

# КУРСОВАЯ РАБОТА НА ТЕМУ: “ТЕРАГЕРЦОВАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ АНСАМБЛЕЙ ЧАСТИЦ”

Выполнил: студент 3 курса Осей А.В.

Научный руководитель: Жуков С.Н.

# СОДЕРЖАНИЕ

- ▶ Введение
- ▶ Цель работы
- ▶ Взаимодействие терагерцовых импульсов с металлической частицей
- ▶ Взаимодействие терагерцовых импульсов с ансамблем металлических частиц
- ▶ Вывод
- ▶ Список литературы

# ВВЕДЕНИЕ

- ▶ Терагерцовым излучением называется электромагнитное излучение в интервале частот от 0,3 до 10 ТГц, т.е.  $0,3 \cdot 10^{12} - 10^{13}$  Гц с диапазоном длин волн 3-0,03 мм соответственно. Этот частотный интервал занимает часть электромагнитного спектра между инфракрасным (ИК) и микроволновым диапазонами, поэтому его часто также называют дальним ИК или субмиллиметровым диапазоном.
- ▶ В данной работе мы рассмотрим моделирование взаимодействия с электромагнитным излучением одной субволновой частицы, ансамбля субволновых частиц, а также зависимость от толщины слоя, включающего ансамбль частиц.

# ЦЕЛЬ РАБОТЫ

- ▶ Цель данной работы продемонстрировать физические механизмы, лежащие в основе ТГц излучения ансамблей металлических частиц через экспериментальные данные, полученные моделированием.

# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЕРАГЕРЦОВЫХ ИМПУЛЬСОВ С МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ЧАСТИЦЕЙ

Электромагнитный отклик субволновой металлической частицы под действием терагерцового излучения определяется двумя событиями:

- ▶ 1) ТГц излучение электромагнитной волны проникает на поверхность частицы на расстояние  $\delta \sim 100$  нм в металле, где вызывает движение зарядов, а, следовательно, появление поверхностной плотности тока.
- ▶ 2) Возникновение дипольного электрического поля, которое образуется в результате накопления отрицательных и положительных зарядов на противоположных сторонах поверхности частицы.

# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЕРАГЕРЦОВЫХ ИМПУЛЬСОВ С МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ЧАСТИЦЕЙ

- ▶ Рассмотрим падение на частицу меди диаметром  $D = 70$  мкм, расположенной в вакууме, электромагнитного импульса терагерцового диапазона частот с центральной частотой  $0,6$  ТГц.
- ▶ На рис. 1 приведена серия снимков электрического распределения амплитуды поля, в разные моменты времени, в начальный (А), в момент времени равным  $3,5$  пикосекунд (В),  $4$  пс (С),  $5$  пс (D)

# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЕРАГЕРЦОВЫХ ИМПУЛЬСОВ С МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ЧАСТИЦЕЙ

