

結晶性フッ素樹脂透明ファイバーの変形に伴う構造変化の解明

利用者 窪田 宗弘¹、黒坂 恵一¹、乳井 樹²、藤森 厚裕²
 所属 ¹クニミネ工業株式会社、²山形大学

1. はじめに

結晶でありながら透明性のプラスチックファイバーの小角中性子散乱(SANS)測定を行った。得られた結果は小角X線散乱(SAXS)の結果と極めてよく一致し、透明性の起源が結晶/非晶の電子密度差の減少に帰属できることが示唆された。

2. 実験目的

結晶性高分子は本質的に結晶領域と非晶領域の混在状態であり、多くの場合、100%の結晶化度は得られ難い。故に現存するプラスチック光ファイバー(POF)は、完全非晶性試料であり、結晶領域と非晶領域界面での光の屈折による光伝送の著しい損失を避けている。しかし、これが現存するPOFの耐熱性・寸法安定性の乏しさの原因ともなっており、既製品の最大耐熱温度は105°Cとされ、試作段階のものでも125°Cが最大といわれる。そこで我々は、ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)に代表される高結晶性のフッ素樹脂を用いることにより、初めての”結晶性”POFを構築することで、260°C以上の連続使用温度を誇りつつ、光伝送損失の少ない耐熱性のPOFを提案することを考えた。POFの次世代における新規用途として期待されるのは、自家用車や航空機における車内LANであるが、耐熱性に乏しい非晶性POFはエンジン周りの制御系等、高温にさらされる部分への適用は困難である。もし、耐熱性POFがこの用途に使用されれば、ノイズ対策が必要なくなるので、車が軽量化され、現代の燃料高の時代に低燃費化が実現され、更に事故によって失われる命が守られるかもしれない。加えて、結晶性フッ素樹脂を用いることで、C-H結合の存在により吸収される赤外領域の波長も伝送することが可能になるので、より広範囲な波長領域における情報通信の高度化も期待できる。我々はこれまで、フッ素系共重合体であるpoly[tetrafluoroethylene-co-(perfluoroethylvinylether)](以下PFA)を繊維化し、高温延伸を施すことで、結晶性でありながら透明なプラスチックファイバーを形成させることに成功してきた。この試料は延伸倍率に依存して、その透明性、結晶性を系統的に変化させる材料であった。そこで本研究では、各種延伸倍率におけるPFA”結晶性”透明ファイバーのラメラ配列変化を小角中性子散乱(SANS)測定により併せて解明することで、光学機能の向上につながる有用な情報の獲得を目指した。

3. 実験方法

試料として用いた結晶性フッ素樹脂PFAは、tetrafluoroethyleneと7 wt%のperfluoroethylvinylether)のランダム共重合体である。繊維化の後、280°Cの高温条件で延伸を施し、水中急冷して測定に使用した。延伸倍率は延伸前にファイバーにマーキングした点の間隔の変化から算出した。固定熱処理ファイバーは240°C、280°Cの2種類の温度で5倍まで延伸した後、240°C、280°Cの2種類の温度で、1時間アニーリングを施し、測定に使用した。

4. 研究成果

図1に様々な延伸倍率・固定熱処理条件を施したフッ素系共重合体ファイバーのSANS散乱像、並びに強度曲線を示す。未延伸ファイバーでは円環状の散乱パターンが観察された。延伸倍率(DR)を上げると、円環状のパターンから、4点像のパターンへと変化した。そのとき、散乱強度は延伸倍率に反比例して減少していき、DR5で最小となった。また、固定熱処理を施したファイバーでは、DR5と同様に4点像散乱が観察された。240°C延伸、240°C固定熱処理(DT240FAT240)のファイバーではDR5のものより、散乱強度が減少した。それに対して、280°C延伸、280°C固定熱処理(DT280FAT280)のファイバーでは散乱強度が増加するといった傾向が見られた。

5. 結論・考察

今回得られた結果は、事前に行った小角X線散乱(SAXS)測定の結果と同様の傾向がみられた。延伸による透明性の向上に伴い、散乱強度が減少していることから、透明性と散乱強度が相関をもっているのではないかと考えられる。

6. 引用(参照)文献等

1. Changes in Lamellar Arrangement of Crystalline and Flexible Fluorinated Transparent Films with Drawing A. Fujimori*, K. Numakura, Y. Hayasaka, *Polym. Eng. Sci.*, **50**(7) (2010) 1295-1305.
2. Changes in Arrangement of Lamella and Fine Crystallite in Fluorinated "Crystalline" Transparent Fibers with Drawing. A. Fujimori*, Y. Hayasaka, *Macromolecules*, **41**(20) (2008) 7606-7615.

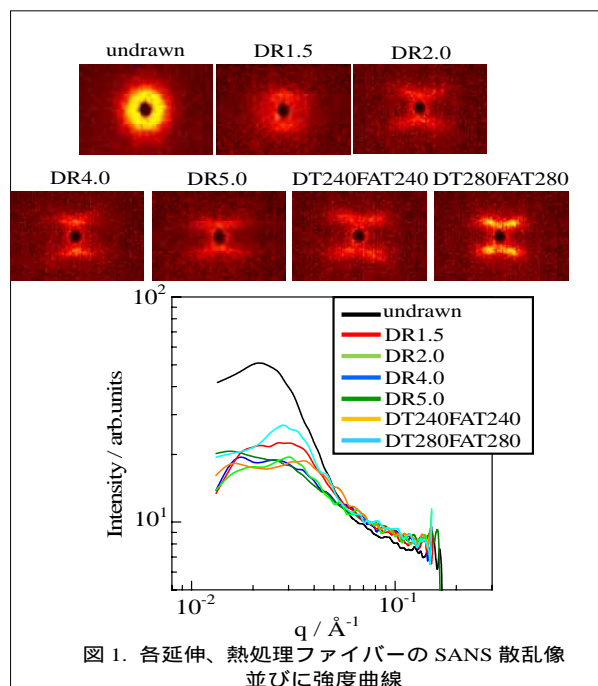


図1. 各延伸、熱処理ファイバーのSANS散乱像並びに強度曲線