

---

**ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΕ**

---

Θέμα πτυχιακής εργασίας:  
**ΠΡΟΒΟΛΕΑΣ LED 100W**

**100W LED SPOTLIGHT**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
ΤΟΥ**

**ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΥ  
503049  
ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ  
13226M**

**Επιβλέπων: Σπάσος Μιχαήλ , Καθηγητής Εφαρμογών**

Θεσσαλονίκη, 2015

---

## Περιεχόμενα

### Περίληψη

1. Ιστορία των λαμπτήρων φωτισμού
  - 1.1. Λαμπτήρες Τόξου
  - 1.2. Λαμπτήρες πυρακτώσεως
  - 1.3. Λαμπτήρες Φθορισμού
  - 1.4. Δίοδοι LED
2. Είδη Λαμπτήρων
  - 2.1. Λαμπτήρας Πυρακτώσεως
  - 2.2. Λαμπτήρας Εκκένωσης
  - 2.3. Λαμπτήρας Φθορίου
  - 2.4. Λαμπτήρας LED
3. Τεχνολογία των LED
  - 3.1. Αρχή λειτουργίας των LED
  - 3.2. Χαρακτηριστικά LED
4. Σύγκριση πηγών φωτισμού
  - 4.1. Αποδοτικότητα
  - 4.2. Χρώμα
  - 4.3. Περιβαλλοντική Καταστροφή
  - 4.4. Συμπεράσματα
  - 4.5. Κίνδυνοι
5. Σχεδίαση – Εξομοίωση – Κατασκευή
  - 5.1. Τροφοδοσία
  - 5.2. Ανόρθωση – Εξομάλυνση – Σταθεροποίηση
  - 5.3. Πηγή σταθερού ρεύματος
  - 5.4. Φορτίο
  - 5.5. Σχηματικό κύκλωμα – Γραφικές Παραστάσεις
  - 5.6. Κατασκευή – Μετρήσεις
6. Επίλογος
7. Βιβλιογραφία

## Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως θέμα την μελέτη και κατασκευή ενός προβολέα led 100W. Κατά την διάρκεια της ανάγνωσης θα αναφερθούμε στις διάφορες πηγές φωτισμοί, στα γενικά χαρακτηριστικά των Led την αρχή λειτουργίας τους τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των led έναντι άλλων τύπων φωτισμοί και τα προβλήματα που έχουμε να αντιμετωπίσουμε σε εφαρμογές υψηλής ισχύος. Θα αναφερθούμε επίσης στην πρώτη απόπειρα σχεδίασης του κυκλώματος που έγινε με σκοπό την αποφυγή χρήσης μετασχηματιστή και αντί αυτού την χρήση πυκνωτών τύπου X για να επιτύχουμε την επιθυμητή πτώση τάσης από την γραμμή του δικτύου. Έπειτα θα αναλύσουμε τα επιμέρους τμήματα του κυκλώματος το οποίο αποτελείται από : Μετασχηματιστή , κύκλωμα πλήρους ανόρθωσης-εξομάλυνσης , κύκλωμα σταθεροποίησης τάσης και κύκλωμα πηγής ρεύματος με τελεστικό ενισχυτή για φορτία με ένα άκρο στην τροφοδοσία.

## Abstract

The subject of the current thesis is the study and construction of a 100W LED spotlight. During its reading we will see the generic characteristics of LED their working principles the pros and cons of LED versus other forms of lighting and the problems we have to overcome on high power projects. We will also mention our original design approach which was to avoid the use of a transformer and instead to use X rated Capacitors to achieve the desired Voltage drop from the supply line. Afterwards we will analyze individual parts of the circuit which consists of: Transformer, full bridge rectifier-smoothing, stabilization circuit and an op amp current source for loads with one end on the supply.

## 1. Η ιστορία των λαμπτήρων φωτισμού

### 1.1 Ο λαμπτήρας τόξου

Το 1800 ο Ιταλός εφευρέτης Αλεσάντρο Βόλτα δημιούργησε την πρώτη πρακτική μέθοδο παράγωγης ηλεκτρικής ενέργειας, την βολταϊκή στήλη (Εικόνα 1). Η βολταϊκή στήλη στην ουσία ήταν μια μπαταρία η οποία ήταν κατασκευασμένη από εναλλασσόμενες πλάκες ψευδάργυρου και χαλκοί οποί τοποθετούσαν εμποτισμένο με αλατόνερο χαρτόνι ανάμεσα στις πλάκες. Όταν βάλανε ένα χάλκινο σύρμα στους πόλους της βολταϊκής στήλης η στήλη διαρρέοταν από ρεύμα και το χάλκινο σύρμα λαμπύριζε. Αυτή ήταν η πρώτη εμφάνιση της ιδέας πίσω από τους λαμπτήρες πυρακτώσεως



**Εικόνα 1:**  
**Βολταϊκή Στήλη**

Δυο χρονιά αργότερα, το 1802, ο Βρετανός εφευρέτης Χαμέρπεια Ντέιβι ενώνοντας τους πόλους μιας βολταϊκής στήλης με 2 ηλεκτρόδια άνθρακα δημιούργησε τον πρώτο εμπορικό λαμπτήρα φωτισμού, τον λαμπτήρα τόξου (εικόνα 2). Ο λαμπτήρας του Χαμέρπεια δεν ήταν όμως ιδιαίτερα πρακτικός γιατί τα ηλεκτρόδια καταστρέφονταν σχετικά γρήγορα και το φως που παρήγαγαν ήταν πολύ δυνατό για οικιακή χρήση και χρησιμοποιούνταν κυρίως για τον φωτισμό δρόμων.



**Εικόνα 2: Λαμπτήρας Τόξου**

Οι λαμπτήρες τόξου ήταν η κυρία μορφή φωτισμού που χρησιμοποιήθηκε σε Αμερική και Ευρώπη για περίπου 100 χρονιά, αλλά επίσης ήταν αυτές που οδήγησαν στην ανάγκη δημιουργίας ενός δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας. Ο Τσαρλς Φράνσις Μπάρας ήταν ο εφευρέτης που οδήγησε τους λαμπτήρες τόξου στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα συνεχώς

βελτιώνοντας τους καθώς και σχεδιάζοντας τις πρώτες ηλεκτρικές γεννήτριες (δυναμό) ικανές να τροφοδοτήσουν τον φωτισμό των δρόμων σε μεγάλη κλίμακα

## 1.2 Ο λαμπτήρας πυρακτώσεως

Η κατασκευή του πρώτου λαμπτήρα πυρακτώσεως ήρθε από τον Thomas Edison (εικόνα 3) και την ομάδα του οι οποίοι βασιζόμενοι στις ευρεσιτεχνίες των William Sawyer και Albion Man (Νήμα από απανθρακωμένο χαρτί) και του Joseph Swan (κενό αέρος στον λαμπτήρα) οδηγήθηκαν στην βελτίωση του λαμπτήρα πυρακτώσεως

Ο Edison και η ομάδα του ασχολήθηκε κυρίως με την βελτίωση του νήματος του λαμπτήρα. Αφού πειραματίστηκε με υλικά όπως το ξύλο το μετάξι και το βαμβάκι κατέληξε στην δημιουργία ενός νήματος κατασκευασμένο από απανθρακωμένο ξύλο μπαμπακιού με διάρκεια ζωής τις 12.000 ώρες

Επίσης κατασκευασμένη μια αντλία αφαίρεσης αέρα η οποία αφαιρεί πλήρως τον αέρα από τον λαμπτήρα και καθιέρωσε την βιδωτή υποδοχή του λαμπτήρα σαν πρότυπο σε ευρωπαϊκού και αμερικάνικη



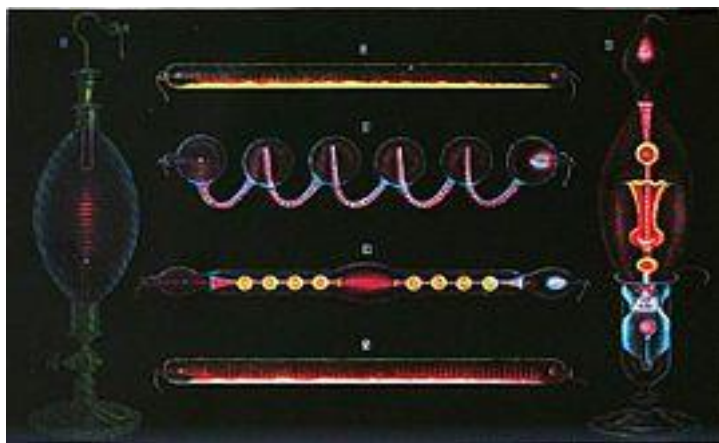
**Εικόνα 3: Ο λαμπτήρας πυρακτώσεως του Edison**

Αυτό που έκανε μοναδική την προσφορά του Edison ήταν το ότι δεν σταμάτησε ποτέ να βελτιώνει την εφεύρεση του. Προσάρμοσε το μοντέλο της τεχνολογίας του λαμπτήρα του στο ήδη υπάρχον δίκτυο φωτισμού φυσικού αερίου. Το 1882 απέδειξε πως ο ηλεκτρισμός μπορούσε να διανεμηθεί από μια κεντρική γεννήτρια παροχής μέσω μιας σειράς συρμάτων και αγωγών. Την ίδια στιγμή έδωσε βαρύτητα στην βελτίωση της παραγωγής του ηλεκτρισμού, δημιουργώντας την πρώτη εμπορική επιχείρηση ηλεκτρισμού, την Pearl Street Station στο Μανχάταν. Επίσης για να μπορεί να ελέγχει την κατανάλωση του κάθε καταναλωτή, έφτιαξε και τον πρώτο μετρητή ηλεκτρικής κατανάλωσης.

Παράλληλα με τον Edison και άλλοι εφευρέτες δούλευαν πάνω στη βελτίωση της παραγωγής του σύρματος στον λαμπτήρα καθώς και στην απόδοσή του. Η επόμενη μεγάλη αλλαγή έγινε με την χρήση του σύρματος βολφραμίου από Ευρωπαίους εφευρέτες το 1904. Οι λαμπτήρες αυτοί είχαν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και παρήγαγαν εντονότερο φως από τον λαμπτήρα με ανθρακονήματα. Το 1913, ο Irving Langmuir ανακάλυψε πως με τη χρήση αερίου μέσα στον λαμπτήρα, όπως το άζωτο, διπλασιαζόταν η απόδοσή του. Οι επιστήμονες συνέχισαν να κάνουν αλλαγές για τη βελτίωση του χρόνου ζωής, της απόδοσής καθώς και της κατανάλωσης του λαμπτήρα πυρακτώσεως για τα επόμενα 40 χρόνια. Παρόλα αυτά, μέχρι τη δεκαετία του 1950 το μόνο που είχαν καταφέρει ήταν να μειώσουν την κατανάλωση στο λαμπτήρα πυρακτώσεως κατά 10%, κάτι που τους οδήγησε να ψάξουν για διαφορετικές λύσης φωτισμού.

### 1.3 Λαμπτήρες Φθορισμού

Το 19ο αιώνα δύο Γερμανοί, ο υαλοργός Heinrich Geissler και ο φυσικός Julius Plücker, ανακάλυψαν ότι μπορούσε να παραχθεί φως με το να περάσει ηλεκτρικό ρεύμα μέσα από ένα γυάλινο σωλήνα που θα του έχουν πρώτα αφαιρέσει σχεδόν όλο τον αέρα. Μια εφεύρεση που έμεινε γνωστή ως σωλήνας Geissler(εικόνα 4). Αυτοί οι λαμπτήρες εκκένωσης δεν είχαν μεγάλη καταναλωτική απήχηση μέχρι και τις αρχές του 20ου αιώνα, όπου οι επιστήμονες άρχισαν να ψάχνουν τρόπους να αυξήσουν την απόδοσή τους. Οι λαμπτήρες εκκένωσης έγιναν η βάση για πολλές τεχνολογίες φωτισμού που ακολούθησαν όπως είναι τα φώτα νέον,



**Εικόνα 4: Σωλήνας Geissler**

οι λαμπτήρες νατρίου χαμηλής πίεσης και οι λάμπες φθορισμού.

Ο Thomas Edison και ο Nikola Tesla είχαν πειραματιστεί με τους λαμπτήρες φθορισμού τη δεκαετία του 1890 αλλά κανείς από τους δύο δεν είχε καταφέρει να τους παράγει σε εμπορικό επίπεδο. Αντί' αυτών, ήταν ο Peter Cooper Hewitt που κατάφερε να δημιουργήσει τον

πρόδρομο της λάμπας φθορισμού στις αρχές του 1900. Ο Hewitt δημιούργησε ένα μπλε-πράσινο φως με τη διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος μέσω αερίου υδραργύρου και με ενσωματωμένο ένα στραγγαλιστικό πηνίο (ballast). Ενώ οι λαμπτήρες Cooper Hewitt ήταν πιο αποτελεσματικοί από τους λαμπτήρες πυρακτώσεως, είχαν λίγες κατάλληλες εφαρμογές, λόγω του χρώματος του φωτός.

Τις δεκαετίες 1920 – 1930, οι Ευρωπαίοι ερευνητές έκαναν πειράματα με σωλήνες νέον με επικάλυψη φωσφόρου, ένα υλικό που απορροφά το υπεριώδες φως και το μετατρέπει σε χρήσιμο, ορατό λευκό φως. Αυτά τα πειράματα ήταν που εκτίναξαν τις έρευνες πάνω στις λάμπες φθορισμού στις Η.Π.Α. κι έτσι κατά τα τέλη του 1930 εταιρίες παραγωγής λαμπτήρων παρουσίαζαν για πρώτη φορά λάμπες φθορισμού στο αμερικάνικο ναυτικό και στην διεθνή έκθεση της Νέας Υόρκης το 1939. Αυτές οι λάμπες είχαν πολύ μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και σχεδόν 3 φορές μεγαλύτερη απόδοση σε φως από τους λαμπτήρες πυρακτώσεως. Η ανάγκη για ενεργειακά αποδοτικό φωτισμό οδήγησε τις αμερικάνικες βιομηχανίες πολέμου στην ταχεία υιοθέτηση του φθορισμού κι έτσι από το 1951 και μετά στις ΗΠΑ, το μεγαλύτερο μέρος της ανάγκης για φωτισμό καλύπτεται από λαμπτήρες φθορισμού.

Μια ακόμα οικονομική κρίση (η πετρελαϊκή κρίση του 1973), ήταν που οδήγησε στη δημιουργία λαμπτήρων φθορισμού για οικιακή χρήση. Το 1974, ερευνητές της εταιρίας Sylvania ξεκίνησαν να ψάχνουν τρόπους ώστε να μειώσουν το μέγεθος του ballast ώστε να ενσωματωθεί στο εσωτερικό του λαμπτήρα. Αν και κατάφεραν να σχεδιάσουν μια πατέντα για τη λάμπα, δεν μπόρεσαν να κάνουν την παραγωγή της δυνατή. Δύο χρόνια μετά ο Edward Hammer της εταιρίας General Electric κατάφερε να δώσει στον λαμπτήρα σπειροειδή μορφή, δημιουργώντας έτσι τον πρώτο συμπαγή λαμπτήρα φθορισμού (CFL). Όπως η Sylvania έτσι και η General Electric βάλανε στο ράφι τα σχέδια αυτά μια και τα μηχανήματα που χρειάζονταν για την μαζική παραγωγή του νέου λαμπτήρα ήταν οικονομικά ασύμφορα.

Οι πρώτοι CFL λαμπτήρες βγήκαν στην αγορά στα μέσα του 1980 με λιανική τιμή στα 25-35 δολάρια. Βασικό μειονέκτημα για τους καταναλωτές ήταν η υψηλή τιμή τους καθώς και το μεγάλο και άχαρο σχήμα τους που τους έκανε δύσκολους στη χρήση. Επίσης είχαν χαμηλή και μη αξιόπιστη απόδοση φωτός. Οι βελτιώσεις που έγιναν έως το 1990 στους λαμπτήρες φωτισμού σε επίπεδο ενέργειας αλλά και απόδοσης τους έκαναν μια καλή επιλογή για οικιακή χρήση.

#### 1.4 Δίοδοι LED

Το 1962, ενώ εργαζόταν για την General Electric, ο Nick Holonyak ο νεώτερος, εφηύρε το πρώτο φωτεινό φάσμα LED με τη μορφή της κόκκινης διόδου. Οι δίοδοι ανοιχτού κίτρινου και πράσινου εφευρέθηκαν αργότερα. Καθώς οι εταιρείες συνέχισαν να βελτιώνονται τις κόκκινες διόδους και την κατασκευή τους, άρχισαν να εμφανίζονται ως ενδεικτικές λυχνίες και display υπολογιστών στη δεκαετία του 1970. Η εφεύρεση του μπλε φωτός στη δεκαετία του 1990 οδήγησε γρήγορα στην ανακάλυψη των λευκών LED - οι ερευνητές απλώς επικάλυπταν τις μπλε διόδους με φώσφορο για να φαίνονται λευκές. Λίγο αργότερα, οι ερευνητές ανάδειξαν το λευκό φως χρησιμοποιώντας κόκκινες, πράσινες και μπλε LED. Αυτές οι ανακαλύψεις οδήγησαν σε LED που χρησιμοποιούνται σε μια ποικιλία εφαρμογών, όπως φανάρια οδικής κυκλοφορίας, φακούς και τηλεοράσεις.

Για να γίνουν τα LED επιλογή για το γενικό φωτισμό, οι ερευνητές έπρεπε να επικεντρωθούν στη βελτίωση της απόδοσης των LED, η οποία στην αρχή δεν ήταν μεγαλύτερη από τους λαμπτήρες πυρακτώσεως. Το 2000, όμως, δημιουργήθηκε η πρώτη λάμπα υψηλής απόδοσης που περιείχε πολλά LED συσκευασμένα μαζί κάτι που οδήγησε στην προώθηση της τεχνολογίας φωτισμού LED.

Μέχρι το 2008, στην αγορά υπήρχαν μόνο λίγοι λαμπτήρες LED που θα μπορούσαν να χρησιμεύσουν ως υποκατάστατο των λαμπτήρων πυρακτώσεως και οι περισσότεροι ήταν ισοδύναμοι των 25-40 W. Στα τέλη του 2009, η Philips Lighting εισήγαγε την EnduraLed 12W και την πατρωνάρισε ως αντικαταστάτρια των λαμπτήρων πυρακτώσεως 60W(εικόνα 5).



