

**РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ КЮВЕТЫ ДЛЯ ПЛОТТЕРНОЙ СИСТЕМЫ
ПЕЧАТИ КОМПОНЕНТОВ ОРГАНИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ**

А. Е.Здрок, А. М. Аллануров, А. Г. Лоцилов

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР),

Специальное конструкторское бюро «Смена»,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: main@skbsmena.ru

**DEVELOPMENT THE AUTOMATED CUVETTE FOR PLOTTER SYSTEM OF PRINTING OF
COMPONENTS OF ORGANIC ELECTRONICS**

A. E. Zdrok, A. M. Allanurov, A. G. Loshchilov

Tomsk state university of control systems and radioelectronics (TUSUR),

Special design bureau «Smena»

Russian Federation, Tomsk city, Lenin Avenue 40, 634050

E-mail: main@skbsmena.ru

***Abstract.** This article describes an ink-jet plotter and technology of printed electronics, their advantages and disadvantages. The problem of evaporation of ink which arises in case of operation of plotter system of the printing is discussed. Theoretical and experimental dependence of the rate of evaporation of the solvent from the position of its top-level in the capillary are given. The device and algorithm of functioning of plotter system allowing to reduce effect of evaporation of ink is offered.*

Введение. Одной из технологий, которая уже в ближайшем будущем начнет заменять традиционные субтрактивные технологии изготовления печатных плат и изделий микроэлектроники, является печатная (принтерная) технология формирования рисунков функциональных слоев [1].

Плоттерная технология прецизионного дозирования [2] является одним из перспективных методов печати, позволяющий получить высокую однородность пленок и достаточное, для практических целей, пространственное разрешение. Печатающим элементом плоттера является капилляр с жидкостью, на боковой стенке которого закреплен пьезоэлемент. На кончике капилляра под действием вибрации в направлении продольной оси формируется капля чернил. При этом обеспечивается контакт мениска капли с поверхностью подложки, а перемещение капилляра по заданной траектории приводит к отрыву капли и формированию печатного рисунка.

Основным недостатком плоттерной системы [3] является изменение концентрации активного вещества в чернилах вследствие испарения растворителя. Это связано с тем, что печать осуществляется из открытого капилляра, а забор чернил выполняется из открытого сосуда. Настоящая работа направлена на анализ этой проблемы и разработку способа, позволяющего минимизировать эффект испарения растворов при эксплуатации плоттерных систем печати.

Основная часть. Известно выражение для расчета скорости испарения для жидкостей, налитых в открытые цилиндрические сосуды малых диаметров [4]:

$$V_z = \frac{k_t}{h} \cdot \ln \frac{P - \varphi \cdot P_s}{P - P_s}, \quad (1)$$

где h – путь диффузии паров (расстояние от поверхности жидкости до свободного края цилиндра);

k_t – коэффициент диффузии паров при данной температуре;

P – давление воздуха;

P_s – давление насыщенного пара;

$\varphi \cdot P_s$ – давление паров в воздухе.

Из выражения (1) можно заключить, что скорость испарения жидкости (в приближении статического испарения из капиллярных цилиндрических сосудов малых диаметров) обратно пропорциональна расстоянию от уровня жидкости до свободного края сосуда. Необходимо отметить, что такая зависимость описывает идеализированный случай, который не учитывает многие эффекты имеющие место на практике, такие как: зависимость коэффициента диффузии паров от внешнего давления; зависимость скорости испарения от формы сосуда; зависимость скорости испарения от формы поверхности жидкости и т.д.

Поэтому для оценки влияния неучтенных факторов были проведены следующие экспериментальные исследования. Были взяты два цилиндрических сосуда из прозрачного стекла диаметрами 1 и 2 мм. К одному из свободных концов каждого из сосудов через гибкий шланг подключался шприц. После чего сосуды наполнялись тестовой жидкостью. В качестве тестовой жидкости использовался толуол, как один из наиболее часто применяемых органических растворителей. После чего, капилляры устанавливались напротив объектива видеокамеры, и велась запись изменения положения уровня тестовой жидкости от времени.

На основе результатов наблюдений были рассчитаны зависимости скорости испарения жидкости от положения её уровня. Аналогичные расчеты были проведены с использованием выражения (1). На рис. 1 изображены полученные теоретические и экспериментальные зависимости. Было установлено, что экспериментальные зависимости скорости испарения полученные для сосудов диаметром 1 и 2 мм отличаются от теоретической зависимости (1) не более чем на 10% при положении уровня жидкости от открытого края кюветы 7 мм и более. При этом при положении уровня жидкости 12 мм и более скорость испарения снижается более чем в 10 раз по отношению к режиму при котором кювета заполнена полностью. Из этого следует, что для уменьшения интенсивности испарения целесообразно между операциями заправки печатающей головки плоттерной системы поддерживать уровень раствора в сосуде на некотором оптимальном расстоянии от открытого края сосуда.

