

الباب السادس

الدوائر المتكاملة – والنبائط الضوئية

- 1-6 الدوائر المتكاملة – التعريف – التصنيف – المزايا .
- 2-6 الدوائر المتكاملة ذات الشريحة الواحدة – مثال لدائرة الكترونية على شكل دائرة متكاملة .
- 3-6 النبائط الحساسة للضوء : المقاومة الضوئية – الثنائي الضوئي – الترانزستور الضوئي – الخلايا الشمسية .
- 4-6 النبائط المشعة للضوء : الثنائي المشع للضوء – نبائط العرض ذات السبع شرائح – مبيانات السائل البلوري – ثنائي الليزر .

الباب السادس

1-6 الدوائر المتكاملة (ICS) Integrated Circuits

الدائرة IC عبارة عن دائرة إلكترونية كاملة تحتوى على العناصر الضرورية لعمل هذه الدائرة مثل : الترانزستور ، الثنائيات ، المقاومات ، المكثفات . هذا بالإضافة إلى التوصيلات الخاصة بهذه المكونات وتغليف الدائرة المتكاملة بغلاف تخرج منه أطراف توصيل بأشكال وأبعاد قياسية .

ويمكن تقسيم الدوائر المتكاملة إلى أربعة أنواع رئيسية هي :

1- دوائر الشريحة الواحدة .

2- دوائر الغشاء الرقيق .

3- دوائر الغشاء السميك .

4- دوائر مختلطة .

* مزايا الدوائر المتكاملة :

تمتاز الدوائر المتكاملة بعدة مزايا بالمقارنة مع الدوائر الإلكترونية المتعارف عليها ذات المكونات المنفصلة ، وأهم هذه المزايا هي :

1- صغر الحجم ، خفة الوزن ، رخص الثمن .

2- انخفاض القدرة المستهلكة .

3- الاعتمادية العالية وهذا يعنى القدرة على أداء الوظيفة المطلوبة لفترات زمنية طويلة دون تلف .

4- تصنع بأبعاد قياسية وبالتالي يتم عمل قواعد قياسية لتنشيط الدوائر المتكاملة مما يسهل عملية الاستبدال .

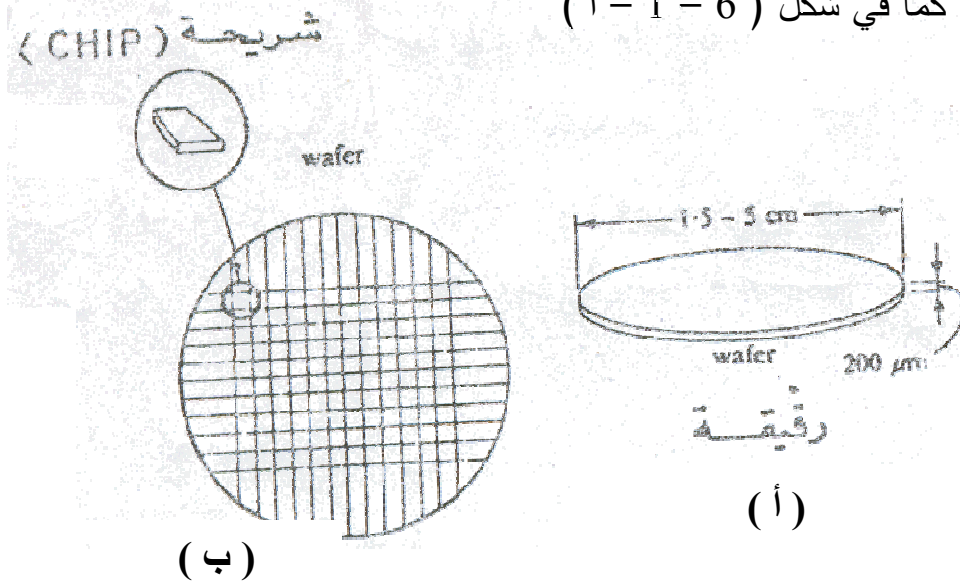
5- قلة تأثير الحرارة على نقطة التشغيل .

* عيوب الدوائر المتكاملة:

- 1- لا يمكن اصلاحها في حالة تلف أحد مكوناتها .
- 2- لا تتحمل القدرات العالية حيث ان زيادة التيار يؤدي الى ارتفاع درجة حرارتها وتلفها
- 3- لا يمكن تضمين الدوائر المتكاملة أى نوع من الملفات أو المحولات .

2-6 الدوائر المتكاملة ذات الشريحة الواحدة Monolithic IC's:

تتكون الدوائر المتكاملة ذات الشريحة الواحدة أساساً بنفس أسلوب الترانزستور ثنائي القطب ، ولكنها تحتاج لعمليات إضافية أكثر تعقيداً . ومادة البدء تكون عبارة عن رقيقة Wafer عادة من السليكون كما في شكل (6 - 1 - أ)



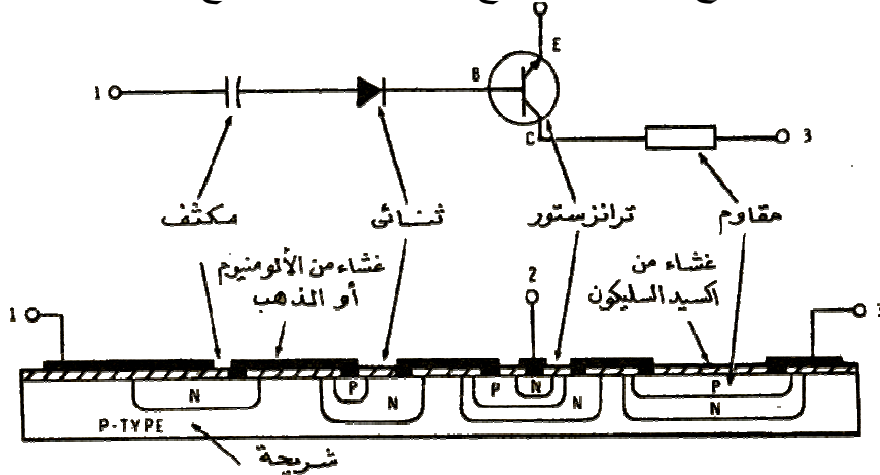
شكل (6 - 1 - أ ، ب)

ويكون سمك هذه الرقيقة رفيع جداً حوالي $200 \mu m$ ، ويتم تشكيل عدة دوائر متكاملة في آن واحد على الرقيقة كما في شكل (6 - 1 - ب) حيث يمثل كل مربع من الرقيقة دائرة متكاملة واحدة . بعد ذلك يتم تقسيم الرقيقة الى أقسام ، وكل قسم من هذه الأقسام يسمى شريحة Chip ويكون عبارة عن دائرة متكاملة كاملة بمكوناتها وتوصيلاتها ، ويتم تغليفها بغلاف مناسب . وفي النهاية يتم اختبارها .

مثال : لتنفيذ دائرة الكترونية في شكل دائرة متكاملة :

يبين شكل (6 - 2) دائرة الكترونية بسيطة تتكون من مكثف ، ثنائي ، ترانزستور NPN ومقاومة . وللدائرة ثلاثة أطراف (1 ، 2 ، 3) لتوصيل جهود وتيارات التشغيل لها وفي شكل (6 - 2) نرى الدائرة منفذه على شكل دائرة متكاملة ذات شريحة واحدة . وقد تم

تشكيل المكونات الاربعة آتيا عن طريق انتشار شوائب من نوع N وأخرى من نوع P داخل شريحة من نوع P وذلك لانتاج مناطق من نوع P وأخرى من نوع N .