Εικόνα 5: Ο λαμπτήρας EnduraLed 12W της Phillips



Οι εταιρείες φωτισμού συνέχισαν να επιφέρουν βελτιώσεις τόσο στην ποιότητα του φωτός όσο και την ενεργειακή απόδοση των LED, με παράλληλη μείωση του κόστους τους. Από το 2008, το κόστος των λαμπτήρων LED έχει μειωθεί περισσότερο από 85%. Οι λαμπτήρες LED σήμερα είναι, επίσης, έξι έως επτά φορές πιο ενεργειακά αποδοτικές από ότι τα συμβατικά φώτα πυρακτώσεως, έχουν μειώσει την χρήση ενέργειας κατά περισσότερο από 80% και μπορούν να διαρκέσουν πάνω από 25 φορές περισσότερο. Στο σύνολό τους, αυτές οι εξελίξεις έχουν οδηγήσει σε ταχεία ανάπτυξη κατά τα τελευταία δύο χρόνια τόσο στις εμπορικές και όσο και στις οικιακές εφαρμογές .

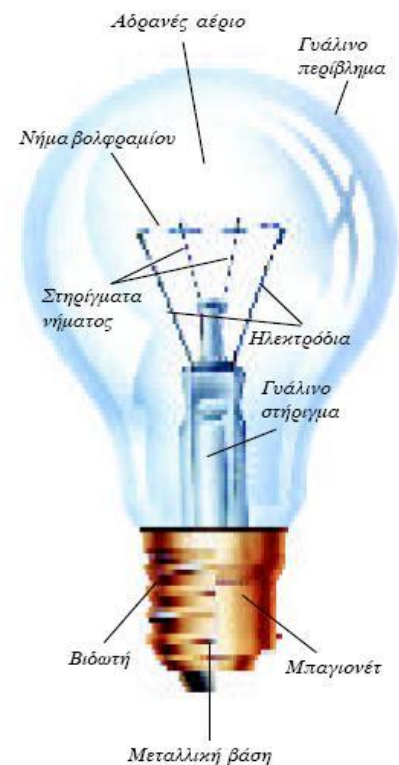
Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως και τα υφιστάμενα φωτιστικά σώματα χρησιμοποιούν σχέδια που χρονολογούνται από τις ημέρες του Edison. Η αντικατάσταση των παλαιών λαμπτήρων με LED είναι μόνο η κορυφή του παγόβουνου, όταν πρόκειται για την εξοικονόμηση ενέργειας φωτισμού. Τα συστήματα φωτισμού LED έχοντας σχεδιαστεί για να επωφεληθούν πλήρως από τα πλεονεκτήματα των διόδων LED, έχουν ακόμη μεγαλύτερες δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας, οι οποίες αυξάνονται όσο βελτιώνεται η τεχνολογία LED.

## 2.Είδη λαμπτήρων

### 2.1 Λαμπτήρας Πυρακτώσεως και Αλογόνου

Ο λαμπτήρας πυρακτώσεως είναι ένας λαμπτήρας ο οποίος φωτοβολεί όταν εφαρμοστεί τάση στις άκρες ενός λεπτού μεταλλικού νήματος το οποίο είναι κατασκευασμένο από βαρύ δύστηκτο μεταλλείο , συνήθως βολφραμίου , τυλιγμένο σε σπείρες. Οι άκρες του νήματος είναι συνδεδεμένα με την βάση (βίδωμα) του λαμπτήρα μέσω παχύτερων συρμάτων έτσι ώστε όταν εφαρμοσθή τάση στην βάση το ηλεκτρικό ρεύμα που προκαλείται στο νήμα το θερμαίνει στο  $2600^{\circ}\text{C}$  και αυτό φωτοβολεί

Η κατασκευή αυτή τοποθετείται μέσα σε ένα γυάλινο συνήθως σφαιρικό γλόμπο ο οποίος είναι αεροστεγής και περιέχει είτε καινό αέρος (λαμπτήρες χαμηλής ισχύος) είτε κάποιος αδρανές αέριο (λαμπτήρες υψηλής ισχύος) (εικόνα 6).



**Εικόνα 6: Λαμπτήρας Πυρακτώσεως**

Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως δεν χρειάζονται εξωτερικό κύκλωμα ρύθμισης , έχουν χαμηλό κόστος παραγωγής και δουλεύουν εξίσου καλά είτε με συνεχές είτε με εναλλασσόμενο ρεύμα.

Χρησιμοποιούνται για φωτισμό κατοικιών , καταστημάτων αυτοκινήτων κ.λπ. Δημιουργούνε τα λιγότερα προβλήματα στα ματιά γιατί εκπέμπει σταθερό και όχι κυμαινόμενο φως καθώς επίσης είναι πιο φυσικό γιατί προσεγγίζει το εκπεμπόμενο φως του ηλίου.

Το αρνητικό του λαμπτήρα πυρακτώσεως που είναι και ο λόγος που σχεδόν έχουν αποσυρθεί πλήρως από την αγορά είναι η πολύ μικρή αποδοτικότητα τους .Το 95% της παρεχομένης ισχύος μετατρέπεται σε θερμότητα ενώ μόλις το υπόλοιπο 5% καταναλώνεται για τη ακτινοβολία φωτός.

Ο λαμπτήρας που αντικατέστησε τον λαμπτήρα πυρακτώσεως είναι ο λαμπτήρας αλογόνου (εικόνα 7). Η διάφορα των 2 λαμπτήρων έγκειται στο γεγονός ότι ο λαμπτήρας αλογόνου στο εσωτερικό του γλόμπου όποιος είναι κατασκευασμένος από χαλαζία , υπάρχει κάποιο αλογόνο , συνήθως ιώδιο , το οποίο αντιδρά με το αιωρούμενο βολφράμιο που έχει αποκολληθεί από το νήμα και το αποτρέπει από το να κολλήσει στο γυαλί κάτι που μειώνει την φωτεινότητα των απλών λαμπτήρων πυρακτώσεως με την πάροδο του χρόνου. Τμήμα

του βολφραμίου αυτού ξανακολλάει πάνω στο νήμα επεκτείνοντας και την διάρκεια ζωής του λαμπτήρα.



**Εικόνα 7: Λαμπτήρες Αλογόνου**

## **2.2 Λαμπτήρες Εκκένωσης**

Οι λαμπτήρες τόξου μπορεί να είναι από τους πρώτους λαμπτήρες που εμφανίστηκαν αλλά με την πάροδο του χρόνου συνεχώς εξελισσότουσαν. Η λειτουργία τους βασίζεται στην δημιουργία ενός ηλεκτρικού σπινθήρα ανάμεσα σε 2 ηλεκτρόδια τα οποία βρίσκονται κοντά μεταξύ τους όταν σε αυτά εφαρμόζεται ηλεκτρική τάση. Στους σύγχρονους πλέον λαμπτήρες εκκένωσης τα ηλεκτρόδια είναι κατασκευασμένα από βολφράμιο και είναι τοποθετημένα σε ένα σωλήνα κατασκευασμένο συνήθως από χαλαζία. Στο εσωτερικό του σωλήνα υπάρχουν ατμοί μετάλλων και κάποιο βοηθητικό ευγενές μέταλλο. Όταν εφαρμοστεί τάση στα ηλεκτρόδια αυτά βοηθούμενα από το ευγενές αέριο παράγουν τον σπινθήρα ο οποίος θερμαίνει τους ατμούς των μετάλλων παράγοντας πλάσμα (εικόνα 8).



**Εικόνα 8: Λαμπτήρας Τόξου νατρίου υψηλής πίεσης**

Οι λαμπτήρες τόξου διακρίνονται στους επιμέρους τρεις τύπους λαμπτήρων πίεσης:

- Λαμπτήρες ατμών υδραργύρου ή υψηλής πίεσης υδραργύρου
- Λαμπτήρες ατμών νατρίου
- Λαμπτήρες φθορισμού

Η θεωρητική απόδοση τους είναι αρκετά μεγάλη αλλά λόγω εγκλωβισμένου φωτός, ανακλαστήρων, φακών και ballast η πραγματική τους απόδοση πέφτει κατά πολύ και βρίσκετε λίγο πάνω από τα επίπεδα μιας λάμπας φθορίου.

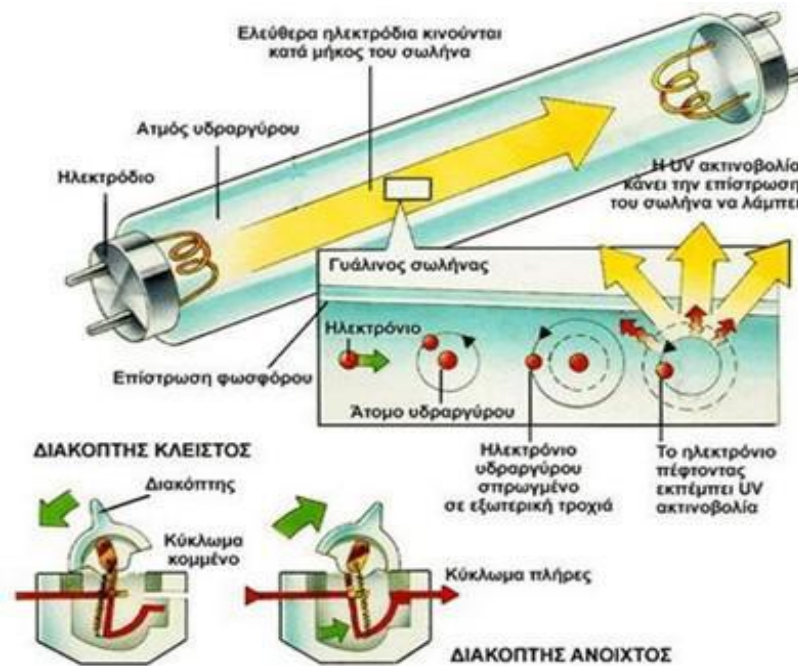
Χρησιμοποιούνται για φωτισμούς δρόμων , επιχειρήσεων , καλλιέργειών και καθώς επίσης και για τους προβολείς αυτοκίνητων.

Στα αρνητικά τους είναι η σχετικά μικρή διάρκεια ζωής γιατί τα ηλεκτρόδια σιγά σιγά καταστρέφονται καθώς επίσης ότι χρειάζονται κύκλωμα ελέγχου για να ανάψουν και για την ρύθμιση της τάσης αφού αρχίσουν να φωτοβολούν (ballast).

### **2.3 Λάμπες Φθορίου**

Οι λαμπτήρες φθορισμού και οι συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού(CFL) λειτουργούν βάσει της αρχής εκκένωσης χαμηλής πίεσης. Ο γυάλινος σωλήνας των λαμπτήρων εκκένωσης χαμηλής πίεσης πληρώνεται με ένα ευγενές αέριο σε χαμηλή πίεση, καθώς και με μια μικρή ποσότητα υδραργύρου. Το γυάλινο τοίχωμα διαθέτει επίστρωση φθορίου. Στο εσωτερικό του

περιβλήματος αναπτύσσεται ένα ηλεκτρικό πεδίο μεταξύ δύο ηλεκτροδίων και προκαλείται εκκένωση. Η διαδικασία εκκένωσης προκαλεί την εκπομπή υπεριώδων ακτινών από τον ατμό του υδραργύρου. Κατά την επαφή της υπεριώδους ακτινοβολίας με το φθόριο εκπέμπεται άμεσα ορατό φως (εικόνα 9) . Το χρώμα του φωτός που εκπέμπεται μπορεί να διαφοροποιηθεί με τη χρήση ενός κατάλληλου φθορίζοντος μείγματος. Με τον τρόπο αυτό, είναι δυνατή η δημιουργία λαμπτήρων φθορισμού για όλα τα είδη εφαρμογών.

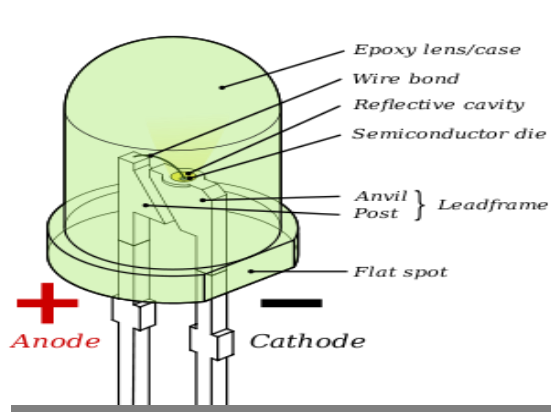


**Εικόνα 9: Λειτουργία λαμπτήρα φθορισμού**

Οι λαμπτήρες φθορίου είναι από τις πιο δημοφιλείς πηγές φωτός και χρησιμοποιούνται σχεδόν παντού λόγω της μεγάλης αποδοτικότητάς τους και του χαμηλού κόστους τους. Χρησιμοποιούνται ευρέως σε εμπορικά και οικιακά περιβάλλοντα , ειδικά οι CFL που μπορούν να αντικαταστήσουν τους λαμπτήρες πυρακτώσεως χωρίς να χρειάζονται κάτι επιπλέον, είτε σε εσωτερικούς χώρους είτε σε εξωτερικούς και ανεξάρτητα από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Το μοναδικό αρνητικό των λαμπτήρων φθορισμού (πλην των CFL ) είναι ότι χρειάζονται κύκλωμα έλεγχου για την εκκίνηση τους ( starter και ballast).

## 2.4 Λαμπτήρας Led

Μια δίοδος εκπομπής φωτός αποτελείται από πολλαπλές στρώσεις υλικού ημι-αγώγιμου υλικού. Όταν η δίοδος χρησιμοποιείται με συνεχές ρεύμα, παράγεται φως στην ενεργή στρώση. Το φως που παράγεται αποδεδμεύεται άμεσα ή μέσω αντανάκλασεων. Σε αντίθεση με τους λαμπτήρες πυρακτώσεως, οι οποίοι εκπέμπουν συνεχές φάσμα, ένα LED εκπέμπει φως σε συγκεκριμένο χρώμα. Το χρώμα του φωτός εξαρτάται από το υλικό του ημιαγωγού που χρησιμοποιείται (εικόνα 10). Χρησιμοποιούνται κυρίως δύο υλικά, για την παραγωγή LED με υψηλό βαθμό φωτεινότητας σε όλα τα χρώματα από το μπλε έως το κόκκινο και, μέσω μετατροπής της φωταύγειας, επίσης σε λευκό. Για τη λειτουργία της διόδου σε ορθή πόλωση απαιτούνται διαφορετικές τάσεις.



Εικόνα 11: Δίοδος Εκπομπής Φωτός



Εικόνα 10: Οι LED ποικίλουν σε χρώματα και σχήματα

Τα LED είναι κρύσταλλοι ημιαγωγών. Ανάλογα με τη σύνθεση των συστατικών του κρυστάλλου, κατά τη διέλευση του ρεύματος εκπέμπουν το φως σε κόκκινο, πράσινο, κίτρινο ή μπλε χρώμα (εικόνα 11). Με τη βοήθεια μιας πρόσθετης φθορίζουσας στρώσης με κιτρινωπό χρώμα, τα μπλε LED παράγουν επίσης λευκό φως (μετατροπή φωταύγειας). Μια άλλη μέθοδος παραγωγής λευκού φωτός είναι η μείξη κόκκινων, πράσινων και μπλε διόδων εκπομπής φωτός (RGB). Αυτή χρησιμοποιείται ιδιαίτερα στις περιπτώσεις όπου η προτεραιότητα δεν είναι γενικά ο λευκός φωτισμός, αλλά τα διακοσμητικά εφέ με διάφορα πλούσια χρώματα. Τα τρία χρώματα RGB επιτρέπουν την μίξη οποιουδήποτε αριθμού χρωματικών τόνων, χρησιμοποιώντας διαφορετικές αναλογίες των επιμέρους χρωμάτων. Επίσης, είναι τα πιο αποτελεσματικά φώτα στην αγορά. Η αποτελεσματικότητα ενός λαμπτήρα, που λέγεται και φωτεινή απόδοση, είναι το μέτρο του εκπεμπόμενου φωτός (lumens - lm) διαιρούμενο με την ενέργεια που καταναλώνει (watts - W). Μια λάμπα που

είναι 100 % αποτελεσματική στη μετατροπή της ενέργειας σε φως, έχει αποτελεσματικότητα που φτάνει τα 683 lm/W. Για να το θέσουμε στην πράξη, μια λάμπα πυρακτώσεως των 60-100 W έχει αποτελεσματικότητα 15 lm/W, μια ισοδύναμη CFL έχει αποτελεσματικότητα 73 lm/W, ενώ μια LED, το φάσμα της οποίας αυτή τη στιγμή στην αγορά είναι από 70 - 120 lm/W, έχει μέση αποτελεσματικότητα της τάξης των 85 lm/W.

Το αρνητικό των LED είναι ότι χρειάζονται ειδικά κυκλώματα οδήγησης γιατί χρειάζονται σταθερό ρεύμα ώστε να λειτουργήσουν απροβλημάτιστα και να μην καταστραφούν πρόωρα. Επίσης επηρεάζονται αρνητικά από τις αυξημένες θερμοκρασίες για αυτό χρειάζονται συστήματα ψύξης σε κυκλώματα υψηλής ισχύος.

### 3.Τεχνολογία των LED

Το LED είναι ένα εξάρτημα τεχνολογίας στερεάς κατάστασης (solid-state technology) και επομένως οι λαμπτήρες LED συμμορφώνονται στους κανόνες του φωτισμού στερεάς κατάστασης (solid-state Lighting – SSL). Αυτό σημαίνει ότι δεν είναι λαμπτήρες από γυαλί, δεν λειτουργούν με αέρια υπό πίεση, ούτε με τοξικές χημικές ουσίες και δεν έχουν νήματα καύσης. Αντίθετα λειτουργούν με ροή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ενός ημιαγωγού

Χρησιμοποιούμενα ως ενδεικτικές λυχνίες στο ταμπλό του αυτοκινήτου, στις διάφορες ηλεκτρονικές συσκευές, ή σε φακούς χαμηλής ισχύος. Τα LED είναι μονοχρωματικές πηγές φωτός χαμηλής εξόδου. Δεν αποτελεί έκπληξη επομένως το γεγονός ότι με βάση τα χαρακτηριστικά αυτά, για πολλά χρόνια, δεν υπήρχαν εξελίξεις στην τεχνολογία LED, ενώ η συνεισφορά τους στην τεχνολογία φωτισμού ήταν ουσιαστικά και συνολικά μηδαμινή. Τα τελευταία χρόνια όμως, η τεχνολογία LED έχει αλλάξει εντελώς με την εκ νέου “ανακάλυψη” του λαμπτήρα και τον τρόπο που σκεφτόμαστε για το φωτισμό σε γενικές γραμμές. Αυτό δεν ήταν πραγματικά δυνατό πριν από την τεχνολογική επανάσταση της δεκαετίας του '90 και την ταχεία πρόοδο των ημιαγωγών. Οι τεχνολογικές εξελίξεις που ώθησαν τους υπολογιστές να φτάσουν σε ιλιγγιώδη επίπεδα αποδοτικότητας, ήταν οι ίδιες και με τα ίδια όπως όλα δείχνουν αποτελέσματα και στην περίπτωση των LED. Ακριβώς όπως οι υπολογιστές έχουν γίνει ταχύτεροι και φθηνότεροι, έτσι και τα φώτα LED έχουν γίνει πιο φωτεινά, μικρότερα, λιγότερο ακριβά και βέβαια πιο εξελιγμένα.

