

# LCP キャストフィルムの開発

住友化学(株) 情報電子化学品研究所  
岡本 敏  
細田 朋也  
片桐 史朗  
大友 新治  
伊藤 豊誠

## Newly Developed LCP Film Fabricated by Solvent-Casting Method

Sumitomo Chemical Co., Ltd.  
IT-Related Chemicals Research Laboratory  
Satoshi OKAMOTO  
Tomoya HOSODA  
Shiro KATAGIRI  
Shinji OOTOMO  
Toyonari ITO

Commercial aromatic liquid-crystalline polymers (hereafter designated as LCP), are known to be unable to dissolve in any common organic solvents except for costly fluorinated reagents. Recently, Sumitomo Chemical succeeded in the development of innovative LCP solvent casting film from its varnish. The casting film exhibits not only low water absorption characteristics, low gas permeability, low dielectric loss at high frequency and high temperature tolerance originated in using LCP as a base material, but also high tear strength because of less anisotropic property in comparison to extruded LCP films. The LCP film by this casting method has many advantages to be applied for the electro devices such as flexible print circuit board, embedded circuit board and so on.

### はじめに

液晶ポリマー（以下LCPと略）は、今ではスーパーエンジニアリングプラスチックの代表的な地位を築いており、ITバブル崩壊に伴い一時的需要が落ち込んだものの、現在は回復しており、射出成形により得られるコネクタ、リレー、ポピン、スイッチなどの電気、電子分野や情報通信分野の精密部品を中心に、需要が大きく増加している。2002年の需要は国内でおおよそ5000トン/年弱、全世界においては1万5千トン/年、2003年度は1万9千トン/年、2004年には2万トン/年を超えてくると推定されている<sup>1)</sup>。

このようなLCPに対する需要の伸長の背景には、LCPが鉛フリーハンダにも耐える高い耐熱性や、精密部品に適した、優れた寸法安定性を有すること、ガス発生が少なく金属接点の腐食などが無いことに加えて、高流動でかつ固化が早いためにバリがでないという優れた射出成形性を示すため、高密度化、微細化、低背化などの進む前記のような用途に適していることが挙げられる。その他にも、難燃剤を添

加することなしに難燃性を発現できること（全芳香族LCPの場合）やリサイクル時に物性低下が少なく、基本的にはリサイクル可能であることなど、環境対策面でも、時代にマッチした材料であることも要因の一つである<sup>2)</sup>。

LCPの用途にはこの電子部品を中心とした射出成形分野以外に繊維やフィルムがある。繊維としては、超高強度繊維としてのアラミド繊維があるが、ポリエステル系のLCPでも繊維が作られ、魚網、ネット、工業用ロープ、スポーツ用品として使用されている<sup>3)</sup>。一方、近年液晶ポリマーのフィルムは、その優れた電気特性、寸法安定性や耐熱性に注目して盛んに用途開発がなされている。具体的には、モーター・トランス等の電気絶縁用途、フレキシブル太陽電池の素子形成膜用途、コンピュータ・携帯機器等の電子回路基板に関する用途等である<sup>4)</sup>。モーター・トランスの電気絶縁用途においては、液晶ポリマーフィルムの示す低吸水性により、吸湿環境下でも電気絶縁性が低下しないことが利点となっている。またフレキシブル太陽電池用途においては、真空・高温下

**Table 1** Physical Properties of Various Thermoplastics

	LCP (Type I)	PI (Thermotropic)	PEEK	PES	PPS	SPS
State Classification	LC	Amorphous	Crystal	Amorphous	Crystal	Crystal
Melting Point (°C)	340	—	334	—	278	270
Tg (°C)		250		220		
Moisture Absorption (%)	0.04%	0.34%	0.14%	0.43%	0.04%	0.02%
Flammability UL94	V-0	V-0	V-0	V-0	V-0	HB
Resistance of Hydrolysis	○	○	◎	○	○	○
Dielectric Constant 1GHz	3.0	3.0	3.3	3.4	3.4	2.6
Dielectric Tangent 1GHz	0.003	0.003	0.003	0.004	0.002	0.001

で素子をフィルム上に形成する際に液晶ポリマーが高耐熱であることと、低吸水性であることが利点となっている。

電気・電子材料分野で最も注目されている液晶ポリマーの用途が電子回路基板の用途である。この電子回路基板用途では、液晶ポリマーフィルムの持つ、優れた電気絶縁性と誘電特性が利点となる。電気絶縁性については、吸湿環境下で高い電気絶縁性を保持することと、誘電特性についても高温・多湿環境下での安定性が得られることが注目されている。これら液晶ポリマーフィルムの特性は将来、コンピュータ・携帯機器をはじめとする情報通信関連の電子回路基板、ITSを始めとする自動車関連の電子回路基板に強く求められると予想されている。

このような意味合いから当社では現在、独自に開発した液晶ポリマーを溶剤キャスト法により得たフィルムを用いた電子回路基板用途への展開を進めている。本稿においては、この開発状況について紹介する。

### 電子回路基板用途における液晶ポリマーの優位性

従来の電子回路基板の用途、リジッド基板の用途ではエポキシ樹脂をはじめ、シアネート樹脂や変成PPEなど熱硬化性樹脂が多く使用されている。これら熱硬化性樹脂は、線膨張係数の導体に用いる金属とのミスマッチや、機械強度の問題で（非常に脆い）、ガラスクロスやアラミドの不織布などで補強して用いる必要があるが、その補強材の影響（加工性、電気特性）も問題になる場合もある。具体的には加工面では、レーザー穴あけ性、めっき性、発塵が、電気特性面では誘電特性の低下や、耐マイグレーションなどが挙げられる。更には厚み精度や表面凹凸、リサイクルの面なども問題となっている<sup>4)</sup>。

