

# Основы безопасной эксплуатации InGaN светодиодов при электростатических разрядах



**Виктор Копайгородский**, технический специалист по светодиодам, фирма СЭА

E-mail: vs@sea.com.ua

**Юрий Коваль**, руководитель технического отдела, фирма СЭА

E-mail: yurikov@sea.com.ua

**Данная статья рассматривает ESD защиту для светодиодных устройств с зелеными, синими и белыми InGaN светодиодами с практической точки зрения. Нижеописанные предосторожности должны соблюдаться от получения и до отгрузки таких устройств.**

## ВВЕДЕНИЕ

Электрическое повреждение может встречаться во многих электронных компонентах из-за электрических перегрузок (EOS — electrical overstress) или электростатических разрядов (ESD-electrostatic discharge). В некоторых компонентах эти два типа повреждения могут проявляться одинаково. InGaN светодиоды — это новое поколение синих, белых и зеленых светоизлучателей. Они очень чувствительны к ESD воздействиям. Поврежденные из-за ESD светодиоды могут стать вдруг тусклыми по свечению во время работы или вообще перестать работать, как это иногда наблюдается на светодиодных светофорах, электронных табло и других устройствах. Может также сократиться время безотказной работы светодиода или уменьшиться напряжения  $U_f$  или  $U_r$ . Скрытое повреждение, вызванное ESD, может оставаться необнаруженным в течение испытания, но приводит в результате к отказу.

## ПРОИСХОЖДЕНИЕ

Накопление электростатического заряда — очень распространенная вещь. Электростатический заряд — это положительный или отрицательный

электрический заряд в покое на поверхности материала, который генерирует электрическое поле и может быть источником разрушительного ESD. Положительный заряд может переноситься такими материалами как воздух, человеческая кожа, волосы, и стекло. В то время как отрицательный заряд может переноситься другими материалами, например: силикон, каучук, тефлон, и большинство пластмасс. Есть также «относительно нейтральные материалы», например изделия на основе древесины или проводящих металлов.

Типичные электростатические напряжения могут быть от нескольких вольт до тысяч вольт. Относительная влажность также играет большую роль в образовании ESD. В общих чертах, более высокая влажность приводит к более низкому росту электростатического заряда.

## ПОЯВЛЕНИЕ ESD ПОВРЕЖДЕНИЙ В InGaN УСТРОЙСТВАХ

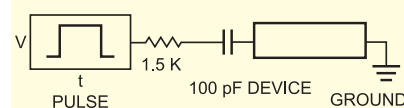
ESD повреждение обычно происходит при накоплении электростатического заряда. Для InGaN светодиодов в данной ситуации изменяются напряжения  $V_f$  (прямое напряжение смещения) и  $V_r$  (обратное напряжение смещения), а также импульсный ток разряда в прямом

или обратном смещении. Обратный или прямой ток утечки — характеристика поврежденных устройств. Кроме того, устройства могут стать закороченными, тусклыми, нерабочими (никакой индикации), или показывать низкие уровни  $V_f$  или  $V_r$ . Повреждение устройств низким ESD напряжением обычно заметно по маленьким темным пятнам в светоизлучающей области, что может быть следствием низких токов электролюминесценции. При более высоких напряжениях (приблизительно 2 кВ), наблюдается обычно обожженный металл вокруг катодного вывода. ESD повреждения отличаются от EOS повреждений тем, что у EOS повреждений вывод анода обуглен.

## ESD МОДЕЛЬ

Когда заряженный человек входит в контакт с незаряженным устройством происходит быстрый разряд. Человеческая Модель Тела (HBM) моделируется при этом типе ESD соответствующими значениями человеческой емкости и сопротивления. Эта модель признана стандартом США (MILSTD-883D). На рис. 1 показана ESD схемная модель человеческого тела.

RC-компоненты имеют значения 1.5 кОм и 100 пФ. Эти значения пред-



**Рисунок 1** ESD схемная модель человеческого тела

ставляют неподвижного человека, разряжающегося непосредственно от кожи.

## ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЙ РАЗРЯД (ESD)

При работе с отдельными устройствами (которые еще не установлены на печатную плату), убедитесь, что окружающая среда защищена от электростатического электричества. Операторы должны носить антистатическую одежду. Контейнеры и другие объекты, которые входят в прямой контакт с устройствами, должны быть сделаны из антистатических материалов и должны быть заземлены на землю через 0.5...1.0 Ом защитный резистор. Пожалуйста, выполняйте предосторожности, описанные ниже; это особенно важно для устройств, на которых есть отметки «Предостережение — Чувствительные электронные устройства» или на английском языке «Caution — Sensitive Electronic Devices» (см. рис.2).

## РАБОЧАЯ СРЕДА

1. Когда влажность рабочей окружающей среды уменьшается, человеческое тело и другие изоляторы из-за трения могут легко стать заряженными статическим электричеством. Поддерживайте рекомендованную влажность 40%...60% в рабочей среде, принимая во внимание тот факт, что компоненты, упакованные во влагонепроницаемую упаковку, после распаковки могут поглощать влажность.