Σήμερα, δεν τίθεται πλέον θέμα όσον αφορά την υπεροχή των λαμπτήρων LED έναντι των παραδοσιακών λαμπτήρων πυρακτώσεως. Με έως και οκτώ φορές μεγαλύτερη απόδοση από τους παραδοσιακούς λαμπτήρες πυρακτώσεως και μεγάλη υπεροχή απέναντι στους λαμπτήρες φθορισμού, τα LED γίνονται προτιμώμενες πηγές φωτός για τη σημερινή κοινότητα φωτισμού. Σήμερα επομένως, δεν υπάρχει άλλη τεχνολογία φωτισμού που να προσφέρει τόσες δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας και βελτίωσης της ποιότητας του φωτισμού των πόλεων τόσο σε κτιριακά όσο και σε οδικά θέματα.

#### 3.1 Αρχή λειτουργίας LED

Τα LED είναι ημιαγωγοί οι οποίοι όταν δεχτούν μια τάση φωτοβολούν, πιο συγκεκριμένα φωτοβολεί η ένωση PN. Η λειτουργία τους στηρίζεται στο φαινόμενο LASER και σαν ημιαγωγά υλικά χρησιμοποιούνται οι ενώσεις GaAs, InSb, PbTe, PbS κλπ. Υψηλής φωτεινότητας πηγές στην περιοχή του ορατού δίνουν οι ενώσεις GaAs<sub>1-x</sub>Px (κόκκινο), InGa<sub>1-x</sub>Px (κόκκινο), GaP(κόκκινο, κίτρινο, πράσινο) και GaN (μπλε, πράσινο, κίτρινο).



## Φαινόμενο LASER

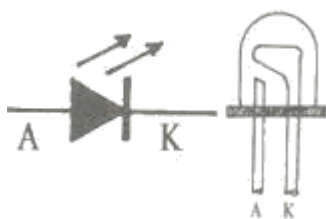
Αν ένα άτομο δεχτεί ενέργεια, είτε με μορφή ακτινοβολίας ή με οποιοδήποτε άλλο τρόπο, τότε είναι δυνατό, ηλεκτρόνιο του ατόμου να πάρει ενέργεια και να μεταπηδήσει σε μεγαλύτερη στάθμη ενέργειας, Επειδή το ηλεκτρόνιο δεν μπορεί να καθίσει στην νέα του θέση επανέρχεται στην προηγούμενη και αποβάλλει το περίσσειμα της ενέργειάς του με την μορφή ενός φωτονίου δηλαδή με ακτινοβολία. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται διέγερση του ατόμου.

Όταν κατορθώσουμε να κάνουμε την διέγερση αυτή εξαναγκασμένη τότε έχουμε ενίσχυση της ακτινοβολίας δηλαδή έχουμε το φαινόμενο LASER (Light Amplification by Stimulated Emission Radiation, ενίσχυση φωτός με εξαναγκασμένη εκπομπή ακτινοβολίας).

## Βασικές αρχές των LED

Αν πάρουμε μια ένωση PN και εφαρμόσουμε στα όριά της μια τάση τότε τα ηλεκτρόνια μετακινούνται από τον N κρύσταλλο στον P με μια αυξημένη ενέργεια. Ταυτόχρονα οπές από τον κρύσταλλο P μεταφέρονται στον N. Οι φορείς αυτοί φτάνοντας στους άλλους κρυστάλλους επανασυνδέονται αφήνοντας το περίσσειμα της ενέργειας που έχουν με την μορφή φωτονίων. Η ακτινοβολία αυτή και μάλιστα το μήκος κύματος τους, εξαρτάται από το είδος του κρυστάλλου και την κατασκευή της ένωσης PN.

Η επανασύνδεση των φορέων γίνεται μεταξύ της ζώνης σθένους και της ζώνης αγωγιμότητας. Έτσι λοιπόν η ένωση PN εκπέμπει ακτινοβολία μετά από κατάλληλη πόλωση. Μια συνεχής ακτινοβολία θα προκύψει μετά από πόλωση που θα δίνει κατάλληλη ενέργεια διέγερσης και επανασύνδεσης. Η κβαντική άντληση, δηλαδή η διαρκής επαναφορά των αποδιεγερμένων ηλεκτρονίων στην ζώνη αγωγιμότητας της ένωσης PN γίνεται από την πηγή πόλωσης της διόδου. Η τάση αυτή είναι μεγαλύτερη από την τάση της ζώνης φραγμού. Έτσι λοιπόν τροφοδοτείται με ηλεκτρόνια η ζώνη αγωγιμότητας και συνεχώς αναπληρώνονται οι απώλειες των ηλεκτρονίων, λόγω των ακτινοβοληθεισών πτώσεων, συντηρουμένης έτσι της απαιτούμενης μεταφοράς των φορτίων.



Στο σχήμα αριστερά(εικόνα12) φαίνεται η δομή μιας διόδου LED και το σύμβολό της. Στο πλάι του πλαστικού περιβλήματος το οποίο μπορεί να έχει διάφορες μορφές, υπάρχει ένα επίπεδο που δηλώνει την κάθοδο.

**Εικόνα 12: Δίοδος Εκπομπής Φωτός (LED)**

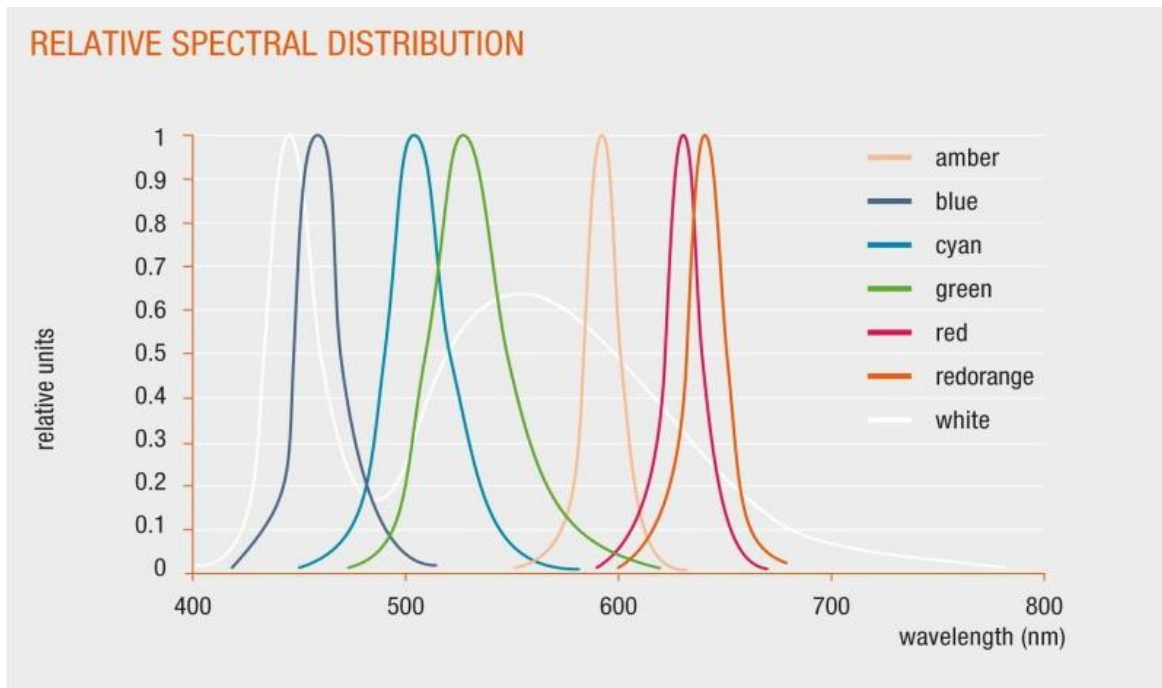
Σε άλλες διόδους η κάθοδος είναι αυτή με το μικρότερο μήκος και φυσικά σ' αυτήν συνδέεται το πλην (-) της πηγής πόλωσης.

Απαιτεί μικρή ισχύ λειτουργίας άρα μπορεί να συνεργαστεί με τα περισσότερα ψηφιακά κυκλώματα. Επειδή δεν χρησιμοποιεί τίποτε από τον εαυτό του ένα LED θεωρητικά μπορεί να διαρκέσει για πολλά χρόνια ή 100.000 ώρες λειτουργίας. Ο μόνος κίνδυνος να καταστραφεί είναι να εφαρμοστεί μεγάλη ανάστροφη τάση. Ένα LED μπορεί να αντέξει από 3 μέχρι 11 volt ανάστροφης τάσης. Έτσι μια διάδος συνδεδεμένη παράλληλα προς αυτό, το προστατεύει αφού αυτή γίνεται αγωγή μόλις η ανάστροφη τάση ξεπεράσει τα 0,6V.

### **3.2 Χαρακτηριστικά των LED**

#### **Χρώμα**

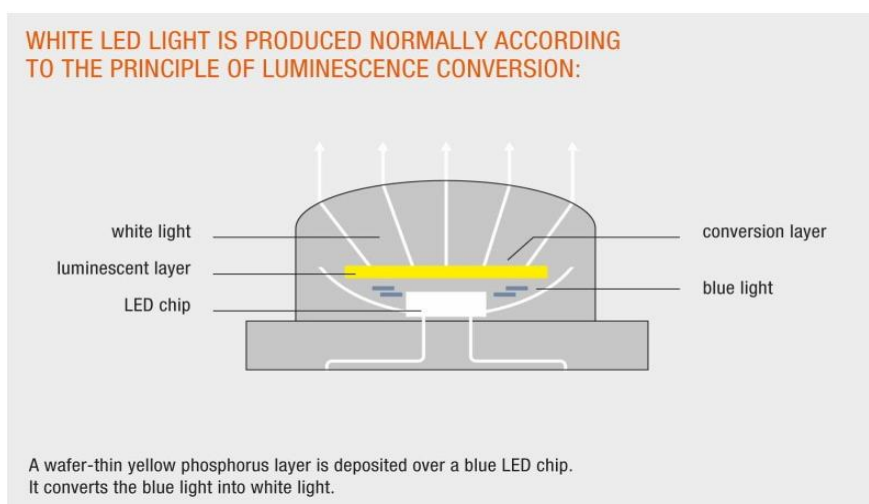
Το φως που εκπέμπεται από μια διάοδο εκπομπής φωτός έχει συγκεκριμένο μήκος κύματος και, συνεπώς, συγκεκριμένο χρώμα. Το τελευταίο εξαρτάται από το υλικό ημιαγωγού του LED. Οι ημιαγωγοί LED αποτελούνται από συνδυασμούς στοιχείων όπως τα φωσφίδια ή τα αρσενίδια. Υπάρχουν διάφοροι συνδυασμοί, κάθε ένας από τους οποίους απελευθερώνει διαφορετικές ποσότητες ενέργειας ανάλογα με το διάκενο ζώνης του υλικού του ημιαγωγού. Όταν οι φορείς φορτίων ανασυνδυάζονται, τα φωτόνια εκπέμπονται σύμφωνα με συγκεκριμένα, διακριτά επίπεδα ενέργειας. Αυτό καθορίζει το συγκεκριμένο χρώμα του φωτός (εικόνα 13). Για παράδειγμα, εάν απελευθερωθεί υψηλό επίπεδο ενέργειας, παράγεται μπλε φως, ενώ με την εκπομπή χαμηλότερου επιπέδου ενέργειας παράγεται κόκκινο φως. Αυτό επιτρέπει την παραγωγή μονοχρωματικού φωτός (μεμονωμένο χρώμα). Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των LED είναι το εξής: Κάθε χρώμα φωτός LED περιορίζεται σε πολύ στενό εύρος μήκος κύματος (κυρίαρχο μήκος κύματος), το οποίο αντίστοιχα αντιπροσωπεύει μόνο ένα συγκεκριμένο χρώμα φωτός. Το μόνο φάσμα που δεν είναι δυνατόν να παραχθεί απευθείας από το τσιπ είναι το φάσμα του λευκού χρώματος, καθώς το λευκό φως δημιουργείται με μείξη όλων των χρωμάτων φωτός.



**Εικόνα 13: Χρωματικά μήκη κύματος**

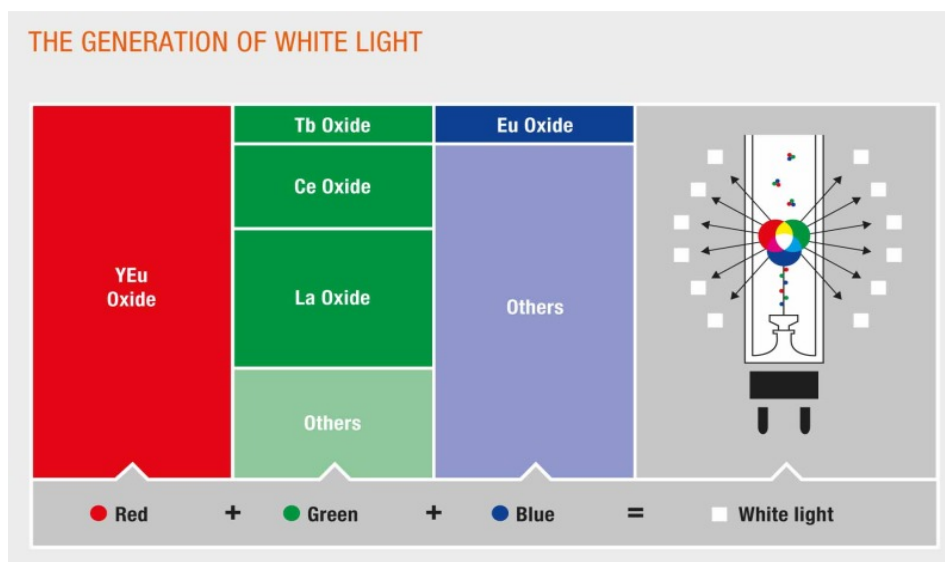
Υπάρχουν δύο μέθοδοι για την παραγωγή λευκού φωτός LED: η φωτοφωταύγεια και η προσθετική μείξη χρωμάτων.

Η πιο κοινή διαδικασία είναι η αρχή της φωτοφωταύγειας (εικόνα 14). Στην περίπτωση αυτή, εφαρμόζεται μια λεπτή στρώση φωσφόρου επάνω σε ένα μπλε LED. Το βραχέος κύματος ,πλούσιο σε ενέργεια μπλε χρώμα του LED διεγείρει τη στρώση ώστε να φωτιστεί και εκπέμπει κίτρινο φως χαμηλότερης ενέργειας. Έτσι, ένα μέρος του μπλε φωτός μετατρέπεται σε λευκό φως. Ο τόνος του λευκού χρώματος μπορεί να διαφοροποιηθεί με τη μέτρηση της χρωστικής φωσφόρου. Με τον τρόπο αυτό παράγονται διαφορετικοί λευκοί τόνοι, όπως το θερμό λευκό, το ουδέτερο λευκό ή το ψυχρό λευκό.



**Εικόνα 14: Λευκό LED με την αρχή της φωτοφωταύγειας**

Η δεύτερη μέθοδος για την παραγωγή λευκού φωτός LED βασίζεται στην αρχή της προσθετικής μείξης χρωμάτων(εικόνα15). Σε αυτήν την περίπτωση, το λευκό φως παράγεται με τη μείξη του κόκκινου, του πράσινου και του μπλε φωτός (RGB) σε διαφορετικά μήκη κύματος. Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι το εξής: Το χρώμα του φωτός μπορεί να αλλάξει μέσω καθορισμένου ελέγχου. Με τον τρόπο αυτό, είναι δυνατή η παραγωγή λευκού και έγχρωμου φωτός, εάν είναι επιθυμητό. Η διαδικασία αυτή χρησιμοποιείται, για παράδειγμα, σε συσκευές τηλεόρασης LED, όπου τα LED χρησιμοποιούνται για την παραγωγή εικόνας και φωτισμού υποβάθρου.



Εικόνα 15: LED λευκού φωτός με την μέθοδο μείξης χρωμάτων

### Το ηλεκτρικό χαρακτηριστικό.

Τα ηλεκτρονικά χαρακτηριστικά των LEDs είναι η τάση πόλωσης και το ρεύμα της ένωσης PN. Η τάση κυμαίνεται από 2V μέχρι 4V και το ρεύμα από 1mA έως 50mA, μεγέθη που εξαρτώνται από τον τύπο και το χρώμα της LED. Επίσης πρέπει να λαμβάνονται υπόψη η αναστροφή τάση που αντέχει η LED. Αν η τάση αυτή ξεπεραστεί, που συνήθως είναι γύρω στα 3 με 11V, η δίοδος καταστρέφεται.

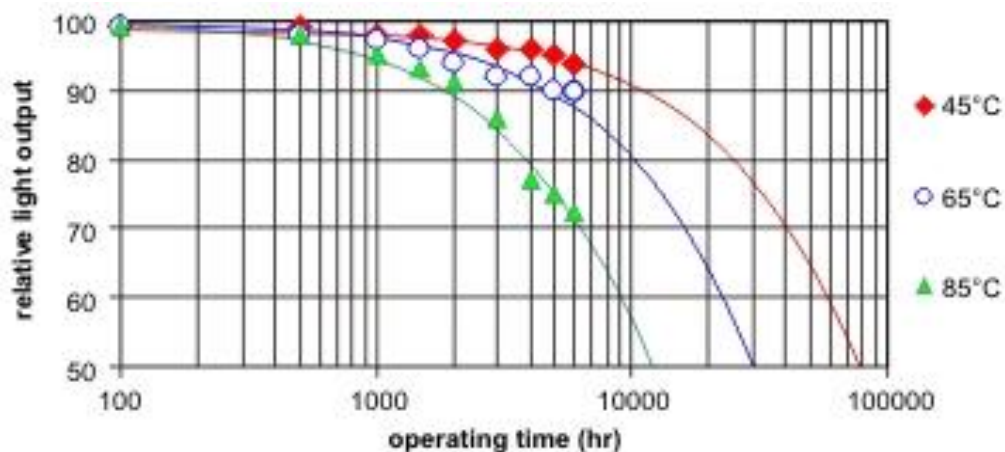
Τα LED που χρησιμοποιούνται για φωταγωγία λειτουργούν στις ίδιες τάσεις αλλά απαιτούν πολύ περισσότερο ρεύμα, συνήθως κάποιες εκατοντάδες mA.

LEDs τα όποια είναι συνδεδεμένα σε σειρά χρειάζονται περισσότερη τάση για να λειτουργήσουν.

