مجلة علوم ذي قار العدد (٣) المجلد ١ كانون الثاني/٢٠٠٩

الترقيم الدولي ٨٦٩٠ - ١٩٩١ ISSN 1991- 8690

Website: http://jsci.utq.edu.iq Email:utjsci@utq.edu.iq

محاكاة صفة الاتجاهية لليزر الياقوت

أنسام جميل طالب رسول رمضان عتاب أزهار خضر جابر

قسم الفيزياء – كلية العلوم – جامعة ذي قار

الخلاصة

في هذا البحث تم محاكاة تصاميم مفترضة لمرنان ليزر الياقوت وذلك من خلال حساب نصف قطر حزمة الليزر عند تخصر الحزمة, حساب قطر حزمة الليزر ونصف قطر تكور حزمة الليزر عند مسافة z من مركز المرنان . وخلصت النتائج إلى أفضل تصميم لمرنان ليزر الياقوت يمتاز بزاوية انفراج صغيرة جدا وذو درجة عالية بصفة الاتجاهية. حيث وجد أن اقل قيمة لزاوية الانفراج هي 0.1033 mrad عندما R_1 =40 cm وR_2 =40 cm.

المقدمة:

قد تكون صفة الاتجاهية من أكثر صفات الليزر التي أحرزت الإعجاب وشدت الانتباه لأشعته فأعطت له مكانته وأهميته .عدا ليزرات أشباه الموصلات , فأن أجهزة الليزر الأخرى تبعث ضياء ذا درجة عالية من صفة الاتجاهية وحزما ضوئية تتصف بزوايا انفراج صغيرة تقدر عادة بحدود بضع ملي رديان. وزاوية الانفراج هي الزاوية المستوية المحصورة بين حافة الحزمة ومحورها. ويعبر عن درجة صفة الاتجاهية بمقدار زاوية الانفراج[1] .

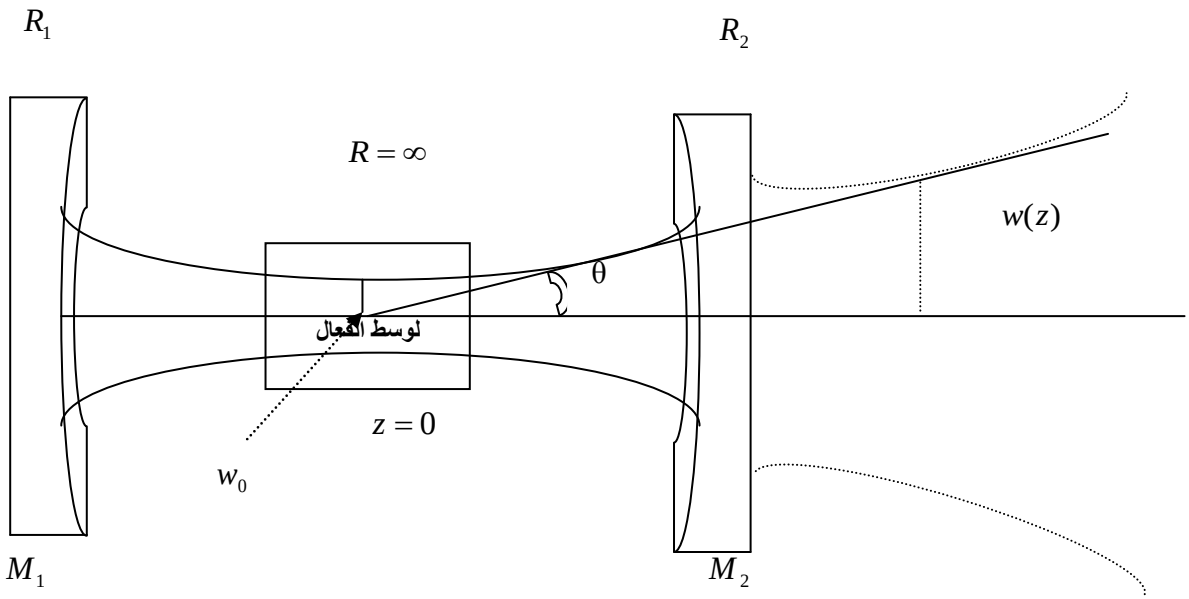
إن زاوية الانفراج الكلية full divergence (angle) للنمط الأساسي تعطى بالعلاقة التالية

