

# Цифровая печать. Лазерные принтеры

Выясняем, как работает лазерный принтер

## » Принцип лазерной ксерографии

Ксерография заметно моложе традиционной фотографии (см. статьи «История ксерографии» и «Цифровая печать в фотолаборатории»). А цвет в ксерографии появился еще позже – в 90-х годах прошлого века.



Фото. Современный лазерный принтер

Сейчас будет очень умная и правильная, но малопонятная фраза.

По определению Института инженеров по электротехнике и радиоэлектронике (IEEE) США, ксерография - это ветвь электростатической электрофотографии, в которой используются фотопроводники для формирования с помощью инфракрасного видимого или ультрафиолетового излучений скрытого электростатического изображения, а последнее служит для получения видимого изображения.

Конечно, все так и есть. Попробуем, однако, более простыми словами рассказать, как работает современный лазерный принтер.

Ксерография базируется на двух физических явлениях:

первое – взаимодействие электростатических зарядов,

второе – фотоэффекте.

Вспомните наэлектризованную о волосы расческу, к которой прилипают мелкие бумажки, подпрыгивая со стола. Вот этот электростатический эффект и есть первое физическое явление.

Если бы наша расческа обладала при этом фотоэффектом, то бумажки притягивались бы только в темноте. На свету все заряды исчезали. Это второе явление.

Ксерография – сухая печать. Кстати, влагу электростатика «не любит» и любое ксерографическое оборудование лучше всего работает при нормальной влажности воздуха.

«Сухим» процесс ксерографии назван по типу используемого красителя, в качестве которого, в современных «ксероксах», используется очень тонкий порошок пластика, называемый тонером. Минимальная частица порошка размером около 3-5 мкм и тонер по консистенции похож на пудру или муку. В процессе печати цветной тонер расплавляется и на бумаге получается тонкий прозрачный цветной слой пластика.

Чтобы получилось изображение на бумаге, вначале на заряженную поверхность диэлектрика проецируется картинка, затем к оставшимся зарядам, на не засвеченных участках прилипает тонер. На бумагу тонер с диэлектрика переносится опять с помощью электростатики. В принципе, изображение на бумаге уже есть, но оно в виде порошка. Теперь осталось нагреть его в специальной «печке» - фьюзере, и отпечаток готов.

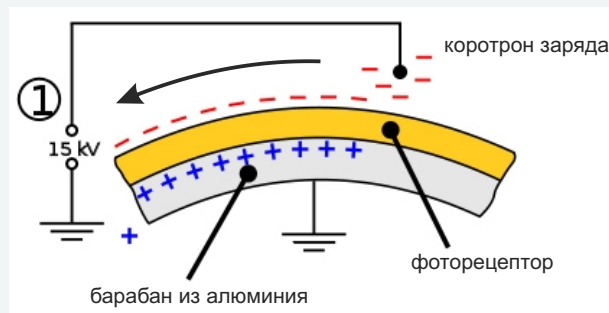


Рис. 1. Нанесение электрических зарядов на поверхностный слой фоторецептора.

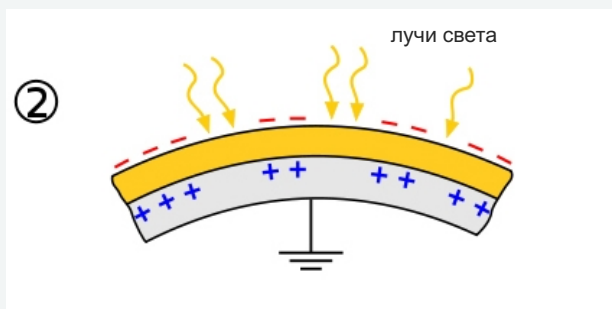


Рис. 2. Экспозиция фоточувствительного слоя. Заряды на засвеченных участках исчезают - перетекают на алюминиевый барабан. Получаем "мнимое" изображение - из электрорядов.