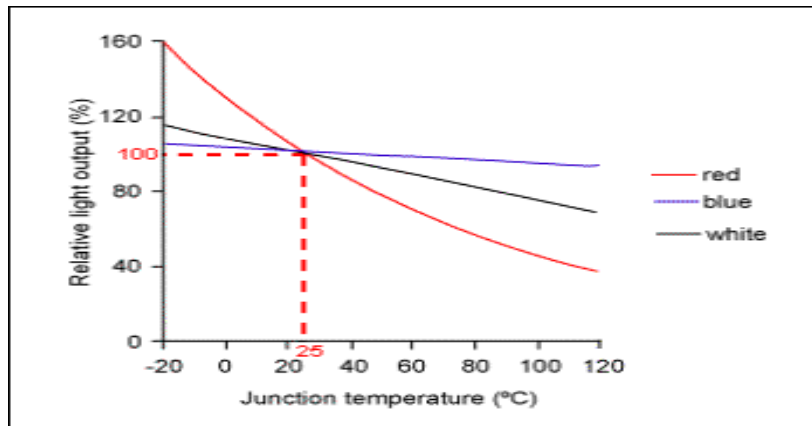
### Η θερμοκρασία.

Είπαμε προηγουμένως πως οι LEDs παράγουν φως. Έτσι όταν ένα ηλεκτρόνιο συναντά μια οπή και πέφτει σε ένα χαμηλότερο επίπεδο ενέργειας, η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που εκπέμπεται λόγω αυτής της διαδικασίας δεν είναι πάντα το φως. Πράγματι όταν μια LED ακτινοβολεί το 5%-40% την ενεργείας μετατρέπεται σε φως ενώ το υπόλοιπο 60%-95% μετατρέπεται σε θερμότητα..

Η μετατροπή αυτή γίνεται στην ένωση p-n και αν δεν διοχετεύει στο εξωτερικό της LED τότε αλλάζουν τα χαρακτηριστικά της. Γενικά οι τιμές που δίνουν οι κατασκευαστές για τις LED αναφέρονται σε θερμοκρασίες 25°C(εικόνα 16). Αν οι LED δεν λειτουργούν σε αυτές τις θερμοκρασίες τότε μειώνετε η διάρκεια ζωής της , η απόδοση (μείωση κατανάλωσης άρα και μείωση ακτινοβολούμενου φωτός) της και παρατεταμένη χρήση σε πολύ υψηλότερες θερμοκρασίες μπορεί να οδηγήσει ακόμα και στην καταστροφή της. Επίσης διαφορετικά χρώματα LED συμπεριφέρονται διαφορετικά στις διαφοροποιήσεις της θερμοκρασίας λόγω των διαφορετικών υλικών της ένωσης P-N (εικόνα 17).

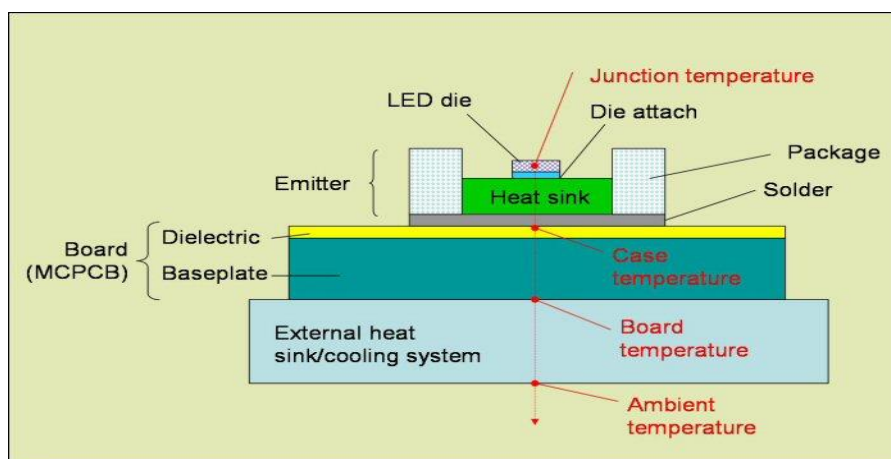


Εικόνα 16: Απόδοση και Διάρκεια ζωής των LEDs ως προς την Θερμοκρασία



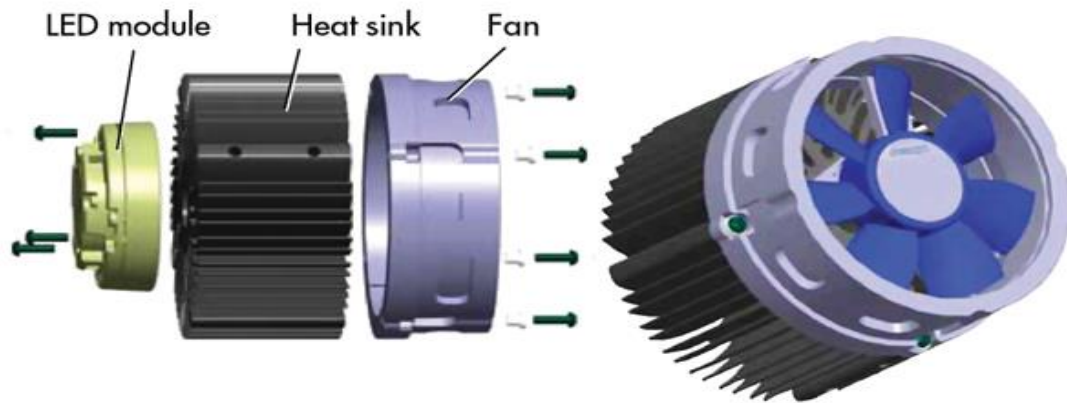
**Εικόνα 17: Φωτεινή απόδοση του κοκκινού , μπλέ και άσπρου LED ως προς την θερμοκρασία**

Φυσικά η επίτευξη θερμοκρασίας  $25^{\circ}\text{C}$  σε λειτουργία είναι αδύνατον να επιτευχθεί χωρίς την παροχή επιπλέον ψύξης ειδικά σε LEDs υψηλής ισχύος. Για αυτό τον λόγο οι κατασκευαστές των φωτιστικών LED ενσωματώνουν , συνήθως στο κάτω μέρος της LED , ψήκτρες για την απαγωγή της θερμότητας. Η LED έπειτα τοποθετείται σε πλακέτα με ένα φύλλο αλουμινίου (MCPCB) και από την άλλη μεριά της πλακέτας συνδέεται η εξωτερική ψήκτρα. Η εξωτερική αυτή ψήκτρα αναλαμβάνει να μεταφέρει την θερμότητα στο περιβάλλον για αυτό και πρέπει να μην είναι έγκλειστη (εικόνα 18)



**Εικόνα 18: LED ισχύος πάνω σε MCPCB**

Στην περίπτωση LED πολύ υψηλής ισχύος είναι απαραίτητη η χρήση ενεργητικού συστήματος ψύξης (αερόψυξη , υδρόψυξη) (εικόνα 19).



**Εικόνα 19: LED με ενεργητικό σύστημα Ψύξης(αερόψυξη)**

## 4. Σύγκριση πηγών φωτισμού

Είναι αλήθεια ότι οι περισσότεροι από εμάς επιλεγούμε λαμπτήρες με βάση την υποδοχή των φωτιστικών μας και το κόστος του λαμπτήρα. Αγνοούμε όμως πολύ σημαντικότερα πράγματα όπως την διάρκεια ζωής του λαμπτήρα την αποδοτικότητα του λαμπτήρα , την καταστροφή του περιβάλλοντος και το κόστος σε ενέργεια σε βάθος χρόνου.

Ένας λαμπτήρας πυρακτώσεως μπορεί να κοστίζει πολύ λιγότερο από μία CFL ή ενός λαμπτήρα LED αλλά σε βάθος χρόνου πληρώνουμε πολλά περισσότερα σε λογαριασμούς ηλεκτρικού ρεύματος. Επίσης ελάχιστοι υπολογίζουν την οικολογική καταστροφή που προκαλείτε από την παραγωγή υπερβολικής ενεργείας για την τροφοδότηση μη αποδοτικών λαμπτήρων ή τα τοξικά απόβλητα των λαμπτήρων που περιέχουν υδράργυρο.

Σε αυτό το κεφάλαιο λοιπόν θα δούμε την μακροοικονομική πλευρά των λαμπτήρων και θα συγκρίνουμε τις κυριότερες εμπορικές μορφές φωτισμού ως προς τα θετικά και τα αρνητικά τους.

### 4.1 Αποδοτικότητα

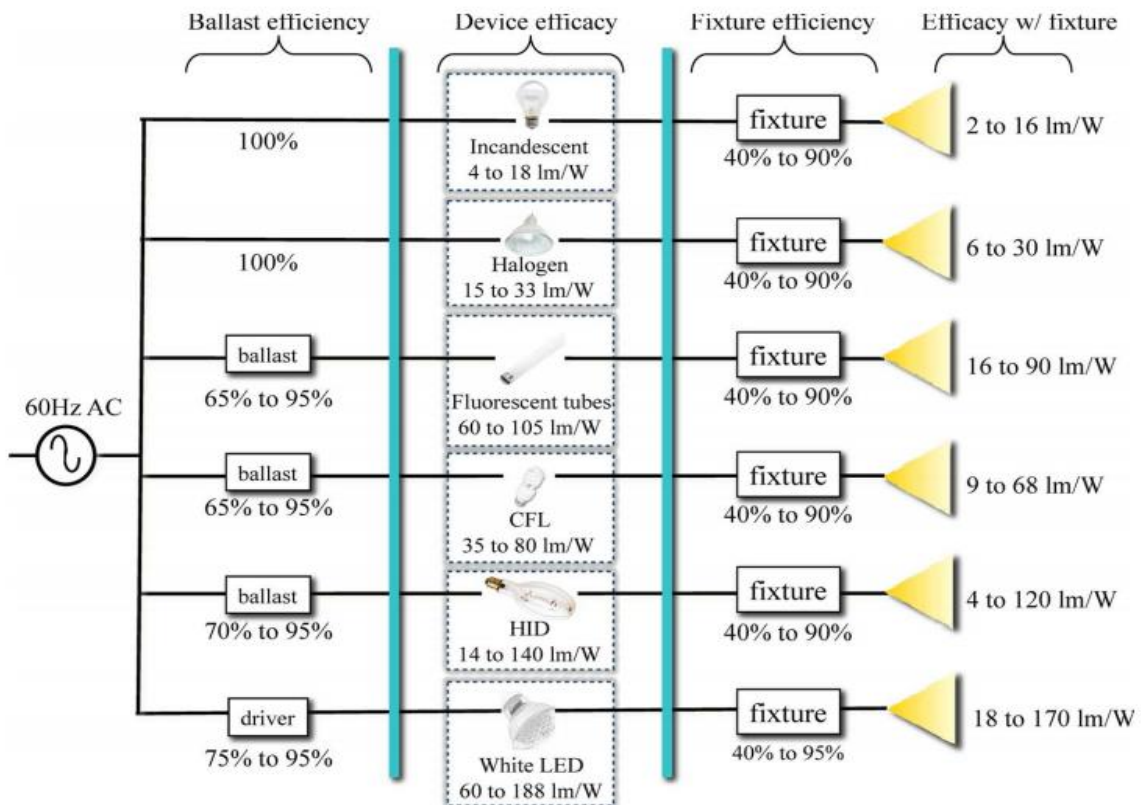
Οι λαμπερές συνήθως χαρακτηρίζονται από 2 χαρακτηριστικά : την ισχύ τους σε Watt και την φωτεινή ροή τους σε lumen (ή σε lux που είναι η φωτεινή ροή ανά τετραγωνικό μέτρο ,  $\text{lumen/m}^2$ )

Έτσι λοιπόν σαν μονάδα μέτρησης αποδοτικότητας των λαμπτήρων έχουμε το  $\text{lumen/watt}$  δηλαδή την προσφερόμενη φωτεινή ροή προς την καταναλισκόμενη ενέργεια.

Πρέπει όμως να ξεκαθαρίσουμε ότι μια σύγκριση μεταξύ της απόδοσης των διαφόρων λαμπτήρων δεν είναι δίκαιη διότι πολλοί λαμπτήρες χρειάζονται ballast , starter η driver για την λειτουργία τους τα οποία φυσικά δεν είναι ιδανικά και έχουν απώλειες , όπως επίσης και τα φωτιστικά προκαλούν απώλειες λόγω σκόνης, κατευθυντήρων , ανακλαστήρων και επαφών βάσης (βίδωμα, ντουί).

Εφόσον όλα τα παραπάνω παρθούν υπόψη τότε πλέον μιλάμε για απόδοση συστήματος , και όχι για απόδοση λαμπτήρα , η οποία είναι πιο αντιπροσωπευτική για να μας δείξει την πραγματική απόδοση κάθε λαμπτήρα.





**Εικόνα 20: Συγκριση απόδοσης συστήματος διαφόρων λαμπτήρων**

Η εικόνα 20 είναι ένα συγκριτικό ανάμεσα σε λαμπτήρες πυρακτώσεως φθορισμού εκκένωσης και LED.

Η πρώτη στήλη της εικόνας μας δείχνει την αποδοτικότητα του κυκλώματος έλεγχου των λαμπτήρων. Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως δεν χρειάζονται κύκλωμα έλεγχου οπότε η αποδοτικότητα εδώ είναι 100%. Οι λάμπες φθορισμού και εκκενώσεως για να ξεκινήσουν να ακτινοβολούν χρειάζονται μια αρχική ώθηση ενέργειας που την παίρνουν από τα ballast των οποίων η αποδοτικότητα κυμαίνεται από 65% έως 95% ανάλογα με την ποιότητα κατασκευής των υλικών και την τεχνολογία. Τέλος τα led όπως έχουμε προαναφέρει για να λειτουργούν σωστά χρειάζονται σταθερό ρεύμα το οποίο παίρνουν από drivers η αποδοτικότητα των οποίων κυμαίνεται από 75% έως 95% με κριτήρια ανάλογα αυτών των ballast.

Στην δεύτερη στήλη βλέπουμε την αποδοτικότητα των λαμπτήρων.

Η αποτελεσματικότητα των λαμπτήρων πυρακτώσεως είναι σταθερή εδώ και δεκαετίες και κυμαίνεται από 4 έως 18 lm/W ανάλογα με την ισχύ του λαμπτήρα. Λαμβάνοντας υπόψη το 683 lm/W της θεωρητικής μέγιστης αποτελεσματικότητας, αυτό μεταφράζεται ότι περίπου μόνο το 0,2% με 2,6% της ηλεκτρικής ενέργειας καταναλώνεται για να μετατραπεί σε

χρήσιμο φως. Αυτοί οι λαμπτήρες λειτουργούν με θέρμανση μιας μεταλλικής αντίστασης νήματος που βρίσκεται μέσα σε ένα γυάλινο περίβλημα το οποίο περιέχει ένα χαμηλής πίεσης αδρανές αέριο. Ο μόνος τρόπος για να αυξηθεί σημαντικά η αποδοτικότητα θα ήταν να γίνει το νήμα θερμότερο. Τα περισσότερα νήματα είναι κατασκευασμένα από βολφράμιο, το οποίο στους 3695 °K, έχει το υψηλότερο σημείο τήξεως και χαμηλότερη ταχύτητα εξάτμισης των μετάλλων. Φυσικά, το νήμα δεν μπορεί να γίνει τόσο ζεστό. Οι περισσότεροι λαμπτήρες λειτουργούν σε θερμοκρασίες μεταξύ 2000 και 3300 °K. Με την αντικατάσταση του αδρανούς αερίου με αλογόνο, το οποίο περιορίζει την απώλεια των εξατμίσεων των μετάλλων και τα σωματίδια βολφραμίου που επικάθονται πάνω στο νήμα, η θερμοκρασία λειτουργίας μπορεί να αυξηθεί περίπου στους 3450 °K. Μέχρι στιγμής, δεν έχει αναπτυχθεί κανένας πρακτικός τρόπος για την περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας λειτουργίας του νήματος και την αποτελεσματικότητα των λαμπτήρων πυρακτώσεως.

Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως παύουν να λειτουργούν είτε λόγω μηχανικής δόνησης η οποία σπάει το νήμα είτε λόγω της εξάτμισης του βολφραμίου από το νήμα πυράκτωσης. Η εξάτμιση αυτή μπορεί να αυξηθεί δραματικά σε θερμά σημεία, αν το νήμα δεν είναι ομοιόμορφο. Η διάρκεια ζωής των συμβατικών λαμπτήρων πυρακτώσεως είναι συνήθως μεταξύ μερικές εκατοντάδες έως αρκετές χιλιάδες ώρες. Επειδή το αέριο αλογόνο μειώνει τις απώλειες των εξατμίσεων από το νήμα, οι λάμπες αλογόνου βολφραμίου μπορεί να έχουν κάπως μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.

Οι λαμπτήρες φθορισμού χρησιμοποιούν ένα σταθεροποιημένο αέριο εκκένωσης χαμηλής πίεσης που βρίσκεται μέσα σε ένα σωλήνα ευγενούς αερίου και ατμών υδραργύρου. Τα ηλεκτρόνια ιονίζουν τα άτομα υδραργύρου, τα οποία στην κατάσταση αδράνειας εκπέμπουν φωτόνια στο υπεριώδες φάσμα με μήκος κύματος

253,7 nm. Το εσωτερικό του σωλήνα εκκένωσης είναι επικαλυμμένο με ένα φώσφορο που, όταν ακτινοβολείται με υπεριώδεις (UV) ακτίνες, εκπέμπει ορατό φως. Το ρεύμα κατά την όλη διαδικασία θα πρέπει να περιορίζεται, δεδομένου ότι η αντίσταση της στήλης εκκένωσης μειώνεται με την αύξηση του ρεύματος. Τυπικά, το ρεύμα περιορίζεται μέσω της χρήσης ενός επαγωγικού στραγγαλιστικού πηνίου (ballast) που επίσης περιλαμβάνει συχνά ένα αυτομετασχηματιστή για να αυξήσει την τάση λειτουργίας. Οι πρώτοι λαμπτήρες φθορισμού χρησιμοποιούσαν φωσφορίζουσες επιφάνειες που εξέπεμπαν ένα ευρύ φάσμα στην περιοχή του μπλε χρώματος, παράγοντας έτσι ψυχρό φως. Σήμερα, η χρήση μικτών φωσφορίζουσων επιφανειών έχει οδηγήσει στη δημιουργία λαμπτήρων φθορισμού που παράγουν ένα θερμότερο φως (δηλ., περισσότερο εκπομπών στον κόκκινο). Υπό ιδανικές συνθήκες, συμπεριλαμβανομένων των απωλειών τόσο της μετατροπής της ηλεκτρικής ενέργειας

εισόδου σε υπεριώδη ακτινοβολία όσο και τη μετατροπή της υπεριώδους σε ορατό φως, οι λαμπτήρες φθορισμού λειτουργούν με απόδοση περίπου 13% (αν αναλογιστεί κανείς το θεωρητικό μέγιστο 683 lm/W) , δηλαδή περίπου πέντε φορές υψηλότερη από την απόδοση μετατροπής των λαμπτήρων πυρακτώσεως). Η αποτελεσματικότητα ενός λαμπτήρα φθορισμού εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ισχύ: κυμαίνεται από 35 έως 40 lm/W για χαμηλές μονάδες ισχύος (από 4 έως 5W) και από 75 έως 100 lm/W σε λαμπτήρες με μεγαλύτερη ισχύ (από το 70 έως 125W) ή ηλεκτρονικά στραγγαλιστικά πηνία (από 10 έως 60W). Η διάρκεια ζωής των λαμπτήρων φθορισμού κυμαίνεται από 3000 έως 30000 ώρες.

