

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПІВПРОВІДНИКІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕРАГЕРЦЕВОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ МЕТОДОМ «НАКАЧУВАННЯ-ЗОНД»

Вакула М. Б.

Науковий керівник – к.ф.-м.н., доцент каф. МЕЕПП Глухов О. В.
Харківський національний університет радіоелектроніки
61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. Мікроелектроніки, електронних
приладів та пристроїв, тел. (057)702-14-84
e-mail: mykhailo.vakula@nure.ua.

The principle of operation of terahertz spectroscopy for monitoring the properties of chromium-alloyed gallium arsenide (GaAs: Cr) was considered in this work. The diagram of the terahertz spectroscopy apparatus is presented and described. The scientific novelty of the work lies in the use of a new method for studying the relaxation mechanisms of charge carriers, including the determination of the parameters of defects (traps), such as the capture cross sections, concentration, and energy positions in semiconductors with different structures.

Сьогодні терагерцеві (ТГц) джерела є невід'ємною складовою людського життя: вони використовуються у медицині для виявлення пухлин у людському тілі, для ідентифікації біологічних і хімічних компонентів, у системах безпеки тощо. В електроніці також займають провідне місце – наприклад, для контролю властивостей напівпровідникових матеріалів. Проте створення ТГц джерел складне, що пов'язано з особливостями застосування методів генерації випромінювання на таких частотах. Оптичні генератори когерентного випромінювання (лазери) засновані на вимушених переходах електронів між рівнями. Через те, що еквівалентна температура кванту терагерцевого випромінювання частотою 1 ТГц становить всього 47,6 К, теплова релаксація лазерних рівнів при кімнатній температурі призводить до вирівнювання заселеності та швидкого знищення інверсії.

У даній роботі розглянуто метод терагерцевої pump-probe («накачування-зонд») спектроскопії як точний, що дає можливість визначити час життя нерівноважних носіїв заряду GaAs:Cr (який є основною у створенні детекторів рентгенівського випромінювання). Область частот від сотень гігагерц до декількох терагерц стала доступною для дослідження саме завдяки створенню терагерцевих джерел на основі впливу лазерним випромінюванням на речовину.

Принцип роботи методу полягає в наступному. Імпульс фемтосекундного лазера, проходячи через пластину, ділиться на два у відношенні приблизно 1:1 (рис. 1). Один з імпульсів ділиться ще однією світлоділильною пластиною на імпульс накачування (97% потужності), який використовується для генерації терагерцевого імпульсу оптичного

випрямлення в кристалі GaAs:Cr, і зондуєчий імпульс (3% потужності), необхідний для збудження у досліджуваному зразку нерівноважних носіїв заряду.

Таким чином, оптичний імпульс, що випускається фемтосекундним лазером, створює в досліджуваному зразку нерівноважний стан. Потім за допомогою лінії затримки з комп'ютерним управлінням в різні моменти часу здійснюється зміна часу між приходом на досліджуваний зразок збуджуючого оптичного імпульсу і проходженням через нього терагерцевого імпульсу, і таким чином вимірюють спектральні характеристики, що несуть інформацію про фото перетворення у зразку. Якщо цей час малий, то в зразку на момент проходження через нього терагерцевого імпульсу є велика концентрація нерівноважних носіїв заряду, і терагерцевий імпульс сильно послаблюється.

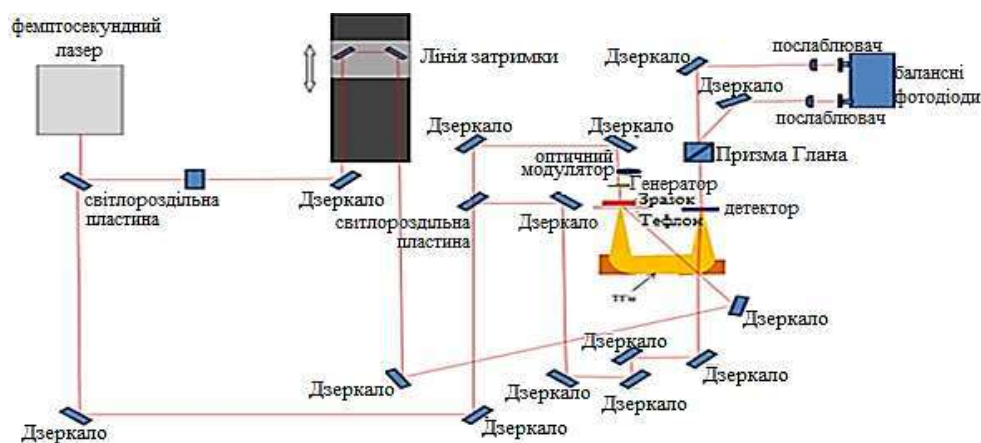


Рисунок 1 – Схема установки терагерцевої pump-probe спектроскопії [1]

Отже, було проаналізовано принцип роботи методу терагерцевої pump-probe спектроскопії, розглянуто метод опромінення напівпровідників за допомогою фемтосекундного лазера. Використаний метод є перспективним у дослідженні характеристик матеріалів, так як терагерцеве випромінювання має менше релеївське розсіювання, ніж випромінювання інфрачервоного та видимого діапазонів. У той же час, велика кількість середовищ володіє значно меншими коефіцієнтами поглинання в терагерцевому діапазоні в порівнянні з характеристиками ближнього інфрачервоного і видимого випромінювання, що і робить цей метод універсальним в дослідженні напівпровідників.

Література:

1. Norikazu Fuse, Tsuguhiro Takahashi, Yoshimichi Ohki, Ryo Sato, Maya Mizuno, Kaori Fukumada // Terahertz spectroscopy as a new tool for insulating material analysis and condition monitoring // Insul. Mag v.27, p. 26-35, 2015.
2. Lei Liu, Arindam Das, // Terahertz shielding of carbon nanomaterials and their composites – A review and applications // Carbon v. 69, p. 1-16, 2014.