

УДК 621.3.095.2

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРВАЛЬНОГО ЭКСПОНИРОВАНИЯ В КОНТАКТНОЙ ФОТОЛИТОГРАФИИ

Антон Александрович Калиниченко⁽¹⁾, Вячеслав Валериевич Хриченко⁽²⁾, Михаил Михайлович Андроник⁽³⁾

Студент 3 курса⁽¹⁾, студент 4 курса⁽²⁾, магистр 1 года⁽³⁾,
кафедра «Электронные технологии в машиностроении»
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: Ю.С. Боброва,
Ассистент кафедры «Электронные технологии в машиностроении»

Как показывает практика, применение контактной фотолитографии приводит к образованию «канта» из засвеченного фоторезиста в области геометрической тени, что изменяет форму рисунка и, в некоторых случаях, значительно ухудшает разрешающую способность. Эффект наблюдается вследствие интерференции, рассеивания света в толще полимера, его отражения на границе фоторезиста и подложки и отражения падающих лучей от полированной поверхности заготовки.

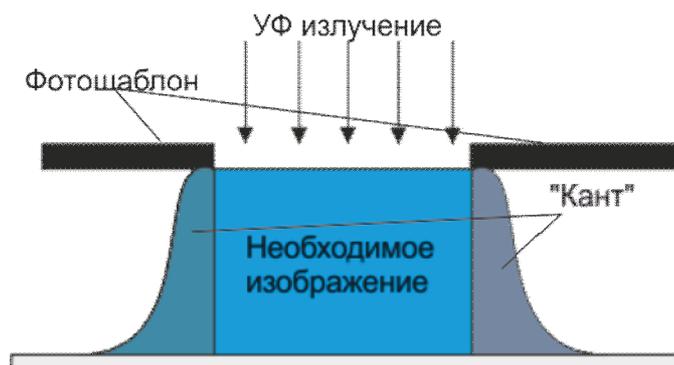


Рис. 1. Вид фоторезиста во время экспонирования

Наибольшее затруднение явление вызывает в случаях, когда необходимо добиться высокой разрешающей способности при больших толщинах фоторезиста, например, для производства волновода, описанного в статье [1], необходимы четыре слоя фоторезиста толщиной 432 мкм. Согласно источнику, авторам удалось добиться отклонения в 5 мкм, что является довольно сложной задачей.

Было принято решение более подробно исследовать метод экспонирования, позволяющий получать сравнимое разрешение.

В статье описан производственный процесс с использованием интервального экспонирования, суть которого заключается в наборе необходимой дозы экспонирования частями через контролируемые промежутки времени. Данный метод позволяет уменьшить влияние вредных факторов и добиться лучшего разрешения без замены или модернизации оборудования.

Целью работы является экспериментальное подтверждение этого метода и его теоретическое обоснование.

При проведении экспериментов сухой пленочный фоторезист водощелочного проявления Ordyl Alpha 340 экспонировался на установке контактного экспонирования Mega

Electronics AZ210. Пленочный фоторезист наносился ламинатором на подложки из фольгированного стеклотекстолита и стекла.

Был проведен ряд опытов, в ходе которых фоторезист наносился на фольгированный стеклотекстолит и стеклянные подложки с последующим экспонированием, проявкой и измерением образцов.

Для наглядности результатов каждый образец подвергался избыточному световому воздействию: вместо необходимых 20 сек. подложки из фольгированного стеклотекстолита экспонировались по 40 сек., стеклянные – по 60 сек.

Таблица 1. Результаты экспериментов

Подложка	Общее время экспонирования, сек.	Количество промежутков	Длительность одного промежутка, сек.	Время релаксации, мин.	Ширина «канта», мкм
Стеклотекстолит	40	1	40	-	33
Стеклотекстолит	40	2	20	02:25	31
Стекло	60	1	60	-	24
Стекло	60	2	30	02:25	24
Стекло	60	2	30	03:25	23
Стекло	60	2	30	04:25	21
Стекло	60	3	20	02:25	18
Стекло	60	4	15	02:25	18

Результаты экспериментов по интервальному экспонированию на установке контактного экспонирования представлены на рисунках 2 и 3.

