

## 陽極酸化アルミ皮膜型感圧塗料の細孔構造制御と時間応答性評価

藤井祥太, 沼田大樹, 永井大樹, 浅井圭介

東北大学 工学研究科

感圧塗料 (Pressure-Sensitive Paint; PSP) を衝撃波のような高速非定常流体现象に適用する際には感圧塗料の時間応答性が大きな制約となる。現時点で最速の応答時間を有する感圧塗料として、多孔質陽極酸化アルミ皮膜をバインダとして用いた Anodized Aluminum PSP (AA-PSP) が挙げられる<sup>(1)</sup>。色素の発光寿命が十分短い場合、AA-PSP の応答時間は皮膜の細孔深さの自乗に比例し、細孔径に反比例することが理論解析により調べられている<sup>(2)</sup>。皮膜作成に関しては、細孔深さが通電時間に依存すること、細孔径が電解液の種類に大きく依存することが分かっており、時間応答性の更なる改善が可能であると考えられる<sup>(3)</sup>。本研究では、電解液に従来用いられてきた希硫酸ではなく、リン酸を用いることで細孔径の大幅な拡大を試みた(図 1)。また、陽極酸化後の後処理時間によって細孔径が変化すること、細孔深さが陽極酸化時の通電時間に依存することを利用して細孔径、細孔深さがそれぞれ異なる試験片を作成した(表 1)。これらの試験片を用いて、衝撃波管を用いた応答性試験を行った(図 2)。まず、衝撃波が試験片上を通過する瞬間の圧力分布画像を取得し(図 3)、応答曲線を算出した(図 4)。これらの応答曲線から露光時間の影響を除いた波形を 1 次の指数関数で表し、時定数を算出した。時定数と細孔深さの関係を評価したところ、細孔深さ 0.5  $\mu\text{m}$  の結果のみ異なる傾向を示した(図 5)。この原因として、感圧塗料画像におけるノイズが応答曲線の立ち上がりを本来よりも遅くしていることが考えられる。それ以外のデータに関しては、時定数は細孔深さの 0.7 乗に比例するという結果となった。時定数と細孔径の関係を評価したところ、時定数は細孔径の-0.6 乗に比例するという結果となった(図 6)。しかしながら、細孔径、細孔深さのばらつき、計測誤差が影響していると考えられるため、時定数と細孔径、細孔深さの定量的関係をより正確に評価するためには、今後より多くの細孔構造条件に関して試験を行う必要がある。

- (1) Asai, K., Nakakita, K., Kameda, M., and Teduka, K. Recent topics in fast-responding pressure-sensitive paint technology at National Aerospace Laboratory. In Proceedings of the 19th International Congress on Instrumentation in Aerospace Simulation Facilities, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Piscataway, NJ, 2000 pp. 25–36, ICIA SF 2001 record.
- (2) Kameda, M., Teduka, N., Asai, K., Nakakita, K. and Amao, Y., 2002, “Adsorptive pressure-sensitive coatings on porous anodized aluminum”, Rev. Sci. Instrum.
- (3) Hangai, T. et al., Time Response Characteristics of Pyrene-based Pressure-sensitive Coatings on Anodic Porous Alumina, The 10<sup>th</sup> International Symposium on Flow Visualization, Japan(2002)