$$\theta = \lambda / \pi w_0 \qquad \text{.....(1)}$$

حيث λ =694.3 nm هو الطول الموجي لليزر الياقوت , w_0 هو نصف قطر الحزمة عند التخصر داخل المرنان.

ومرنان الليزر بشكل عام تجويف رنيني، يشكل مصدر التغذية الاسترجاعية في أجهزة الميزر والليزر وهو تصميم ضروري لدعم التكبير الحادث في الوسط الفعال نتيجة الأنبعاث المحفز، كذلك توجيهه والمحافظة على صيغة أحادية الموجة لانبعاثه [2,3].

يتألف مرنان الليزر المفتوح، وبشكل عام من مرآتين بشكل دائري او مستطيل وإبعادهما تتراوح بين إجزاء السنتمتر الى بضع عشرات السنتمترات توضعان بشكل متقابل وعلى مسافة d من بعضهما البعض بحيث يتطابق محورهما البصري. وللتغلب على خسارة الحيود للأشعة يفضل استخدام المرنان الكروي أي تحدب المرآتين قليلا ونحو الخارج ، أي بجعلهما كرويتين مقعرتين[4,1] . الشكل (1) يوضح رسم تخطيطي لمرنان الليزر.



شكل(1): رسم تخطيطي لمرنان الليزر

فعندما نتعامل مع حزمة كاوسية بالنمط TEM_{00} والذي يسمى بالنمط الأساسي وأحيانا نمط الحيود.هناك صفتان يمكن بواسطتهما تشخيص الحزمة الخارجة : الصفة الأولى هي قطر الحزمة $w(z)$ التي تعملها حزمة الليزر والصفة الثانية هي نصف قطر تكور جبهة الموجة $R(z)$ [4,5].

٢- المعالجة النظرية

أن الحزمة الكاوسية تضيق الى اقل قطر $2w$ (تخصر الحزمة beam waist) عند منتصف المرنان حيث تكون المسافة $z=0$ ونصف قطر تكور جبهة الموجة $R=\infty$ حيث تكون جبهة الموجة مستوية. فعندما نقيس نصف قطر الحزمة على بعد z من هذا التخصر نجد بأن المعادلة التالية تتحقق [6]

$$w(z)=w_0\left[1+(\lambda z/\pi w_0)^2\right]^{1/2} \quad \text{.....(2)}$$

وعلى مسافات بعيدة نسبيا من تخصر الحزمة يكون شكل جبهة الموجة كرويا وأن نصف قطر تكور جبهة الموجة على مسافة z يعطى بالعلاقة التالية [6]

$$R(z)=z\left[1+(\pi w_0^2/\lambda z)^2\right] \quad \text{.....(3)}$$

ويكون للمرنان حالتان من الاستقرارية ويعتمد شرط الاستقرارية على الأوصاف الهندسية للمرنان، أي على المقادير R_1, R_2, d و حيث تمثل R_1, R_2 أنصاف أقطار تكور مرآتي المرنان على التوالي و d المسافة بين مرآتي المرنان. ويمكن ان نعبر عنهما g_2, g_1 حيث يكون كل من

$$g_1=1-d/R \qquad g_2=1-d/R_2$$

فعندما يكون $0<g_1g_2<1$ يكون المرنان مستقر وهو شرط الاستقرار لأي مرنان ليزري إما إذا كان $g_1g_2\geq 1$ أو $g_1g_2=0$ يكون المرنان غير مستقر [7,8].