شكل (2-6) التركيب لدائرة متكاملة منفذه على شريحة واحدة

ويلاحظ أن المقاومة قد تكون عن طرق عمل منطقة كبيرة من نوع N تم تشكيل منطقة من نوع P فوقها فنتج عن ذلك مسار ضيق وطويل من مادة نوع P وهذا المسار يمثل المقاومة ، ويمكن التحكم في قيمة المقاومة عن طريق طول وعرض المسار الضيق حيث تزيد المقاومة مع زيادة الطول وتقل مع زيادة العرض والعكس صحيح . كما يمكن التحكم في قيمة المقاومة عن طريق التحكم في تركيز الشوائب في مسار نوع P حيث أن التركيز العالي ينتج عنه مقاومة منخفضة والعكس صحيح .

أما الترانزستور فقد تكون بنفس اسلوب الترانزستور المؤلف حيث تشكلت منطقة من نوع N للمجمع أولاً ثم منطقة نوع P للقاعدة وأخيراً منطقة من نوع N للمشع . وبالنسبة للثنائي N-P فإن المنطقة من نوع N - (والتي تكونت بالانتشار داخل الرقيقة P) - تمثل الكاثود ، بينما المنطقة P التي تكونت بالانتشار داخل المنطقة N - تمثل الأنود ، بالنسبة للمكثف فإن المنطقة نوع N تعمل كلوح سفلي ويعمل اكسيد السليكون كوسط عازل ، أما اللوح العلوى فهو عبارة عن طبقة المعدن المرسب فوق الاكسيد وتحدد قيمة السعة للمكثف عن طريق مساحة الالواح وسمك طبقة الاكسيد وثابت العزل لطبقة الاكسيد وعامة يكون من الصعب الحصول على سعات كبيرة بالدوائر المتكاملة ، والقيم العملية لهذه السعات تكون في حدود مئات من البيكوفاراد .

آخر مرحلة في تنفيذ الدائرة المتكاملة هي عمل فتحات في الأكسيد في الأماكن المراد عمل اتصال بينها . ويتم ذلك بترسيب طبقة من الألومنيوم على كل السطح ثم تستخدم أحماض

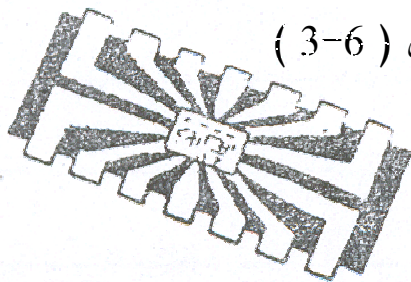
خاصة لحذف بقية الألومنيوم من الأماكن الغير مطلوبة، وتترك المسارات المطلوبة. ثم يلي ذلك توصيل الأطراف الخارجية وعمل التغليف للدائرة المتكاملة .

* تغليف وتحديد أطراف الدوائر المتكاملة:

توضع الدوائر المتكاملة داخل أغلفة لحمايتها من الرطوبة والأتربة وبعض مصادر التلوث الأخرى ، وتخرج من هذه الأغلفة أطراف التوصيل بمسافات بينية قياسية مما يسهل تثبيتها في قواعد خاصة بها ، أو تلحم مباشرة باللوحة المطبوعة.

توجد عدة أنواع متداولة من الاغلفة للدائرة المتكاملة ، وكل نوع من هذه الأغلفة له مميزاته وعيوبه ومن أشهر هذه الأغلفة.

1- التغليف ذو الأطراف على الجانبين DIP شكل (3-6)



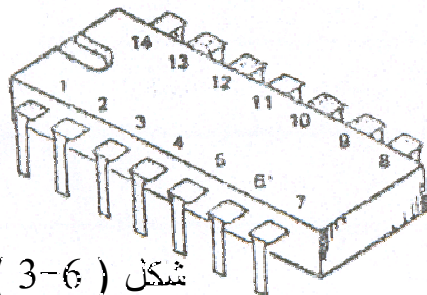
وعدد الاطراف الشائع لهذا النوع

هو 8-14-16-24 طرف ، كما

يمكن ان يكون العدد اكبر من ذلك

في حالة الاستخدام بالدوائر الاكثر

تعقيداً مثل دوائر أجهزة الكمبيوتر

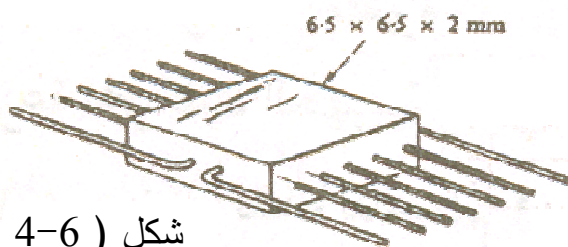
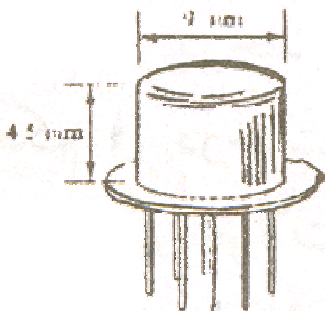


منظر من أعلى

شكل (3-6)

2-التغليف ذو الأطراف المسطحة Flat – Pack :

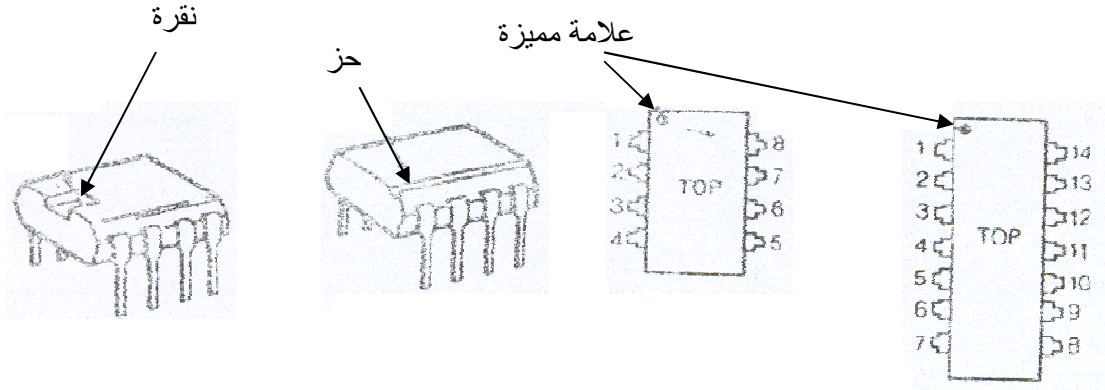
هذا النوع من التغليف مشابه للتغليف ذو الاطراف على الجانبين ولكن اصغر حجماً وارفع سمكاً وتخرج منه الأطراف بشكل أفقي كما بشكل (4-6)، وتلحم أطراف هذا النوع مباشرة بموصلات اللوحة المطبوعة ويصنع غلاف هذا النوع من السيراميك أو المعدن .



شكل (4-6)

التغليف في علبة معدنية :

في هذا النوع توضع الدائرة المتكاملة في غلاف معدني مثل بعض الترانزستورات كما في شكل (4-6) وأطراف التوصيل في هذا النوع تكون طويلة ولتحديد أطراف الدوائر المتكاملة يكون هناك دليل موضح بالغلاف يميز الطرف رقم 1 ثم يتم العد من اليسار الى اليمين في اتجاه عقارب الساعة وشكل (5-6) يوضح أمثلة مختلفة للدليل للتعرف على الطرف رقم 1 بأطراف التوصيل للدوائر المتكاملة .



