

無機EL素子のコンポーネントモジュール開発

村田政隆, 菅原智明, 宮原則行, 寺田博樹*, 泉泰平*, 山田俊一*, 芹田寿樹*

Development of Functional Modules using Inorganic Electro-Luminescence Devices

Masataka Murata, Tomoaki Sugawara, Noriyuki Miyahara,
Hiroki Terada*, Taihei Izumi*, Syun-ichi Yamada* and Toshiki Serita*

要 旨

無機EL素子は交流電源で発光し、携帯電話のバックライトのように、面全体を発光させる用途で主に使用されている。無機ELの用途拡大のためには、LEDや有機ELとは異なる特徴を活かした新しい無機EL製品が必要とされている。本研究では、発光パターンをマイコン制御可能な高機能無機ELを開発するため、発光面を分割してセグメントを形成し、各セグメントの制御機能とスイッチ機能とを一体化したコンポーネントモジュールについて、実験的検証を行った。その結果、薄型コンポーネントモジュールの開発に成功し、さらに実用化モデルとして、家電製品の操作パネルを試作し、産業応用の有効性を示した。

1.はじめに

無機EL (Electro-Luminescence) は、交流電源で発光するため、マイコンなどの直流電子回路と組み合わせて複雑な発光パターンを実現できず、携帯電話のバックライトのように、面全体を発光させる用途に留まっている。一方、LEDや有機ELなどは、直流電源で発光するため、マイコンなどで複雑な発光パターンを制御しやすいことから、様々な分野の製品で利用されている。

現在、無機EL産業界では、素子の製造技術開発だけでなく、従来と違った用途の産業応用製品を見据え、汎用的機能をいくつも融合させたコンポーネントモジュールを開発して商品化する必要性が高まっている。しかしながら、無機ELの高機能化にマイコンなどを利用するためには、無機EL用交流電源との親和性が問題となり、これまでに製品化に成功した例はほとんどない。

本研究では発光面を分割してセグメントを形成し、各発光面の制御機能と、発光面自体にスイッ

チ機能を付加した無機ELのコンポーネントモジュール化について実験的検証を行ない、産業応用の有効性を示した。

2.無機EL素子の特徴

無機ELの構造を図1に示す。無機ELは、LEDや有機ELと同様に、物質に電気的なエネルギーを加えると発光するエレクトロルミネッセンスを応用した発光素子であり、厚さが $100\mu\text{m}$ 程度と非常に薄くフレキシブルで、発熱しない等の特徴がある。

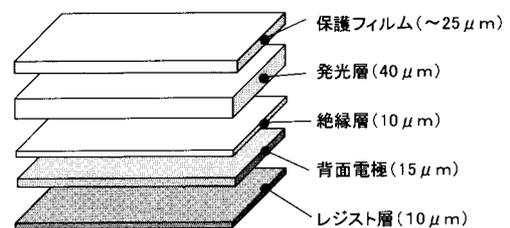


図1 無機ELの構造

*株式会社函館セコニック

しかし、発光させるには交流電源を必要とすることから、電子回路制御との併用は容易ではない。そのため、無機EL（以下ELと略）の製品は、図2に示す事例のように、発光面全体の発光または消灯のON-OFF制御によってのみ利用されている。

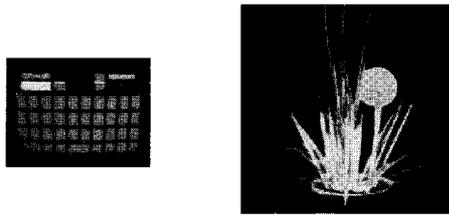


図2 無機ELの製品例

3. 基盤機能

3.1 基盤機能の検討

ELの活用先を検討するにあたり、広く産業活用されているLEDと比較し、活用事例について検証した。LEDの主な活用方法には、「照明」・「通信」・「表示」の3種類がある。一つ目の「照明」としての活用は、基本的にON-OFF制御であり、現在のELの活用方法と同様である。ELの輝度は、交流電源の電圧または周波数を制御することにより、段階的もしくはリニアに制御することができる。しかし、ELはLEDに比べ輝度が劣るといった問題を抱えているため、照明としてLEDとの置換を図ることは容易ではない。

