

半導体シリコンチップ上に作製された微細孔における 安定な人工脂質二分子膜形成のためのエッジ構造の最適化

Optimization of edge structures of micro-apertures fabricated in
semiconductor silicon chips for formation of stable artificial bilayer lipid membranes

東北大通研¹, 東北大 AIMR², 東北大学際研³ °但木 大介¹, 平野 愛弓^{1,2}, 山浦 大地¹,

荒木 駿¹, 吉田 美優¹, 荒田 航平¹, 大堀 健¹, 山本 英明³, 庭野 道夫¹

RIEC, Tohoku Univ.¹, AIMR, Tohoku Univ.², FRIS, Tohoku Univ.³

°Daisuke Tadaki¹, Ayumi Hirano-Iwata^{1,2}, Daichi Yamaura¹, Shun Araki¹, Miyu Yoshida¹,

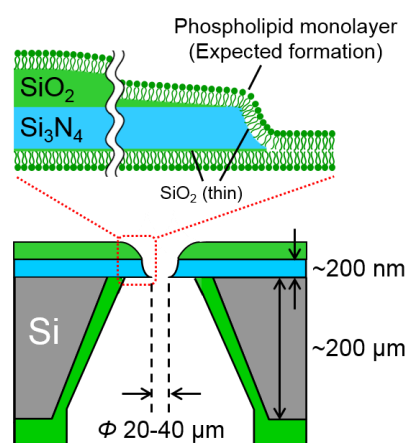
Kohei Arata¹, Takeshi Ohori¹, Hideaki Yamamoto³, and Michio Niwano¹

E-mail: ayumi.hirano.a5@tohoku.ac.jp

はじめに 我々の体を構成する細胞を覆う脂質二分子膜 (BLM) は、わずか数ナノメートルの厚さでありながら、数 $G\Omega$ を超えるような高い絶縁性を有する。このため、人工的に再構成された BLM は、イオンチャネルとなるタンパクが包埋されるための支持体となり、包埋された BLM は、高感度バイオセンサーとしての機能を果たす。我々は半導体微細加工技術を用い、テーパの付いた極めて薄いナノエッジ構造を有する微細孔を半導体シリコンチップ上に作製することによって、機械的・静的安定性の高い BLM の形成に成功した。しかし一方で、エッジが極めて薄いことから、孔が割れやすく作製歩留まりが非常に低いというトレードオフの問題が生じた。本研究では、まず、ある程度の厚さをもつ丈夫なエッジ構造を有する微細孔を、再現よく作製するためのプロセスを構築した。その上で、いくつかの異なる種類の SiO_2 層の構造を有する微細孔に対して BLM を形成させ、それぞれの機械的・静的安定性について比較・検証することにより、安定な人工脂質二分子膜形成のためのエッジ構造の最適化を試みた。

実験結果・考察 図 1 に作製した微細孔を有するシリコンチップの断面模式図を示す。Si 層内には予め図の下方向からの異方性 Wet エッチングによって空洞が形成されている。その後、図の上方向から SiO_2 層、 Si_3N_4 層の順に、それぞれフッ酸、熱りん酸を用いてエッチングを行うことにより貫通孔を形成させた。ここで、前者のエッチングにおいて、エッチングレートを抑えたバッファードフッ酸を効果的に用いることによって、図に示したようなある程度の厚さをもつ (ほぼ 45 度の) 丈夫な Si_3N_4 エッジが形成され、作製歩留まりが大幅に向上した。さらに、図のようなマイクロスケールの広い領域に亘って緩やかな勾配をもつ SiO_2 層を有する構造のエッジに対し、膜形成を行った上で安定性を評価したところ、機械的 (バッファー溶液交換耐性・遠心力耐性)、静的 (膜寿命) とともに顕著に良好な特性を示した。このことから、安定な膜形成のためには、孔先端におけるナノエッジ構造のみならず、その周りのマイクロスケールの領域における SiO_2 層の構造が特に重要であることが示唆される。

謝辞 本研究は、JST-CREST の助成を受けて行われたものである。



(Fig. 1. Schematic structure of silicon chip with micro-aperture and expected BLM formation on the aperture edge.)