

## Лабораторная работа № 8

### Электрография

#### 1. Цель работы

Изучение и экспериментальное исследование работы узлов электрографических аппаратов.

#### 2. Предварительные сведения

Электрографический способ воспроизведения изображений один из прогрессивных и эффективных методов копирования, размножения документации и печатной продукции.

В основе этого способа лежит свойство высокоомного полупроводника, нанесенного тонким слоем на подложку, изменять свою электрическую проводимость под действием света.

Электрофотографические процессы состоят из нескольких последовательных стадий.

На первой стадии процесса производится электризация полупроводника, т.е. на поверхность полупроводникового слоя наносятся электрические заряды. Постоянная времени разрядки слоя, определяемая диэлектрической проницаемостью и сопротивлением слоя, такова, что заряды на поверхности удерживаются в течение времени, необходимого для выполнения последующих операций.

После электризации производится экспонирование слоя, которое принципиально не отличается от экспонирования обычных фотографических материалов.

Оно может производиться как в фотографических камерах, так и контактным методом. В процессе экспонирования благодаря фотопроводимости полу-

проводника уменьшается сопротивление слоя, что приводит к стеканию зарядов с тех участков поверхности, которые подвергались воздействию света. Оставшийся после экспонирования поверхностный заряд образует скрытое электростатическое изображение.

Проявление скрытого электростатического изображения - наиболее ответственный процесс всей технологии электрокопирования. Проявление производится с помощью заряженного порошка. Если заряд частиц проявляющего порошка противоположен по знаку остаточному поверхностному заряду, то частицы будут оседать в местах с наибольшей плотностью поверхностного заряда. В результате на поверхности полупроводникового слоя образуется порошковое изображение. Электростатическое изображение можно визуализировать не только заряженными порошками, но и непосредственным сканированием потенциального рельефа и превращением его в оптическое изображение на экране электронно-лучевой трубки.

Следующим этапом процесса является перенос порошкового изображения с полупроводникового слоя на несветочувствительную подложку, например, бумагу. Далее производится фиксация порошкового изображения на бумаге.

В некоторых типах аппаратов на бумагу переносится незначительная часть порошка, что позволяет получать несколько копий с одного изображения на полупроводниковом слое. Наиболее простой и распространенный способ фиксации изображения - термический при соответствующем подборе порошка и температуры (85 - 100° C). Возможна фиксация порошка давлением или комбинированным воздействием.

Завершающий этап является вспомогательным и заключается в очистке фотослоя от остатков порошка и подготовке к новому циклу.

Из всего разнообразия полупроводниковых материалов в электрографии нашли применение окись цинка ( ZnO ), селен Se селен-теллуровые слои SeTe и органические фотополупроводники.

Фирмы - производители копировальной техники не раскрывают особенностей технологии и состава применяемых материалов из соображений конкуренции.

Применяемые фотополупроводниковые материалы должны максимально удовлетворять предъявляемым требованиям: иметь высокое удельное сопротивление  $\sim 10^{14}$  Ом · см; обладать необходимой спектральной фотоэлектрической чувствительностью; позволять получать тонкие слои, имеющие достаточную механическую прочность.

Слои из окиси цинка, наиболее традиционный материал, получают путем нанесения тонкого слоя суспензии порошка на подложку и последующего высушивания. Они обладают наибольшей разрешающей способностью (до 100 лин/мм), обеспечивая качественное изображение с передачей полутонов, чувствительность их невелика (0,1-1 ед. ГОСТ).

Слои селена и селен-теллура наносятся на металлические пластины или барабаны напылением в вакууме. Разрешающая способность при этом получается в 2-3 раза меньше, чем для цинкооксидной бумаги. Чувствительность селеновых слоев достигает 10 ед. ГОСТ.

Органические фотопроводники наносятся на поверхности барабанов методом полива. Основная трудность при этом - организация тонких равномерных слоев. Однако органические слои значительно более долговечны.

Из различных способов зарядки полупроводниковых слоев преимущественно применяется зарядка в поле коронного разряда. Коронирующие электроды представляют собой или тонкие вольфрамовые провода диаметром порядка 0,1 мм или иглы. Важное значение имеет равномерность распределения заряда по слою. Это достигается применением специальных экранов и нескольких коронирующих электродов.

