

ЭЛЕКТРОПОЛЕВАЯ ТОМОГРАФИЯ: ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ



Корженевский А.В., Туйкин Т.С.,
Черепенин В.А.

Институт радиотехники и электроники им.В.А.
Котельникова РАН
Москва 2008

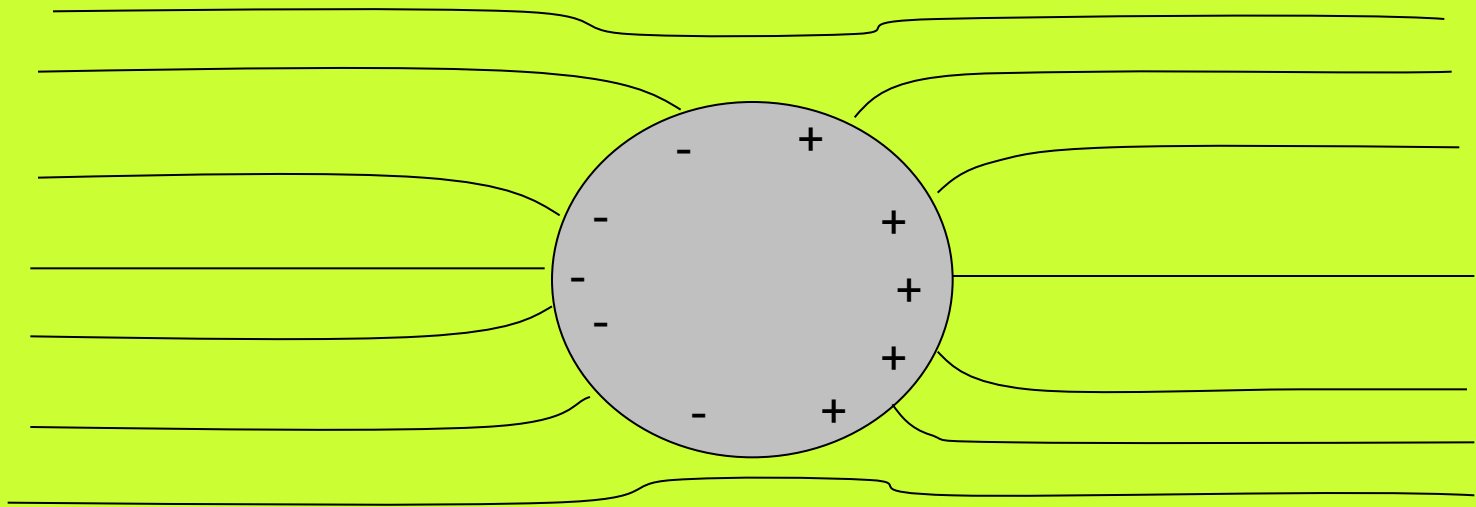
Что такое ЭПТ?

Квазистатическая томография – томография с помощью квазистатического электромагнитным поля (длина волны много больше размеров объекта).



Электрополевая томография - новое направление в квазистатической томографии, которое позволит получать изображение пространственного распределения электрических свойств объектов бесконтактно, используя взаимодействие с ними радиочастотного электрического поля.

Конечная проводимость объекта



Идеальный проводник полностью экранирует внешнее электромагнитное поле путём перераспределения свободных носителей зарядов.

В случае объекта конечной проводимости, возникает запаздывание перераспределения зарядов и как следствие вторичное запаздывающее поле.

Физические основы ЭПТ

Релаксационное время среды
(явление релаксации Максвелла-Вагнера)

