المحاضرة السابعة

الألياف البصرية

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

المصادر الضوئية Light Sources

- تتمثل الوظيفة الأساسية للمصادر الضوئية في تحويل الإشارات الكهربائية إلى إشارات بصرية على ترددات الضوء
- حيث يتم إرسالها عبر الليف البصري إلى جهة الاستقبال
- إن المعلومات المراد إرسالها سواء كانت في الأنظمة التماثلية أو الرقمية عادة ما تكون ذات طبيعة كهربائية Electrical Signals

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

المصادر الضوئية Light Sources

- حتى نتمكن من إرسالها عن طريق أنظمة الإتصالات البصرية عبر الليف البصري لابد من تحويلها إلى إشارات ضوئية
- وعند وصولها إلى جهة الاستقبال يتم تحويلها وإرجاعها مرة أخرى إلى طبيعتها الكهربائية.
- المتطلبات العامة التي يجب أن تتوفر في المصادر الضوئية هي إمكانية التعديل و الأطوال الموجية والقدرة المنبعثة من كل نوع

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

المصادر الضوئية Light Sources

- هنالك نوعان رئيسيان من المصادر الضوئية هما:

i. ثنائي الباعث الضوئي Light Emitting Diode ويعرف اختصارا بال(LED)

ii. وثنائي الليزر Laser Diode ويعرف بال(LD)

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

المتطلبات التي يجب أن تتوفر في المصدر الضوئي

- هنالك العديد من المتطلبات والشروط التي يجب مراعاتها وتوفرها في المصدر الضوئي عند اختياره لتطبيق معين في أنظمة الإتصالات البصرية وهي:

✓ أن يكون الطول الموجي المنبعث من المصدر الضوئي ملائماً للإرسال عبر الألياف البصرية

✓ أن تكون القدرة المنبعثة من المصدر عالية بالقدر الكافي لاستخدامها في الإتصالات بعيدة المدى

✓ أن يكون عرض النطاق الإشعاعي σ_λ أقل ما يمكن وذلك لتقليل قيمة تشتت المادة

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

المتطلبات التي يجب أن تتوفر في المصدر الضوئي

- ✓ أن تكون المساحة الإشعاعية للضوء الخارج من المصدر أقل من مساحة لب الليف وذلك لتحسين توصيل الضوء لليف.
- ✓ الإستقرارية في قيمة القدرة المنبعثة، الطول الموجي وعرض النطاق الإشعاعي وعدم تأثرها بدرجة الحرارة.
- ✓ إمكانية تعديل المعلومات ونقلها عبر الليف.
- ✓ أن تتمتع بسرعة تعديل عالية لضمان إرسال أكبر قدر ممكن من المعلومات

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

المتطلبات التي يجب أن تتوفر في المصدر الضوئي

- ✓أن تكون الدوائر الإلكترونية المصاحبة للمصدرمن أجل تشغيله أبسط ما يمكن.
- ✓قلة التكلفة

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

الأطوال الموجية العاملة

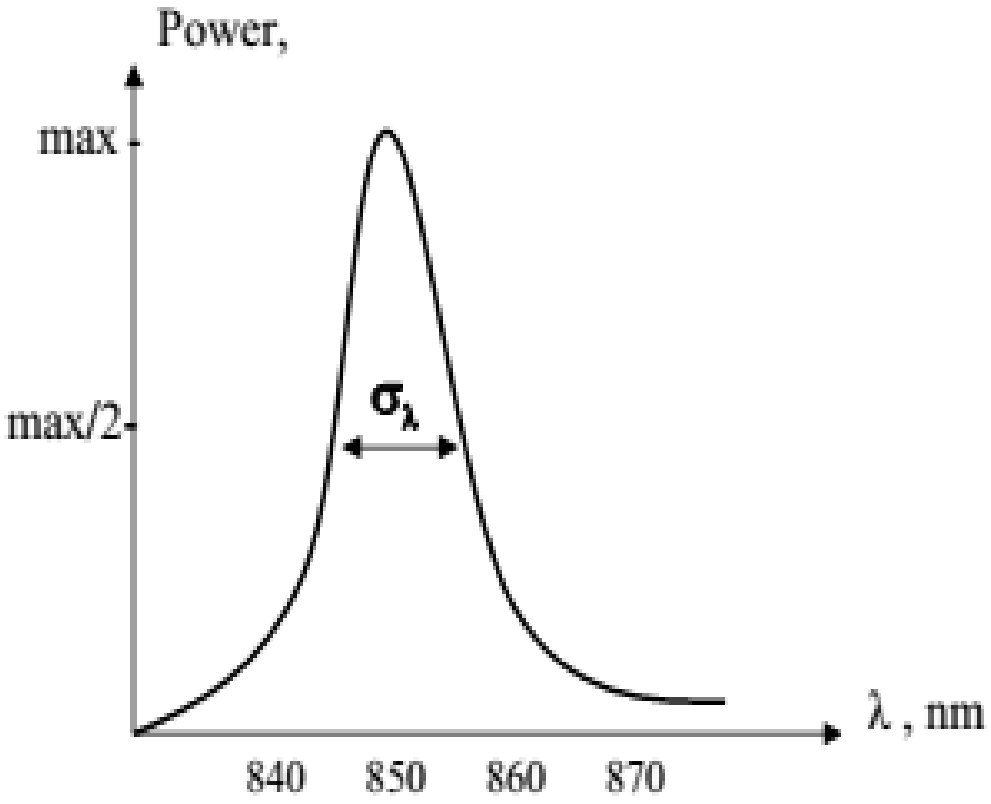
- يتوجب أن يكون الطول الموجي المنبعث من المصدر الضوئي مطابقاً للأطوال الموجية التي تعمل عليها الألياف البصرية بشكل فعّال.
- كما هو معلوم أن الطول الموجي يؤثر وبشكل مباشر على قيمة التوهين وتشتت النبضات المرسلة عبر الليف البصري
- حيث تستخدم أطوال موجية معينة للعمل في أنظمة الإتصالات البصرية

