

## **ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОКРИСТАЛІЧНИХ ПРИСТРОЇВ**

*Попсуй В. І., ст. викладач*

*Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Традиційним матеріалом для пристроїв НВЧ діапазону є високочастотний фольгований діелектрик RO 3010 (RO 3006) фірми Rogers [1]. Цей матеріал складається з фторопластової основи з керамічним наповнювачем (рутил, корунд), що ламінована з обох сторін міддю. Кількістю наповнювача регулюється діелектрична проникність. Товщина шару міді сягає 35 мкм. Товщина RO 3010 — 1,28 мм., з урахуванням шарів міді. Особливості матеріалу:

- а) висока пластичність як основи, так і міді;
- б) абразивність;
- в) низька корозійна стійкість (мідь не захищена)
- г) відносно низька термостійкість (до 550 К)

Такі властивості матеріалу завдають багато клопоту технологам. Механічна обробка різанням приводить до швидкого зносу інструментів; плинності фторопластової основи; суттєвої зміни розмірів у вигляді напливів на краях отворів та лускоподібних хвостів на поверхні різання. При фрезеруванні зростає температура. Спочатку виникає плавлення фторопластової основи, налипання на «кукурудзяну» фрезу аж до її поламки, а потім — випаровування фторопласту з утворенням небезпечного фосгену. Для таких матеріалів рекомендують фрезу з одним пером [2].

RO 3000 дуже легко згинається і не відновлює попередню форму. Зрозуміло, що при таких особливостях матеріалу виготовити деталь з точністю топологічних елементів  $\pm 10$  мкм вкрай важко.

Рекомендації виробника (обробка виключно новим інструментом з частотою його заміною; використання обов'язково нових жорстких підкладок та накладок; невелика висота пакету для безперешкодного видалення стружки) не завжди дозволяють отримати деталь з заданими конструктором розмірами. Для полегшення фрезерування фірма Rogers рекомендує використовувати підплатник з заздалегідь відфрезерованими каналами, що виходять назовні: для підсосу повітря знизу, надійного видалення стружки і охолодження інструменту.

Не покращує ситуацію застосування фотолітографії. Статистичні значення бокового підтравлювання шару міді сягають 70 %. А це означає, що в перетині мідна доріжка шириною 100 мкм і висотою 35 мкм (товщина міді) виглядає як обернена трапеція з основою 100 мкм і 50 мкм в зоні контакту з діелектриком. Вздовж доріжки спостерігається хвилясте підтравлювання — зміна ширини доріжки. Травлення в концентрованих розчинах

і травлення в струмені нормально спрямованого потоку травника не суттєво поліпшує ситуацію. Щоправда, інколи є можливість зменшити початкову товщину міді попереднім травленням до 5–10 мкм. Відповідно підвищиться точність витримки геометричних розмірів на шкоду електропровідності. Фоторезист має низьку адгезію до міді, тому краще використовувати позитивний метод з металевим резистивним покриттям. Швидкість травлення, в силу ряду причин, на різних ділянках деталі не однакова. Після травлення міді, як і при термічній обробці, фторопластова основа усідає (до 0,5 %).

Можливим вирішенням проблеми є створення вертикальних поверхонь доріжки променем лазера. Проте значна теплопровідність міді вимагає збільшувати потужність лазера. Суттєва ймовірність утворення фосгену під дією високої температури примушує проводити роботи під витяжкою. А термічний вплив на основу може неконтрольовано змінити діелектричні властивості матеріалу.

Пропонується два варіанти виготовлення високочастотних електромагнітнокристалічних пристроїв.

1 – Фрезерування на малогабаритному фрезерному верстаті. Замість класичних «кукурудзяних» фрез використовувати стоматологічні бори з карбиду вольфраму, які необхідно доробити (видалити нижню частину фрези алмазним диском). Обов'язкове вирівнювання заготовки на скляній плиті і використання підкладок та накладок для позиціонування заготовки на верстаті. Пошарове фрезерування міді фрезою діаметром 0,5 мм. Швидкість 800–1000 об/хв. за один прохід грубої обробки знімати шар 10 мкм., тонкої – до 5 мкм. Точність позиціонування верстату по трьох координатах повинна бути не гіршою ніж 2–3 мкм.