شكل (5-6) أمثلة لدليل التعرف على أطراف الدوائر المتكاملة

* تقسيم الدوائر المتكاملة :

يمكن تقسيم الدوائر المتكاملة بصفة عامة من حيث نمط التشغيل الى مجموعتين

رئيسيتين هما :

1- الدوائر المتكاملة الخطية Linear IC'S

2- الدوائر المتكاملة الرقمية Digital IC'S

يعمل هذا النوع في حالتين منطقيتين فقط بالنسبة للدخل هما (1) ، (0) وتستخدم

الدوائر المتكاملة الرقمية في أنواع من الدوائر المنطقية والآلات الحاسبة وأجهزة الكمبيوتر.

3-6 النبائط الحساسة للضوء :

النبائط الحساسة للضوء هي احد أنواع النبائط الكهروضوئية والنوع الآخر هو النبائط

المشعة للضوء .

تقوم هذه النبائط بتحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كهربية: ومن أمثلتها خلايا التوصيل

الضوئية ، خلايا الجهد الضوئية ، الثنائيات الضوئية والترانزستورات الضوئية.

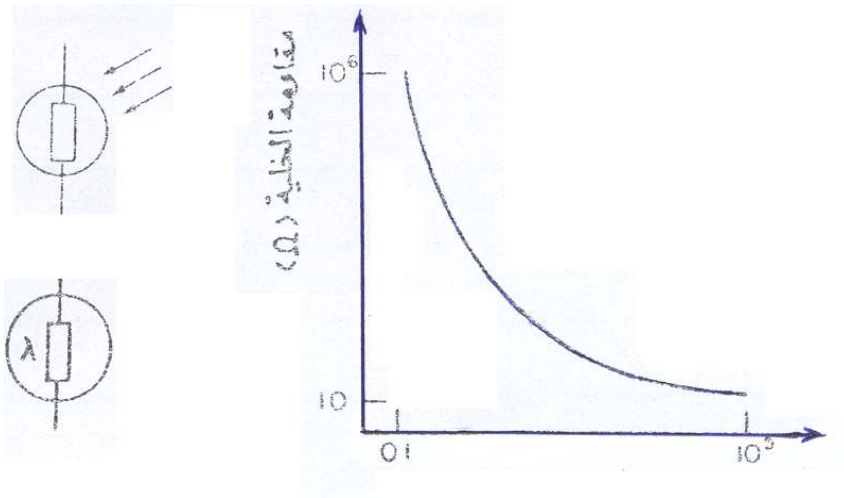
وتقاس كمية الضوء المنبعث من المصدر الضوئي بالليومن Lumen وفي الغالب يكون الاهتمام منصّباً على شدة الضوء والذي يعرف بأنه كمية الضوء مقاسة بالليومن على المتر المربع .

* الانبعاث الضوئي :

إذا سقطت أشعة ضوئية على سطح معدني حساس للضوء ، فإن هذا يسبب تحرر الالكترونات من هذا السطح ، وتنتقل إلى الوسط المحيط ويسمى هذا بالانبعاث الضوئي . فإذا وصل هذا السطح بالقطب السالب لبطارية في مواجهة قطب آخر موجب فإن الالكترونات الحرة تنتقل الى القطب الموجب " ويسمى الأنود " مسببة مرور تيار كهربائي.

خلايا التوصيل الضوئية Photo Conductive Cells :

خلية التوصيل الضوئي هي مقاوم حساس للضوء أو مقاوم ضوئي تتغير مقاومته بتغير شدة الضوء الساقط عليه . فعند زيادة شدة الضوء تزيد موصليته أى تقل مقاومته كما يوضح ذلك المنحنى بشكل (6 - 6) ومنه نرى ان العلاقة بين مقاومة الخلية وشدة الضوء هي علاقة غير خطية .

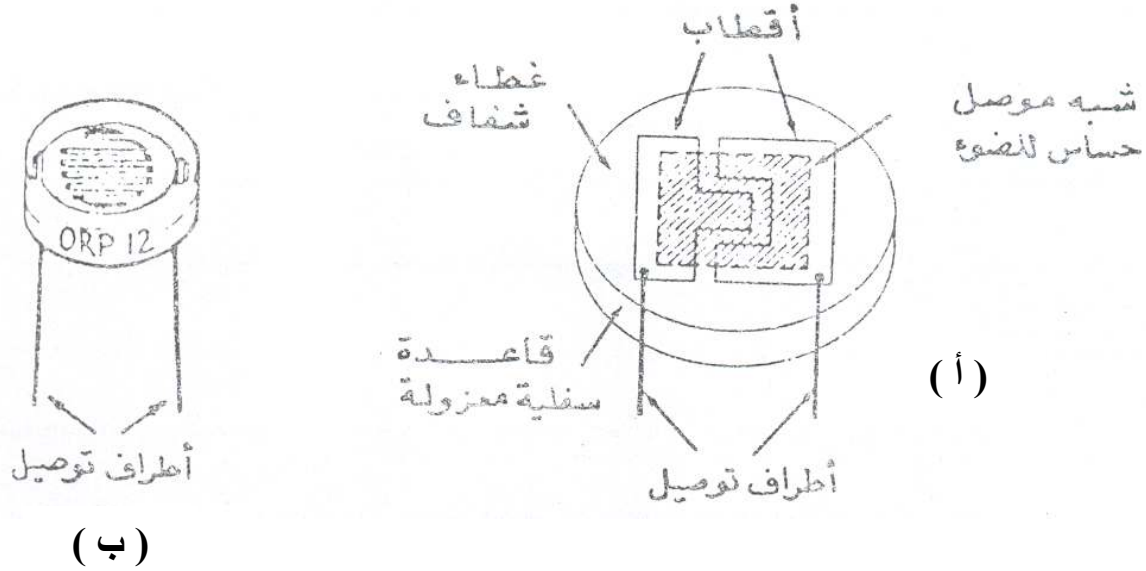


شكل (6-6) خلايا التوصيل الضوئية

وعلى سبيل المثال تتغير مقاومة الخلية من قيمة $1M\Omega$ في حالة الاظلام التام الى حوالي 10Ω عند الاضاءة الكاملة .

التركيب:

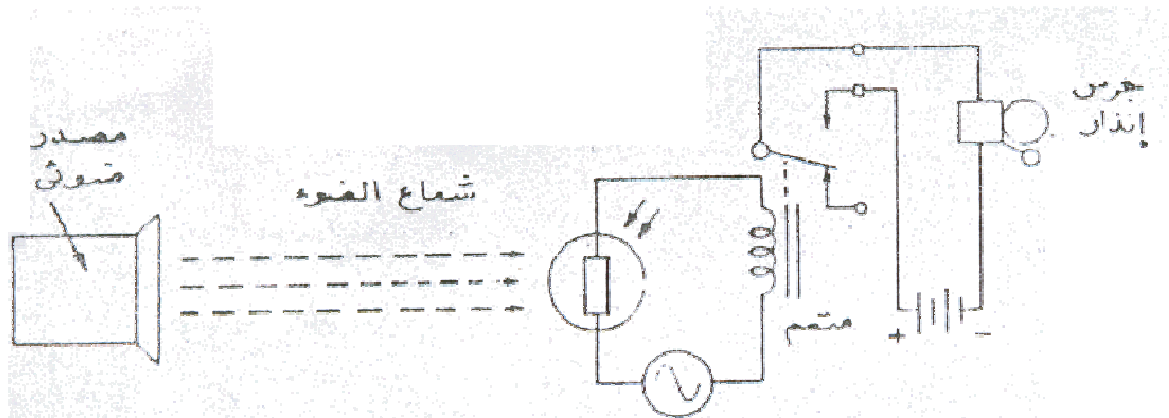
شكل (6-7-أ) يبين تركيب وحدة من هذه الخلايا حيث توضع طبقة شبه موصلة (مثل كبريتيد الكادميوم) بين قطبين معزولين عن بعضهما . ويوضع الكل بداخل غلاف شفاف ويبين شكل (6-7- ب) نموذج لشكل خلية التوصيل الضوئي.



