

論文内容要約

令和2年度入学 博士後期課程

有機材料システム専攻

氏 名 佐々木 樹



論文題目 パーヒドロポリシラザンの真空紫外光を用いた緻密化による塗布型ガスバリアの高性能化に関する研究

第1章 緒論では、成膜プロセスごとにガスバリア技術を概観し、塗布型ガスバリアの特長および課題をまとめ、本研究の意義を述べた。

第2章 PHPS膜のVUV光 ($\lambda=172\text{nm}$) による光緻密化プロセス解明を目的として、緻密性・結合・組成等の評価を詳細に行った。結果として、PHPS膜にはVUV領域の強い吸収に起因して膜厚方向に密度分布が形成されることがわかった。また、VUV光緻密化プロセスはSi-N結合形成だけでなく、原子再配置による膜の再構築が重要な役割を担っていることを明らかとした。

第3章 第2章での分析結果を基に、緻密性とガスバリア性能の関係性把握と 10^{-5} g/m²/day台のWVT R 達成を目的とした。VUV光照射量とPHPS膜厚に対してバリア性能は最適点を有していることがわかり、膜の緻密性やSEM観察の結果から、ガスバリア性能は緻密性とクラック発生のトレードオフによって決定されることがわかった。さらに、最適点の条件でPHPSガスバリアの3 units構造を作製したところ、塗布型では世界最高性能の 4.8×10^{-5} g/m²/dayが達成された。本性能はVUV光照射による原子再配置によるものであると推測しており、ガスバリア性能として非常に高いポテンシャルが示された。

第4章 VUV光照射によるPHPS膜内のナノ空間とガスバリア性能の関係性を明らかにするため、陽電子消滅法を利用したナノサイズの空間評価を行った (国際連携研究)。結果として、VUV光照射によって原子再配置がおこり、水分子よりも大きなサイズの空間の割合が減少していくことを示した。さらに、水蒸気耐久性から評価した膜本来のガスバリア性能が、空間の縮小に伴って改善されていくことを見出した。

第5章 光源として異なる波長である222nmに着目した。吸光度が異なることによりPHPS膜の密度分布を変化させることが可能である。222 nmを照射したPHPS膜では、クラック抑制に優れていることを見出した。同時に水蒸気耐久性は最も緻密化した表層部分によって決定されることも明らかとした。この結果を基に、更なる緻密化による耐久性・バリア性能の向上を検討した。

第6章 結論では本研究で得られた知見を総括し、VUV光照射によってナノ空間構造が制御されたPHPS膜はガスバリア膜として高いポテンシャルを有すると結論付けた。また、ガスバリア性能は緻密性だけでなくパーティクル・クラック・ピンホール等の外因的な要因にも影響される。これらを制御しPHPS膜のガスバリア性能を最大限引き出すことで、真空成膜同等の性能と低コスト・低炭素プロセスが同時に達成可能であると総括した。