

【解 説】

圧電発電によるLED点灯 アプリケーションの考え方について

(注) 本解説書は圧電バイモルフを利用してLEDを点灯させるアプリケーションについての考え方の一般論を弊社のこれまでの知見をベースにまとめたものです。内容的な不備、解釈の誤りがある場合は御容赦願うとともに御意見、御指摘をいただけたら幸いと考えます。

2003年10月
日新電機株式会社
電子デバイス事業推進部

1. 概要

圧電発電からもっとも簡易的な LED を点灯させるアプリケーションを考える場合のエネルギー効率について検討する。

2. 系のモデルについて

この系を以下の図 1 のモデルで取り扱うものとする。

(厳密な意味で下記のような分割したモデルは実物理現象との差異があるが思考の整理として妥当性を有する。)

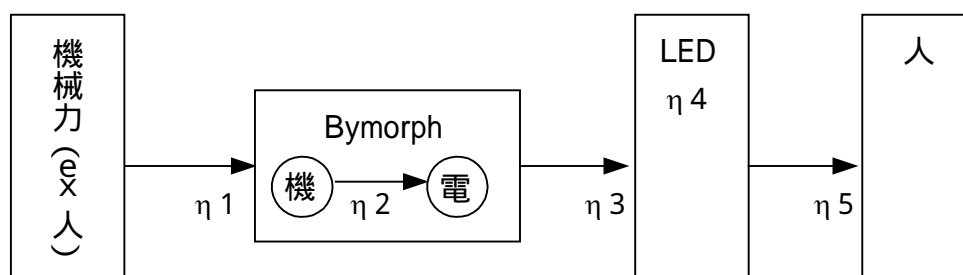


図 1.エネルギー変換モデル

- η_1 : 外部の力にどのように Bymorph に伝達するかという主に機械構造的な伝達効率
- η_2 : Bymorph 内部の機械 - 電気エネルギー変換効率 (材料定数の電気機械結合定数 K から測定すると単発の理論変換効率は約 10% 前後)
- η_3 : Bymorph から電気エネルギーを取り出す効率
- η_4 : 電気エネルギーを光エネルギーに変換する効率 (主に LED 発光材料によって異なる)
- η_5 : 光エネルギーが人間の視覚に訴える効率 (主に色彩の視感度曲線と時間軸に於ける人間の認識パラメータとなる)

(1) $\eta 1$ について

この種のアプリケーションでは部位の効率をいかに上げるかが最大のポイントとなる。即ち、外部（人・自然・機械）からの機械エネルギーをいかに効率よく圧電バイモルフに伝達するかという機械的インターフェイス（機構）問題となる。

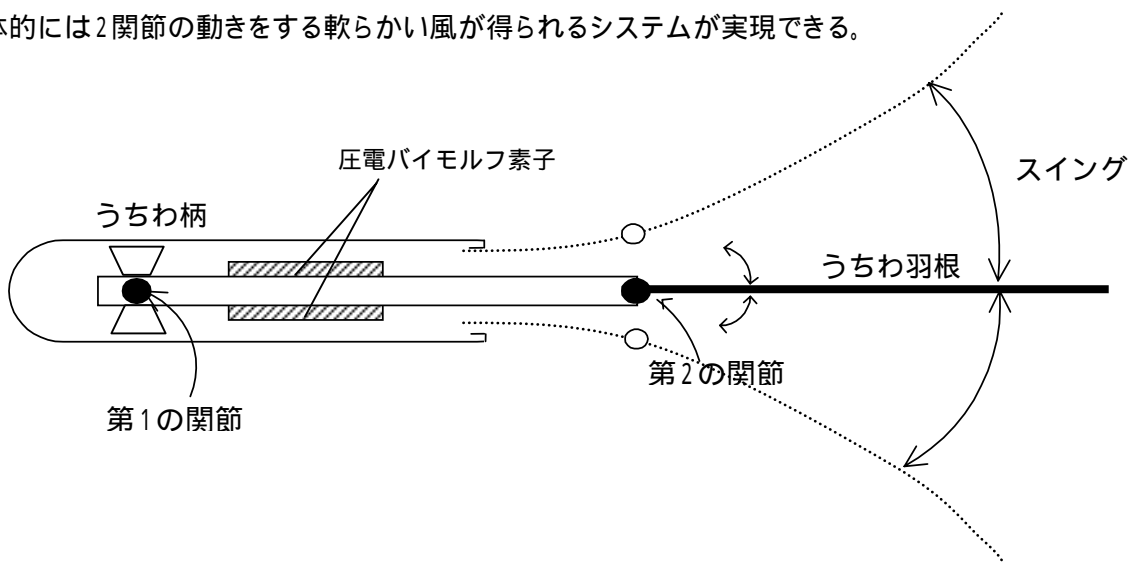
もう一つ考えなくてはならないのは最終的なアプリケーションとの整合である。光のアウトプットをどのタイミングでどの様なインターバルで必要とするかということである。