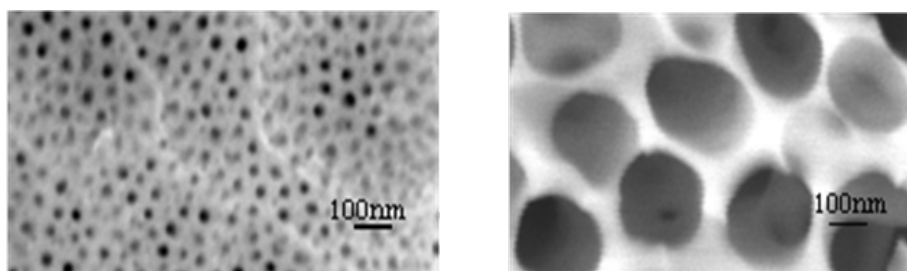


図 1: 希硫酸電解液を用いた場合(左図)と、リン酸電解液を用いた場合(右図)の AA-PSP 表面の SEM 画像

表 1: 試験片作成条件と細孔径及び細孔深さ

試験片No.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
電解液		H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (0.3 mol/L)			H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1 mol/L)	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (0.3 mol/L)
電解液温度 [°C]		30			5	30
通電時間 [min]	5	10	30	60	10	10
後処理時間 [min]	65	60	40	10	30	0
細孔径 [nm]	158	170	178	209	25	96
細孔深さ [μm]	0.5±1.3	2.3±1.3	7.5±1.1	12.3±1.0	2.2±1.4	2.1±1.7