شكل (6-7) خلية التوصيل الضوئي .

الاستخدام :

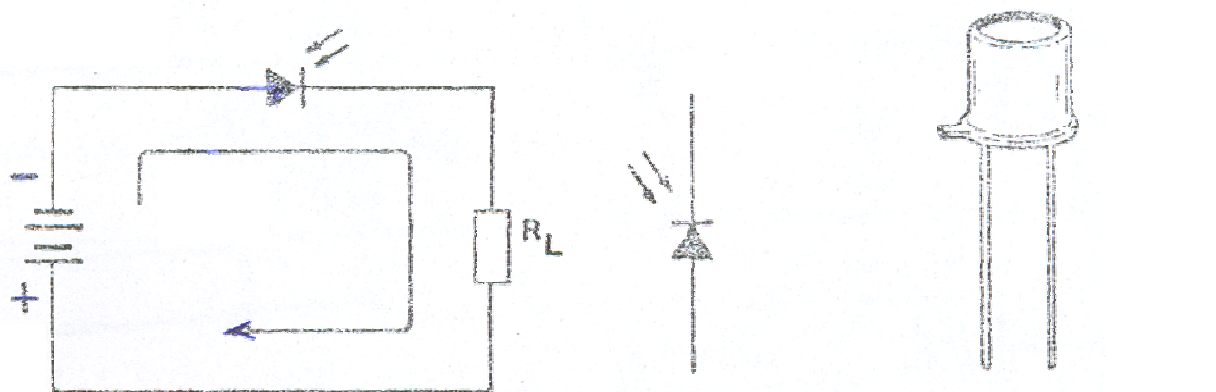
توجد تطبيقات عديدة لاستخدام خلايا التوصيل الضوئي في مجال الالكترونيات ومن أمثلتها : الاستخدام في أجهزة الاختبار ذات الدقة العالية لقياس شدة الضوء ، دوائر التحكم في الأبواب أوتوماتيكيا، دوائر الكشف عند افتتاح مكان ما والشكل (6-8) يبين دائرة بسيطة لهذا النوع من الدوائر حيث ان مصدر الضوء يسقط شعاعاً رفيعاً من الضوء على خلية موصلة بالتوالي مع متمم Relay ومصدر جهد في الوضع العادي يكون الضوء ساقطاً على الخلية فتكون مقاومتها منخفضة، وهذا يسمح بمرور تيار كاف لتغذية ملف المتمم فيعمل على جذب الحافظة لأسفل وبهذا تكون دائرة الجرس مفتوحة. أما إذا قطعت أشعة الضوء عن طريق افتتاح شخص لهذا المكان فإن مقاومة الخلية تزيد بشكل ملحوظ ويقل التيار المار في ملف المتمم ، فتقل فاعليته، وترتفع الحافظة لأعلي ، وتكتمل دائرة الجرس فيعمل محدثاً صوتاً كإنذار .



شكل (8-6) دائرة إنذار باستخدام خلية التوصيل الضوئي

* الثنائي الضوئي photo diode :

الثنائي الضوئي هو ثنائي ذو وصلة PN (تصنع عادة من السليكون) داخل غلاف به فتحة أو عدسة لكي تسمح بسقوط الضوء على الوصلة PN كما في الشكل (6-9-ب)



ب - توصيل الثنائي الضوئي بالدائرة
(انحياز عكسي)

الرمز

أ- تغليف الثنائي

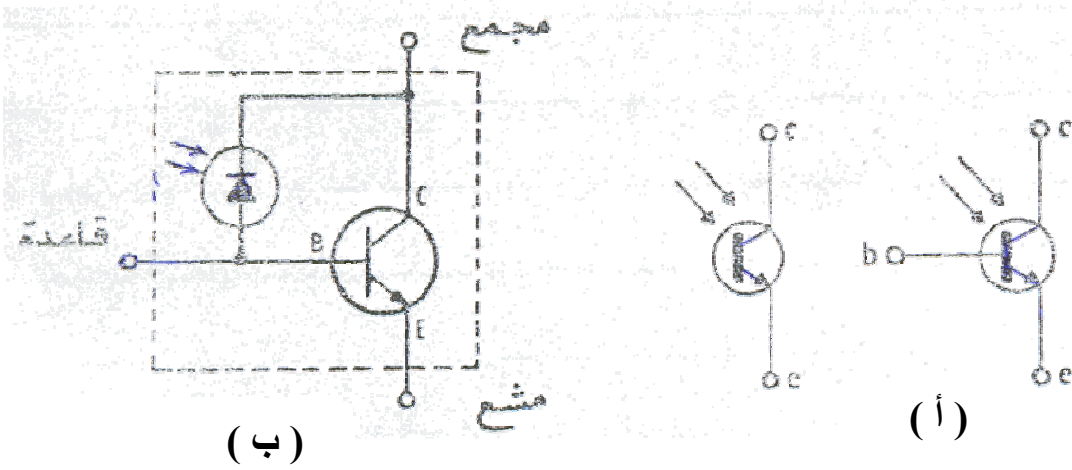
شكل (6 - 9)

لثنائي الضوئي ميزة هامة عن نبائط التوصيل الضوئي الأخرى حيث يمكنه الاستجابة بشكل أسرع للتغيرات في كثافة الضوء ، ولهذا يستخدم في التطبيقات التي يكون فيها تغير كثافة الضوء بمعدل سريع مثل وحدات قارئ الصوت بالأفلام السينمائية وفي الحاسبات الالكترونية حيث يقوم بتحويل الرمز من البطاقات الى إشارة كهربائية منخفضة بالمقارنة مع نبائط التوصيل الضوئي الأخرى.

* الترانزستور الضوئي Photo Transistor :

لا يختلف الترانزستور الضوئي عن الترانزستور العادي في التكوين ولكن الترانزستور الضوئي به فتحة عليها عدسة لدخول الضوء وشكل (6-10-أ) يبين الرمز للترانزستور الضوئي حيث يكون له ثلاث أطراف هي:

القاعدة، المشع، المجمع. ولكن معظم التطبيقات تستخدم أطراف المشع والمجمع فقط ، ولا يستخدم طرف القاعدة إلا في قليل من التطبيقات ويبين شكل (6-10-ب) الدائرة المكافئة للترانزستور الضوئي حيث تحتوى الدائرة على ثنائي ضوئي موصل عبر القاعدة والمجمع لترانزستور عادي .



