

<https://doi.org/10.15407/dopovidi2025.02.065>

УДК 621.762:661.665:536

М.П. Гадзира, <https://orcid.org/0000-0003-4778-8352>

Н.К. Давидчук, <https://orcid.org/0000-0003-4065-9590>

Я.Г. Тимошенко, <https://orcid.org/0000-0003-4330-0970>

М.О. Пінчук, <https://orcid.org/0000-0002-3436-1475>

В.Б. Галямін, <https://orcid.org/0009-0006-3871-7324>

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України, Київ, Україна

E-mail: legidz@ukr.net, dep14@ipms.kiev.ua, tymoshenko_ya@ukr.net, pinchukipm14@gmail.com,

galaminvolodimir@gmail.com

Ефект поглинання мікрохвиль нестехіометричним карбідом кремнію

Представлена членом-кореспондентом НАН України К.О. Гогаєвим

Взаємодія терморозширеного графіту та нафтококсу із дисперсним кремнієм за температури 1200 °C спричиняє утворення твердого розчину вуглецю в карбіді кремнію, що супроводжується зниженням величини параметра ґратки щодо стандартного значення β -SiC ($a = 0,43596$ нм). Для порошків, синтезованих у системі нафтококс—кремній і терморозширений графіт—кремній, параметри ґраток β -SiC становлять 0,43560 та 0,43532 нм відповідно. Досліджено поглинання мікрохвиль синтезованими порошками в побутовій мікрохвильовій печі з робочою частотою 2,45 ГГц. Досліджувані порошки карбиду кремнію поглинають мікрохвильове випромінювання, що супроводжується інтенсивним підвищенням температури за рахунок сформованої структури твердого розчину вуглецю в карбіді кремнію. Встановлено, що вища концентрація розчиненого вуглецю, що супроводжується більш заниженим параметром ґратки синтезованого карбиду кремнію, зумовлює інтенсивніше поглинання мікрохвиль. Отже, заниження параметра ґратки в карбіді кремнію сприяє кращому поглинанню мікрохвиль.

Ключові слова: параметри ґратки, твердий розчин вуглецю в карбіді кремнію, мікрохвильова піч, частота, поглинання мікрохвиль.

Вступ. У зв'язку з дедалі ширшим застосуванням інформаційних технологій і високочастотних електронних пристроїв, таких як передання даних, системи виявлення та радіолокаційні передавачі, увага дослідників спрямована на розроблення високоефективних матеріалів, що поглинають мікрохвилі, для захисту навколишнього середовища та ланцюгів, чут-

Ц и т у в а н н я: Гадзира М.П., Давидчук Н.К., Тимошенко Я.Г., Пінчук М.О., Галямін В.Б. Ефект поглинання мікрохвиль нестехіометричним карбідом кремнію. *Допов. Нац. акад. наук Укр.* 2025. № 2. С. 65—72. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2025.02.065>

© Видавець ВД «Академперіодика» НАН України, 2025. Стаття опублікована за умовами відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

ливих до забруднення електромагнітним випромінюванням, а також для стелс-технологій [1, 2]. Зокрема багато розробок пов'язано з дослідженням здатності до поглинання мікрохвиль у широкому діапазоні частот різними діелектричними, магнітними, вуглецевими та керамічними матеріалами [3—9]. Проте застосування феромагнітних матеріалів обмежене через їх високу густину і вузьку ефективну смугу пропускання [10]. Вуглецеві матеріали, зокрема сажа, вуглецеві волокна та вуглецеві нанотрубки, мають високу схильність до окиснення за температури понад 400 °С, що обмежує їх широке використання за високо-температурних умов [11].

Карбід кремнію (SiC) є типовим матеріалом, що поглинає мікрохвилі, має чудову термічну та хімічну стабільність, а також є важливим напівпровідником з високою міцністю, низькою густиною, відмінними електричними властивостями та стійкістю до окиснення [12—14]. Крім того, SiC може широко використовуватися в мікроелектронних пристроях, інтегральних схемах, аерокосмічній та ядерній промисловості тощо. Зокрема, волокна SiC є стійкими за високих температур і в агресивних середовищах порівняно з одновимірними вуглецевими та феромагнітними матеріалами, які більш схильні до окиснення за високих температур у тривимірних мережевих структурах [15].