وبالاستفادة من معادلات كوكلنك و لي (Li and Koclink) [6,7,9] للنمط TEM_{00} نجد إن نصف قطر تخصر الحزمة يعطى بالعلاقة التالية

$$w_0^4=(\lambda/\pi)^2\left[d(R_1-d)(R_2-d)(R_1+R_2-d)/(R_1+R_2-2d)^2\right] \quad \text{.....(4)}$$

وباستخدام صيغة ثابت المرنان b حيث ان b هو كمية تحدد الشكل الهندسي للمرنان ويعتمد على أنصاف أقطار تكور مرآتي المرنان والمسافة بين مرآتي المرنان وتحسب كالآتي

$$b=2(d(R_1-d)(R_2-d)(R_1+R_2-d)/(R_1+R_2-2d) \quad \text{.....(5)}$$

فأنه يمكن كتابة المعادلة (4) بالشكل التالي:

$$w_0 = \lambda b / 2\pi \quad \text{.....(6)}$$

ويمكن كتابة المعادلتين (1) و (3) بدلالة b حسب المعادلات الاتية

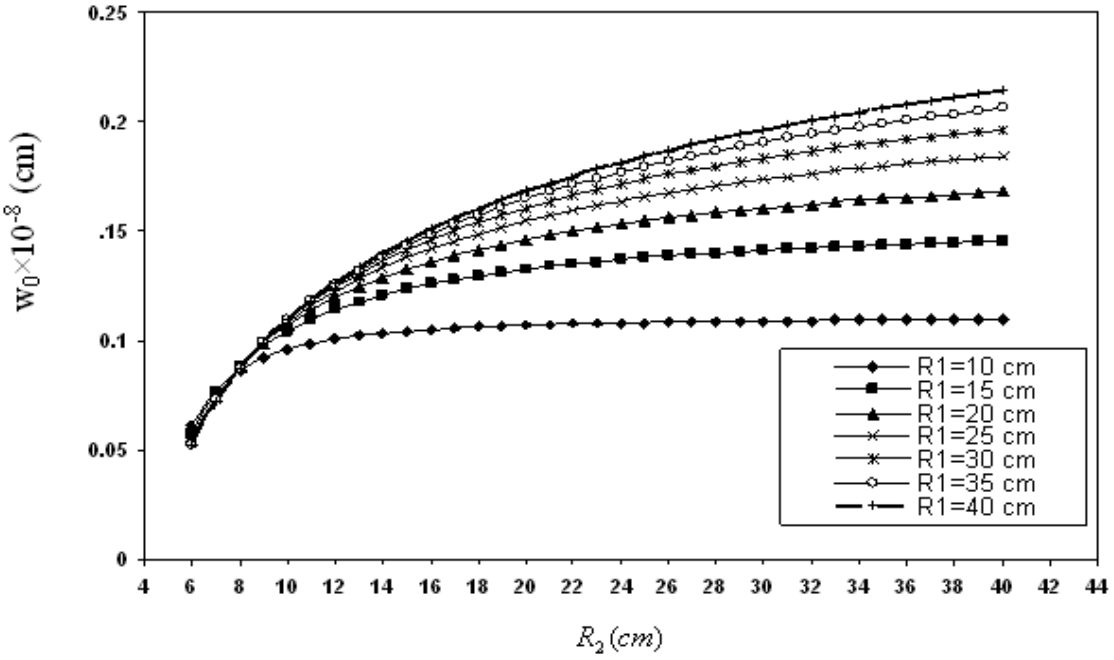
$$W^2(z) = \lambda b / 2\pi \left[1 + (2z/b)^2\right] \quad \text{.....(7)}$$