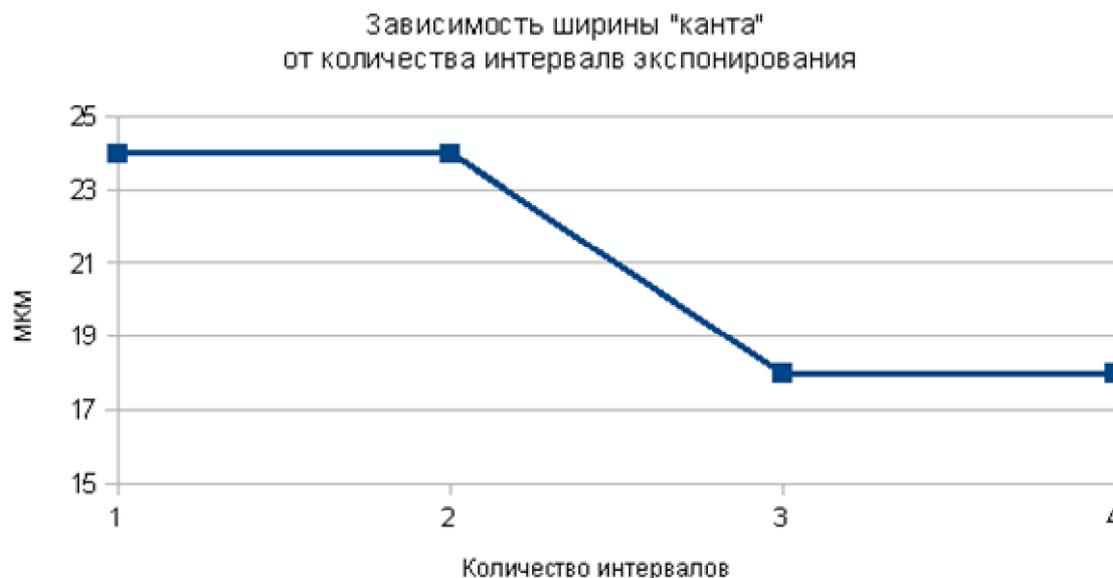


Рис.2. График зависимости нежелательного засвечивания фоторезиста по границе «окна» элемента на фотошаблоне от количества интервалов экспонирования

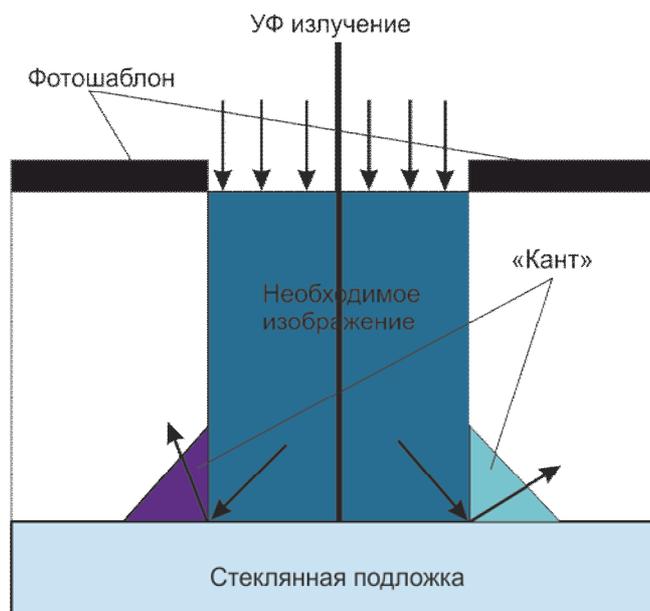


Рис. 5. Преломление лучей при интервальном (слева) и обычном (справа) экспонировании

Как известно из курса физики, при переходе из оптически менее плотной среды в оптически более плотную среду угол преломления меньше угла падения. Была выдвинута гипотеза, что при интервальном экспонировании именно эта особенность позволяет достигнуть лучших результатов.

В реальных условиях установка экспонирования излучает неколлимированные пучки света, следовательно, все лучи падают на/в фоторезист под разными углами, частично поглощаются и частично отражаются.

На рисунке 5 представлено схематичное изображение двух образцов: тот, что слева был получен с помощью интервального экспонирования, правый – классическим однократным экспонированием. В ходе интервального экспонирования выдерживаются релаксационные паузы, представляющие собой время, в течение которого химическая структура фоторезиста самопроизвольно изменяется. Вследствие этих превращений к поглощению следующей дозы экспонирования образец имеет иные свойства, чем образец, не прошедший релаксацию. И преломление лучей в этих двух образцах будет отличаться из-за различной оптической плотности полимеров. Так, в левом образце угол преломления будет меньше, чем в правом, что и является причиной увеличения разрешающей способности, согласно выдвинутой гипотезе.

Заключение

Экспериментально подтверждена эффективность метода интервального экспонирования. Однако при экспонировании УФ-чувствительных материалов, толщина которых значительно меньше сотни микрон применение интервального экспонирования не даёт практически значимых результатов.

Выявлено, что при интервальном экспонировании с увеличением времени релаксации нежелательное засвечивание фоторезиста по границе «окна» элемента на фотошаблоне уменьшается.

Литература

1. *Йингтао Тянь, Ксаобанг Шан, Микаэль Ланкастер.* Изготовление многослойных структур из SU8 для терагерцевого волновода со сверх низкими потерями // Технологии в электронной промышленности, 2016. N 2. С. 84 – 90.
2. *Цветков Ю.Б.* Лекции по курсу «Технологии и оборудование микро и нано электроники» // МГТУ, 2015.