

高密度表面波励起プラズマによる フッ素樹脂の表面改質

協力講座 電子情報システム プラズマエレクトロニクスG
修士2年 石川 喬介 指導教員: 豊田浩孝



研究背景・目的

高分子樹脂材料

軽い、加工しやすい、低コスト

なかでもフッ素樹脂は強固なC-F結合により
電気絶縁性、耐熱性、耐薬品性などが優れている
絶縁被膜、保護フィルムなどに利用

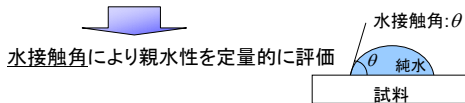
but...

密着力が弱く、接着・多層化などが困難

表面改質による密着力の向上

密着力は指標のひとつである
親水性で評価できる

密着力向上 ⇒ 親水性向上



表面改質による密着力(親水性)向上

化学溶液処理(ウェットプロセス)

- ・処理工程が多い → 生産効率が悪い
- ・廃液 → 環境汚染

プラズマ処理(ドライプロセス)

- ・処理工程の短縮 → 生産性の向上
- ・廃液が生じない、省エネ → 環境負荷低減

従来型: RFBプラズマ

処理時間30 s程度 → 更なる高速化が必要

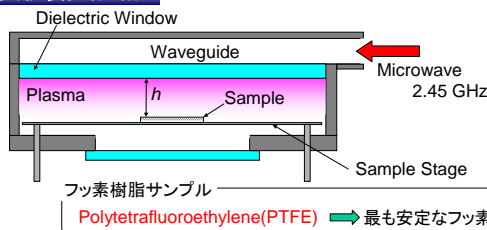
表面波励起プラズマ(SWP)を採用
⇒ 高電子密度、低電子温度 etc...
**低ダメージ
低温
高速処理**

本研究の目的

SWPIによるフッ素樹脂(PTFE)の親水化処理の高速化

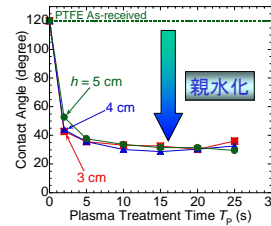
実験結果

実験装置概略図



フィルム表面の親水化処理(水接触角)

水接触角の処理時間依存性



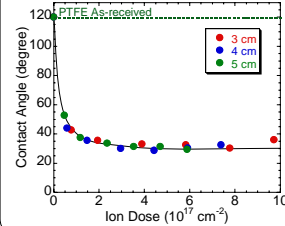
実験条件: Ar p = 200 mTorr
P = 300 W

5 s程度の高速処理に成功

生産性の向上、
フィルムへの熱負荷の低減

イオンドーズ量による評価

水接触角のイオンドーズ量依存性

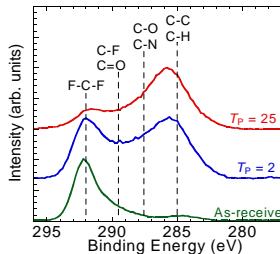


Ar イオンドーズ: D
 $D = 0.61 n_0 \cdot u_B \cdot T_P$
 n_0 : プラズマ密度
 u_B : ボーム速度
 $= (kT_e/m)^{1/2}$
 T_P : 処理時間

イオンドーズ量の増加に伴い
親水性が向上

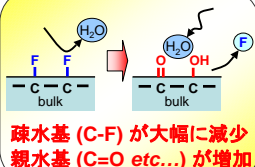
フィルム表面の化学組成変化(XPS)

PTFE表面のC1sスペクトル

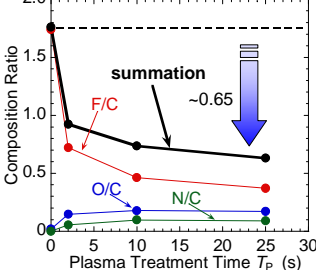


実験条件: Ar p = 200 mTorr
P = 300 W
h = 5 cm

親水性が向上した要因

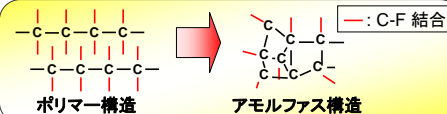


構成元素の炭素比



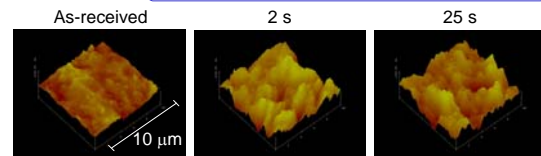
Cと結合している
他元素(summation)が減少

表面がポリマー構造から
アモルファス構造へ変化



フィルム表面のラフネス変化(AFM)

実験条件: Ar p = 200 mTorr, P = 300 W, h = 5 cm



RMS 表面ラフネス:

57 nm 120° → 147 nm 50° → 174 nm 30°

わずか 2 s の処理で表面ラフネスが大幅に増加
表面が **大きな粒状構造** へ変化

表面積の増加により親水性が向上

➤ **表面波プラズマによるフッ素樹脂(PTFE)表面の高速処理に成功**
⇒ ~30 sから5 sへの高速化、120° から30° まで大きく親水化

まとめ

- 親水性が向上した要因 ⇒ **疎水基の減少、親水基の増加**
表面ラフネスの増加
- **プラズマ処理により表面がアモルファス構造へと変化**

今後の予定

立体構造物への均一な表面改質