アプリケーション成功のキーはいつものこの構造インターフェイスが握っているといっても過言ではない。

例えば弊社で開発した“ひかるうちわ”「商品名 宵待蛸」について言えば

- ↓ 主な用途はうちわ本来の風を送る機能である。
- ↓ この風を送る“あおぐ”人力の一部を利用して発電させ優しい光と風の競演を演出したい。
- ↓ 通常のうちわでは風を送るスイングは羽根のたわみに依存する。この関節部分にバイモルフを利用すると本来の風が硬くなってしまふ。

そこで発案したのが柄の中に1つの支点を持たせて柄自身もスイングする構造である。全体的には2関節の動きをする軟らかい風が得られるシステムが実現できる。



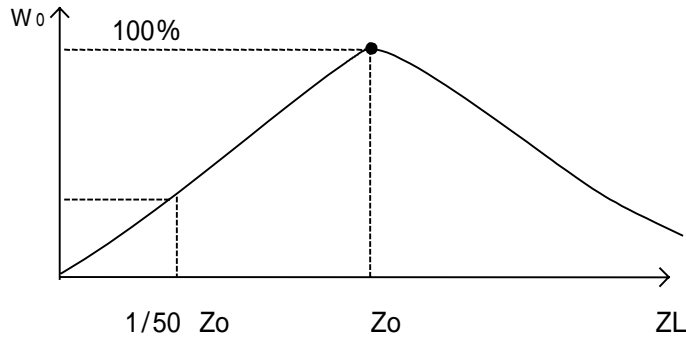
(注)もちろん重要なのはこれだけではない。この様な構造を決定した後、バモルフの強度からみたスイング角度の決定及び発電量に見合うLEDの選択等が重要となる。

(2) $\eta 2$ について

材料定数の電気機械結合定数Kは一種のエネルギー分配比のようなもので、そのまま $\eta 2$ ではない。現状のハード材のKから考えると100%の機械エネルギーが10%の電気エネルギーと90%の機械エネルギーとして分配される。この物体が振動体として見る事が出来るなら次の動作でこの90%の機械エネルギーが、再び電気エネルギーと機械エネルギーに分配される。従ってこの部位を厳密に定義しようとするセラミックスの機械損、電気ジェ-ル熱がその損失となる。

(3) η_3 について

主に出力 Impedance のマッチングで効率が定まる。一般に Bymorph の出力 Impedance は高く (100k と仮定) この出力効率を大幅に悪くする。例えば LED 1 つの等価 Impedance を 2k 程度とすると

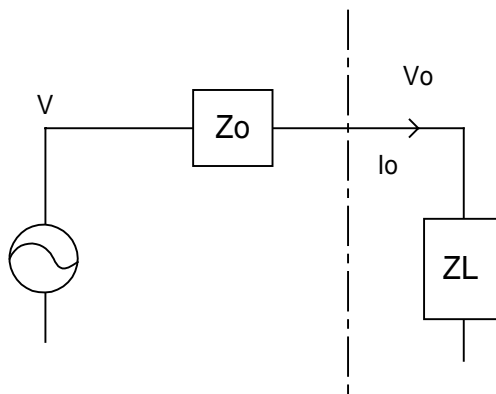


1/50 Z_o のポイントとする効率は 4%程度に落ちる。即ち高効率に出力を取り出すには、直列に複数の LED を点灯するアプリケーションが有利であることを示す。