一方、従来からあるリジッド基板に加えて、近年伸長著しいフレキシブル基板に用いられる基材としては、ポリイミドフィルム（熱硬化性）が代表的である。ポリイミドは機械強度、寸法安定性、電気特

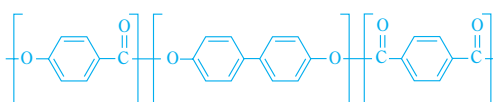
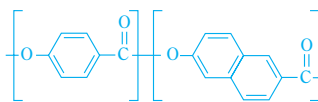

性に優れた材料であり、フレキシブル基板ではスタンダードな基材として使用されているが、吸湿環境下で寸法精度、電気特性面に明確な問題がある。更にポリイミドが熱硬化性であることから、積層性やリサイクル面でも問題となる。

こうした観点から、リサイクル可能な熱可塑性樹脂のフィルムの電子回路基板用途への適用が近年、試みられている。Table. 1 に各種熱可塑性樹脂の一般物性を示す。電子基板用途に用いるために、ICチップなどの能動部品やチップ抵抗やコンデンサーなどの受動部品を搭載する必要があり、その際には半田で接合する。その為、近年の環境問題の点から基材は鉛フリー半田のリフロー（260 程度）に使用できることが必須となる。したがって融点、Tg から見ても使用可能なのはLCP、PEEKのみである。中でも電子材料として市場を確保する上で重要な因子であるコスト面について、PEEKは高価なモノマーを用いて製造するため、LCPに比べて非常に高価である。したがって現時点でコスト、特性の両面で液晶ポリマーが最も電子回路基板の用途に適した熱可塑性材料であると言える。

### 液晶ポリマーフィルムの分類と電子回路基板への適用性

液晶は大きく分類して、熱により溶融して液晶相を発現するサーモトロピック液晶と、セルロースやポリアミノ酸、アラミドなど溶媒に溶解して液晶相を発現するリオトロピック液晶とに分けられる。この中で、電子部品用材料として用いられ工業化されているのは、耐熱性や難燃性の観点からサーモトロピック液晶に属する全芳香族ポリエステルのみである。全芳香族ポリエステルは便宜上、その耐熱性によりI型、II型、III型に分類される。これらの分類を代表的な分子構造も含めてTable. 2にまとめる。上述の電子回路基板への適用性で重要な因子である鉛フリー半田（260 程度）に使用できるのは、液晶ポ

**Table 2** Typical LCP Classified into Heat-Resistant Group

Type	LC Transition Temp. (°C)	Solder Resistance (°C)	Molecular Structure
I	330 ~	280 ~	
II	280 ~ 320	230 ~ 270	
III	~ 240	~ 190	

リマー3タイプのうち、IIのみである。

この全芳香族ポリエステルは特異的に液晶相を発現することから、分子鎖が流動方向に非常に配向しやすい問題があり、単純にフィルム化するだけでは使用できるレベルにとてもない。以下にこの液晶ポリマーのフィルム化の技術について述べる。

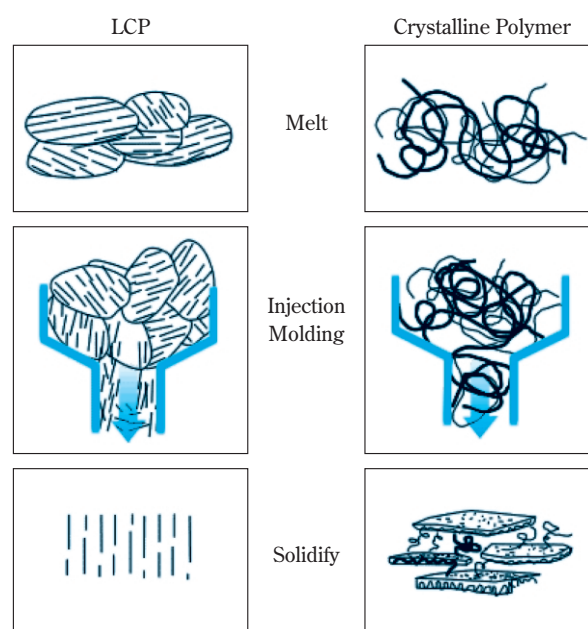
#### 従来までの液晶ポリマーのフィルム化

液晶ポリマーのフィルムは加工面で、その非常に配向しやすい性質の為、一方向にのみ配向しやすく、2軸に延伸したフィルムの製造には非常に難しい問題があったと言われている<sup>5)</sup>。

例えばプラスチックフィルムの代表的な製造方法の一つである、押し出し法による製造は極めて困難であった。液晶ポリマーは外力が加わると外力の方向になり、見かけの熔融粘度が下がるという性質をもち、通常のポリエチレンテレフタレート (PET) などに用いる押し出し装置を用いると、ダイ (フィルム押し出しのスリット) から押し出された液晶ポリマーの熔融体がすぐに垂れてしまい、思うように引き取れなかった。また縦方向に延伸されたLCPフィルムを横方向に延伸すると、押し出されたフィルムが既に配向しており、繊維の束のような状態で、分子鎖 (繊維) の横方向の相互作用が非常に弱いためフィルムを掴んだ端だけがちぎれてしまうなどの問題が生じていた (包装用の紐のイメージ)。さらに延伸のために厳密に加温制御しても掴んだ部分のみが外力により熔融流動しちぎれてしまう為、延伸できない問題もあった。またこのように苦労して加工された2軸延伸フィルムも、塗料、接着剤が開発されても強い外力が加わると層間で剥離してしまう問題などがあつた。