Στους λαμπτήρες φθορισμού, ανεπάρκεια λειτουργίας ή δραματικά μειωμένη απόδοση, τυπικά προκύπτει από την φθορά της καθόδου ή της επιφανείας εκπομπής. Η διάρκεια της ζωής τους μπορεί επίσης να περιοριστεί από την απώλεια του υδραργύρου στην εσωτερική επιφάνεια του σωλήνα ή σε άλλα εσωτερικά εξαρτήματα, τη μείωση της απόδοσης μετατροπής του φωσφόρου, και, σπάνια, από δυσλειτουργία των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων. Τα λευκά LED έχουν υποστεί δραματικές βελτιώσεις στην αποτελεσματικότητα, δεδομένου ότι αναπτύχθηκαν για πρώτη φορά το 1996. Σήμερα τα πιο αποτελεσματικά λευκά LED παράγουν περίπου 90 με 170 lm/W της ηλεκτρικής ισχύος εισόδου. Το καλύτερο ποσοστό των LED υψηλής και μέσης ισχύος είναι της τάξης των 90 με 153 lm/W, ενώ το πιο σύνηθες ποσοστό είναι της τάξης των 35 με 50 lm/W. Η αποτελεσματικότητα αυτή αυξάνεται σαφώς όταν η ισχύς μειώνεται και φτάνει τα 150 με 180 lm/W. Ένα εργαστηριακό πρωτότυπο λευκού LED έφτασε σε αποτελεσματικότητα 276 lm/W. Η αποτελεσματικότητα αυτή αναφέρεται σε LED ψυχρού λευκού φωτός, ενώ η καλύτερη αποτελεσματικότητα που επιτυγχάνεται στο θερμό λευκό είναι 75 με 130 lm/W.

Επειδή οι γυμνοί λαμπτήρες παράγουν έντονο φως αισθητικά δυσάρεστο, οι περισσότεροι τοποθετούνται σε μια ποικιλία φωτιστικών. Σε πειραματικές μελέτες που εκπονήθηκαν από την Color Kinetics Inc. αξιολογήθηκαν μια σειρά από κοινά φωτιστικά και διαπιστώθηκε ότι οι σχετικές απώλειες φωτός κυμαίνονται περίπου από 10% έως και πάνω από 60%(μικρότερες στα LED λόγω της κατευθυντικότητας τους και ακόμα μικρότερα άμα χρησιμοποιηθούν φωτιστικά σχεδιασμένα για λαμπτήρες LED). Λόγω των απωλειών αυτών, οι τιμές αποτελεσματικότητας της τέταρτης στήλης της εικόνας, διαφέρουν από τις αντίστοιχες της δεύτερης και είναι ανεξάρτητες από τον τύπο του λαμπτήρα που χρησιμοποιείται. Παρόλα

αυτά, όπως προκύπτει από την σύγκριση αυτή, οι λαμπτήρες LED έχουν μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα έναντι των άλλων τύπων λαμπτήρων.

## 4.2 Χρώμα

Ένας επίσης σημαντικός παράγοντας επιλογής φωτεινής πηγής είναι η απόχρωση του χρώματος. Πιο συγκεκριμένα οι λαμπερές πυρακτώσεως παράγουν κιτρινωπό φως και είναι αδύνατον να παράγουν λευκό, οι λαμπερές φθορισμού παράγουν λευκό φως λόγω της φθορίζουσας ουσίας που χρησιμοποιούν και τα LED μπορούν να παράγουν σχεδόν όλες τις αποχρώσεις λευκού φωτός ανάλογα με τις αναλογίες των RGB εξόδων τους.

Παρά τις ποικίλες στρατηγικές που έχουν αναπτυχθεί ώστε να αποδοθεί σωστά το λευκό χρώμα που προκύπτει στους λαμπτήρες αυτούς, καμία δεν έχει πετύχει 100% το σκοπό της.

Οι ιδιότητες της χρωματικής απόδοσης των φωτεινών πηγών των λαμπτήρων καθορίζονται μέσω του δείκτη χρωματικής απόδοσης ( Color Rendering Index - CRI), ο οποίος με την σειρά του υποδεικνύει και την ποιότητα του φωτισμού των λαμπτήρων. Ο δείκτης CRI μπορεί να πάρει τιμές από 0 μέχρι 100, με το φυσικό υπαίθριο φως να έχει δείκτη CRI ίσο με 100. Ουσιαστικά η απόδοση του φυσικού φωτός στα χρώματα αποτελεί το μέτρο σύγκρισης για όλες τις πηγές φωτός. Για την περίπτωση λαμπτήρων φθορισμού ο δείκτης CRI κυμαίνεται γύρω στα 50-60, ενώ στην περίπτωση λαμπτήρων LED ο CRI, ανάλογα με την μάρκα του λαμπτήρα, είναι μεγαλύτερος από 80. Οι λαμπτήρες LED υψηλής ισχύος μπορούν να επιτύχουν τιμές μέχρι και 98 CRI.

## 4.3 Περιβαλλοντική καταστροφή

Ένας εξίσου σημαντικός παράγοντας βάση του οποίου θα έπρεπε να διαλέγουμε λαμπερές αλλά πολύ σπάνια το κάνουμε είναι η επίδραση τους στο περιβάλλον. Οι λαμπτήρες παλιάς τεχνολογίας είναι πολύ ενεργοβόροι με αποτέλεσμα να κατασπαταλούνται ετησίως αλόγιστα ποσά ενέργειας η οποία για να παρόχθι επιβαρύνει το περιβάλλον με ατμοσφαιρικούς ρύπους και τοξικά απόβλητα. Επίσης πολλοί από αυτούς περιέχουν υδράργυρο (φθορισμού, CFL, HID), ένα μέταλλο άκρως τοξικό το οποίο πρέπει οπωσδήποτε να ανακυκλώνεται γιατί προκαλεί ανεπανόρθωτες καταστροφές στο περιβάλλον και σε πολλές περιπτώσεις επιστρέφει πίσω σε εμάς από τα τρόφιμα (κυρίως ψαριά).

#### 4.4 Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τα παραπάνω καταλαβαίνουμε ότι οι λαμπτήρες LED υπερέχουν σχεδόν σε όλους τους τομείς σε σχέση με τις υπόλοιπες μορφές φωτισμού. Συνοψίζοντας λοιπόν :

1)Οι λαμπτήρες LED παράγουν περισσότερο φως ανά Watt από λαμπτήρες πυρακτώσεως και φθορισμού όποτε καταναλώνουν πολύ λιγότερη ενέργεια για τον φωτισμό του ίδιου χώρου.

2)Οι λαμπτήρες LED μπορούν να αναπαραστήσουν το φυσικό φως πολύ καλύτερα από τους λαμπτήρες φθορισμού.

3)Το μέγεθος τους είναι πολύ μικρό ειδικά όταν μιλάμε για εφαρμογές μικρής ισχύος οπου δεν χρειαζόμαστε υπερόγκες ψύκτρες. Σαν αποτέλεσμα μπορούν να προσαρμοστούν εύκολα σε τυπωμένα κυκλώματα (Drivers) προσφέροντας μια ολοκληρωμένη πηγή φωτός.

4)Τα LED εκπέμπουν πολύ μικρή θερμότητα με την μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας με αποτέλεσμα το φως τους να είναι πολύ πιο «δροσερό». Η μικρή αυτή ποσότητα θερμικής ενέργειας διαχέεται μέσω της βάσης τους στο περιβάλλον.

5) Τα LED έχουν πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής. Ένας λαμπτήρας LED έχει διάρκεια ζωής 35.000 με 50.000 ώρες με τον χρόνο πλήρης καταστροφής του λαμπτήρα να είναι ακόμα μεγαλύτερος.

6)Τα LED είναι ανθεκτικές κατασκευές και δύσκολα καταστρέφονται από εξωτερικούς παράγοντες σε αντίθεση με τους λαμπτήρες πυρακτώσεως και φθορισμού.

7)Τα LED δεν περιέχουν τοξικές ουσίες όπως μόλυβδο και υδράργυρο καθιστώντας τα φιλικά προς το περιβάλλον και αβλαβή για την υγεία

8)Η εστίαση των LED είναι πιο συγκεντρωμένη με αποτέλεσμα την μείωση ανάγκης για ανακλαστήρες και κατευθυντήρες οι οποίοι μειώνουν την φωτεινότητα της πηγής.

Όλα τα παραπάνω πλεονεκτήματα είναι μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι μια αντικατάσταση των λαμπτήρων που χρησιμοποιούνται τώρα με λαμπτήρες LED θα οδηγήσει σε εξοικονόμηση ενεργείας προστασία του περιβάλλοντος και καλύτερες συνθήκες φωτισμού.

Μία ανεξάρτητη παγκόσμια έρευνα της τεχνολογίας LED έδειξε ότι ο φωτισμός LED στους δρόμους μπορεί να επιτύχει εξοικονόμηση ενέργειας έως και 85%. Επίσης, από το πρόγραμμα αναδεικνύεται ότι οι κάτοικοι των πιλοτικών πόλεων προτιμούν το LED φωτισμό επικαλούμενοι κοινωνικά και περιβαλλοντικά οφέλη.

Ο φωτισμός αφορά το 19% της παγκόσμιας χρήσης ηλεκτρικού ρεύματος και το 6% των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου . Ο διπλασιασμός της παγκόσμιας αποδοτικότητας του φωτισμού θα επηρέαζε το κλίμα στο βαθμό που οι μισές εκπομπές ρύπων που προέρχονται από την παραγωγή ηλεκτρισμού και θέρμανσης στην Ευρωπαϊκή Ένωση θα εξαλείφονταν. Και όπως πολλές άλλες ενεργειακά αποδοτικές τεχνολογίες, ο αποδοτικός φωτισμός θα αυξήσει την παγκόσμια ευημερία. Μόνο στις ΗΠΑ, η μείωση κατά 40% της ενέργειας που καταναλώνεται για το φωτισμό θα εξοικονομούσε US\$53 δισεκατομμύρια από το ετήσιο ενεργειακό κόστος και θα μείωνε τη ζήτηση της ενέργειας κατά το ισοδύναμο 198 σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μεσαίου μεγέθους.

Παρακάτω δίνεται ένα παράδειγμα εξοικονόμησης ενέργειας σε επαγγελματικό χώρο, με 100 λαμπτήρες φθορισμού 120 cm των 36 W.

Αν αντικαταστήσουμε τους λαμπτήρες φθορισμού με 100 λαμπτήρες LED, 120 cm, 18 W θα αφαιρέσουμε τα ballast τα οποία με τους λαμπτήρες LED δεν είναι απαραίτητα και καταναλώνουν άσκοπη ενέργεια (περίπου 30% της ονομαστικής ισχύος του φωτιστικού σώματος). Θεωρούμε ότι ο φωτισμός λειτουργεί 12 ώρες ανά ημέρα για 315 ημέρες ετησίως. Λαμβάνοντας επίσης υπόψη ότι η διάρκεια ζωής των λαμπτήρων LED είναι 50.000 ώρες, έναντι 7.000 ωρών για τους λαμπτήρες φθορισμού, ισχύουν τα παρακάτω:

- Ετήσια κατανάλωση ενέργειας με λαμπτήρες LED: 68,000 kWh
- Ετήσια κατανάλωση ενέργειας με λαμπτήρες φθορισμού: 176,000 kWh
- Εξοικονόμηση ενέργειας ετησίως: 62%
- Εξοικονόμηση ενέργειας και μη αντικατάστασης λαμπτήρων ετησίως: 64%
- Μείωση εκπομπής CO<sub>2</sub> ετησίως: 8.500 kg
- Διάρκεια ζωής λαμπτήρων LED: 13,5 χρόνια
- Απόσβεση επένδυσης: 1,7 χρόνια
- Αξία αγοράς λαμπτήρων: 3.870,00 €

Κέρδος μετά την απόσβεση για τη διάρκεια ζωής των λαμπτήρων (περίπου 7,8 χρόνια) LED: 27.800 €

Από τα παραπάνω είναι φανερό ότι η αντικατάσταση των παλαιών λαμπτήρων ενός επαγγελματικού χώρου με λαμπτήρες LED είναι από τις πιο συμφέρουσες και αποδοτικές επενδύσεις για επαγγελματίες, που χρησιμοποιούν το φωτισμό για πολλές ώρες.

#### 4.6 Κίνδυνοι

Οι δίοδοι εκπομπής φωτός - πιο γνωστές ως LED - έχουν διευκολύνει τη ζωή μας προσφέροντας ενεργειακά οικονομικό και φιλικό προς το περιβάλλον φωτισμό στα σπίτια μας και οθόνες με μεγαλύτερη ευκρίνεια και πιο ζωντανά χρώματα στις τηλεοράσεις, στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και στα κινητά τηλέφωνα μας.

Όπως αποδεικνύεται όμως, ενδέχεται να κρύβουν μία απειλή για τα μάτια μας.

Ερευνητές (Dr. Celia Sánchez-Ramos) ανακάλυψαν ότι εκπέμπουν υψηλής ενέργειας μπλε φως το οποίο μπορεί να βλάψει ανεπανόρθωτα τον αμφιβληστροειδή μας.

Οι ειδικοί προειδοποιούν ότι δεν γνωρίζουμε αν όλες οι φωτοδίοδοι εκπέμπουν το φως αυτό σε βλαπτικές ποσότητες και συνιστούν να θεσπιστούν κανόνες ασφαλείας. Ως τότε προτείνουν τη χρήση ειδικών φίλτρων προστασίας, καθώς και την υιοθέτηση ορισμένων «καλύτερων» συνηθειών, εφόσον όλοι, από τις μικρότερες ηλικίες ως τις μεγαλύτερες, ερχόμαστε σε επαφή πλέον όλο και περισσότερο στο λευκογαλάζιο φως της νέας τεχνολογίας.

Ο φωτισμός LED είναι τεχνητός φωτισμό παρόμοιος με τον φυσικό και δημιουργεί ευκρινέστερες οθόνες με πιο ζωντανά χρώματα, προσφέροντας παράλληλα τεράστια εξοικονόμηση ενέργειας, πολύ μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και φιλικότερη «διάθεση» προς το περιβάλλον σε σχέση με τους συμβατικούς λαμπτήρες.

Οι ειδικοί λένε ότι η βλαβερή επίδραση στα μάτια, οφείλεται στο ότι για να επιτύχουν το λευκό φως τους οι φωτοδίοδοι χρησιμοποιούν ως βάση το λεγόμενο μπλε φως, το οποίο «κινείται» στα μικρά μήκη κύματος του φάσματος του ορατού φωτός (380-500 nm) και έχει υψηλή ενέργεια. Οι συγκεκριμένες λάμπες, οι οποίες χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο για να φωτίσουν όχι μόνο τα σπίτια και τα γραφεία μας, αλλά και τις οθόνες του κινητού τηλεφώνου, της τηλεόρασης, της ταμπλέτας και του ηλεκτρονικού υπολογιστή μας, μπορεί να προκαλέσουν ανεπανόρθωτη βλάβη στην όραση μειώνοντας τη διάρκεια ζωής των φωτοϋποδοχέων, των πολύτιμων φωτοευαίσθητων κυττάρων των ματιών μας. Οι επιστήμονες εξέθεσαν κύτταρα από το μελάγχρουν επιθήλιο ανθρώπινου αμφιβληστροειδούς σε διάφορους τύπους LED (κόκκινου, πράσινου, μπλε και λευκού φωτός) ανά δωδεκάωρους «κύκλους» εναλλαγής φωτός/σκοταδιού. Είδαν ότι ύστερα από τρεις κύκλους φωτός/σκοταδιού το μπλε, το πράσινο και το λευκό φως των LED μείωσαν δραστικά τη βιωσιμότητα των φωτοϋποδοχέων (κατά 99%, 88% και 75% αντίστοιχα), οδηγώντας τους μάλιστα συχνά σε απόπτωση, στον φυσικό δηλαδή θάνατο των κυττάρων. Το πρόβλημα με

αυτή την τεχνολογία, η οποία χρησιμοποιείται, επίσης, στις οθόνες LCD και TFT, είναι ότι εκπέμπει μπλε φως και άρα ενδέχεται να προκαλεί βλάβες στον αμφιβληστροειδή και να προάγει ή να επιταχύνει την εκφύλιση της ωχράς κηλίδος και άλλες εκφυλιστικές νόσους, όπως η διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια, η νόσος Stargardt's ή η μελαγχρωστική αμφιβληστροειδοπάθεια.

Το σοβαρότερο είναι μάλιστα ότι, όπως υποδηλώνουν τα αποτελέσματα, οι βλαπτικές συνέπειες των LED δεν περιορίζονται μόνο στις στιγμές που κοιτάζουμε απευθείας την οθόνη του υπολογιστή, της τηλεόρασης ή του κινητού μας - που είναι ήδη πολλές - ή σε αυτές που διαβάζουμε το βιβλίο μας κάτω από μια λάμπα. Εξακολουθούν να υφίστανται και όταν απλώς βρισκόμαστε σε έναν χώρο ο οποίος φωτίζεται από αυτά. Στον χώρο βεβαίως δεν κοιτάζουμε την πηγή του φωτός, αλλά και πάλι αυτή προξενεί βλάβη, και μάλιστα μεγάλη. Προξενεί βλάβη αν έχει μεγάλη ενέργεια, το πρόβλημα είναι η ενέργεια. Ενδεχομένως δεν εκπέμπουν όλα τα LED μπλε φως σε ποσότητα που να είναι επιβλαβής, πολλά όμως μάλλον εκπέμπουν.

Οι επιβλαβείς και οι ασφαλείς «δόσεις» ακτινοβολίας που μπορούν να δεχθούν τα ανθρώπινα μάτια πρέπει να καθοριστούν, έτσι ώστε να τεθούν αποτελεσματικοί κανονισμοί ασφαλείας.

Οι οθόνες του κινητού, της τηλεόρασης και του υπολογιστή κρατάνε όλο και περισσότερες ώρες το βλέμμα μας προσηλωμένο επάνω τους, ήδη από τις πολύ νεαρές ηλικίες. Επίσης, βασική πηγή ανησυχίας πολλών ειδικών αποτελεί το γεγονός ότι βάσει της ευρωπαϊκής νομοθεσίας μέσα στα αμέσως επόμενα χρόνια οι λαμπτήρες νέας τεχνολογίας θα αντικαταστήσουν πλήρως τους συμβατικούς λαμπτήρες πυρακτώσεως.

