



Посвящается
70-летию РНТОРЭС

КрыМиКо 2015 CriMiCo

25-я Международная Крымская конференция СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии Материалы конференции

6—12 сентября 2015 г.
Севастополь, Крым, Россия

2015 25th International Crimean Conference
Microwave &
Telecommunication Technology
Conference Proceedings

September 6—12, 2015
Sevastopol, Crimea, Russia

В двух томах
In Two Volumes

Том 1
Volume 1

Moscow • Minsk • Sevastopol
2015

УДК 621.3.029.62+621.39

ББК 32я431

C255

Организаторы:

Российское научно-техническое общество радиотехники,
электроники и связи (РНТОРЭС) им. А. С. Попова
Крымский научно-технологический центр
им. проф. А. С. Попова (Севастополь)
Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ)
Севастопольский государственный университет
Белорусский государственный университет информатики и
радиоэлектроники (Минск)
Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)
НП ОАО «Фаза» (Ростов-на-Дону)
ОАО «НПП "Исток" им. Шокина» (Фрязино)
ЗАО «Микроволновые системы» (Москва)
НПП «Системные ресурсы» (Москва)
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники
НПФ «Микран» (Томск)
ООО «Радиокомп» (Москва)
Уральский федеральный университет им. первого
Президента России Б. Н. Ельцина (Екатеринбург)
Keysight Technologies (Москва)
SD Solutions (Санкт-Петербург)
Крымский федеральный университет
им. проф. В. И. Вернадского (Симферополь)
НИИ «Крымская астрофизическая обсерватория» (Кацивели)

Информационная поддержка:

Журнал «Вестник электроники»

25-я Международная Крымская конференция «**СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии**» (КрыМиКо'2015). Севастополь, 6—12 сентября 2015 г. : материалы конф. в 2 т. — Севастополь, 2015. — Т. 1: 666 с. (1—596) + 70 с.: ил. — ISBN 978-1-4673-9414-7.

В 1-й том сборника материалов включены 277 из 588-ти прошедших рецензирование и включенных в программу конференции докладов, которые будут представлены на секциях: Материалы и технология СВЧ-приборов; Нанотехнологии и наноматериалы; Наноэлектроника; Нанотехнологии и наноэлектроника; СВЧ-электроника сверхбольших мощностей и эффекты; Радиационная стойкость материалов и ЭКБ; Электромагнитная стойкость материалов и ЭКБ; Измерение параметров цепей и сигналов; Измерение параметров материалов и технологических процессов; Антенные измерения; Обработка результатов измерений и другие приложения; Контроль и управление в технологических процессах; СВЧ-технологии в задачах мониторинга окружающей среды; Радиофотоника; Микроволновые технологии в биологии и медицине; Радиоастрономия и распространение радиоволн в атмосфере Земли; Методы и средства Д33; Моделирование и реализация комплексов и систем. Авторами представленных на конференции докладов являются 1216 ученых и специалистов 194-х университетов и предприятий 14-ти стран: Беларуси, Великобритании, Дании, Ирака, Казахстана, Канады, Кореи, Польши, России, Румынии, Украины, Швеции, ЮАР и Японии.

Материалы конференции изданы также на компакт-диске.

Сборник предназначен для широкого круга специалистов в области СВЧ-техники и телекоммуникационных технологий. Сборник также будет полезен студентам и аспирантам телекоммуникационных, радиотехнических и радиофизических факультетов вузов.

УДК 621.3.029.62+621.39

ББК 32я431

IEEE Catalog Number CFP15788-PRT

ISBN 978-1-4673-9413-0 (CD)

ISBN 978-1-4673-9414-7

© Оргкомитет КрыМиКо'2015

© КНТЦ им. Попова, 2015

EFFECT OF ULTRASONIC TREATMENT ON PERMITTIVITY OF COMPOSITES BASED ON MULTIWALL CARBON NANOTUBES

Dotsenko O. A., Kachusova A. O.
Tomsk State University
36, Lenina Ave., Tomsk,
634050, Russian Federation,
Tel. (3822) 413-989, e-mail: dot_ol_09@rambler.ru

Abstract — In this paper, microwave properties of multiwall carbon nanotubes composites are presented. Before polymerization the composites were treatment by ultrasonic. The multiwall carbon nanotubes used in the composite were about 9.4 nm in diameter. The results showed that the ultrasonic treatment increases real and imaginary permittivity of the composites.

