

УДК 621.793:621.395.623.6

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКЦІЇ ТА МАТЕРІАЛІВ ДІАФРАГМИ ЕЛЕКТРОСТАТИЧНИХ НАВУШНИКІВ НА ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Миронов М.Ю.

e-mail: mykhailo.myronov@nure.ua

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. Фізики
м. Харків, Україна

An experimental study of methods for creating diaphragms for electrostatic headphones using polyethylene and lavsan films is presented. The influence of the dynamic viscosity index on the stability of tension and the effectiveness of several methods of applying a conductive layer (graphite powder, metallization) and the feasibility of film cutting methods (nichrome filament, diamond superfile) are considered. The degradation of metallization under the influence of high polarization voltage and the procedure for dissolving the metal coating with a weak alkaline solution are described. A comparative analysis of different headphone designs was carried out. The effect of electrical and mechanical parameters of materials on the sound reproduction quality was studied.

Електростатичні навушники відомі своєю здатністю відтворювати звук з високою точністю завдяки відсутності магнітних компонентів та надзвичайно тонкій діафрагмі, яка заряджається високою поляризаційною напругою (BIAS) і взаємодіє зі статорами за законом Кулона. Однак стабільність натягу діафрагми є критичним фактором, оскільки його зміни призводять до спотворень у нижньому та середньому частотних діапазонах. Враховуючи це, основним завданням роботи є дослідження впливу конструкції та матеріалів діафрагми на її натяг і довготривалу стабільність, а також розробка технологічних рішень, що дозволяють забезпечити рівномірний розподіл заряду, зменшити деградацію матеріалу та підвищити якість відтворення звуку.

Для якісного закріплення плівки на каркасі застосовано метод попереднього натягування на скляну основу [1]. Завдяки цьому було досягнуто рівномірний розподіл механічних напружень у процесі закріплення плівки на рамці.

У процесі вибору матеріалу діафрагми були випробувані різні типи плівкових матеріалів, кожен із яких мав свої особливості, що впливали на роботу електростатичного драйвера. Зокрема, оцінювалися такі параметри, як рівномірність нанесення струмопровідного шару, стабільність електричних характеристик, сталість механічних властивостей і загальна технологічна зручність виготовлення. Нижче наведено аналіз трьох основних варіантів плівок, що використовувалися в експериментальних дослідженнях.

1. Одношарова поліетиленова плівка: графітова пудра рівномірно втирається в поверхню плівки до досягнення питомого опору 200 кОм/см, здійснюються контрольні вимірювання для перевірки рівномірності покриття [2]. Дане значення питомого опору є оптимальним для забезпечення рівномірного розподілу заряду по всій поверхні діафрагми незалежно від відстані до точки контакту мідного провідника. Використання поліетилену дозволяє значно спростити процес нанесення струмопровідного шару, через пористу структуру плівки, однак через її низьку (в порівнянні з лавсаном) в'язкість спостерігається швидке втрачання початкового натягу та поступова деградація механічних властивостей.

2. Двошарова металізована лавсанова плівка: перед нанесенням графітового шару зовнішній металевий шар розчиняється слабким лужним розчином, а в окремій зоні плівки реалізується електричний контакт між внутрішнім металевим шаром і мідним провідником. Такий метод дозволяє значно спростити технологічний процес виготовлення діафрагми використовуючи у якості струмопровідного шару металізацію. Але вже через пів року використання навушників виявилось що металізація під дією високої напруги частково зруйнувалася (рис. 1), роблячи неможливою подальшу роботу драйвера. Дуже низький опір теж не є найкращим рішенням через нерівномірний розподіл заряду.

3. Одношаровий лавсанова плівка: двошарову плівку спочатку розшаровують, розчиняють металеві шари на однієї з плівок та наносять графітове покриття. Після цього вона закріплюється на рамці зі склотекстоліту, що забезпечує стабільність конструкції (рис. 2). Дослідження показали, що лавсанові діафрагми мають найбільш передбачувану поведінку протягом довготривалої експлуатації.

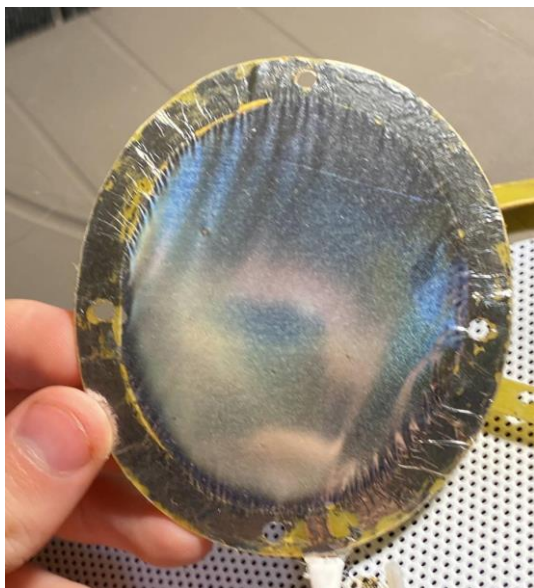


Рисунок 1



Рисунок 2

Обрізка надлишків плівкового шару діафрагми виконувалася за допомогою наступних інструментів:

1. Ніхромова нитка – забезпечує швидке видалення зайвого, але може спричиняти оплавлення країв плівки, що підвищує ймовірність втрат заряду.

2. Алмазний надфіль – гарантує рівномірний зріз без структурних дефектів, що мінімізує точкові витоки заряду. Завдяки цьому можна отримати більш довговічні діафрагми з високою стабільністю електричних характеристик.

Полярizaційна напруга (BIAS) утримувалася на рівні 350 В для аналізу довготривалої стабільності електричних властивостей діафрагм.

При довготривалому використанні навушників, виготовлених за вказаною методикою були отримані наступні результати:

1. Лавсанова плівка зберігає достатній натяг принаймні 6 місяців експлуатації, що робить її одним із найбільш придатних матеріалів.

2. Поліетиленова плівка проявляє поступове зниження натягу, що впливає на механічні параметри та погіршує якість відтворення низьких частот.

3. Метод часткового розчинення металізації дозволяє знизити вагу діафрагми, але не вирішує проблему створення струмопровідного шару.

4. Результат застосування алмазного надфіля усуває втрати заряду з плівки при використанні навушників, покращуючи стабільність їх роботи.

Усі досліджені методики виготовлення діафрагм потребують подальшого вдосконалення для спрощення технологічних процесів. Лабораторні випробування показали, що нерівномірний натяг мембрани може спричиняти локальні викривлення, що впливають на рівномірність руху діафрагми під впливом електростатичного поля. Навіть незначні відхилення сприяють резонансним спотворенням та змінюють амплітудно-частотні характеристики навушників. Окрім цього, запропоновані технологічні рішення можуть бути корисними для розробки бюджетних моделей електростатичних навушників, що дозволить зробити цю технологію доступнішою для широкого кола користувачів. Подальші дослідження зосереджуватимуться на покращенні стабільності натягу діафрагми та впровадженні альтернативних струмопровідних покриттів.

Список використаних джерел:

1. Radford A. DIY Electrostatic Headphones. URL: <https://headwizememorial.wordpress.com/2018/03/18/diy-electrostatic-headphones/> (дата звернення: 11.03.2024).

2. Moy C. Notes on DIY Electrostatic Headphones. URL: <https://headwizememorial.wordpress.com/2018/03/19/notes-on-diy-electrostatic-headphones/> (дата звернення: 11.03.2024).