

دراسة تصميمية لمستقبل ليزر CO₂ (10.6 μm)

رفاه عبد الهادي الجعفري* علي هادي عبد المنعم** تسنيم حسن محمود*

استلام البحث 20، كانون الاول، 2012

قبول النشر 11، اذار، 2014

الخلاصة:

في هذا البحث تم تصميم ودراسة مستقبل (Receiver) ليزر CO₂ ذي الطول الموجي (10.6 μm)، عند درجة حرارة المختبر، ولتقويم كفاءة الاداء ومناقشته استعملت الرزمة التصميمية البصرية (ZEMAX) ومن خلال بعض مخرجاته مثل قياس البقعة المضيئة تم الحصول على RMS، ومخطط الاشعة Ray Fan Plot ومنه وجدنا مقدار الزيوغ الموجود هو الخطأ الطبيعي لأفضل بؤرة المسمى (تحت التصحيح)، ومخطط تجمع الطاقة الهندسي (Geometric Encircled Energy) في البقعة المضيئة ومنه نجد ان نصف قطر البقعة المضيئة عند 80% من الطاقة الكلية، ومقدار الازاحة البؤرية Focal Shift. اذ تم الحصول على منظومة صغيرة و ذات كفاءة عالية وقليلة الكلفة.

الكلمات المفتاحية: انواع التلسكوبات، Telescope, Reserve

المقدمة:

مكوك الفضاء الأمريكي دسكفري ولهذا الحدث تطبيقات سلمية وعسكرية متعددة. و وصلت تقنية تصميم منظومات الإرسال والاستقبال مراحل النضج وتطوير التقنية باتجاه الحجم الصغير والتكلفة المعتدلة. تتكون منظومات الإستقبال الليزرية على نحو عام من أجزاء هي كالآتي:

1- التلسكوب البصري: الخاص بتجميع الأشعة المنعكسة من الهدف بغية إسقاطها على الكاشف البصري.

2- الكاشف البصري.

1- (التلسكوب البصري)

إن مبدأ عمل التلسكوب البصري تجميع الأشعة وتركيزها ضمن مساحة ضيقة هي مساحة الكاشف. يستخدم عادة نظام المرايا والعدسات، لتركيب الشعاع الساقط على الكاشف الضوئي. وفي حالة استعمال العدسات، فهناك تصاميم عديدة منها بسيط باستعمال عدسة شبيئية منفردة تستخدم لتجميع الأشعة على الكاشف، أو باستعمال عدسة شبيئية مع مرشح، أو باستعمال مجموعة من العدسات الشبيئية لتجميع الأشعة من خلال صفيحة مثقوبة على عدسات الكاشف (مجموعة من العدسات) [7]

إن من النقاط المهمة التي يجب أن تؤخذ بنظر الاعتبار عند تصميم جهاز الاستقبال هو مجال الرؤية (Field of View) وقطر فتحة الدخول لنظام الكشف المباشر. يحدد مجال رؤية المستقبل على أساس قطر الكاشف (d) والبعد البؤري (f) للنظام البصري ويعطى بالعلاقة الآتية:

$$(F.O.V.)_d = d / f \quad \dots (1)$$

إن تصميم اجهزة بصرية ذات كفاءة عالية هو الهدف النهائي في البصريات الهندسية اذ اهتم الكثير من العلماء والباحثين في مجال البصريات بإيجاد وتطوير الأجهزة والمنظومات ككل. أما كتقنية للأشعة تحت الحمراء فقد ولدت في أثناء المدة بين الحربين العالميتين الأولى والثانية وظهرت أول منظومة استقبال للأشعة IR في حوالي عام 1930 [1]. وقد طورت العديد من برامج الاستقبال في المدة بين الاعوام 1940 و 1945 لإنتاج منظومات حرارية [2, 3]. و يتمكن باتيل ومجموعته في العام 1964 من توليد أشعة ليزر ثنائي اوكسيد الكربون المستمر بطول موجي 10.6μm، بدأ استعمال ليزر ثاني اوكسيد الكربون في أنظمة الإرسال والاستقبال تجريبيا منذ عام 1969 ميلادي لكفائته كباعث واعطائه موجات مضمنة واسعة [4]. يعد ليزر ثنائي اوكسيد الكربون واحد من أكثر أنواع الليزر ذات الاستعمالات الواسعة عسكريا وطبيا وصناعيا، ويعطي إشعاع تحت الأحمر ذا طول موجي (10.6) مايكرومتر، ويعتبر من أكفأ ليزرات الغاز على الإطلاق، ومن أكفأ ليزرات التي تعمل بشكل مستمر وذا خرج ليزري يصل إلى عدة آلاف من الواطات [5]. و في حقبة الثمانينيات قامت فيزياء الأشعة تحت الحمراء بالكشف عن مدى واسع من التطبيقات الفيزيائية في الفضاء، إذ ان من الممكن بناء منظومة الأشعة تحت الحمراء لتزويد علماء الفلك بمعلومات أو بيانات عن السماء عند أطوال موجية للأشعة تحت الحمراء [6]، فقد تم في عام 1985 تسلّم (منظومة استقبال) نبضة ليزر من محطة أرضية بعد انعكاسها عن المرآة مثبتة في

