

課題番号 : F-21-WS-0134
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : 自己修復性層状シロキサン材料の設計
 Program Title (English) : Design of Self-Healable Layered Siloxane Materials
 利用者名(日本語) : 宮本佳明
 Username (English) : Yoshiaki Miyamoto
 所属名(日本語) : 早稲田大学先進理工学研究科応用化学専攻
 Affiliation (English) : Department of Applied Chemistry, Waseda University
 キーワード/Keyword : 自己修復, シロキサン, 分析

1. 概要 (Summary)

自己修復材料の開発は近年注目を集めており、様々な手法によって自己修復が報告されている。なかでも可逆結合を利用した修復は、修復が繰り返し可能であるという利点がある。この修復手法は損傷部の物理的接触が必要であり、適用が主に柔軟なポリマー材料に限られている。最近当研究室では、ラメラ構造を有するシロキサン系薄膜が自己修復性を有することを報告している^[1]。この材料はラメラ構造を有するシロキサン系薄膜である。ラメラ構造が膨潤することによりクラックが閉塞されると同時に Si-O-Si 骨格が再配列することで、自己修復が行われる。しかしながら、この薄膜は硬度が低いことが応用面での課題である。硬度が低い原因としてラメラ構造の層間の相互作用が弱いことがあげられる。そこで、架橋剤を用いることで層間を架橋し、硬度の高い自己修復材料の創出を目指した。

で加水分解・重縮合させた。得られた前駆溶液を Si 基板上にスピコートすることで薄膜を作製した。それぞれの薄膜の硬度を、薄膜物性評価装置を用いて比較した。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

GI-SAXS パターンより、作製した 4 種類の薄膜はラメラ構造を有していることが確認され、クラック修復能を示した。次に、薄膜物性評価装置により硬度の計測を行った。架橋部位の長さが最も長い(架橋部位の組成 : $C_{14}H_{28}S_2$)ビスアルコキシシランを添加して作製した薄膜の硬度は 1.11 GPa であり、これを添加せずに作製した既報の薄膜の硬度は 0.47GPa であった。さらに、架橋部位の長さが短いビスアルコキシシランを添加した薄膜では硬度の向上が確認できなかった。想定される界面活性剤層の厚みは ~ 2.4 nm^[2]であり、用いたビスアルコキシシラン架橋部位の組成が $C_{14}H_{28}S_2$ の場合のみビスアルコキシシランの架橋基の鎖長(O-O 間の距離)2.5 nm が層間距離を超えている。層間距離よりも長い鎖長を有するシランを用いることで層間架橋が可能であり、これが硬度の向上に起因していると考えられる。

4. その他・特記事項 (Others)

・参考文献

- [1] S. Itoh *et al.*, *ACS Nano*, **2017**, *11*, 10289.
 [2] G. Tsagkaropoulou *et al.* *Soft Matter* **2019**, *15*, 8402.

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

- [1] S. Kodama*, Y. Miyamoto* *et al.*, *ACS Appl. Polym. Mater.* **2021**, *3*, *8*, 4118. [2] 宮本佳明 他 新化学技術推進協会, 第 10 回 JACI-GSC シンポジウム, B-12. [3] 宮本佳明 他 日本化学会, 第 11 回 CSJ 化学フェスタ 2021, P9-104.

6. 関連特許 (Patent)

なし

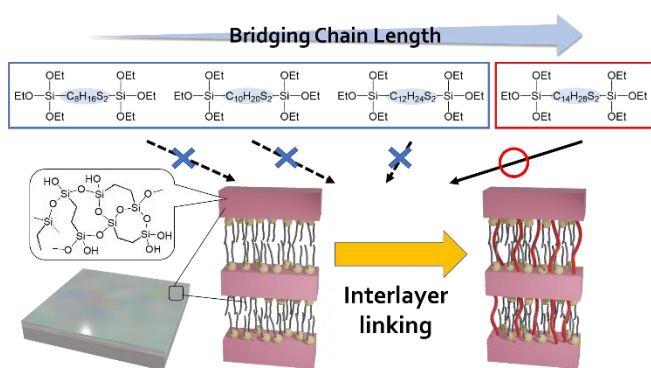


Fig. 1 Scheme of this study

2. 実験 (Experimental)

【利用した主な装置】環境維持・制御装置、薄膜物性評価装置

【実験方法】

Fig. 1 に示す 4 種類のビスアルコキシシランをそれぞれ 1,2-bis(triethoxysilyl)ethane と二本鎖型第四級アンモニウム界面活性剤 didodecyldimethylammonium bromide と共にエタノール溶媒中で混合し、酸性条件下