

АНОТОВАНИЙ ЗВІТ

«Нові наноконпозиційні матеріали для космічних сенсорів (акселерометрів, гравіметрів, датчиків тиску, тощо),»

Етап 4 «Концептуальна модель чутливого електромеханічного сенсору та удосконалення електричних та пружних властивостей його активного елемента» договір № 4-02/16, Цільова комплексна програма НАН України з наукових космічних досліджень на 2012-2016 рр. та розпорядження Президії НАН України від 25.02.2016 № 119.

Основні одержані результати у звітному році

Метою проекту є розроблення та створення електрочутливого наноконпозитного матеріалу (пружний матеріал + металеві домішки), струм крізь який змінюється пропорційно ступеню деформації наноконпозиту. Результати дослідження направлені на створення електропровідних матеріалів, які є перспективними для їх використання в якості чутливих елементів деформаційно-чутливих сенсорів наземного та космічного призначення.

В проекті приймають участь науковці з Інституту космічних досліджень НАН України та ДКА України та Інституту хімії високомолекулярних сполук НАН України.

На попередніх етапах виконання проекту нами були розроблені засоби синтезу пружної полімерної матриці, яка має високу адгезію щодо вуглецевих та металевих наповнювачів та був створений пружний наноконпозитний матеріал, який має досить стійкий електричний відгук на дію зовнішніх механічних зусиль. В якості наповнювачів використовувались вуглецеві нанотрубки, вуглецеві волокна, сажа, мікро- та нанокластери нікелю, дендритна мікротріа, графіт, тощо. В якості пружної матриці використався натуральний каучук або силікон. Були розроблені нові конпозитні матеріали, які демонструють практично лінійну залежність електричного струму від зовнішньої сили. Зміна сенсорного електричного струму для найбільш перспективного матеріалу (силікон + 25% дендритної міді) становила одиниці мікроампер при зміні зовнішньої сили $\sim 0,1\text{H}$. Також був зроблений патент на новий деформаційно-чутливий наноконпозитний матеріал.

На даному етапі виконання проекту передбачався підбір типу полімерної пружної матриці та параметрів модифікації, які забезпечать стабільні та більш високі електричні сенсорні характеристики деформаційно-чутливого матеріалу. Планувалось використання експериментального стенду для дослідження електричних і механічних властивостей активних елементів електромеханічних сенсорів (акселерометрів, датчиків тиску, тощо).

Експерименти з дослідження електромеханічних властивостей активних елементів здійснювались за допомогою модернізованої установки термомеханічного аналізу (рис. 1а) та дослідного зразку акселерометру, який був виготовлений в процесі виконання проекту (рис. 1б). Для експериментів використовувались зразки різних наноконпозитів діаметром 7мм та товщиною 4мм (рис. 1в). Досліджувався зв'язок між зовнішнім механічним навантаженням на матеріал та виникаючим при цьому електричним струмом.



Рис. 1. Зображення термомеханічного аналізатору (а), дослідного зразку акселерометру (б) та дослідних зразків нанокompозитів (в).

В ході випробувань виявилось, що найбільш сильні залежності струму від зовнішніх механічних зусиль мають місце для композитів з сегрегованою структурою провідного металевго наповнювача, тобто для структур, які є упорядкованими в полімерній матриці у вигляді каркасу. В якості полімерного компоненту був взятий порошок подрібненої гуми з авіаційних шин. Частинки мали розмір 100-200 мкм. Для того, щоб забезпечити монолітність композиту при пресуванні, був доданий ще один компонент – термопластичний полімер з низькою температурою плавлення (95°C) та високою адгезією до гуми. В якості провідного наповнювача був взятий технічний вуглець (сажа). Частинки наповнювача опудрювались на поверхню частинок полімеру і при подальшому гарячому компактуванні (пресуванні при температурі вищій за температуру розм'якшення полімеру) залишались на границях між зернами полімеру, утворюючи бажану каркасну структуру.

