

# Исследование и обработка режимов плоттерной печати электропроводящего рисунка серебросодержащими чернилами на диэлектрическое основание.

*Е.С. Пушкарева*

## Введение

На сегодняшний день одним из перспективных направлений стала аддитивная принтерная технологи. Главным преимуществом, которой является скорость исполнения и минимальные затраты материала. Данный вид технологий позволят реализовывать как статическое отображение информации, так и исполнение функциональных элементов радиоэлектронных средств. Уже на данный момент существуют различные методы дозирования жидкостей в печатной технологии, такие как:

- струйное пьезоэлектрическое дозирование, основанное на принципе формирования отдельных капель под давлением пьезокристалла, в результате чего получается растровое изображение;
- способ поршневого дозирования, когда масса жидкости малыми дозами выдавливается из резервуара под давлением поршня, данный метод позволяет, как формировать отдельные капли, так и непрерывный поток жидкости;
- ультразвуковое капиллярное дозирование, которое обеспечивает непрерывную подачу жидкости к выходному отверстию капилляра под действием ультразвуковых колебаний.

Целью дано работы стало исследование режимов ультразвукового капиллярного дозирования для управления параметрами (толщина, ширина) проводящих пленок.

## Материалы и компоненты

В качестве установки для исследования была выбрана система: Microplotter GIX II (производства Sonoplot, США) (рисунок 1.1 а), печатающим элементом (дозатором) данной системы является полый стеклянный капилляр (микропипетка) с установленной на нем пьезоэлектрической пластиной (рисунок 1.1 б), который с помощью трёхкоординатной системы позиционирования перемещается над поверхностью подложки. Типичный внутренний диаметр печатающего капилляра 10 – 60 мкм, что позволяет получить минимальную ширину печатаемых элементов топологии от 30 мкм.

В нашем исследовании в качестве материала для дозирования использовались чернила DGP 40TE-20C фирмы Advanced Nano Products (ANP). Основным фактором, влияющим на решение, был размер микрочастиц металла, содержащегося в чернилах, а также используемый растворитель и температура спекания.



Рисунок 1.1 – Система ультразвукового капиллярного дозирования  
а – снимок системы Microplotter GIX II, б – устройство дозирования

Измерение параметров (толщины, ширины) полученной топологии пленок осуществлялось с использованием интерферометра KLA Tencor.

## Описание экспериментальных исследований

В основу экспериментальных исследований были положены 3 основные задачи.

Задача №1: Оценка зависимости ширины и толщины пленок проводящего слоя от скорости перемещения дозатора и от значения подаваемого напряжения на обкладки пьезокристалла печатающего элемента. Для исследования зависимости ширины и толщины пленок от скорости перемещения дозатора и напряжения на обкладках пьезокристалла была напечатана топология, которая представляла собой одиночные линии, располагающиеся друг под другом. Линии представляли собой определенные группы, расположенные на расстоянии друг от друга с равным интервалом. Каждая группа соответствовала определенному режиму дозирования. В качестве режимов дозирования было выбрано 4 скорости (1, 5, 10, 20 мм/с) и 4 значения напряжения (0.5, 1, 1.5, 2 В).

После процесса печати подложка помещалась в инфракрасную печь для отверждения пленок. Далее измерялись параметры пленок в нескольких точках для статистической оценки. В результате были получены следующие графики зависимости (Приложение 1).

Задача №2: Оценка зависимости профиля пленок серебра от скорости перемещения дозатора ( $V$ ) и управляющего напряжения на входе дозатора ( $U$ ), а также оценка повторяемости параметров пленок при определенных режимах нанесения. Для оценки зависимости профиля пленок серебра от скорости перемещения дозатора ( $V$ ) были получены графики зависимости толщины пленки от ширины при помощи программного обеспечения MicroXAM-100 (рисунок 1.2).

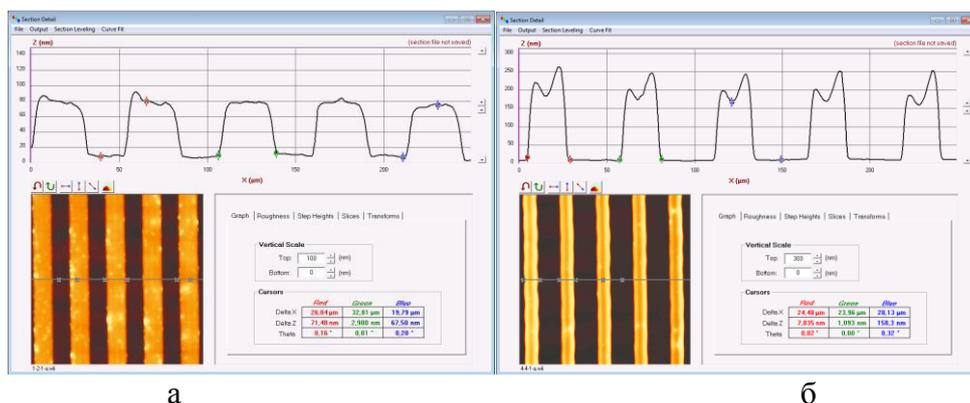


Рисунок 1.2 – Проффилограммы пленок, полученных при разных скоростях печати  
а – скорость 1 мм/с,  $U=1$  В; б – скорость 20 мм/с,  $U=1$  В

Для оценки повторяемости параметров пленок на одной подложке было напечатано две одинаковых топологии при прочих равных условиях состояния окружающей среды. В приложение 2 представлены графики зависимости параметров пленок (толщины, ширины) от скорости перемещения дозатора для напряжения дозирования равного 0,5 В для двух топологий.