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

الأطوال الموجية العاملة

- يوجد هنالك عامل أخر مرتبط بالطول الموجي ويعبر عن العرض الإشعاعي للضوء المنبعث من المصدر يسمى بعرض الخط Line width .
- الشكل التالي يوضح العرض الإشعاعي للمصدر الضوئي

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري



عرض الإشعاع للمصدر الضوئي

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

الأطوال الموجية العاملة

- تؤثر قيمة العرض الإشعاعي للمصدر الضوئي على قيمة تشتت المادة حيث تتراوح قيمته من 50nm to 20nm للثنائي الباعث الضوئي وأقل من 1nm لثنائي الليزر.
- تعتمد قيمة الطول الموجي المنبعث من المصدر الضوئي والعرض الإشعاعي له على عدة عوامل هي:

i. نوع مادة شبه الموصل المصنوع منها المصدر الضوئي.
ii. تركيبة وبناء المصدر الضوئي.
iii. ظروف التشغيل

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

القدرة الخارجة من المصدر

- تتراوح قيمة القدرة المنبعثة من المصادر الضوئية من عشرات المايكرو واط للثنائي الباعث الضوئي
- وتصل إلى حوالي مئة واط لبعض أنواع الليزر.
- إن نسبة الضوء الذي يدخل فعلياً إلى الليف هي نسبة قليلة من تلك القيم والتي تعتمد على:

➢ الزاوية التي يخرج بها الضوء من المصدر.

➢ المساحة الإشعاعية للضوء المنبعث من المصدر.

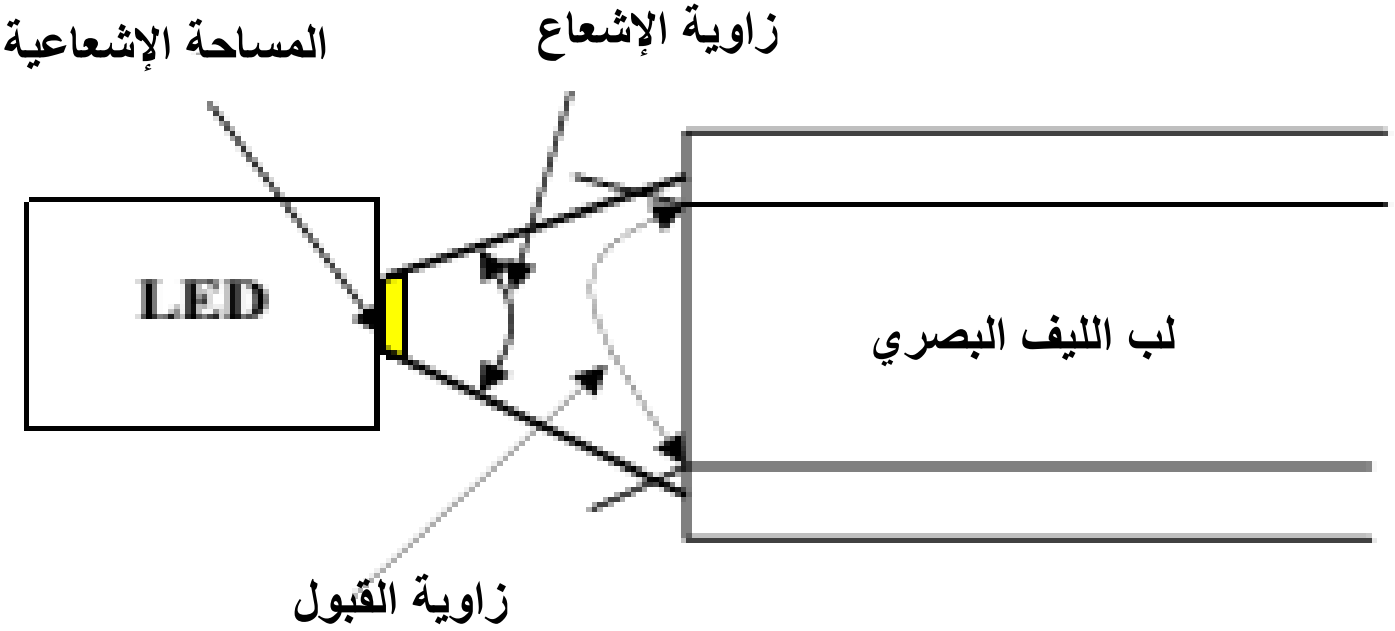
➢ درجة المواءمة بين المصدر والليف.

