

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ СУБТЕРАГЕРЦОВОГО ТА ТЕРАГЕРЦОВОГО ДІАПАЗОНІВ

Кравчук С.О., Наритник Т.М.

НДІ телекомунікацій НТУУ “КПІ”

E-mail: director@mitris.com

Analytical review of telecommunication systems subterahertz and terahertz ranges

The analytical review of theoretical and experimental research and development of telecommunication systems in the sub-terahertz devices and technologies of optics (Photonics) and microwave technology (electronics), as well as promising research in this area of telecommunications and the establishment of wireless communication lines with a noise carrier in subterahertz frequency range.

Розвиток елементної бази радіоелектронних пристроїв, широке впровадження цифрової техніки формування та оброблення сигналів, дозволяє по-новому підійти до розв'язування багатьох задач, які раніше стримували втілення розробок телекомунікаційних систем суб- та терагерцового діапазонів. Освоєння суб- та терагерцового діапазонів саме по собі викликає значний інтерес у зв'язку з їх унікальними властивостями, зокрема щодо реалізації захищених, екологічно безпечних каналів з гігабітною пропускною здатністю [1-17].

Зазначені обставини роблять цей діапазон унікальним для побудови телекомунікаційних систем та мереж, зокрема персональних, локальних і міських транспортних безпроводових мереж, а також радіоканалів «точка-точка» (радіорелейних ліній).

Як відомо, у спектрі електромагнітних випромінювань у короткохвильовій частині терагерцові хвилі межують з інфрачервоними, а в довгохвильовій – з міліметровими хвилями, що, природно, надає їм властивості як оптичних, так і радіохвиль. Тому розробка систем та застосування терагерцових хвиль базуються на взаємопроникненні елементів, пристроїв, ідей та методів оптики (фотоніки) і радіотехніки (електроніки).

В доповіді наведені дані високошвидкісної безпроводової лінії зв'язку в діапазоні 120 ГГц на базі фотонних технологій [1] з використанням фотонного генератора, безпроводової лінії зв'язку в діапазоні 300 ГГц на базі мікрохвильових технологій електроніки [2] та безпроводової лінії зв'язку в діапазоні 625 ГГц [7].

Одним із перспективних напрямів розвитку теорії і техніки широкопasmового зв'язку є безпроводові лінії у субтерагерцовому діапазоні частот, які використовують в якості носія шумовий (стохастичний) сигнал. Такі системи на фізичному рівні забезпечують неперевершені показники структурної скритності та криптостійкості [9-10]. Слід зазначити, що переваги систем зв'язку з шумовим носієм проявляються повною мірою лише за умов достатньо широкої смуги частот сигналу. У цьому зв'язку

надзвичайно перспективним виглядає використання шумового носія при освоєнні субтерагерцового діапазону частот [14-17].

В доповіді розглянута архітектура плазмонного нано-трансиверу на основі графену для широкосмугових комунікацій діапазону 0,1...10 ТГц [3] та ультраширокосмугові приймачі з використанням полімерної підкладки для багатосмугових терагерцових комунікацій[8].

Одними із найбільш важливих радіоелектронних компонентів телекомунікаційних систем субтерагерцового та терагерцового діапазонів є змішувачі частоти на діоді з бар'єром Шотткі [4-8]. При кімнатній температурі кращими характеристиками балансного змішувача на основі мембранного діоду Шотткі є: температура шуму в двосмуговому режимі (DSB) 2660 К на частоті 865,8 ГГц і втрати перетворення в DSB 8,02 дБ на частоті 862,2 ГГц. При охолодженні до 120 К шумова температура DSB змішувача знижується до 1910 К.

Можна зробити висновок, що розробка надширокосмугових систем суб- та терагерцового діапазонів є актуальною задачею для розвитку теорії та техніки телекомунікаційних систем. Основними напрямками застосування телекомунікаційних систем діапазонів є транспортні розподільчі мережі мобільного зв'язку (Mobile backhaul); - системи широкосмугового радіодоступу із гігабітною пропускнуою здатністю для організації надвисокошвидкісних локальних комп'ютерних мереж та безпроводової передачі телевізійних програм високої та надвисокої чіткості, комунікації всередині будівлі для забезпечення безпроводового з'єднання комп'ютерів і периферійних пристроїв; супутникові системи для радіоастрофізичних досліджень; системи конфіденційного зв'язку та інші.

Крім того, такі телекомунікаційні системи суб- та терагерцового діапазонів дозволяють простими технічними засобами вирішувати проблему забезпечення стійкого зв'язку у складних умовах розповсюдження сигналу, зокрема у багатопромених радіоканалах. Подальша перспектива застосування телекомунікаційних систем суб- та терагерцового діапазонів вбачається у створенні швидкодіючих широкосмугових радіоелектронних компонентів, включаючи підсилювачі потужності та малошумні підсилювачі і розвиток на цій основі методів побудови систем множинного доступу та інших телекомунікаційних систем суб- та терагерцового діапазонів нового покоління.

