

エレクトロルミネッセンスシートの発光特性と成形性に関する基礎的検討

菅原智明

Fundamental Study on Luminescence Properties and Formability of Inorganic Electroluminescent Sheets

Tomoaki Sugawara

要 旨

シート状に発光する無機エレクトロルミネッセンス素子の応用範囲を拡大するため、シートに応力を加えて凹凸形状の発光素子を試作した。エレクトロルミネッセンスシートを 120°C で加熱し、プレスを用いて張出成形することにより、張出高さ 3mm の変形が可能であった。成形前後において発光特性や電気的特性の変化は僅かで、成形による影響はほとんどないことがわかった。また、ヒートショック試験、高温高湿点灯試験、高温点灯試験を行い、成形品と未成形品とを比較した結果、発光特性や耐久性に違いは見られなかった。エレクトロルミネッセンスシートの張出成形品については、発光特性や耐久性に問題ないことを実証した。

1. はじめに

無機エレクトロルミネッセンス素子は、硫化亜鉛蛍光体に交流電界を加えることにより、青緑色のエレクトロルミネッセンス (EL) が生じる現象を応用した製品である。1950 年代に酸化物透明電極が発明された後、現在のようなシート状の無機 EL が開発された。

無機 EL の種類としては分散型と薄膜型が知られている。分散型は、蛍光体粒子を有機バインダに分散させた塗料を発光層に用いた素子であり、印刷法によって製造され、大面積光源を安価に実現できる。一方、薄膜型では真空成膜プロセスによって蛍光体薄膜を形成するため、高品質なディスプレイなどへの応用が可能である。本研究では、函館地域で製造されている分散型 EL シートに注目し、発光特性と成形性について報告する。

現在、無機 EL シートは、耐久性が不可欠とさ

れる船舶用計器の照明、電車や自動車などの車載用発光部品として利用されている。EL シートは、LED や蛍光灯などの光源に比べて輝度は低いが、屈曲できるほど柔軟で、また打鍵などの衝撃に強いといった特徴がある。自動車や家電分野においては、取り付け箇所の形状に合わせた EL シートの要望があり、無機 EL の応用範囲をさらに拡大するためには、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られる。無機 EL シートの成形については、これまでも企業と共同で研究報告¹⁾を行ったが、当時の EL シートに使用されていた高分子材料は現在製造されておらず、新たな材料で作製した EL シートについて成形技術開発が必要となった。

本研究では、EL シートに応力を加えて変形させた後、発光特性測定や耐久性試験を行い、凹凸成形の可能性について検討した。その結果、成形の

前後で発光特性の変化は僅かであること、成形品の耐久性が未成形品と同等であることを明らかにした。

2. 供試材と実験方法

2.1 無機 EL シートの成形

試験に用いた無機 EL シートは、縦横 60mm の正方形、厚さが約 0.18mm で、(株)セコニック電子に設計、製作を依頼して入手した。図 1 に、無機 EL シートの断面構造を示す。無機 EL シートは、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、その下に導電性ポリマー透明電極、有機バインダに硫化亜鉛 (ZnS) 蛍光体粒子を分散させた発光層、チタン酸バリウム (BaTiO_3) が主成分の誘電体層、カーボン背面電極、絶縁層の 6 層からなる素子である。EL シートの透明電極と背面電極に、周波数 50Hz から 1kHz、電圧 20V から 150V 程度の交流電圧を加えることで蛍光体

