

## أسلوب جديد في استخدام تقنية التضمين الكهروضوئي الخطي المستعرض (Pockels effect) لنقل الصوت

عبد المهدي طالب رحمة الله    حمد رحيم العزاوي    شذى شمعون بطرس

قسم الفيزياء-كلية العلوم-جامعة بغداد. بغداد-العراق

### الخلاصة:

يهدف البحث إلى تصميم وبناء منظومة كهر وضوئية معتمدة على التأثير الكهروضوئي المستعرض (Pockels effect) لنقل إشارة صوتية وذلك باستخدام بلورة نيوبايد الليثيوم  $\text{LiNbO}_3$  كمضمن كهروضوئي وبأسلوب جديد غير مطروق سابقاً، ودراسة ميكانيكية عمل الدوائر الإلكترونية وتحليل الإشارات المستحصلة.

### ABSTRACT:

The design and construction of an optical communication system was carried out using a transverse opto-electronic effect (Pockels effect) to transfer an acoustic signal using  $\text{LiNbO}_3$  crystal as an opto-electronic modulator in a new method and studying the mechanism of the electronic circuits then analyzing the resulted signal.

### المقدمة:

فهو التأثير الكهروضوئي الخطي المستعرض (Transverse Pockels effect) هنا يكون اتجاه انتشار الضوء الداخل إلى البلورة عمودي على اتجاه المجال الكهربائي المسلط عليها<sup>[3]</sup>.

استخدمت في هذا البحث بلورة نيوبايد الليثيوم في منظومة التضمين وتعتبر مادة كهر وضوئية متميزة حيث أن المعامل اللاخطي (non linear coefficient) للبلورة عالي وتمتلك استقرارية ميكانيكية وكيميائية جيدة<sup>[4]</sup>. بالإضافة إلى تحملها للشدة العالية لشعاع الليزر وبقاءها محافظة على تجانسها وعدم تغير معامل الانكسار لها عند تسليط الفلطيات عالية لغرض تشغيلها<sup>[5]</sup> كذلك تمتلك هذه البلورة امتصاصية واطئة في مناطق الطيف تحت الحمراء القريبة أي إنها تسمح لمعدلات عالية من القدرة من النفاذ خلالها وهذا يشمل المنطقة المرئية وتحت

تعد أنظمة الاتصالات الضوئية المعتمدة على التأثير الكهروضوئي الخطي من التقنيات المهمة في مجال الاتصالات الضوئية وذلك لميزاتها المتمثلة بصغر حجم المنظومات والمديات الواسعة للترددات التي يمكن نقل المعلومات من خلالها إضافة إلى مقاومتها لظروف التشويش الحاصل من جراء عملية الإرسال والاستلام.

يعرف التأثير الكهروضوئي الخطي بتأثير بوكلس (Pockels effect) وهو يصف الاختلاف في معامل انكسار الوسط البصري تحت تأثير مجال كهربائي خارجي مسلط<sup>[1,2]</sup>. ويصنف هذا التأثير إلى نوعين هما التأثير الكهروضوئي الخطي الطولي (Longitudinal Pockels effect) في هذا النوع يكون اتجاه انتشار الضوء الداخل موازي إلى اتجاه المجال الكهربائي المسلط على البلورة، أما النوع الثاني

الكاشف إلى دائرة معالجة الصوت ثم سماعة خاصة. واستخدمت الدوائر التالية في تشغيل الخلية:

#### أولاً: دائرة القذح :

تم بناء دائرة قذح والموضحة بالشكل (2) حيث تعمل الدائرة بالشكل الآتي. أن إدخال الإشارة إلى المنظومة يتم عبر المقاومة التي قيمتها  $K\Omega$  حيث تدخل الإشارة على قاعدة الترانزيستور نوع BC 440 ثم عبر الملف الابتدائي للمحولة PT-4 Trigger ذات نسبة التحويل 1:1 حيث تتولد نبضة كهربية في الملف الثانوي تسلط على بوابة التايرستور نوع 2N4202. واستخدم صمام ثنائي (دايود) نوع زنر لتحديد قيمة الفولطية للنبضة الداخلة على بوابة التايرستور، نبضة الفولطية الواصلة إلى بوابة التايرستور هي بحدود 4.7 volt وتجهز المحولة بفولطية مقدارها 12 volt.