*كلية العلوم للبنات - قسم الفيزياء

**الجامعة التكنولوجية - مدير وحدة بحوث الطاقة

الأشعة الساقطة إلى كمية فيزيائية يمكن قياسها اعتماداً على طبيعة الأشعة الساقطة. يستخدم عادة في منظومات الليزر كاشف ضوئي واحد أو مجموعة كواشف .

(الجانب العملي والقياسات) : تصميم مستقبل الحزمة الليزرية ($10.6 \mu\text{m}$)

قبل البدء بالعملية التصميمية أو تحليل النتائج تم إدخال البيانات الأساسية للتصميم هي:

1- فتحة دخول الأشعة Aperture Value وقيمتها 25 ملليمتر.

2- الطول الموجي Wavelength اذا استخدم ليزر ثاني اوكسيد الكربون ذي الطول

$10.6 \mu\text{m}$

3- مجال الرؤية Field of View اذا كانت زاوية مجال الرؤية صفر درجة للمنظومة الرئيسية

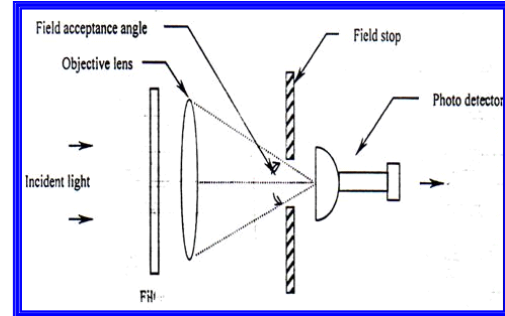
4- نوع الزجاج المستخدم

(GERMANIUM)Glass

5- نوع السطح Surface Type ونوعه Standard. كما في الجدول (1)، و بوساطة

الحزمة البصرية (ZEMAX) سنعرض المخرجات وناقشها، لاختبار عمل المنظومة.

أي من خلال النسبة ما بين قطر الكاشف إلى البعد البؤري لعدسة المستلم ويمكن تحديد مجال الرؤية باستعمال مرشح إيقاف Field stop filter وكما مبين في الشكل الآتي :



شكل (1) ترتيب اجزاء المستقبلة الليزرية واستعمال مرشح الايقاف

مبدئياً إن اختيار حجم فتحة المستلم لنظام الكشف المباشر لا يتأثر باختيار مجال الرؤية (F.O.V.) أي انه لا يوجد تحديد لمفهوم زيادة القدرة المستلمة بزيادة فتحة الدخول لتغطي كامل الكاشف الضوئي. الكواشف (Detectors) (الكاشف البصري) : تعرف الكواشف على إنها أجهزة تعمل على تحويل

جدول (1) المدخلات النهائية لمحرر بيانات العدسة

Surf: Type	Radius	Thickness	Glass	Semi-Diameter
OBJ	Standard	Infinity		0.000000
STO	Standard	100.692534 V	GERMANIUM	12.500000
2	Standard	146.977891 V	M	12.150979
IMA	Standard	Infinity		0.027253

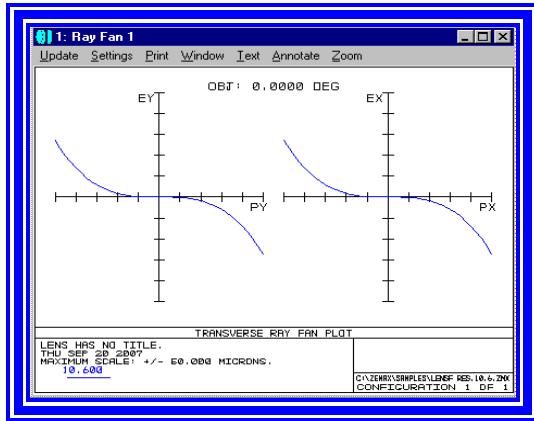
النتائج والمناقشة:

خلال دراسة مخططات التحليل والتصميم تم إكمال العملية التصميمية للحصول على التصميم الأمثل نستعمل إيعاز (Optimization) .