二つ目の「通信」の用途では、LEDは赤外域を利用し、家電製品とリモコン間で行われる単方向通信や、IrDAプロトコル等に準拠した電子機器間の双方向通信を実現している。その他、LED信号機と車両間のデータ通信や、LED照明を利用した可視光通信技術の開発も行われている。現行の光通信技術は、データ信号を数十kHzのパルスを用いて変調する方法が用いられるなど、直流駆動であるLEDの使用を大前提とした技術である。ゆえに交流駆動のEL用送受信機能を開発し、通信用途に成功しても、現行の光通信技術との置換は難しく、市場は見込めない。

三つ目の「表示」としてLEDが活用されている事例を表1に示す。この表の単体で表示する利用方法であっても、自動販売機や洗濯機等の機能を考えると、表1のような用途では全て複数のLEDの中からLEDの発光によって、情報を認識する共

通点を持っている。

表1 表示器としてのLEDの活用例

利用方法	表示対象	主用途
単体	場所・位置	自動販売機のボタン 等
	設定状況	洗濯機の操作パネル 等
7セグメント	数字	時計、タイマー 等
ドットマトリクス	文字	電光掲示板 等
	映像	イベント用ディスプレイ 等

したがって、複数のELを用い、発光パターンを制御することができれば、LEDからELへと置換が可能であり、市場も十分に見込める。そこで、従来の単一発光面を分割し、各面を独立して発光・消灯制御するセグメント機能を基盤的な開発機能と定め、本機能の試作および実験を行った。

3.2 セグメント機能の開発

セグメント化したELの複雑な発光制御を実現するため、安価で汎用性の高いPICマイコンを使用し、マイコン側の直流回路とEL側の交流回路との結合には光電素子を利用することで電氣的に絶縁することにした。まず、図3に示す回路構成により、全点灯・全消灯・順次点灯および点滅など、基本的な発光パターンについて確認した。なお、交流電源には電池駆動の小型インバータを用い、振幅約100Vで周波数約200Hzの矩形波に近い波形によってELを発光させた。

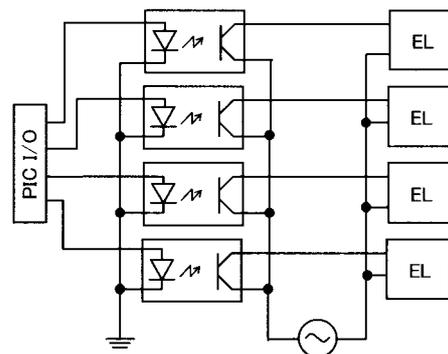


図3 セグメント機能基本回路

本実験では、ノイズの影響も現れず、発光パターンを正常に認識することができた。また、EL1枚による単独点灯と4枚による全点灯時の輝度差も特に感じられず、基本的にはPICマイコンで制御が可能であることを確認した。しかし、この基本

回路は、確実なEL制御を期待し、EL1枚にPICマイコンのI/Oピンを1つ割り当てる構成とした。そのため、制御用ELの枚数分だけ、PICマイコンのI/Oピンを使用し、数十枚規模の制御には、使用するPICマイコンが増え、ファームや配線パターンが複雑になり、実用上では効率的な制御手法が必要となる。そこで、回路規模の簡略化を検討するため、7セグメントLEDのタイマ回路を利用した、ダイナミック点灯によるEL発光制御実験を行った。本実験条件では、使用したインバータの周波数が200Hz程度であることや、回路上ではゼロクロスを考慮していない非同期回路であることから、タイミングによっては正常に動作しない懸念があった。しかしながら、実験の結果、発光パターンを十分に視認でき、図4に示す回路構成の発光制御を行っても実用上問題ないことがわかった。