Результати довготермінових циклічних випробувань для цього, найбільш перспективного композиту, показані на рис. 2. Вимірювання проводилося на протязі 120 годин чотирма послідовними періодами тривалістю 90-100-100-140 хвилин з проміжками між періодами 70-23-22 годин, відповідно. Як видно, протягом тривалого часу вимірювань композит зберігає стабільність електричного відклику. Рівень сенсорного відгуку при зміні зовнішньої сили $\sim 0,1\text{H}$, становить сотні мікроампер, що більш ніж на порядок перевищує результати попереднього року. Від серії до серії спостерігаються зміни амплітуди струму в межах $\pm 10\%$, але це обумовлено умовами самого експерименту, а не властивостями композитного матеріалу. (П'ята індентора під час кожної серії роботи термоаналізатора стає на дещо інше місце на зразку, що дає подібні коливання в амплітуді струму за рахунок неоднорідного розподілу металевго наповнювача в композиті.)

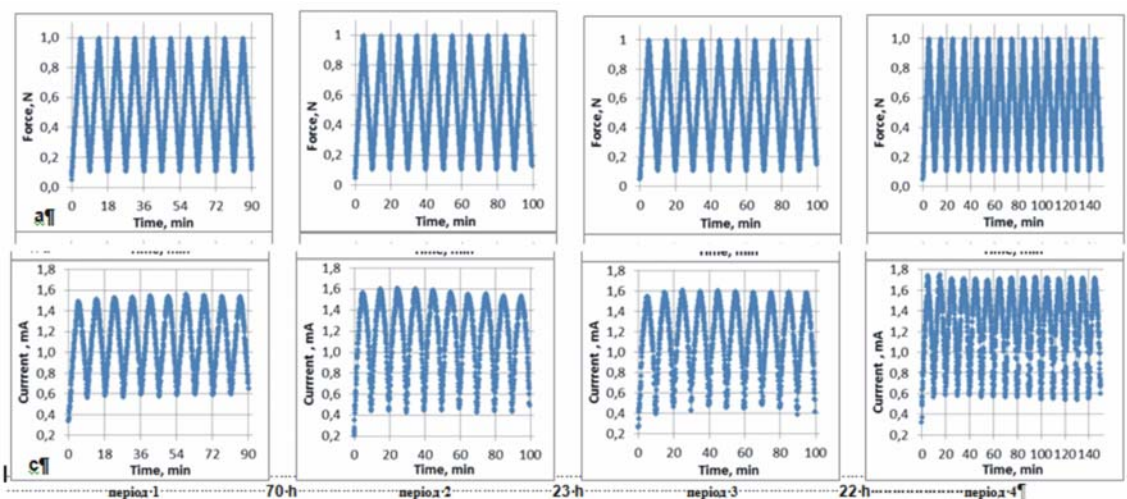


Рис. 2. Дослідження довготермінової стабільності зразка композиту на протязі 120 годин чотирма послідовними періодами тривалістю 90-100-100-140 хвилин з проміжками між періодами 70-23-22 годин.

Розроблювальний композитний матеріал демонструє практично лінійну залежність електричного струму від зовнішньої сили та відсутність зсуву робочої точки приладу за досить тривалий час проведених експериментів.

За темою проекту опублікована підсумкова стаття, де просумовані результати авторів за весь час роботи над проектом:

Левченко В. В. П'єзорезистивні сенсорні композити з орієнтованою 1D структурою провідного наповнювача / В. В. Левченко, Є. П. Мамуня, Ю. О. Клименко, В. О. Яценко, І. М. Паращенко, Є. В. Лебедев // Полімерний журнал. - 2016. - Т. 38, № 3. - С. 192-204. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Polimer_2016_38_3_6.

Також готується патент на новий деформаційно-чутливий нанокompозитний матеріал, де в якості полімерного компоненту використовується подрібнена гума з авіаційних шин.

Науковий керівник теми
к.ф.-м.н.

Клименко Ю.О.