これらの問題は、全て液晶ポリマーの分子鎖が剛直

であり屈曲性が少ないことに起因している (Fig. 1)。通常のポリマーは屈曲性があり茹でた後のスパゲッティのように絡み合っており、高温下でフィルムを延伸すると絡み合いが解除され伸ばされながらも十分な摩擦力で延伸力に抵抗できる。しかしながら茹でる前のスパゲッティのように剛直な液晶ポリマーの分子鎖には絡み合いがなく、熔融すればさらさらの液体で粘りがなく (熔融粘度が低い) ことが特徴であり、被膜をつくりにくいために造膜性が低く、支持体として別のフィルムでサンドイッチ状に挟んで支えてやらない限り、横延伸ができなかった。さらに剛直で熔融時にせん断応力が加わると、せん断応力の方向に簡単に分子が並んでしまう為、出来たフィルムは非常に裂け易くなり、このことは層間剥



**Fig. 1** Schematic representation of injection molding process

離強度が低く雲母のように薄い層状に簡単に剥がれてしまう原因となった。

これらの問題のために実際、液晶ポリマーのフィルムの製造では各社様々な工夫がなされていると考えられる。例えば一方向に熔融樹脂を押し出す通常のTダイ製膜などの方法ではどうしても一方向（縦方向）に並んでしまうが、これをフッ素系の耐熱フィルム上に積層して支え横延伸することにより異方性の無い液晶ポリマーのフィルムを得る製造方法などが既に報告されている<sup>6)</sup>。また押し出し法を用いず、熔融樹脂を円筒状に押し出して直ちに内部空気圧により円筒を横方向に膨らませるインフレーション製膜法を適用し、押し出し方向（縦方向）と、それに垂直な方向（横方向）の2軸に延伸することも試みられている（Fig. 2）。上向き、下向きいずれの方向に押し出しても熔融粘度が低すぎて液晶ポリマーは垂れ易いことには変わりはなく、フィルム化はインフレーション法を用いても決して容易ではなかったと思われるが、液垂れを抑えフィルムの縦横方向に異方性の無い液晶ポリマーのフィルムの製造方法が既に報告されている<sup>7)</sup>。

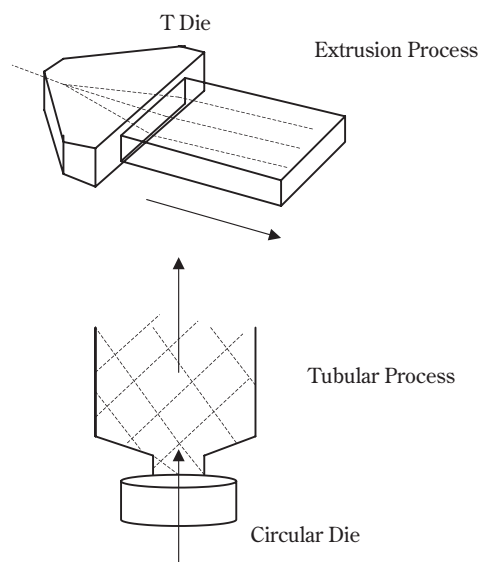


Fig. 2 LCP film fabrication process

### 液晶ポリマーの溶剤キャスト法によるフィルム化（新工法）

前述の押し出し法やインフレ法のようなLCPを一旦溶解して成形するフィルムの場合、特有の並びやすい性質のためにフィルムの縦横の異方性や、層間剥離を完全に解除することは非常に難しい。そこで当社ではポリカーボネートやポリイミドなど他のプラスチックフィルムの製造に用いられている、溶剤

に溶解した後溶媒を除去することで得る溶剤キャスト法を適用すると、液晶ポリマーを熔融させずにフィルムを作製できるため異方性のないフィルムが得られると考え、その開発に着手した<sup>8)</sup>。

従来、溶剤キャスト法を用いる場合、まず液晶ポリマーを溶液にして使用することになるが、市販されている液晶ポリマーはFig. 3に示すような取り扱いが困難で、非常に高価なフッ素系のフェノール溶媒にしか溶解しない。したがってこのアイデアを工業的に実現することは土台無理とされてきた。また仮になんらかの溶剤で溶液にしても、分子剛直長さ（Kuhn 持続長）が短く、溶解すれば剛直部分の濃度が低くなりすぎ、普通の溶液になってしまい液晶でない溶液となるため液晶特有の性質は期待できないとされてきた。これを実証するため半芳香族液晶ポリマーのイーストマンコダック社が開発した有名な液晶ポリマー（X7G）と同じ骨格のポリマーをトリフルオロ酢酸に溶解してフィルム化が検討されている。得られたこのフィルムは液晶ポリマー剛直分子が勝手な方向を向いたスカスカ状態であり、息を吹きかけると壊れるくらい脆く、とても使用できるレベルにないとされてきた<sup>5)</sup>。

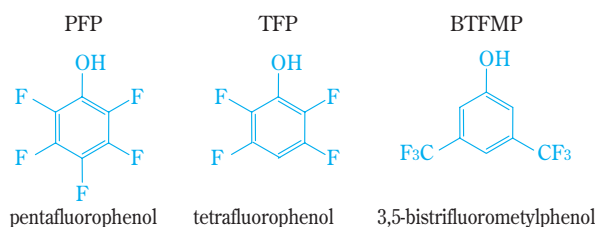


Fig. 3 Standard solvents for LCP

しかしながら当社で検討を続けた結果、特定の溶媒を特定のモノマー組成を有するLCPに溶解することで得られるキャストフィルムは、しなやかで十分な強度を有することを見出すことができた。液晶ポリマーはもともと、Fig. 4に示したように不溶不融の parahydroxy安息香酸からなるホモポリマーの結晶性を、共重合成分の導入により崩して、中間状態である液晶性をとらせるという分子設計がなされていた。当社では特定の溶媒に溶解させるため、この分子設計に対する考え方そのものの根本的な見直しから検討した。