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ПРОНИЦАЕМОСТЬ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ МНОГОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Доценко О. А., Качусова А. О.
Томский государственный университет
пр. Ленина, 36, г. Томск, 634050 Россия
Tel. (3822) 413-989, e-mail: dot_ol_09@rambler.ru

Аннотация — В работе представлены результаты исследования микроволновых свойств композитов на основе многостенных углеродных нанотрубок. Подготовленная смесь была обработана ультразвуком перед полимеризацией. Диаметр нанотрубок, используемых при изготовлении композитов, равен 9.4 нм. Результаты показывают, что ультразвуковая обработка увеличивает вещественную и мнимую части диэлектрической проницаемости.

I. Introduction

Composite materials are used for production of radio-technical matters and devices. They require different fillers with certain electrodynamics characteristics, in particular, with the maximum level of magnetic losses in the microwave. [1, 2]

The multiwall carbon nanotubes have the unique mechanical and electrical properties, high aspect ratio and large surface area. It is reason, that multiwall carbon nanotubes have application in various fields of sciences and industries. [1-4]

Application of nanotubes as independent materials is difficult, they possess of volatility and low bulk density. For this reason, nanotubes are used as filler in the manufacture composite [3-5], which can be used to solve problems of electromagnetic compatibility.

Methods of changes of electrophysical properties of composite materials of external influences on their structure are investigated insufficiently. One way to change the internal structure of composite materials is ultrasonic treatment. [6,7].

In this paper, microwave properties of multiwall carbon nanotubes composites are investigated. Before polymerization the composites were treatment by ultrasonic.

II. Main Part

The fillers of composites were multi-walled carbon nanotubes (MWCNT). MWCNT were obtained by catalytic gas-phase deposition of ethylene in the presence of FeCo/Al₂O₃ catalyst in Institute of Catalysis SB RAS [8]. The average nanotubes diameter is 9.4 nm, length > 15 μm, purity > 97.5%.

Urethane alkyd lacquer was used for production of experimental samples. In the liquid state it has small viscosity. It allows fillers to move easily. For production of mix for experimental samples 1 wt.% of MWCNT was

added to 99 wt.% of lacquer. The mixture was placed in a glass beaker. The mixture was sonicated by ultrasonic device "Alena" (Fig. 1). Probe was inserting into a glass beaker with mixture. The mixture was sonicated for 1, 2, 3, 4 and 5 minutes at 50 VA power. Mixtures were molded into a planar plate, which size is 70×20×0.5 mm³. Process of polymerization was carried out for 48 h at the room temperature.



Fig. 1. Experimental ultrasonic system to dispersing MWCNT.

Рис. 1. Экспериментальная ультразвуковая система для диспергирования МУНТ

The real and imaginary permittivities were measured by cavity method. Agilent's E8363B vector network analyzer was used to measure of electromagnetic response of the rectangular cavity. The sample for measuring was

a long and thin rod with sizes $2 \times 2 \times 70$ mm. Complex permittivity were calculated using the approximation of the perturbation method. Measurements were made at temperature of 24 ± 1 °C.

The complex permittivities of experimental samples were measured at 3.6, 7.0 and 13.0 GHz. They are shown on Fig. 2 and Fig. 3.

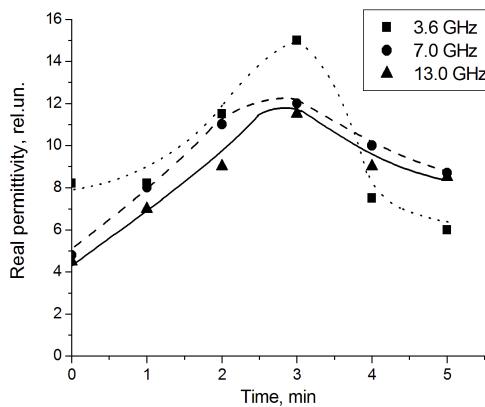


Fig. 2. Dependence of real permittivity of the time of ultrasonic treatment.

Рис. 2. Зависимость действительной части диэлектрической проницаемости от времени ультразвуковой обработки

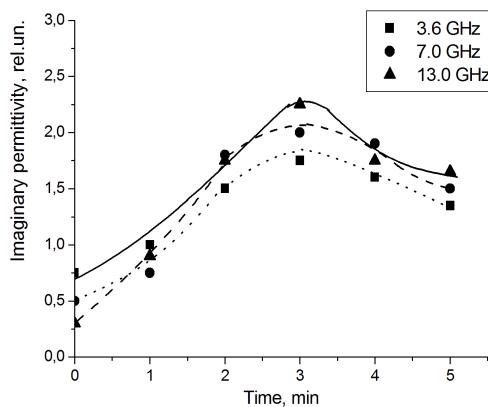


Fig. 3. Dependence of imaginary permittivity of the time of ultrasonic treatment.