$$R(z) = z\left[1 + (b/2z)^2\right] \quad \text{.....(8)}$$

٣- النتائج والمناقشة

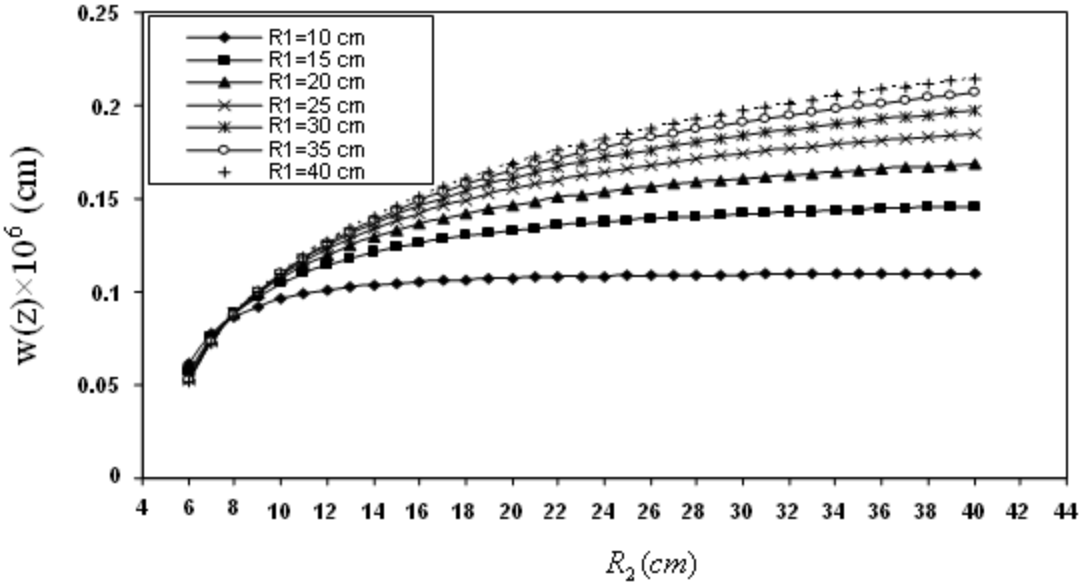
أعتمد في حساب نصف قطر الحزمة الليزرية عند تخصر الحزمة (مركز المرنان) مع أنصاف أقطار تكور مرآتي الليزر وحساب قطر حزمة الليزر و نصف تكور الحزمة الليزرية على مسافة z عن مركز المرنان ومن ثم حساب زاوية الانفراج بالاعتماد على برنامج حاسوبي تم تصميمه بأستخدام برنامج Matlab7. وقد فرضنا قيم 10, $R_1 =$ 20, 25, 30, 35, 40 cm بينما استخدمت قيم مختلفة $R_2 = 6 - 40cm$ لكل قيمة ل R_1 , وطول المرنان المقترح هو 5 m . وبعد النقطة عن مركز المرنان $z = 200m$.

يبين الشكل (٢) والذي يبين العلاقة بين نصف قطر حزمة الليزر عند التخصر w_0 والتغير بأنصاف اقطار تكور مرآتي المرنان. نلاحظ ان اعتمادية نصف قطر حزمة الليزر عند التخصر w_0 أي عند $z = 0$ تأخذ بنظر الاعتبار النسبة بين مجموع انصاف اقطار تكور مرآتي المرنان مع طول المرنان فكلما كبر احد انصاف اقطار تكور المرآتين فأن قيمة w_0 تزداد طرديا مع هذه الزيادة وكما تصفه معادلة (4) .ان اعظم قيمة ل $w_0(\max.)$ في حالة R_1 و R_2 تكون اكبر مايمكن (R_1 =40 cm و R_2 =40 cm) تكون . $w_0(\max.)$ =0.214×10^{-8} cm