З метою поліпшення характеристик композитів SiC ефективним є метод введення різних магнітних і немагнітних матеріалів як наповнювачів для підвищення здатності до мікрохвильового поглинання в широкому діапазоні частот [16, 17].

Для поліпшення діелектричних властивостей порошків SiC було застосовано багато способів легування їх різними хімічними елементами та сполуками. Досліджено їх взаємодію з мікрохвильовим випромінюванням і встановлено особливості їх здатності до поглинання [18—21]. Нанорозмірний нестехіометричний карбід кремнію (твердий розчин вуглецю в карбіді кремнію SiC-C) [22, 23] може слугувати новим матеріалом, що ефективно поглинає мікрохвилі. Проте його здатність до поглинання мікрохвиль не було досліджено.

Мета дослідження — виявлення ефекту взаємодії синтезованого порошку твердого розчину вуглецю в карбіді кремнію з мікрохвильовим випромінюванням.

Методика досліджень. Синтез порошків карбіду кремнію здійснювали як описано в [22, 23] у резистивній печі в атмосфері повітря в закритому карбідо-кремнієвому тиглі за температури 1200 °С протягом 1,5 год. Компонентами для синтезу були терморозширений графіт з питомою поверхнею до 45 м²/г, мелений нафтококс з питомою поверхнею до 28 м²/г і дисперсний порошок кремнію із середнім розміром частинок 10 мкм. Синтезовані порошки карбіду кремнію гомогенізували в фарфоровому барабані на двовалковому млині типу “рольганг” з використанням металевих кульок із твердого сплаву (WC-Co). Час гомогенізації становив 6 год. Очищення порошків від непрореагованих компонентів здійснювали шляхом відпалу на повітрі за температури 700 °С протягом 3 год та оброблення в 10 %-му розчині фтористоводневої кислоти. Рентгенографічні дослідження синтезованих порошків виконували на установці ДРОН-3 з використанням монохроматизованого CuK_α-випромінювання та повнопрофільного методу Рітвельда.

Дослідження поглинання мікрохвиль проводили в побутовій мікрохвильовій печі з робочою частотою 2,45 ГГц в інтервалі часу від 10 до 120 с з кроком вимірювання через 30 с та потужністю 350 Вт. Температуру вимірювали безконтактним пірометром з точністю ±1,5 °С. Зразками для дослідження були синтезовані та спресовані порошки SiC у вигляді

Рис. 1. Залежність температури нагрівання спресованих порошків SiC від часу дії мікрохвиль: 1 — синтезований із нафтококсу; 2 — синтезований із терморозширеного графіту; 3 — промисловий порошок α -SiC “зелений” марки F-120; 4 — промисловий порошок α -SiC “чорний” марки F-120

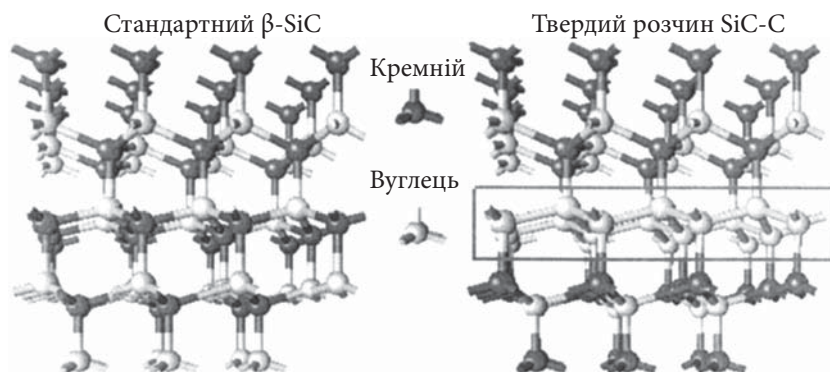
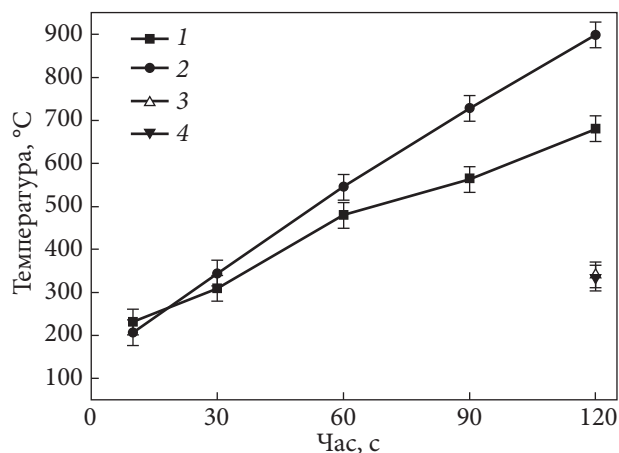
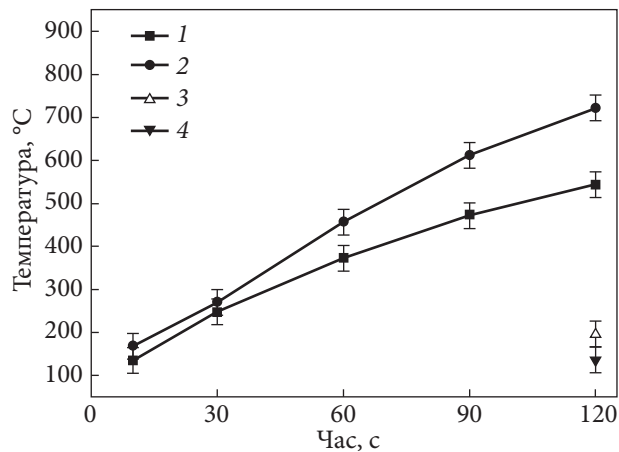


