



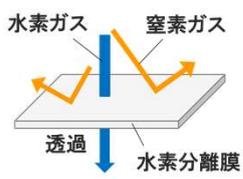
PIを基板としたNiナノ積層膜における水素・窒素ガス分離特性

Hydrogen and Nitrogen Gas Separation Properties of Ni Nanolayer Films on PI Substrates

明治大学大学院 理工学研究科 機械工学専攻 2年 小栗 楓, 明治大学 理工学部 機械工学科 納富 充雄

研究背景・目的

水素分離膜

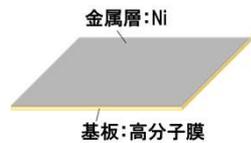


種類	金属系	高分子系
利点	<ul style="list-style-type: none"> ■ ガス分離特性 ■ 水素溶解性 ■ 高価 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 安価 ■ 耐水素脆性 ■ 水素拡散性
欠点	<ul style="list-style-type: none"> ■ 水素脆化 ■ 薄膜化が困難 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 水素溶解性 ■ ガス分離特性

先行研究より⁽¹⁾, 高分子膜のみでは水素透過性・分離特性は低い

高分子膜を基板とした金属ナノ積層膜を提案

金属ナノ積層膜



高分子膜にナノ単位で金属を積層することで金属を薄膜化し, 高い水素溶解性を与える

- ◎ 金属の使用量低減
- ◎ 高水素透過性

遷移金属Niは低温域で水素分子を分離させる触媒効果が高いことから, 本研究ではNiに着目し, Niナノ積層膜をPI(Polyimide)膜の上に作製

研究目的

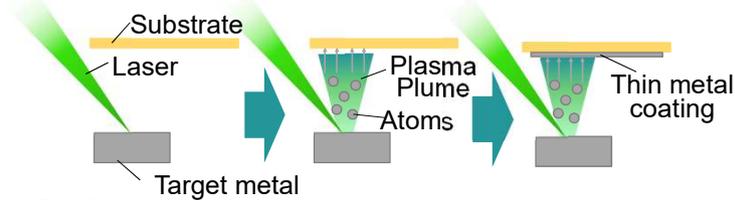
一定温度条件下におけるNiナノ積層PI膜の水素・窒素透過性を評価し, 水素・窒素透過係数の係数比からNiナノ積層PI膜の水素・窒素ガス分離特性を評価する。

試験方法

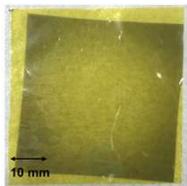
パルスレーザー蒸着法

(Pulsed Laser Deposition, PLD)

原料ターゲットに高出力レーザーを照射し, ターゲットを昇華(アブレーション)させ, 対向する基板に堆積させる方法⁽²⁾



試料

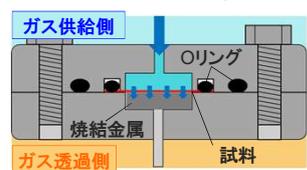


Ni/PI 7.50

Ni/PI 7.50	
Deposition time [min.]	30
Deposition weight [$\times 10^{-3}$ g]	0.80
Estimated deposition thickness [nm]	44.4

水素・窒素ガス透過度試験⁽³⁾

JIS K 7126-1 に準拠



試験手順

- 1 水素・窒素ガス透過度試験 (室温, 70°C, 140°C, 220°C) 独立して各温度域で水素(1st)→窒素→水素(2nd)の順で実施
- 2 水素・窒素透過係数
- 3 水素・窒素分離特性評価

水素・窒素透過係数 Φ および分離係数 α ^{(3), (4)}

$$\Phi_{H_2} = \frac{dP_2/dt}{P_1 - P_2} \times \frac{SV}{RAT} \quad [mol \cdot m / (m^2 \cdot s \cdot Pa)]$$