2. Убедитесь, что все оборудование, зажимные приспособления и инструментальные средства в рабочей области заземлены на землю.

3. Размещайте электропроводный коврик над полом рабочей области, или сделайте другие соответствующие меры так, чтобы поверхность пола была защищена против статического электричества и заземлена на землю. Поверхностное удельное сопротивление должно быть  $10^4 \dots 10^8 \text{ Ом/см}^2$  и сопротивление между поверхностью и землей  $7.5 \times 10^5 \dots 10^8 \text{ Ом}$ .

4. Покройте поверхность автоматизированного рабочего места электропроводной циновкой (с поверхностным сопротивлением  $10^4 \dots 10^8 \text{ Ом/см}^2$  и сопротивлением между поверхностью и землей  $7.5 \times 10^5 \dots 10^8 \text{ Ом}$ ). Цель этого состоит в том, чтобы рассредоточить статическое электричество на поверх-



**Рисунок 2** Пример маркировки электростатически чувствительного устройства

ности (через компоненты имеющие сопротивление) и заземлить его на землю. Поверхности автоматизированных рабочих мест не должны быть изготовлены из низкоомных металлических материалов, которые позволяют осуществить быстрый электростатический разряд непосредственно при касании заряженного устройства.

5. Обратите внимание на следующие пункты при использовании автоматического оборудования на вашем рабочем месте:

- При извлечении микросхем с помощью вакуумного устройства используйте электропроводный каучук в конце отсасывающей трубки вакуумного устройства с соответствующей электростатической защитой.
- Минимизируйте трение на поверхности корпусов микросхем. Если некоторая протирка неизбежна из-за механической структуры устройства, уменьшайте поверхность трения или используйте материал с маленьким коэффициентом трения и низким электрическим сопротивлением. Многие изоляторы и электростатические источники (генераторы ESD) могут быть временно сделаны безопасными с помощью временной обработки. Существующие временные антистатические химические элементы не будут влиять на линзу из эпоксидной смолы InGaN светодиода. Электростатическое управление источниками электропитания с напряжением больше чем 500 В может быть достигнуто воздушной ионизацией. Ионизатор — это источник заряженных воздушных молекул (ионов), которые притягиваются и нейтрализуются электростатическими зарядами противоположной полярности. Воздушная ионизация — хорошая идея для того случая, когда светодиоды проходят через машины. Создание специальной среды — один из лучших путей продвижения ESD безопасности. Ионизаторы — мощные
- инструментальные средства в предотвращении ESD. Однако следует помнить, что ионизаторы, генерирующие ионы одной полярности, не пригодны при ESD защите, так как могут вырабатывать сильные электрические поля.
- В секциях, которые входят в контакт с выводами устройства, используйте материал, который рассеивает статическое электричество.
- Убедитесь, что никакие статически заряженные тела (типа рабочей одежды или человеческого тела) не касаются устройств.
- Удостоверьтесь, что секции несущей ленты, которые входят в контакт с монтируемыми устройствами или с другими электрическими машинами, сделаны из низкоомного материала.
- Удостоверьтесь, что зажимные приспособления и инструментальные средства, используемые в процессе сборки, не касаются устройств.
- В процессах, в которых корпуса могут сохранять электростатический заряд, используйте ионизатор, чтобы нейтрализовать ионы.
- Паяльники должны быть заземлены от жала на землю, и иметь электропитание от 6 В до 24 В.
- Если Вы используете пинцет для касания выводов устройств, то избегайте металлического пинцета и используйте антистатический пинцет. Если заряженное устройство касается низкоомного инструмента, может произойти быстрый разряд. При использовании вакуумного пинцета прикрепите электропроводный зажим к стандартному наконечнику и подключите его к специальной земле, используемой особенно для антистатических целей (значение сопротивления:  $10^4 \dots 10^8 \text{ Ом}$ ).
- Не размещайте устройства или их упаковки около источников сильных электрических полей (например, над электронно-лучевой трубкой).
- При хранении монтажных плат, на которых установили устройства, используйте контейнер плат или сумку, которые защищены от статических разрядов. Чтобы избежать возникновения статического заряда или разряда из-за трения, храните платы отдельно друг от друга и не располагайте их в куче непосредственно друг над другом.
- Убедитесь, если возможно, в том, что любые объекты (типа контейнеров), которые могут иметь любое

местоположение, где может возникнуть опасный уровень статического электричества, созданы из антистатических материалов.

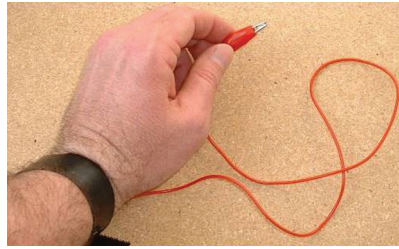
- В случаях, когда человеческое тело входит в прямой контакт с устройством, убедитесь, что надеты антистатические покрытия пальцев или перчатки (значение сопротивления —  $10^8$  Ом или меньше).
- Безопасные покрытия оборудования, установленные около устройств, должны иметь номинальное сопротивление  $10^9$  Ом или меньше.
- Если браслет на запястье не может использоваться по каким-либо причинам, но есть возможность передачи трения на устройства, используйте ионизатор.
- Транспортная пленка, используемая в компонентах, изготовлена из материалов, в которых статические заряды имеют тенденцию роста. Если используются эти компоненты, установите ионизатор, чтобы препятствовать пленке заряжаться статическим электричеством. Также убедитесь, что статическое электричество не будет возникать в медных фольгированных соединениях между компонентами, чтобы предотвратить появление статического электричества в периферийном оборудовании.

