

## 陽子線照射した P(VDF/TrFE) 膜のウェットエッチング特性の照射量依存性

### Dependence of Wet Etching Characteristics of P(VDF/TrFE) on the Fluence of Proton Beam

芝浦工大<sup>1</sup> ○(M2) 早川 志文<sup>1</sup>, 林 秀臣<sup>1</sup>, 小池義和<sup>1</sup>, 西川 宏之<sup>1</sup>

SIT<sup>1</sup>, <sup>○</sup>Shimon Hayakawa<sup>1</sup>, Hidetaka Hayashi<sup>1</sup>, Yoshikazu Koike<sup>1</sup>, Hiroyuki Nishikawa<sup>1</sup>,

E-mail: ma15064@shibaura-it.ac.jp

**はじめに:** MeV クラスのエネルギーを有する陽子線には、(1)高い直進性、(2)加速エネルギーの大きさに侵入深さを制御可能、および(3)集束とその走査による直接描画が可能、といった特徴がある。これらの特徴を活かし、高アスペクト比を有する加工が可能となる<sup>[1,2]</sup>。本研究の目的は、集束陽子線描画(Proton Beam Writing, PBW)による照射効果を用い P(VDF/TrFE)のウェットエッチング特性を調べることである。フッ化ビニリデン(vinylidene fluoride, VDF)とトリフルオロエチレン(trifluoroethylene, TrFE)のランダム共重合体である P(VDF/TrFE)は、高分子材料の中で最も強い圧電効果と焦電効果を持ち、その圧電効果を利用して触覚センサや超音波探傷の超音波トランスデューサなどに利用され<sup>[3,4]</sup>、PBWによる三次元加工により、更なる高機能化が期待できる。

**実験方法:** (株)クレハ製 P(VDF/TrFE)組成比(75/25)粉末を DMF へ室温環境下で溶解(10 wt%)させた。脱脂洗浄した 10 mm 角 Si 基板へ溶液を滴下し、スピンドーターを用いて 300 rpm を 5 s、500rpm を 5s で回転させ、ホットプレート上にて 40 °C、2 h の熱処理を行った。成膜した P(VDF/TrFE)膜へプロトンビームライター((株)神戸製鋼所 MBS-S1000、加速エネルギー: 1.0 MeV、ビームサイズ: 1.0 μm)を用いて真空中にて集束陽子線描画を行った。照射図形は、Figure 1 に示す 30 μm 角パターンを照射量 0.3-4.8 μC/mm<sup>2</sup> の範囲で変化させて照射した。その後、KMnO<sub>4</sub>(濃度 0.25 mol/L)添加 KOH 水溶液(濃度 9 mol/L、80 °C)で 1 h の液侵によるアルカリエッチングを行い、純水洗浄、乾燥処理をした。

**実験結果および考察:** P(VDF/TrFE)膜のエッチング後の観察・加工深さ測定は、共焦点レーザ顕微鏡(OLYMPUS 社製、LEXT OLS4000)を使用した。ステッチング機能による表面構造を 3D 表示により観察した結果を Figure2 に示す。また測定した加工深さの照射量依存性を Figure3 に示す。照射量 0.3-2.1 μC/mm<sup>2</sup> の範囲での加工深さは徐々に増加し、1.0 MeV 陽子の侵入深さよりも約 20%深い 20 μm 程度で飽和した。これらの特性は、既報<sup>[5]</sup>の PVDF 膜の陽子線照射時のアルカリエッチングによるポジ型の現像特性と類似するが、P(VDF/TrFE)膜の方が 1/2 程度のより低い照射量で同程度の加工深さが得られ、TrFE の共重合の影響と考えられる。

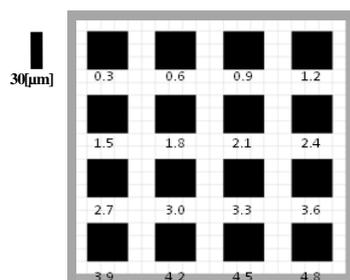


Figure 1. 30-μm squared patterns written by PBW with fluence of 0.3-2.1 μC/mm<sup>2</sup> in steps of 0.3 μC/mm<sup>2</sup>.

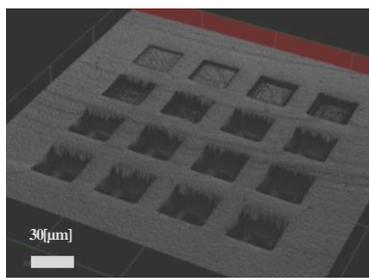


Figure 2. 3-D surface image of P(VDF/TrFE) film after PBW and wet etching observed by using a confocal laser microscope.

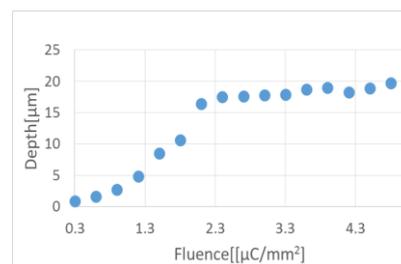


Figure 3. Dependence of the wet-etched depth of P(VDF/TrFE) film on the fluence of PBW.

[1] F. Watt, et al., Materials Today, 10, 20-29 (2007)

[2] 西川宏之、放射線、vol.35(2) pp:77-86 (2009)

[3] 田中恒久、電気学会、vol.135(5), pp:145-151 (2005)

[4] 高嶋一登、日本ロボット学会、vol. 26(6), pp:711-717 (2008)

[5] 西川宏之他、11a-B2-7、第62回応用物理学会春季学術講演会 (2015)