Задача №3: Оценка однородности толщины пленки по длине. Измерение толщины пленки проводилось в 3-х точках: начало, середина и конец линии. Далее была получена зависимость толщины пленки от скорости перемещения дозатора для 3 точек измерения (рисунок 1.3).

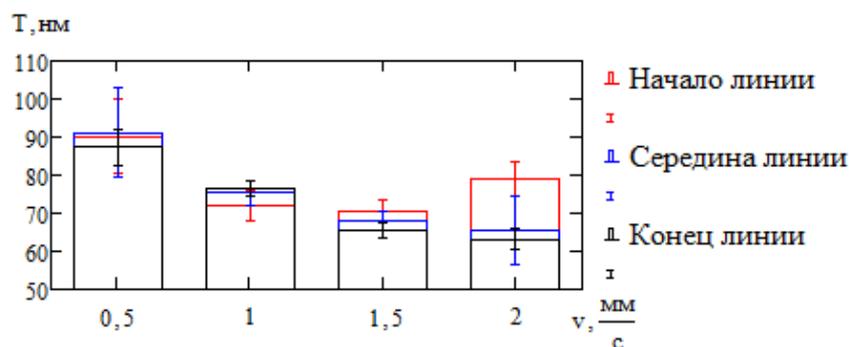


Рисунок 1.3 – Зависимость толщины пленки от скорости перемещения дозатора для 3-х точек измерения

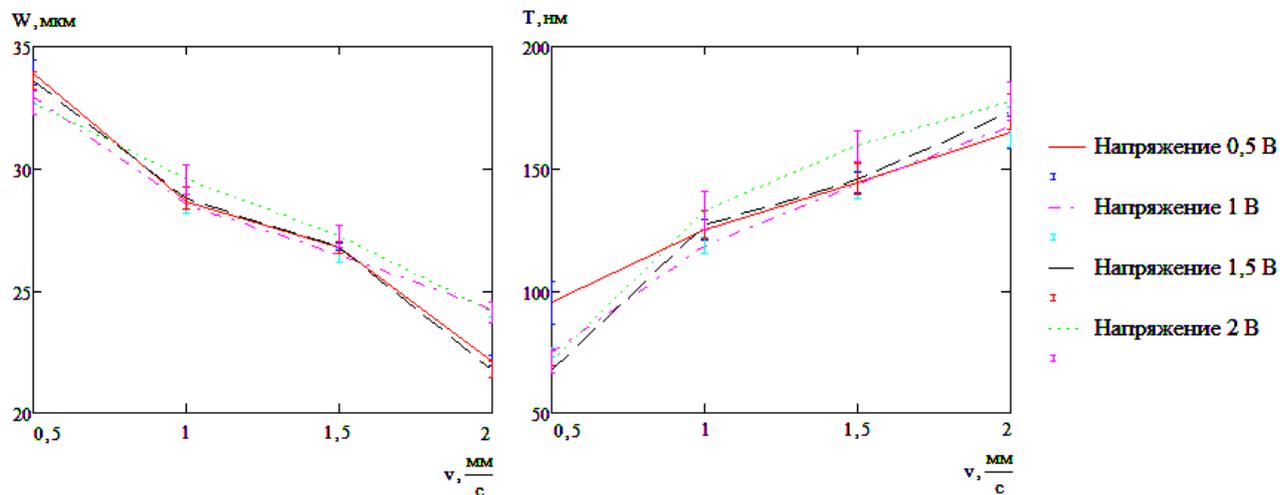
### Выводы

Результаты исследований показали следующее:

- 1) с увеличением скорости перемещения дозатора толщина пленок уменьшается, а ширина – увеличивается, значение управляющего напряжения на дозаторе оказывает минимальный эффект на параметры пленок;
- 2) увеличение скорости перемещения дозатора приводит к изменению формы профиля пленок: на малой скорости наблюдается форма пленки близкая к прямоугольной, с увеличением скорости в середине профиля образуется провал с появлением «горбов» по краям пленки, с увеличением скорости провал увеличивается;
- 3) наблюдается разброс значений параметров пленок 2-х топологий примерно в 10 раз, возможно это связано с наличием погрешности в технологическом процессе топологии №1;
- 4) на малых скоростях печати наблюдается высокая однородность пленки по длине линии в пределах погрешности 5-10%, с увеличением скорости печати качество пленки ухудшается.

## Приложение 1

График зависимости ширины (W) и толщины (T) пленок от скорости перемещения дозатора при различных напряжения



## Приложение 2

Зависимость ширины и толщины линий от скорости перемещения дозатора для 2-х топологий