شكل (6-10) الترانزستور الضوئي

ويعمل الترانزستور الضوئي مثل الترانزستور العادي تماماً ، عدا أنه بدلاً من تغذية القاعدة بتيار خارجي لدفع الترانزستور للعمل كما في حالة الترانزستور العادي ، فإن الثنائي الضوئي الموجود بين المجمع والقاعدة في الترانزستور الضوئي يستعمل كمصدر للتيار ، فعند سقوط الضوء فإن الثنائي الضوئي يعمل على مرور تيار كبير بين المشع والمجمع بالتحكم في كسب التيار للترانزستور والعكس في حالة عدم وجود ضوء فإن التيار العكسي للثنائي الضوئي يكون صغيراً ، وبالتالي يقل التيار المار من المشع الى المجمع .

يمتاز الترانزستور الضوئي بأنه ينتج تيار خرج أعلى بالنسبة لكثافة ضوء معينة ، لأن الترانزستور به إمكانية التكبير ، ولكن الترانزستور الضوئي به عيب كبير وهو أنه لا يستجيب للتغيرات السريعة في كثافة الضوء مثل الثنائي الضوئي.

يستخدم الترانزستور الضوئي على نطاق واسع في تطبيقات مثل:

1- كاشف للدخان واللهب في دوائر الإنذار

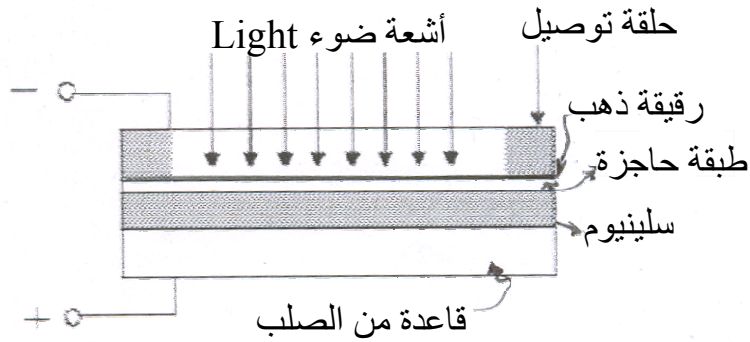
2- التاكوميتر لقياس السرعة .

3- فتح الأبواب أوتوماتيكياً .

4- عد المنتجات في حالة الانتاج بالجملة .

* الخلايا الشمسية :

تتكون الخلايا الشمسية من طبقة حساسة من مادة شبة موصل مثل مادة السلينيوم مثبتة على الكترود من الصلب يستخدم كقطب موجب ويوضع فوقها طبقة أخرى رقيقة جداً من الذهب ثم توضع فوقها حلقة معدنية ملامسة لها تستخدم كقطب سالب.



شكل (6 - 11)

وتمر أشعة الضوء داخل الحلقة المعدنية إلى الخلية من خلال طبقة من الورنيش

الشفاف كما في شكل (6-11)

* خواص الخلايا الفوتوفولتية أو الخلايا الشمسية :

توصف الخلايا الفوتوفولتية أو الخلايا الشمسية بعلاقنتين أساسيتين:

العلاقة الاولى تحدد القوة الدافعة الكهربائية المنتجة بين طرفي الخلية ذات الدائرة

المفتوحة (Open Circuit) المقابلة لشدة الاستضاءة الساقطة على الخلية.

والعلاقة الثانية تحدد قيمة التيار المار في دائرة الخلية عند توصيل طرفيها توصيلاً

مباشراً أى دائرة قصر Short Circuit

هاتين العلاقتين تحددان أفضل تحميل للخلية لتحديد عدد الخلايا المطلوب توصيلها على

التوالي وعلى التوازي لتحقيق جهد المصدر المطلوب وكذلك تيار الحمل المناسب عند استخدام

هذه الخلايا في أحد التطبيقات .

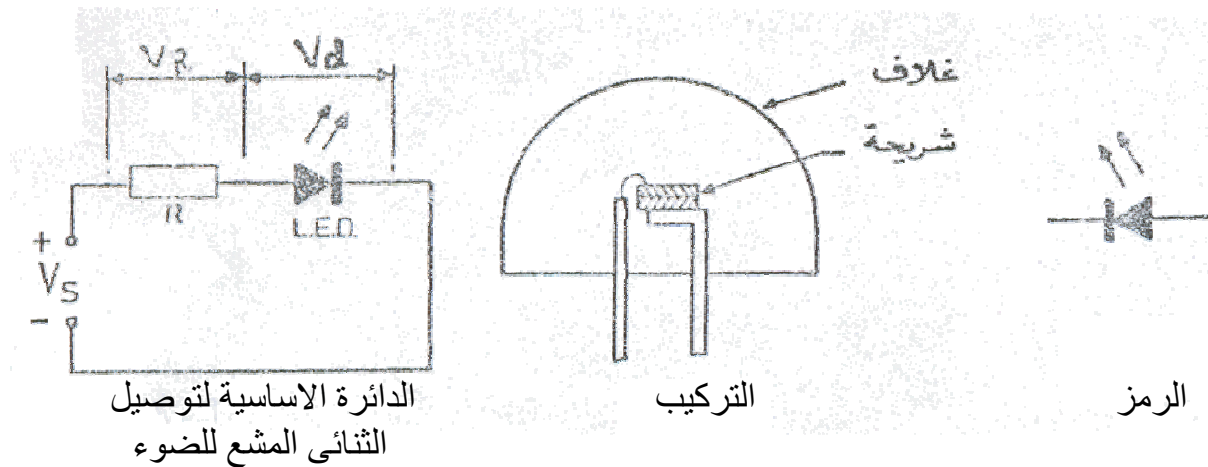
4-6 النبايط المشعة للضوء :

* نبايط الإنبعاث الضوئي " المشعة للضوء " :

تقوم هذا النبايط بتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية، ومن أمثلتها: المصابيح المتوهجة ومصابيح النيون . وهذه المكونات حل محلها نبايط من أشباه الموصلات مثل الثنائيات المشعة للضوء .

* الثنائي المشع للضوء (L E D) Light Emitting Diode :

الثنائي المشع للضوء هو ثنائي ذو وصلة PN وله نفس الخصائص الكهربائية للثنائي العادي . ولكنه يمتاز عنه بأنه يشع ضوء مرئي (في هيئة فوتونات) في وضع انحياز أمامي وأكثر الألوان المتاحة في المدى المرئي هي الأحمر والأخضر والأصفر والبرتقالي ، ويتوقف الضوء المشع على نوع المادة المستخدمة في تصنيع الثنائي .



شكل (6-12)

وشكل (6-12) يبين التركيب الأساسي والرمز لمثل هذا الثنائي ، ويكون الجهد عبر الثنائي المشع للضوء عند الانحياز الأمامي ما بين 1.57 إلى 2V وأقصى قيمة للتيار 50 mA ، وتيار التشغيل العادي من 10 mA إلى 20 mA ولهذا توصل معه مقاومة تحديد بالتوالي كما في شكل (6-13) الذي يوضح الدائرة الأساسية لتوصيل الثنائي المشع للضوء مع مصدر جهد مرتفع وتحسب قيمة المقاومة R كالآتي:

$$R = \frac{V_s - V_d}{I_d}$$

حيث:


$$V_s = \text{جهد المصدر} .$$

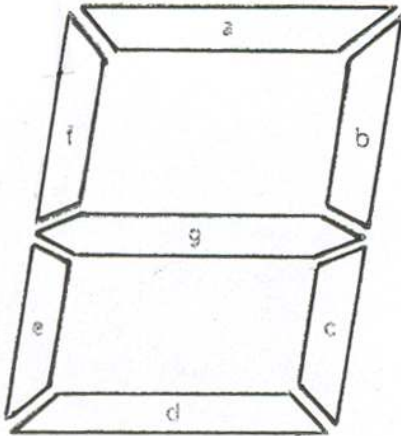
V_d = الجهد عبر الثنائي في حالة الأنحياز الأمامي .

