

Дослідження діелектричної проникності нематичного рідкого кристала легованого нанотрубками.

Асп. Т. Пристай, асп. В. Петришак

Національний університет «Львівська політехніка»

Abstract. The effect of nematic liquid crystal on the dielectric insight multystinkovyh carbon nanotubes under the influence of a magnetic field.

Keywords: nanotube, nematic liquid crystal, the dielectric constant

Вступ. Вуглецеві нанотрубки є перспективним матеріалом для створення нанокомпозитів з необхідними діелектричними та оптичними властивостями. Велика питома поверхня таких нанотрубок забезпечує їхню високу адсорбційну здатність, внаслідок чого нанокомпозити на їх основі можна використовувати як чутливі елементи оптичних сенсорів шкідливих газів[1].

Вуглецеві нанотрубки з інтеркальованими феромагнітними речовинами є перспективними для використання в якості магнітних компонент під час створення композиційних матеріалів для радіотехнічних пристроїв (антен, трансформаторів, фільтрів тощо).

Після введення в матриці різних видів домішок, зокрема рідкокристалічних, нанотрубки створюють нанокластери малих розмірів, що дає можливість їхнього швидкого намагнічування в зовнішньому магнітному полі за рахунок обертання вектора магнітного моменту окремого нанокластера та керування їхньою орієнтацією [2,3].

Враховуючи вищесказане, дослідження діелектричних та оптичних характеристик, яким присвячена ця робота, є актуальною задачею.

Основна частина. Для створення нанокомпозитів було використано багатостінні нанотрубки МСУНТ діаметром 10-20 нм, завдовжки в середньому 20 мкм, та нематичний рідкий кристал 5СВ, які змішувались в однорідну суміш в ультразвуковій ванні впродовж 30 хв при температурі 60°C. Концентрація рідкого кристала в нанокомпозиті змінювалася в діапазоні 17-50%. Нанокомпозитами заповнювались рідкокристалічні комірки завтовшки 23 мкм. Визначення діелектричної проникності проводилося на основі вимірювання ємності, при частоті 1 кГц. Похибка вимірювання становить 4%.

Для оцінювання орієнтаційного впливу вуглецевих нанотрубок на рідкокристалічну речовину досліджено зміну діелектричної проникності нанокомпозиту в залежності від концентрації рідкокристалічної речовини, а також під дією магнітного поля. Рідкокристалічна комірка була розміщена в зовнішньому магнітному полі, як показано на рисунку 1. На рисунку 2 зображено залежність діелектричної проникності нанокомпозиту від концентрації рідкого кристала для різних значень індукції магнітного поля. Як видно з рисунка, діелектрична

проникність нанокомпозиту зменшується зі збільшенням концентрації рідкокристалічної речовини без взаємодії з магнітним полем. Характер зміни діелектричної проникності від концентрації РК в нанокомпозиті не змінюється при різних значеннях індукції магнітного поля, однак збільшення індукції приводить до зменшення абсолютного значення діелектричної проникності.

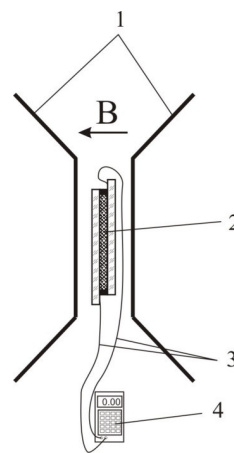


Рис. 1. Схематичне зображення експериментальної установки: 1 – магніт; 2 – зразок; 3 – діамагнітні контакти; 4 – мультиметр.

Як і більшості рідкокристалічних речовин, нематичному рідкому кристалу 5СВ властива анізотропія магнітної сприйнятливості [4]. Вуглецеві нанотрубки належать до діамагнітних речовин, після введення їх у магнітне поле вони орієнтуються вздовж поля. За рахунок взаємного впливу молекул рідкого кристала та вуглецевих нанотрубок відбувається орієнтація нанокомпозиту, наслідком чого є зміна величини діелектричної проникності [5].

Як можна побачити з рисунка 3 для трьох нанокомпозитів з концентрацією рідкого кристала 17, 29 та 37 % при збільшенні індукції магнітного поля від 0 до 650 мТл діелектрична проникність зменшується. Після подальшого збільшення індукції магнітного поля діелектрична проникність практично не змінюється[6], і входить в стан насичення. Це можна пояснити тим, що молекули РК та НТ зорієнтувались строго по полю при індукції магнітного поля 650 мТл і подальше збільшення магнітного поля вже не впливає на орієнтацію структури.

Для двох інших композитів з концентрацією РК 44 % та 50 % діелектрична проникність практично не змінюється при збільшенні індукції магнітного поля[7-8]. Це можна пояснити тим, орієнтація молекул РК під впливом магнітного поля є дуже малим, а також діелектрична проникність РК є на порядок меншою від діелектричної проникності

вуг–лецевих нанотрубок, тому при великих концент–раціях рідкого кристалу в нанокompозиті вплив маг–нітного поля є несуттєвим.