При зарядке слоев из окиси цинка используется коронный разряд отрицательной полярности, так как в этом случае происходит более быстрое восстановление сопротивления слоя после пребывания на свету. Слои селена заряжаются только при отрицательной полярности, т.к. в противном случае из-за полу-

проводниковых свойств аморфного селена постоянная времени разрядки слоя даже без освещения очень мала. Слои органических фотополупроводников возможно заряжать зарядами обоих знаков. Это зависит от состава слоя и от свойств порошка при дальнейшем проявлении изображения.

При освещении фотополупроводника сопротивление слоя уменьшается на несколько порядков. Однако изменение сопротивления обусловлено не только освещением фотослоя при экспонировании, но и возникновением в нем сильного электрического поля, которое создается осевшими на его поверхность электрическими зарядами при их движении через область коронного разряда. При увеличении напряженности электрического поля в слое фотополупроводника его проводимость увеличивается согласно эмпирическому выражению:

$$\sigma = \frac{1}{\rho_0} \cdot \exp(\alpha \cdot \sqrt{E}),$$

где  $\rho_0$  - удельное электрическое сопротивление в отсутствии электрического поля;  $E$  - напряженность поля;  $\alpha$  - постоянная, зависящая от температуры.

По достижении величин напряженности поля в слое  $\approx 10^7$  В/м, наблюдается более быстрый рост проводимости. Таким образом, для каждого слоя существует оптимальная величина зарядки, ограниченная саморазрядом.

Проявление изображения производится заряженными порошками полимерных смол с добавлением красителей. Используется жидкостное проявление, в основном для однократных копий и сухое. Имеется несколько разновидностей сухого метода проявления: каскадный, "магнитной кистью", аэрозольный.

Каскадный метод проявления получил наиболее широкое распространение. Каскадный проявитель обычно состоит из двух компонентов - крупнозернистого носителя и мелкозернистого проявляющего порошка. Материалы носителя для данного проявляющего порошка выбираются таким образом, чтобы

при трении частиц носителя с частицами проявляющего порошка последние приобрели заряды, противоположные по знаку зарядам электростатического изображения. Размеры частиц проявляющего порошка обычно составляют 5 - 20 мкм, частиц носителя достигают - 100 - 500 мкм. Для проявления электростатического изображения электрографический слой приводится в контакт со смесью порошков. Это обычно достигается путем прокатывания тем или иным способом частиц смеси по поверхности слоя.

Несмотря на ряд таких достоинств, как малый расход проявляющего порошка, слабое вуалирование слоя, отсутствие пыли, каскадный метод проявления имеет серьезные недостатки, заключающиеся в том, что каскадные проявители не обеспечивают большой скорости проявления, плохо проявляют полутонные изображения, изображения имеющие большие сплошные участки, так как дают так называемый "краевой эффект".

При проявлении "магнитной кистью" также применяются носитель и проявляющий порошок, но частицы носителя обладают магнитными свойствами, притягиваясь к магниту, они располагаются нитями вдоль силовых линий поля. При перемещении электрографического слоя относительно магнитной кисти происходит проявление электрического изображения, которое по механизму не отличается от каскадного проявления.

При аэрозольном проявлении доставка частиц к поверхности электрического слоя осуществляется потоком воздуха. Используются высокодисперсные порошки с размером частиц 0.1 - 1.0 мкм, что дает возможность получать изображения с очень высоким разрешением.

Жидкостное проявление характеризуется контактом слоя с частицами красителя в жидкой среде. Однако последние два способа являются очень громоздкими и их можно считать устаревшими.

Наиболее перспективный способ - это использование однокомпонентного проявителя, который представляет собой однородный тонкодисперсный порошок, размер частиц которого аналогичен размеру частиц красителя, используемого в обычных двухкомпонентных проявителях. Наличие в каждой из частиц

магнитного ядра или магнитных вкраплений в виде еще более мелких частиц ферромагнитного порошка позволяет реализовать новый скоростной процесс проявления, а также другие стадии электрофотографического процесса, такие, как очистка электрографического слоя и закрепление порошкового слоя на копиях.