Рис. 2. Структури стандартного карбіду кремнію (β -SiC) та твердого розчину вуглецю в карбіді кремнію (SiC-C)

Рис. 3. Залежність температури нагрівання вільно насипаних порошків SiC від часу дії мікрохвиль: 1 — синтезований із нафтококсу; 2 — синтезований із терморозширеного графіту; 3 — промисловий порошок α -SiC “зелений” марки F-120; 4 — промисловий порошок α -SiC “чорний” марки F-120



дисків діаметром 30 мм масою 15 г, а також вільно засипані порошки масою 5 г в алюмо-оксидному тиглі. Для ізоляції використовували волокнистий матеріал на основі оксидів алюмінію та кремнію з термостійкістю до 1400 °С. Досліджувані зразки накривали ізоляційним матеріалом з усіх боків і розміщували на обертовому диску мікрохвильової печі. Для тестування температури нагрівання зразки виймали з печі і розкривали від ізоляції. Час вимірювання температури становив від 1 до 3 с.

Результати експерименту та їх обговорення. Аналіз структурних особливостей синтезованих порошків виявив, що в процесі синтезу формується β -SiC у вигляді твердого розчину вуглецю в карбіді кремнію [22, 23], оскільки встановлені параметри ґраток мають занижені величини щодо стандартного значення β -SiC ($a = 0,43596$ нм). Для порошків, синтезованих у системі нафтококс—кремній і терморозширений графіт—кремній, параметри ґраток β -SiC становлять 0,43560 та 0,43532 нм відповідно.

Як свідчать залежності температури нагрівання від часу дії мікрохвиль, синтезовані порошки виявляють високу поглинальну здатність мікрохвиль з частотою 2,45 ГГц (рис. 1). Перевага синтезованого порошку із терморозширеного графіту над синтезованим із нафтококсу пов'язана з більш заниженим параметром ґратки структури β -SiC.

Прецизійні дослідження структури синтезованого твердого розчину вуглецю в карбіді кремнію [22] свідчать про заміщення кремнієвих позицій атомами вуглецю в кубічній структурі карбиду кремнію. Розчинені атоми вуглецю утворюють планарні вуглецеві кластери, що сприяють деформаційному зміцненню за рахунок дислокаційного механізму (рис. 2). Зразки промислових порошків карбиду кремнію як “зеленого”, так і “чорного” демонструють поглинання мікрохвиль на рівні раніше встановлених закономірностей. Відомо, що виробництво дослідно-промислових мікрохвильових печей базується на використанні нагрівних елементів на основі порошків промислового карбиду кремнію.

