الديود الباعث للضوء في إنارة الشوارع

October 28

2010

إعداد

م.منال عريشة & م. نسرين الصوّا

www.kawngroup.com

الديود الباعث للضوء في إنارة الشوارع

Light Emitting Diodes LED

عند استخدام النظم الكهروضوئية في إنارة الشوارع كان لا بد من البحث عن أجهزة إنارة أكثر توفيراً للطاقة لخفض الاستهلاك وبالتالي تقليل استطاعة المدخرات المستخدمة في تخزين الطاقة كون الإنارة المطلوبة في ساعات الليل فقط وبذلك يتم تخفيض الاستطاعة الكهربائية المطلوبة من اللوحات الكهروضوئية مما يؤدي إلى تقليل كلفة النظام الكهروضوئي ويصبح أكثر منافسة للنظم التقليدية لإنارة الشوارع.

فكما تنافس الألواح الشمسية وتتحدى تقنيات توليد الطاقة التقليدية لمصلحة البيئة، فإن مصابيح الليد تشكل البدائل التي ستنافس التقنيات المضيئة في هذه الأيام كمصابيح الفلوريسنت والمصابيح المتوهجة التقليدية .

تبعا لدراسة أجريت من قبل روبرت غرو مدير العلاقات الحكومية لأعظم مجلس تجارة في واشنطن فإن المناطق الحضرية العشرة الأكبر في الولايات المتحدة يمكن أن تخفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون ب ١,٢ مليون طن متري ، ويوفر ٩٠ مليون دولار بالسنة، بالتحويل إلى الإضاءة الأكثر كفاءة مثل الليد.

فيما يلي سنوضح كيفية عمل الليد وخصائصه بالمقارنة مع المصابيح التقليدية

فكرة عمل الديود باعث الضوء Light Emitting Diodes :

يختصر اسم الديود الباعث للضوء بـ LED وهي أول حرف من كلمات Light Emitting Diodes والتي توضح فكرة هذه الأداة وهي إصدار الضوء، ولهذه الأداة (LED) تطبيقات عديدة في مجال الالكترونيات وتدخل في تركيب العديد من الأجهزة الحديثة حيث تضيء الـ LED لتعلم المستخدم أن الجهاز يعمل مثل اللمبة الحمراء التي تضيء عندما يكون جهاز التلفاز في حالة الاستعداد أو في أجهزة الراديو عند استقبال محطة عليه وتدخل في الساعات الرقمية وأجهزة التحكم عن بعد والتلفزيونات الكبيرة التي تستخدم كشاشات عرض كبيرة وفي إضاءة إشارات المرور.

باختصار الـ LED هوعبارة عن لمبة ضوء الكترونية، أي لا تحتوي على فتيلة ولا تسخن كما في المصابيح الكهربائية، فهي تصدر الضوء من خلال حركة الالكترونات في داخل مواد من أنصاف النواقل (semiconductor) التي تتكون منها الترانزستورات.

ما هو الديود:

الديود هو أصغر أداة مصنعة من مواد أنصاف النواقل، حيث أن أنصاف النواقل هي مواد نصف ناقلة للكهرباء وهي مصنعة من مواد ضعيفة التوصيل للتيار الكهربائي ومشابة بنسبة من الشوائب من مادة أخرى وتسمى عملية الاشابة (Doping).
في حالة الـ LED فإن المادة الموصلة هي الومنيوم جاليوم ارسانيد (AlGaAs) التي تكون فيها كل الذرات مرتبطة في الحالة النقية تماماً، مما ينتج عنه عدم توفر الكترونات حرة لنقل التيار الكهربائي، ولكن عند