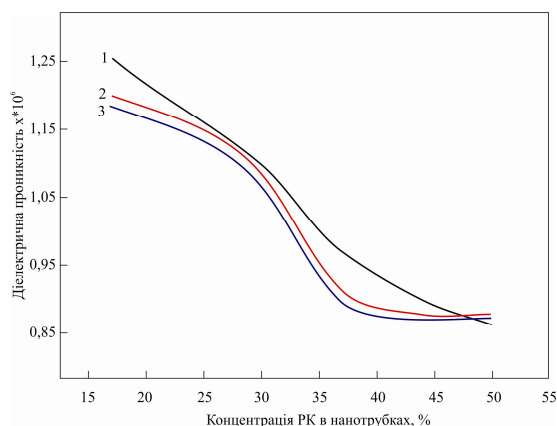


Рис.2. Залежність діелектричної проникності від концентрації РК в нанокompозиті для різних значень індукції магнітного поля: 1.– $V = 0$; 2. – $V = 350$ мТл ; 3. – $V = 500$ мТл

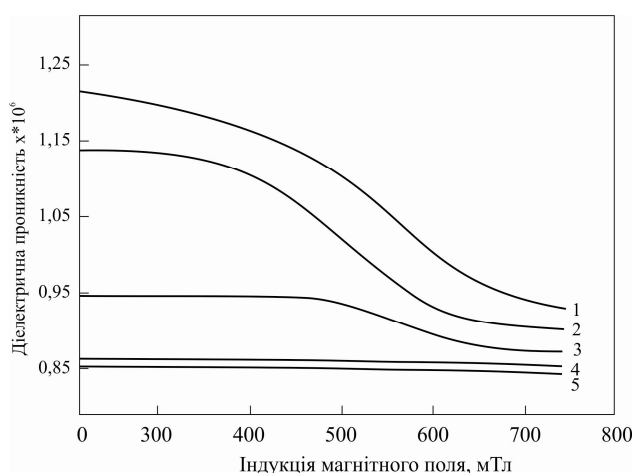


Рис.3. Залежність діелектричної проникності нанокompозитів від індукції магнітного поля для нанокompозитів із різним вмістом рідкокристалічної речовини: 1 – концентрація РК в нанокompозиті – 50 %; 2 – 44%; 3 – 37%; 4 – 29%; 5 – 17%.

Висновок. Аналіз отриманих результатів показав, що в залежності від концентрації рідкого кристала в нанотрубках змінюється діелектрична проникність суміші, а саме, при збільшенні концентрації рідкого кристала діелектрична проникність нанокompозиту зменшується. Але при концентрації РК більше 40 % виходить на насичення. Це свідчить про те, що вибираючи певну концентрацію РК можна отримати композитну суміш з наперед розрахованим значенням діелектричної проникності.

Збільшення індукції магнітного поля приводить до зменшення діелектричної проникності композиту, а при значенні індукції магнітного поля 650 мТл, значення діелектричної проникності не змінюється.

За рахунок взаємного впливу молекул рідкого кристала та вуглецевих нанотрубок відбувається орієнтація нанокompозиту, наслідком чого є зміна величини діелектричної проникності.

Дані результати можна активно застосовувати у якості матеріалів для інтегральної оптики, зокрема для оптичних елементів де потрібно наперед задати певне значення показника заломлення.

Враховуючи те, що зміна діелектричної проникності відбувається внаслідок дії магнітного поля, то і значення показника заломлення можна змінювати під дією магнітного поля, що у свою чергу розширює застосування даних композитів у магнітооптичних технологіях.

Враховуючи велику питому поверхню нанотрубок і рухливість рідкого кристалу отриманий нанокompозит володіє високою чутливістю газів.

[1]. Н.Е. Казанцева, Н.Г. Рывкина, И.А. Чмутин, «Перспективные материалы для поглотителей электромагнитных волн», Радиотехника и электроника, 2003, Т. 48, № 2, с. 173 – 184.

[2]. Белослудцев А.В. Симметрия и электронные свойства углеродных нанотрубок: Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, 01.04.02 - Теоретическая физика/ Ижевск 2007 – с. 108.

[3]. А.С.Котосонов, Д.В. Шило, А.П. Моравський, «Магнитные свойства углеродных нанотрубок, полученных методом дугового разряда при различных условиях», Физика твердого тела, 2002, Т. 44, вып.4, с.641 – 642.

[4]. О.В.Ковальчук, Ю.В. Беженар, В.Е. Вовк, А.О. Ксендзенко, «Влияние одноосиных углеродных нанотрубок на диэлектрические свойства нематичного рідкого кристала 6СНВТ», Наукоемні технології, 2009, № 3 – 4 (7 – 8), с. 91 – 95.

[5]. М.М. Томишко, О.В. Демичева, А.М. Алексеев, А.Г. Томишко, Л.Л. Клинова, О.Е. Фетисова, «Многослойные углеродные нанотрубки и их применение», Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 2006, т.ЛII, № 5, с 39 – 43.

[6]. Z. Hotra, Z. Mykytyuk, O. Sushynskiy, O. Shymchyshyn, V. Petryshak Sensitive Element of Carbon Monoxide Sensor Based on Liquid Crystals Doped by Nanosized Fe Annual Journal of Electronics. – 2012. –Vol. 6.– P. 99 – 102.

[7]. З. Ю. Готра, М. В. Вісьтак, З. М. Микитюк, О. С. Сушинський, Т. В. Пристай Оптикоелектронний сенсор монооксиду вуглецю на основі холестеричного рідкого кристала легованого магнетитом Fe_2O_3 Міжнародний науково-технічний журнал, Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2013. – № 1 (25). – с. 94 – 100.

[8]. Hotra Z., Mykytyuk Z., Fechan A., Sushynskiy O., Yasynovska O., Kotsun V., Levenets V., Kalita W., Blad G. Application possibilities of nanoparticles for modification of parameters of liquid crystal materials Elektronika: konstrukcje, technologie, zastosowania. – 2010. – No. 8. – P. 125 – 128.