$$\tau = \varepsilon_0 \varepsilon \rho$$

Среда сдвигает фазу поля на угол Δ

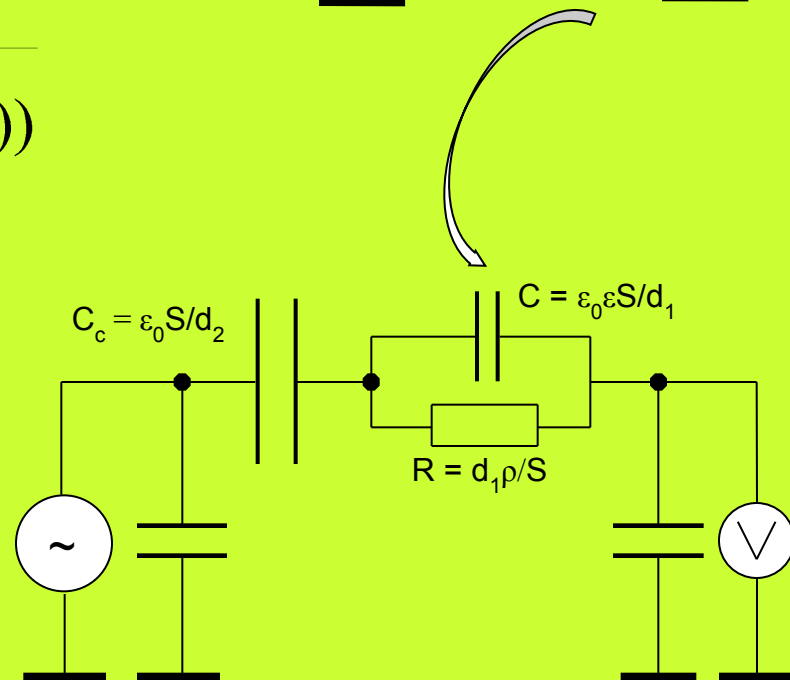
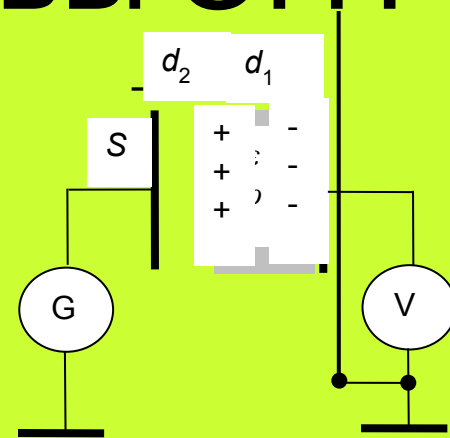
$$\tan \Delta = - \frac{\omega \tau d_1}{\varepsilon d_2 (1 + \omega^2 \tau^2 (1 + \frac{d_1}{\varepsilon d_2}))}$$

Имеется пик сдвига фазы на
релаксационной частоте среды

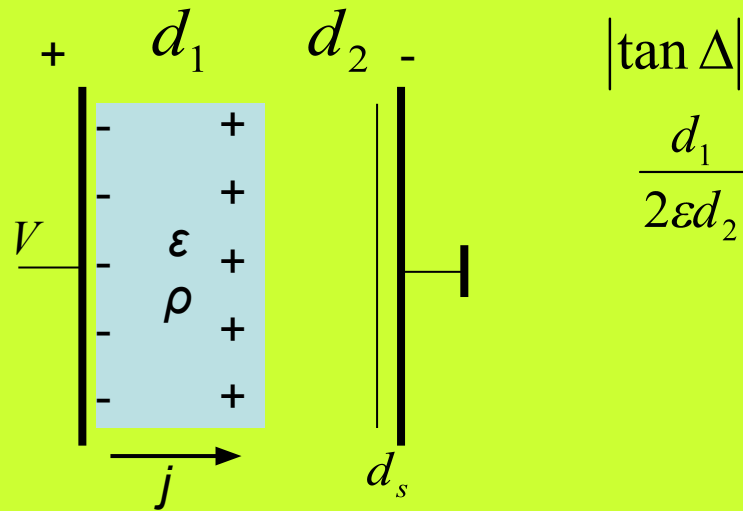
$$\omega_r = 1 / \varepsilon_0 \varepsilon \rho$$