إشابة هذه المادة بنسبة محددة فإن الحالة من عدم توصيل التيار الكهربائي تتغير، حيث بإضافة الكترونات أو انتزاع الكترونات (لترك فجوات) يمكن أن يتحرك الإلكترون وتصبح المادة شبه ناقلة للتيار الكهربائي.
أنصاف النواقل ذات الالكترونات الإضافية من الإشابة تسمى مواد من النوع N وهو الحرف الأول من كلمة (Negative) أي سالبة الشحنة لان حاملات الشحنة هي الالكترونات التي تتحرك من المناطق السالبة الشحنة إلى المناطق الموجبة الشحنة.
أما أنصاف النواقل التي تحتوي على نقص في إلكترون أو أكثر أي ما يعرف بالفجوة تسمى مواد من النوع P وهو الحرف الأول من كلمة (Positive) أي موجبة الشحنة حيث ينتقل الالكترون من فجوة إلى أخرى مما يعتبر من ناحية أخرى أن الفجوة هي التي تنتقل والتي تمثل الشحنة الموجبة التي تنتقل من المناطق الموجبة إلى المناطق السالبة.
فإذاً الديود هو عبارة عن اتصال مادتين نصف ناقلتين إحداهما من النوع N والأخرى من النوع P مع وجود الكترود على الطرفين الخارجيين لتوصيل الديود بفرق الجهد الكهربائي في دارة كهربائية.

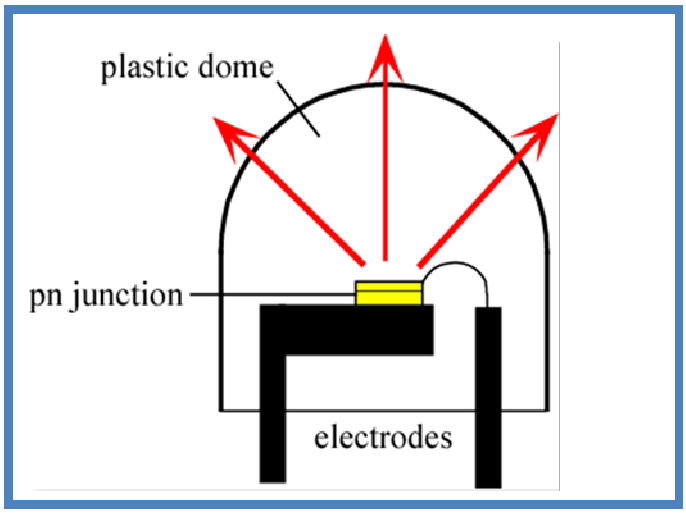
كيف ينتج الديود الضوء

الضوء هو عبارة عن طاقة تنتج أو تنبعث من الذرة في صورة أشباه جسيمات تسمى الفوتونات (Photons) لها كمية حركة وكتلتها صفر، وسميت أشباه جسيمات لان الضوء له طبيعة مزدوجة فيمكن أن يكون موجة ويمكن أن يكون جسيم
تنطلق الفوتونات من الذرات نتيجة لحركة الالكترونات، ففي الذرة تتحرك الالكترونات في مدارات دائرية حول النواة ، حيث يعتمد نصف قطر المدار على كمية الطاقة التي يمتلكها الإلكترون فكلما كانت الطاقة كبيرة كان نصف قطر المدار أكبر، أي الإلكترون أبعد عن النواة.
عندما ينتقل إلكترون من مدار منخفض الطاقة إلى مدار أعلى فإنه يمتص طاقة خارجية ليتم الانتقال، أما في حالة عودة الإلكترون من المدار الأعلى (ذو الطاقة الأعلى) إلى المدار الأدنى (ذو الطاقة الأدنى) فإنه تتحرر طاقة يحملها فوتون تساوي فرق الطاقة بين المدارين،
وبالتالي فإن طاقة الفوتون تتحدد بفارق الطاقة بين المدارين الذين انتقل بينهما الإلكترون وهذا يدل على أن طاقة الفوتون يمكن أن تكون متغيرة حسب المدارات التي حدثت بينها الانتقالات، تغير طاقة الفوتون تعني تغير في الطول الموجي للفوتون فيمكن أن يكون فوتون على شكل ضوء مرئي أو ضوء غير مرئي.
في حالة وصلة الديود فإن الالكترونات الحرة تتحرك عبر وصلة الديود في اتجاه الفجوة وهذا يعني أن الإلكترون عندما يتحد مع الفجوة كما لو أنه انتقل من مدار عالي الطاقة إلى مدار منخفض الطاقة وتنطلق الطاقة على شكل فوتون.
ولكن لا نرى الفوتون المنبعث إلا إذا كان ذو طول موجي واقع في الطيف المرئي وهذا لا يتحقق في كل وصلات الديود ففي الديودات المصنعة من مادة السليكون يكون الفوتون المنطلق في المنطقة تحت الحمراء من الطيف الكهرومغناطيسي للضوء ولا يرى بالعين المجردة ولكن له تطبيقات هامة في جهاز التحكم عن بعد حيث تنتقل التعليمات منه إلى التلفاز على شكل نبضات من الفوتونات تحت الحمراء يفهمها مجس الاستقبال في التلفاز.
وللحصول على وصلة ديود تعطي ضوء مرئي فإنه يستخدم مواد ذات فارق طاقة اكبر بين مدار الإلكترون في المادة N والفجوة في المادة P التي تمثل المدار ذو الطاقة الأدنى،