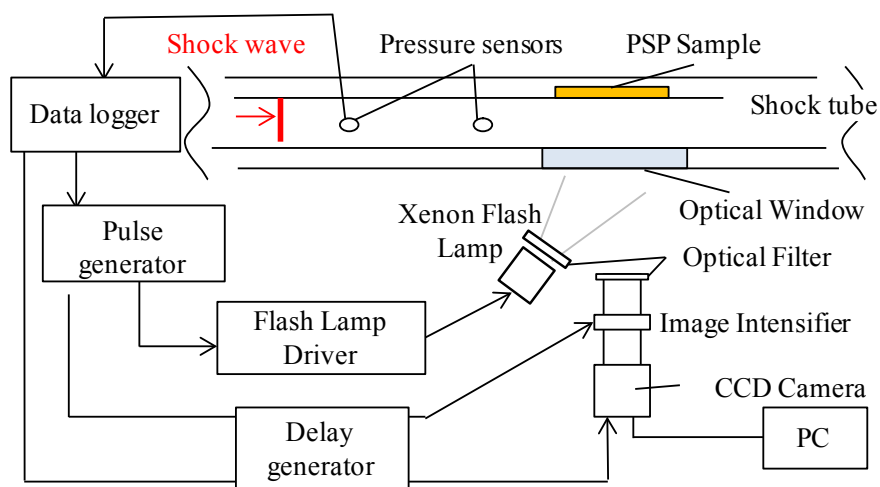


図 2: 衝撃波管を用いた応答性試験セットアップ模式図

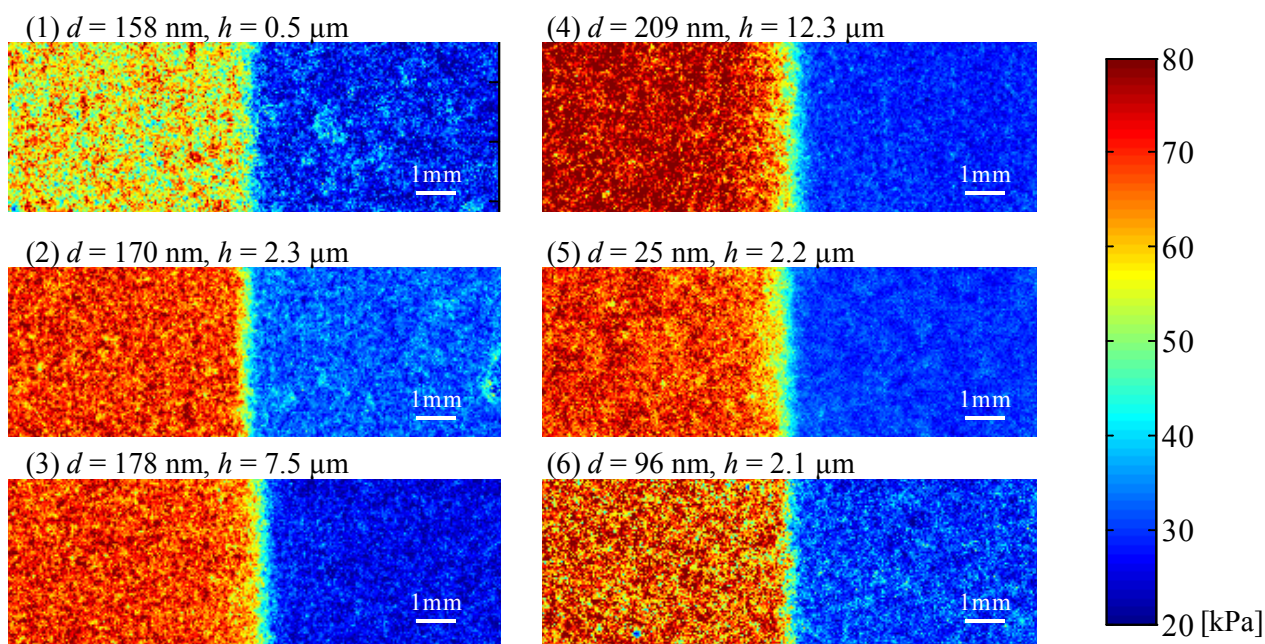


図 3: 各試験片を用いた場合の感圧塗料による衝撃波通過時圧力分布画像  
(衝撃波マッハ数 1.5, イメージインテンシファイア露光時間 1μs)

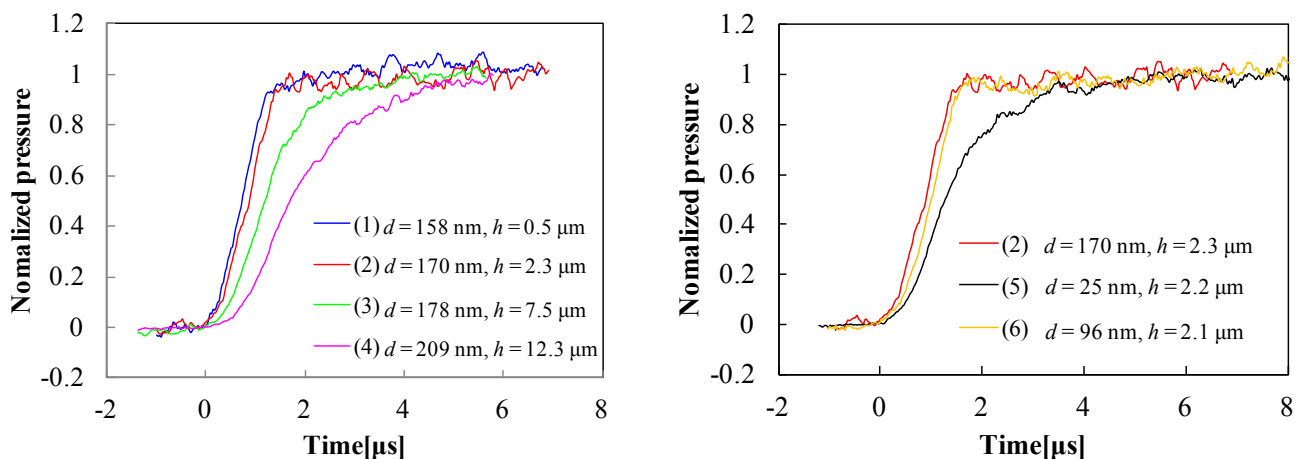


図 4: 各試験片の応答曲線 (左図: 細孔深さによる比較, 右図: 細孔径による比較)