2 – Електроіскрова обробка фігурним сталевим електродом з одночасним формуванням топологічного шару по всій площині. Ширина робочої кромки інструменту до 100 мкм. Зайвий шар міді механічно відшарувати.

Перевага другого варіанту саме в одночасному формуванні топологічного шару. Вплив товщини шару міді проявляється в тому, що в перетині мідь має форму трапеції. Провідник ширший в зоні контакту з діелектриком. Цю похибку легко врахувати в розмірах провідників топологічного шару.

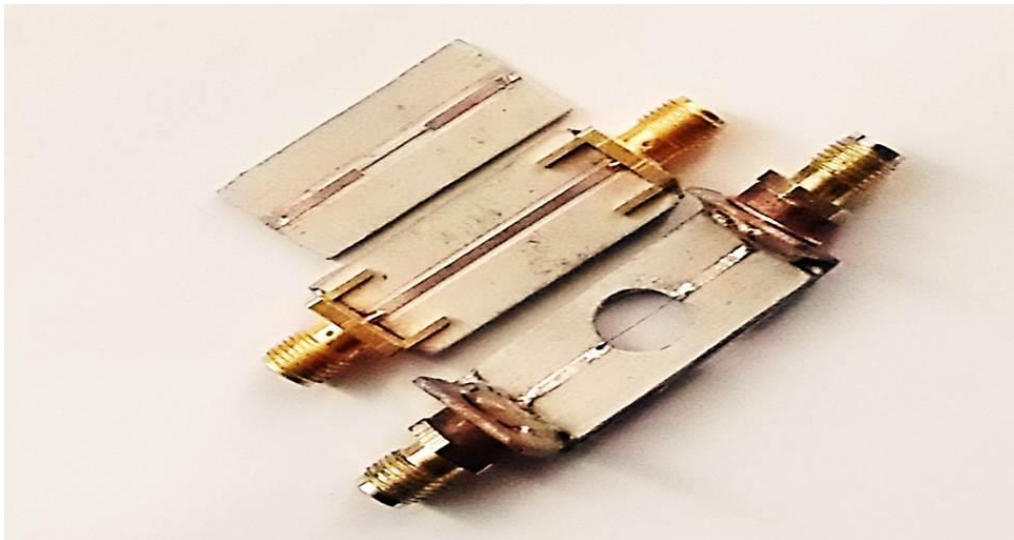


Рисунок 1 Фотографія зразки пристроїв. Помітні сліди від фрези.

Наявність помітного сліду фрези пов'язана з недостатньо жорстким і точним закріпленням заготовки на верстаті, а також перевищеною глибиною фрезерування.

Запропоновані методи механічної обробки дозволяють отримати зразки високочастотних електромагнітнокристалічних пристроїв з необхідною для практичного використання точністю.

#### **Перелік посилань**

1. RO3000 Series Circuit Materials Режим доступу: <https://www.rogerscorp.com/documents/722/acs/RO3000-Laminate-Data-Sheet-RO300> – Назва з екрану.

2. Тавризов А. Опыт обработки СВЧ-материалов / А.Тавризов, С. Пochtнов // Технологии в электронной промышленности — 2010 — № 5. — С. 10—13.

#### **Анотація**

Проаналізовано причини впливу обробки різанням матеріалу RO 3000 (RO 3010) на точність виготовлення лінійних елементів топології електромагнітнокристалічних пристроїв. Запропоновано лазерну розмірну обробку і фрезерування стоматологічними бурами.

**Ключові слова:** RO 3000, RO 3010, обробка, точність.

#### **Аннотация**

Проанализированы причины влияния обработки резанием материала RO 3000 (RO 3010) на точность изготовления линейных элементов топологии электромагнитнокристаллических устройств. Предложена лазерная размерная обработка и фрезерование стоматологическими бурами.

**Ключевые слова:** RO 3000, RO 3010, обработка, точность.

#### **Abstract**

The reasons of material machining influence at the linear topology elements processing accuracy for the devices based on electromagnetic crystals are analyzed. The technologies of laser dimensional machining and dental drills milling are proposed.

**Keywords:** RO 3000, RO 3010, machining, processing accuracy.