حيث أن التحكم في هذا الفارق يحدد لون الضوء المنبعث من الديود عند اتحاد الإلكترون مع الفجوة خلال وصلة الديود.

في حين أن كل أنواع الديودات تعطي ضوء إلا أن هذا الضوء المنبعث له كفاءة معينة تحدد شدة الضوء المنبعث ، حيث أن جزء من هذا الضوء يعاد امتصاصه داخل وصلة الديود.

ولكن الديودات الباعثة للضوء (LED) تصمم بحيث يتم توجيه الضوء إلى الخارج من خلال احتواء وصلة الديود داخل مادة بلاستيكية على شكل مصباح شبه كروي لتركيز الفوتونات المنطلقة في اتجاه محدد.



الأجزاء الرئيسية للديود الضوئي LED

خصائص الـ LED :

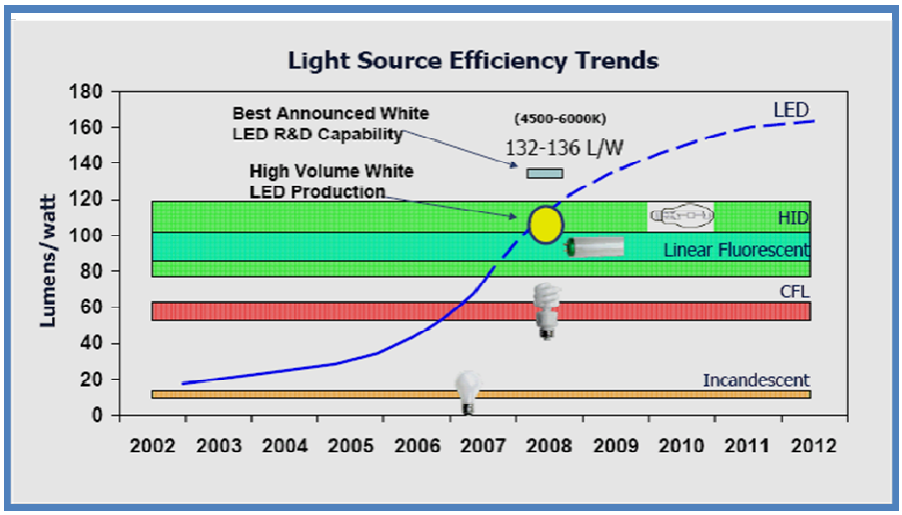
تمتلك الـ LED خصائص تميزها عن المصابيح الكهربائية التقليدية فهي في البداية لا تحتوي على فتيلة يمكن أن تحترق، فتعيش مدة زمنية أطول بكثير تصل حتى ٥٠٠٠٠ ساعة، كما أنها صغيرة الحجم تمكننا من استخدامها في تطبيقات الكترونية عديدة، هذا بالإضافة إلى كفاءتها العالية بالمقارنة مع المصابيح التقليدية، ولا تنبعث منها أي طاقة حرارية التي تعتبر طاقة مفقودة، وهي أكثر كفاءة طاقية من المصابيح المتوهجة ومصابيح الهالوجين التقليدية، وهي ذات تكاليف صيانة منخفضة، لا تصدر أشعة غير مرغوبة (فوق بنفسجية أو تحت الحمراء)، وبالتالي هي أقل خطورة ، ولا تحوي معادن خطيرة مثل الزئبق كما في مصادر الضوء التقليدية ، إضافة إلى أن البلاستيك البصري المستعمل رخيص وأكثر كفاءة

