

立命大[院] ◎金山英幸 立命大 張 聖徳 立命大 坂根政男
京セラ SLC 長澤 忠 京セラ SLC 小林 馨

Creep Characteristics of Liquid Crystal Polymer Film

Hideyuki KANAYAMA, Shengde ZHANG, Masao SAKANE,

Tadashi NAGASAWA and Kaoru KOBAYASHI

1 緒 言

高密度実装用電子デバイスのほとんどは電源の ON/OFF の繰返しによる熱疲労と定常使用時におけるクリープ損傷を受けることが知られている¹⁾。しかし、電子デバイス材料の低サイクル疲労やクリープに関する研究のほとんどはんだを対象材料として検討されてきた^{2),3)}。絶縁用樹脂薄膜の機械的特性については、静引張⁴⁾および低サイクル疲労⁵⁾に関する研究があるものの、その重要性にも拘わらずクリープ特性に関する研究はほとんど行われてこなかった。

本研究では、高強度、高弾性率かつ耐熱性を有し、熱膨張係数が銅に近いとされる液晶ポリマー薄膜のクリープ特性を明らかにすることを目的とした。液晶ポリマー薄膜のクリープ特性に及ぼす成形方向依存性について考察するとともに、試験温度および成形方向に関係なく、クリープ破断寿命を統一的に評価する方法を提案した。

2 試験片および試験方法

本研究で用いた供試材は Fig.1 に示す分子構造式を有する液晶ポリマー薄膜（以下、LCP 薄膜）である。また、Fig.2 に薄膜試験片の形状および寸法を示す。LCP 薄膜は押出し成形で薄膜を成形した場合、厚さによって強度が変化する⁶⁾ことから、実際の電子デバイスで用いる 30 μ m の LCP 薄膜を用いた。また、LCP 薄膜は顕著な分子配向を示すため、押出し成形時の押出し方向とそれに垂直な方向で強度に大きな差があることが知られている⁶⁾。したがって、本研究では試験片の軸方向と押出し方向との角度を θ と定義し、 $\theta=0^\circ$ 、 $\theta=45^\circ$ および $\theta=90^\circ$ の 3 方向から試験片を切出した。

クリープ試験は、大気中で試験温度が 353K、373K および 393K において実施した。電気炉で試験片を加熱し、設定温度に達した後、16~24 時間の均熱時間を経て、実験を開始した。

3 試験結果および考察

3.1 クリープ破断時間 Fig.3 に代表例として、各試験温度における $\theta=0^\circ$ でのクリープ破断時間を応力で整理した結果を示す。なお、図中右矢印をつけたデータはデータの時間で試験を中断したものである。同図からわかるように、試験温度が高くなるほどクリープ破断時間が短くなった。図示は略するが、 $\theta=45^\circ$ および $\theta=90^\circ$ でのクリープ破断時間も同様な傾向を示していた。

C, H, O

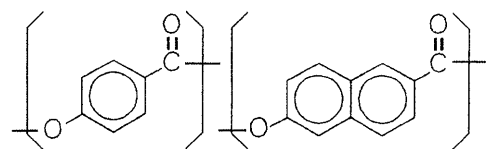


Fig.1 Structural formula of LCP.

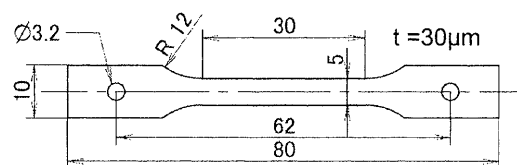


Fig.2 Shape and dimensions of the film specimen (mm).