I_d = التيار الأمامي للثنائي .

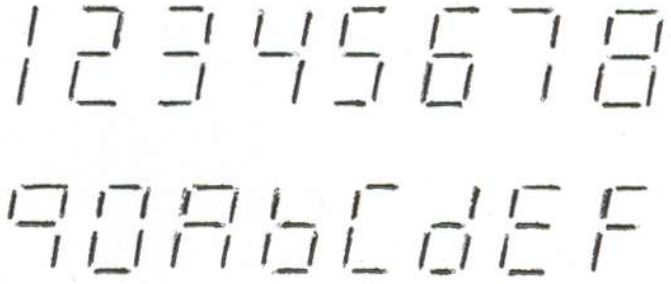
تستعمل الثنائيات المشعة للضوء المرئي غالباً كمبين ضوئي بسيط (لمبة بيان) لإعطاء بيان لحالة التوصيل (on) وحالة الفصل (off) . كما يمكن ترتيب مجموعة من هذه الثنائيات بشكل معين لعمل نموذج يستخدم في العرض الرقمي في عديد من الأجهزة مثل: أجهزة القياس، الحاسبات الالكترونية، والساعات الرقمية الخ .

* نبائط العرض ذات السبع شرائح باستخدام الثنائيات المشعة للضوء :

تتكون نبائط العرض ذات السبع شرائح باستخدام LED's من سبع ثنائيات تمثل سبع شرائح مرتبة على هيئة  كما في شكل (6-3) وتميز كل شريحة بحرف معين من حرف a إلى حرف (g) ويمكن عرض أى رقم من " 0 " إلى " 9 " بالإضافة الى عدد قليل من الحروف وذلك بإضاءة مجموعة من هذه الشرائح كما في شكل (6-13) .



سبع شرائح مرتبة على هيئة 8



يمكن عرض أى رقم بإضاءة مجموعة من الشرائح

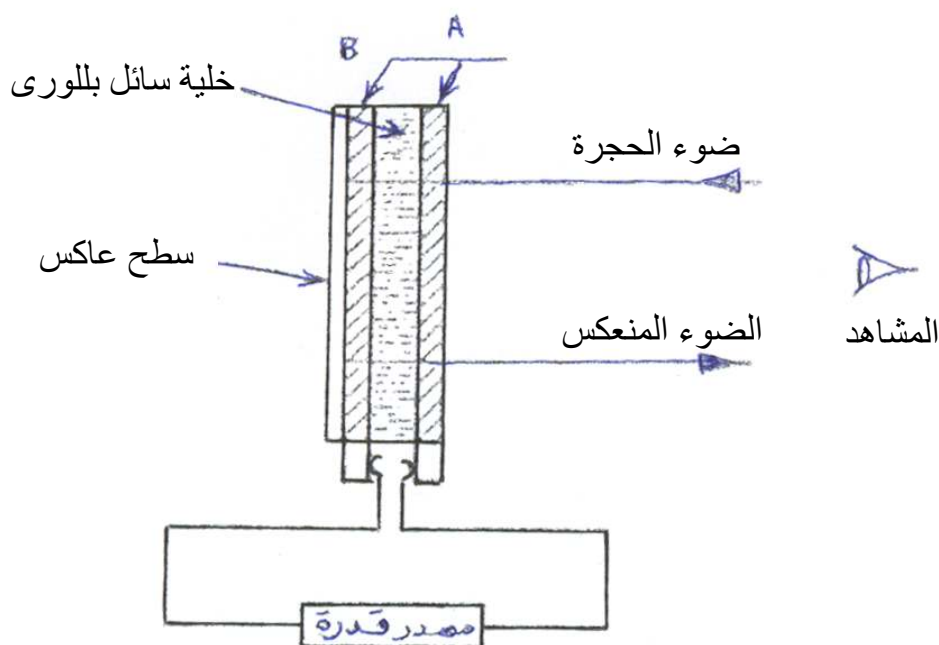
شكل (6-13)

* مبيئات السائل البللوري LCD's :

تستعمل مبيئات السائل البللوري إما لعرض الأرقام، أو الأرقام والحروف معاً كما هو الحال بالنسبة لمبيئات العرض باستخدام الثنائيات المشعة للضوء الـ LCD's في إنها تتحكم في الضوء ولا تولده كما في حالة الـ LED's ويمتاز مبين السائل البللوري بأنه يحتاج الي جهد وتيار تشغيل منخفض أى قليل القدرة المستهلكة مما يجعل هذا النوع مثالياً للإستخدامات المتنقلة والصغيرة مثل ساعات اليد والحاسبات الصغيرة . والشكل (6-14) يوضح فكرة عمل مبين السائل البللوري حيث يوضع السائل البللوري بين مرشحين للضوء A . B كما يوجد

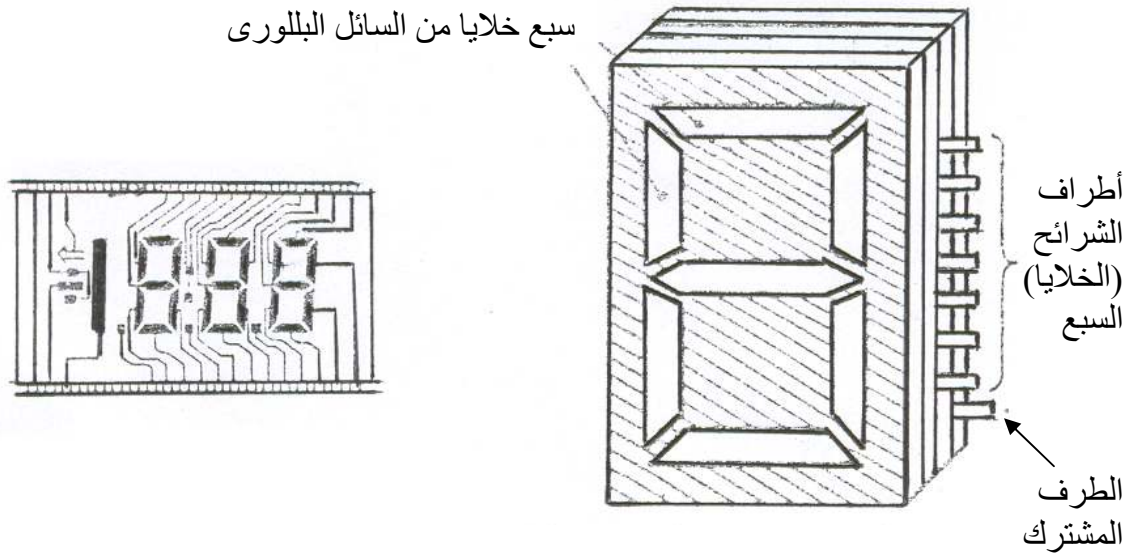
سطح عاكس للضوء خلف المرشح B ، ويغطي السطحان الداخليان للمرشحين بسطح موصل شفاف لتوصيل التغذية بالقدرة إلى السائل البللوري . فى حالة عدم توصيل مصدر القدرة . فإن ضوء الغرفة الساقط على المبين لا يمتص عن طريق السائل البللوري بل يعبر الضوء المرشحات والسائل ثم ينعكس عن طريق السطح العاكس وبهذا تظهر مساحة السائل البللوري مثل الخلفية المحيطة بها أى لا يظهر أى شيء .

