الفصل الثالث

المرنان البصري Optical Resonator

المرنان هو تجويف رنيني ، يشكل مصدر التغذية الأسترجاعية في أجهزة الميزر والليزر وهو تصميم ضروري لدعم التكبير الحادث في الوسط الفعال نتيجة الأنبعاث المحفز وكذلك توجيهه والمحافظة على صيغة أحادية الموجة لأنبعاثه .

أنواع المرنانات :

١- **مرنان المرآتين المستويتين – المتوازيتين ((مرنان فابرى-بيرو)) :**

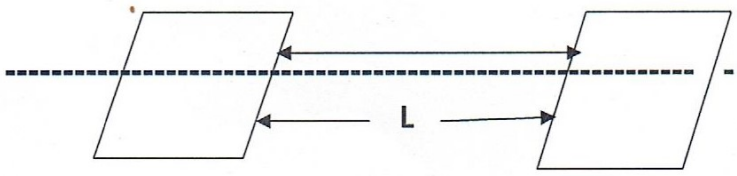
وهو يتألف من مرآتين مستويتين متقابلتين بشكل توازي أحدهما الأخرى . ان طول المرنان يساوي عدد صحيح من أنصاف الطول الموجي :

$$L = n \lambda / 2 \quad .....(1)$$

اذ ان λ: طول موجة الليزر ، L: طول المرنان ، n: عدد صحيح

أما الترددات الرنينية فتكون :

$$v = n (c/2L) \quad .....(2)$$

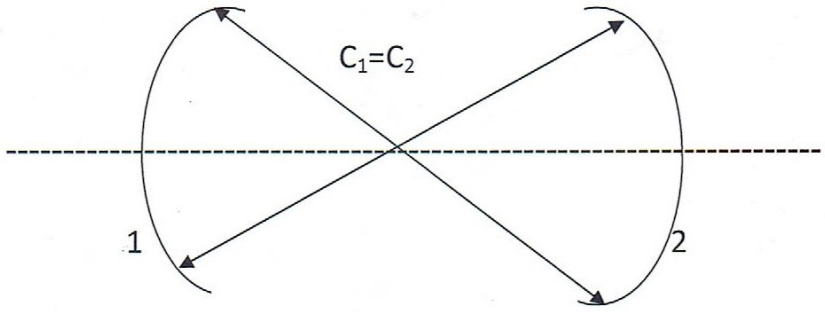


الشكل (1) مرنان المرآتين المستويتين – المتوازيتين

٢- **المرنان الكروي :** للتغلب على خسارة حيود الأشعة في مرنان فابري – بيرو ، تحدب المرآتين قليلاً ونحو الخارج ، ويكون على هيئة أشكال مختلفة :

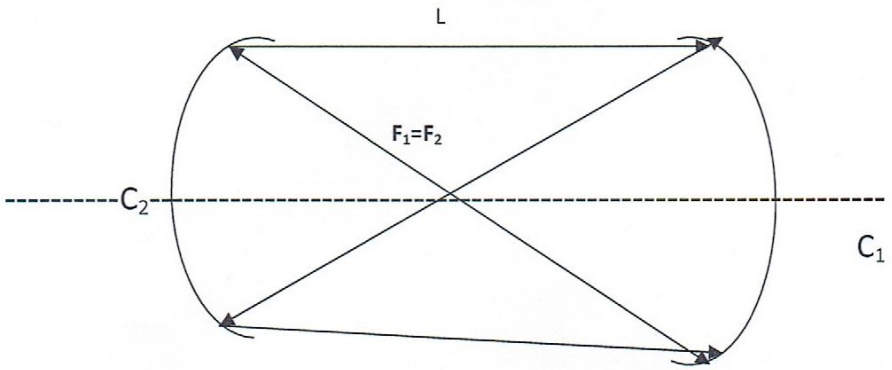
أ- **المرنان الكروي – المتحد في المركز :**

وفيه تكون المرآتان الكرويتان المقعرتان متساويتان في التكور ، بحيث ينطبق مركز تكور الأولى على الثانية و المسافة بينهما تساوي قطر أحدهما 2R .



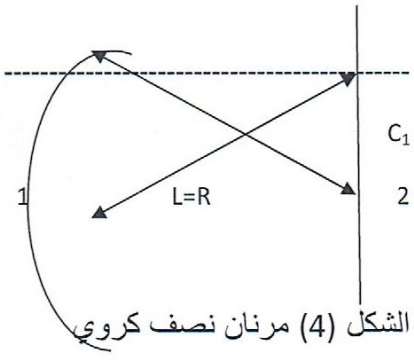
الشكل (2) المرنان الكروي – المتحد في المركز

ب- **المرنان الكروي – المتحد في البؤرة :** ويتألف أيضاً من مرآتين مقعرتين متساويتان في التكور وان المسافة الفاصلة بين المرآتين تساوي R اي ان بؤرة المرآة الأولى F_1 تقع على بؤرة المرآة الثانية F_2 وهذا يعني ان مركز تكور احدهما يقع على قطب المرآة الأخرى كما يوضحه الشكل (3)