Существенным недостатком проявления заряженными порошками является так называемый краевой эффект, который заключается в том, что при проявлении больших равномерно заряженных площадей получится контурное изображение. Краевой эффект связан с тем, что электрическое поле, создаваемое зарядами электростатического изображения и связанными с ними зарядами на подложке, выходит за пределы электрографического слоя только на краях изображения, где и происходит преимущественное осаждение частиц порошка. Для ослабления краевого эффекта применяются дополнительные электроды, расположенные в непосредственной близости над электрографическим слоем, и слои с регулярными неоднородностями.

В современных электрографических аппаратах перенос порошкового изображения на бумагу производится преимущественно с помощью внешнего электрического поля. Это внешнее поле создается между бумагой и электрическим слоем. Конструктивно удобнее всего использовать для этой цели корон разряд. Электрофотослой с порошковым изображением приводится в контакт с бумагой, которой коронирующее устройство с внешней стороны сообщает заряд. Электрическое поле зарядов на бумаге притягивает заряженные частицы порошка со слоя с изображением и удерживает их на поверхности бумаги до стадии закрепления изображения.

Принципиальная схема электрографического копировального аппарата приведена на рис. 8.1. Перемещающееся изображение оригинала 1 с помощью плоской оптической системы 2 и специальных осветителей 3 проектируется на поверхность вращающегося светочувствительного барабана 4. Скорости перемещения оригинала и барабана должны быть строго согласованы. Участки ба-

рабана на которые попадает изображение предварительно заряжаются коронным  
 ЭЛЕКТРИЗАТОРОМ 5.

