

小論文

PVF₂ バイモルフを用いたディスプレイ

戸田 実*, 大坂 淳*

(1978年6月30日受理)

Display Using PVF₂ Bimorph

M. TODA* and S. OHSAKA*

(Received June 30, 1978)

A flexible and rugged film-type piezoelectric material such as polyvinylidene fluoride (PVF₂) makes possible a new class of electromotional devices, particularly those using the bimorph cantilever principle. Since cantilever deflection amplitudes of these devices are easily visible and accordingly of interest for display applications, various display element characteristics and structures have been studied. The display elements range in size from a fraction of a square centimeter to several tens of square centimeters. Response times are characteristically of the order of ten milliseconds and the required drive voltages range from a few tens of volts to somewhat over a hundred volts.

1. 緒 言

ポリフルオロビニリデン (PVF₂) はセラミックや結晶体と同程度の圧電性を示す高分子材料である。最近 PVF₂ 膜は音響機器等に応用されはじめている。この場合は膜面に垂直に印加した電場により面内の一方向へ伸縮する。われわれはこの微少な振幅の変位をバイモルフ構造を取ることにより 10⁴ 倍程度に拡大しえることを示した。PVF₂ バイモルフはその非常に大きい振幅のためにディスプレイをはじめとし、種々な応用が考えられる。

2. PVF₂ の構造と性質

バイモルフ構造自体はよく知られているが、従来の圧電体であるセラミックや結晶体は薄くて長い形態にすることはその脆性のために困難であるので、従来のバイモルフは大きい先端の変位は得られなかった。他方 PVF₂ は通常の高分子材料のように薄いものが得やすいので大きい先端変位が得られる。

図 1 に示すように 9 μm の厚さの PVF₂ 膜を 2 枚貼り合わせたものが基本構造である。貼り合わせるためのエポキシ層は 1 μm 以下にすることができる。一方の層では分極と電場は平行、他方の層では反平行になるように結線されている。電圧を印加すると一方が縮み他方が伸びるので、一方の端を固定すると他の自由端は曲がりにより変位する。曲率半径 R の逆数と印加電圧との関係をプロットしたのが図 2 である。バイモルフの長さを 2 cm とすると DC 10V の印加により先端は 1.2 mm 変位し、この変位は電圧にはほぼ比例する。電圧を増加させると R⁻¹ の増加の割合は減少し、ついには増加せずに減少しあげる。これは一方の層で分極が反平行の電場のために反転はじめるからである。したがって印加電圧は 400 V 以下に抑える必要がある。

9 μm の厚さの膜は 1,200 pF/cm² の静電容量と 10¹² Ω·cm² の抵抗を持ち、印加パルスによる消費電力はその大部分が、静電容量の充放電によるものである。バイモルフの電圧による変位は温度変化に対しては安定である。-37°C 以下では感度は減少し、-37°C ~ +40°C の範囲ではほぼ平坦、40°C 以上で感度は増大する。周波数特性は DC より機械的共振周波数近くまで平坦で共振点

* RCA 基礎研究所 (194-02 町田市国師町字 4 号)
RCA Research Laboratories, Aza-4, Zushi-machi,
Machida 194-02, Japan

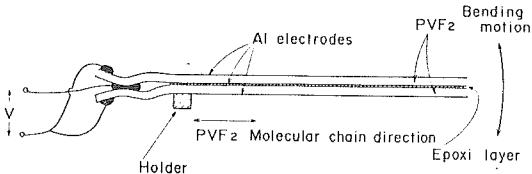


図 1 PVF₂ バイモルフ素子の基本構造
Fig. 1 Basic PVF₂ bimorph device structure.

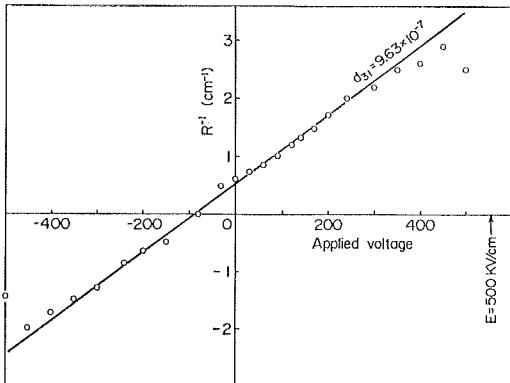


図 2 印加電圧と曲率半径 (バイモルフは 9 μm の PVF₂ 2層よりなる)
Fig. 2 Radius as a function of applied voltage of a bimorph composed of 9 μm-thick PVF₂ layers.