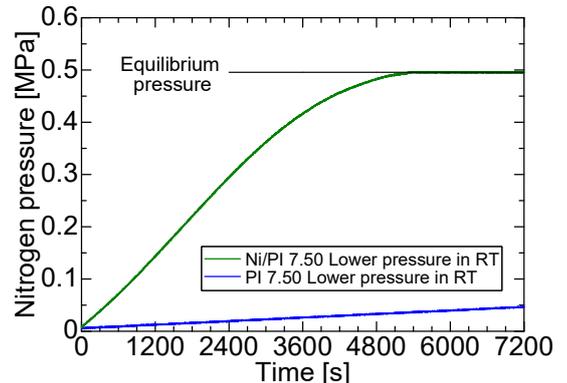
$$\Phi_{N_2} = \frac{dP_2/dt}{P_1 - P_2} \times \frac{SV}{RAT} \quad [mol \cdot m / (m^2 \cdot s \cdot Pa)]$$

$$\alpha = \frac{\Phi_{H_2}}{\Phi_{N_2}}$$

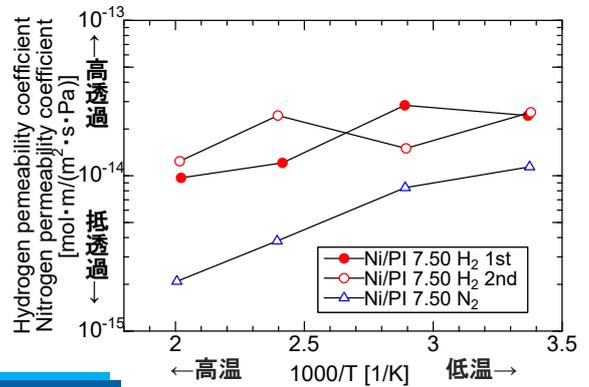
P_1 : ガス供給側圧力 [Pa]
 P_2 : ガス透過側圧力 [Pa]
 t : 時間 [s]
 R : 気体定数 [$L \cdot Pa / (K \cdot mol)$]
 V : ガス透過側体積 [L]
 T : ガス透過側温度 [K]
 S : 膜厚 [m]
 A : ガス透過面積 [m^2]

試験結果

室温における窒素圧力の時間変化曲線の比較

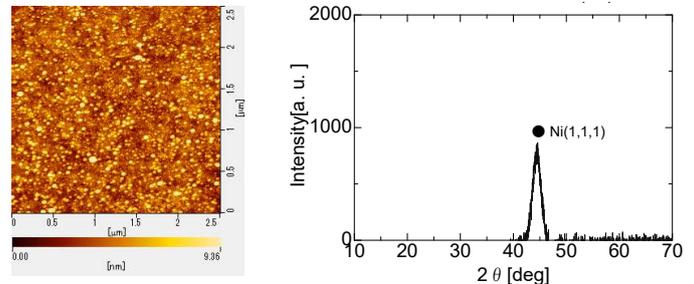


Ni/PI 7.50の水素・窒素透過係数

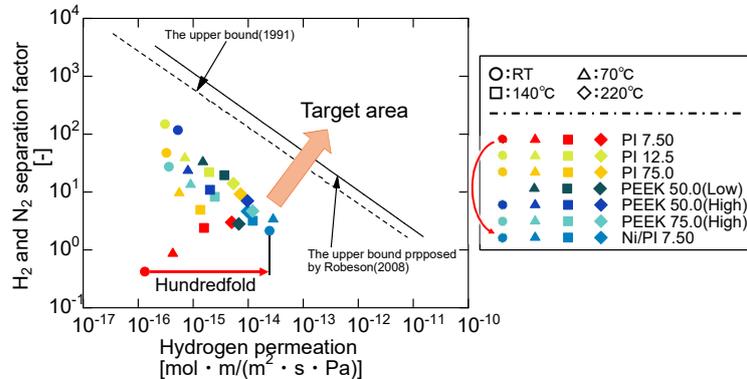


考察

Ni/PI 7.50の表面性状



H₂/N₂分離特性の比較^{(1), (4)}



結論

PI 7.50膜にNiを積層することで, 水素透過性が100倍向上した。これは表面構造に凹凸があり, 結晶性が低いため, 触媒効果が向上したことに起因する。一方, 分離特性はPI 7.50単体に対して15倍に留まった。これは窒素も水素と同様の触媒効果があったことに依ると考えられる。

参考文献

- (1)小栗楓, 納富充雄, "PIおよびPEEK薄膜の水素・窒素ガス分離特性", 日本機械学会2022年度年次大会, 高山, 2022年9月
- (2)臼井智己, 納富充雄, "Mg/Al系積層薄膜の水素吸蔵・放出特性評価", 日本機械学会, (2021), pp. 2, 3
- (3)倉田 健太郎, 関野 大貴, 櫻井 雅久, 納富 充雄, "高分子膜の水素透過特性評価", 日本材料学会, Vol. 71, No. 11, (2022), pp. 903-909
- (4)Lloyd M. Robeson, "The upper bound revisited", Journal of Membrane Science, 320, (2008), pp. 390-400