

はじめに

PSS の分子量が PEDOT:PSS 系の物性に与える影響を詳細に検討している報告は少ない。Yu ら¹⁾のグループは既に PSS の分子量と PEDOT:PSS の電気伝導度との相関を求め PSS の分子量が 34k のものが最も高い電気伝導度を与えることを見出している。同グループは 34K の分子量の PSS を使用した PVA/PEDOT:PSS 系が高い電気伝導度、柔軟性及び延伸率 30%でのサイクル寿命が 1000 回と高い安定性を示すことから、筋電図用のドライ電極として有用であることを報告している²⁾。本コラムでは PSS の分子量が PEDOT:PSS 及び PVA/PEDOT:PSS の電気伝導度及び柔軟性に与える影響について紹介する。

1. PSS の分子量が PEDOT:PSS 及び PVA/PEDOT:PSS の電気伝導度を与える影響

Fig.1(a)に示すように 10K~70K の間の 6 種類の分子量の異なる PSS を用いて PEDOT:PSS の電気伝導度を与える影響を検討し、34K の分子量を持った PSS が最も高い電気伝導度を示すことを見出した。この傾向は PVA/PEDOT:PSS 系 (PVA 含量= 20wt%) においても同様である (fig.1(b))。SEM 等の観察の結果、34k を境に鎖状の PEDOT リッチな構造が顕著に増加すると同時に PEDOT 粒子の大きさが増加することにより電気伝導度が高くなっている。一方、PSS の分子量が 34K を越えると、電気伝導度は低下する。PEDOT:PSS と PVA/PEDOT:PSS の電気伝導度を比較すると前者の方が高い電気伝導度を示すが、後者は絶縁体の PVA を添加することによる導電パスの減少のためである。

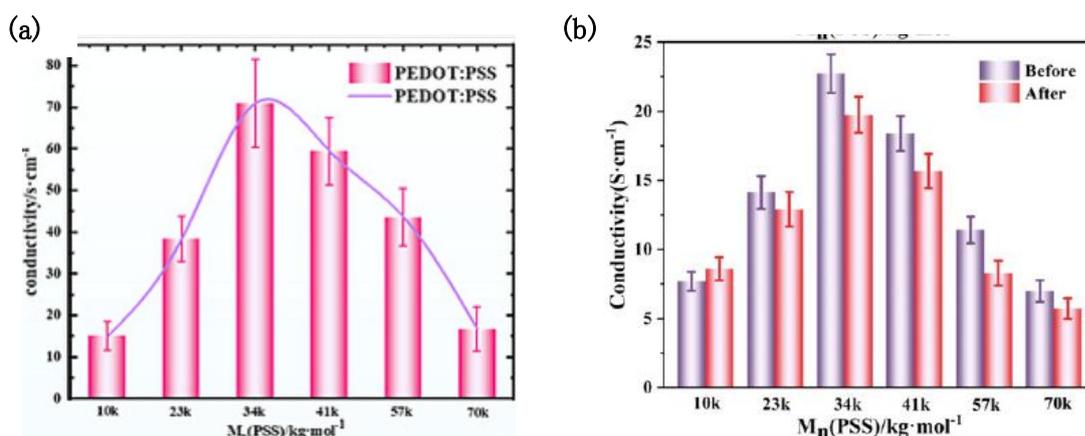


Fig. 1 Influence of molecular weight of PSS on electrical conductivity of PEDOT:PSS(a) and PVA/PEDOT:PSS before and after stretching experiments (b).

2. PSS の分子量が PVA/PEDOT:PSS の機械物性に及ぼす影響

2.1 PSS の分子量が S-S 曲線及び伸び-電気抵抗変化に及ぼす影響

分子量の異なる 6 種類の PSS を用いた PVA/PEDOT:PSS の S-S 曲線を Fig.2 (a)に示した。PSS の分子量が 10K、23K 及び 34K では引張強度の増加は比較的緩やかであるが伸びは 40%~50%の範囲で大きく変化しないが、分子量が 41k、57K 及び 70K では引張強度が大幅に増加すると同時に伸びは大幅に低下する。伸びに対する抵抗変化率を Fig.2 (b)に示した。分子量の異なる

る6種類のPSSを用いたPVA/PEDOT:PSS系では、34Kの分子量を持ったものの抵抗変化率が最も少ない。これらの結果より、34Kの分子量を持ったPSSを使用したPVA/PEDOT:PSSが柔軟性を要求されるデバイスのドライ電極として適していることが推定される。