このようにして得られる液晶ポリマーの溶液を支持体上に流延し、100 程度の低温で溶剤乾燥を行う。この時点では液晶ポリマーはアモルファス（非晶）状態をとり、フィルムは透明である。これをさらに高温で熱処理して液晶配向させ、半透明～不透明のフィルムを得る（Fig. 5）。初期乾燥時点の透明フィ



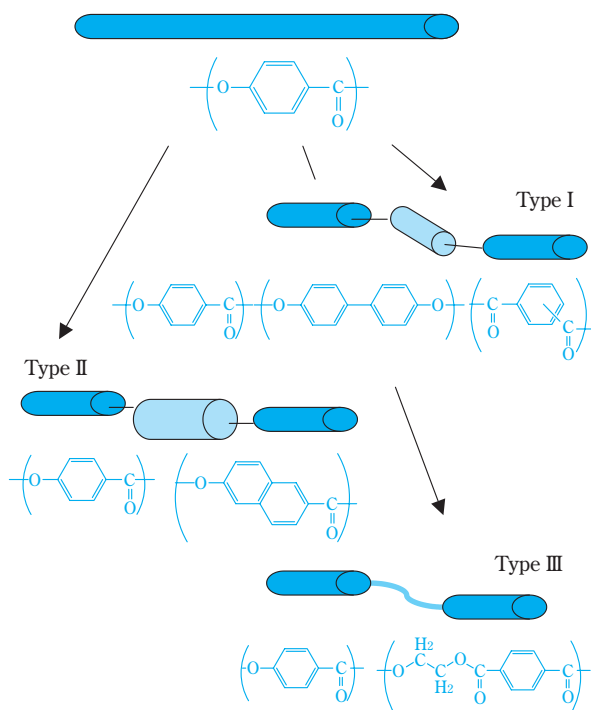


Fig. 4 Conceptual origin of molecular design of LCP

ルムでは、液晶ポリマーの特徴であるガスバリア性（水蒸気透過度、酸素透過度）などが、液晶配向した半透明～不透明のフィルムの約1/10程度しか発現しないことが報告されている<sup>9)</sup>。したがって実際に電子材料として、従来の液晶ポリマーの特徴を生かしたフィルムとして利用する場合、高温での熱処理は必須となる。この液晶ポリマーキャストフィルムの熱処理温度を最適化するために、本研究開発では陽電子消滅法を用いて検討した。

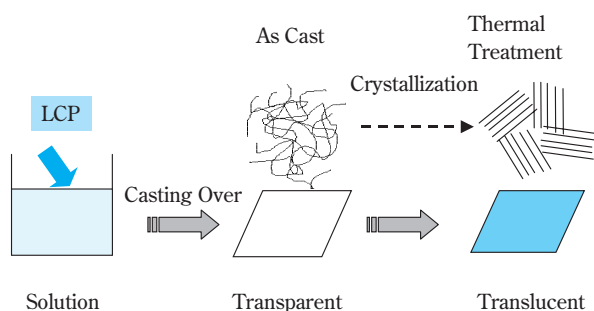


Fig. 5 Dry-up process of LCP solvent-casting film

### 液晶ポリマーキャストフィルムの熱処理条件の最適化（陽電子消滅法の適用）

液晶ポリマーはTable. 2に示したとおり全芳香族の共重合ポリエステルであり、熱処理して発現するモ

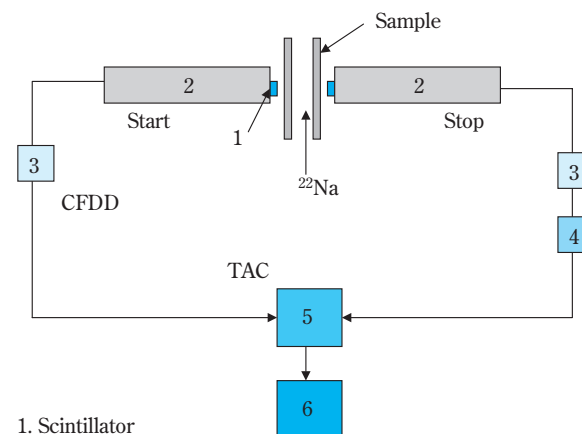
ノマー成分の一部から構成される擬似結晶相の定量的な変化を、従来のポリマーの解析で用いるX線解析などの手法により得ることは困難である。したがって本研究では構造変化に非常に敏感な陽電子消滅法という方法を、従来の熱分析（DSC、DMA）等と併用することにより、熱処理条件について検討した。

#### 1. 陽電子消滅法

陽電子消滅法で利用する陽電子は非常に不安定な反粒子であり、放射性同位元素（RI）の $\beta^+$ 崩壊や高エネルギー線と物質との相互作用による対生成により得られる。高分子材料の解析に用いる場合、陽電子を入射すると高エネルギーを持つ陽電子はエネルギーを失い熱化した後、原子・分子の軌道電子や自由電子と相互作用をし、対消滅をする。この際に放出される対消滅線は消滅した相手の電子の情報を持っており、この情報から高分子材料の特性を解析できる。その手法が陽電子消滅法である。陽電子消滅法では、陽電子消滅寿命測定と対消滅線のドップラー広がり測定が一般に行われる。本研究で用いたのは、陽電子消滅寿命測定法である。

