

10. バルク光起電力効果を利用した光制御素子

谷 村 径 夫

【序論】

強誘電性結晶のなかには、光（近紫外光）を照射すると非常に大きな起電圧（ $\sim \text{kV/cm}$ ）を生じる効果を示すものがある。これは、起源的には半導体のP-Nの接合効果によるものではなく、結晶の非中心対称性に由来する不純物準位からの方向性をもった励起遷移が電荷移動の原因であると考えられている。そして、この効果は、物質自身の持つ本質的な効果であることから、バルク光起電力効果と呼ばれている。今回は、バルク光起電力効果における不純物添加効果、入射光偏光方位依存性などの基礎特性について考察し、またその応用としてバルク光起電力効果と二次の電気光学効果を重畳させることによって、光-光制御（近紫外光によって赤色光を制御する）による光変調素子と光偏向素子を試作したので報告したい。

【バルク光起電力効果の基礎研究】

以前の我々の研究により、ペロブスカイト結晶（ $\text{Pb}_{1-x}\text{La}_x$ ）（ $\text{Zr}_y\text{Ti}_{1-y}$ ） $_{1-x/4}\text{O}_3$ 系においては、組成（3/52/48）が最大の光起電力を示すことが知られている。¹⁾ 本研究で、不純物添加効果については、 Nb^{5+} 、 Ta^{5+} 、 W^{6+} などのB位置にドナーとして入る添加物で光起電力が増大することがわかった。（図1）そこで応用の受光素子材料として、最も光起電力の大きなPLZT（3/52/48）+0.5atm% WO_3 なる組成を用いた。

また、このバルク光起電力効果を素子として応用する場合、入射光の偏光方位が重要なパラメータの一つとなると推察されるため、 BaTiO_3 の単結晶、及びセラミックス、あるいはPLZTにおいてバルク光起電力効果の入射光（波長366nm）偏光方位依存性を測定した。偏光依存性は予想外にセラミックス試料においては観測されなかった。（図2）

【光-光変調素子】

図3に示すような光-光変調素子を試作した。受光部とする基板部分は、PLZT（3/52/48）に WO_3 を0.5atm%添加して得られた焼結体（ $0.4 \times 20 \times 20 \text{ mm}^3$ ）を用い、15kV/cmの電圧下でポーリング処理を施した。この基板上に光変調素子としてPLZT（9/65/35）（ $2 \times 2 \times 2 \text{ mm}^3$ ）をはりつけ、2つの表面電極から分極方向が各々逆になるように結線を施した（デュアルビーム法）。この素子の両端に偏光方向を 90° ずらした偏光板を2枚配置し、He-Neレーザーを入射する。このとき、基板部分に水銀光（ 10 mW/cm^2 ）を照射すると、発生した起電圧により偏光面が回転し、ちょうど半波長電圧（約450V）に達したとき、最大透過光が得られる。図4に測定例を示す。

【光-光偏向素子】

光-光偏向素子は前述の光変調素子と同一の基板を用い、PLZT（9/65/35）で作製した、頂角 30° 、厚さ0.7mmの三角プリズムを光偏向素子として用いている。（図5）このプリズムに電圧印加方向に偏光させたHe-Neレーザー光を入射させる。基板部分に水銀光を照射すると、発生した起電圧によりプリズムの屈折率が

$$\Delta n = -\frac{1}{2} n_o^3 R_{33} E^2$$

だけ変化する。図6のように今回の測定では、3分間で約 0.6° 程の偏向角が得られた。

【結論】

紫外光（366nm）で赤色光（633nm）を制御することのできる変調素子と偏向素子を試作することができた。まだ、応答性の面で、光-光変調素子では数秒の、光-光偏向素子では数分の遅れがある。応答性の改善が今後の課題である。素子の薄膜化により（赤色光用の）導波路を構成することができれば、応答性の向上を図ることができ、また（紫色光用の）光ファイバーとの組合せで駆動面の改善が期待される。

【参考文献】

- 1) K. Uchino, M. Aizawa and Late S. Nomura: Ferroelectrics 64, 199(1985)

【本研究の発表論文】

- 1) M. Tanimura and K. Uchino: Sensors and Materials 1, 47(1988)
- 2) M. Tanimura, K. Uchino and K. Hikita: Jpn. J. Appl. Phys. Suppl. 28-2 170 (1989)