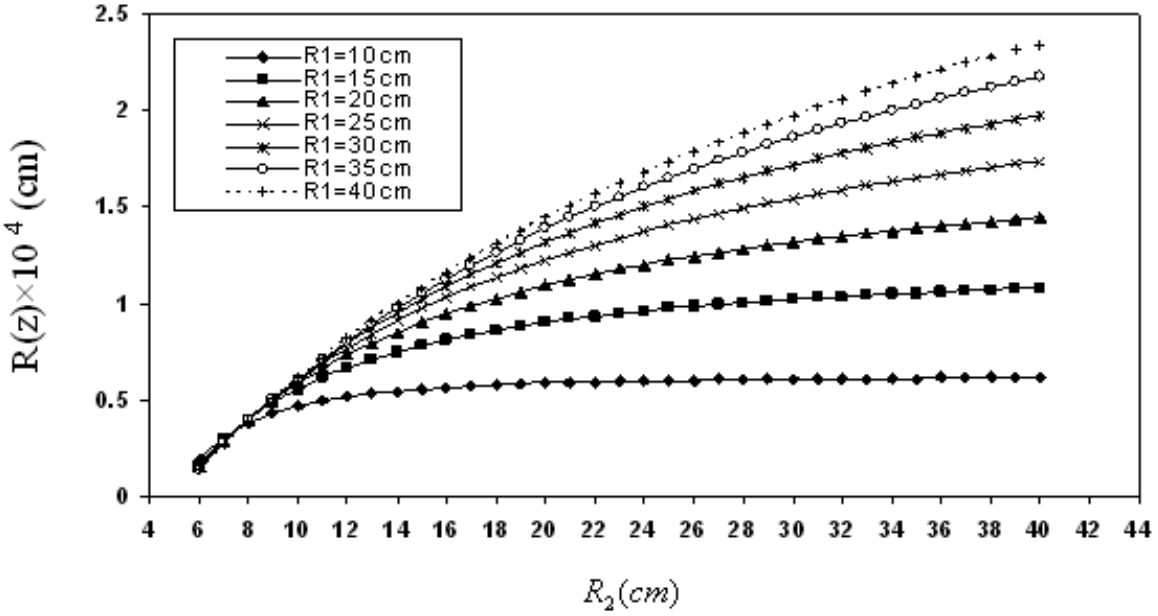


شكل(2): يبين العلاقة بين نصف قطر حزمة الليزر عند التخصر w_0 و أنصاف اقطار تكور مرآتي المرنان

كما نجد إن قيمة كل من قطر حزمة الليزر $w(z)$ ونصف قطر تكور حزمة الليزر $R(z)$ على مسافة z تزدادان طرديا بزيادة أنصاف أقطار تكور مرآتي المرنان كما مبين في الشكل (3) و (4).

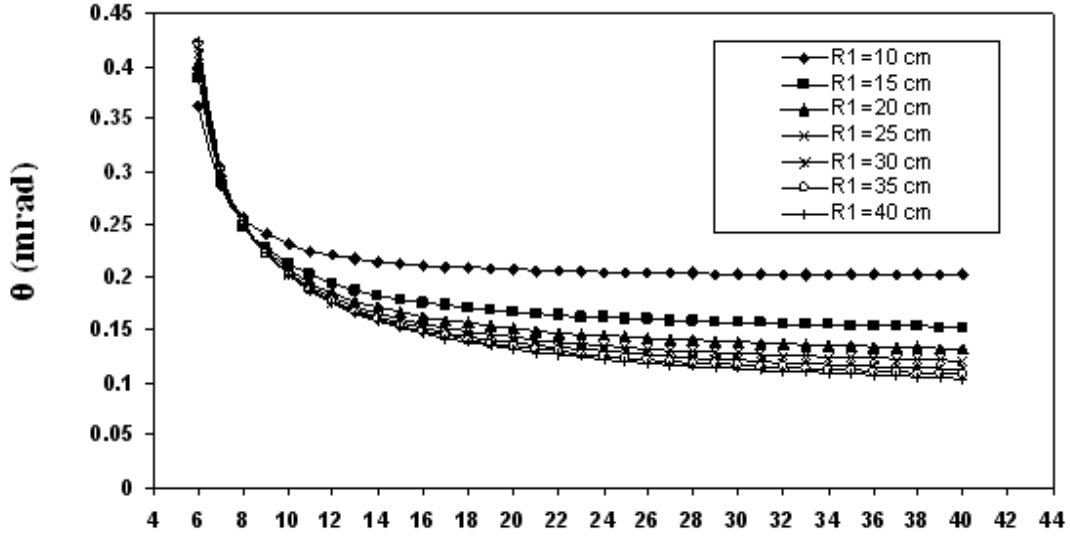


شكل (3): يبين العلاقة بين قطر حزمة الليزر على مسافة z مع انصاف اقطار تكور مرآتي المرنان.



