

蒸着重合法を用いた PEG 終端ポリ尿素薄膜の作製および表面構造評価

Preparation and Characterization of PEG-terminated Polyurea Thin Films using Vapor Deposition Polymerization

静岡大院自然科学¹ °田畑 諒¹, 松原 亮介¹, 久保野 敦史¹

Shizuoka Univ.¹, °Ryo Tabata¹, Ryosuke Matsubara¹, Atsushi Kubono¹

E-mail: kubono.atsushi@shizuoka.ac.jp

【緒言】 浄水および下排水処理に使用される濾過膜において、不具合につながる表面へのタンパク質の非特異的な吸着を抑制することが必要である。我々はこれまでにタンパク質付着抑制効果を持つポリエチレングリコール (PEG) を、複雑形状に均一に成膜可能な蒸着重合ポリ尿素薄膜に終端させることで、タンパク質吸着量が半分程度になることを確認してきた (田畑他, 第 82 回応用物理学会秋季学術講演会, 13p-N302-9 (2021))。しかし、タンパク質付着抑制効果は一般的な PEG の成膜法である湿式法と比較して不十分であり PEG の被覆率が湿式法と比較して低いことが示唆された。そこで本研究では、蒸着重合法による PEG 終端ポリ尿素薄膜の表面構造の解析を行った。

【実験】 モノマーとして、4,4'-Diphenylmethane Diisocyanate (MDI)、1,12-Dodecanediamine (DADD)、平均分子量 600 の Polyethylene Glycol (PEG600) を用いた。蒸着基板として Si ウェハおよび金電極付き水晶振動子 (共進周波数 9 MHz) を用いた。蒸着重合法によりポリ尿素薄膜を成膜後、PEG600 を蒸着し PEG 終端ポリ尿素薄膜を作製した。薄膜の化学構造と表面組成を赤外分光 (IR) スペクトルと X 線光電子分光 (XPS) スペクトル (単色化 Al K α を使用) により評価した。

【結果】 薄膜の IR スペクトルに尿素結合由来の C=O 伸縮振動が存在することからポリ尿素的形成が確認された。Fig. 1 にポリ尿素薄膜および PEG 終端ポリ尿素薄膜の C 1s スペクトルを示す。ピーク分離を行った結果、PEG 終端ポリ尿素にはポリ尿素由来のピークに加え、C-O 由来のピークが検出されたことから、エーテル基を含む PEG がポリ尿素薄膜表面に修飾されていることが確認された。C 1s スペクトルから PEG の被覆率を計算したところ約 33%と見積もられた。Fig. 2 に PEG 終端ポリ尿素薄膜の N 1s および C 1s、O 1s および C 1s スペクトルのピーク強度比 (I_{N1s}/I_{C1s} , I_{O1s}/I_{C1s}) と光電子取り出し角度 (θ) の関係を示す。いずれも $\sin \theta$ の減少に伴う変化が見られないことから、Al K α を用いた際の光電子の脱出深さである約 10 nm よりも厚く PEG 層が成膜されていることが分かる。PEG600 の分子長は約 5 nm であるため、ポリ尿素表面に吸着した PEG の上にさらに PEG が吸着していることが示唆される。

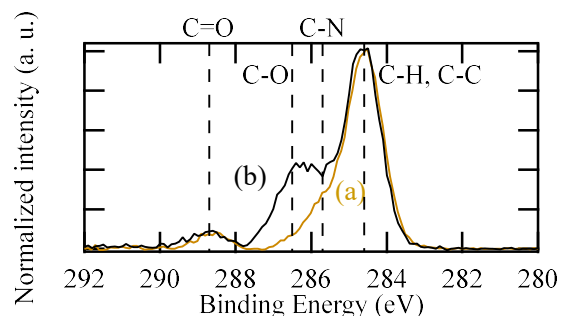


Fig. 1 XPS spectra of the C 1s peaks of (a) polyurea and (b) PEG-terminated polyurea.

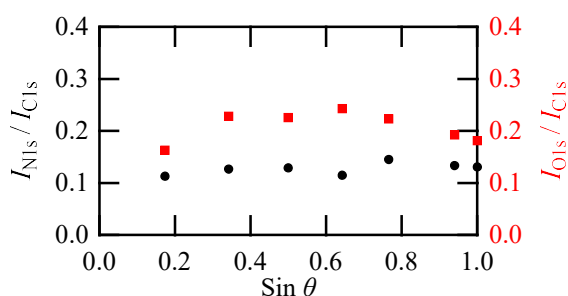


Fig. 2 $\sin \theta$ dependence of I_{N1s}/I_{C1s} and I_{O1s}/I_{C1s} of PEG-terminated polyurea.