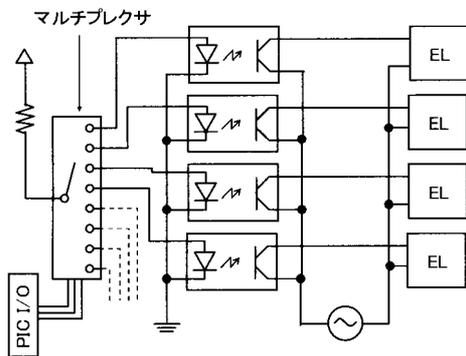


図4 ダイナミック点灯回路例

このマルチプレクサを使用した回路構成により、PICマイコンの3つのI/Oピンで、DPを含む8つの制御対象を持つELの全制御パターンを実現することが可能なことから、使用するI/Oピンと配線パターンの効率化が図れることを確認した。そして、ダイナミック点灯の実用性が確認でき、7セグメントLEDをELによるシートタイプに置換できることを示した。

ELのダイナミック点灯が可能であるということは、複数のELを低消費電力で複雑に発光制御できる可能性を示したことになる。PICマイコン側からみると、マルチプレクサを使用することにより、I/OピンとELを1対1対応させるよりもはるかに効率的であるが、この回路ではマルチプレクサ素子を付加するため、基板上の部品点数が多くなる欠点がある。そこで、マルチプレクサ等の部品を用いることなく複雑な制御を実現し、実用性

をさらに高めることを考え、電光掲示板のようなドットマトリクス文字表現の可能性について検討した。 $(m \times n)$ によるマトリクス回路の基本構成を図5に、マトリクスに接続する発光制御用の専用回路例を図6に示す。

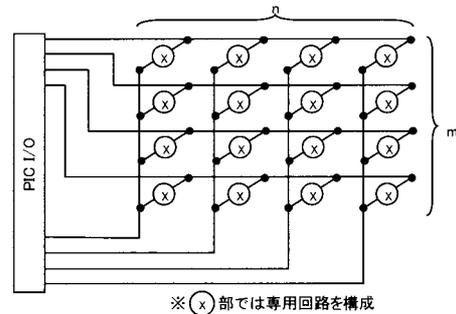


図5 マトリクス回路の基本構成

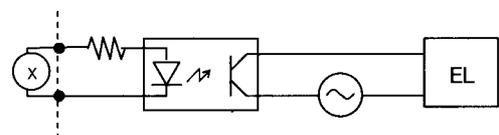


図6 発光制御用専用回路

本実験では、 4×4 までのマトリクス回路を組み、発光順序や全発光・全消灯のパターン制御をPICマイコンにプログラミングして、動作確認を行った。その結果、プログラム通りに発光制御されることを実証した。また、光電素子には、ゼロクロス仕様のフォトトライアックやフォトモスリレーを使用した。フォトトライアックでは、トリガ信号のパルス幅等に若干の配慮が必要だが、いずれの光電素子でも発光制御が可能であることを確認した。

以上の実験結果から、ELのセグメント機能を有効に活用するためには、ダイナミック点灯やマトリクス回路が適用でき、汎用的に利用されている 5×10 のドットマトリクスで1文字を表現しているLCDと置換可能な、シートタイプの自発光文字表示器の実現性を示すことができた。

なお、複数のELの発光を自在に制御する機能を有するセグメント化したELを、特に「SegmEL (セグメル)」と称し、現在、函館セコニックでは商標登録をしている。

4. 付加機能

4.1 付加機能の検討

発光制御機能を確認したことで、シートタイプ

の発光表示器としての活用可能性を見出した SegmEL に対し、産業応用先の観点から、より LED との機能上の差別化を図りうる可能性について検討した。表1に示した LED の活用例の中で、日常生活で最も目につく事例は、自動販売機や家電製品での単体利用である。これらの発光制御は、選択スイッチの場所を表現したり、選択した機能を確認したりすることが主目的であり、図7に示す一例のように LED は、選択結果を入力するスイッチとは別体となっている。この理由として、市販の LED を組み込んだスイッチは、産業用機器の制御盤等によく利用されてはいるが、スイッチ形状選択の自由度に欠ける他、実装規模と導入コストが見合わないためと考えられる。