➢ الفتحة العددية لليف

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

القدرة الخارجة من المصدر

- الشكل التالي يوضح العوامل التي تعتمد عليها نسبة الضوء الداخل من المصدر الضوئي لليف البصري



د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

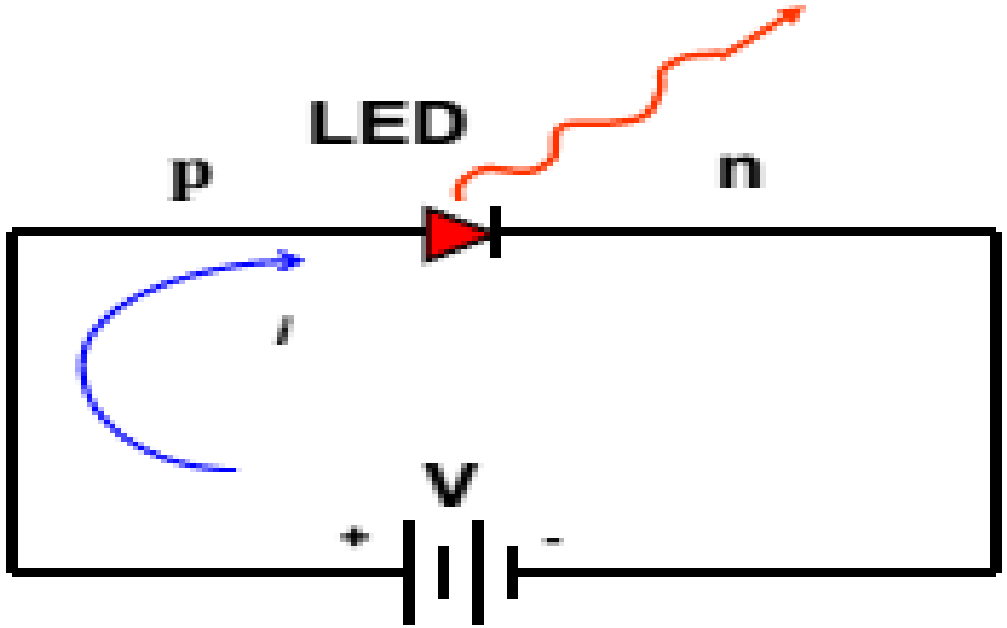
ثنائي الباعث الضوئي: Light Emitting Diode

- يعتبر الثنائي الباعث للضوء من المصادر الضوئية واسعة الانتشار وقليلة التكاليف والتي تستخدم في الإتصالات قصيرة المدى والتي تعمل على سرعات بث ليست بالعالية مثل شبكات الإتصالات المحلية LAN Networks.
- غالباً ما يصنّع هذا النوع من المصادر الضوئية على أن تعمل على الأطوال الموجية 1300nm , 850nm بالإضافة إلى 650nm للعمل مع الألياف البلاستيكية.

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

مبدأ عمل الـLED

- يعتمد مبدأ عمل الثنائي الباعث الضوئي على نظرية الوصلة PN (PN Junction) والتي تعتبر الأساس في مبدأ عمل جميع المكونات الكهروضوئية (المصادر والكاشف الضوئية). حيث ينبعث الضوء من الثنائي الضوئي عند سريان تيار كهربا