أما فى حالة توصيل مصدر القدرة فإن ضوء الغرفة الساقط يعبر المرشح A ويمتص فى السائل البللورى فتظهر مساحة السائل البللوري سوداء بالنسبة للخلفية المحيطة بها ، ويمكن ضبط المرشحات فى المصنع بحيث تظهر مساحة السائل بيضاء وسط خلفية سوداء أو العكس أى تظهر مساحة السائل سوداء وخلفية بيضاء.



شكل (6 - 14) فكرة عمل مبين السائل البلورى

يمكن ترتيب سبع خلايا من السائل البللوري على هيئة رقم 7 كما فى شكل (6-15) وذلك للحصول على مبين سائل بللوري ذى سبع شرائح ، كما يمكن عمل مبين رقمى متعدد الخانات كما فى شكل (6-16) وذلك بتجميع عدد من المبيّنات ذات السبع شرائح .



شكل (6-16)

مبين رقمى متعدد الخانات

شكل (6-15)

مبين ذو شرائح على هيئة

أنواع الليزرات : Types of Lasers

توجد أنواع مختلفة من الليزرات ، فالمادة الليزرية المستخدمة لإنتاج الليزر يمكن أن تكون جامدة أو غازية أو سائلة أو شبه موصله . وكل أنواع الليزرات عادة تسمى حسب نوعية المادة الليزرية المستخدمة فيه . وهذه الأنواع هى :

- 1- ليزرات الحالة الصلبة (Solid – State Lasers)
- 2- ليزرات الحالة الغازية (Gas – state lasers)
- 3- ليزر الأكسيمير (Lasers Excimer)
- 4- ليزرات الصبغة (سائلة) (Dye Lasers)
- 5 - ليزرات أشباه الموصلات (Semiconductor Lasers)

ثنائى الليزر Laser Diode

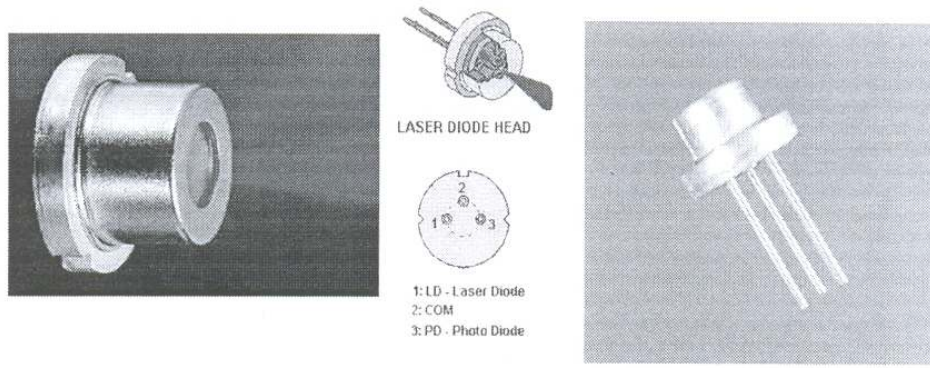
تستخدم ليزرات أشباه الموصلات فى صناعة ثنائى الليزر ، إن ليزر أشباه الموصلات (ديود الليزر) هو ليزر من مادة شبه موصله تتميز بأنها ذات فجوة حزمية مباشرة وأكثر أنواعه شيوعاً هو ديود زرنيخ الجاليوم (GaAs) الذى يصدر إشعاع أحمر بطول موجى 0.85 ميكرون .

يحدث الفعل الليزرى فى دايود الليزر نتيجة الإنتقال المحثوث للإلكترونات بين المستويات الإلكترونية لحزمة التوصيل (Conduction Band) و المستويات الإلكترونية لحزمة التكافؤ (Valence Band) ولذلك فإن الإنتقالات قد تحدث بين أوضاع الكترونية ذات طاقات مختلفة وليس كالإنتقالات التى تكون بين مستويات طاقة محددة .

لقد تم اكتشاف هذا النوع من الليزر سنة 1961 وله كثير من التطبيقات العملية أهمها فى حقل الإتصالات وقد استخدم أيضا فى ضخ أنواع أخرى من الليزر حيث يتميز هذا النوع من الليزر (ليزر شبه الموصلات - ديود الليزر) بما يلى :

- 1- صغر الحجم
 - 2- الكفاءة العالية التى قد تصل إلى 32 %
 - 3- إمكانية التحكم بشدة الشعاع الخارج مباشرة بواسطة التيار الكهربائى
 - 4- رخص الثمن
 - 5- خاصية التنعيم أى إمكانية الحصول على أى طول موجى من بين أطوال موجية متعددة من الليزر نفسه .
 - 6- شدة الإضاءة العالية (أى أنه يصدر كمية كبيرة من الضوء مركزة فى منطقة ضيقة
 - 7- ذات عمر تشغيلى كبير مما يمكننا من الإعتماد عليه فى الإستخدامات التى يكون من الصعب القيام بعمليات تبديل القطع فيها أى أنه ذو كفاءة عالية .
- إن لدايود الليزر إنتقالات متعددة أى يمكن للإلكترونات أن تنتقل بين عدة طبقات وذلك على اختلاف الذرات وتؤدى هذه الإنتقالات إلى حدوث انبعاث ليزرى ، ويمكن اجمال أهم هذه الإنتقالات بما يلى :

- 1- الإنتقالات بين المستويات الطاقية للذرات الشائبة المضافة إلى المادة الأصلية
 - 2- الإنتقالات بين المستويات الطاقية للأنطقة الموجودة فى المواد النصف ناقلة النقية
 - 3- الإنتقالات بين المستويات المغناطيسية
- يتم تصنيع ديود الليزر للإستخدامات التى تحتاج إلى طول موجه صغير من زرنيخ الجاليوم والألومنيوم GaAlAs أما الأجهزة التى تحتاج إلى طول موجه كبير فيصنع الدايدود من InGaAsP (انديوم - جاليوم - زرنيخ - فوسفور)
- ويبين شكل (6-17) بعض الصور الحقيقية لدايودات الليزر بأشكال متنوعة



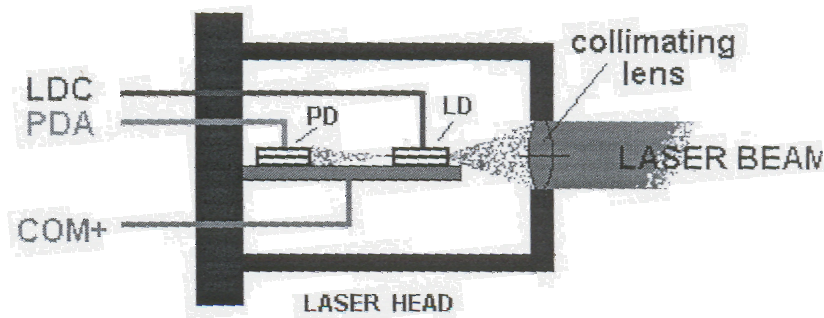
شكل (6-17)

تركيب ديود الليزر :

يتكون كما ذكرنا من وصلة P-N هي عبارة عن الوسط الفعال والذي تضخ إليه الطاقة باستخدام التيار الكهربائي ويحيط بهذا المتصل طلاء عاكس تطلّى به النهايتان المتقابلتان من رقاقة الليزر نصف الناقل ولكن في بعض الأحيان يكون ذلك غير ضروري لأن معامل الإنكسار للهواء أصغر بكثير من معامل الإنكسار لمعظم المواد نصف الناقلّة التي يصنع منها المتصل .