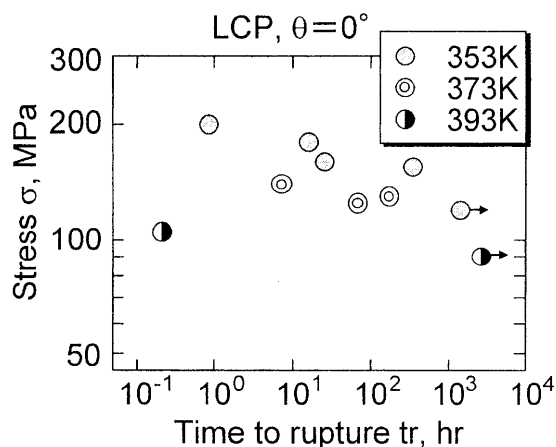
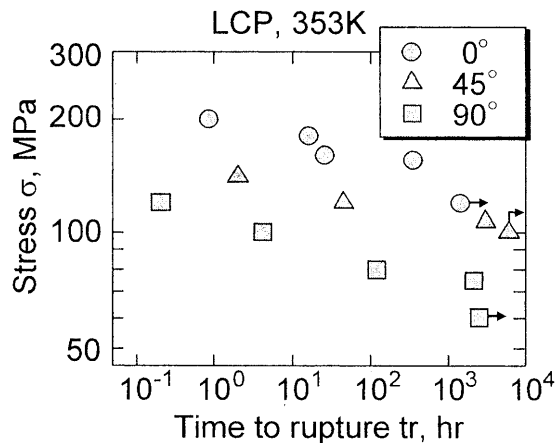
Fig.3 Correlation of time to rupture with stress at $\theta=0^\circ$ at three temperatures.

Fig.4 Correlation of time to rupture with stress in three directions at 353K.

一方、破断時間に及ぼす切出し方向の影響を明確にするため、Fig.4に353Kでの負荷応力とクリープ破断時間の関係を3方向について示す。なお、図中右矢印をつけたデータはデータの時間で試験を中断したものである。同図から $\theta=0^\circ$ のクリープ破断時間が最も長く、次いで $\theta=45^\circ$ 、 90° の順にクリープ破断時間が短くなった。373Kおよび393Kにおいてもクリープ破断時間の切出し方向依存性は、353Kでのそれと同様な傾向を示していた。

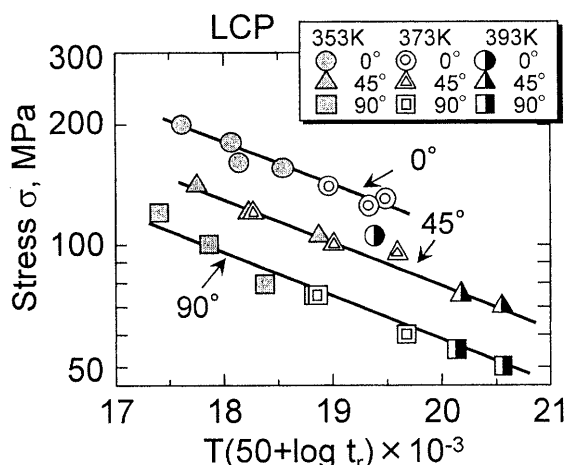


Fig.5 Correlation of time to rupture with Larson-Miller parameter.

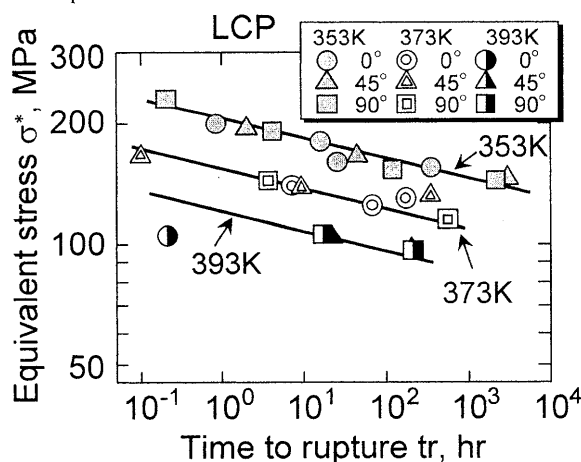


Fig.6 Correlation of time to rupture with equivalent stress.