Стрімке підвищення температури нагрівання синтезованих порошків карбиду кремнію зі збільшенням часу дії мікрохвиль пов'язане зі структурою твердого розчину та концентрації розчиненого вуглецю. Чим менше значення параметра ґратки, тим інтенсивніше відбувається поглинання мікрохвиль. Варто зазначити, що побутова мікрохвильова піч працює в імпульсному режимі — випромінювання відбувається через кожні 10 с. Неперервний режим випромінювання потребує спеціального охолодження магнетрона, який не реалізується в побутовому варіанті мікрохвильової печі. Тому час дії мікрохвиль можна трактувати як кількість 10-секундних імпульсів потужністю 350 Вт.

Для вільно насипаних порошків також спостерігається стрімке підвищення температури за їх взаємодії з мікрохвильовим випромінюванням (рис. 3), однак менш інтенсивне порівняно з пресованими зразками. Можливо, це пов'язано з меншою їх густиною та масою, а також конструкційною особливістю побутової мікрохвильової печі. Однак в обох випадках зразки промислових порошків карбиду кремнію виявляють однакову слабку взаємодію з мікрохвильовим випромінюванням порівняно з синтезованими порошками твердого розчину вуглецю в карбіді кремнію.

Висновки. У результаті синтезу порошку карбиду кремнію з нафтококсу та терморозширеного графіту за температури 1200 °С формується твердий розчин вуглецю в карбіді кремнію, що характеризується заниженим параметром його кубічної ґратки.

Синтезовані порошки карбиду кремнію поглинають мікрохвилі з частотою 2,45 ГГц, що зумовлює підвищення температури за рахунок структури твердого розчину вуглецю

в карбіді кремнію. Вища концентрація розчиненого вуглецю, що супроводжується більш заниженим параметром ґратки синтезованого карбиду кремнію, сприяє інтенсивнішому поглинанню мікрохвиль.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Qin F., Brosseau C. A review and analysis of microwave absorption in polymer composites filled with carbonaceous particles. *J. Appl. Phys.* 2012. **111**, № 6. 061301. <https://doi.org/10.1063/1.3688435>
2. Yin X., Kong L., Zhang L., Cheng L., Travitzky N., Greil P. Electromagnetic properties of Si—C—N based ceramics and composites. *Int. Mater. Rev.* 2014. **59**, № 6. P. 326—355. <https://doi.org/10.1179/1743280414Y.00000000037>
3. Zhao D.-L., Li X., Shen Z.-M. Preparation and electromagnetic and microwave absorbing properties of Fe-filled carbon nanotubes. *J. Alloys Compd.* 2009. **471**, № 1-2. P. 457—460. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2008.03.127>
4. Liang J., Wang Y., Huang Y., Ma Y., Liu Z., Cai J., Zhang C., Gao H., Chen Y. Electromagnetic interference shielding of graphene/epoxy composites. *Carbon.* 2009. **47**, № 3. P. 922—925. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2008.12.038>
5. Jin H.-B., Cao M.-S., Zhou W., Agathopoulos S. Microwave synthesis of Al-doped SiC powders and study of their dielectric properties. *Mater. Res. Bull.* 2010. **45**, № 2. P. 247—250. <https://doi.org/10.1016/j.materresbull.2009.09.015>
6. Li X., Zhang L., Yin X., Feng L., Li Q. Effect of chemical vapor infiltration of SiC on the mechanical and electromagnetic properties of Si_3N_4 —SiC ceramic. *Scr. Mater.* 2010. **63**, № 6. P. 657—660. <https://doi.org/10.1016/j.scriptamat.2010.05.034>
7. Duan W., Yin X., Li Q., Liu X., Cheng L., Zang L. Synthesis and microwave absorption properties of SiC nanowires reinforced SiOC ceramic. *J. Eur. Ceram. Soc.* 2014. **34**, № 2. P. 257—266. <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2013.08.029>
8. Qing Y., Zhou W., Huang S., Huang Z., Luo F., Zhu D. Evolution of double magnetic resonance behavior and electromagnetic properties of flake carbonyl iron and multi-walled carbon nanotubes filled epoxy-silicone. *J. Alloys Compd.* 2014. **583**. P. 471—475. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2013.09.002>
9. Wang H., Zhu D., Zhou W., Luo F. Microwave electromagnetic properties of polyimide/carbonyl iron composites. *J. Polym. Res.* 2014. **21**. 478. <https://doi.org/10.1007/s10965-014-0478-4>
10. Ye F., Zhang L., Yin X., Liu Y., Cheng L. Dielectric and electromagnetic wave absorbing properties of two types of SiC fibers with different compositions. *J. Mater. Sci. Technol.* 2013. **29**, № 1. P. 55—58. <https://doi.org/10.1016/j.jmst.2012.11.006>
11. Chung D.D.L. Electromagnetic interference shielding effectiveness of carbon materials. *Carbon.* 2001. **39**, № 2. P. 279—285. [https://doi.org/10.1016/S0008-6223\(00\)00184-6](https://doi.org/10.1016/S0008-6223(00)00184-6)
12. Li Q., Yin X., Duan W., Kong L., Hao B., Ye F. Electrical, dielectric and microwave-absorption properties of polymer derived SiC ceramics in X band. *J. Alloys Compd.* 2013. **565**. P. 66—72. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2013.02.176>
13. Liu H., Tian H. Mechanical and microwave dielectric properties of SiCf/SiC composites with BN interphase prepared by dip-coating process. *J. Eur. Ceram. Soc.* 2012. **32**, № 10. P. 2505—2512. <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2012.02.009>
14. Yang H.-J., Yuan J., Li Y., Hou Z.-L., Jin H.-B., Fang X.-Y., Cao M.-S. Silicon carbide powders: Temperature-dependent dielectric properties and enhanced microwave absorption at gigahertz range. *Solid State Commun.* 2013. **163**. P. 1—6. <https://doi.org/10.1016/j.ssc.2013.03.004>
15. Wang P., Cheng L., Zhang Y., Zhang L. Synthesis of SiC nanofibers with superior electromagnetic wave absorption performance by electrospinning. *J. Alloys Compd.* 2017. **716**, № 5. P. 306—320. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2017.05.059>
16. Singh S., Bhaskar R., Narayanan K., Kumar A., Debnath K. Development of silicon carbide (SiC)-based composites as microwave-absorbing materials (MAMs): A review. *J. Eur. Ceram. Soc.* 2024. **44**, № 13. P. 7411—7431. <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2024.05.032>
17. Kumar A., Singh S., Singh D. Effect of heat treatment on morphology and microwave absorption behavior of milled SiC. *J. Alloys Compd.* 2019. **772**. P. 1017—1023. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2018.09.136>

