

УДК 539.231

МОДЕЛЮВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОТРИМАННЯ НАНОСТРУКТУРОВАНИХ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ПЛІВОК

Гурін Д. В., Нікітін Д. О.

Харківський національний університет радіоелектроніки,
просп. Науки, 14, м. Харків, 61000, Україна.
E-mail: dmytro.gurin@nure.ua

Вступ. Для розробки програмно-апаратного комплексу для керування технологічним процесом осадження наноструктурованих діелектричних плівок за допомогою технології напилення у магнетронній камері необхідно розробити систему керування устаткуванням. Задля виконання поставленої задачі необхідно використати розроблену математичну модель та розробити схему керування, що дозволить автоматизувати процес напилення наноструктурованих діелектричних плівок.

Метою роботи є прогнозування впливу вхідних параметрів, а також параметра γ який являє собою кількість вологи у підковпачному просторі на зміну $tg\delta$ в процесі нанесення плівок.

Моделювання у SIMULINK Для проведення аналізу використовується математична модель представлена у роботі [1]. Моделювання проведено для наступних значень параметрів P – тиск у робочій зоні, T – температура підкладки, I – струм розряду, γ – кількість вологи у підковпачному просторі

Розроблена модель керування у пакеті SIMULINK представлена на рисунку 1.

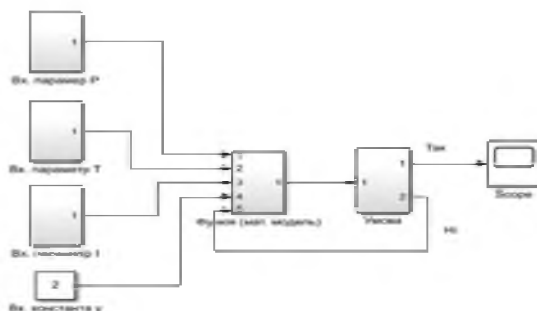


Рисунок 1 – Розроблена модель керування у пакеті SIMULINK

Як можна побачити на рисунку 1, у нас є чотири вхідні параметри P – тиск у робочій зоні, T – температура підкладки, I – струм розряду, та четвертий неконтрольований параметр γ , який приймає значення від 1 до 3 умовних одиниць.

Після того як параметри задані, вони попадають у блок «Функція» де за математичною моделлю [1] розраховуються параметри прирощення $tg\delta$, якщо умови задані у блоці «умова» дотримані, то ми можемо побачити результати моделювання, якщо умови не дотримані, то значення змінюються і розрахунок проходить знову. Значення вхідних параметрів змінюються в діапазоні: P від $1 \cdot 10^{-3} \times 10^{-3}$ до $5 \cdot 10^{-3}$ мм рт.ст., T від 180 до 200°C; I від 0,2 до 0,3 А.

Провівши моделювання на виході у блоці «Scope» отримаємо графік становлення $tg\delta$ представлений на рисунку 2.

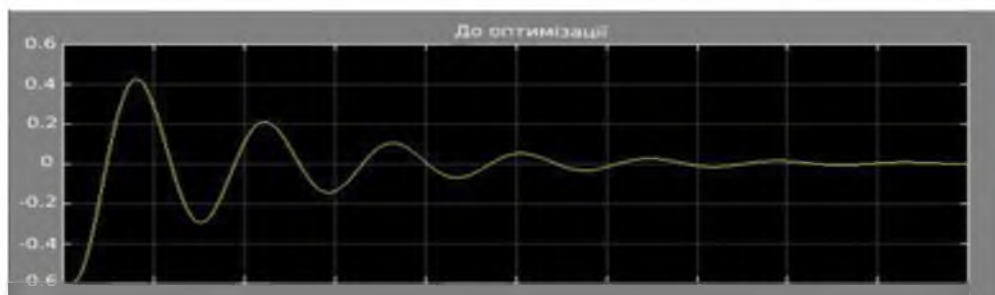


Рисунок 2 – Графік становлення $tg\delta$

Як можна побачити на рисунку становлення системи проходить дуже повільно, що може призвести до того, що перші шари при нанесенні можуть не відповідати очікуваним результатам. Необхідно модифікувати модель, а саме оптимізувати математичну модель.

Після перетворення системи рівнянь і вирішення системи лінійних рівнянь отримаємо:

$$P_{opt} = 0,982 + 0,246\tilde{\gamma}, I_{opt} = 0,283 + 0,0235\tilde{\gamma}, \tilde{T}_{opt} = 0,2919 + 0,007802\tilde{\gamma}.$$

З урахуванням того, що: $\tilde{P} = P \cdot 10^{-3} - 3$, $\tilde{T} = T \cdot 10^{-2} - 1,8$, $\tilde{I} = I \cdot 10 - 2,5$, $\tilde{\gamma} = \gamma - 2$ отримаємо наступні оптимальні керуючі впливи:

$$P_{opt} = (3,49 + 0,246\gamma) \cdot 10^{-3}, I_{opt} = 0,00235 + 0,217\gamma, T_{opt} = 210,75 - 07802\gamma.$$

Після цього внесені зміни до моделі розробленої в SIMULINK та знову провели моделювання та отримали графік становлення $tg\delta$ з урахуванням оптимізації математичної моделі представлений на рисунку 3.

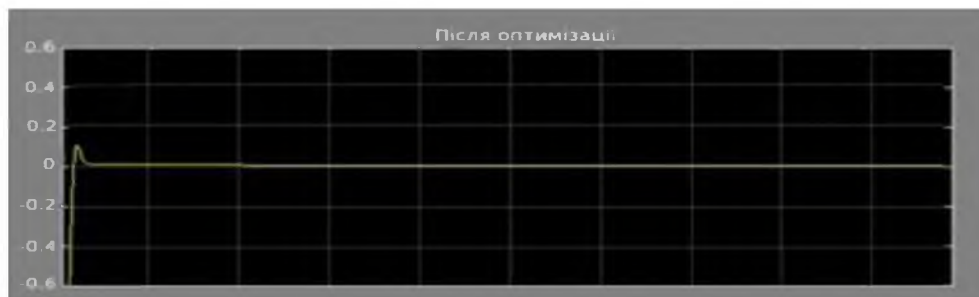


Рисунок 3 – Графік становлення $tg\delta$ з урахуванням оптимізації математичної моделі

Висновки. Розроблена в SIMULINK модель дає можливість розробити систему управління осадженням на базі плат arduino duo та rigramps, що дозволить автоматизувати процес наплення наноструктурованих діелектричних плівок.

Список використаної літератури

1. Gurin D., Nevludov I. Розробка математичної моделі автоматизованої системи управління нанесення наноструктурованих діелектричних плівок. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління»*. 2018. 37 (1). С. 45–53. <https://periodicals.karazin.ua/mia/article/view/10516>
2. Nevludov I. S., Gurin V. N., Gurin D. V., Oleksandrov Y. N. Crystallization processes of oxide films on the metal/oxide surface. *Functional materials*. 2020. 2. 335.
3. Nevludov I., et al. Development of a cyber design modeling declarative Language for cyber physical production systems. *J. Math. Comput. Sci.* 2021. 11 (1). P. 520–542.