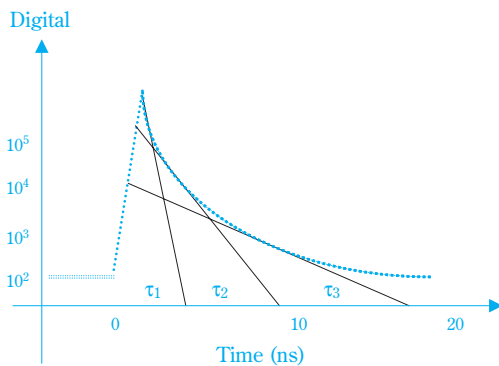
#### 2. 陽電子消滅寿命測定法（PALS）<sup>10)</sup>

陽電子の線源として、 $^{22}\text{Na}$ （半減期2.6年）を使用。この線源からの陽電子は、200keV付近にピークをもつ0～500keVの広範囲のエネルギー分布を示している。 $^{22}\text{Na}$ からは $\beta^+$ 崩壊による陽電子放出と同時に1274keVの線が放出されるが、この線を陽電子の発生時間としている。対消滅により放出される511keVの線との時間差を測定することにより、陽電子寿命が得られる。Fig. 6に実験装置の概略図を示



1. Scintillator
2. Photo-Multiplier
3. Constant Fraction Differential Discriminator
4. Delay
5. Time to Amplitude Converter
6. Multi Channel Analyzer

Fig. 6 PALS System

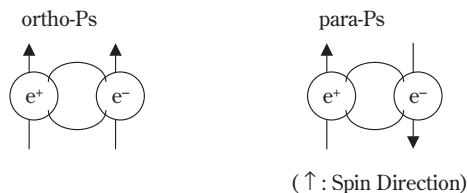


**Fig. 7** Typical lifetime spectrum of polymer material for PALS system

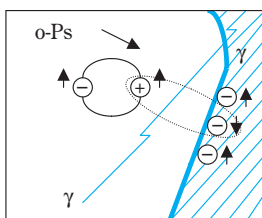
す。片側の検出器で  $\gamma$  線を検出し、エネルギー弁別型CFDD (Constant Fraction Differential Discriminator) を用いて、1274keV の  $\gamma$  線のみを選ぶことができる。また別の検出器のCFDDにより511keV の  $\gamma$  線を検出し、これらの信号を時間差波高変換器TAC (Time to Amplitude Converter) にStart、Stop信号として送り、この出力をMCA(Multi-Channel Analyzer)に入力する。Fig. 7に示したように高分子材料のPALS試験では3成分の寿命曲線が得られる。

高分子中では大抵の場合、ポジトロニウム (Ps) が形成される。Psは陽電子と電子からなる水素原子に似た構造をもち、スピンの状態により、パラ (p-Ps) とオルソ (o-Ps) の2つの状態が1 : 3の割合で形成される。p-Psは、2光子を放出して消滅し、その固有の寿命は約125ps (通常  $\tau_1$  で示される) である。o-Psの真空中における固有の寿命は140nsであり、高分子中では空隙に捕捉され、空隙周辺の電子と相互作用して消滅し (pick-off annihilation) 寿命は数ns ( $\tau_3$ )

(a) Positronium (Ps)  
Ps: Bound state of Positron and Electron similar to hydrogen



(b) Pick-off Annihilation



**Fig. 8** Schematic illustration of positronium (a) and positronium reaction (b)

と短くなる。Psを生成せず、自由陽電子として消滅する寿命 ( $\tau_2$ ) は300 ~ 400psである (Fig. 8)

このPALSで用いる寿命のうち、 $\tau_3$ はo-Psが高分子間を拡散して空隙に選択的にトラップされ、空隙の大きさに関連した寿命で消滅することを表す。したがって、空隙との関係が式(1)により与えられる。この空隙に関する情報をもとに、DSCやDMAなど他の熱的な挙動の解析と併せて構造変化を推定することができる。

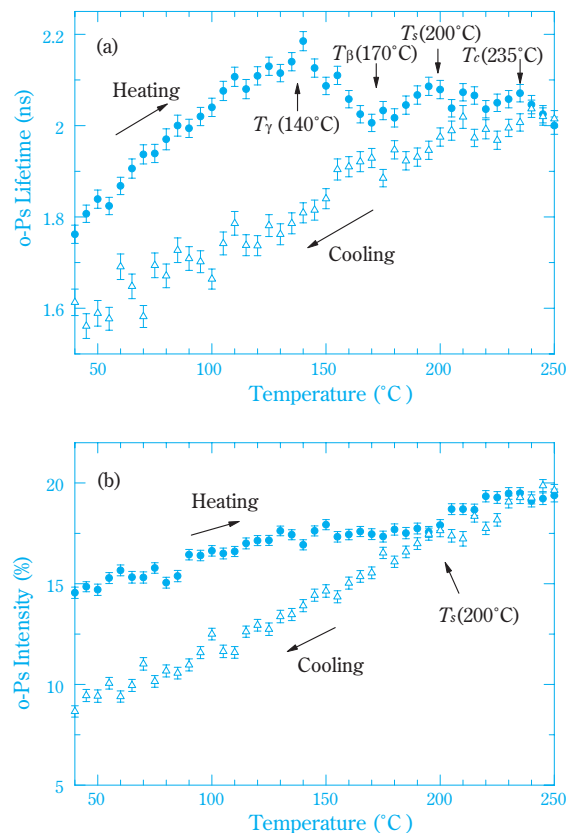
$$\frac{1}{\tau_3} = 2 \times \left( 1.0 - \frac{R}{R_0} + \sin\left(2 \frac{R}{R_0}\right) / 2 \right) \quad (1)$$

$$\left( \begin{array}{l} R_0 = R + R \text{ (nm)} \\ R = 0.166 \text{ (nm)} \end{array} \right)$$