18. Zhao D., Luo F., Zhou W.-C. Microwave absorbing property and complex permittivity of nano SiC particles doped with nitrogen. *J. Alloys Compd.* 2010. **490**, № 1—2. P. 190—194. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2009.09.008>
19. Zou G., Cao M., Lin H., Jin H., Kang Y., Chen Y. Nickel layer deposition on SiC nanoparticles by simple electroless plating and its dielectric behaviors. *Powder Technol.* 2006. **168**, № 2. P. 84—88. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2006.07.002>
20. Li D., Jin H.-B., Cao M.-S., Chen T., Dou Y.-K., Wen B., Agathopoulos S. Production of Ni-doped SiC nanopowders and their dielectric properties. *J. Am. Ceram. Soc.* 2011. **94**, № 5. P. 1523—1527. <https://doi.org/10.1111/j.1551-2916.2010.04293.x>
21. Jin H.-B., Cao M.-S., Zhou W., Agathopoulos S. Microwave synthesis of Al-doped SiC powders and study of their dielectric properties. *Mater. Res. Bull.* 2010. **45**, № 2. P. 247—250. <https://doi.org/10.1016/j.materresbull.2009.09.015>
22. Mykhaylyk O.O., Gadziira M.P. Arrangement of C atoms in the SiC—C solid solution. *Acta Cryst.* 1999. **B55**. P. 297—305. <https://doi.org/10.1107/S0108768198013950>
23. Gadziira N.F., Gnesin G.G. Mechanism for the formation of a solid solution of carbon in silicon carbide. *Powder Metall. Met. Ceram.* 2001. **40**, № 9—10. P. 519—525. <https://doi.org/10.1023/A:1014352009750>