Література

1. Kim S., Ahn S.-H., Park S. S. Design and Experiment Results of High-Speed Wireless Link Using Sub-terahertz Wave Generated by Photonics-Based Technology // ETRI Journal. – 2013. – Vol. 35, Number 4. - P. 578-586.
2. 300 GHz transmission system / C. Jastrow, K. Münter, R. Piesiewicz, T. Küner, M. Koch and T. Kleine-Ostmann // Electronics Letters. – 2008. - Vol. 44, No. 3. – P. 75-77.
3. Jornet J.M., Akyildiz I.F. Graphene-based Plasmonic Nano-transceiver for Terahertz Band Communication // in Proc. of the 8th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP), The Hague, The Netherlands, April 2014. – P.134-137.
4. Dyakonov M., Shur M. Shallow water analogy for a ballistic field effect transistor:

- New mechanism of plasma wave generation by dc current // *Phys. Rev. Lett.*, vol. 71, pp. 2465–2468, Oct. 1993.
5. Plasma wave oscillations in nanometer field effect transistors for terahertz detection and emission / W. Knap, F. Teppe, N. Dyakonova, D. Coquillat, and J. Lusakowski // *Journal of Physics: Condensed Matter*. – 2008. - vol. 20, no. 38. - p. 384205.
 6. Role of bias voltage and tunneling current in the perpendicular displacements of freestanding graphene via scanning tunneling microscopy / P. Xu, S. D. Barber, M. L. Ackerman, J. Kevin Schoelz, and P. M. Thibado // *Journal of Vacuum Science & Technology B: Microelectronics and Nanometer Structures*, vol. 31, no. 4, pp. 04D103–04D103, 2013.
 7. Moelle L., Federici J., Su K. THz Wireless Communications: 2.5 Gb/s Error-free Transmission at 625 GHz using a Narrow-bandwidth 1 mW THz Source // *General Assembly and Scientific Symposium, 2011 XXXth URSI, 13.08.2011*. - P. 1-4.
 8. Ultra-broadband Receivers using Polymeric Substrate for Multiband Terahertz Communications / M. Inoue, M. Hodono, S. Horiguchi, K. Arakawa, M. Fujita, and T. Nagatsuma // *Proc. of the "2013 International Symposium on Electromagnetic Theory"*. – 2013. – P. 211-214.
 9. M.Ye., Kalinin V.I., Narytnik T.N. and Cherepenin V.A. Wireless UWB Ecological Safety Communications at 70 Nanowatt Radiation Power, 21st Int. Crimean Conf. “Microwave & Telecommunication Technology” (CriMiCo’2012), Conf. Proceedings. – Sevastopol: Weber Publishing Co., 2011. – p.355-356.
 10. Ilchenko M.Ye., Kalinin V.I., Narytnik T.N., Chapursky V.V., Cherepenin V.A. Wireless Terahertz Communications with spectral modulation of ultra-wideband Noise Signals // *Telecommunication Sciences*. – 2012. – Vol. 3, No 2. – P. 39-44.
 11. An 874 GHz fundamental balanced mixer based on MMIC membrane planar Schottky diodes / B. Thomas, A. Maestrini, J. Gill, C. Lee, R. Lin, I. Mehdi and P. de Maagt // *21ST International Symposium on Space Terahertz Technology, Oxford, 23-25 March, 2010*. – P. 155-158.
 12. 2.5-THz GaAs Monolithic Membrane-Diode Mixer / P. H. Siegel, R. P. Smith, M. C. Gaidis, S. C. Martin // *IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques*. – 1999. - Vol. 47, No. 5. – P. 596-604.
 13. The Design of a 200-240-GHz Sub-Harmonic Mixer Based on RAL’s Planar Schottky Diodes / B. Zhang, B. Alderman, Z. Chen, Y. Fan, X. Yang and X. Yang // *Terahertz Science and Technology*. – 2011. - Vol. 4, No. 3. – P. 90-94.
 14. *Narytnik T.N.* Possibilities of Using THz-Band Radio Communication // *Telecommunications and Radio Engineering*, 73 (15):1361-1371 (2014).
 15. *Ilchenko M.Ye., Narytnik T.M., Ali Abdalla Ibrahim Idris, Didkowsky R.M., Osama Turabi.* Theoretical and practical aspects of the use of stochastic signals in telecommunication systems// *Telecommunications and Radio Engineering*.- Vol. 73 (20), pp. 204-1817.
 16. *Наритник Т.М.* Принципи побудови надширокопasmової системи радіозв'язку в суб-терагерцовому діапазоні частот / Т.М. Наритник, Р.М. Дідковський// *Проблеми телекомунікацій*. -2014.-№3(15).-режим доступу http://pt.journal.kh.ua/2014/3/1/143_ilchenko_wireless.pdf.
 17. Телекомунікаційна система багатоканальної передачі цифрової інформації шумовими сигналами /Згуровський М.З., Ільченко М.Ю., Наритник Т.М., Дідковський Р.М., Кравчук С.О. – Патент України на корисну модель № 88917, Бюл.№7 з пріоритетом від 05.09.2013 р.