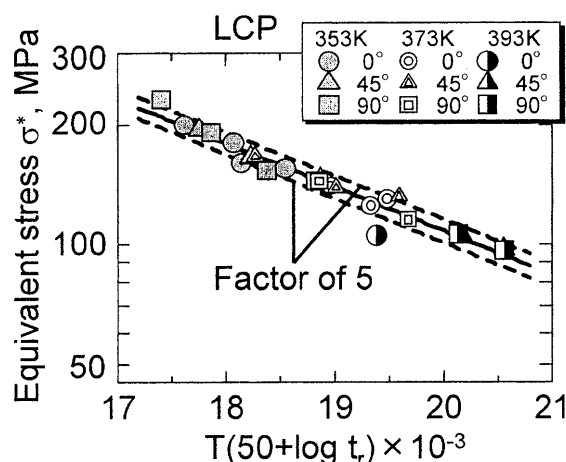


Fig.7 Time to rupture in equivalent stress vs. Larson-Miller parameter plot.

3.2 クリープ破断時間の整理 前述したように、LCPのクリープ破断時間は試験温度と切出し方向に依存した。クリープ破断時間に及ぼす試験温度の影響を式(1)に示すラーソンミラーパラメータ⁷⁾(以下、 P_{LM})を用いて考察した。Fig.5に負荷応力と P_{LM} の関係を示す。ここで、 P_{LM} の定数は $C=50$ とした。負荷応力と P_{LM} の関係は切出し方向ごとにほぼ直線で整理されていることがわかる。

$$P_{LM} = T(C + \log t_r) \times 10^{-3} \quad (1)$$

$T: K, t_r: hr, C = 50$

Fig.6に、3温度におけるクリープ破断時間を筆者らがこれまでに提案した切出し方向を考慮した式(2)に示される相当応力(σ^*)⁸⁾で整理した結果を示す。同図からわかるように、すべての温度において切出し方向に関係なく、クリープ破断時間が整理された。

$$\sigma^* = 1.920^{2\theta/\pi} \cdot \sigma \quad (2)$$

Fig.7に、相当応力と P_{LM} との関係を3温度、3方向での結果について示す。実線はすべての試験結果から最小二乗法で引いた近似直線であり、破線はクリープ破断時間について係数5の範囲を示している。データのばらつきがあるものの、試験温度と切出し方向によらず、ほとんどのデータが係数5の範囲内で整理された。

4 結 言

- (1) LCP 薄膜のクリープ破断時間は同じ試験温度においては、 $\theta=0^\circ$ が最も長く、次いで $\theta=45^\circ$ 、 90° の順にクリープ破断時間が短くなった。
- (2) 3つの切出し方向において、試験温度が高くなるほどLCP 薄膜のクリープ破断時間は短くなった。LCP 薄膜のクリープ破断時間の温度依存性はラーソンミラーパラメータによって表示することができた。
- (3) 切出し方向を考慮した相当応力とラーソンミラーパラメータ線図を用いれば、ほとんどのデータを係数5の範囲内で整理することができた。

参考文献

- 1) 坂根政男, 材料, **56**, 302 (2007).
- 2) はんだの低サイクル疲労試験法標準, 日本材料学会 (2000).
- 3) はんだのクリープ試験法標準, 日本材料学会 (2004).
- 4) 岡昌樹, 張聖徳, 坂根政男, 小林馨, 長澤忠, エレクトロニクス実装学会講演大会講演論文集, **23**, 159 (2009).
- 5) 関廣志, 坂根政男, 塚田裕, 西村秀夫, 材料, **52**, 39 (2003).
- 6) 改訂機械材料学, 日本材料学会, pp.333-337 (2000).
- 7) F. R. Larson and J. Miller, Trans, ASME, **74**, 765 (1952).
- 8) 金山英幸, 張聖徳, 坂根政男, M&M2008 材料力学カンファレンス, CD-ROM, PS27, (2008)