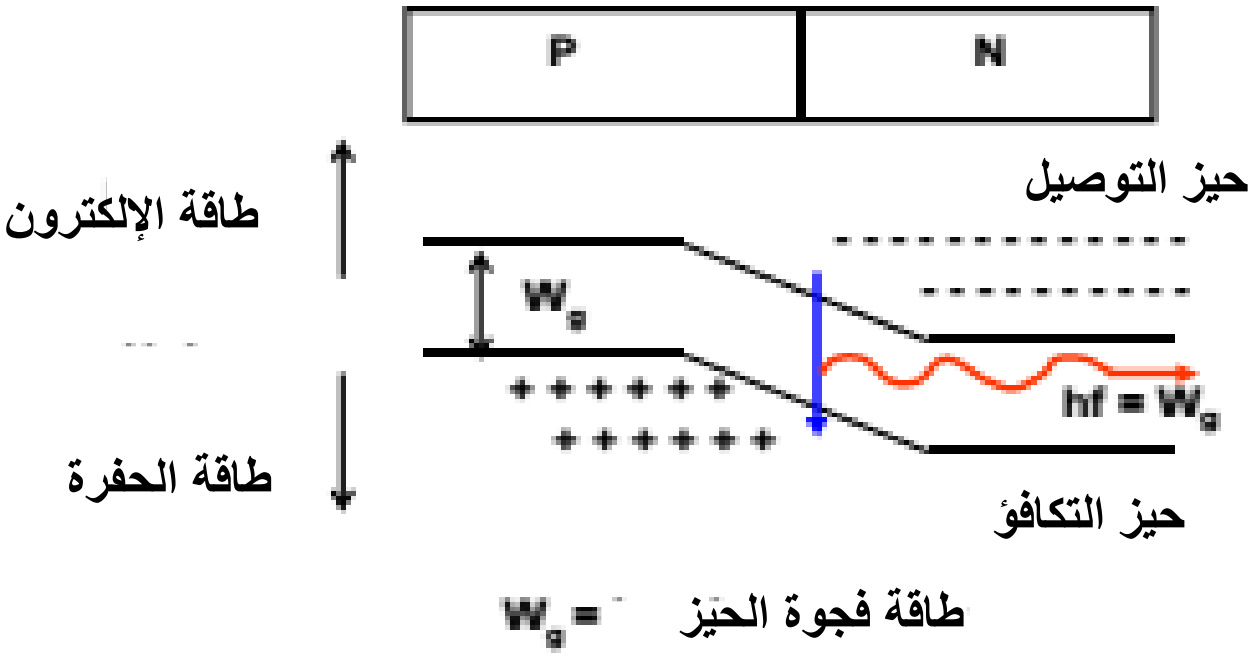


د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

خصائص الثنائي الباعث الضوئي

- من الشكل أدناهـ الطاقة المنبعثة من الثنائي تأخذ شكل الفوتونات في حالة الانحياز الأمامي للوصلة وهي عبارة عن طاقة الفجوة (Energy Gap)حيث تحدد قيمتها حسب نوع شبه الموصل المستخدم.

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري



W_g = طاقة فجوة الحيز

الشكل يبين الطاقة المنبعثة من الثنائي

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

خصائص الثنائي الباعث الضوئي

- الطول الموجي المنبعث من الثنائي الباعث الضوئي يعبر عنه بالعلاقة التالية

$$W_g = hf \rightarrow W_g = h\frac{c}{\lambda} \quad jol$$

$$1ev = 1.6\times10^{-19}$$

$$h = 6.626\times10^{-34}\, J.s$$

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

خصائص الثنائي الباعث الضوئي

- باعتبار أن طاقة الفجوة معطاة بالإلكترون فولت فإنه يمكن حساب قيمة الطول الموجي المنبعث كالأتي:

$$\lambda = \frac{hc}{W_g} = \frac{(6.26\times10^{-34})(3\times10^{8})}{W_g\,(ev)\times1.6\times10^{-19}}$$

$$\lambda = \frac{1.24\times10^{-6}}{W_g\,(ev)}\,m \qquad \therefore \lambda = \frac{1.24}{W_g}\,\mu m$$

حيث:

Wg بالإلكترون فولت و λ بالمايكروميتر

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

الجدول التالي يوضح بعض قيم الأطوال الموجية المنبعثة من الثنائي الباعث الضوئي حسب نوع مادة شبه الموصل وحسب قيمة طاقة الفجوة للثنائي

الطول الموجي Wavelength [µm]	طاقة الثغرة Energy Gap [e.v]	المادة Material
1.107 µm	1.12	السيليكون
1.850 µm	0.67	الجرمانيوم
0.867 µm	1.43	GaAs
1.329 µm	0.933	AlGaAs
1.3 µm	0.9538	InGaAs
1.55 µm	0.8	InGaAsP

أنواع الثنائي الباعث الضوئي

- ينقسم الثنائي الباعث الضوئي إلى نوعين حسب المنطقة الإشعاع التي ينبعث منها الضوء هما:

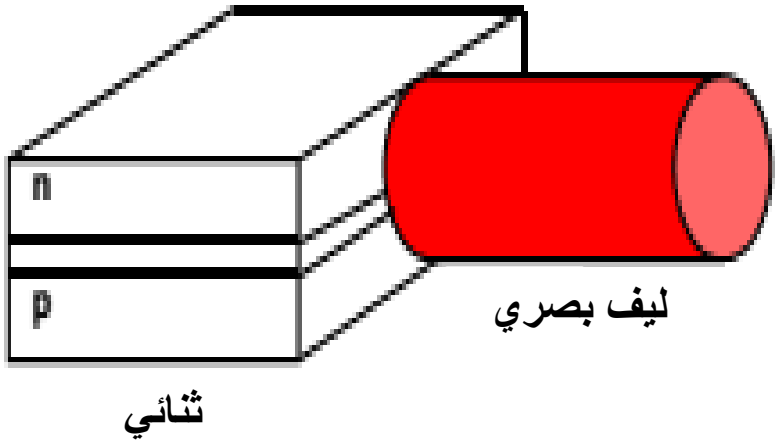
١. الثنائي الباعث الضوئي ذو الإشعاع السطحي Surface Emitting Diode.

٢. الثنائي الباعث الضوئي ذو الإشعاع الطرفي Edge Emitting Diode

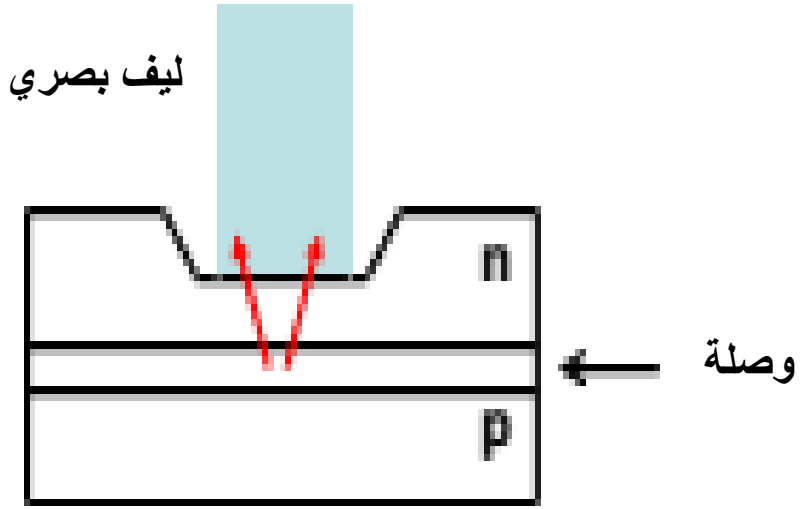
د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

أنواع الثنائي الباعث الضوئي

- الشكل التالي يوضح كيفية قرن كل نوع من أنواع الثنائي الباعث الضوئي مع الليف البصري



الثنائي ذو الإشعاع الطرفي



الثنائي ذو الإشعاع السطحي

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

***Laser Diode* : ثنائي الليزر**

- المعنى المقصود بمصطلح ***Laser*** يأتي اختصارا للأتي:-
Light Amplification Stimulated Emission Radiation
- والتي تعني تضخيم الضوء عن طريق الانبعاث الإشعاعي المحفّز
- يتشابه ثنائي الليزر والثنائي الباعث الضوئي من حيث مبدأ العمل لكن طريقة انبعاث الضوء تختلف حيث يحصل تكبير الفوتونات المتولدة داخل الليزر وذلك بعد تحفيزها

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

ثنائي الليزر: Laser Diode

- حتى يتم الحصول على شعاع الليزر لابد من تحقق شرطين مهمين هما:

I. الأول وجود مصدر تحفيز

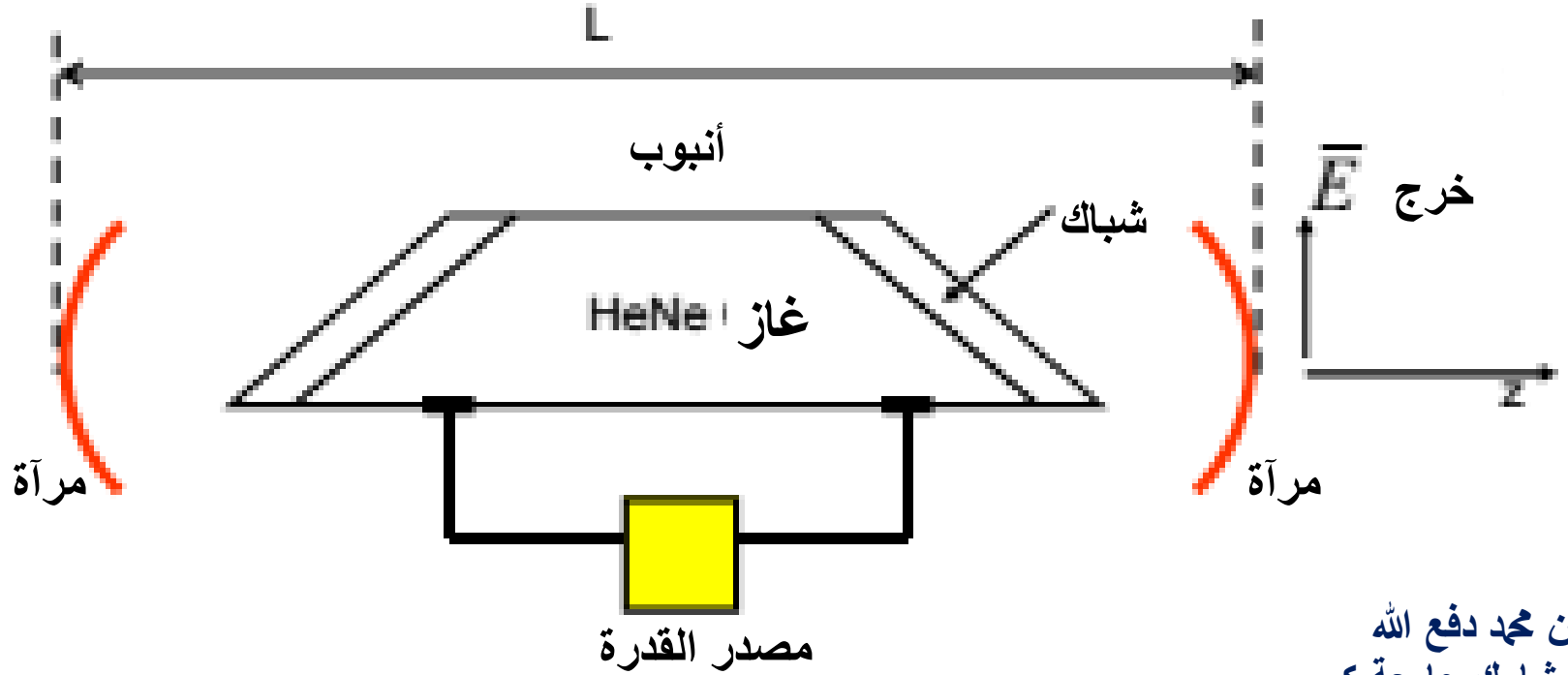
II. والثاني توفر حيز ضيق لحصر الفوتونات وذلك لزيادة فرص تصادمها.

- هذا هو الفرق الأساسي بين ثنائي الليزر والثنائي الباعث الضوئي وذلك لأن الانبعاث في الثنائي الباعث العادي **تلقائي (Spontaneous Emission)** بينما في الليزر يكون انبعاث **محفّز (Stimulated Emission)**.

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كردي

بنية ثنائي الليزر

- الشكل أدناهـ يوضح طريقة تركيب أو بنية ثنائي الليزر حيث يتكون من أجزاء رئيسية هي مصدر الطاقة والمادة الفعالة بالإضافة لعدد مرآتين لكي تتم عملية التضخيم