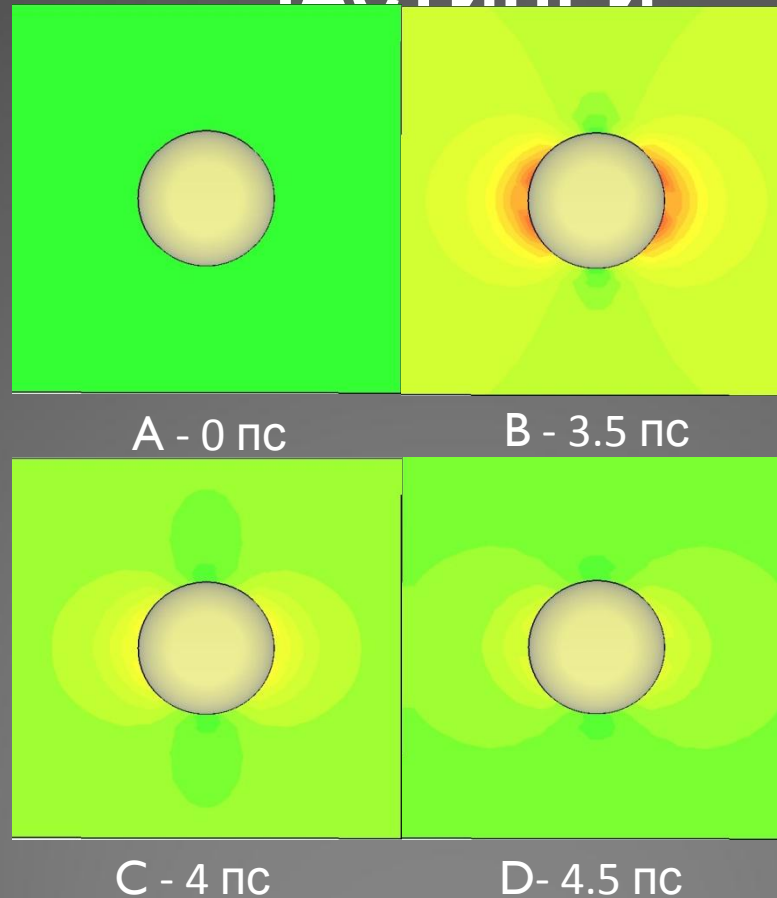


Рис. 1. Серия снимков электрического распределения амплитуды поля.

# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЕРАГЕРЦОВЫХ ИМПУЛЬСОВ С МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ЧАСТИЦЕЙ

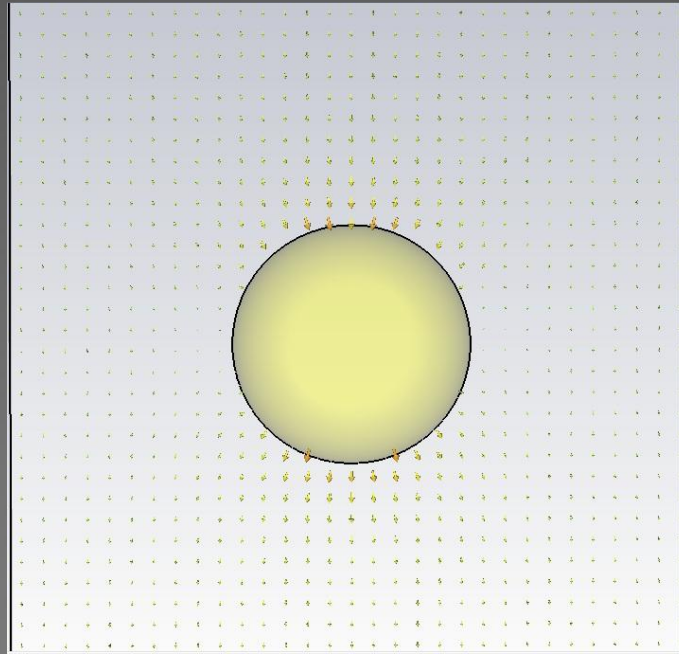


Рис. 2. Вектора электрического поля в непосредственной близости от частицы меди.



# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЕРАГЕРЦОВЫХ ИМПУЛЬСОВ С АНСАМБЛЕМ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ

- ▶ На рис.3. приведена серия снимков распределения амплитуды поля металлического ансамбля частиц меди размером 2 на 2 мм, диаметр каждой из частиц  $D=70$  мкм.

# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЕРАГЕРЦОВЫХ ИМПУЛЬСОВ С АНСАМБЛЕМ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ

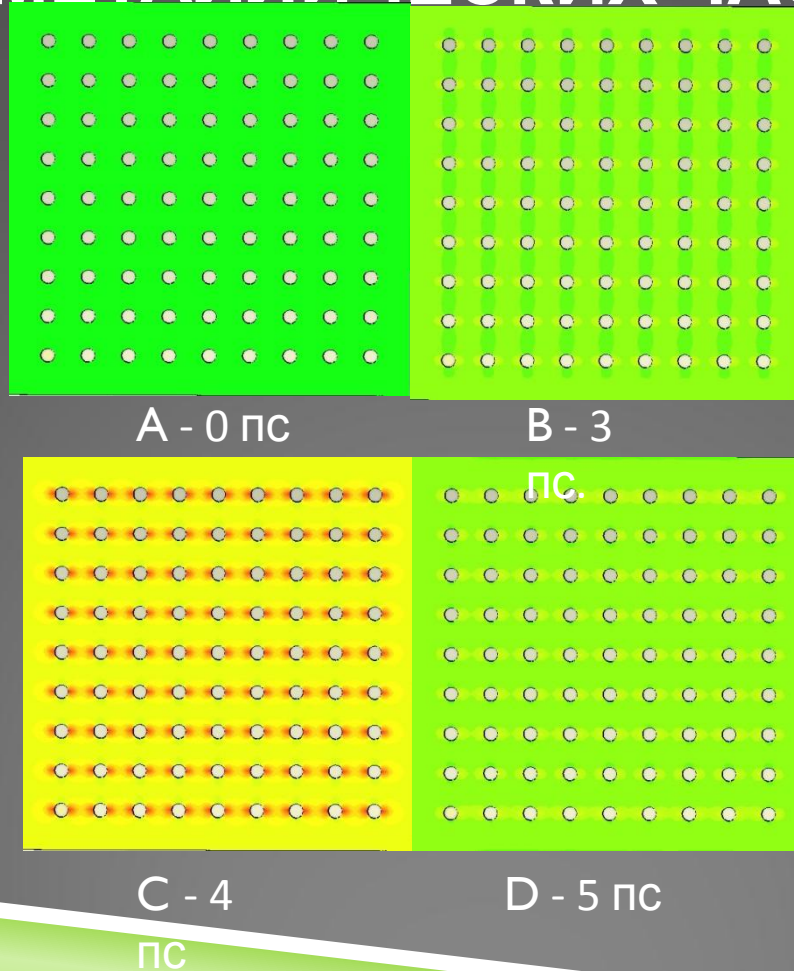


Рис. 3. Серия снимков электрического распределения амплитуды поля ансамбля металлических частиц

# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЕРАГЕРЦОВЫХ ИМПУЛЬСОВ С АНСАМБЛЕМ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ

- ▶ Далее рассмотрим зависимость электрического поля от толщины ансамбля металлических частиц  $L$ . На графиках (1-3) представлена данная зависимость при различных  $L$ ,  $L=0,6$  mm(График1),  $L=1,2$  mm(График2),  $L=1,8$  mm(График3):

# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЕРАГЕРЦОВЫХ ИМПУЛЬСОВ С АНСАМБЛЕМ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ

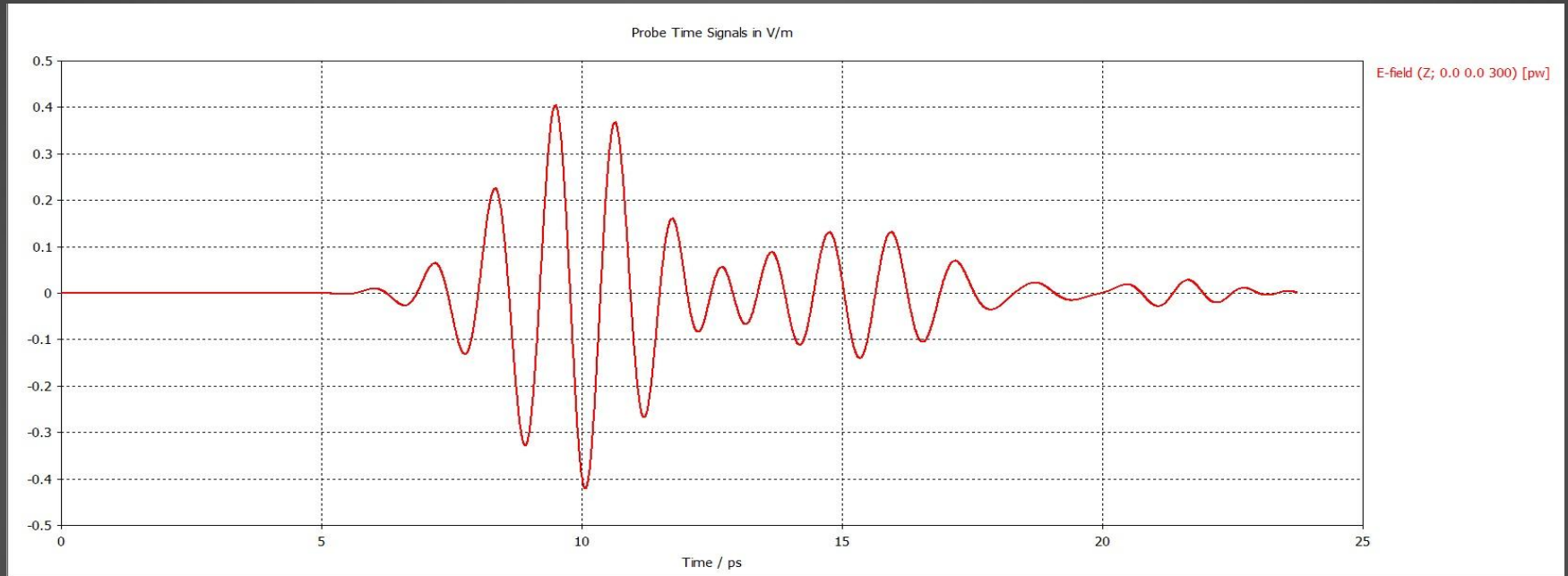


График1 , L=0,6  
mm

# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЕРАГЕРЦОВЫХ ИМПУЛЬСОВ С АНСАМБЛЕМ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ

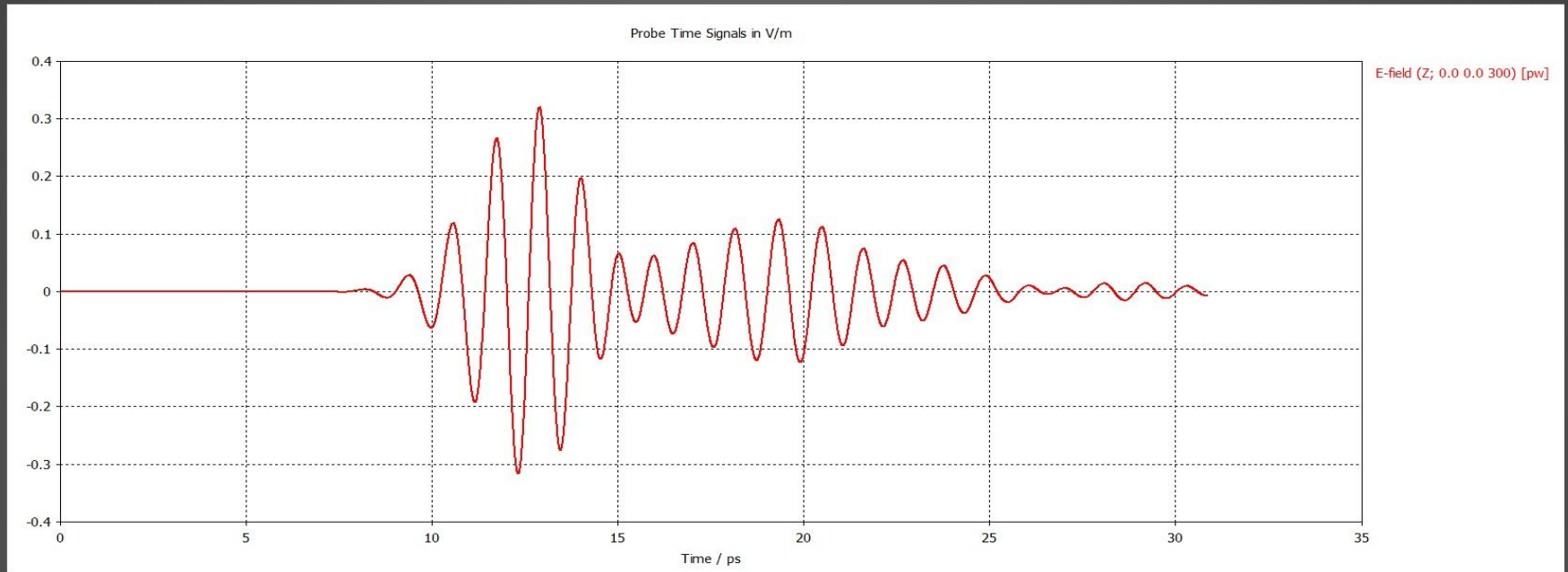


График2 , L=1,2  
mm

# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЕРАГЕРЦОВЫХ ИМПУЛЬСОВ С АНСАМБЛЕМ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ

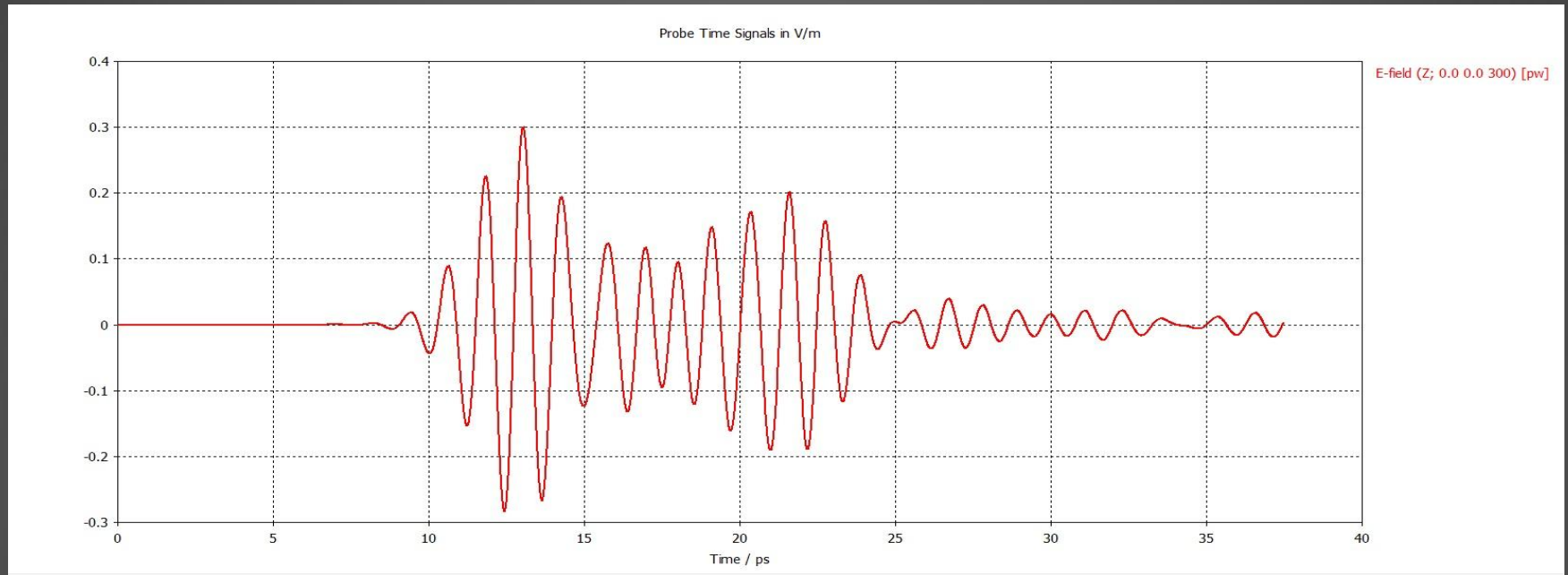


График3 ,  $L=1,8$   
mm

# ВЫВОД

- ▶ В данной работе было исследовано терагерцовая спектроскопия металлической частицы, ансамбля, состоящего из металлических частиц, а также была рассмотрена зависимость электрического поля от толщины ансамбля металлических частиц. Для моделирования процессов был использован FDTD метод для решения уравнения Максвелла в двух измерениях. Для визуализации использовалась программа CST Studio Suite 2011.

# СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- ▶ [1] C. F. Bohren and D. R. Huffman. Поглощение и рассеивание света малыми частицами. JohnWiley & Sons, 1983.
- ▶ [2] U. Kreibig and M. Vollmer. Оптические свойства металлических кластеров. Springer-Verlag, 1995.
- ▶ [3] K. J. Chau, G. D. Dice, and A.Y. Elezzabi. Прохождение когерентных терагерцовых излучений через ансамбли частиц. Phys. Rev. Lett., 94:173904, 2005.