و للتعرف على طرق تقييم المنظومة البصرية ندرس بعض مخرجات التقييم حيث يمكن التعرف على نوع الزيغ المرافق للتصميم البصري من

جدول (2) المخرجات النهائية محرر بيانات العدسات لمنظومة استقبال ليزر 10.6 مايكرومتر بدرجة حرارة

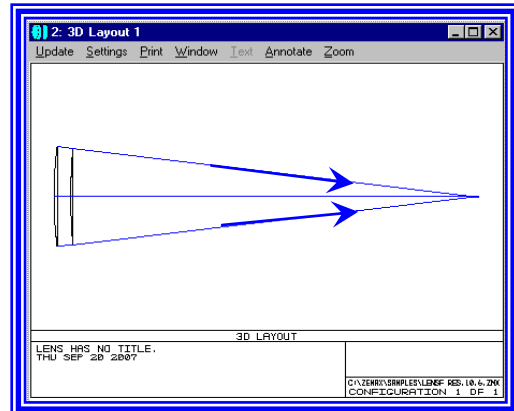
Surf: Type	Radius	Thickness	Glass	Semi-Diameter
OBJ	Standard	Infinity		0.000000
STO	Standard	100.692534 V	GERMANIUM	12.500000
2	Standard	146.977891 V	M	12.150979
IMA	Standard	Infinity		0.027253



شكل (4) مخطط الاشعة للمنظومة استقبال بدرجة حرارة المختبر

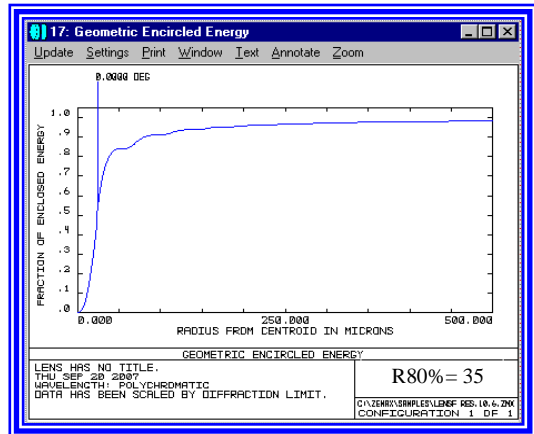
يشير الشكل (4) الى احد انواع الزيوغ الكروي الذي سمي تحت التصحيح لانه يمثل الخطأ الطبيعي لعدسة محدبة كروية

بالاضافة الى الملاحظات اعلاه نلاحظ استعمال عدسة واحدة مفردة من مادة الجرمانيوم. اما باقي المخرجات ستكون كالآتي :-



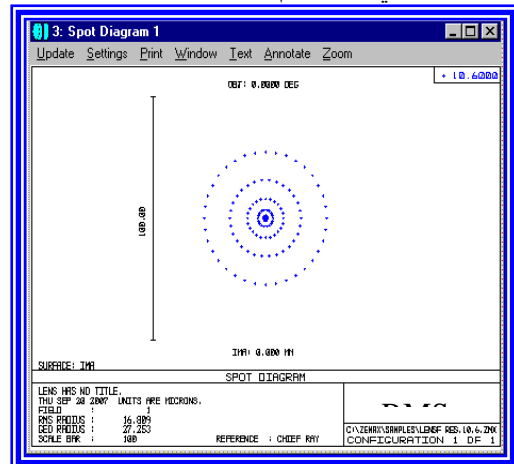
شكل (2) منظومة الاستقبال بدرجة حرارة المختبر

حيث نلاحظ من الشكل السابق انه يوضح العدسة و كيفية تجمع الاشعة الخارجة في بؤرة معينة للطول الموجي المستخدم.



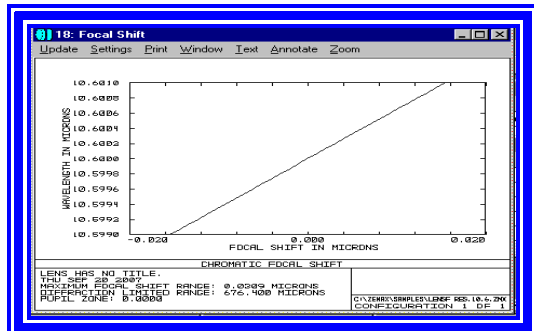
شكل (5) مقدار الطاقة المتجمعة لمنظومة الاستقبال

من الشكل (5) ان مقدار نصف قطر البقعة المضيئة عند 80% من الطاقة الكلية (35) مايكرومتر .