يبين الجدول التالي مقارنة بسيطة بين مصباح ال LED والمصابيح التقليدية الأخرى، حيث يمتاز عنها بصفات كثيرة تجعله يتفوق عليها في مجالات عدة.

مقارنة بين مصباح LED والمصابيح التقليدية

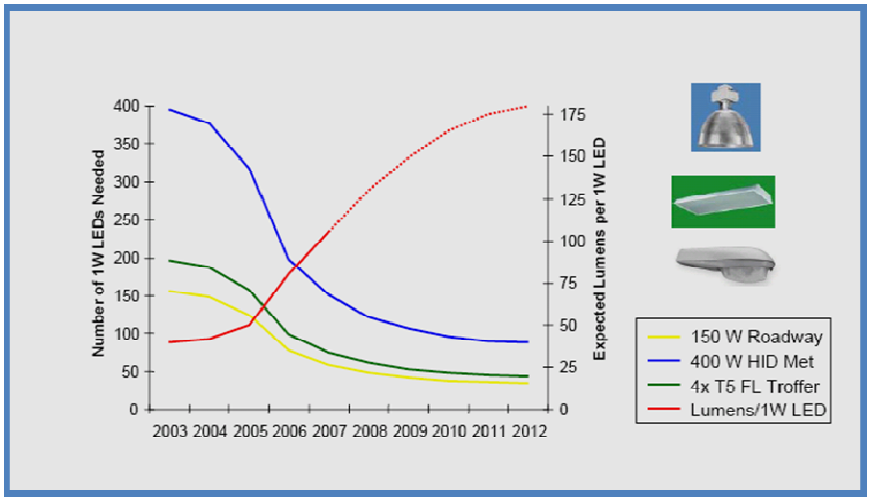
	LED	FCL	Halogen
حرارة اللون [K]	٢٦٠٠~١٠٠٠٠	٤٠٠٠~٨٠٠٠	٢٥٠٠~٣٠٠٠
الاستجابة	<١ sec	<٦٠ sec	<١٥٠ sec
الضوء الناتج نظرياً	نصف ناقل	بخار الزئبق	الحرارة
اتجاه الضوء	الاتجاه المحدد	كل الاتجاهات	كل الاتجاهات
العمر [ساعة]	٥٠٠٠٠	٦٠٠٠	١٠٠٠
الوثوقية	عالية	متوسطة	منخفضة
مقاومة الاهتزاز	مرتفعة	منخفضة	منخفضة
المساوئ	سعر مرتفع	الزئبق الملوث التحطم	حياة قصيرة هشة سهلة الكسر ضياعات كهربائية

ومع مرور الوقت وتطور مصابيح ال LED، يتوقع أن تستبدل معظم المصابيح التقليدية بها، ولجميع التطبيقات بسبب زيادة كفاءتها وعمرها الطويل واستهلاكها المنخفض للطاقة الكهربائية كما يبين الشكل التالي:



□□□□ □□□□ □□□□□ □□□□□□□□ □□□□□□□

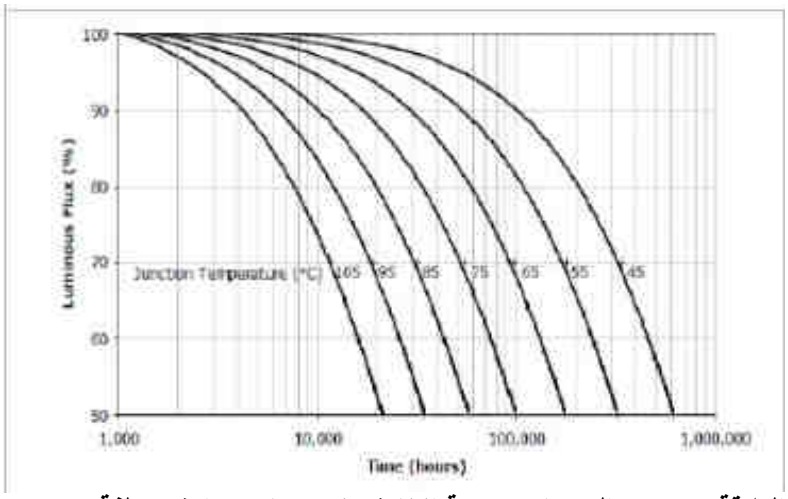
كما أن سوية الإنارة الناتجة عن ال LED لكل واط تزداد بشكل واضح مع مرور الوقت، وعدد ال LEDs المطلوبة لاستبدال مصباح تقليدي في انخفاض، كما يبين الشكل التالي:



□□□□□□□□□ □□□□□□□□ □□□□□□□□ □□□□□□□ □□□ □ □□□□□□ **LED** □□ □□□□□□ □□□□□ □□□□□

إن سوية الإنارة لليد الضوئي لها علاقة مباشرة بالتيار، فكلما ازدادت قيمة التيار الأمامي لوصلة ال LED زادت سوية الإنارة الناتجة عنه ، بالإضافة لأن الديود الضوئي حساس لدرجة الحرارة، حيث تنخفض سوية الإنارة الناتجة عنه عند زيادة درجة الحرارة و هذا يؤدي لخفض كفاءته بحدود ال ٢٥%

كما أن فترةُ حياة ال LED تَعتمدُ على درجةِ حرارة الوصلات ، والشكل التالي يبين علاقة فترة حياة المصباح من أجل درجات حرارة مختلفةِ، ويبين أن عمر ال LED ينقص عند درجات الحرارة العالية، لذلك ولضمان حياة ٥٠٠٠٠ ساعة، فإن درجة حرارة وصلته يَجِبُ أنْ يتحكم بها لتبقى تحت ٧٥ درجة مئوية.



العلاقة بين عمر المصباح وسوية الإنارة عند درجات حرارة مختلفة

زادتْ كفاءة إنارة ال LED الضوئية بشكل كبير في السنوات الأخيرة مِنْ ٣٥ (Lm/W) في العام ٢٠٠٦ إلى ١١٠(Lm/W) حتى العام ٢٠٠٩، وبحُكْم زيَادَة كفاءة تجهيزات ال LED فإنه من المتوقع أن تستبدل مصابيح الإضاءة التقليدية بمصابيح ال LED وخصوصاً تلك التي تستهلك طاقة كهربائية عالية.

إن خصائص ال LED مختلفة عن خصائص المصابيح التقليديةِ، فعلى سبيل المثال زيادة كفاءةِ مصباح الهالوجين مُعتَمَدةٌ على زيَادَة الحرارةِ، لكن زيَادَة التسخين هي مشكلة لمصابيح ال LED. اتجاه إضاءة ال LED محددة وموجهة على عكس المصابيح التقليدية التي تعطي الإضاءة في جميع الاتجاهات.

نوقش موضوعَ إنارة الشوارع بمصابيح ال LED على نحو واسع في السنتين الأخيرتين، بسبب انتشار سوقه وجودة أدائه الموفّر للطاقة الكهربائية، خصوصاً لاستبدال مصباح زئبق ذو الاستطاعة ٢٥٠ W أو ٤٠٠ W.

الجدول التالي يبين عدد ال LEDs المطلوبة وبالتالي استطاعة مصباح ال LED المطلوب لاستبدال مصباح تقليدي ليعطي نفس سوية الإنارة، ومنه نلاحظ أن مصباح ال LED يمكنه إعطاء نفس سوية الإنارة التي يعطيها المصباح التقليدي ولكن باستطاعة أقل بكثير، وهذه إحدى ميزاته " توفير الطاقة ".