#### ثانياً: دائرة تجهيز فولطية الجهد العالي:

لغرض تجهيز الخلية بفولطية متناوبة AC مناسبة، ربط خرج جهاز القدرة DC Power supply إلى مقاومة ( $1K\Omega$ ) وعلى التوالي مع متسعة قيمتها  $0.22\mu f$  ومنها إلى الملف الابتدائي لمحولة رافعة ذات معامل تحويل 1:40، يتم تحديد قيمة الفولطية الداخلة إلى المحولة عن طريق جهاز القدرة (40Volt)، وإشارة القذح المسلطة على بوابة التايرستور، واستخدم متحسس للفولطية العالية نوع (Tektronix p6137) ذو معامل تحويل 1:1000 وجهاز راسمة التذبذبات (Oscilloscope) نوع (Tektronix TDS 200 Series) موديل (071-0398-03)، لتحديد مقدار وشكل الإشارة عند خرج الدائرة.

عندما لا تكون هناك إشارة داخلة على بوابة التايرستور تبدأ المتسعة بالشحن بالفولطية المناسبة المحددة من جهاز القدرة المستمر، عندما تكون هناك نبضة قذح على بوابة التايرستور فإن المتسعة سوف تفرغ شحنتها في الملف الابتدائي للمحولة فيتولد جهد عالي في الملف الثانوي وبالتالي نحصل

الحمراء القريبة ( $3500-700\mu m$ )<sup>6, 17</sup>. كذلك فإن فولطية التشغيل لها عند الطول الموجي ( $1.06\mu m$ ) هي 1.6 كيلو فولط مقارنة ببلورة KD\*P التي تحتاج إلى 6.5 كيلو فولط<sup>18</sup>. ويمكن استخدامها لتضمين مدى واسع من الترددات وهذا يحدده العامل الكهروضوئي للبلورة. وهذه البلورة غير متميعة لذا فهي لا تحتاج إلى حاوية مغلقة لحفظها من المتغيرات الخارجية<sup>19</sup>.

#### العمل:

الشكل (1) مخطط يوضح أجزاء المنظومة المستخدمة، حيث استخدم مصدر ليزري شبه موصل (GaAs) نوع (DLN-810-1) كمصدر حامل للمعلومات يعمل عند الطول الموجي ( $0.810\mu m$ ) وبقدرة 1 watt.

واستخدمت بلورة نيوبايد الليثيوم  $LiNbO_3$  ذات لأبعاد التالية طول (22mm)، عرض (8mm)، ارتفاع (8mm) و ثابت كهروضوئي ( $8.6 \times 10^{-6} \mu m/V$ ) ومعامل انكسار اعتيادي  $n_o$  (2.257) ومعامل انكسار استثنائي  $n_e$  (2.174)<sup>110</sup> كمضمن كهروضوئي خطي لتضمين الإشارة الصوتية الداخلة من مصدر للإشارة الصوتية، بالأسلوب المستعرض حيث فولطية نصف الموجة عند الطول الموجي  $0.810\mu m$  هي 1320 volt، واستخدم كاشف نوع PIN (302H61)، سيليكوني واطى الضوضاء ذو استجابة سريعة وزمن نهوض 35 nsec واستجابة طيفية ( $0.35-1.15 \mu m$ )، واستجابة العظمى ( $0.55 A/W$ ) عند ذروة الطول الموجي ( $0.95\mu m$ )، وكشفية  $D^*$  تساوي 2  $10^{12} cm.Hz^{1/2}.W^{-1}$  ومساحة فعالة للكاشف هي ( $2 \times 3 mm$ ) وتيار ظلام (5nA). الإشارة المستلمة من قبل الكاشف تتحول من تيار إلى فولطية، وعند استلام الصوت تحول الإشارة من

الترانزستور ومن ثم عبر أجزاء دائرة القدح إلى دائرة الفولطية العالية هو الأسلوب الجديد الذي تم اعتماده في هذا العمل.

في الوقت نفسه فان أشعة الليزر تمر عبر المستقطب الذي يعمل على تحويل الضوء من ضوء غير مستقطب إلى ضوء مستقطب خطياً، إذ يسقط الضوء على وجه الخلية وهنا توجد حالتين:-

الأولى عندما يكون هنالك فولطية عالية ومساوية إلى فولطية النصف للخلية وبهذا فان ضوء الليزر المار عبر الخلية سوف يدور مستوى استقطابه بمقدار ( $90^\circ$ ) ويسقط على المحلل بعد خروجه من الخلية، ولكون المحلل والمستقطب وضعا بحيث إن مستوى الاستقطاب لهما يصنع زاوية مقدارها ( $90^\circ$ ) فان الضوء سوف ينفذ من المحلل ويصل إلى الكاشف.