شكل(4): يبين العلاقة بين نصف قطرتكور حزمة الليزر على مسافة z مع انصاف اقطار تكور مرآتي المرنان.

تعتمد زاوية الأنفراج لحزمة الليزر عند أي نقطة على نصف قطر حزمة الليزر عند التخصر الحزمة w_0 وتكون هذه العلاقة عكسية كما تم وصفه في معادلة(1) حيث نجد من خلال الشكل (5) إن اقل قيمة لزاوية الانفراج θ=0.1033 mrad تحدث عندما w_0 اكبرما يمكن $w_0(\max.)=0.214\times10^{-8}$ cm وهي الحالة التي فيها R_1 و R_2 اكبر ما يمكن تكون R_1 (40 cm=و R_2 40 cm=). كما نلاحظ ان زاوية الانفراج تقل بزيادة انصاف اقطار تكور مرآتي المرنان حيث تكون قيمها متقاربة مثلا θ=0.1072 mrad عندما R_1=35 cm و R_2=40 cm.



شكل(5): يبين العلاقة بين زاوية الانفراج θ مع انصاف أقطار تكور مرآتي المرنان.

الأستنتاجات

نستنتج ان افضل زاوية انفراج للمرنان المقترح لليزر الياقوت تساوي θ= 0.1033 mrad والتي تكون عندما R_1=40 cm و R_2=40 cm و $w_0(\max.)$=0.214×10^{-8} cm. بينما زاوية الانفراج الشائعة له θ =5 [1] . mrad لذا يتصف هذا المرنان المقترح بدرجة عالية من صفة الاتجاهية.

المصادر

References:

١. د.سهام عفيف قندلا، " فيزياء الليزر وبعض التطبيقات العملية"، جامعة بغداد, ١٩٨٧.

٢. أورازيو زفلتو ،ترجمة د.صبيحة شريف عبد الله ود. منعم مشكور، "مبادئ الليزرات" , الطبعة الثانية، ١٩٨٨.

٣. د.عباس جاسم حمادي ومجموعة من الاساتذة،"أشعة الليزر واستخداماتها"، مطبعة دار الحكمة، جامعة البصرة،١٩٩١.

٤. د.فالح الاحمدي و د.فائز بيرقدار، " الليزرات وتطبيقاتها الصناعية"، منشورات الطاقة الذرية،١٩٩٦.

5. William T.Sifvast," Laser fundamental", Cambridge university, second edition, 2004.

6. Jaegwon Yoo,Y.U.Jeong," Numerical Simulation of laser resonators", Journal of Korean physical society, Vol.44, No.2, pp.293, 2004.

7. Dr. W. Luhs MEOS GmbH D-79427 Eschbach, "Expermints 06 He-Ne laser - November 1999 / July 2003.

8. K. R. Nambiar," Lasers, principle, type and application", New Age International Ltd., 2005.

9. Ram Oron, Liran Shimshi, Shmuel Blit, Nir Davidson, Asher A. Friesem, and Erez Hasman ,"Laser operation with two orthogonally polarized transverse modes", applied optics ,vol. 41,No.18 ,2002.

Abstract

This study deals with simulate assumed designs for ruby laser resonator from calculate radius of laser beam at the beam waist, diameter of laser beam and curvature radius of laser beam at distance (z). The results found the best design of ruby laser resonator has very small divergence angle and high degree of directionality. Its found the minimum value of divergence angle was about 0.1033 mrad at R_1=40 cm and R_2=40 cm.