Lamp Type	Average Delivered Lumens*	Number of LEDs Req'd 2007**	Number of LEDs Req'd 2012***
70 W Metal Halide	2,100	18	12
100 W Metal Halide	3,500	30	20
150 W Metal Halide	5,450	46	31
175 W Metal Halide	7,700	66	44
250 W Metal Halide	10,600	90	60
320 W Metal Halide	15,200	130	86
400 W Metal Halide	16,500	141	94

عدد LED المطلوبة لاستبدال مصباح تقليدي

تستخدم مصابيح ال LED على نحو متزايد في تطبيقات إنارة الشوارع بسبب حياتها الأطول و خواص توفير الطاقة التي تتمتع بها ، حيث يوجد عدة أنواع من الديودات الضوئية ذات الاستطاعات المختلفة حيث يتم اختيار مواصفات ال LED المطلوب تبعاً للتطبيق الذي سيعمل فيه (إنارة تزيينية ، الإشارات الضوئية ، إنارة الشوارع .....الخ) ، وصلت سوية الإنارة التي يعطيها هذا ال LED إلى ١١٠ لومن لكل واط ، و يتم تطوير هذه التقنية بشكل دائم والمتوقع زيادة سوية الإنارة الناتجة عنها مستقبلاً.

ليدات ضوئية باستطاعات مختلفة

على أية حال، كَمَا هو الحَال مَعَ أيّ تطبيق، هناك بعض القضايا والصعوبات التصميمية بحاجة للحل.

إن مصابيح LEDs تعمل بالطاقة المستمرة ومن منظور تصميمي فإن هذه المصابيح حساسة إلى حد ما

كما أن الضوء الناتج من مصابيح LEDs يتناسب مع التيار الذي يَمُرّ بها، والذي يَعْني أن نظامَ السيطرةَ والتحكم يَجِبُ أنْ يَكُونَ قادراً على إعطاء تيار ثابت ضمن مجال تسامح ضيّق.

من ناحية أخرى يَتغير هبوط التوتر في هذه المصابيح (LEDs) مع درجةِ الحرارة حيث أن ارتفاع درجة حرارة وصلة الترانزستور ،سيؤدي إلى ازدياد قيمة التيار عند التوتر المعطى، وهذا يؤدي لرفع درجة حرارة الوصلة أكثر، وإذا لم يكن هناك ما يحدد قيمة التيار فإن الوصلة ستدمر .

لذلك السيطرة والتحكم الحساس والجازم مطلوب والذي يتطلب إحساساً نموذجياً بدرجة الحرارة وتعديل توتر المنبع بشكل فوري

طالما كانت إضاءة LEDs الطبيعية صغيرة، فيجب جمع الكثير منها لصنع مصباح واحد، حيث معظم التقنيات تستعمل سلاسل من LEDs على التسلسل.

نظام التحكم يَجِبُ أنْ يَتعاملَ مع التعطل الفردي لكل ديود ضوئي لِكي لا يُعطّلَ كامل النظام، وبما أن مصابيح ال LED بحاجة لمنبع توتر مستمر فيجب على نظام التحكمَ أنْ يندمج بشكل فعال وعملي مع مقوم في حال كان المنبع الموجود هو منبع متناوب.

مما سبق نجد بأن مصابيح ال LED هي الحل الأمثل للاستخدام في النظام الشمسي نظراً لأنها تعمل بتيار مستمر أي لا حاجة للمعرج وهذا يوفر من تكلفة النظام بالإضافة لأنها ذات استطاعات منخفضة ومردود ضوئي عالي.