ونلاحظ وجود نوعين رئيسيين لبنية شريحة ديود الليزر وذلك حسب الشكل وطريقة الإشعاع أو بالأحرى منطقة الضوء الصادر .

فالنوع الأول يصدر الضوء عمودي على الوسط الفعال والآخر موازى له وشكل (6-18) يبين شكل مبسط لبنية الليزر بشكل عام



شكل (6-18)

توضع الرقيقة نصف الناقلّة المولدة لأشعة الليزر ضمن تشكيلة هيكلية لحمايتها من التعرض المباشر للبيئة المحيطة ولتأمين أسلاك التوصيل إلى الرقيقة بشكل عملي ويضاف إليها

عدسات لتقويم الإنتشار الذى قد ينشأ فى بعض الأحيان ولتضييق حزمة الضوء فى منطقة صغيرة أو لزيادة مساحة المنطقة المضاءة حسب الطلب وهذا ما يوضحه شكل (6-18) .

أنواع ديودات الليزر :

توجد بنيتان رئيسيتان لدايود الليزر هما :

- 1- بنية فابرى- بيترو أو FP .
- 2- البنية ذات التغذية العكسية المجزأة أو DFB .

استخدامات دايود الليزر :

- 1- الألياف البصرية
- 2- قارئات الأقراص المضغوطة CD والأقراص العالية الدقة المستخدمة فى الأفلام DVD
- 3- الطابعات الليزرية
- 4- مؤشرات الليزر المستخدمة بكثرة هذه الأيام
- 5- الماسحات الضوئية
- 6- أجهزة الـ Bar Code فى المكتبات والمحلات التجارية

تذكر (الدوائر المتكاملة – النبايط الضوئية)

- الدائرة المتكاملة دائرة الكترونية كاملة تحتوى على ترانزستورات ، ثنائيات ، مقاومات ومكثفات + التوصيلات الخاصة بهذه المكونات .
- لا توجد دوائر متكاملة تحتوى على ملفات أو محولات .
- الدائرة المتكاملة صغيرة الحجم – رخيصة الثمن – خفيفة الوزن .
- الدائرة المتكاملة تستهلك قدرة صغيرة جداً .
- لا يمكن اصلاح الدائرة المتكاملة إذا تلف أحد مكوناتها بل تستبدل بأخرى .
- الدائرة المتكاملة للقدرات الصغيرة فقط .
- يمكن تنفيذ دائرة متكاملة عن طريق نشر شوائب نوع N وشوائب نوع P داخل شريحة من نوع P ويمكن التحكم في المقاوم عن طريق الطول والعرض.
- عدد الأطراف الشائعة على الجانبين DIP هو 8-14-16-24 طرف.
- تغلف الدائرة المتكاملة بعد صنعها لحمايتها من الرطوبة والأتربة.
- الدوائر المتكاملة الخطية IC's تستخدم في مجال الالكترونيات.
- الدوائر المتكاملة الرقمية تعمل في حالتين 0, 1.
- الدوائر المتكاملة الرقمية تستخدم فى الدوائر المنطقية والآلات الحاسبة وأجهزة الكمبيوتر.
- عند سقوط ضوء على سطح حساس للضوء يسبب تحرر الالكترونات وتطلق الى الوسط المحيط ويسمى ذلك بالانبعاث الضوئى .
- تتغير مقاومة الخلية الضوئية بتغير شدة الضوء الساقط عليه .
- تستخدم خلايا التوصيل الضوئي في دوائر التحكم في الابواب أوتوماتيكياً .
- عيب الثنائي الضوئي أن له خرج تيار منخفض مقابل تيار الضوء الساقط عليه.
- الترانزستور الضوئي به فتحه عليها عدسة لدخول الضوء.
- الثنائي الضوئي الموجود بين المجمع والقاعدة فى الترانزستور الضوئي يستعمل كمصدر للتيار المغذى لقاعدة الترانزستور.
- يستعمل الترانزستور الضوئي في التاكوميتر لقياس السرعة.
- يستعمل الترانزستور الضوئي ككاشف للدخان في دوائر الإنذار.

- تستعمل الثنائيات المشعة للضوء كمبين بسيط " لمبة بيان " لإعطاء بيان لحالتى التوصيل on أو off.
- توجد عدة أنواع من الليزرزات منها :
 - 1- ليزر الحالة الصلبة
 - 2- ليزر الحالة الغازية
 - 3- ليزر الأكسيد
 - 4- ليزرات الصبغة (سائلة)
 - 5- ليزرات أشباه الموصلات
- أشهر أنواع ديودات الليزر تصنع من زرنيخ الجاليوم (GaAs) ويصدر إشعاع أحمر بطول موجى (0.85 ميكرون)
- يحدث الفعل الليزرى فى دايود الليزر نتيجة الانتقال المحثوث للإلكترونات بين المستويات الإلكترونية لحزمة التوصيل والمستويات الإلكترونية لحزمة التكافؤ
- يمتاز دايود الليزر بـ : صغر الحجم - الكفاءة العالية - رخص الثمن - شدة الإضاءة العالية - خاصية التنعيم - عمر أطول
- من أنواع دايودات الليزر :
 - 1- بنية فابرى-بيترو FP
 - 2- البنية ذات التغذية العكسية المجزأة DFB
- من استخدامات ثنائى الليزر :
 - 1- الألياف البصرية
 - 2- قارئات الأقراص المضغوطة
 - 3- الطابعات الليزرية

أسئلة على الباب السادس

- 1- اذكر انواع الترانزستور مع رسم الدائرة الكهربائية لكل منها
- 2- اشرح مع الرسم منحنى خواص الترانزستور عند ثبات تيار القاعدة
- 3- عند دراسة خواص الترانزستور يجب الأخذ في الاعتبار نقاط هامة فما هي هذه النقاط
- 4- اشرح مع الرسم تركيب ونظرية عمل الترانزستور
- 5- اشرح مع الرسم طريقة تشغيل الترانزستور عن طريق المشع المشترك
- 6- اشرح مع الرسم ظاهرة الانبعاث الضوئي
- 7- اشرح مع الرسم نظرية الخلية الفوتوفلطية
- 8- في بعض المواد شبه الموصلة تقل مقاومتها بسقوط الضوء عليها. اشرح سبب ذلك
- 9- اشرح مع الرسم الوصلة الثنائية من حيث التركيب ونظرية العمل
- 10- اشرح مع الرسم نظرية عمل الثنائي المشع للضوء LED
- 11- اشرح نظرية عمل خلية السائل البلوري
- 12- اشرح مع الرسم تركيب الترانزستور الضوئي وفيما يستخدم
- 13- اذكر مميزات استخدام النبائط الضوئية عن استخدام الاشارات الكهربائية
- 14- يستخدم السائل البلوري في عمل فتائل عرض الأرقام والحروف اشرح مع الرسم خلية المبين البلوري
- 15- اشرح مع الرسم تركيب الخلية الشمسية
- 16- ما هي أنواع الليزر
- 17- اذكر أنواع ثنائى الليزر ومما يصنع
- 18- ما هي مميزات ثنائى الليزر
- 19- اذكر استخدامات ثنائى الليزر