# Цифровая печать. Лазерные принтеры

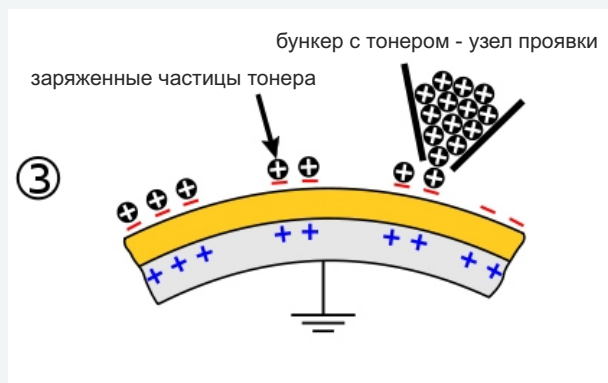


Рис. 3. К имеющимся зарядам на фоторецепторе прилипают частицы тонера. Создается видимое изображение.

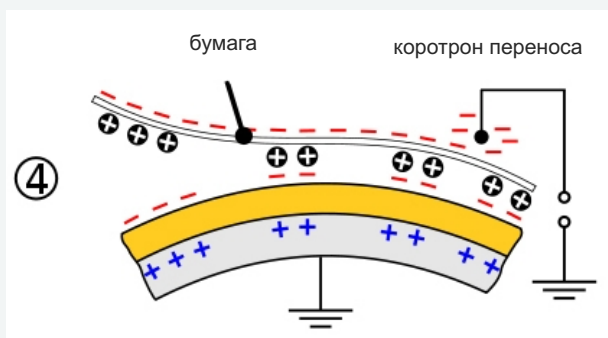


Рис. 4. С помощью более сильных зарядов на бумаге, тонер переносится на нее.

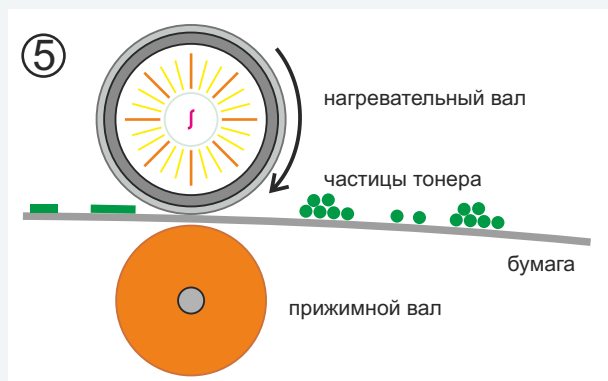


Рис. 5. Попадая на горячие валы тонер расплавляется и припечатывается к бумаге.

В первых «ксероксах» - копировальных – для формирования картинка использовалась галогеновая или люминисцентная лампа экспонирования изображения, а в современных принтерах – лазер. Отсюда и название – лазерный принтер.

Сердце лазерного принтера – фоторецептор, он же «барабан» или «drum». Это очень точно сделанный алюминиевый цилиндр, покрытый светочувствительным полупроводниковым слоем. Поверхность барабана гладкая, зеркального блеска. От качества этой поверхности зависит равномерность и чистота получаемого изображения. Любое

повреждение слоя будет тиражироваться на бумаге.

Фоточувствительный слой барабана является диэлектриком и имеет свойство удерживать на своей поверхности электрические заряды. (Вспомним расческу). Но только в темноте. Как только на поверхность фоторецептора попадает свет, именно в том месте, где барабан был засвечен, заряды с поверхности перетекают на алюминий (внутренний слой) барабана и, оттуда, «на корпус», т.к. барабан заземлен. Соседние, не засвеченные заряды, остаются на своих местах.

Вращение барабана обеспечивает цикличность процесса для любой его точки и, соответственно, непрерывность печати. Весь процесс происходит в темноте.