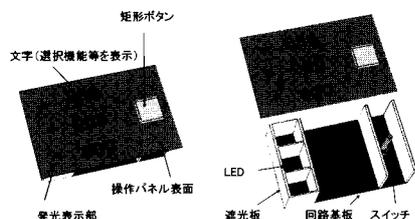


図7 LEDを用いた操作パネル構造の一例

LED との差別化をより図るため、家電製品の操作パネルの構造や操作性に着目した。図7の左図は、操作パネル表面を示し、右図は操作パネル内部の構造を示す。操作パネルは、右側の矩形ボタンを押すごとに、左側に配置された LED が順次発光し、その時の機能設定状況などは、発光している LED の横に示された文字によって認識が可能である。また、このように LED の光漏れ対策やスイッチ配置の関係上、数十 mm 程度の高さの遮光板などを持つ複雑な構造となっている。このように、LED を用いた操作パネルでは、構造が複雑で操作性に問題がある。

取扱説明書が手元になくても、誰もが簡単に家電製品を使えるような操作パネルを実現するためにはユニバーサルデザインを考慮する必要がある。図7に示す構造の操作パネルの中には、表示文字を見やすくしたり、スイッチに点字印刷をしたりするなどの工夫も見受けられるが、スイッチを用いた順送り設定の操作方法は改善されていない。例えば、パネル面には設定状況を表現した文字が印字されているため、この文字とスイッチが一体

化していれば、ワンタッチで希望する操作設定が可能となる。また、設定時にシーケンス制御が必要な場合には、次に予想される選択スイッチを知らせる発光パターンによるガイダンス機能を実現することができる。

これらの検討結果から、SegmEL を利用し、発光面・文字表示・ボタン (スイッチ) が一体化したモジュールを開発すれば、現在の LED とスイッチの複合基板との置換が可能で、より大きな市場を見込める。PIC マイコン制御が可能な発光面の SegmEL に文字を印刷すれば、ガイダンス機能を容易に実現することができると考えた。そこで、このモジュールに必要なスイッチ機能の付加について実験的検証を行った。

4.2 スイッチ機能

セグメント化した全ての EL の背面個々にスイッチを配置し、発光部とスイッチを一体化したモジュールについて検討した。SegmEL にスイッチを 1 対 1 対応させる場合、SegmEL と同じ数のスイッチを制御しなければならない。SegmEL 回路網は、図5に示すマトリクス回路網に図6の発光制御専用回路を組み合わせて実現させており、スイッチ機能においても、マトリクス回路網に図8のスイッチ監視用専用回路を組み合わせた SegmEL 回路網とは別のスイッチ回路網を用意すれば、発光ガイド機能付スイッチの基本動作確認は可能である。

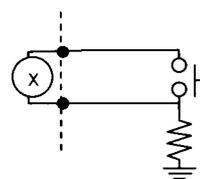


図8 スイッチ監視用専用回路

試作実験の結果、マトリクス回路を利用したスイッチ回路網は問題なく動作することを確認した。しかしながら、SegmEL 回路網とスイッチ回路網の2種類のマトリクス網が別々に存在することによって、基板への配線数が多くなるだけではなく、使用するマイコンの仕様にも大きく影響を与える。回路基板の試作には、両面銅張プリント基板の銅箔をドリルで切削してパターンを形成する、プリント基板作製装置を利用したが、配線の幅とピッ

チに制限があるため、配線数の増加は基板面積増大の要因となる。この解決法として、1つのマトリクス回路網(図5)に、発光制御専用回路(図6)とスイッチ監視専用回路(図8)を組み合わせた。回路とファームウェアでは若干の修正を要したが、マトリクス回路網の共有化が図られ、配線数の削減に成功した。これにより、SegmELにスイッチ機能を付加した基本回路構成を標準化することができ、図9に示す2mm厚の薄型の操作パネルが実現でき、表2に示すようにLEDを用いた操作パネル(図7)との差別化を図ることができた。