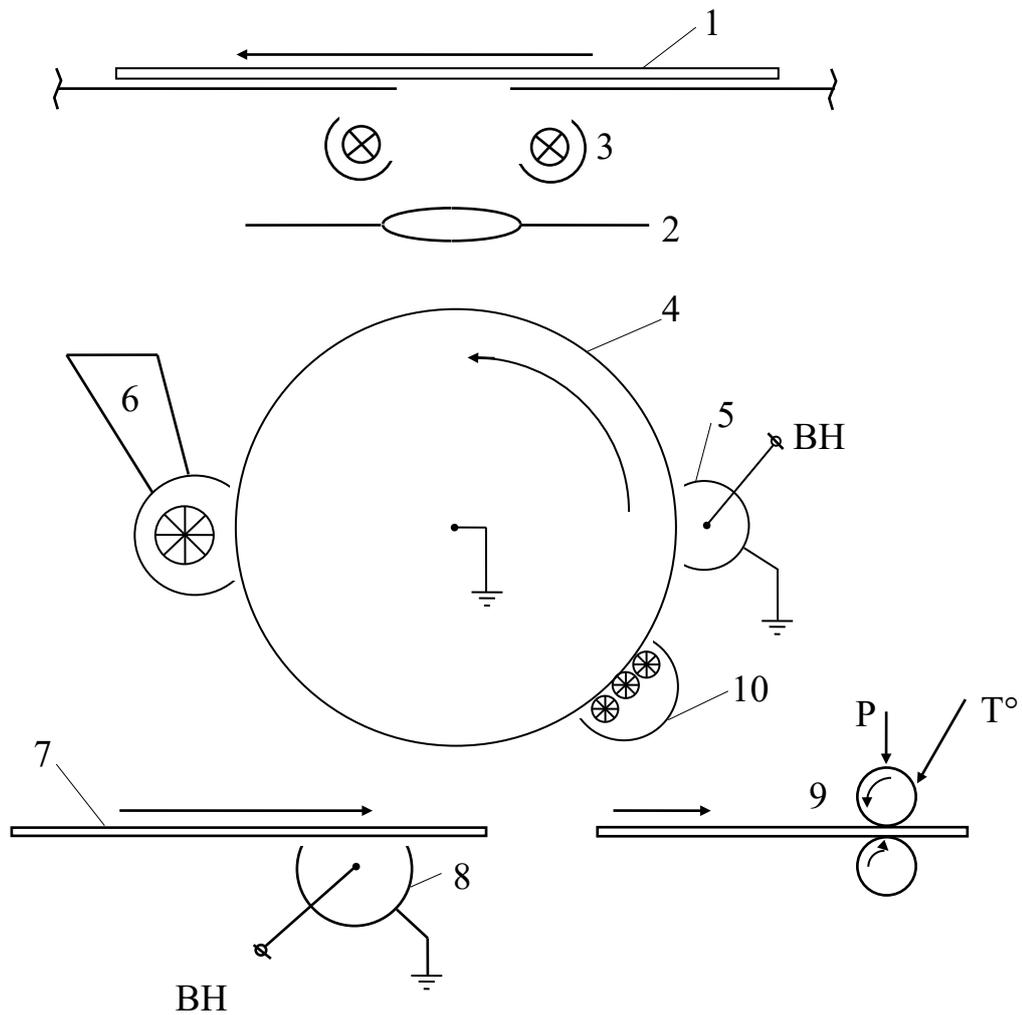


Рис. 8.1 Принципиальная схема электрографического копировального аппарата

После экспонирования и появления скрытого изображения происходит проявление, например, магнитной кистью в устройстве 6. Проявленное изображение переносится на бумагу 7 с помощью устройства с коронным разрядом 8. Фиксирование изображения на бумаге происходит в узле 9. Цикл копирования заканчивается очисткой барабана от остатков порошка в узле 10.

### 3. Описание установки

Лабораторный стенд состоит из пульта управления и макета основных узлов электрографического аппарата, который помещен в светонепроницаемый корпус. В светонепроницаемом корпусе, передняя часть которого может открываться для осмотра основных элементов макета, расположены следующие узлы (рис. 8.2).