## » Этапы печати лазерного принтера

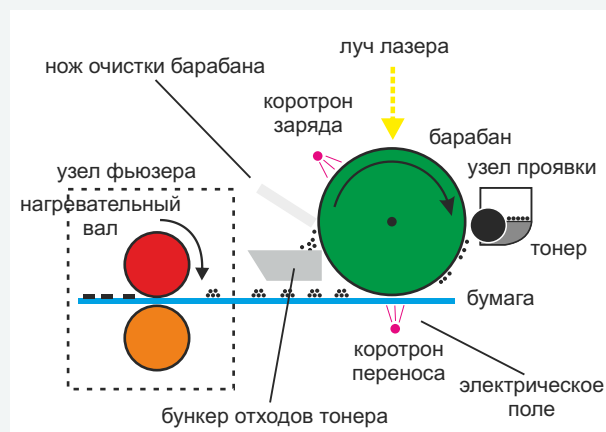


Рис. 6. Упрощенная схема лазерного принтера

Если представить небольшую область на фоторецепторе, то она, в процессе вращения барабана, будет проходить следующие этапы:

**1. Зарядка фоторецептора.** На этапе зарядки на поверхности фоторецептора (барабана) с помощью коротрона заряда образуется равномерно распределенный электростатический заряд определенной величины. Коротрон – это узел, в основе которого тонкая позолоченная проволока, на которую подается высокое напряжение. Электрическое поле между проволокой коротрона и алюминиевым слоем барабана и создает заряды на поверхности полимера. Чем равномернее будут распределены заряды на барабане, тем качественнее полученное изображение.

**2. Формирование изображения и экспонирование.** На этом этапе получения отпечатка используется одно из двух отмеченных выше физических явлений, а именно – фотоэффект. При формировании мнимого (невидимого, состоящего из электрических зарядов) изображения на поверхности фоточувствительного слоя и происходит экспонирование и, тем самым, снятие «ненужных» зарядов. Полученное изображение должно:

- а) обладать требуемыми геометрическими параметрами,
- б) иметь распределение зарядов, соответствующее

# Цифровая печать. Лазерные принтеры

оптическим плотностям изображения.

Выполнение этих требований осуществляется лазерным устройством экспонирования барабана. Перемещение (сканирование) луча света лазера вдоль оси барабана выполняет вращающееся многогранное зеркало, а изменение мощности светового потока (модуляцию) лазерного луча – специальный оптический ключ, управляемый компьютером.

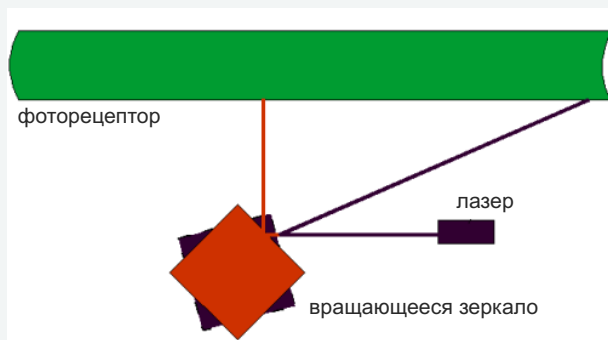


Рис. 7. Луч лазера, отражаясь от вращающегося зеркала, последовательно перемещается по поверхности фоторецептора.

Луч лазера обладает свойствами не рассеиваться, быть при этом очень малого диаметра и обладать достаточной яркостью, соответствующей чувствительности фоторецептора. Диаметр лазерного луча напрямую связан с разрешением печатного устройства. Разрешение принтера по направлению движения отпечатка – это количество проходов лазерного луча на один дюйм окружности барабана (определяется диаметром луча и скоростью вращения зеркала). Разрешение принтера в поперечном направлении – максимальное количество точек, которые может «нарисовать» луч на один дюйм при движении вдоль оси фоторецептора (определяется частотой модуляции светового потока). Например, разрешение принтера 2400 dpi x 1200 dpi означает разные возможности принтера при прорисовке деталей изображения в поперечном (2400) и продольном (1200) направлении. Можно подсчитать, что при разрешении 2400 dpi диаметр луча должен быть менее 0,01 мм.