شكل (3) حجم البقعة المضيئة للمنظومة استقبال (تركيز) ليزر 10.6 مايكرومتر بدرجة حرارة المختبر

نلاحظ من الشكل (3) ان حجم البقعة المضيئة 16.809 مايكرومتر



شكل (6) الانحراف البؤري لمنظومة الاستقبال بدرجة حرارة المختبر

من الشكل (6) نجد ان مقدار الانحراف البؤري 0.0309 مايكرومتر.

مقدار الازاحة البؤرية (الانحراف البؤري) Focal Shift ($0.0309 \mu\text{m}$). نلاحظ ذلك من الشكل(6).

المصادر:

- [1] J.M. Lloyd, (1975) "Thermal Imaging Systems" Plenum Press, New York.
- [2] A. Al-Dergasely, 2000, "Computer Aided Thermal Imaging Technique for Detection of Hidden Objects", M.Sc. Thesis, Al-Nahrain University, College of Engineering.
- [3] R.D. Hudson, 1969 "Infrared System Engineering", John Wiley and Sons.
- [4] Jacobs S. F. 1988, Optical(heterodyne) detection, Am. J. Phys. Vol.65, No. 3, March 1988.
- [5] Jeff Hecht 1992, "The Laser Guide Book", 2nd Edition, McGraw-Hill, Ch.15, P.241-245.
- [6] Lee T.J. 1985 "A Camera for Infrared Astronomy and its Performance on the 3.8M UKIR Telescope", Infrared Phys., Vol.29, No.2-4, P.175-184.
- [7] Smith W. J. 1966. "Modern Optical Engineering", McGraw-Hill Book, third edition, New York, 603.

الاستنتاج:

من النتائج المتميزة التي تم الحصول عليها في هذا المجال يمكن استنتاج الآتي:

من خلال النتائج اعلاه يتضح ان التصميم قد حقق متطلبات المصمم اذ ان، صغر المنظومة المصمم اذ تتكون من عدسة مفردة واحدة كما يوضحه الشكل(1)، قياس البقعة المضيئة RMS المتكونة على الكاشف ($16.809 \mu\text{m}$) كما يوضح الشكل(2)، ان المنظومة مصحح من الزيوغ، وان مقدار الزيوغ الموجود هو الخطأ الطبيعي لأفضل بؤرة المسمى (تحت التصحيح). كما في الشكل(3)، مخطط الطاقة والذي من خلاله نجد ان مقدار الطاقة المتجمعة Geometric Encircled Energy في البقعة المضيئة جيد، ان مقدار الطاقة المتجمعة يحسب من نصف قطر البقعة المضيئة عند 80% من الطاقة الكلية R80%، كان مقدار R80% هو ($35 \mu\text{m}$) كما يوضحه الشكل(4)، و مقدار الازاحة البؤرية (الانحراف البؤري Focal Shift ($0.0309 \mu\text{m}$) وكما نلاحظ ذلك من الشكل(5).

- 1- ان قياس البقعة المضيئة RMS المتكونة على الكاشف ($16.809 \mu\text{m}$) كما يوضح الشكل(3).
- 2- ان المنظومة مصحح من الزيوغ، وان مقدار الزيوغ الموجود هو الخطأ الطبيعي لأفضل بؤرة المسمى (تحت التصحيح). كما في الشكل(4)
- 3- مخطط الطاقة والذي من خلاله نجد ان مقدار الطاقة المتجمعة Accumulated Energy في البقعة المضيئة جيد، ان مقدار الطاقة المتجمعة يحسب من نصف قطر البقعة المضيئة عند 80% من الطاقة الكلية R80%، كان مقدار R80% هو ($35 \mu\text{m}$) كما يوضحه الشكل(5).

Design study for Reserve of laser CO₂(10.6 μm)

Tasneem H. Al-Azawi* Ali H. Al-Hamdani** Rafah A. Al-Jaafari*

*University of Baghdad, College of Sciences of Women, Physics Department.

**University of technology, laser & Optoelectronics Engineering Department

Abstract:

In this paper, the CO₂ laser receiver system is designed and studied, with wavelength laser 10.6 μm in room temperature, and to evaluate the performance and discussion it via the package of optical design (ZEMAX), from its output the Spot Diagram is measured through RMS, and from the Ray fan plot, the aberrations is found which is the normal error for the best focus named (under corrected), the other output was the Geometric Encircled Energy in the spot diagram. and found that the radius of spot diagram at 80% (R_{80%}) from the total energy, and focal shift. The designed system have high efficiency and low cost.