مزايا استخدام مصابيح LEDs في أنظمة الإنارة

تكاليف ضئيلة أو شبه معدومة للطاقة Low or no energy running costs:

تتغذى مصابيح LEDs بشكل فوري دون الحاجة إلى تيار إقلاع كبير. وتتكيف هذه المصابيح مع الحساس الكهرضوئي الذي يقوم بإشعال المصباح بمستويات ضئيلة من الإشعاع الشمسي. ثم لا تلبث شدة الضوء أن تزداد عندما تحصل على طاقة تتجاوز عتبة الإقلاع

انخفاض النفقات الرئيسية بالمقارنة مع أنظمة الإنارة الأخرى Comparative capital expenditure:

يتطلب تنفيذ نظام الإنارة AC المغذى من الشبكة تخطيطاً وإجراء حسابات جريان الأحمال لبنية النظام بالإضافة إلى حفر أنفاق لتمديد كمية كبيرة من الكابلات. وهذا التمديد معرض للضرر عندما يحاول بعض الأشخاص التسلل إلى الشبكة للحصول على الطاقة بشكل مجاني غير مشروع. أما أنظمة الإنارة باستخدام الطاقة الشمسية تركب بشكل منفصل عن الشبكة وتحتاج فقط إلى تنصيب لواقط شمسية على أعمدة الإنارة، إضافة لتوفير كلفة المعرج نظراً لكون مصابيح ال LED تعمل على توتر مستمر.

عمر طويل Long life:

يجب تبديل المصابيح التقليدية الشائعة (مصابيح الصوديوم والفلوريسانت) كل سنتين أو ثلاث سنوات. أي لا يتجاوز عمرها (4000 إلى 10000) ساعة. أما مصابيح LEDs يصل عمرها إلى (50000 إلى 100000) ساعة، أي (13 إلى 26) سنة.

الوثوقية Reliability:

تؤمن مصابيح LEDs درجة عالية من الوثوقية حيث أن مصباح LEDs الواحد مؤلف من عدد كبير من عناصر LED لتأمين الضوء المطلوب. فاذا حدث عطل في أحد عناصر المصباح فإنه يتابع عمله بشكل طبيعي وبدون انخفاض ملحوظ في الأداء. أما المصابيح التقليدية مثل SOX أو الفلوريسنت فتتوقف تماماً عن العمل في حال حدوث عطل في أحدها. وبالتالي لا نحصل على إنارة نهائياً إلى أن يتم استبداله ويعتبر هذا أمراً مكلفاً.

التوفير Saving:

صممت مصابيح LEDs لتوفر في طاقة الإنارة حيث تعمل على ٤٥ إلى ٦٠% من الطاقة المصروفة من قبل المصابيح الأخرى الشائعة.

الأمان Safe:

تتم تغذية مصابيح LEDs بتوتر مستمر منخفض يتراوح بين ١٠ إلى ٢٨ Vdc. وفي حال حدوث أي عطل فإن استطاعة القصر تكون ضئيلة ولا تسبب أضراراً مادية أو بشرية كبيرة.

الفوائد البيئية Environmental benefits:

يحقق هذا النظام فوائد بيئية عديدة، فبالإضافة إلى توليد الطاقة من مصدر نظيف، متجدد ومجاني (الطاقة الشمسية)، فإنه يقلل النفايات الناتجة عن استبدال المصابيح التقليدية التالفة (لأن عمرها قصير مقارنةً ب LEDs). أي تقل هذه النفايات بحدود ١٠ إلى ١٥ مرة. وأخيراً فإن مصابيح LEDs مصنوعة بنسبة ١٠٠% من مواد قابلة لإعادة التصنيع مرة أخرى ولا تحوي على الزئبق الضار بالبيئة.

تكاليف الصيانة المنخفضة Low maintenance costs:

يتطلب النظام عملية صيانة بسيطة لضمان استمرارية الأداء الجيد وهذا يساعد بتقليص التكاليف الكلية.

يمكن إضافة ميزة لمصابيح LEDs بحيث يتصل عدد منها إلى مركز معالجة وبذلك لا نحتاج إلى عمال صيانة لتصليح الأعطال في حال حدوثها، وهناك طريقة أخرى للتحكم بالمصابيح عن بعد باستخدام أشعة IR (infrared) فنقوم باختبار المصابيح عن بعد مما يوفر الوقت والمال. وهناك ميزة هامة عند استخدام LEDs في أنظمة الإنارة بالخلايا الكهرضوئية الشمسية التي تكون منفصلة عن الشبكة فهي لا تتأثر بأعطال الشبكة المختلفة.