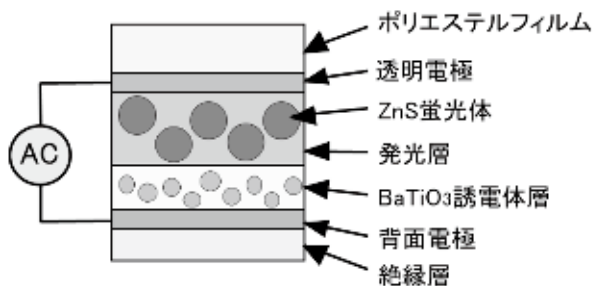


図 1 無機 EL シートの断面構造

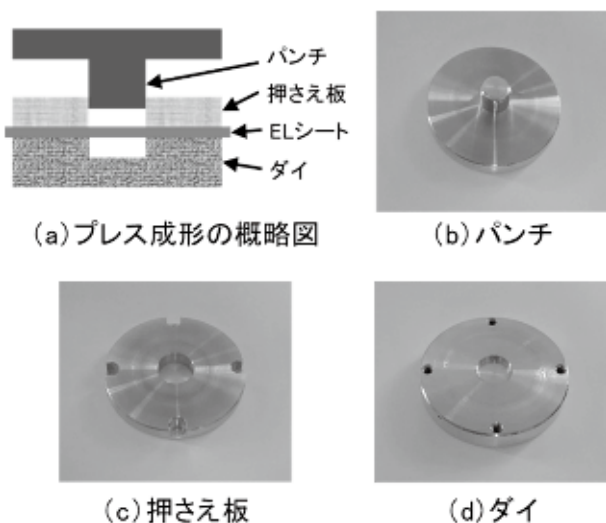


図 2 プレス成形の概略図及び部品

が発光する。なお、試験に用いた EL シートの輝度のばらつきは、平均値 $\pm 3\%$ 程度であった。

図 2 に、無機 EL シートのプレス成形の概略図と部品を示す。成形型のパンチの直径は 20mm で、張出高さは最大 3mm とし、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、押さえ板を用いて 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、万力プレスを使用し、EL 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 シートの張出成形を行った。

2.2 発光特性測定及び耐久性評価

EL シートの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、電圧 (25~125V) と周波数 (50~600Hz) を変化させて発光の強さを輝度計で測定した。電気的特性の評価には交流用単相電力計を用い、電流、消費電力、力率を測定した。

成形試験品の耐久性は、ヒートショック試験、高温高湿点灯試験、高温点灯試験によって評価した。ヒートショック試験は、冷熱衝撃試験機を使用し、 -30°C の試験槽内で試験品を 30min 曝した後、 70°C に 30min 曝し、これを 1 サイクルとして連続 100 サイクル試験を行った。ヒートショック試験前後で試料の特性変化を比較し、熱衝撃耐久性を評価した。高温高湿点灯試験は、低温恒温恒湿器を用いて温度 60°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、消費電力などを測定した。高温点灯試験については、 60°C の試験槽内で連続点灯させ、発光特性及び電気的特性を評価した。なお、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% 以下であった。

3. 実験結果と考察

3.1 無機 EL シートの張出成形と発光特性

張出成形実験は、張出高さ 3mm 用のパンチを用い、成形温度範囲を 80°C から 130°C までとして成形を行った。図 3 に、成形後の EL シートの張出高さを示す。成形温度が高いほど、EL シートの張出高さは目標値 3mm に近くなった。しかし、

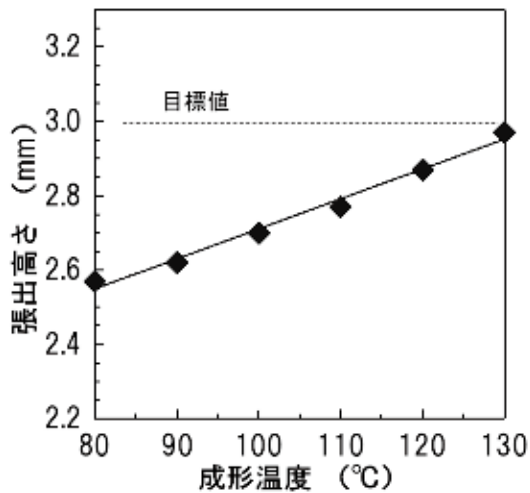


図3 張出高さの成形温度依存性

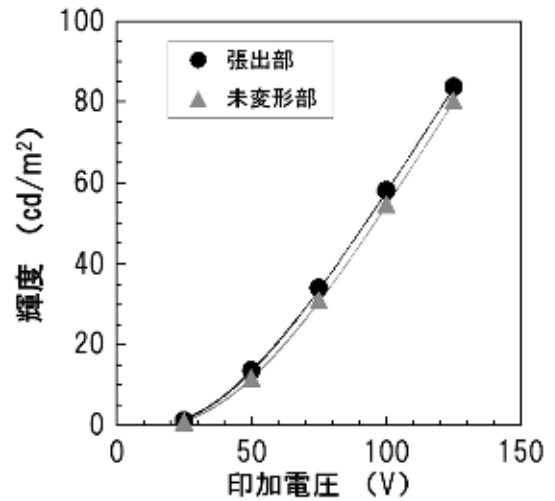


図5 成形品の輝度-電圧特性

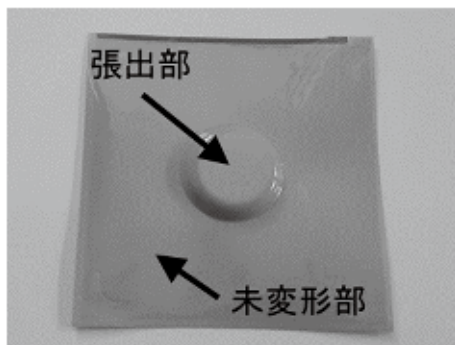


図4 成形品外観と輝度測定箇所

130°Cで成形すると、発光しない部分が張出部側面に見られるようになり、品質が低下した。成形温度が120°Cのとき、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の作製が可能とわかった。