ここで空隙を無限大の壁の井戸型ポテンシャル (半径  $R_0$ ) と仮定し、壁からにじみ出し電子層 ( $R$  の厚さ) とo-Psの波動関数との重なりを計算して式(1)は求められる。

### 3. LCPキャストフィルムのPALS測定<sup>11)</sup>

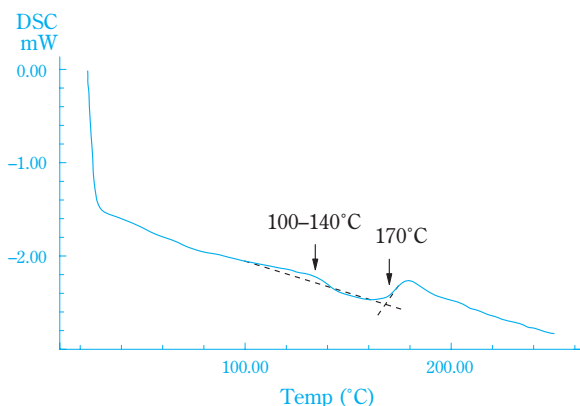
Fig. 9 a), b) に液晶ポリマーのas-castフィルムを2.5 /時間で40 から250 まで昇温した場合の、



**Fig. 9** The temperature dependencies of the ortho-positronium lifetime  $\tau_3$  (a) and intensity  $I_3$  (b) of the as-cast film over the high temperature range from 40 to 250°C at the heating and cooling rate of 2.5°C/h

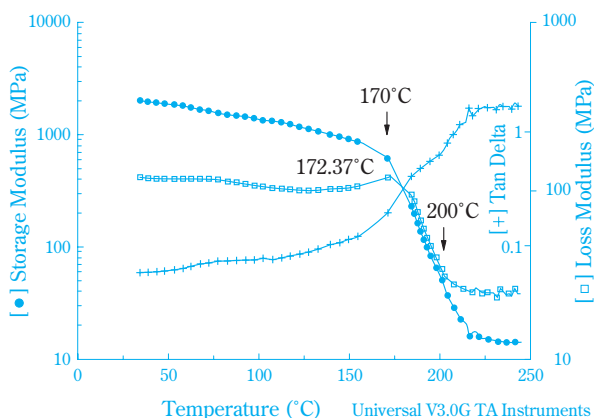
寿命  $\tau_3$  とその寿命に対応する強度  $I_3$  の変化を示す。4つの特徴的な挙動を示す温度(140、170、200、235)が観測されている。

昇温過程における140 (Tr)で寿命  $\tau_3$  の急激な減少が見られるが、これは自由体積が急激に小さくなることを意味する。この転移は、Fig. 10のDSC測定の結果から、溶剤を揮発時に得られた不安定な非晶構造の結晶化の為に再配向プロセスであると考えられる。



**Fig. 10** DSC thermogram of the as-cast film on the 1<sup>st</sup> heating process at rate 10°C/min.

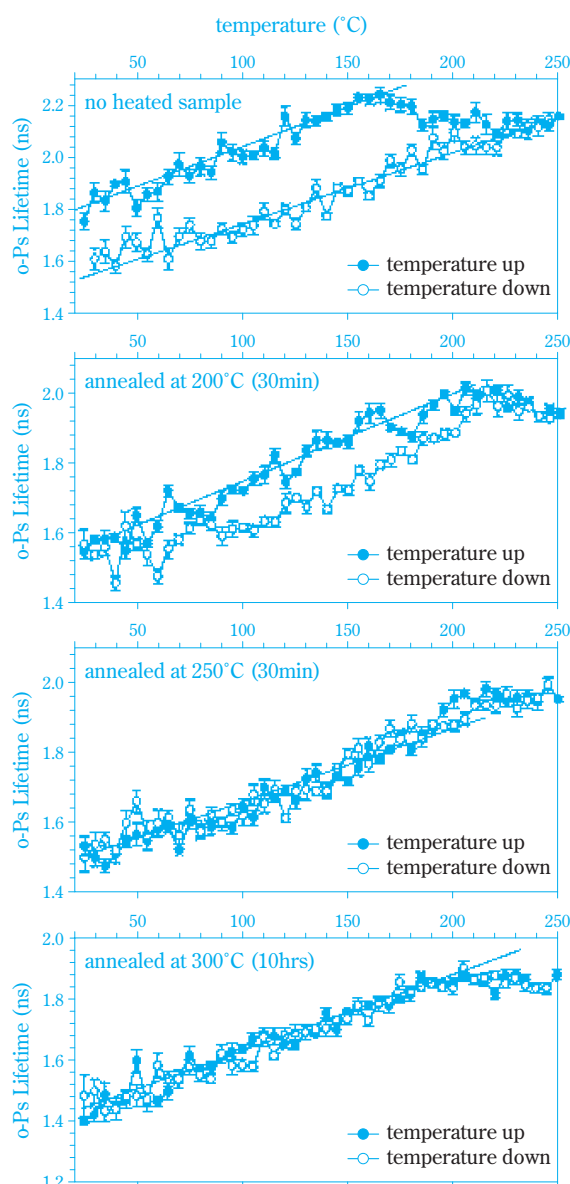
さらに昇温すると170 (T)で寿命  $\tau_3$  の減少は一旦止まる。DSC測定の結果から、この170がガラス転移温度(Tg)に相当すると思われる。さらに昇温すると  $\tau_3$  は再び200 (Ts)で増加し、ほぼ一定になる。この微妙な変化を明らかにするために、DMA測定を行った結果(Fig. 11)、Tsは弾性率が著しく低下する温度であることが判明した。さらに200以上に昇温させると、200でほぼ一定になっていた  $\tau_3$  は235で再び減少し始める。この温度が、結晶化開始温度に相当すると考えられる。



**Fig. 11** DMA data of the as-cast film on the 1<sup>st</sup> heating process at rate 10°C/min at frequency 10Hz

一方、250まで昇温させたフィルムについて、降温過程での寿命  $\tau_3$  と、その寿命に対応する強度  $I_3$  の変化をFig. 9 a), b) に示す。降温過程では、昇温過程で見られた明確な転移が殆ど見られない。また昇温過程に比べて相対的に寿命  $\tau_3$  が小さい値を示し、250まで昇温させたフィルムは自由体積が小さくなっている。したがってこの事実は、235以上での熱処理が、不可逆な結晶化の進行であることを表している。

上記結果を裏付けるため、Fig. 12に液晶ポリマーフィルムの熱処理条件を変えたサンプルの寿命  $\tau_3$  とその寿命に対応する強度  $I_3$  の変化を示す。250以上の熱処理で昇温過程と降温過程の挙動に差が殆ど見られなくなる。このことより、液晶ポリマーキャスト



**Fig. 12** The temperature dependencies of the ortho-positronium lifetime  $\tau_3$  of the as-cast film over the high temperature range from 40 to 250°C at the heating and cooling rate of 2.5°C/h

トフィルムの熱処理は235 以上で行うことで特性的に安定なフィルムの得られることが分かる。

液晶ポリマーキャストフィルムの特性

こうして235 以上で熱処理して得られる液晶ポリマーのキャストフィルムは、アモルファス（非晶）状態から熱処理して得られるフィルムとなるため、Fig. 13 に示したように液晶ポリマーフィルムの加工上で問題となっていた異方性を発現せず、等方性の電子材料用に優れたフィルムとなる。押し出し法やインフレーション成形法により得られるフィルムと同じような以下のような特性を示すことに加え、異方性がない為、インフレーション成形などで得られる溶融させて得られるフィルムよりも、引き裂き強度が約1.5倍以上の値を示すことも特徴的である（Fig. 14）。

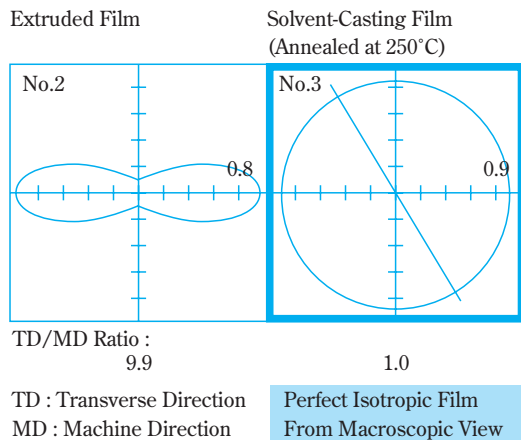


Fig. 13 Orientation Characteristics measured by Microwave Orientationmeter

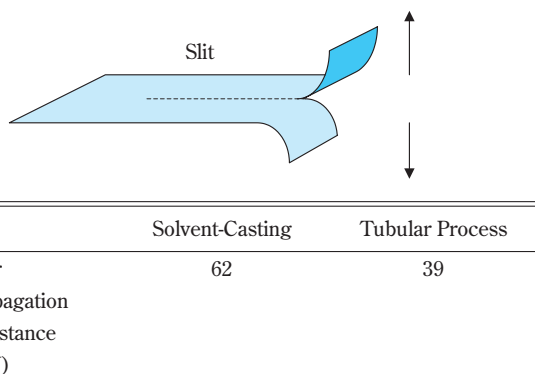


Fig. 14 Tear property of LCP films

1. 吸水特性

吸水率を評価した結果を Table. 3 に示す。吸水率については、Table. 3 に示したようにポリイミドに比

べて約1/10の値を持つことが分かる。これにより環境により変化しにくく、吸湿寸法安定性などに優れた特性が発現できる。

Table 3 Moisture Absorption Property

	LCP Solvent - Casting Film	Polyimide Film
85°C / 85%RH 168Hr	0.1%	1.2%

2. 電気特性

Fig. 15 にLCP キャストフィルムの1-25GHz の誘電特性のポリイミドとの比較を示す。LCP は広い周波数域で、誘電率が安定しておりかつ優れた低誘電損失性を示すことが分かる。

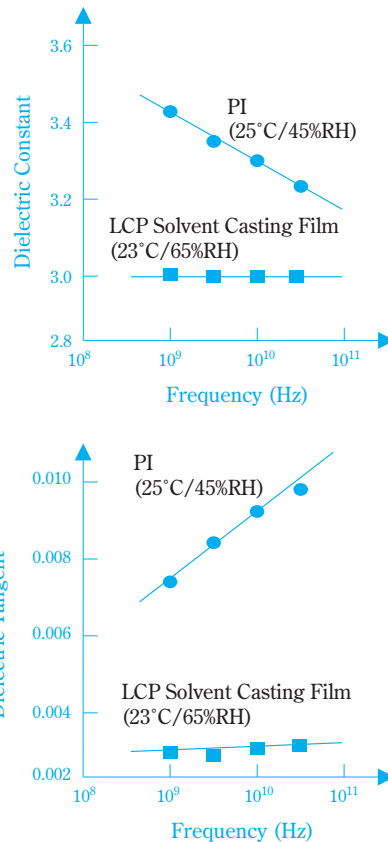


Fig. 15 Dielectric property of LCP solvent-casting film

3. 熱特性

Table. 4 にLCP キャストフィルムの熱特性について評価した結果を示す。LCP キャストフィルムは熱可塑性フィルムとしては最も優れる260 ~ 280 までのハンダ耐熱性を示している。また熱伝導性も最高レベルでありICチップをフィルムに実装した場合に、熱放散の向上も期待できる。



**Table 4** Thermal Properties of LCP Solvent – Casting Film

	LCP Solvent – Casting Film	Polyimide Film
Solder Resistance 260°C × 120sec	OK	OK
Melting Point	300~380°C	—
Tg	170°C	> 500°C
Thermal Conductivity	0.4mW/K	0.2mW/K

#### 4. 機械特性

機械特性について評価した結果を Table. 5 に示す。引張り強度、引張り弾性率はポリイミドに比べて劣るものの、熱可塑性フィルム特有のしなやかさは有しており、耐屈曲性についてはポリイミドに比べて2倍以上すぐれている。

**Table 5** Mechanical Properties of LCP Solvent – Casting Film

	LCP Solvent – Casting Film	Polyimide Film
Tensile Strength (MPa)	120	250 – 400
Tensile Modulus (GPa)	3.6	3.5 – 9
Elongation at Break (%)	10	30 – 80
Holding Endurance R=0.38	20000	5000 – 10000

#### 液晶ポリマーキャストフィルムの電子回路基板用途への応用

現在、液晶ポリマーのキャストフィルムのアプリケーション展開は、以下の2テーマを中心に進めている。

- ・ FPC 基板（単層及び多層基板）
- ・ 部品内蔵基板（コンデンサー層内蔵基板）

これらのアプリケーションへの展開の強みとなっている、LCPキャストフィルムの他材料や他社（押し出しやインフレ工法で得られる）LCPフィルムに対する強みは、以下の通りである。

ポリイミド、エポキシ樹脂など他材に対して

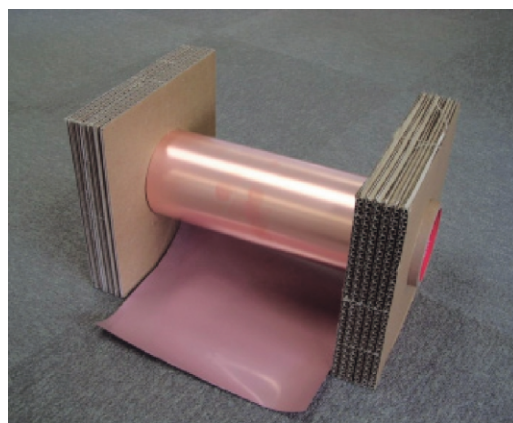
- ・ 吸水率が小さい
- ・ 高耐熱性
- ・ 保存安定性
- ・ 自己融着性（熱可塑性、プリプレグなしで積層可能）
- ・ 吸湿環境下での諸特性（寸法安定性・絶縁性・高周波特性）
- ・ 高屈曲性
- ・ 高熱伝導性
- ・ 環境適合性
- ・ リサイクル性

他社（他工法）LCP に対して

- ・ 異方性がない
- ・ 内層剥離しない（金属との密着性）
- ・ 薄膜対応性
- ・ フィラー高充填性
- ・ 基材（プリプレグ、不織布）への含浸性

#### おわりに

当社が液晶ポリマーの可溶化、キャストフィルムの開発に成功したことで、既に具体的に展開が始まっているフレキシブルプリント配線板（FPC）や多層基板などへの展開に加えて、押し出し法やインフレ法では困難であったフィラーを高充填化したフィルムを用いた部品内蔵基板の用途や放熱基板用途、ガラスクロスなどへの含浸したプリプレグの製造をもとに作製したリジッド基板、2 - 10 μm といったフィルムの極薄膜化も可能となり、液晶ポリマーフィルムのアプリケーションを大幅に拡大できると思われる（Fig. 16）。またフレキシブル基板で主に用いられている基材のポリイミドの低コスト化対応も可能となり、今後、液晶ポリマーを用いた電子材料用のフィルムの展開は益々広がることが期待される。

**Fig. 16** Our Newly Developed LCP solvent-casting film

#### 引用文献

- 1) 和田, “液晶ポリマー”, プラスチックス, 56 (1), 118 (2005)
- 2) “液晶ポリマー”, プラスチックス, 54 (4), 48 (2003)
- 3) 米谷, “特集 / エンジニアリングプラスチックの改質と成形加工技術 液晶ポリマーの改質と成形加工技術”, プラスチックエージ, 49 (9), 102 (2003)
- 4) 福武, “液晶ポリマーの新展開”, III・1・1, 2004年7

月, シーエムシー出版

- 5) 末永 純一, “成形・設計のための液晶ポリマー (シグマ出版)”, 7.余談, p.150  
 6) 特開2003 - 340918  
 7) 小野寺 稔, 低熱膨張材料研究会 公開研究会予稿集, p.89 (2004)

- 8) 化学工業日報, 2002年6月30日  
 9) Park J. Y., Paul D. R., Haider I., Jaffe M., J. Polym. Sci. Part B: Polym. Phys. 34, 1741 (1996)  
 10) 鈴木 健訓, 応用物理, 73 (4), 494 (2004)  
 11) Okamoto S., Yu R., Djourelov N., Suzuki T., Polymer: submitted.

## PROFILE



岡本 敏

Satoshi OKAMOTO

住友化学株式会社  
 情報電子化学品研究所  
 主席研究員 工学博士



大友 新治

Shinji OOTOMO

住友化学株式会社  
 情報電子化学品研究所  
 研究員



細田 朋也

Tomoya HOSODA

住友化学株式会社  
 情報電子化学品研究所  
 研究員



伊藤 豊誠

Toyonari ITO

住友化学株式会社  
 情報電子化学品研究所  
 研究員



片桐 史朗

Shiro KATAGIRI

住友化学株式会社  
 情報電子化学品研究所  
 研究員