أما الحالة الثانية عندما لا توجد فولطية على أقطاب الخلية فان الضوء المار عبر الخلية سوف يمر دون تغيير في مستوى الاستقطاب وعند خروجه من الخلية سوف يمنع من الوصول إلى الكاشف عن طريق المحلل. العملية سوف تتوالى اعتماداً على الطريقة التي تتوالى بها النبضات الخارجة من الترانزستور والواصلة إلى بوابة التأثيرستور.

الإشارة المستلمة من قبل الكاشف والموضحة بالشكلين (7b)، (8) يتم تضخيمها وفكها عن طريق دوائر إلكترونية (كارت صوت) وتحويلها إلى صوت مرة ثانية ثم سماعها عن طريق سماعة.

#### الاستنتاجات:

1. إمكانية تضمين الإشارة الصوتية باستخدام خلية بوكلس وبالأبعاد المذكورة وبطريقة التضمين المستعرض. ومنظومة مشابهة لمنظومة مفتاح

على الفولطية المطلوبة، الشكل (3) يبين مخطط لدائرة الجهد العالي، حيث يسلط هذا الجهد على طرفي الخلية عن طريق التوصيلات المربوطة بالأقطاب، والشكل (4) يبين مخطط لدائرة تشغيل خلية بوكلس.

#### النتائج والمناقشة:

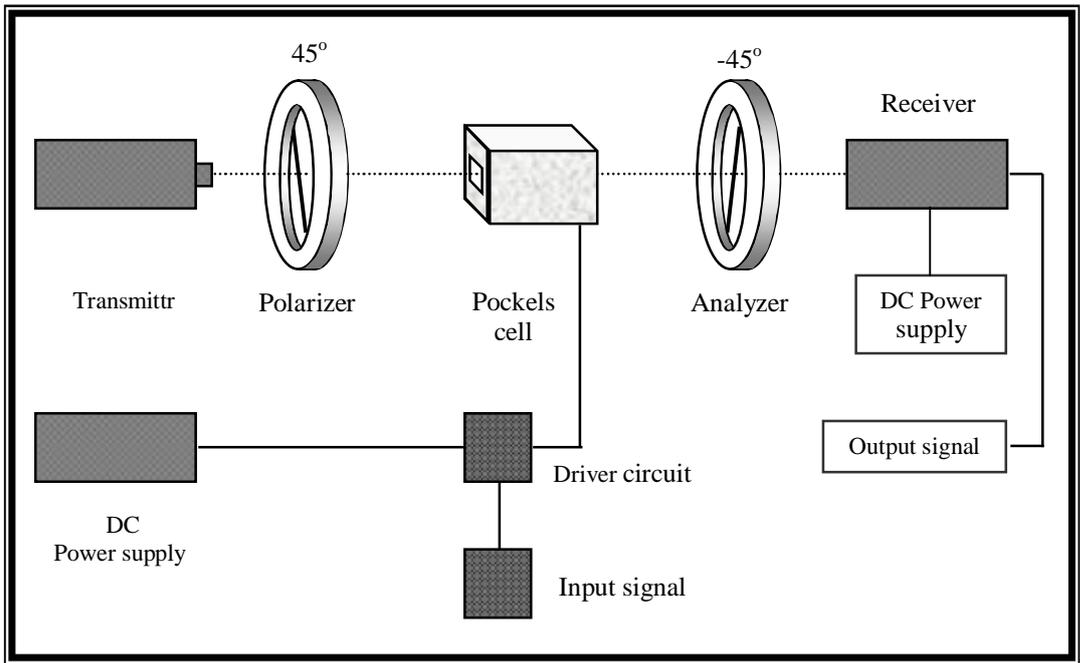
تم اختبار قدرة الخلية على نقل الإشارة الصوتية الموضحة بالشكل (5a) وتحميلها على حزمة الليزر وذلك عن طريق الدائرة الإلكترونية التي يتم فيها تحويل الصوت إلى إشارة كهربائية مضخمة، هذه الإشارة يتم إدخالها إلى المنظومة عن طريق قاعدة الترانزستور. يعمل الترانزستور على تحويل الإشارة الداخلة إلى نبضات حيث لا يسمح لجزء الإشارة الذي تقل فولطيته عن (0.2 volt) من المرور الشكل (5b)، هذه النبضات تدخل إلى المحولة 1:1 ومن ثم إلى قاعدة التأثيرستور أي إلى دائرة الفولطية العالية حيث يتم تجهيزها بفولطية مستمرة (40volt). ومن ملاحظة الدوائر يتضح أنها مطابقة تماماً للدوائر المستخدمة في تشغيل خلية بوكلس عند استخدامها كمفتاح لعامل النوعية Q-switching في الليزرزات النبضية ذات القدرة العالية.

