

卵殻膜の電子デバイス材料への応用検討

Investigation of eggshell membranes for electronic device applications

森 健太郎 (電気電子工学科)

Kentaro Mori

高機能デバイス研究室 指導教員 相川慎也 准教授

1. 緒言

近年、環境問題に対する関心が高まっており、プラスチックなど環境負荷の高い材料の代替材料探索が急務の課題となっている。

卵の殻の内側に存在する卵殻膜 (eggshell membrane, ESM) は生物由来で環境親和性の高い材料である。また、食用卵は世界で大量に消費されており、入手が容易なことから、電気デバイス分野をはじめ多くの分野で注目されている^[1]。本研究では、卵殻膜を電子デバイスの材料としての使用可能性を検討するため、卵殻膜の諸特性の調査を行った。

2. 実験方法

卵殻膜は市販の食用生卵の卵殻から剥離し、蒸留水 (和光純薬工業) で3分間超音波洗浄を行った後、気温 19.6°C、湿度 26%の空气中で24時間乾燥させ、評価を行った。

2-1. 卵殻膜の表面観察 卵殻膜の表面観察には、走査電子顕微鏡 (SEM) (JEOL) とレーザー顕微鏡 (KEYENCE) を使用した。SEM 観察において、チャージアップを防ぐため、クイックコーター (SANYU DENSHI) を用いて Pt を 50nm 蒸着した。

2-2. 導電性試料の作製 卵殻膜は導電性がないため、導電性試料とするため 1:5 の割合で希釈したカーボンナノチューブインク (CNT インク) (名城ナノカーボン) を含浸させた。CNT インクに乾燥した卵殻膜を24時間浸し、取り出して気温 19.6°C、湿度 26%の空气中で乾燥させたものを蒸留水で3分間超音波洗浄を行い、室温で乾燥させた。この試料に対して、四探針抵抗測定器 (KYOWARIKEN) で抵抗測定を行った。コントロールサンプルとして、CNT インクを含浸させていない卵殻膜の抵抗値と比較した。

2-3. 吸湿性の評価 乾燥した卵殻膜を蒸留水に24時間浸した後、気温 19.6°C、湿度 26%の空气中で自然乾燥させた際の卵殻膜の重量を電子天秤で測定し、卵殻膜が吸収できる水の量と蒸発時間を測定した。

3. 結果及び考察

3-1. 卵殻膜の表面形状 図1より、卵殻膜表面は網目のようになっており、細孔構造をとっていることが分かった。孔の直径は約 10 μ m であった。よって、卵殻膜は細孔構造によって液体や気体分子を吸着し保持できると考えられる。図2より、卵殻膜の表面は凹凸が多く、平坦ではないことが分かった。レーザー顕微鏡によって得られた卵殻膜表面の二乗平均平方根高さは 2.05 μ m であったため、一般的な Si 基板が 0.1nm 程度であることを考慮すると非常に粗い表面であるとわかる。よって、卵殻膜上に素子に乗せる場合、平坦化加工などを行う必要がある。

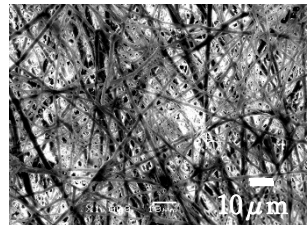


図1.卵殻膜表面 SEM 像

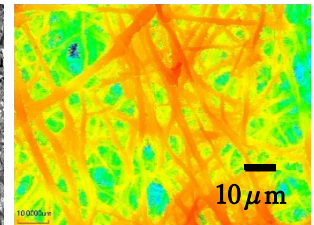


図2.卵殻膜表面のレーザー顕微鏡像

3-2. 卵殻膜の吸着特性 抵抗測定の結果、素の卵殻膜は絶縁であったのに対し、CNT インクを含浸させた卵殻膜の抵抗値は 320 Ω 程度であった。CNT インクのみ抵抗値は 33 Ω 程度であるが、絶縁であった卵殻膜が明らかな導電性を示したことから、卵殻膜に CNT インクを含浸させることで卵殻膜が導電性を持ったといえる。これは卵殻膜の持つ細孔構造が CNT を吸着しているためであると考えられる。

3-3. 卵殻膜の吸湿性 表2は卵殻膜の乾燥時と吸湿時および算出した吸湿量と吸収比率を示したものである。吸湿量は乾燥時の約3倍の質量であることから、卵殻膜は平均して自重の約3倍の質量の蒸留水を吸収できることが分かった。

表2.卵殻膜の吸湿性

sample No.	dry [g]	wet [g]	water [g]	water ratio [%]
			wet - dry	(water / dry) × 100
1	0.0019	0.007	0.0051	268.4
2	0.002	0.0082	0.0062	310.0
3	0.0018	0.0072	0.0054	300.0
4	0.002	0.0079	0.0059	295.0
5	0.0022	0.009	0.0068	309.1

4. 結論

表面観察結果から、卵殻膜の表面は細孔構造を取っており、液体や気体分子を吸着できることが分かった。また、凹凸が多く、素子に乗せる際に平坦化加工などが必要になることが分かった。次に、抵抗値の比較から、卵殻膜に導電性を持った液体を含浸させると卵殻膜に導電性を持たせられることが分かった。この性質を利用して、卵殻膜を基板として用いると導電性のインク等を吸着させることで、表面形状にかかわらず配線することができると考えられる。

5. 参考文献

[1] Sunho Park et al, Biosyst. Eng. 151, p. 446-463 (2016)