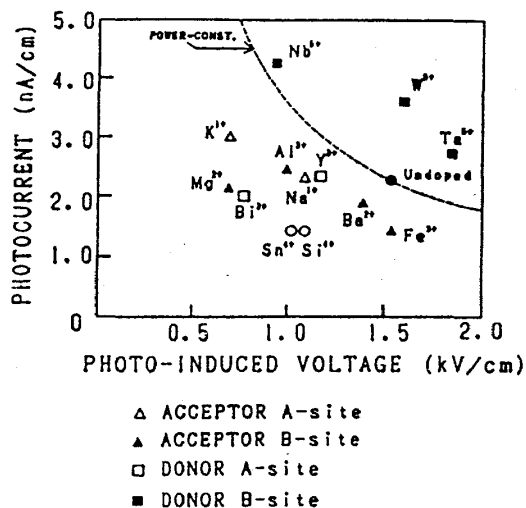


図1 PLZT(3/52/48)における
光起電力効果の不純物添加効果

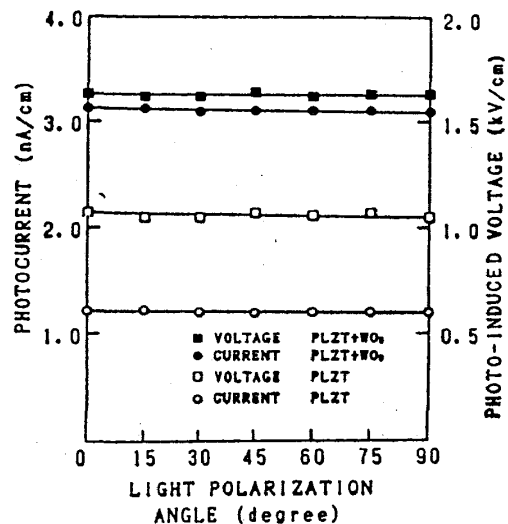


図2 PLZTにおけるバルク光起電力効果の
入射光偏光方位依存性

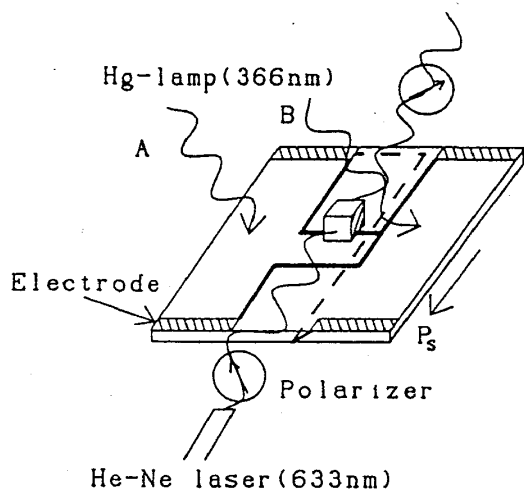


図3 光-光変調素子の構造

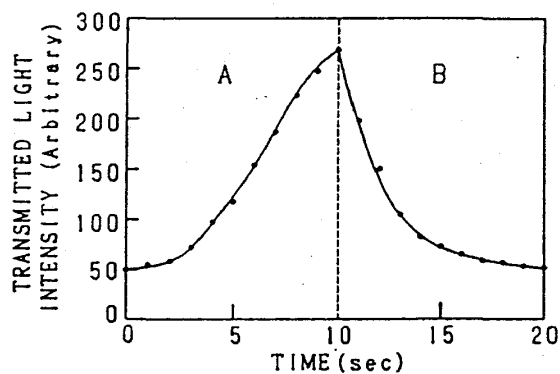


図4 光-光変調素子の応答性の測定例

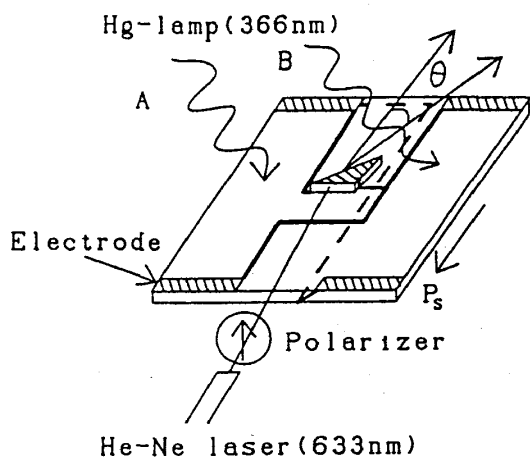


図5 光-光偏向素子の構造

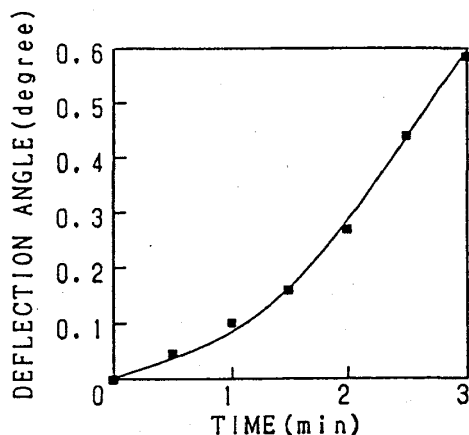


図6 光-光偏向素子の応答性の測定例