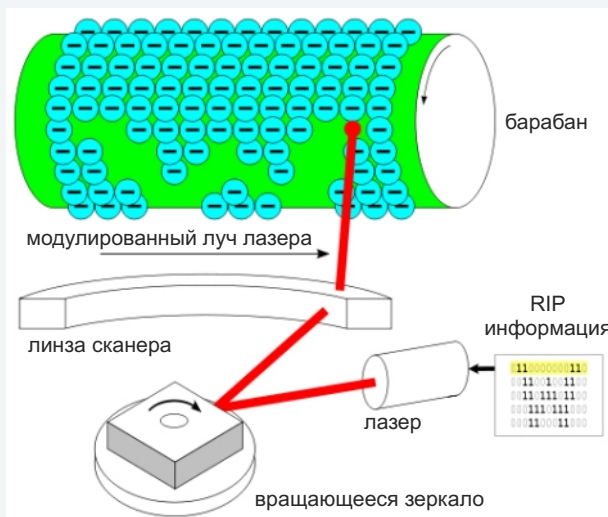


Рис. 8. Система экспонирования фоторецептора.

Правильную геометрию картинку определяет точное согласование и синхронизация скоростей вращения и перемещения всех элементов и систем принтера, включая движение листа бумаги.

**3. Проявление.** На этапе проявления используется еще одно физическое явление – взаимодействие электрических зарядов. На участки поверхности фоторецептора, которые содержат скрытое изображение, наносятся частички тонера, которые формируют на поверхности фоторецептора теперь уже видимое изображение. Вал с тонером расположен на некотором расстоянии от поверхности фоторецептора (доли миллиметра), тем самым его не касается и не повреждает. Частицы тонера на валу узла проявки заряжены противоположным относительно барабана зарядом. Они притягиваются к фоторецептору электрическим полем разности зарядов, «перелетают» через воздушный зазор и «прилипают» к барабану там, где нужно и сколько нужно. На фоторецепторе образуется изображение, состоящее из частиц тонера, удерживаемых зарядами на его поверхности.

**4. Перенос.** Опять взаимодействие электрических зарядов. Теперь тонер с барабана переносится на бумагу. При выполнении этой операции, бумага приводится в контакт с фоторецептором. Скорость перемещения бумаги соответствует скорости вращения барабана, с тем, чтобы изображение не смазывалось. Коротрон переноса (еще один коротрон, на который подается напряжение, обратное напряжению заряда), расположенный под барабаном и бумагой, сообщает бумаге такой электростатический заряд, что частички тонера отрываются от поверхности фоторецептора и притягиваются к бумаге. В результате почти весь тонер переносится на бумагу, а его остатки удаляются с фоторецептора на этапе очистки.

**5. Отделение.** Теперь бумага с нанесенным на нее тонером отделяется от фоторецептора. Если сейчас достать лист бумаги с полученным изображением из принтера, то мы увидим картинку, образованную порошком тонера, матовую, не насыщенного цвета. Тонер на бумаге удерживается только электростатическим полем наэлектризованной бумаги и может быть легко смазан. Далее лист бумаги направляется во фьюзер, на этап закрепления, а представленная нами область на фоторецепторе – на очистку.

**6. Очистка.** На этом этапе с фоторецептором выполняется две операции:

- а) разрядка,
- б) механическое удаление остатков тонера.

Нейтрализацию остаточных зарядов выполняет коротрон разрядки фоторецептора, а оставшиеся частички тонера и случайно попавшие пылинки с поверхности удаляет «нож» очистки барабана или «ракель» – специальный силиконовый скребок. Отходы специальным шнеком направляются в бункер отходов.

Теперь поверхность фоторецептора готова к повторному циклу и переходит к этапу 1.

