた金属ナノ粒子の電気的特性についてモデル系を用いて検討した。酸化膜付きシリコン基板にナノギャップ電極を作製し、そこに金ナノ粒子を散布して、その電気的特性を評価した結果、電流-電圧特性上に、単一電子帯電効果に起因する電流抑圧状態を確認することができた。また、脂質二分子膜形成チップ上へのナノギャップ電極作製のため、フォトリソグラフィ及び陽極酸化技術を組み合わせたセルレス局所陽極酸化を行い、線幅約200nmのAl細線の作製技術の構築に成功した。

### (3) 「脂質二分子膜電界効果トランジスタ」グループ(廣瀬 Gr)

脂質二分子膜に内包するナノ粒子作製の室温原子層堆積装置(ALD)の開発を行い、被覆厚を数nm-数10nmレベルで制御した上で、金ナノ粒子上にTiO<sub>2</sub>を室温被膜することに成功した。ALDによる室温酸化半導体コーティングとしては、SnO<sub>2</sub>の製膜にも成功しており、今後は、数nmサイズのナノ粒子を対象に被膜を試み、新機能ナノ粒子の発現につなげたいと考えている。また、脂質二分子膜へのナノ粒子の包埋法について、ダメージレスで気相堆積させる方法について検討し、ナノ粒子の気相導入プロセスとして開発を進めている。この他、脂質二分子膜中のナノ粒子チャンネル形成のための電界整列シミュレーションについて取り組み、2Dモデルにて、電界整列のための電界強度条件の抽出を行った。今後は実際のナノ粒子埋包試験をしながら電界整列現象を評価し、脂質二分子膜電界効果トランジスタの製造プロセス開発に活用する予定である。

代表的な論文

- 1) R. Matsumura, H. Yamamoto, M. Niwano, and A. Hirano-Iwata, "An electrically resistive sheet of glial cells for amplifying signals of neuronal extracellular

- recordings." Applied Physics Letters, vol. 108, 023701, 2016.
- 2) Keiji Yokota and Toshio Ogino, "Phase separation in lipid bilayers induced by intermixing at a boundary two phases with different components", Chemistry and Physics of Lipids, vol. 191, pp.147-152, 2015
  - 3) P. Pansila, K. Kanomata, M. Miura, B. Ahmmad, S. Kubota, and F. Hirose, "Growth kinetics for temperature-controlled atomic layer deposition of GaN using trimethylgallium and remote-plasma-excited NH<sub>3</sub>", Applied Surface Science, vol. 357, pp.1920-1927, 2015