Надійшла до редакції 11.02.2025

REFERENCES

1. Qin, F. & Brosseau, C. (2012). A review and analysis of microwave absorption in polymer composites filled with carbonaceous particles. *J. Appl. Phys.*, 111, No. 6, 061301. <https://doi.org/10.1063/1.3688435>
2. Yin, X., Kong, L., Zhang, L., Cheng, L., Travitzky, N. & Greil, P. (2014). Electromagnetic properties of Si—C—N based ceramics and composites. *Int. Mater. Rev.*, 59, No. 6, pp. 326-355. <https://doi.org/10.1179/1743280414Y.0000000037>
3. Zhao, D.-L., Li, X. & Shen, Z.-M. (2009). Preparation and electromagnetic and microwave absorbing properties of Fe-filled carbon nanotubes. *J. Alloys Compd.*, 471, No. 1-2, pp. 457-460. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2008.03.127>
4. Liang, J., Wang, Y., Huang, Y., Ma, Y., Liu, Z., Cai, J., Zhang, C., Gao, H. & Chen, Y. (2009). Electromagnetic interference shielding of graphene/epoxy composites. *Carbon*, 47, No. 3, pp. 922-925. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2008.12.038>
5. Jin, H.-B., Cao, M.-S., Zhou, W. & Agathopoulos, S. (2010). Microwave synthesis of Al-doped SiC powders and study of their dielectric properties. *Mater. Res. Bull.*, 45, No. 2, pp. 247-250. <https://doi.org/10.1016/j.materresbull.2009.09.015>
6. Li, X., Zhang, L., Yin, X., Feng, L. & Li, Q. (2010). Effect of chemical vapor infiltration of SiC on the mechanical and electromagnetic properties of Si₃N₄—SiC ceramic. *Scr. Mater.*, 63, No. 6, pp. 657-660. <https://doi.org/10.1016/j.scriptamat.2010.05.034>
7. Duan, W., Yin, X., Li, Q., Liu, X., Cheng, L. & Zang, L. (2014). Synthesis and microwave absorption properties of SiC nanowires reinforced SiOC ceramic. *J. Eur. Ceram Soc.*, 34, No. 2, pp. 257-266. <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2013.08.029>
8. Qing, Y., Zhou, W., Huang, S., Huang, Z., Luo, F. & Zhu, D. (2014). Evolution of double magnetic resonance behavior and electromagnetic properties of flake carbonyl iron and multi-walled carbon nanotubes filled epoxy-silicone. *J. Alloys Compd.*, 583, pp. 471-475. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2013.09.002>
9. Wang, H., Zhu, D., Zhou, W. & Luo, F. (2014). Microwave electromagnetic properties of polyimide/carbonyl iron composites. *J. Polym. Res.*, 21, 478. <https://doi.org/10.1007/s10965-014-0478-4>
10. Ye, F., Zhang, L., Yin, X., Liu, Y. & Cheng, L. (2013). Dielectric and electromagnetic wave absorbing properties of two types of SiC fibers with different compositions. *J. Mater. Sci. Technol.*, 29, No. 1, pp. 55-58. <https://doi.org/10.1016/j.jmst.2012.11.006>
11. Chung, D. D. L. (2001). Electromagnetic interference shielding effectiveness of carbon materials. *Carbon*, 39, No. 2, pp. 279-285. [https://doi.org/10.1016/S0008-6223\(00\)00184-6](https://doi.org/10.1016/S0008-6223(00)00184-6)
12. Li, Q., Yin, X., Duan, W., Kong, L., Hao, B. & Ye, F. (2013). Electrical, dielectric and microwave-absorption properties of polymer derived SiC ceramics in X band. *J. Alloys Compd.*, 565, pp. 66-72. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2013.02.176>