По результатам исследований было предложено модифицировать плоттерную систему, дооснастив её автоматизированной кюветой [5,6]. При этом алгоритм функционирования модифицированной установки GIX Microplotter II примет следующий вид:

- 1) капилляр плоттера перемещается к кювете с чернилами;
- 2) с помощью дозатора уровень чернил в кювете поднимается до верхнего края, капилляр опускается в кювету;
- 3) под действием капиллярного эффекта происходит забор жидкости в капилляр плоттера, после чего капилляр поднимается;
- 4) с помощью дозатора уровень чернил в кювете опускается до положения обеспечивающего наименьшее испарение, капилляр перемещается в область печати;
- 5) осуществляется печать;
- 6) возврат к шагу № 1, при необходимости.

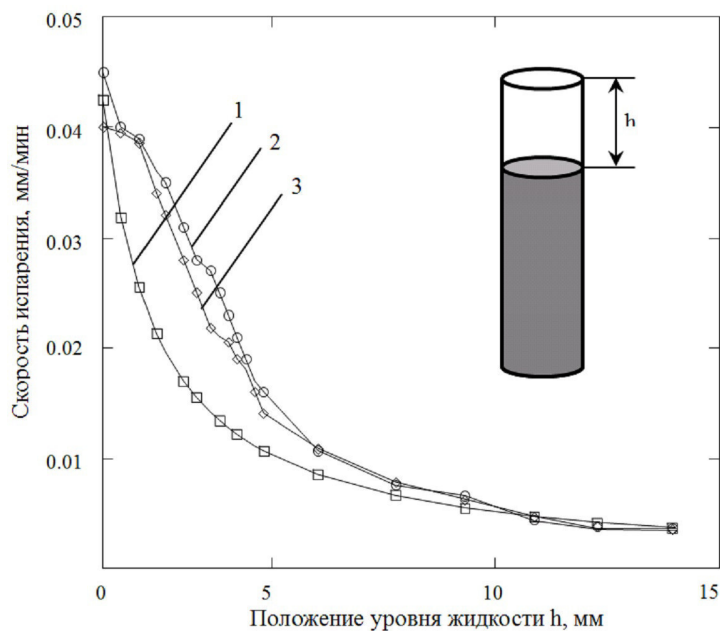


Рис. 1. Зависимости скорости испарения толуола от положения уровня жидкости в кювете:
1 – теоретическая зависимость; 2 – экспериментальная зависимость (диаметр сосуда 1 мм);
3 – экспериментальная зависимость (диаметр сосуда 2 мм)

Заключение. Предложены способ, алгоритм и устройство, позволяющие уменьшить интенсивность испарения чернил при эксплуатации плоттерной системы печати. Разумеется, предложенный подход не исключает применения иных механизмов уменьшения интенсивности испарения. Результаты проведенной работы позволили изготовить макет автоматизированной кюветы, который в настоящее время используется в составе плоттерной системы печати [6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Развитие аддитивных принтерных технологий в электронике / под ред. проф. Н.Д. Малютина. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2015. – 69 с., ISBN 978-5-86889-706-1
2. Создание плоттерной системы печати изделий полимерной электроники с элементами термостатирования чернил и подложек / исп. А. Е. Здрок по договору №3884ГУ1/2014, – отчет о выполнении НИР. – 2016 г. – 27с.
3. GIX Microplotter II [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sonoplot.com/products/gix-microplotter-ii>, свободный (дата обращения: 15.03.17)
4. Мартенс Л.К. Техническая энциклопедия в 26 т. – 1929. – Т. 9. – С. 360-366.
5. Problem of Ink evaporation while using plotter systems to manufacture printed electronic products / A.M. Allanurov, A. E. Zdrok, A.G. Loschilov, N.D. Malyutin.: Procedia Technology, 18, 2014. – ICST 2014, Warsaw, 2014. – P. 19-24.
6. Патент на полезную модель 161448 РФ, МПК В05В 1/08. Устройство плоттерной печати / А. М. Аллануров, А. Е. Здрок, А.Г. Лошилов, Н.Д. Малютин, Л.С. Штенина, Г.И. Гумерова. – № 2015106378/12; заявл. 25.02.15; опубл. 20.04.16, Бюл. № 11. – 2 с.