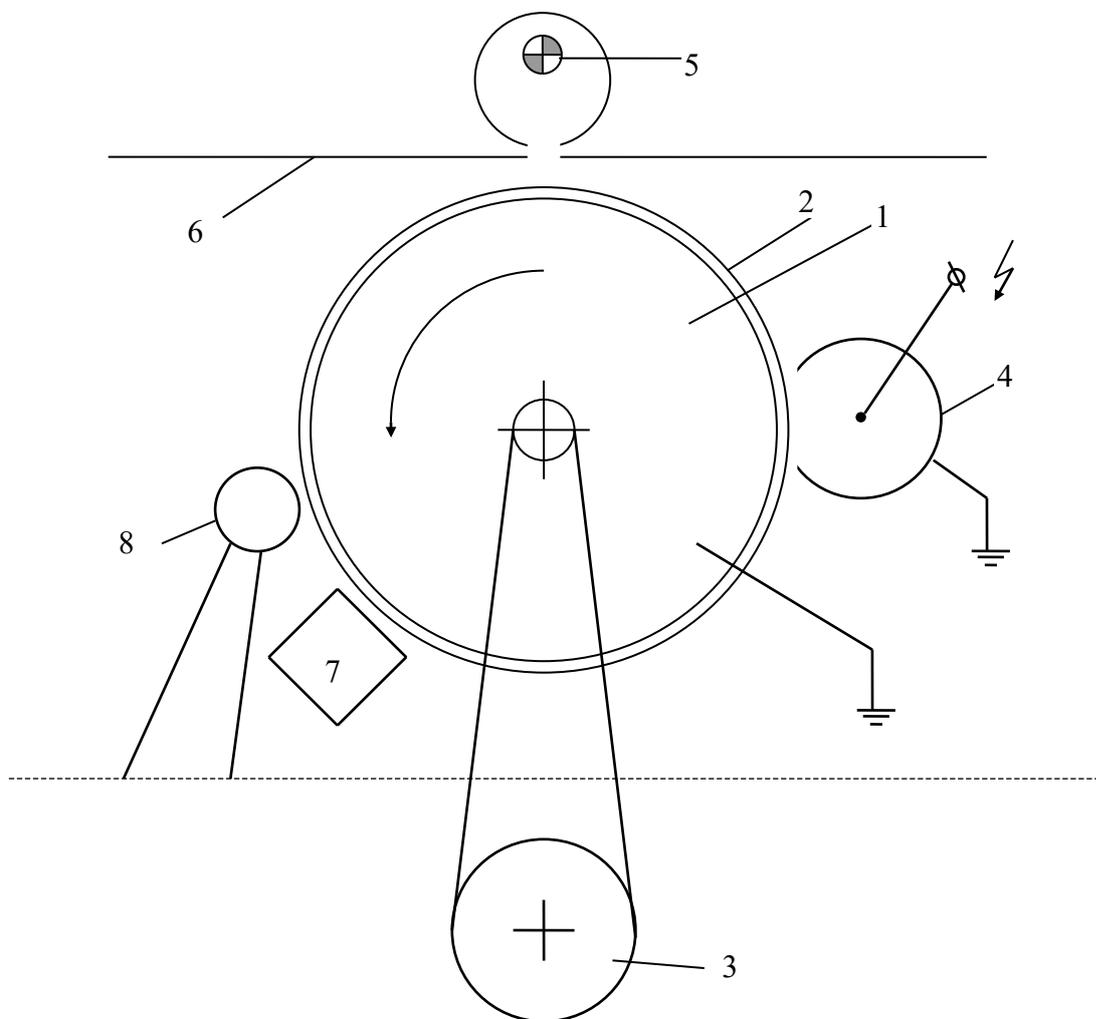


Рис. 8.2 Схема лабораторного макета электрографического аппарата

Проводящий металлический барабан 1, на поверхность которого нанесен слой светочувствительного полупроводника 2 на основе аморфного селена. Барабан со слоем вращается двигателем 3. Управление вращением барабана осуществляется с пульта управления. Слой полупроводника на барабане заряжается в коронном разряде при перемещении перед устройством 4, представляющим собой коаксиальную коронирующую систему с секторным вырезом для

обеспечения стабильности коронного разряда и равномерности зарядки слоя фотополупроводника. Управление источником высокого напряжения осуществляется с пульта управления, на котором расположены приборы для контроля напряжения и тока коронного разряда.

Коаксиальная зарядная система имеет следующие параметры: диаметр внешнего электрода 41 мм, диаметр коронирующего электрода 0.1 мм, полярность напряжения отрицательная, секторный вырез зарядки барабана 60°.

Над светочувствительным барабаном расположен осветитель 5 с диафрагмами 6, позволяющий формировать узкий плоский пучок света как для полной засветки - разрядки барабана, так и для частичной его засветки в виде узких полос, для имитации нанесения изображения на барабан и стекания заряда с участков барабана.

Для определения и контроля за появлением скрытого электростатического изображения (зарядов) на светополупроводимое в стенде используется измеритель напряженности электростатического поля 7 ротационного типа. Управление измерителем поля и регистрация до показаний осуществляются на пульте управления.

Для демонстрации проявления скрытого электростатического изображения, получаемого с помощью точечной диафрагмы, предусмотрена возможность установки на макет магнитной кисти 8 с частицами красителя. Светозащитный корпус снабжен блокировочными контактами, которые при открывании корпуса отключают высокое напряжение от коронирующего зарядного устройства.

Дополнительно в состав стенда входят узлы и блоки реальных копирующих аппаратов различных фирм для ознакомления с конкретными возможными их реализациями на практике.

#### 4. Задание на предварительную подготовку

1. Ознакомиться с настоящим описанием и рекомендуемой литературой.

### 5. Задание на работу и измерения

1. Ознакомиться с макетом электрографического аппарата.

2. Экспериментально определить и построить вольт-амперную характеристику зарядного устройства. Определить долю тока, идущего на зарядку барабана.

3. Экспериментально определить эффективность зарядки светочувствительного барабана по показаниям измерителя напряженности электростатического поля.

4. Продемонстрировать проявление скрытого изображения с помощью магнитной кисти.

5. Ознакомиться с узлами и блоками реальных копировальных аппаратов.

### 6. Контрольные вопросы

1. Поясните основные принципы действия копировального аппарата.

2. Чем определяется выбор полярности зарядного электрода?

3. Какое отрицательное воздействие оказывают электрографические аппараты на обслуживающий персонал?

4. От чего зависит скорость работы копировального аппарата?

### Литература

Основы электрогазодинамики дисперсных систем/ И. П. Верещагин и др.  
- М.: Энергия, 1974.