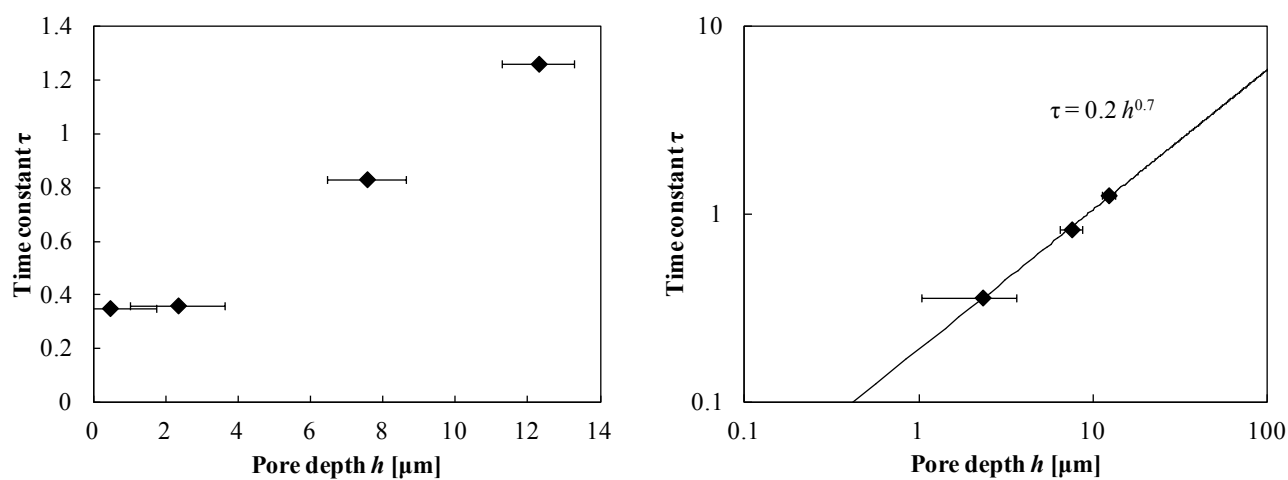


図 5: 時定数 $\tau$ と細孔深さ  $h$  の関係

( $h = 0.5 \text{ μm}, 2.3 \text{ μm}, 7.5 \text{ μm}, 12.3 \text{ μm}, d = 158 \sim 209 \text{ nm}$ )

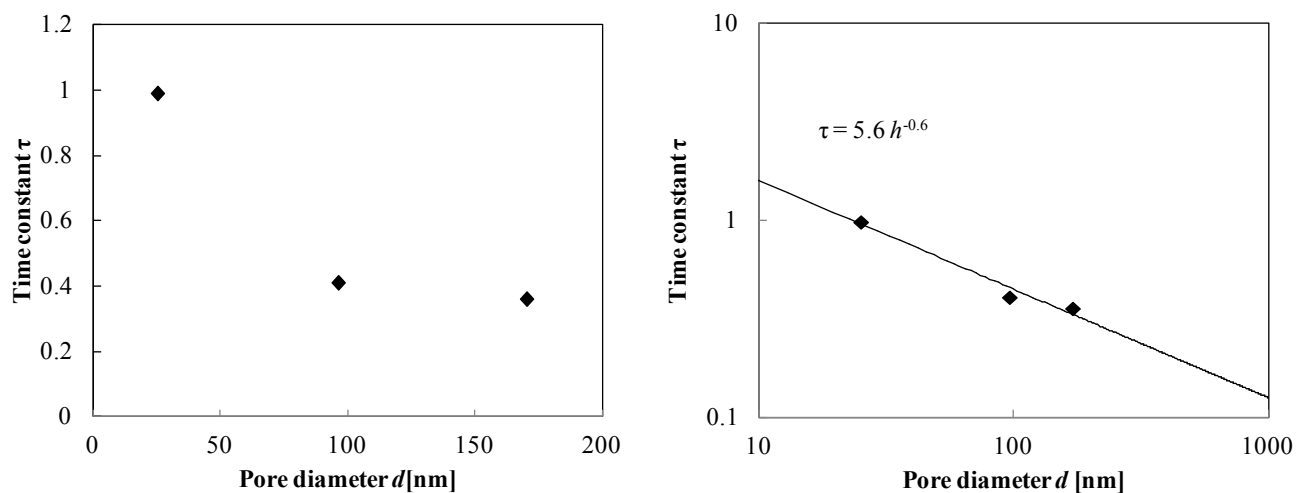


図 6: 時定数 $\tau$ と細孔深さ  $d$  の関係

( $d = 25 \text{ nm}, 96 \text{ nm}, 170 \text{ nm}, d = 2.1 \sim 2.3 \text{ μm}$ )