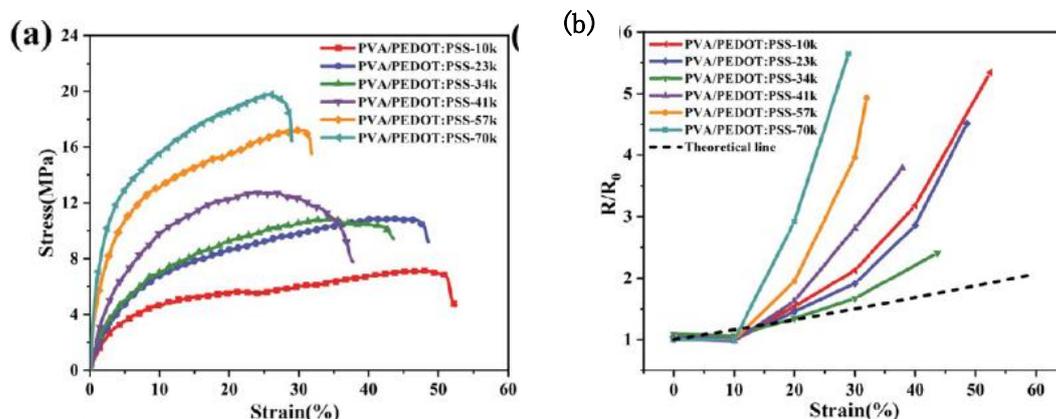


Figure 2. (a) Stress—strain curves of various PVA/PEDOT: PSS films; (b) Normalized resistance change (R/R_0) versus tensile strain curves for films of different molecular weights during the first stretch, the dashed line indicates the theoretical change in resistance due to changes in film geometry.

2.2 34kの分子量を持ったPSSを用いたPVA/PEDOT:PSSの伸びの繰り返し試験による電気抵抗の変化率

PSSの分子量が34kのPVA/PEDOT:PSS (PVA/PEDOT:PSS-34k)の10%、20%及び30%の伸びの繰り返し試験 (Fig.3.(a))では1回目を除いては抵抗の変化率はほぼ一定である。1回目の抵抗変化率は他の分子量を持ったPSSを用いたよりも34kのものが最も小さかった。Fig.3.(b)にはPVA/PEDOT:PSS-34kで30%延伸を1000回繰り返した場合の抵抗の変化率を示したが、1000回のサイクル後も大きな変化が認められない。

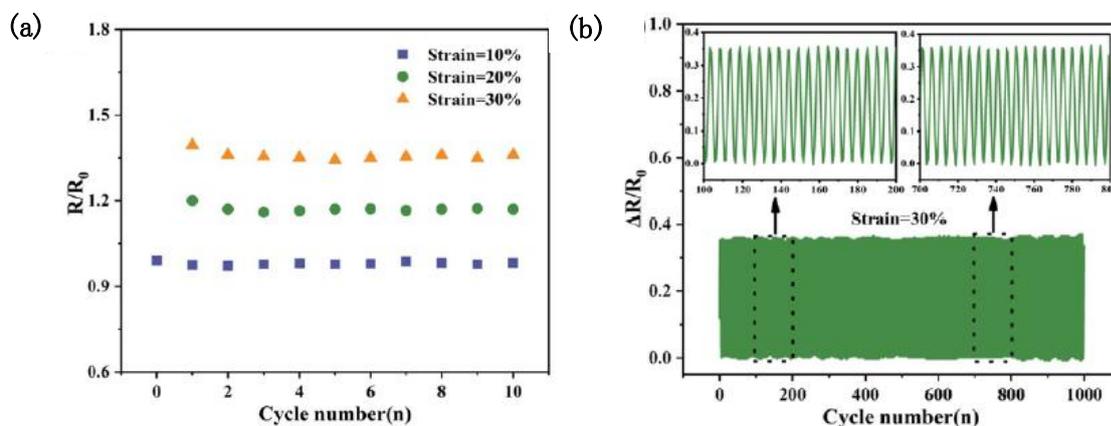


Figure 5. (a) R/R_0 curves for PVA/PEDOT: PSS-34k films during cyclic loading—unloading at maximum strains of 10, 20, and 30%, (b) $\Delta R/R_0$ curves during 1000 cycles of stretching at 30% strain;

まとめ

低分子量 PSS(10k~23k)は PVA との水素結合の生成を促進し高い伸びを示すが、PEDOT 上のキャリアの導電経路の不連続性のために電気伝導度が低下する。一方、中程度の分子量(34k)を持った PSS を用いた場合には適切な相分離が進行し、高い電気伝導度を示すと同時に、30%延伸を繰り返しても抵抗変化率に変化は認められない。高分子量(41k-70k)の PSS を用いた場合には剛直な分子鎖の絡み合いが起こり、伸びが低下し延伸繰り返し試験でクラックが発生する。これらの結果より、34k の分子量を持った PSS を用いた PVA/PEDOT:PSS は皮膚に貼付してヘルスマニタリングするデバイスの電極として有効である。

文 献

- 1) Fan, Q. et al., J. The mechanism of enhancing the conductivity of PEDOT: PSS films through molecular weight optimization of PSS. *Prog. Org. Coat.* 2024, 189, No. 108308
- 2) Q. Fan et al., Molecular Weight Tailored Hydrogen Bonding Networks in PVA/PEDOT: PSS: Decoupling the Conductivity-Flexibility Trade-Off for Robust Epidermal EMG Monitoring, *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2025, 17, 42278

以上

HP のトップページへ <https://www5d.biglobe.ne.jp/~hightech/>