13. Liu, H. & Tian, H. (2012). Mechanical and microwave dielectric properties of SiCf/SiC composites with BN interphase prepared by dip-coating process. *J. Eur. Ceram. Soc.*, 32, No. 10, pp. 2505-2512. <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2012.02.009>
14. Yang, H.-J., Yuan, j., Li, Y., Hou, Z.-L., Jin, H.-B., Fang, X.-Y., Cao, M.-S. (2013). Silicon carbide powders: Temperature-dependent dielectric properties and enhanced microwave absorption at gigahertz range. *Solid State Commun.*, 163, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.ssc.2013.03.004>
15. Wang, P., Cheng, L., Zhang, Y. & Zhang, L. (2017). Synthesis of SiC nanofibers with superior electromagnetic wave absorption performance by electrospinning. *J. Alloys Compd.*, 716, No. 5, pp. 306-320. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2017.05.059>
16. Singh, S., Bhaskar, R., Narayanan, K.-B., Kumar, A. & Debnath, K. (2024). Development of silicon carbide (SiC)-based composites as microwave-absorbing materials (MAMs): A review. *J. Eur. Ceram. Soc.*, 44, No. 13, pp. 7411-7431. <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2024.05.032>
17. Kumar, A., Singh, S. & Singh, D. (2019). Effect of heat treatment on morphology and microwave absorption behavior of milled SiC. *J. Alloys Compd.*, 772, pp. 1017-1023. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2018.09.136>
18. Zhao D., Luo F. & Zhou, W.-C. (2010). Microwave absorbing property and complex permittivity of nano SiC particles doped with nitrogen. *J. Alloys Compd.*, 490, No. 1-2, pp. 190-194. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2009.09.008>
19. Zou, G., Cao, M., Lin, H., Jin, H., Kang, Y. & Chen, Y. (2006). Nickel layer deposition on SiC nanoparticles by simple electroless plating and its dielectric behaviors. *Powder Technol.*, 168, No. 2, pp. 84-88. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2006.07.002>
20. Li, D., Jin, H.-B., Cao, M.-S., Chen, T., Dou, Y.-K., Wen, B. & Agathopoulos, S. (2011). Production of Ni-doped SiC nanopowders and their dielectric properties. *J. Am. Ceram. Soc.*, 94, No. 5, pp. 1523-1527. <https://doi.org/10.1111/j.1551-2916.2010.04293.x>
21. Jin, H.-B., Cao, M.-S., Zhou, W. & Agathopoulos, S. (2010). Microwave synthesis of Al-doped SiC powders and study of their dielectric properties. *Mater. Res. Bull.*, 45, No. 2, pp. 247-250. <https://doi.org/10.1016/j.materresbull.2009.09.015>
22. Mykhaylyk, O. O. & Gadzira, M. P. (1999). Arrangement of C atoms in the SiC—C solid solution. *Acta Cryst.*, 55, pp. 297-305. <https://doi.org/10.1107/S0108768198013950>
23. Gadzyra, N. F. & Gnesin, G. G. (2001). Mechanism for the formation of a solid solution of carbon in silicon carbide. *Powder Metall. Met. Ceram.*, 40, No. 9-10, pp. 519-525. <https://doi.org/10.1023/A:1014352009750>

Received 11.02.2025

M.P. Gadzyra, <https://orcid.org/0000-0003-4778-8352>

N.K. Davydchuk, <https://orcid.org/0000-0003-4065-9590>

Ya.G. Tymoshenko, <https://orcid.org/0000-0003-4330-0970>

M.O. Pinchuk, <https://orcid.org/0000-0002-3436-1475>

V.B. Galyamin, <https://orcid.org/0009-0006-3871-7324>

Frantsevich Institute for Problems of Materials Sciences of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

E-mail: legidz@ukr.net, dep14@ipms.kiev.ua, tymoshenko_ya@ukr.net,

pinchukipm14@gmail.com, galaminvolodimir@gmail.com

MICROWAVE ABSORPTION EFFECT OF NON-STOICHIOMETRIC SILICON CARBIDE

The interaction of thermally expanded graphite and naphthocox with dispersed silicon at 1200 °C leads to the formation of a solid solution of carbon in silicon carbide, which is accompanied by an underestimation of the lattice parameter value relative to the standard value of β -SiC ($a = 0.43596$ nm). For the powders synthesized in the systems naphthcoke-silicon and thermally expanded graphite-silicon, the lattice parameters of β -SiC are 0.43560 nm and 0.43532 nm, respectively. Microwave absorption studies of the synthesized powders in a household microwave oven with an operating frequency of 2.45 GHz were carried out. The investigated silicon carbide powders absorb microwave radiation, which is accompanied by an intensive temperature increase due to the formed structure of solid solution of carbon in silicon carbide. It was discovered that a higher concentration of dissolved carbon accompanied by a lower lattice parameter of the synthesized silicon carbide contributes to more intense microwave absorption. It is found that lower lattice parameter of silicon carbide leads to better microwave absorption.

Keywords: *lattice parameters, solid solution of carbon in silicon carbide, microwave oven, frequency, microwave absorption.*