### Закрепление изображения

На этапе закрепления бумага от барабана направляется во фьюзер и проходит между

нагревательным и прижимным валами. При этом под воздействием температуры и давления частички тонера расплавляются и впрессовываются в бумагу, создавая устойчивое к внешним воздействиям изображение. Температура валов достаточно высокая, ведь надо расплавить пластмассовый порошок – он плавится при 120 - 160°C. Бумага до такой температуры не нагревается – не успевает из-за высокой скорости печати и выходит из принтера теплой. А тонер, соприкасаясь с нагревательным валом, расплавляется и прилипает к бумаге. Способность расплавленного тонера прилипнуть – степень его адгезии – настолько велика, что он прилипает не только к бумаге, но и к термовалу. Чтобы избежать их загрязнения, принимают специальные меры. Во-первых, нагревательный вал помещается в оболочку из тефлона – материал, не восприимчивый к загрязнениям. Во-вторых, применяют специальные смазки для термовалов. В-третьих, термовал очищают специальным приспособлением, называемым «паутинка фьюзера». Обычно, это лента из хлопчатобумажной ткани, медленно перематываемая в процессе печати.

Смазка для термовала может быть либо в виде специального синтетического высокотемпературного жидкого масла, тогда фьюзер называется «масляный», либо входит в состав тонера в виде специальных химических соединений, например, парафинов. Парафины расплавляются вместе с тонером, смазывают и защищают термовал от налипания. Такие фьюзеры называются «безмасляные».

О том, какая система использовалась при печати, желательно знать, если вы надумали впечатать что-либо на своем «лазернике» в отпечаток, сделанный не у вас. При выполнении этой простой операции, можно неожиданно получить размазанную картинку. Дело в том, что ваш офисный принтер, скорее всего, безмасляный и отпечатки с масляного фьюзера вступят в противоречие с его принципом нагрева тонера. Не имеющий в своем составе смазочных компонентов, «безмасляный» тонер налипнет на термовал вашего принтера. Это не опасно – ваш принтер очистится через пару новых отпечатков – но при этом может быть испорчен нужный документ. Допечатка в свой «родной» отпечаток выполняется без неприятных сюрпризов.

### » Получение цветного изображения

Для получения цветного изображения в принтере устанавливают четыре печатающих модуля с разными тонерами – СМΥК. Но печатают эти модули не на бумагу, а на промежуточную пластиковую ленту. На ней «собирается» предварительно цветоделенное на СМΥК полное изображение, которое и переносится на бумагу электростатическим способом.

Итого, в цветном принтере, тонер за весь цикл печати перемещается с одного места на другое электростатикой трижды (проявка – фоторецептор – лента переноса – бумага). При этом принтер с высоким разрешением способен печатать микрошрифт. Смелость конструкторских решений и точность технического исполнения таких принтеров восхищает.

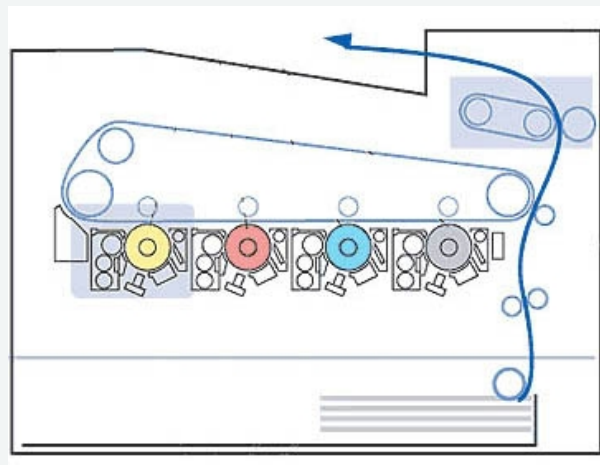


Рис. 9. Схема формирования полноцветного изображения лазерным принтером.

### » О материалах для печати

Начав с использования для ксерографии бумаги, Ксерокс в настоящее время расширил спектр материалов до весьма внушительного списка. Прежде всего, это бумага самых разнообразных видов. Для получения изображения максимальной четкости и точности цветопередачи, была разработана специальная суперкаландрированная (максимально спрессованная) бумага с очень гладкой поверхностью и высокой степенью белизны, однослойная. То есть, такая бумага состоит только из целлюлозы. Затем научились печатать на мелованной бумаге. Появился спектр различных пластиков, самоклеящихся пленок, самоклеящейся бумаги. Особая группа материалов – дизайнерские бумаги. Множество оттенков, эффектов, фактур поверхности. Существует ряд специальных материалов – конверты почтовые, конверты для CD, карточки и т.д.

