

УДК 621.317

ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОННО-ОПТИЧНИХ ЕФЕКТІВ ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ ТА ДЕТЕКТУВАННЯ ТЕРАГЕРЦОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Гапон Н.Я.

e-mail: nataliia.zaichenko@nure.ua

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПЕЕА
м. Харків, Україна

This work is devoted to the operating principle of terahertz generators and detectors. The transmitting antenna consists of two metal electrodes placed at a certain distance from each other on a semiconductor substrate. A voltage of several kilovolts is applied to the electrodes. When the gap between the electrodes is illuminated by an ultrashort laser pulse, the concentration of charge carriers in the semiconductor increases sharply. The resulting free carriers are accelerated by the field applied to the gap, resulting in a short-term current pulse, which is a source of terahertz radiation.

Наприкінці 80-х років було здійснено прорив у терагерцових дослідженнях – було вперше продемонстровано метод терагерцової спектроскопії у часовій області (Terahertz Time-Domain Spectroscopy, THz TDS). Цей метод заснований на генерації та детектуванні когерентного терагерцового випромінювання за допомогою імпульсів одного і того ж лазера.

Якщо розглянути частоту генерації лазера, то це будуть фемтосекунди, тобто 10^{-15} с, в той час як діапазон терагерців це 10^{12} Гц. Як відомо період та частота коливань зворотно пропорційні, але навіть після виконання перетворень, виникає питання про відмінність в 10^3 між лазерним та терагерцовим випромінюванням. Причина такої відмінності полягає в тому, що лазер опромінює напівпровідник, а вже електронно-оптичні явища в напівпровіднику призводять до генерації на терагерцових частотах. Проблемою даного дослідження є вивчення принципу дії генераторів та детекторів терагерцового випромінювання.

Передаюча антена складається з двох металевих електродів, розташованих на деякій відстані один від одного на напівпровідниковій підкладці. До електродів прикладається напруга у кілька кіловольт. При освітленні зазору між електродами ультракоротким лазерним імпульсом концентрація носіїв заряду в напівпровіднику різко зростає короткий час (порядку одиниць чи десятків пікосекунд). Для ефективного поглинання лазерного випромінювання зі звільненням носіїв енергія фотона лазерного випромінювання має перевищувати ширину забороненої зони напівпровідника. Виниклі вільні носії прискорюються прикладеним до зазору полем, у результаті виникає короткочасний імпульс струму, що є джерелом терагерцового випромінювання. Таким чином, ультракороткий

лазерний імпульс служить надшвидким перемикачем для антени, що переводить її з ізолюючого в провідний стан. Тривалість імпульсу струму і спектр терагерцової хвилі, що випускається, визначається, в основному, часом життя носіїв у напівпровіднику [1, 2].

Декілька напівпровідникових матеріалів можуть бути використані як терагерцові генератори, найбільш часто використовуються GaAs та InGaAs. GaAs з шириною забороненої зони 1,4 еВ на зонній діаграмі Фермі використовуються в системах, які активуються лазерами з довжиною випромінювання 800 нм, переважно титан-сапфіровий лазер [3].

На рис.1 показана геометрія приймальної антени для терагерцового випромінювання. Детектори працюють навпаки, чим генератори, але мають подібні конструкції та властивостей. Як це відбувається в генераторах, імпульс лазерного випромінювання генерує фотоструми в підкладці детектора. На відміну від генераторів, де застосоване прикладене зовнішнє поле прискорює носії, які потім випромінюють терагерци, у детекторах відбувається протилежний процес, у результаті якого падаюче терагерцове поле індукує фотострум, який можна виміряти за допомогою зовнішнього вимірюваного приладу. Індукований фотострум пропорційний амплітуді терагерцового поля. Змінюючи відносну затримку між терагерцовими та пробними лазерними імпульсами, можна простежити профіль терагерцових імпульсів [4].

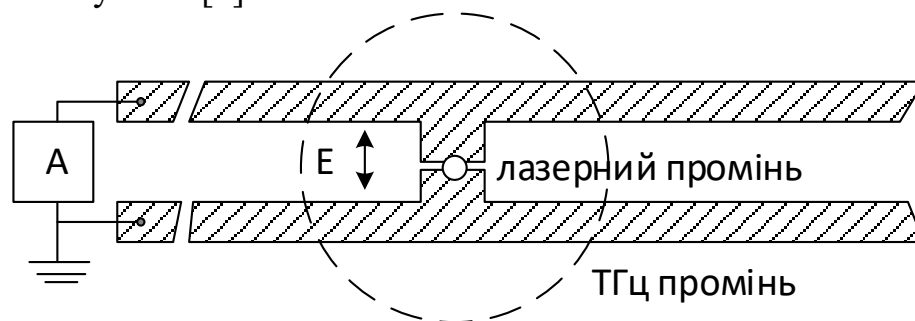


Рис.1 Геометрія приймальної антени для терагерцового випромінювання [4]

Список використаних джерел:

1. Lee Y. S. Principles of terahertz science and technology. Springer Science & Business Media, 2009. 348 с.
2. Khoroshailo I., Zaichenko O., Zaichenko N. Derivation of Expression for Photocurrent Density for Non-Destructive Testing of 3D Filament by Means of Terahertz Spectroscopy. *Eskişehir Technical University Journal of Science and Technology A-Applied Sciences and Engineering*. 2024. Т. 25(1). С. 36–43.
3. Naftaly M. Terahertz metrology. Artech House, 2015. 378 с.
4. Katzenellenbogen N., Grischowsky D. Efficient generation of 380 fs pulses of THz radiation by ultrafast laser pulse excitation of a biased metal-semiconductor interface. *Applied Physics Letters*. 1991. Т. 58. С. 222–224.