Και οι δύο διαδεδομένοι τύποι τους όμως - LED και CFL - εμφανίζονται με τον έναν ή τον άλλον τρόπο προβληματικοί για την ανθρώπινη υγεία.

Η ανάγκη εξεύρεσης λύσης διαγράφεται λοιπόν επιτακτική.

Τα ειδικά φίλτρα για γυαλιά οράσεως που προστατεύουν από τη βλαβερή ακτινοβολία του φωτός είναι μία λύση. Έχουν ελαφρώς κίτρινο χρώμα - χρυσαφί, και μπορεί να τα χρησιμοποιήσει οποιοσδήποτε, είτε είναι μύωπας είτε πρεσβύωπας, είτε έχει αστιγματισμό ή υπερμετροπία και κάνει και για τις νεαρές ηλικίες, γιατί οι νέοι είναι αυτοί που θα εκτεθούν για περισσότερα χρόνια στον φωτισμό των LED.

Τα μάτια μας, βέβαια, διαθέτουν και φυσικά φίλτρα τα οποία τα προστατεύουν από τα βλαβερά «τμήματα» της ακτινοβολίας του φωτός και τα φίλτρα στα γυαλιά, αλλά και τα άλλα φίλτρα, λειτουργούν κατά τον ίδιο τρόπο, μπλοκάροντας τη βλαβερή μπλε ακτινοβολία και



εμποδίζοντάς την να φθάσει στον αμφιβληστροειδή. Έτσι τα φίλτρα αυτά συνεργάζονται με τον αμφιβληστροειδή και επιβραδύνουν τη γήρανσή του προσφέροντας παράταση του χρόνου ζωής του.

Η εφαρμογή αυτών των φίλτρων στους ίδιους τους λαμπτήρες LED, ως επίστρωση στο εξωτερικό τμήμα του λαμπτήρα παρέχει την ίδια προστασία και είναι η καλύτερη λύση. Το ίδιο θα συμβεί και με ειδικά φίλτρα και για τις οθόνες των κινητών τηλεφώνων ή των ηλεκτρονικών υπολογιστών.

## 5 Σχεδίαση - Εξομοίωση - Κατασκευή

Σκοπός την πτυχιακής εργασίας είναι η κατασκευή ενός προβολέα LED 100W. Όπως προαναφέραμε τα LED πρέπει να τροφοδοτούνται με σταθερό ρεύμα οπότε και η κατασκευή μας πρέπει να συμμορφωθεί σε αυτήν την προδιαγραφή.

Τα προβλήματα που έπρεπε να επιλυθούν για την κατασκευή του κυκλώματος ήταν η επιλογή του κατάλληλου τύπου πηγής ρεύματος, η σωστή θερμική διαχείριση, ο τύπος του τροφοδοτικού και το κύκλωμα εξομάλυνσης, φιλτραρίσματος και σταθεροποίησης.

### 5.1 Τροφοδοσία

Η αρχική προσέγγιση κατασκευής του κυκλώματος βασίστηκε στην κατασκευή του από τροφοδοσία χωρίς μετασχηματιστή.

Υπάρχουν 2 τρόποι για να γίνει αυτό: με την χρήση αντίστασης ή με την χρήση πυκνωτή.

Στην πρώτη περίπτωση χρησιμοποιείτε μια αντίσταση σε σειρά με την πηγή τροφοδοσίας ώστε το μεγαλύτερο μέρος της τάσης να πέσει πάνω στην αντίσταση. Όπως είναι λογικό πάνω στην αντίσταση αυτή έχουμε μεγάλη απώλεια ενεργείας με την μορφή θερμότητας. Γενικά η μέθοδος αυτή λόγω του ότι δεν είναι ιδιαίτερα αποδοτική και ότι προκαλεί θερμότητα δεν προτιμάται πάρα μόνο σε περιπτώσεις που θέλουμε μια πολύ φτηνή κατασκευή και το ρεύμα που χρειαζόμαστε είναι πολύ μικρό.

Στην δεύτερη περίπτωση χρησιμοποιείτε η χωρητική αντίσταση του πυκνωτή για την πτώση της τάσης. Το πρόβλημα σε αυτήν την μέθοδο είναι ότι οι κοινοί πυκνωτές, μερικές φορές, στις απότομες αλλαγές τάσης όταν είναι συνδεδεμένοι σε πηγή εναλλασσόμενης τάσης μπορεί να λειτουργήσουν σαν βραχυκύκλωμα με αποτέλεσμα να περάσει όλη η τάση του δικτύου στο κύκλωμα με καταστροφικά αποτελέσματα.

Για να αποφύγουμε κάτι τέτοιο χρησιμοποιούνται μια ειδική κατηγορία πυκνωτών, τους πυκνωτές τύπου X και Y. Αυτοί οι πυκνωτές κατασκευάστηκαν με σκοπό να απομονώνουν τα κυκλώματα συσκευών από το δίκτυο τροφοδοσίας ώστε να μην επηρεάζονται οι συσκευές που είναι συνδεδεμένες στο ίδιο δίκτυο από παρασιτικές συχνότητες και λόγω αυτής της ιδιαιτερότητας τους δεν έχουν το προαναφερθέν ελάττωμα των τυπικών πυκνωτών.

Το ρεύμα που μας παρέχει ο πυκνωτής υπολογίζεται από τον νόμο του Ohm οπότε εφόσον χρειαζόμαστε 3A έχουμε

$$I=V/R \Rightarrow 3A=230/R \Rightarrow R=76,7\Omega$$

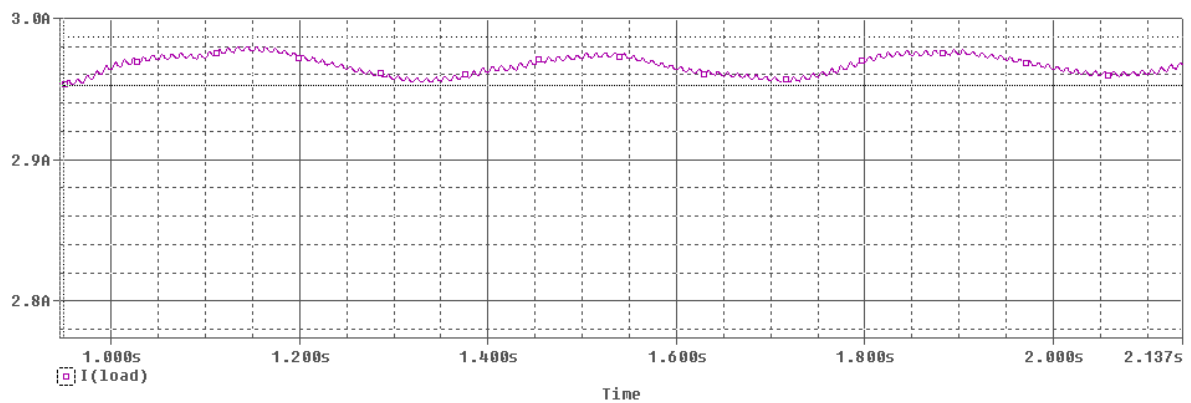
Οπού R η χωρητική αντίσταση του πυκνωτή.

Λύνοντας την εξίσωση της χωρητικής αντίστασης του πυκνωτή ως προς C έχουμε

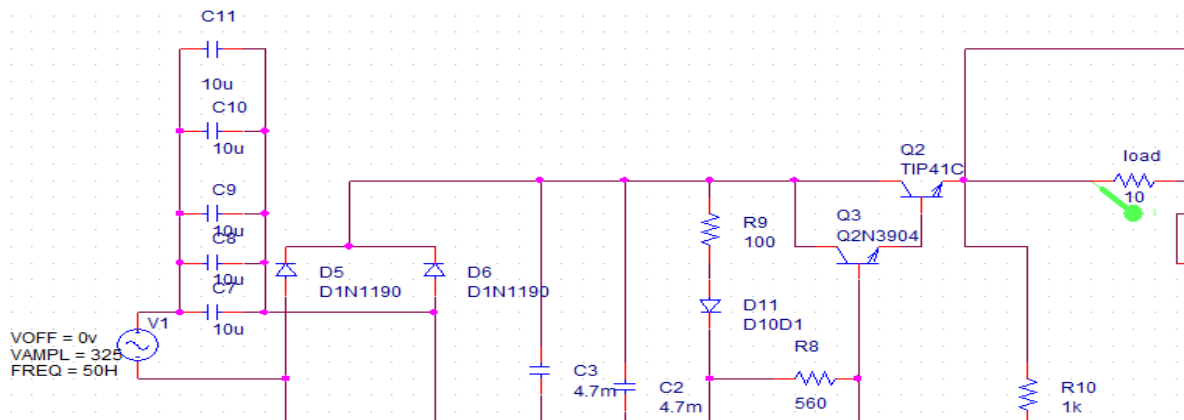
$$X=1/2\pi fC \Rightarrow C=1/2\pi fX \Rightarrow C=1/2*3.14*50*76.7 \Rightarrow C=41\mu F$$

Στην εμπόριο η μέγιστη τιμή που κυκλοφορεί στους πυκνωτές τύπου X και Y είναι τα 10μF οπότε χρειαζόμαστε 5 σε παράλληλη σύνδεση για να έχουμε το απαιτούμενο ρεύμα στο φορτίο.

Η παράλληλη σύνδεση μικρών πυκνωτών όμως, όπως βλέπουμε στην γραφική παράσταση (21) του κυκλώματος εξομοίωσης (22), έχει ως αποτέλεσμα μία διακύμανση του ρεύματος φορτίου σε ένα εύρος της τάξης των 33mA κάτι το ανεπιθύμητο μιας και μιλάμε για ρεύμα που οδηγεί LED οπότε πρέπει να είναι όσο πιο σταθερό γίνεται.



**Εικόνα 21: Ρεύμα Φορτίου Transformerless Τροφοδοσίας**



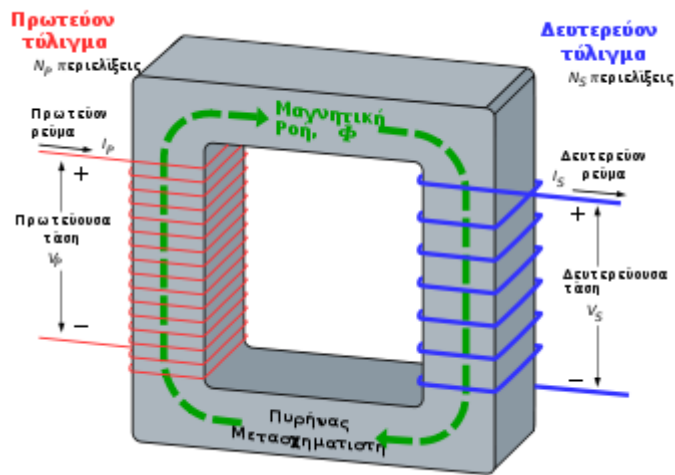
**Εικόνα 22: Κυκλώμα Transformerless Τροφοδοσίας**

Το πλεονέκτημα των τροφοδοτικών χωρίς μετασχηματιστή είναι ότι είναι σαφώς μικρότερες και ελαφρύτερες κατασκευές γιατί αποφεύγεται η χρήση μετασχηματιστή ο οποίος σε κυκλώματα μεγάλης ισχύος είναι και ογκώδης και βαρύτατο θέμα κόστους δεν διαφέρουν και πολύ διότι οι πυκνωτές X κ Y μεγάλων τιμών (>1μF) είναι αρκετά ακριβοί συγκριτικά με τους τυπικούς πυκνωτές. Ένα επιπλέον αρνητικό των τροφοδοτικών χωρίς μετασχηματιστή είναι ότι δεν υπάρχει η γαλβανική μόνωση μεταξύ της γραμμής του δικτύου και του κυκλώματος μας οπότε σφάλματα στο κύκλωμα είναι έκτος από καταστροφικά για όλα τα κομμάτια του κυκλώματος επικίνδυνα και για την ζωή μας.

Οπότε επιλέχθηκε η κατασκευή του κυκλώματος με την χρήση ενός εξωτερικού μετασχηματιστή ώστε να μην γίνει το τελικό προϊόν πολύ μεγάλο και βαρύ.

Ο μετασχηματιστής είναι συσκευή η οποία μεταφέρει ηλεκτρική ανεργία μεταξύ δύο κυκλωμάτων, διαμέσου επαγωγικά συζευγμένων ηλεκτρικών αγωγών. Οι μετασχηματιστές συγκαταλέγονται ανάμεσα στις πιο αποδοτικές ηλεκτρικές μηχανές, με κάποιες μεγάλες μονάδες να αποδίδουν έως και το 99,75% της ισχύος εισόδου τους στην έξοδό τους. Οι μετασχηματιστές έχουν μεγάλο εύρος μεγεθών, που κυμαίνεται από μέγεθος νυχιού (όπως αυτοί που βρίσκονται μέσα σε ένα μικρόφωνο) έως τεράστιες μονάδες με βάρος εκατοντάδων τόνων που χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεση τμημάτων των εθνικών δικτύων ηλεκτροδότησης. Όλοι λειτουργούν με βάση τις ίδιες αρχές, αν και υπάρχει πληθώρα διαφορετικών υλοποιήσεων.

Ένα μεταβαλλόμενο ηλεκτρικό ρεύμα στο πρώτο κύκλωμα (το "πρωτεύον") δημιουργεί ανάλογα μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο . Αυτό το μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο επάγει μεταβαλλόμενη τάση στο δεύτερο κύκλωμα (το "δευτερεύον"). Το φαινόμενο αυτό καλείται αμοιβαία επαγωγή .



**Εικόνα 23: Μετασχηματιστής**

Αν ένας ηλεκτρικός καταναλωτής είναι συνδεδεμένος στο δευτερεύον κύκλωμα, τότε θα υπάρξει ροή ηλεκτρικού φορτίου στο δευτερεύον τυλίγμα του μετασχηματιστή. Αυτό το φορτίο θα μεταφέρει ενέργεια από το πρωτεύον κύκλωμα, στον καταναλωτή που είναι συνδεδεμένος στο δευτερεύον κύκλωμα.

Η επαγόμενη τάση  $V_S$  στο δευτερεύον ενός ιδανικού μετασχηματιστή, είναι ανάλογη της τάσης  $V_P$  στο πρωτεύον κατά ένα συντελεστή ίσο με το λόγο του αριθμού  $N$  των περιελίξεων του σύρματος στα αντίστοιχα τυλίγματα:

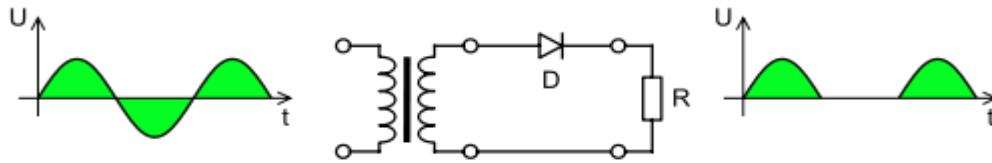
Οι δείκτες S,P προέρχονται από τις αγγλικές λέξεις *secondary, primary*, οι οποίες σημαίνουν αντίστοιχα *δευτερεύον και πρωτεύον*.

Με κατάλληλη επιλογή του αριθμού των περιελίξεων, ένας μετασχηματιστής επιτρέπει την ανύψωση μιας εναλλασσόμενης τάσης (αν  $N_S > N_P$ ) ή τον υποβιβασμό της (αν  $N_S < N_P$ ).

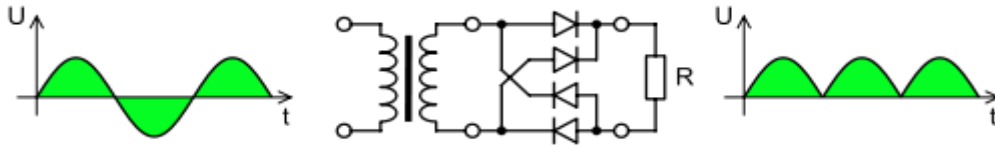
Η έξοδος του πυκνωτή που επιλέχθηκε είναι στα 30V RMS 6A.

## 5.2 Ανόρθωση-Εξομάλυνση-Σταθεροποίηση

Ανόρθωση είναι το πρώτο στάδιο από το οποίο περνάει η AC τάση εξόδου του μετασχηματιστή ώστε να μετατραπεί σε DC και σκοπός της είναι να απαλειφθούν οι αρνητικές περιόδους της AC τάσης εισόδου είτε αποκόπτοντας τις (ανόρθωση ημίσεως κύματος, (Εικόνα 24 ) είτε αναστρέφοντας τις (ανόρθωση πλήρους γέφυρας, (Εικόνα 25)



**Εικόνα 25: Ανόρθωση ημίσειες κύματος**

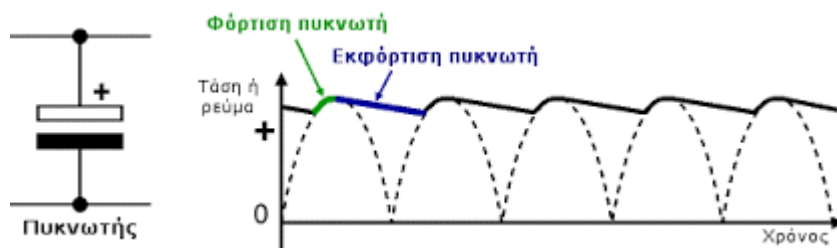


**Εικόνα 24: Ανόρθωση πλήρους γέφυρας**

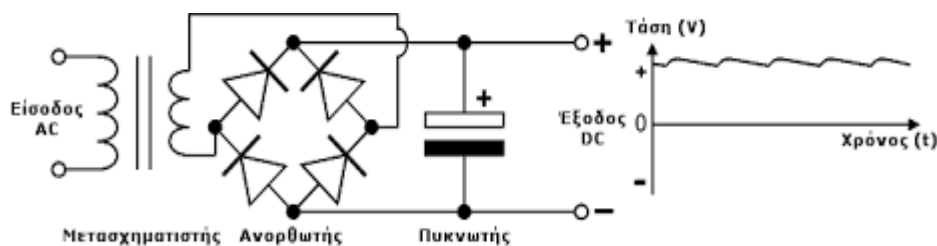
Η εξομάλυνση είναι το δεύτερο στάδιο για την μετατροπή της AC τάσης σε DC και μειώνει την κυμάτωση της DC τάσης που εμφανίζεται μετά την ανόρθωση

Η εξομάλυνση (φιλτράρισμα) επιτυγχάνεται με ένα ηλεκτρολυτικό πυκνωτή μεγάλης χωρητικότητας συνδεδεμένο παράλληλα με το φορτίο. Ο πυκνωτής αποθηκεύει ενέργεια (γρήγορη φόρτιση) κατά τη διάρκεια της περιόδου αγωγής και την αποδίδει την ενέργεια στο φορτίο (εκφόρτωση) κατά τη διάρκεια της περιόδου μη αγωγής. Η εξομάλυνση αυξάνει την μέση τάση DC ( $1.41 \times \text{RMS}$ ). Για παράδειγμα 12V RMS AC μετά από ανορθωτή πλήρους κύματος θα μειωθούν περίπου σε 10.6V RMS DC (τα 1.4V θα χαθούν λόγω πτώση τάσης στις διόδους - 0.66V ανά δίοδο πιο συγκεκριμένα). Με την τοποθέτηση του πυκνωτή εξομάλυνσης θα έχουμε  $10.6 \times 1.41 = 14.9\text{V DC}$ .

Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει την μη φιλτραρισμένη κυμάτωση DC (διακεκομμένη γραμμή) και την φιλτραρισμένη (έντονη γραμμή)(26).



**Εικόνα 26: Τάση πριν (διακεκομμένη) και μετά (συνεχής) τον πυκνωτή εξομάλυνσης**



**Εικόνα 27: Κυκλωμα Ανορθωσης Πληρους Γεφυρας - Εξομάλυνσης και η Έξοδος του**

Το μέγεθος του πυκνωτή εξομάλυνσης εξαρτάται από τον τύπο ανόρθωσης που χρησιμοποιείται καθώς και την τάση εξόδου που χρειαζόμαστε. Επίσης όσο πιο μεγάλος είναι μειώνετε η κυμάτωση στην έξοδο και αυξάνεται ο χρόνος φόρτισης. Βέβαια για κυκλώματα έως 24V η κυμάτωση δεν παίζει και πολύ ρόλο γιατί η έξοδος από την εξομάλυνση οδηγείται σε έναν σταθεροποιητή τάσης.

Η σταθεροποίηση είναι το τελευταίο στάδιο και συνήθως γίνεται μέσω σταθεροποιητών τάσης.

Οι σταθεροποιητές τάσης είναι ολοκληρωμένα κυκλώματα προρυθμισμένα σε κάποιες τάσεις εξόδου (συνήθως 5 έως 24V) και ως μία συγκεκριμένη ένταση ρεύματος. Οι περισσότεροι σταθεροποιητές περιέχουν κυκλώματα προστασίας υπερφόρτωσης και υπερθέρμανσης. Αρκετοί σταθεροποιητές έχουν τρεις επαφές ή περισσότερες, μοιάζοντας σαν τρανζίστορ ισχύος, και έχουν και μία τρύπα με σκοπό να βιδωθούν πάνω σε ψήκτρα εάν είναι απαραίτητο. Είναι σημαντικό η τάση εισόδου τους να είναι μερικά Volts παραπάνω από την σταθεροποιημένη τάση εξόδου. Ο ρόλος του σταθεροποιητή είναι να εξαλείφει κάθε κυμάτωση που απομένει από τον πυκνωτή εξομάλυνσης και να αποδίδει μία σταθερή τάση εξόδου. Πλέον η τάση εξόδου του σταθεροποιητή είναι κατάλληλη για να τροφοδοτήσουμε οποιαδήποτε συσκευή ή κύκλωμα.

Όταν όμως απαιτείται μεγαλύτερη τάση εξόδου και ρεύμα μεγαλύτερο του 1A τότε μπορούμε να σταθεροποιήσουμε την έξοδο με την χρήση μιας Zener μεγάλης Ισχύος η μιας Zener μικρής ισχύος και ενός transistor σε συνδεσμολογία ακολούθου τάσης(CC)

Η Δίοδος Ζένερ (Zener) είναι μια δίοδος που μπορεί να λειτουργεί στην περιοχή κατάρρευσης , δηλαδή στην περιοχή τάσης στην οποία οι λοιπές δίοδοι κινδυνεύουν να

καταστραφούν. Γι' αυτό το λόγο ονομάζεται και δίοδος κατάρρευσης. Είναι το βασικότερο εξάρτημα των σταθεροποιητών τάσης που κρατούν την τάση στο φορτίο του κυκλώματος

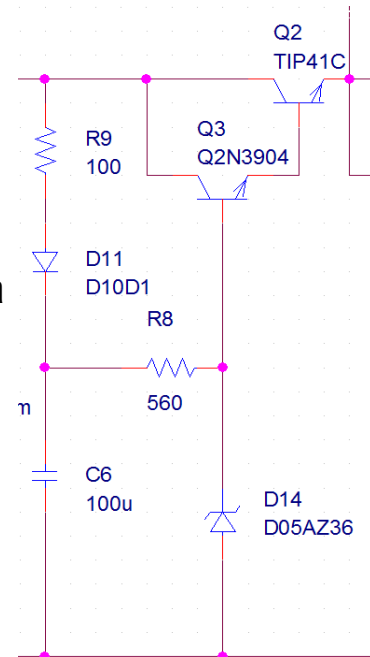
σταθερή ανεξάρτητα από μεταβολές στην τάση της γραμμής και στην αντίσταση του φορτίου. Είναι κάτι σαν ασφάλεια τάσης.

Στο παρακάτω κυκλωμα(28) η R9 με τον C6 δημιουργούν ένα επιπλέον φίλτρο χαμηλών συχνοτήτων. Το μεγαλύτερο μέρος του φιλτραρίσματος έχει γίνει από τους προηγούμενους πυκνωτές και για αυτό ο C6 είναι τόσο μικρός.

Η δίοδος D11 με τον πυκνωτή C6 δημιουργούν έναν ανιχνευτή κορυφής ο οποίος μειώνει την παραμόρφωσης τάσης εισόδου αποτρέποντας τον C6 να εκφορτώσει προς την πηγή εισόδου και κατά συνέπεια εξομαλύνεται ακόμα περισσότερο το ρεύμα φορτίου.

Η αντίσταση R8 μειώνει το ανάστροφο ρεύμα που δέχεται η Zener ώστε να μην καταστραφεί και η Zener(D14) κρατάει σταθερή την τάση στα 36V DC.

Το transistor Q3 (CC) ενισχύει το ρεύμα βάσης το οποίο διατηρήσαμε χαμηλό ώστε να μην καταστραφεί η Zener και το διοχετεύει στην βάση του Q2 το οποίο αφού ενισχύσει το ρεύμα της βάσης του παρέχει στο φορτίο μας το ρεύμα που χρειαζόμαστε (3A).Και τα 2 τρανζίστορ είναι σε συνδεσμολογία κοινού συλλέκτη (απολαβή τάσης 1) όποτε στο φορτίο μας εφαρμόζεται τάση  $V_Z - V_{Q1BE} - V_{Q2BE} = 36V - 0.7V - 0.7V = 34.6V$

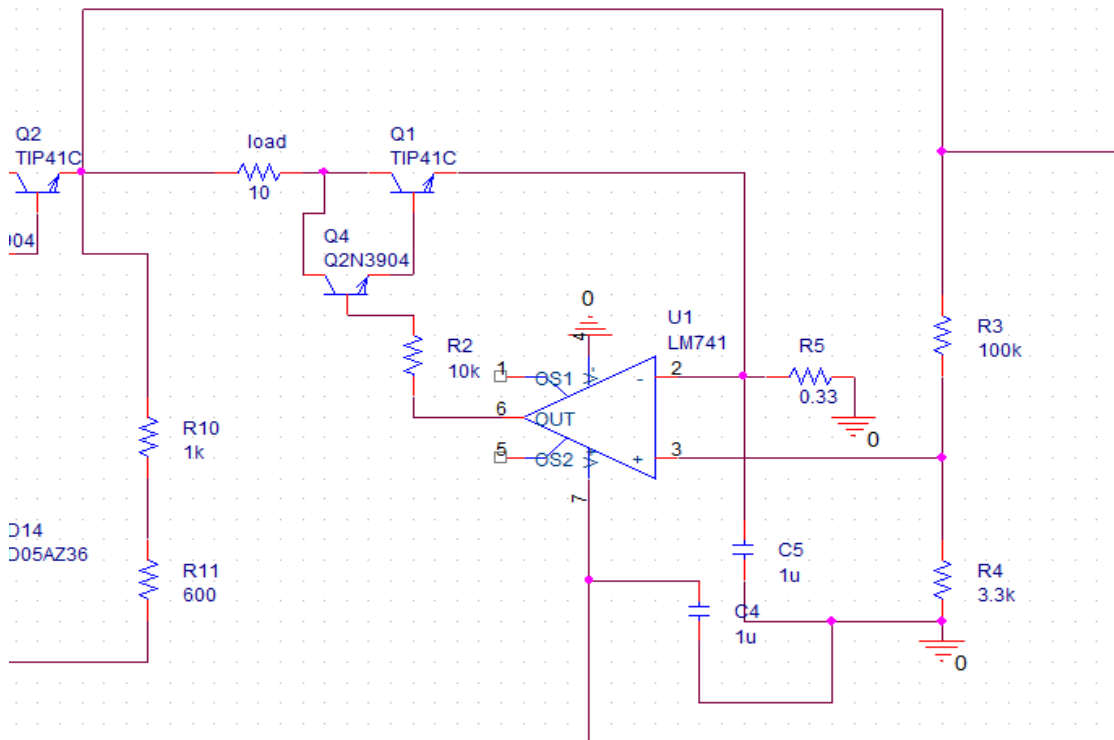


**Εικόνα 28: Σταθεροποιητής**

### 5.3 Πηγή σταθερού Ρεύματος

Όπως προείπαμε τα LED χρειάζονται σταθερό ρεύμα για να λειτουργήσουν. Συνεχείς αλλαγές στο ρεύμα μεταβάλλει το φως που εκπέμπουν και μειώνουν την διάρκεια ζωής τους όποτε χρειαζόμαστε να τα τροφοδοτήσουμε μέσω ενός κυκλώματος το οποίο κρατάει την τιμή του ρεύματος σταθερή.





**Εικόνα 29: Πηγή σταθερού ρευματος**

Στο παραπάνω κύκλωμα το ποδαράκι 3 του U1(LM741) τροφοδοτείται μέσω το διαιρετή τάσης που σχηματίζουν η R3 και η R4 από

$$V_L * R_4 / (R_3 + R_4) = 34.6 * 3.3\text{K}\Omega / (3.3\text{K}\Omega + 100\text{K}\Omega) = 34.6 * 0.032 = 1.1\text{V}$$

Η όποια εφαρμόζετε και στο ποδαράκι 2 του U1. Η αντίσταση R5 (Rsense) λόγω της τάσης 1.1V που στο ένα άκρο της διαρρέεται από ρεύμα:

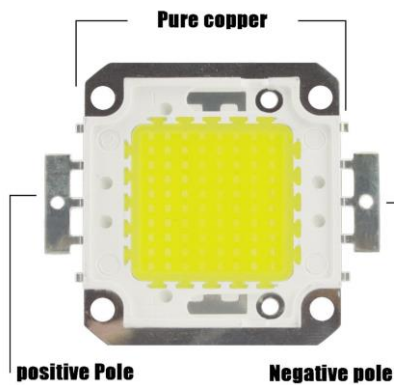
$$(1.1\text{V} - 0) / 0.33\Omega = 3.33\text{A}$$

Αυτό είναι και το ρεύμα φορτίου το οποίο διατηρείται σταθερό λόγω του ότι η τάση εισόδου του τελεστικού παραμένει σταθερή ασχέτως αλλαγών στην τάση εισόδου λόγω της διόδου Zener.

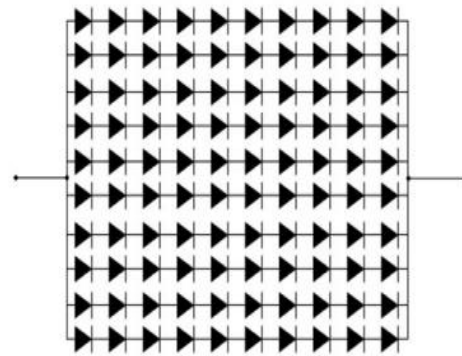
Η αντίσταση R2 μειώνει το ρεύμα εξόδου του τελεστικού U1 ώστε να δουλεύει ξεκούραστα και να μην έχουμε απώλειες λόγω αυξημένων θερμοκρασιών και το Q4 ενισχύει το ρεύμα αυτό και πάλι ώστε να το οδηγήσει στο Q1 το οποίο θα το ενισχύσει για τελευταία φορά στη τιμή του ρεύματος φορτίου.

## 5.4 Το Φορτίο

Τα LEDs όπως έχουμε αναφέρει έχουν μέγιστη ονομαστική ισχύ το ένα Watt όποτε για έναν προβολέα των 100W χρειαζόμαστε 100 LEDs. Στο εμπόριο υπάρχουν διάφορα πακέτα που συνδυάζουν LEDs διαφόρων ισχύων, μεγεθών και χρωμάτων ώστε να ικανοποιηθούν όλες οι ανάγκες. Αυτό που θα χρησιμοποιήσουμε εμείς αποτελείται από 10 σειρές συνδεδεμένες παράλληλα όπου η κάθε σειρά αποτελείται από 10 LEDs του ενός Watt συνδεδεμένα σε σειρά όλα ενσωματωμένα σε ένα chip με κοινή άνοδο και κοινή κάθοδο και η πίσω μεριά χρησιμοποιείται για την απαγωγή της θερμότητας που αναπτύσσεται.



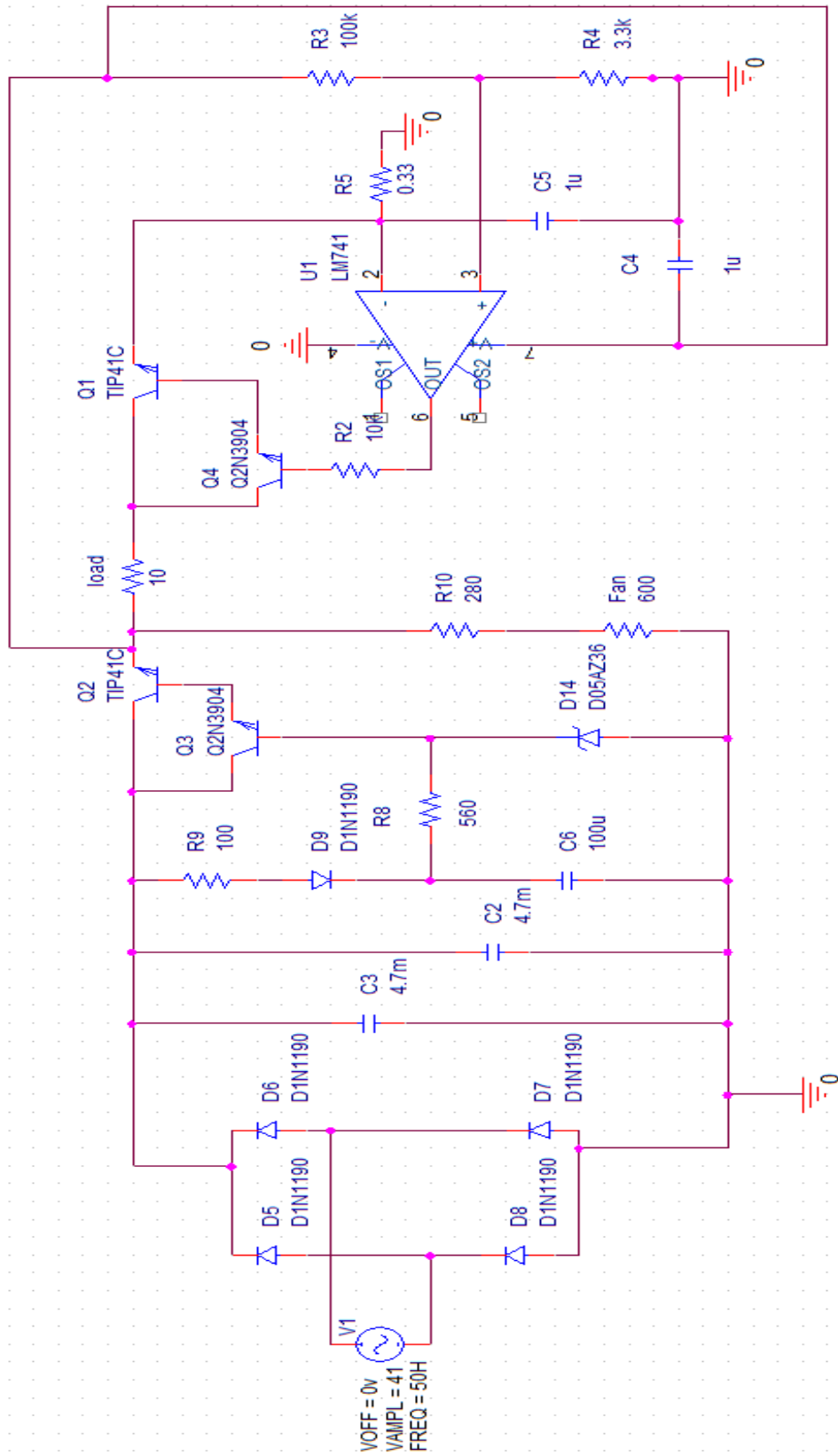
Εικόνα 30: 100W LED Chip



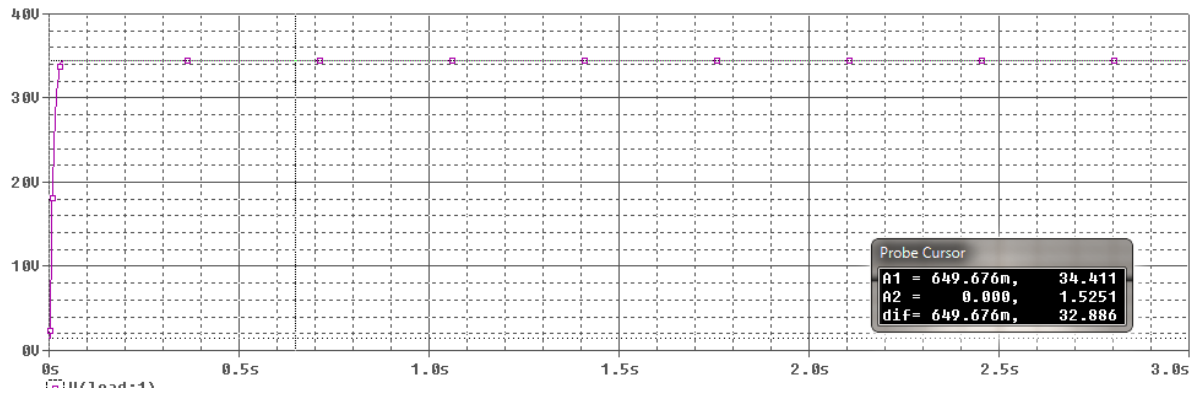
Εικόνα 30: Διαταξη Των LED μέσα στο Chip

Τα συγκεκριμένα chip για να λειτουργήσουν χρειάζονται 32V-35V DC και 3A.