図4に、120°Cで成形したELシートの外観と、輝度測定箇所を示す。輝度測定箇所は、未変形部と張出部の二箇所とした。なお、成形品の未変形部の輝度は、成形前のELシートと同じ値であった。成形品の輝度測定結果を図5に示す。電源周波数を400Hzとし、電圧を徐々に高くすると、25V以上で輝度は急激に上昇し、電圧100Vのとき輝度は58.1cd/m²と測定された。輝度(B)と電圧(V)の関係については、次の実験式が知られている²⁾。 $B = A \exp(-C/V^{1/2})$: (AとCは、EL素子の構造と発光条件に依存する値)

図5中の特性曲線(実験式による)と実測値との決定係数R²は0.999となり、ELシートの発光

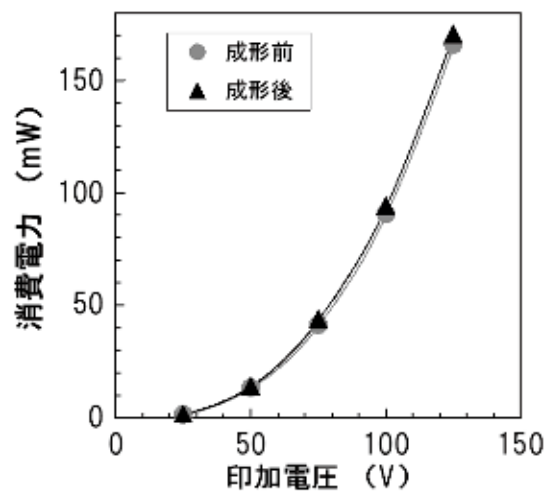


図6 成形前後のELシートの消費電力

特性は上記実験式に従うことがわかった。張出部と未変形部の輝度については、張出部の方が未変形部よりも5%程度高くなった。輝度が上がった原因は、張出部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強くなり、輝度が高くなったことが考えられる。

図6に、成形前後における試験品の消費電力測定結果を示す。この図から、ELシートの消費電力は印加電圧25Vを超えると高くなっていき、電圧100Vのときに電力は90~95mWと測定された。また、成形後のELシートの消費電力は、成形前よりも3~6%程度増加した。この原因については、成形部の蛍光体層が薄くなり、電界が強くなる

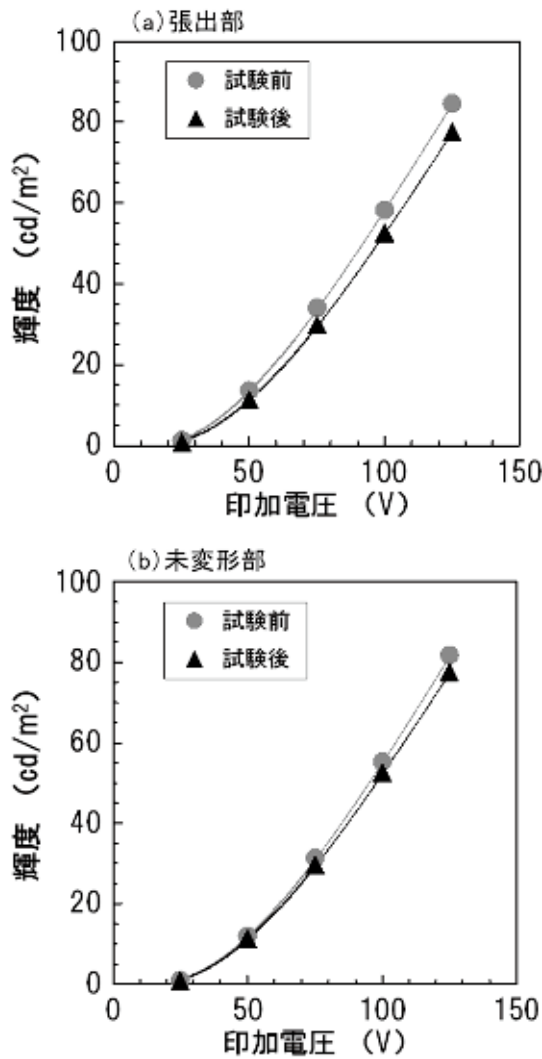


図7 ヒートショック試験前後の成形品の発光特性
(a) 張出部、(b) 未変形部

なり輝度が高くなったため、輝度上昇分だけ消費電力が増えたものと考えられる。

3.2 耐久性試験結果

ヒートショック試験前後における成形品の発光特性測定結果を図7に示す。印加電圧が100Vのとき、張出部の試験前の輝度が 58.3 cd/m^2 に対し、試験後は 52.6 cd/m^2 にまで低下した。一方、未変形部では試験前の輝度が 55.3 cd/m^2 、試験後が 52.6 cd/m^2 と測定された。試験前後の輝度変化は未変形部よりも張出部の方が若干大きいことがわかった。ヒートショック試験後の成形品の外観と発光状態を調査した結果、積層フィルムの層間剥離や不点灯などの不具合は見られなかった

