

ТЕРАГЕРЦОВАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ
АМОРФНЫХ ВОЛЬФРАМ-УГЛЕРОДНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ

Е.А. Мотовилова^{1,2}, Е.С. Жукова^{1,2}, Б.П. Горшунов^{1,2}, А.Д. Божко¹,
В.В. Глушков^{1,2}, В.Б. Анзин¹, М.Л. Шупегин³, А.В. Муратов⁴,
Ю.А. Алещенко⁴

¹ *Институт общей физики имени А.М. Прохорова РАН*

² *Московский физико-технический институт (Государственный университет)*

³ *Национальный исследовательский технологический университет МИСИС*

⁴ *Физический институт имени П.Н. Лебедева РАН*

elza-moto@ya.ru

Наноструктурированные среды являются материалами, электрофизическими свойствами которых можно управлять в широких пределах. Примером таких сред являются металл-углеродные нанокomпозиты с механическими свойствами, типичными для твердых форм аморфного углерода, и с электродинамическими свойствами, характерными для неупорядоченных гранулированных материалов. Электронные свойства металл-углеродных нанокomпозитов в настоящее время исследованы недостаточно, данные по электродинамическим характеристикам в инфракрасном (ИК) и терагерцовом (ТГц) диапазонах частот в литературе практически отсутствуют.

В работе изучен электродинамический ТГц-ИК отклик пленок вольфрам-углеродных нанокomпозитов с концентрациями вольфрама в интервале 0.1–0.4. Пленки толщиной около 1 мкм осаждались на ситалловые подложки путем плазменного разложения паров кремний-органического полимера полифенилметилсилоксана и магнетронного распыления вольфрамовой мишени. Динамическая проводимость пленок исследовалась в ТГц (9–22 см⁻¹) [1] и ИК (до 700 см⁻¹) диапазонах (Фурье-спектроскопия); измерения статической проводимости выполнялись стандартным четырехконтактным методом. Все исследования проводились в интервале температур 5–300 К.

Измерения проводимости на постоянном токе показали, что для исследуемых образцов металл-углеродных нанокomпозитов характерно степенное поведение отрицательных температурных поправок к проводимости в двух температурных интервалах, граница между которыми находится вблизи $T^* \approx 20\text{--}25$ К. Такое поведение проводимости объясняется в рамках модели неупругого туннелирования электронов между проводящими гранулами через локализованные состояния углеродной матрицы [2]. Похожим образом ведет себя и динамическая проводимость комплексов в ТГц диапазоне частот. Сильная зависимость ТГц проводимости от частоты, наиболее ярко выраженная в образцах с невысокой концентрацией вольфрама, свидетельствует о прыжковом характере проводи-

мости в исследуемых нанокompозитах [2]. В частности, панорамные спектры проводимости образца W5 с 19.3 ат.% W (Рис.1) показывают, что спектральный вес

$$\int_0^{\infty} \sigma(\omega) d\omega = \frac{\omega_{pl}^2}{8}$$

(ω_{pl}^2 – плазменная частота, σ – проводимость), «потерянный» при охлаждении на частотах ниже 100 см^{-1} , существенно меньше площади, «приобретаемой» на более высоких частотах. Рост спектрального веса свидетельствует о значительном энергетическом масштабе процессов, индуцируемых в исследуемом образце температурными изменениями: часть спектрального веса переходит в область между 100 см^{-1} и 700 см^{-1} из более высокочастотной области – выше 700 см^{-1} . Природа явления пока неясна и требует дальнейших исследований.

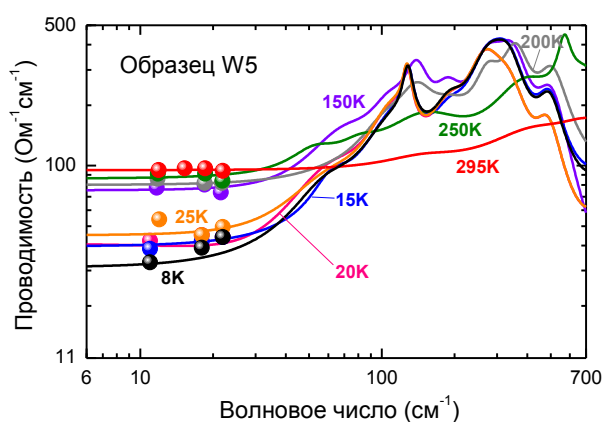


Рис.1. Температурные зависимости спектров динамической проводимости плёнки (W5) металл-углеродного нанокompозита. Точки – результат прямых измерений на ТГц спектрометре, линии – обработка методом наименьших квадратов ТГц данных совместно со спектрами ИК отражения

Помимо спектрального веса, температурно-зависимыми являются также параметры ИК пиков поглощения (см. особенность при $128\text{--}152 \text{ см}^{-1}$ на Рис.1). Изменение как интенсивностей пиков, так и их частот, свидетельствует о сильной связи между электронной и фононной подсистемами, что также представляет несомненный интерес для дальнейших исследований.

Работа выполнена при поддержке Госконтракта N2011-1.2.1-121-003 и грантов РФФИ и Минобрнауки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gorshunov B., Volkov A., Spektor I., Prokhorov A, Mukhin A., Dressel M., Uchida S., Loidl A. // Int. J. of Infrared and Millimeter Waves, 2005. V. 26, N9, p.1217-1240.
2. Glazman L.I. and Matveev K.A. Sov. Phys. JETP. 1988. 67, p. 1276.