もちろん $V_F \times n < V$ の条件は必要

$$\left(\begin{array}{l} V_F : \text{LED 順方向電圧} \\ n : \text{LED 直列の段数} \\ V : \text{バイモルフ出力電圧} \end{array} \right)$$

(注) Output Impedance Matching について



Z_o : 出力 Impedance
 Z_L : 負荷 Impedance
 W_o : 出力電力
 注) このモデルは Z_o, Z_L とともに純抵抗として考える

$$I_o = V / (Z_o + Z_L)$$

$$W_o \cong Z_L I_o^2$$

$$= \frac{Z_L V^2}{(Z_o + Z_L)^2}$$

$$Z_L = Z_o \text{ のとき } \quad W_{o1} = \frac{Z_o V^2}{4Z_o^2} = \frac{V^2}{4Z_o}$$

$$Z_L = \frac{Z_o}{50} \text{ のとき } \quad W_{o2} \cong \frac{V^2}{50Z_o}$$

Impedance matching の時 100%効率とすれば 1/50matching の時 8%程度 (1/12) となる

(4) η_4 について

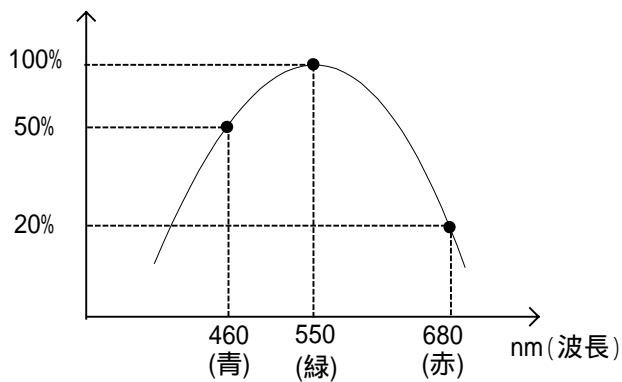
単純な LED 点灯のアプリケーションでは LED 発光材質による発光効率が支配する。
一般的に GaN 系、(青、緑) AlGaIn 系(赤)の効率高い。現状の圧電発電の効率は未だ十分ではないので極力高輝度(超高輝度タイプ)の LED を選択するのが望ましい。

(5) η_5 について

η_5 は Human Interface 効率と呼ぶ種のもので

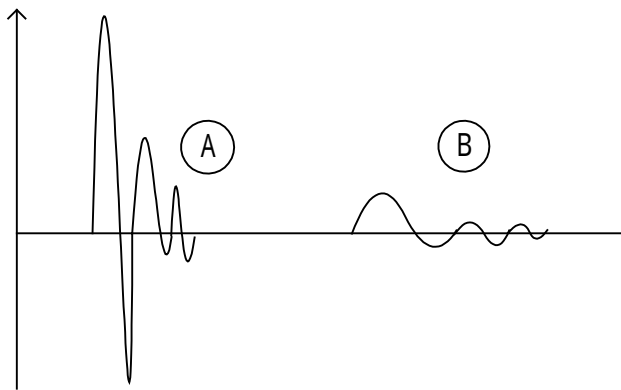
視感度曲線

これは人間の視覚の波長に対する反応感度であり、一般に以下のカーブになる。



この観点では緑の領域が有利である。

発光時間の Human Interface



A または B の光エネルギーのいずれが認識度が高いかとの問題となる。一般には全体のエネルギーを一定とした場合、瞬時的なエネルギー放出 A の方が視覚認識度は高いと言われている。但し B の方が軟らかい光のアプリケーションに向く。