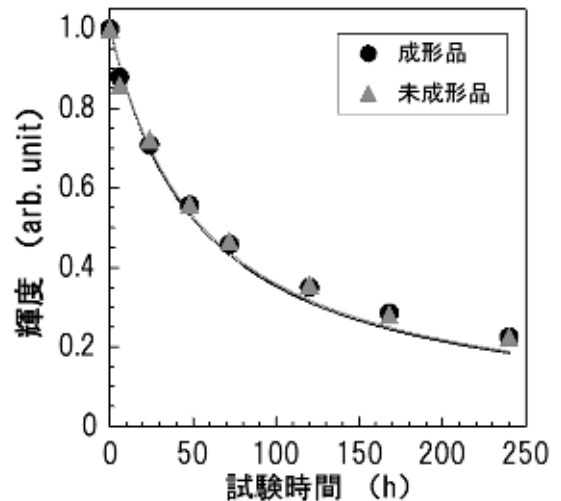


図8 高温高湿点灯試験結果
試験環境：60°C、90%RH

ことから、成形品のヒートショックに対する耐久性は十分であると考えられる。

次に、成形品の高温高湿点灯試験を行い、温度と湿度への耐久性について未成形品と比較した。図8に、高温高湿点灯試験結果を示す。試験開始直後の輝度を1とすると、成形品の輝度は24時間後に0.71、72時間後に0.46にまで低下した。なお、図中の曲線で示すように、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³⁾されている。

$$B = B_0 / (1 + t/\tau) \quad (B_0 \text{ は初期輝度、} \tau \text{ は時定数})$$

成形品の輝度低下特性は未成形品の特性と違いがないことから、張出成形の影響はほとんどなく、成形品の耐久性は未成形品と同等であると考えられる。

図9に、成形品の高温点灯試験結果を示す。初期輝度を1とすると、成形品の輝度は24時間後に0.90、72時間後で0.75、240時間後では0.51にまで減少した。図8の高温高湿点灯試験と比較すると、高温点灯試験中の輝度低下は緩やかになっており、無機ELシートは湿度の影響を受けやすいことがわかる。湿気によって無機ELシートは速く劣化することが報告^{4),5)}されていることから、本実験の高温高湿点灯試験結果と高温点灯試験結果との差は、水による劣化度合を示していると考えられる。図9の高温点灯試験において、成形品と未成形品とを比べると、両者はほぼ同じ特性

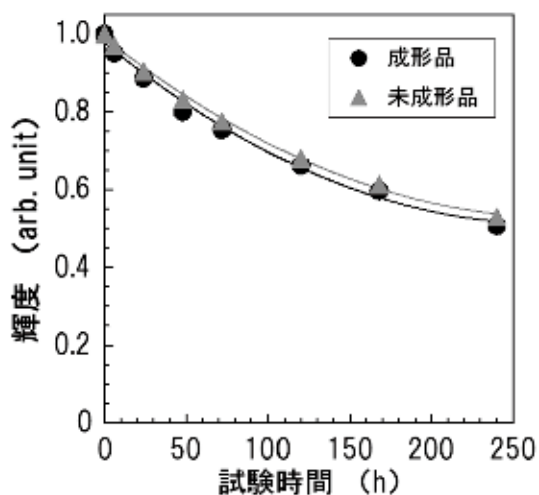


図9 高温点灯試験結果

試験環境：60°C

を示していることから、張出成形による品質劣化は少ないものと考えられる。

本実験のヒートショック試験、高温高湿点灯試験、高温点灯試験の結果から、成形品と未成形品の特性に大きな違いは認められなかった。以上のことから、EL 成形品の発光特性や耐久性には問題がないことを実証した。

4. まとめ

無機 EL シートの発光特性の評価及び凹凸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、120°C でプレス加工することにより、均一に発光する張出成形品を作製することができた。張出成形の前後において、EL シートの耐久性や発光特性に変化は見られず、成形に十分耐えられることが明らかとなった。今後は、成形を利用して様々な形状の EL 応用製品を開発するため、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実施した。関係各位に心より謝意を表す。

参考文献

1)菅原智明, 村田政隆, 小西光太郎, 山田俊一,

泉泰平, 寺田博樹, 畑沢賢一, 飯田憲一: 北海道立工業技術センター研究報告, 第 12 号(2012), p.53

2)塩谷繁雄: セラミックス, Vol.26, No.7 (1991), p.622

3)平林克彦, 伊藤義夫, 加藤勝己, 村瀬啓: 信学会技研報告, Vol.81, No.40 (1981), p.21

4)黒川仁士: 月刊ディスプレイ, 5 月号 (1996), p.46

5)平林克彦, 小沢口治樹, 辻山文治郎: 信学会技研報告, Vol.82, No.68 (1982), p.29