Рис. 3. Зависимость мнимой части диэлектрической проницаемости от времени ультразвуковой обработки

III. Discussion

Urethane alkyd lacquer is has values of real permittivity nearly 4 rel.un. at the frequency range 3-13 GHz. From Fig. 2 we can see, that adding nanotubes of 1 wt.% to the lacquer have increased values of the permittivity from 5 till 8 rel.un. at different frequencies. Values of permittivity have changed by ultrasonic irradiation. There is a maximum permittivity values. It is at 3 min of ultrasonic treatment for different frequencies.

Ultrasonic irradiation deconstructed agglomerates of nanotubes, adhesive material wetted entire surface and agglomerates uniformly distributed throughout the volume

of composite. Decrease of permittivity, when we have time of processing more than 3 minutes, may be caused by the destruction of the nanotubes under the action of ultrasonic irradiation. This is in agreement with the previous observation Fromyr et al. [6] and Caneba et al. [7]

IV. Conclusion

In this paper we investigated of MWCNT composite materials after ultrasonic treatment. It is shown that optimal ultrasonic processing time was 3 minute, when real and imaginary permittivity increased twice or more. Thus we can change the structure and electromagnetic characteristics of MWCNT composite materials without changing the concentration of the fillers.

These materials can be used to developing new radio equipment.

V. Acknowledgment

The authors would like to thank the Center Radio-physical measurements, diagnostics and research parameters of natural and artificial materials of Tomsk State University for the equipment provided.

Authors are thankful to PhD V.I. Suslyakov and PhD G.E. Kuleshov of National Research Tomsk State University for help and support in our research.

This work was partially supported by a RFBR grant No. 14-02-31421 (mol_a).

VI. References

- [1] Muradyan V.E., Sokolov E.A., Babenko S.D., Moravsky A.P. Microwave Dielectric Properties of Composites Modified by Carbon Nanostructures. *Technical Physics*, 2010, vol. 55, No. 2, pp. 242-246.
- [2] Wang Z., Zhao G.-L., Microwave Absorption Properties of Carbon Nanotubes-Epoxy Composites in a Frequency Range of 2-20 GHz. *Open Journal of Composite Materials*. 2013, vol. 3, pp. 17-23.
- [3] Plyushch A., Bychanok D., Kuzhir P., Maksimenko S., Lapko K., Sokol A., Macutkevic J., Banys J., Micciulla F., Cataldo A., Bellucci S. Heat-resistant unfired phosphate ceramics with carbon nanotubes for electromagnetic application. *Phys. Status Solidi (A)*, 2014, vol. 211, No. 11, pp. 2580-2585.
- [4] Sedelnikova O.V., Kanygin M.A., Korovin E.Y., Bulusheva L.G., Suslyakov V.I., Okotrub A.V. Effect of fabrication method on the structure and electromagnetic response of carbon nanotube/polystyrene composites in low-frequency and Ka bands, *Composites Science and Technology*, 2014, vol. 102, No. 6, pp. 59-64.
- [5] G.E. Kuleshov, O.A. Dotzenko, O.A. Ulyanova, V. I. Suslyakov, Interaction of microwave radiation with composites containing nanosized hexaferrite, multiferroics, carbon nanostructures and silicon binder, *Int. J. Nanotechnol.*, 2015, vol. 12, No. 3/4, pp. 200-208.
- [6] Fromyr T.R., Hansen F.K., Olsen T. The optimum dispersion of carbon nanotubes for epoxy nanocomposites: evolution of the particle size distribution by ultrasonic treatment. *Journal of Nanotechnology*, 2012, vol. 2012, Article ID 545930. 14 p. doi:10.1155/2012/545930
- [7] Caneba G.T., Dutta C., Agrawal V., Rao M. Novel ultrasonic dispersion of carbon nanotubes. *Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering*. 2010, vol. 9, No. 3, pp.165-181.
- [8] Mazov I.N., Kuznetsov V.L., Moseenkov S.I., Ishchenko A.V., Romanenko A.I., Anikeeva O.B., Buryakov T.I., Korovin E.Yu., Zhuravlev V.A., Suslyakov V.I. Electrophysical and Electromagnetic Properties of Pure MWNTs and MWNT / PMMA Composite Materials Depending on Their Structure. *Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures*. 2010, vol. 18, No. 4, pp. 505-515.