Сегодня потребитель наверняка найдет материал для печати под свои запросы.

Печать ксерографическим способом не нуждается в специальных покрытиях и может выполняться с двух сторон.

Требования к материалам для печати – температурная устойчивость к нагреву во фьюзере, формат и плотность, электростатические характеристики – накладывают некоторые ограничения на используемую номенклатуру. Перед печатью на чем-то новом следует проконсультироваться у специалиста.

Обычные форматы для печати – A4, A3, SRA3 (450x320mm).

Грамматура – от 60 до 350 г/м кв.



## » Параметры для фотографа

**Разрешение принтера.** Важной характеристикой лазерного принтера, говорящей о качестве печати, является его разрешающая способность. Поскольку изменение насыщенности красителя в тональных переходах изображения достигается с помощью растривания, а линиатура обычно неизменна, то увеличение разрешающей способности принтера приводит к увеличению количества цветочных градаций, то есть, чем выше разрешение, тем более плавные цветовые переходы мы получаем на отпечатке.

В соответствии с ISO 12647-2, определены несколько стандартных (эталонных) условий офсетной печати. Во всех этих условиях диапазон линиатуры лежит в пределах от 150 до 175 lpi. В лазерных принтерах, печатающих "офсетным" растром, линиатура обычно составляет 200 lpi, что несколько выше, чем стандартная для офсета. Чем выше линиатура, тем более четким воспринимается отпечатанное изображение.

Среднестатистический человеческий глаз не различает периодическую структуру, состоящую из черных штрихов и пробелов одинаковой ширины, если угол поля зрения между центрами двух штрихов не превышает 1,5 минуты. Если эти данные пересчитать с учетом параметров растривания лазерного принтера, то минимальное расстояние для рассматривания фотографий, отпечатанных на нем, получится равным 30 см. То есть, рассматривая с 10 см можно увидеть печатный растр.

### Что означает характеристика 600x600x4 бит, указываемая изготовителем принтера?

600x600 (это dpi) нам уже знакомы – это количество проходов лазерного луча на дюйм и, соответственно, максимальное количество точек, которые он может поставить в дюйме вдоль своего движения.

Теперь уточним, что означают 4 бита. Если увеличить скорость вращения зеркала развертки луча в 16 раз (4 бита), и заставить луч все 16 раз проходить по одной и той же линии, то снятие зарядов с барабана будет проходить постепенно и полностью заряды будут сняты после всех 16 проходов луча. Таким образом, получаем 16 ступеней количества тонера на одной лазерной точке.

Спор хозяев двух принтеров 2400x2400x1 и 600x600x8 о том, какой из них качественнее печатает цветные фото, легко решается с помощью сравнения распечатки тестового изображения. Визуальный способ оценки, однако, наиболее объективный.

**Печать шрифтов.** Еще на один технический момент следует обратить внимание.

Поскольку векторные объекты лазерный принтер печатает с особым старанием – используя свое максимальное разрешение, то все тексты печатаются гораздо четче, чем на других аппаратах цифровой печати. Так что надпись к фотографии можно сделать исключительно тонкими и четкими линиями.

**Использование формата.** Поскольку печать на лазерном принтере чаще всего выполняется на листах большого формата, то пропорции изображения при

печати второстепенны. Важно уметь разместить разноформатные картинки на листе – с учетом последующего вырезания. Или увеличивать фото на весь лист.



Фото. Полноцветная лазерная цифровая печатная машина для больших тиражей Xerox 700 PRO



Рис. 10. Схематический разрез - внутреннее устройство аппарата Xerox DocuColor 242

Статью подготовил: Е.Чмель

В статье использованы материалы с сайтов:

<http://www.xerox.com>, <http://ixbtlabs.com>,

<http://what-when-how.com/>