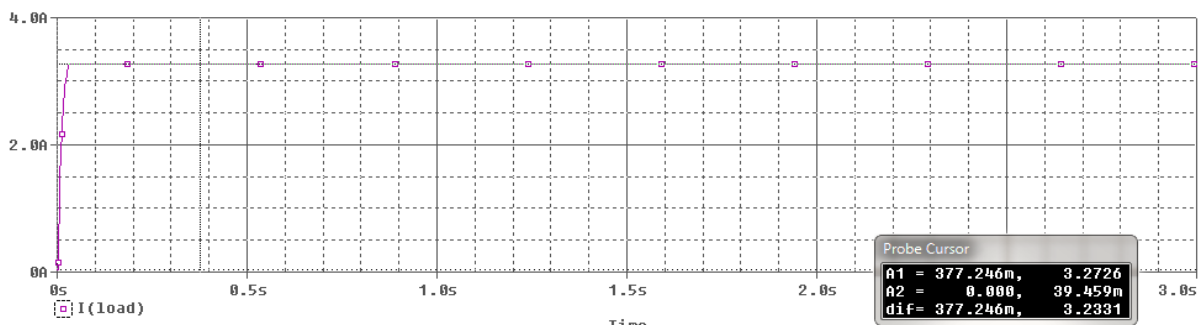
## 5.5 Σχηματικό κυκλωματος – Γραφικές Παραστάσεις



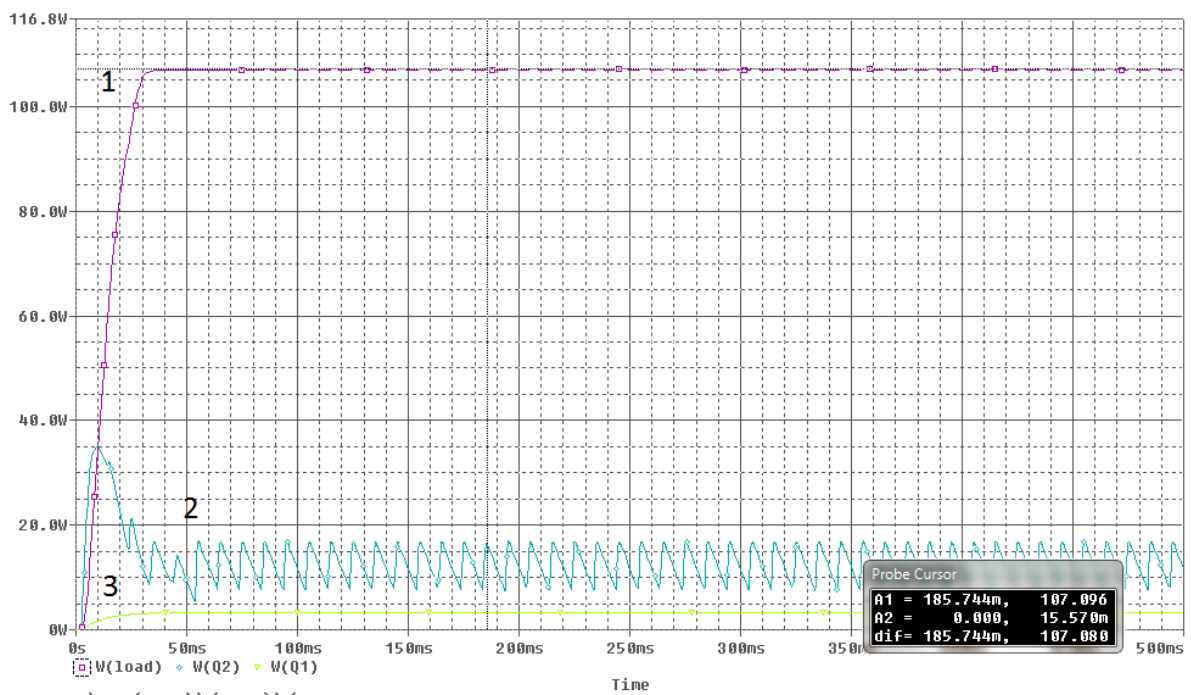
Εικόνα 31: Σχηματικό Κυκλώματος



Εικόνα 32: Ταση Φορτίου



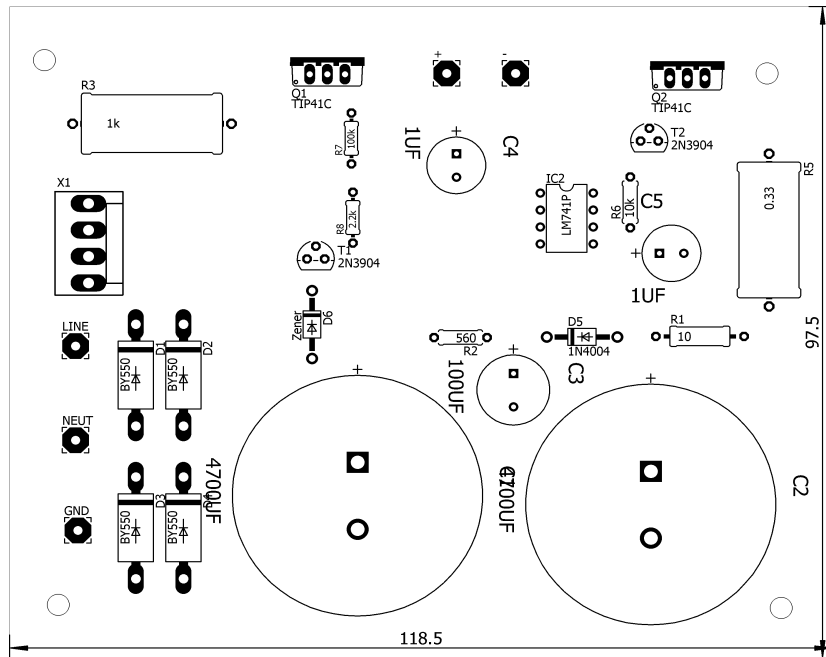
Εικόνα 33: Ενταση Ρευματος Φορτίου



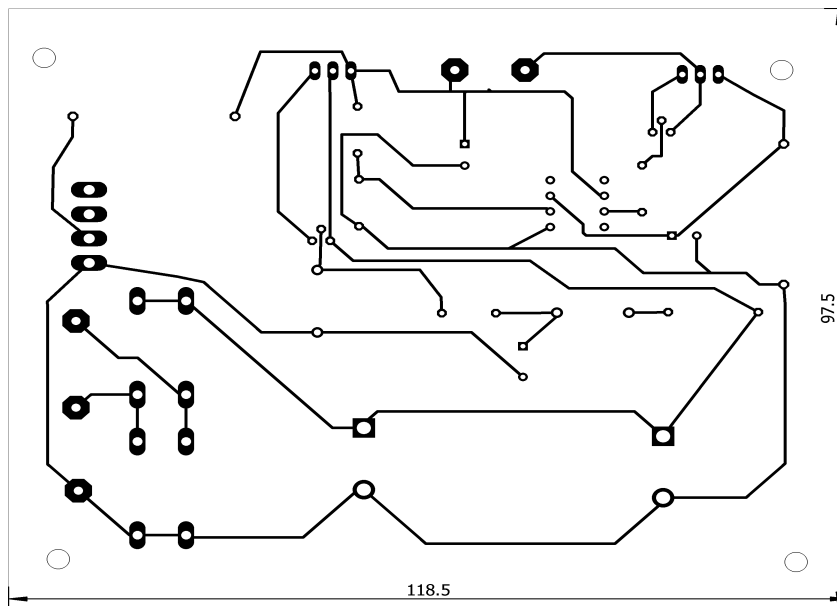
Εικόνα 34: Κατανάλωση Ισχύος 1)Φορτίου 2)Q2 3)Q1

## 5.6 Κατασκευή μετρήσεις

Η σχεδίαση της πλακέτας έγινε με το πρόγραμμα Eagle της Cad soft



Εικόνα 36: Άνωψη Πλακέτας



Εικόνα 35: Κάτωψη Πλακέτας

Το μεγαλύτερο πρόβλημα κατασκευαστικά ήταν η ψύξη του LED chip και των transistor ισχύος (Q1 , Q2 ) . Η παθητική ψύξη δεν ήταν ιδιαίτερα αποτελεσματική καθώς μετά από λίγη ώρα το LED άρχιζε να τρεμοπαίζει καθώς δούλευε συνεχόμενα σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (>80<sup>0</sup>). Έτσι αναγκαστικά χρησιμοποιήθηκε ενεργητική ψύξη μέσω μιας

μεγάλης ψήκτρας επεξεργαστή ηλεκτρονικού υπολογιστή και ανεμιστήρα ο οποίος τροφοδοτείται από το κύκλωμα μας. Το Chip μονταρίστηκε πάνω στην ψήκτρα και τα transistor ισχύος τοποθετήθηκαν έτσι ώστε να επάγουν μέρος της θερμότητας τους στην μεγάλη ψήκτρα και να είναι εντός της ροής αέρα του ανεμιστήρα πλακέτα και η ψήκτρα τοποθετήθηκαν μέσα σε μεταλλικό κουτί ενώ ο μετασχηματιστής είναι ξεχωριστός για να μην προσθέτει όγκο και βάρος στην κατασκευή.

#### Απόδοση

Εφόσον έχουμε να κάνουμε με μια κατασκευή ηλεκτρονικών ισχύος μεγάλο ρόλο παίζει η απόδοση του συστήματος. Απόδοση συστήματος είναι ο λόγος της ισχύος που καταναλώνεται στο φορτίο προς την ισχύ που προσφέρεται στο σύστημα.

Βάση μετρήσεων έχουμε στην έξοδο του μετασχηματιστή τάση 30V RMS και ένταση 3.7 A δηλαδή 111W προσφερόμενη ισχύ στο σύστημα ενώ στο φορτίο έχουμε τάση 32V DC και ένταση 3.06A δηλαδή 97.92W.

Άρα η απόδοση του συστήματος είναι

$$n=97.92/111=0,88$$

$$n=88\%$$

## 6 Επίλογος

Σήμερα πιστεύεται ότι τα LEDs, θα αποτελέσουν την επόμενη γενιά πηγών φωτός. Αρκετά ώριμα προϊόντα πλέον, είναι έτοιμα να εισέλθουν δραστικά στην αγορά φωτισμού παρά τις ατέλειες τους. Αυτή τη στιγμή υπάρχει μια έντονη κινητικότητα παγκοσμίως σε διαφορές κατευθύνσεις που αφορά στην τεχνολογία και την επιστήμη των LEDs. Η πιο σημαντική είναι η καλύτερη κατανόηση του μηχανισμού παραγωγής φωτός στους ημιαγωγούς αυτούς. Έτσι, αναπτύσσονται νέες διαγνωστικές τεχνικές αφιερωμένες στα LEDs και συγχρόνως αναπτύσσονται και διερευνώνται πιο εξελιγμένα μαθηματικά μοντέλα από τα υπάρχοντα. Όσο για τα υλικά, το ίνδιο π.χ., που είναι χαρακτηριστικό υλικό συστατικό κάποιας οικογένειας LED είναι σπάνιο και παρόλο που χρησιμοποιείται σε πάρα πολύ μικρή ποσότητα στη κατασκευή LED, είναι αδύνατον να ανακυκλωθεί. Εναλλακτικά υλικά έχουν προταθεί και διερευνηθεί όπως το Si, το fSiC και το ZnO αλλά η τεχνολογία τους δεν είναι ακόμη ώριμη. Επιπρόσθετα, η βελτίωση της εσωτερικής κβαντικής απόδοσης (IQE) είναι μια μεγάλη πρόκληση για τους επιστήμονες. Το IQE είναι ο λόγος των παραγόμενων φορέων φωτονίων προς τον αριθμό των φορέων ηλεκτρονίων. Αυτή η παράμετρος είναι πολύ σημαντική γιατί είναι η μόνη που έχει απομείνει για βελτίωση. Ο στόχος είναι να επιτευχθεί η τιμή του 90% στην επόμενη δεκαετία. Είναι επίσης απαραίτητο, να αναπτυχθούν και οι κατάλληλες φωσφορικές επιστρώσεις ικανές να απορροφήσουν ακτινοβολίες στην περιοχή του υπεριώδους-ιώδους και να τη μετατρέψουν με μεγάλη απόδοση. Έρευνες γίνονται και προς την κατεύθυνση ειδικών επιστρώσεων που ονομάζονται quantum-splitting phosphors που χρησιμοποιούνται ήδη στους λαμπτήρες χαμηλής πίεσης και οι οποίες έχουν ενισχυμένες ικανότητες απόδοσης σε σχέση με τις συμβατικές επιστρώσεις. Για να μπορέσουν οι λαμπτήρες LED να διεισδύσουν στην αγορά, θα πρέπει να διαθέτουν ειδικά σχεδιασμένους ανακλαστές προσαρμοσμένους στη μεγάλη κατευθυντικότητα που χαρακτηρίζει τα LEDs αλλά και το μικρό τους μέγεθος. Επίσης, το σύστημα τροφοδοσίας θα πρέπει να είναι ειδικής σχεδίασης αφού θα πρέπει να τροφοδοτήσει συγχρόνως έναν μεγάλο αριθμό ξεχωριστών LEDs. Θα πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη και η ευαισθησία του LED στην αλλαγή χρώματος λόγω αστάθειας της τάσης και του ρεύματος πόλωσης. Μια πολύ μικρή μεταβολή σε μία από τις δυο αυτές τιμές θα μπορούσε να αλλάξει το χρώμα τους. Ως διοδικά στοιχεία έχουν συμπεριφορά που επηρεάζονται από το χρόνο με αποτέλεσμα τη μείωση φωτεινής ροής και της αλλαγής χρώματος. Επιπρόσθετα, τα χαρακτηριστικά τους αλλάζουν από τσιπ σε τσιπ και επομένως είναι απαραίτητος ο σχολαστικός έλεγχος για κάθε ξεχωριστή δίοδο. Όλα αυτά

βέβαια τα στοιχεία έχουν οδηγήσει σε μία αρνητική δημοσιότητα για τα συγκεκριμένα προϊόντα και τους σχεδιαστές τους.

Ποια θα είναι επομένως η επόμενη γενιά πηγών φωτός; Η απάντηση περιστρέφεται γύρω από τα οργανικά LEDs. Είναι προϊόντα που παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα αντίστοιχα ανόργανα. Μπορούν να κατασκευαστούν σε μεγάλες επιφάνειες με χρήση καθιερωμένων και χαμηλού κόστους τεχνικών. Οι διατάξεις OLED είναι δύο κατηγοριών: αυτές που φτιάχνονται από μικρά οργανικά μόρια και αυτές από οργανικά πολυμερή. Υπάρχει μεγάλη επιλογή οργανικών φωτεινών υλικών και έτσι μια μεγάλη ποικιλία διατάξεων σε πάρα πολλά χρώματα μπορεί να κατασκευαστεί. Υπάρχει η δυνατότητα, με χρήση χημικού ελέγχου, να επιλέγεται το φωτεινό τους φάσμα αλλά και οι ηλεκτρικές τους ιδιότητες. Αν και δεν υπάρχουν ακόμη εμπορικές πηγές φωτός OLEDs στη διεθνή επιστημονική βιβλιογραφία υπάρχουν τεχνικές που βασίζονται σε χρήση φωσφορικών οργανομεταλλικών υλικών τα οποία παράγουν λευκό φως (WOLEDs) με μεγάλη φωτεινή απόδοση. Τα WOLEDs μπορεί να γίνουν εναλλακτικές λύσεις για εσωτερικό φωτισμό με πολύ καλές φωτεινές ιδιότητες, τη συμπαγή μορφή τους και τη δυνατότητα τους να αναπτύσσονται και σε επίπεδο σχήμα. Το πεδίο είναι ακόμη ανοικτό και πολλά υποσχόμενο ενώ παράλληλα, αυτή τη στιγμή πολλές και μεγάλες επενδύσεις έχουν γίνει στην Ευρώπη και στις ΗΠΑ.



## 7 Βιβλιογραφία

1) Η ιστορία των λαμπτήρων

<http://energy.gov/articles/history-light-bulb>

<http://www.livescience.com/43424-who-invented-the-light-bulb.html>

2) Συγκριτικά ανάμεσα σε λαμπτήρες LED και HID

<http://www.innovativelight.com/hid-vs-led-lighting/>

3) Δρ. Εμμανουήλ Δρακάκης ΤΕΙ Κρήτης, Επιστήμη και τεχνολογία ηλεκτρικών πηγών φωτός

<https://www.elke.teicrete.gr/LinkClick.aspx?fileticket=B-VDXi8YxD8%3D&tabid=1398>

4) Αρχές Λειτουργίας LED

<http://www.hlektronika.gr/index.php?page=theory?led>

5) Σαββούλα Χ. Μάλλιου. Ειδικός Παθολόγος Ογκολόγος

Τεχνολογία LED και Υγεία

<http://www.emedi.gr/%CE%BA%CE%BF%CE%B9%CE%BD%CF%89%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AC->

<http://www.emedi.gr/%CE%B8%CE%AD%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1/%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1->

<http://www.emedi.gr/%CF%80%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%B2%CE%AC%CE%BB%CE%BB%CE%BF%CE%BD/item/4838->

<http://www.emedi.gr/%CF%84%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1-led.html#.Vo1envmLRhE>

6) Led Magazine – Θερμική Συμπεριφορά Των LED

<http://www.ledsmagazine.com/articles/2005/05/fact-or-fiction-leds-don-t-produce-heat.html>

7) Ines Lima Azevedo, M. Granger Morgan, Fellow IEEE, and Fritz Morgan, Member IEEE – Η μετάβαση στον φωτισμό σταθερής κατάστασης.

[http://www.andrew.cmu.edu/user/ilimade/Ines\\_Azevedo/papers/morgan\\_2009.pdf](http://www.andrew.cmu.edu/user/ilimade/Ines_Azevedo/papers/morgan_2009.pdf)

8) Έρευνα Για τις απώλειες Φωτιστικών

<http://www.kenall.com/Kenall-Files/Product-Files/specificationsheets/CSEFO14P.pdf>

9) Δημοσιογραφικό Portal για την Ενέργεια

<http://energypress.gr/news/exoikonomisi-eos-85-apo-programma-fotismoy-led-tis-philips>

10) Πλεονεκτήματα Led και Παράδειγμα κέρδους με LED

<http://ecoboiler.gr/%CE%B5%CE%BE%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%BD%CF%8C%CE%BC%CE%B7%CF%83%CE%B7-%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CF%82-%CF%83%CF%84%CE%BF%CE%BD-%CF%86%CF%89%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C/>

11) Ιδιότητες Πυκνωτών Τύπου X και Y

<https://electrosome.com/x-and-y-rated-capacitors/>

[www.bulb.com](http://www.bulb.com)

<http://www.hlektronika.gr/>

[www.osram.gr](http://www.osram.gr)

Lighting Research Center

<http://www.lrc.rpi.edu/>