Fig. 2 Radius as a function of applied voltage of a bimorph composed of 9 μm-thick PVF₂ layers.

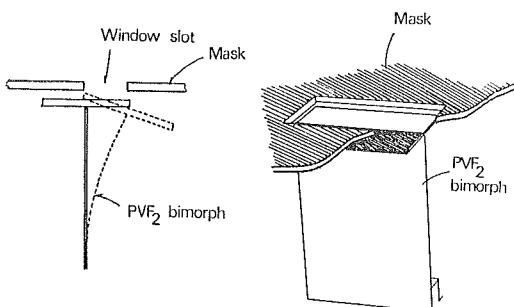


図 3 バイモルフの先端に紙等の軽い物体を付加したディスプレイ素子の構造
Fig. 3 Display element structure using a bimorph with light tip substance such as paper.

にピークがありそれ以上の周波数では振幅が減少する。共振を摩擦等により抑えたとき critical damping の条件での応答時間では共振周波数 ω_0 の逆数に等しい。長さ 2 cm のものに対して共振点は 12 Hz にあり、応答時間は 13 ms になる。 ω_0 は長さの自乗に反比例する。

先端の変位は長さの自乗に比例するので、当然大きい変位を得るため、また大きいディスプレイ素子を得るためにには長さを大きくとる必要が生じる。しかし自重のた

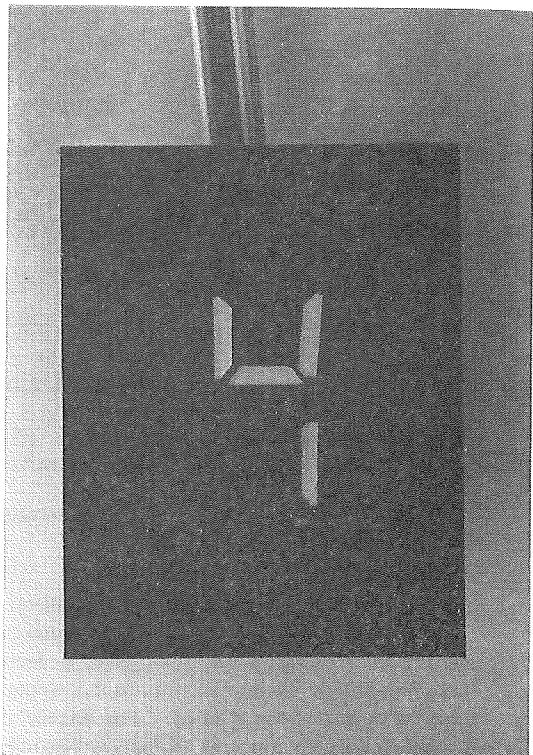


図 4 7セグメントディスプレイの例
Fig. 4 Example of seven-segment display.

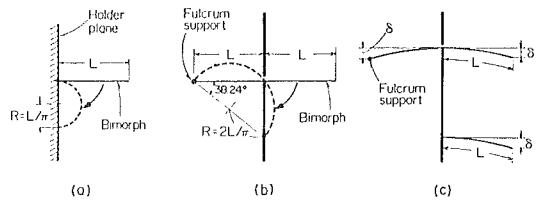


図 5 大きい曲がりと変位を得る原理
(a) 基本的な片持ちバイモルフ
(b) 2点支持構造
(c) 自重による下がりの両者の比較
Fig. 5 Principle of large displacement bending action.
(a) Basic cantilever bimorph.
(b) Double support structure.
(c) Comparison of sag effect for both structures.

めに水平に支持したとき、先端が下がりこれが長さの 4 乗に比例する。この自重による影響を抑えるためには 2 cm 以下の長さにするのがよい。

ディスプレイの構造は種々考えられる。小型のものはバイモルフの先端に紙のような軽い物体をつけてマスク上の開口部を通して見るようになしたものがあり、その基本構成を図 3 に示す。これにより表示した 7 セグメン