### ТРЕБОВАНИЯ К ОДЕЖДЕ ПЕРСОНАЛА

Операторы должны носить антистатическую одежду и электропроводные ботинки (или электропроводную полосу на ноге или пятке).

Кроме того, операторы обязаны носить браслет на запястье, заземленный на землю через резистор приблизительно 1 МОм. Браслет заземления — это ESD устройство для заземления человеческого тела, состоящее из браслета и съемного шнура (см. рис.3).

Заземление персонала для предотвращения ESD повреждения достигается в основном с помощью браслетов на запястье. Обувь с заземлением требуется не всегда, но она обеспечивает дополнительную защиту от ESD. Каждый индивидуум, обращающийся с ESD чувствительными незаземленными компонентами, должен быть соединен с заземлением через браслет на запястье. Не имеет значения используются или нет токопроводящий пол и обувь, люди, имеющие дело с ESD чувствительными



**Рисунок 3** Браслет заземления

компонентами, должны обязательно надевать браслеты заземления.

Люди с заземляющей обувью имеют привычку поднимать свои ноги и пятки во время сидения на стуле, этим самым нарушая соединение с заземлением. Также рекомендуется часто проверять цепь сопротивления на землю браслета на запястье. Контур на землю должен дополнительно проверяться каждый раз, когда человек присоединяется к заземлению (каждый раз, когда рабочая станция вводится в работу или пересоединяется вилка соединителя).

### ТРЕБОВАНИЯ К РАБОЧЕЙ СТАНЦИИ

ESD чувствительные устройства могут быть повреждены людьми, машинами или заряженными телами. Например, пластмассовые коробки и сумки несущие заряды могут повредить светодиоды. Поэтому, электростатическая безопасность рабочей станции должна быть обеспечиваться всякий раз, когда светодиоды в ней находятся в незащищенном или уязвимом состоянии. Рабочая станция никогда не должна действовать как область хранения для любых материалов, включая светодиоды. Рабочие станции должны также быть свободны от электростатически заряженных источников, таких как необработанных папок для листов, личных предметов, портативных компьютеров и так далее и находиться на расстоянии не менее 1 метра от ESD чувствительных элементов. Рабочее место может быть стационарным или подвижным.

Электростатический знак внимания должен быть отображен на каждой электростатически безопасной рабочей станции и должен быть достаточно большим для чтения на расстоянии в 1 м от рабочей станции или рабочей области. Кроме того, напольная лента с черным буквенным обозначением на желтом фоне должна отметить периметр каждой электростатически безопасной рабочей области.

Весь персонал, применяющий InGaN светодиоды, устанавливающий или использующий ESD защитные области, должен быть обучен понятиям ESD, и быть способным предотвратить их. Любой человек, обращающийся с InGaN светодиодами должен носить ESD сертифицированные халаты с застегнутыми впереди пуговицами, проводящие браслеты на запястье, и заземление должно проверяться каждый раз, когда человек подходит к рабочей станции, или повторно подключает браслет на запястье к заземлению. Официальная сертификация и обучение этих людей — хорошая практика для ESD защиты окружающей среды.

### КЛАССИФИКАЦИЯ ПОРОГОВ ESD ПОВРЕЖДЕНИЙ ПО СТАНДАРТУ MIL-STD-1686A

- **Класс 1:** восприимчив к повреждениям от человеческой модели тела (HBM- human body model) ESD величиной до 1999 В.
- **Класс 2:** восприимчив к повреждениям от ESD величиной от 2000 В до 3999 В.
- **Класс 3:** восприимчив к повреждениям от ESD величиной от 4000 В до 15999 В.

Любое производство или рабочие станции, где применяются InGaN компоненты, должны быть оценены в 50 В или ниже для «Класса 1» и 100 В или ниже для «Класса 2». На данном производстве должен быть ESD координатор — человек, персонально отвечающий за выполнение и организацию ESD контроля.

Периодические испытания и проверки ESD процедур строго рекомендуются для оборудования и людей. Проверка может также быть необходимой для выявления неточностей в процедурах ESD безопасности. Хранение отчета о такой информации является неоценимым для улучшения таких процедур и является необходимым для соответствия стандартам ISO-9000.

**Получить более детальную техническую информацию по антистатической защите, а также приобрести светодиоды и светодиодные изделия, Вы можете в офисе фирмы СЭА:**

**тел. (044) 575-94-00,  
e-mail: info@sea.com.ua,  
vs@sea.com.ua,  
www.sea.com.ua**