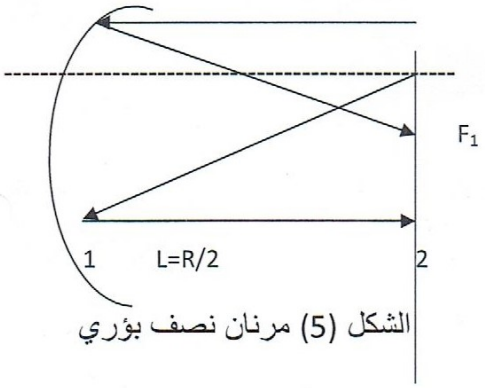


الشكل (3) المرنان الكروي – المتحد في البؤرة

٣- **المرنان الكروي – المستوى :** ويتألف هذا المرنان من مرآة كروية مقعرة واخرى مستوية كما يوضحه الشكلين 4 و 5 لمرنان نصف كروي واخر نصف بؤري على التوالي :



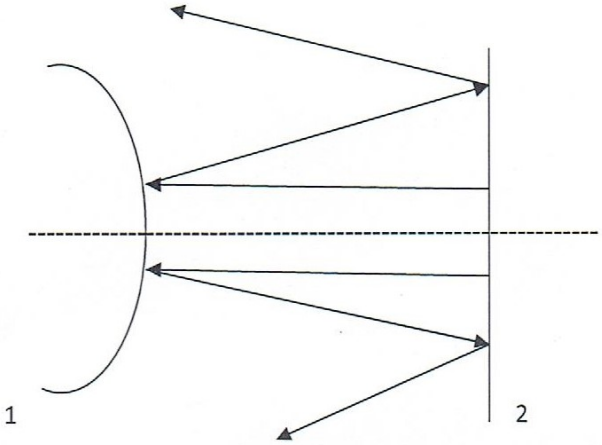
الشكل (4) مرنان نصف كروي



الشكل (5) مرنان نصف بؤري

استقرارية المرنان :

ان المرنان الكروي بصورة عامة يحوي مرآتين كرويتين اما ان تكون R نصف قطر تكور المرآة موجباً للمرآة المقعرة وسالباً للمحدبة وصفراً للمستوية وهذا ما يؤثر على خسارة الحيود وعدد صيغ التذبذب وترددها وسعتها وبذلك يكون المرنان أما مستقر والذي يكون فيه تقعر المرآتين بشكل يحفظ فيه الضوء متمركزاً بالقرب من محور المرنان ، أما المرنان غير المستقر ففيه تكون أشعة الضوء تواصل حركتها بعيداً عن محور المرنان فينتج عنها خسارة والشكل رقم (6) لمرنان غير مستقر .



الشكل (6) مثال لمرنان غير مستقر

ان استقرارية المرنان تخضع للمقادير R_1,R_2,L والشرط هو :

$$0 < g_1g_2 < 1 \quad \text{..... (3)}$$

اذ ان g_1

$$g_1 = 1- L/ R_1 \quad \text{..... (4)}$$

$$g_2 = 1- L/ R_2 \quad \text{..... (5)}$$

ويمكن تمثيل شرط الأستقرار بمخطط يعرف بمخطط الأستقرار كما يوضحه الشكل (7) ، تكون فيه g_1 على محور السينات و g_2 على محور الصادات ، ثم نرسم منحنيي الحدود $g_1g_2 =$ 1 والمناطق المظللة تحقق الشرط (تخضع لمرنان مستقر) وخارج المنطقة المظللة تخضع لمرنان غير مستقر . أما الخط المستقيم والذي يصنع زاوية مقدارها (45^o) مع محوري (g_1) و (g_2) فيمثل أعداد المرنان التي تملك مرآتيهما نصف قطر تكور متساوي ، اذ ان (A) تمثل مرنان متحد في المركز و (B) متحد في البؤرة و (C) ذو المرآتين المستويتين .

Example/ Determine the stability of the following cavity resonators?

(i) L=1.5m, R_1=3m, R_2=2m?
(ii) L=1m, R_1=0.5m, R_2=2m?
(iii) L=1m, R_1=3m, R_2=-2m?

Sol./ The stability condition for a laser resonator cavity is given by the expression,

$$0 \leq g_1 g_2 \leq 1$$

$g_1=(1-L/R_1)$ and $g_2=(1-L/R_2)$

(i) (1-1.5/3)(1-1.5/2)=(1-0.5)(1-0.75)=(0.5)(0.25) = 0.125

Since, 0 <0.125< 1

The cavity resonator is stable.

(ii) (1-1/0.5)(1-1/2)=(1-2)(0.5)=(-1)(0.5) = -0.5

Since, g_1g_2= -0.5 < 0

The cavity resonator is unstable.

(iii) (1-1/3)(1-1/-2)=(1-2)(0.5)=(2/3)(3/2) = 1

Since, g_1g_2= 1

The cavity resonator is marginally stable.