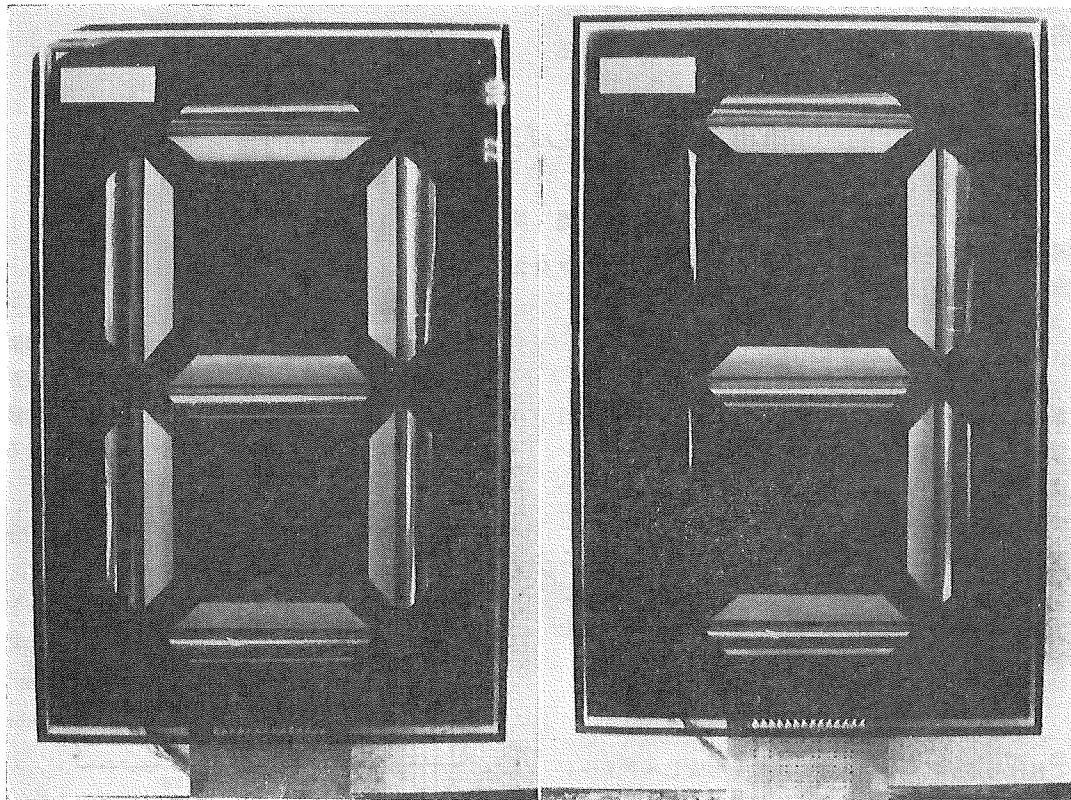


図 6 2点支持構造による大型ディスプレイの例（表示部分は赤であり，“3”の数字の黒い部分にバイモルフの裏側の反射が見える）

Fig. 6 Example of large size display. The displayed segment is red. Glittering lines in dark region of “3” are due to reflection from black painted backside of bimorphs.

トのディスプレイの例を図 4 に示す。このバイモルフの長さは 16mm、幅 10 mm で開口部は $3 \times 15 \text{ mm}^2$ である。動作電圧は 60 V であり、共振周波数 7.5 Hz より求めた応答時間は 21 ms である。

印加電圧を増大させるとバイモルフの先端の変位が大きくなり、ついには支持している平面にまで到達するので、前面よりみると図 5(a)のように側面が見える。表と裏を異なる色にして電圧の極性を切り替えて異なる側面を表示するようにできる。この場合 $L=2 \text{ cm}$ のものに対して約 300 V の電圧が必要である。動作電圧を下げるには L を増加させればよいが、すでに述べたように自重により変形するので好ましくない。しかし図 5(b)に示すように中点を支持すると（中点は接着しない） $L=4 \text{ cm}$ としてもそれほど重力の影響がなく、かつ 150 V の電圧で先端が支持面に接するようになる。重力の影響の少ない理由は(c)を見れば明らかである。この中点支持形のものを 7 個用いた数字表示の例を図 6 に示す。この場合バ

イモルフの倒れる側に紙片を置き、表面に出ている部分が倒れることにより紙片を隠した状態と、他方向に倒れると紙片が現われてバイモルフの側面の表示面積を 2 倍にする。この字の部分の寸法は $16 \times 28 \text{ cm}^2$ で応答時間は実測で 100 ms であった。

さらに変わった構造としては多数のバイモルフを本のよう重ね、電圧により任意の頁を開けることができるものがある。これは長さ 2 cm のものでは動作電圧は 300 V 必要である。

3. 結 言

以上に述べたように種々の形態のディスプレイが可能なことがわかる。PVF₂ は低消費電力、安価な材料費、（または薄い膜状であるのでほとんど材料を使わない）等を考えると大面積の表示に適する。現状では PVF₂ の圧電膜は安価とはいえないが、これは将来大きい需要があれば大幅にコストダウンされると考えられる。