د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

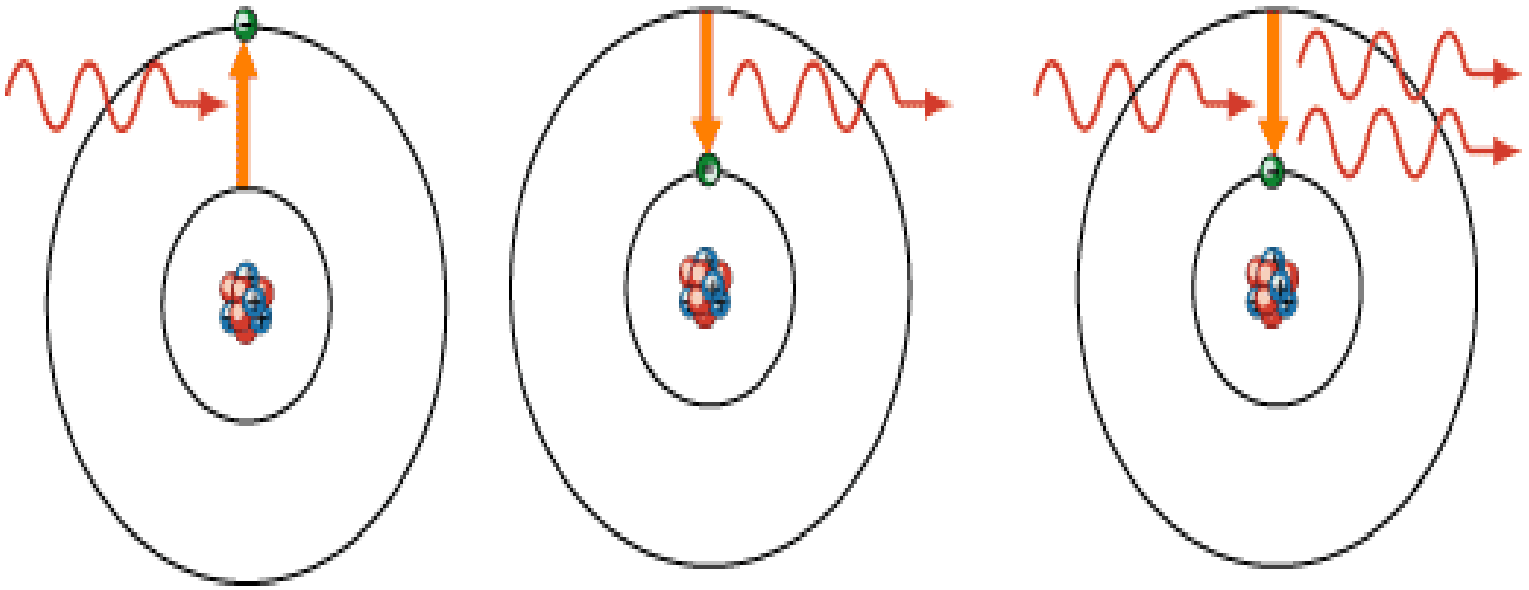
الانبعاث المحفّز:Stimulation Emission

- هو عبارة عن عملية يتم فيها إثارة إلكترون معين بطاقة معينة في مستوى طاقة معين داخل الذرة فيهبط الإلكترون إلى مستوى الطاقة الأدنى مولداً فوتوناً أخر له نفس خصائص الفوتون الأول من حيث التردد والطور والاستقطاب ويكون أيضاً في نفس الاتجاه.
- نتيجة لعملية التضخيم هذه فإن عدد الفوتونات المتولدة في الليزر أكبر منها بكثير في حالة الثنائي الباعث الضوئي وبالتالي فإن القدرة المنبعثة من الليزر تكون عالية

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

الانبعاث المحفّز:Stimulation Emission

- خطوات توليد الليزر كما يبين الشكل أدناه



د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

خصائص الليزر

i. الضوء المنبعث من الليزر عبارة عن شعاع ضيق جدا.
ii. شعاع الليزر متجانس أي له نفس التردد والطور والطول الموجي.
iii. أحادي اللون أي أنه أحادي التردد والطول الموجي.
iv. شعاع الليزر عالي الاتجاهية Directivity .
v. شعاع الليزر عالي الكثافة.
vi. ذو كفاءة كمية عالية.
vii. يمكن الإرسال لأبعد مسافة عن طريق الليزر.
viii. لليزر معدل تضمين عالي.

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

الكفاءة الكمية لليزر: Laser Quantum Efficiency

- يمكن تعريفها بأنها عدد الفوتونات المتولدة داخل الليزر نسبة الى عدد الإلكترونات.
- حتى يعمل الليزر يجب إدخال تيار كهربائي لا تقل قيمته عن قيمة معينة تسمى تيار العتبة Threshold Current يقوم بحقن الإلكترونات

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

الكفاءة الكمية لليزر: Laser Quantum Efficiency

- يمكن أن تحسب كفاءة الليزر بالعلاقة التالية:

$$\eta = \frac{\Delta P}{\Delta I}$$

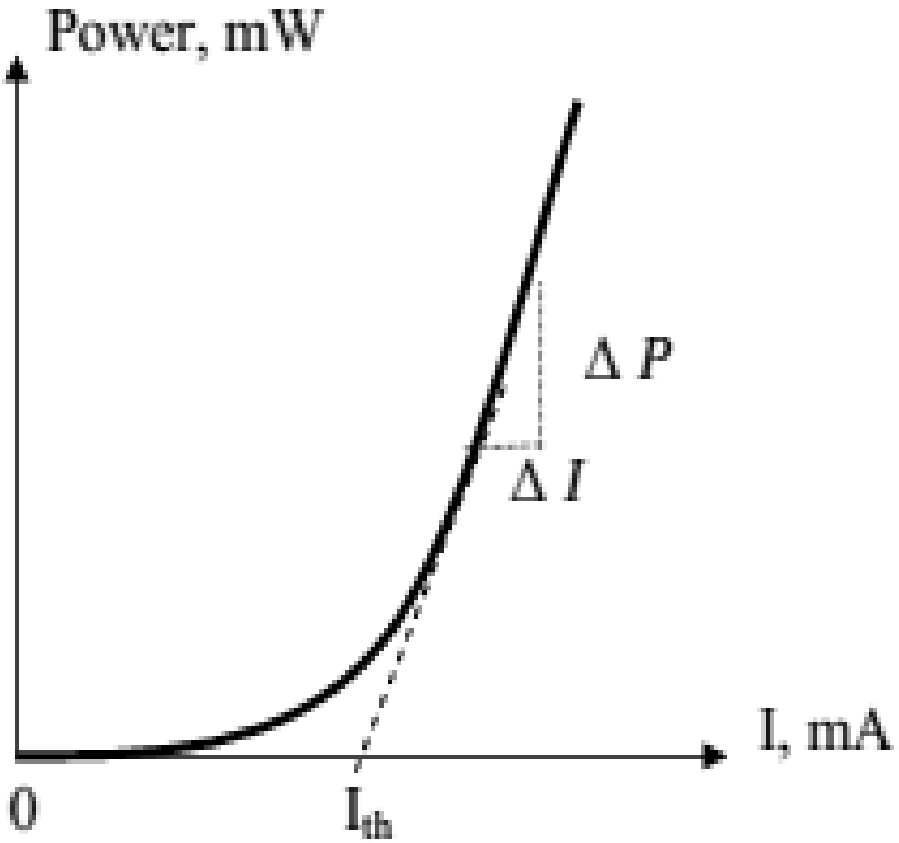
حيث:

ΔP : معدل التغير في قيمة القدرة الخارجة من الليزر.

ΔI : لمعدل التغير في قيمة التيار المشغل لجهاز الليزر.

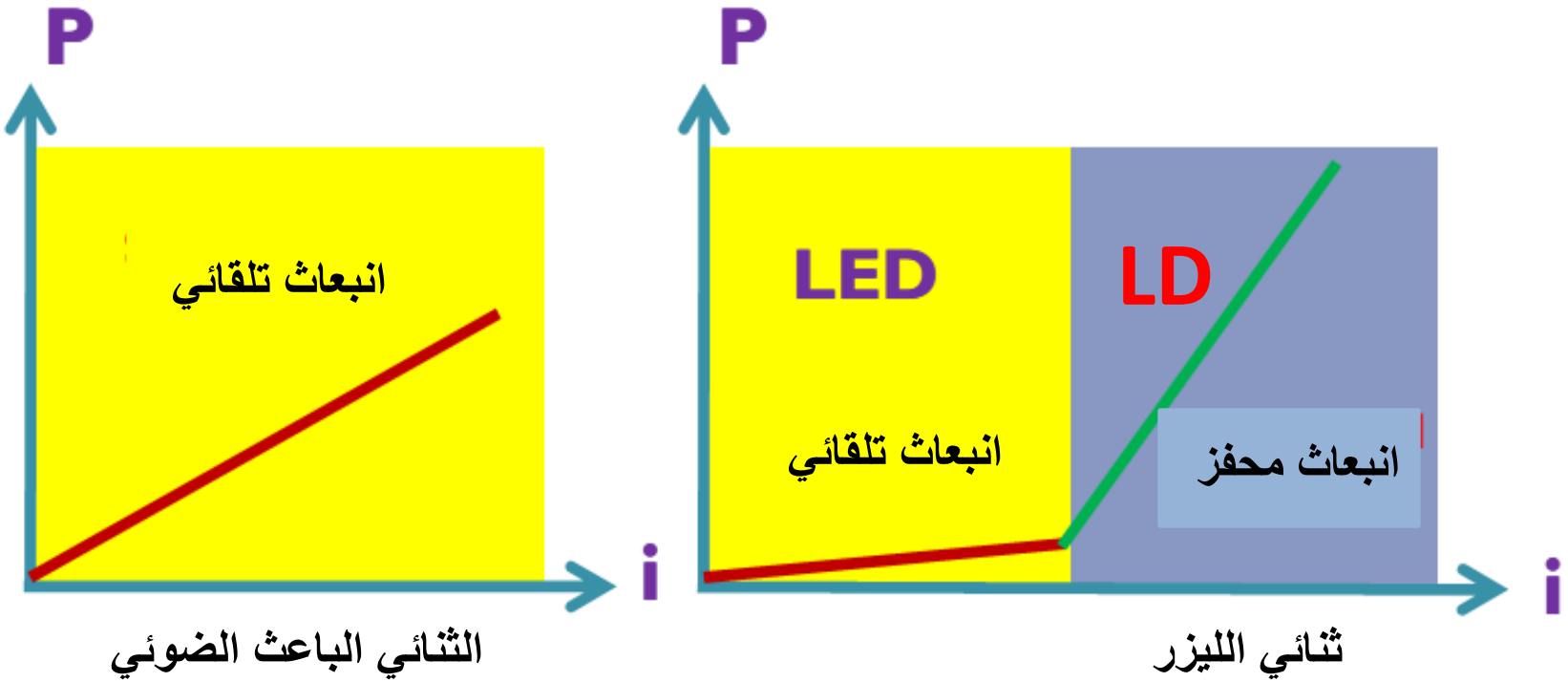
د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

- الشكل أدناهـ يوضح كفاءة الليزر ويوضح العلاقة بين التيار المحقون والقدرة الخارجة من الليزر:



د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

الشكل أدناهـ يوضح الفرق بين الثنائي الباعث الضوئي وثنائي الليزر من حيث القدرة الخارجة



د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري