

6. 無機 EL シートの特性と応用技術開発

応用技術支援グループ

○菅原智明

1. はじめに

1936年にフランスのDestriau（デトリオ）は、銅を僅かに含んだ硫化亜鉛（ZnS）蛍光体に交流電界を印加したとき、ブルーグリーンのエレクトロルミネッセンス（EL）が生じることを発見した。その後、酸化物系透明電極が発明され、現在製造されているようなシート状の無機 EL が開発された。

無機 EL シートは、図 1 のように、厚さ 0.2mm 程度のシート状の面光源で、湾曲させることが可能という特徴がある。図 2 に無機 EL シートの断面構造を示す。図中の上から、基材である厚さ 75 μ m のポリエステルフィルム、その下には導電性ポリマー透明電極、有機バインダに硫化亜鉛蛍光体粒子を分散させた発光層、チタン酸バリウム（BaTiO₃）を主成分とした誘電体層、カーボン背面電極、絶縁層の 6 層からなる素子である。透明電極と背面電極に周波数 50Hz から 1kHz の交流電圧を加えると、蛍光体が発光する。

現在、無機 EL シートは、耐久性が不可欠な船舶用計器の照明、電車や自動車といった車載用発光部品として利用されている。無機 EL の応用範囲をさらに拡大するため、従来の平面的製品だけでなく、成形による凹凸製品の開発が必要と考えている。本研究では、EL シートに変形を加えた後、発光特性や耐久性を調査し、成形の可能性を検討した。



図 1 無機 EL シート

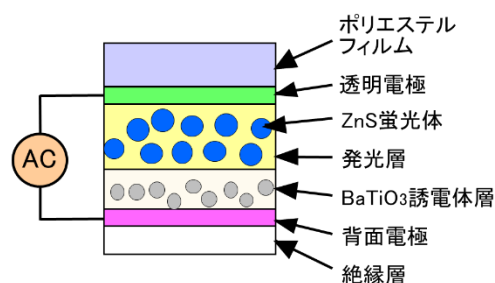


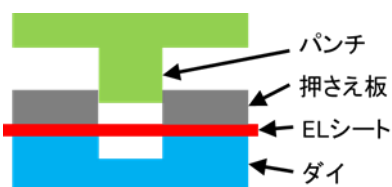
図 2 無機 EL シートの断面構造

2. EL シートの成形及び評価

無機 EL シートは、(株)セコニック電子に設計、製作を依頼して入手した。試験に用いた EL シートは、縦横約 60mm の正方形とした。発光特性については、電圧と周波数とを別々に設定可能な交流電源を使用し、明るさを輝度計により評価した。電気的特性は、交流用の单相電力計を用い、電流、消費電力、力率を測定した。素子ごとの発光特性のばらつきは、平均値 \pm 3%程度であった。

図 3 に、EL シートのプレス成形の概略図及び部品を示す。押さえ板を使って EL シートをダイに固定し、パンチを用い張出成形を行った。パンチ径は 20mm で、張出高さは最大 3mm とした。ダイの穴深さは 3.7mm とし、張出高さよりも深くした。成形は、EL シートをダイに固定した状態で、パンチと一緒にオープンに入れて成形温度まで加熱した後、取り出して万力プレス機でシートを変形させた。加圧状態を約 1 分間保持した後、ダイとパンチを金属製バットに移して水冷し、EL シートを張出成形した。

成形試験品の耐久性は、低温恒温恒湿器を用いて高温高湿点灯試験、高温点灯試験により評価した。高温高湿点灯試験は温度 60 $^{\circ}$ C、相対湿度 90%の環境下で、電源周波数 400Hz、電圧 100V で連続点灯させ、輝度や消費電力などを測定した。高温点灯試験については、試験温度 60 $^{\circ}$ C で連続点灯させた。高温点灯試験では湿度制御は行わなかったが、試験中の相対湿度は 5%以下を示した。



(a) プレス成形の概略図



(b) ダイ



(c) 押さえ板



(d) パンチ

図 3 プレス成形の概略図及び部品

3. 成形試験結果

パンチの張出高さを 3mm とし、成形温度条件 80℃から 130℃で成形を行った。その結果、図 4 に示すように、成形後の EL シートの張出高さは、成形温度が高いほど目標値 3mm に近づいた。しかし、130℃で成形すると、張出部側面において発光しない箇所が見られるようになったため、本実験の EL シートについては 120℃以下で成形することにした。成形温度 120℃では、張出高さ約 3mm の加工ができ、シート全体が均一に発光する成形品を作製することができた。

図 5 に、120℃で成形した EL シートの外観と輝度測定箇所を示す。輝度測定は、未加工部と、張出部の二点とした。なお、全ての成形品の未加工部の輝度は、成形前の EL シートと同じ値となった。成形品の輝度測定結果を図 6 に示す。周波数を 400Hz に固定し、電圧を徐々に高くすると、50V 以上で輝度は急激に上昇し、電圧 100V のとき輝度が 58cd/m²、消費電力は 0.094W と測定された。輝度 B と電圧 V との関係については、次の実験式が知られている。

$B = A \exp(-C / V^{1/2})$: (A と C は、EL 素子の構造と発光条件に依存する定数)

図 6 の実測値と特性曲線(実験式による)との決定係数 R²は 0.999 となり、EL シートの発光特性は上記実験式に従うことがわかった。張出部と未加工部を比較すると、張出部の輝度は、未加工部よりも 5%程度高くなっている。この原因としては、応力変形によってフィルムが伸びると同時に、発光層が薄くなることで、蛍光体に加わる電界が高くなり、発光が強くなったことが考えられる。

次に成形試験品の耐久性試験を行った。図 7 に、高温高湿点灯試験結果を示す。初期輝度を 1 とすると、24 時間後に 0.71、72 時間後には 0.46 にまで減少した。なお、輝度 B と点灯時間 t との関係については、以下の実験式に従うことが報告されている。

$B = B_0 / (1 + t/\tau)$: (B₀ は初期輝度、τ は時定数)

成形後の輝度低下特性は、未成形品の特性と同じであることから、張出成形による影響は、ほとんどないものと考えられる。さらに、高温点灯試験においても高温高湿点灯試験と同様に、成形前後の特性には違いがないという結果が得られ、無機 EL シートの成形について、発光特性、耐久性に問題がないことを実証した。

4. まとめ

無機 EL シートの特性評価と成形の可能性について検証実験を行った。ポリエステルフィルムを基材とした無機 EL シートを用い、120℃でプレス加工することで、均一発光する張出成形品を作製することができた。張出成形前後で EL シートの耐久性や特性の変化は見られず、成形に十分耐えられることが明らかとなった。今後は、成形を用いた応用製品開発に向け、さらなる技術開発に取り組む予定である。

謝辞

本研究は、一般財団法人荒井芳男記念財団 2019 年度研究助成により行った。関係各位に感謝します。

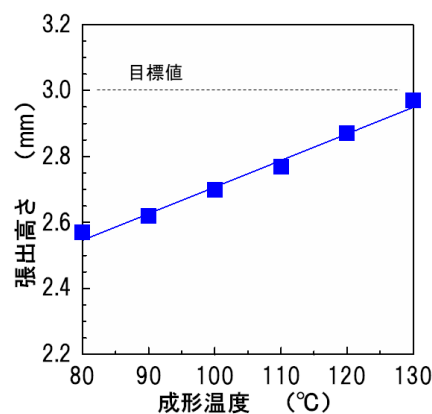


図 4 張出高さの成形温度依存性 パンチ高さ : 3 mm



図 5 成形品外観と測定箇所

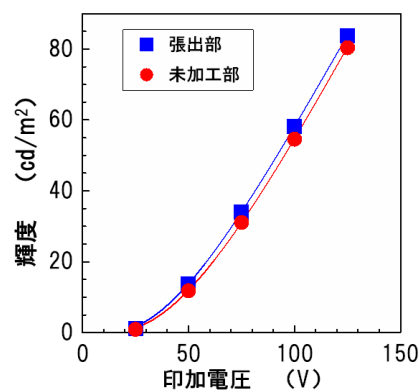


図 6 電圧-輝度特性

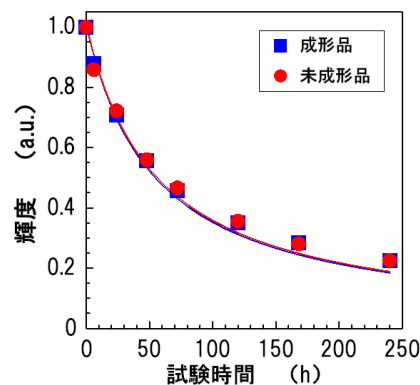


図 7 高温高湿点灯試験