عندما تطبق إشارة على بوابة التأثيرستور الشكل (6a) فان المتسعة سوف تفرغ شحنتها في الملف الابتدائي للمحولة الرافعة وبالتالي يتم الحصول على الفولطية المطلوبة لعمل الخلية، الشكل (6b) يوضح الفولطيات المطبقة على الملف الابتدائي للمحولة الرافعة.

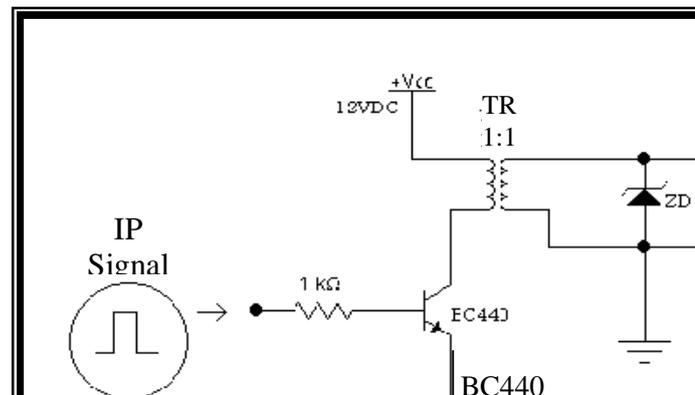
إن زمن بقاء الفولطية على الخلية وطريقة توالي النبضات يعتمد على الإشارة المطبقة على قاعدة الترانزستور والتي تكون محملة بالمعلومات المطلوب نقلها. أن امرار الإشارة الصوتية على

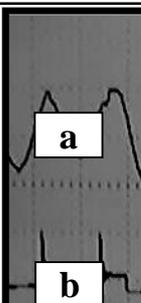
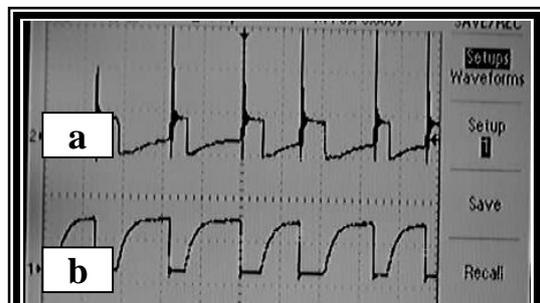
2. المنظومة المستخدمة يمكن أن تقاوم التشويش باستخدام نبضات ذات التيار العالي والفولطية العالية لذا فاستخدامها مفيد في الكثير من التطبيقات في الاتصالات.

عامل النوعية حيث يتم إدخال الإشارة عن طريق دائرة القذح.



الشكل (1) رسم تخطيطي لأجزاء منظومة نقل الصوت





**REFERENCES:**

- [1] H. Zajac, "Optics", Addison Wesley publishing company, 1974. p.290.
- [2] W. Koshak , R. Solakiewicz, "Electro-optic lightning detector", Appl. Opt, vol. 28, No. 21, 1999, p. 4623.
- [3] J. R. Mackey, L. K Das, S. L Anna and G. H. McKinley, "A compact dual-
- [4] crystal modulated birefringence-measurement system for microgravity applications", Sci. Technol. vol. 10, (1999), p. 946.
- [5] R. Goldstein, "Electro-optic Devices in Review", Laser & Applications, April, 1986.
- [6] S. C. Hutchins, "Electro-optical Beam Observation" CTF Tech. Note 2000-06, Beam measurements, March, 2000, p3.

- [7] D. Arivuoli, "Fundamental of nonlinear optical materials", *Pramana Journal of physics*, vol. 57, No. 5, 2001, p. 883.
- [8] L. R. Dalton, "Polymeric electro-optic materials: optimization of electro-optic activity, minimization of optical loss, and fine-tuning of device performance" *Optical Engineering*, vol. 39, No. 3, 2000, p. 589.
- [9] S. Brook, *LASERMETRICS "Users Guide for KD\*P & Lithium Niobate Q-Switching and Modulators, for Q-switching, chopping & Pulse extraction"*, Fast Pulse Technology, Inc, 1993, p4.
- [10] 9- W. Koechner, "Solid-state Laser Engineering", Springer-Verlag New York Inc, 1976.p 506.
- [11] 10- Y. H. Shen, Xu. H. Zeng, "Measurement of refractive indices and thermal refractive-index coefficients of LiNbO<sub>3</sub> crystal doped with 5% mole MgO", *Appl. Opt.*, vol. 31, No7, 1992, p. 6695.