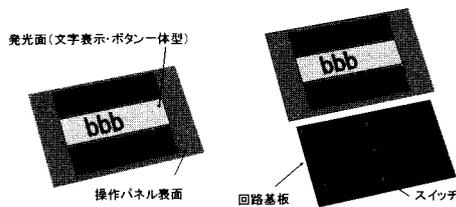


図9 ELを用いた操作パネル構造

表2 LED操作パネルとEL操作パネルの比較

	LEDによる操作パネル	ELによる操作パネル
光源	点光源	面光源
表示	光・文字・スイッチが別表示	光・文字・スイッチが一体表示
厚さ	数十mm ~ 100mm	約 2mm (うち、基板が1.6mm)

5.操作パネルの試作

SegmELにスイッチ機能を付加したモジュールの動作確認後、より具体的な実用モデルとして表現するため、洗濯機の操作パネルを一例として試作した。現行の操作パネルと試作操作パネルを図10に示す。

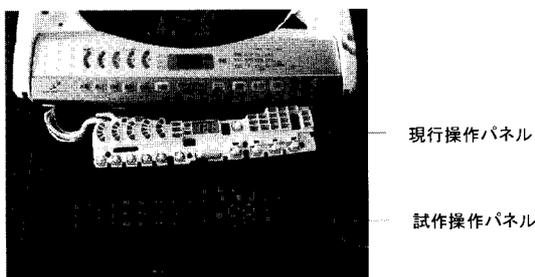


図10 現行及び試作操作パネル

この試作パネルの制御では、特定のスイッチが押されると、次に必要な機能の設定選択スイッチのみが点滅する発光ガイダンス機能を備えている。ELはLEDに比べてムラがない面発光素子であるため、例えば、蛇口のマーク等の複雑なイラストもきれいに発光させることができ、表現の自由度も高く、操作性や制御性上において顕在化した問題も特にない。生産コスト面では、受注規模に依るところが大きいが、特に新製品やモデルチェンジでの試作段階を含めると、従来のLED操作パネルよりも迅速でコストパフォーマンスにも優れた試作・製品化が見込めるため、現行の操作パネルと置換できる可能性は十分にある。

6.商用デモ機の製作

機能確認したコンポーネントモジュールの製品化を実現するため、営業活動に使用するデモ機を製作した。商用デモ機を図11に示す。家電製品等への組込用として試作したモジュールに、通信機能を付加し、パソコンで発光制御も可能な仕様とすることで、パソコンの周辺機器としても利用可能とした。さらに、用途ごとに基本発光パターンをモジュール化したパネルを製作し、各地の展示会や営業活動において好評を得ている。

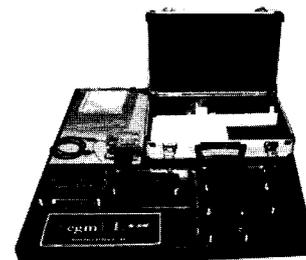


図11 商用デモ機

7.おわりに

ELの発光面を分割してセグメントを形成し、各セグメントの制御機能とスイッチ機能とを一体化したコンポーネントモジュールについて実験的検証を行い、薄型コンポーネントモジュールを開発することができた。現在、これまでの成果を基に、発光面の小型化、デザイン性、発光順序や点滅周期の発光パターンの改善を図るとともに、機械式スイッチから静電容量式スイッチへの変更等によって、薄型化をさらに進めた実用的な

SegmELモジュールの開発に取り組んでいる。

また、本研究テーマをきっかけとして、異分野企業や教育・研究機関との協力体制を築き上げた結果、平成19年11月、新連携計画が北海道経済産業局に認定され、同局の実施する連携体支援策の対象となる事業テーマに決定した。

なお、自発光素子や発光モジュールを含め、光や色による表現方法は、使用環境や使用者によって感じ方が異なるため1)、現在では視認性に関する研究2)も盛んに進められている。今後は、視認性を考慮したデザインも踏まえ、発光面全体のON-OFF制御用途とは異なる分野に市場を求めるため、対象分野の要求仕様を満足させるための技術開発も実施する予定である。

参考文献

- 1) 例えば、畑田豊彦他：眼・色・光 より優れた色再現性を求めて(日本印刷技術協会)(2007)
- 2) 例えば、(社)照明学会：不均一な照明環境下での視認性に関する研究調査委員会報告書((社)照明学会)(2008)