И максимальный сдвиг фазы

$$\tan \Delta_{\max} \approx - \frac{d_1}{2 \varepsilon d_2}$$



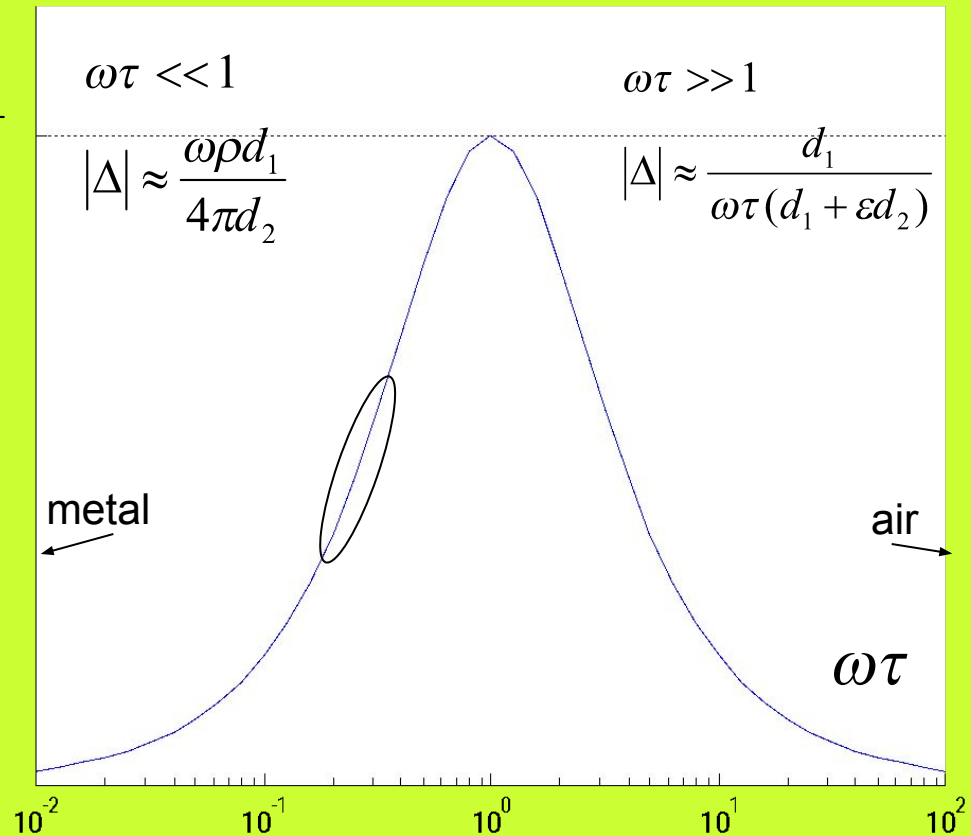
Особенности выбора частот



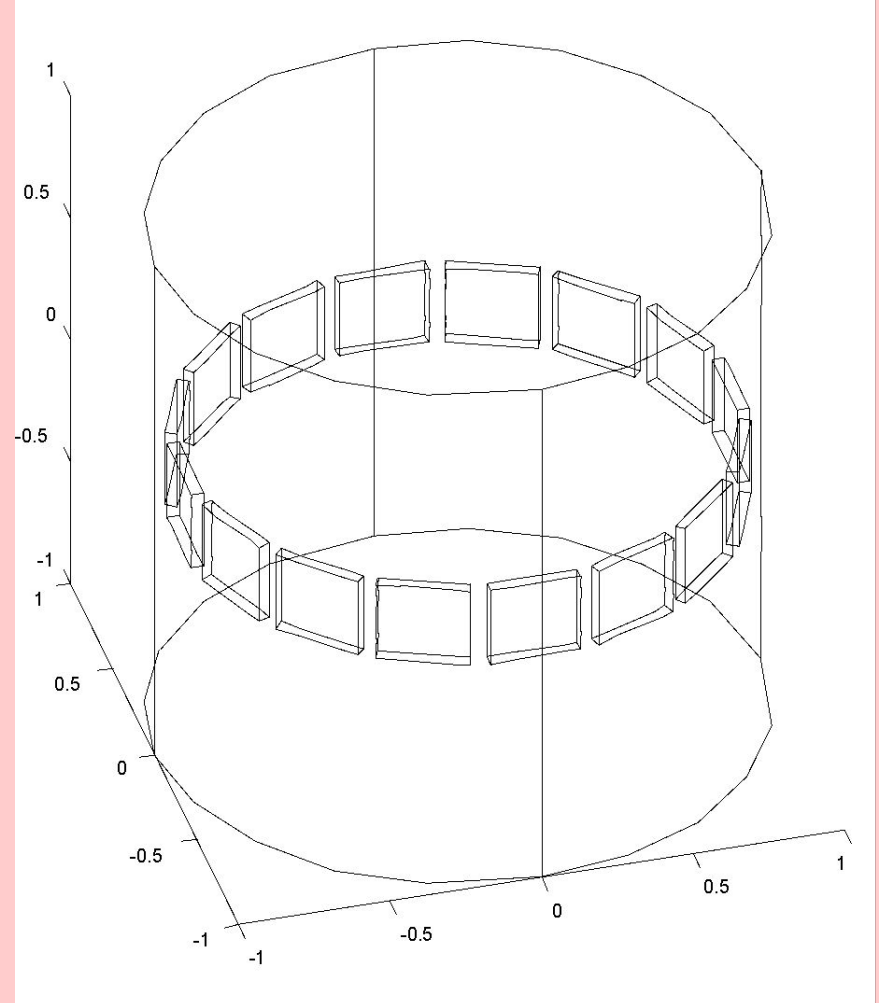
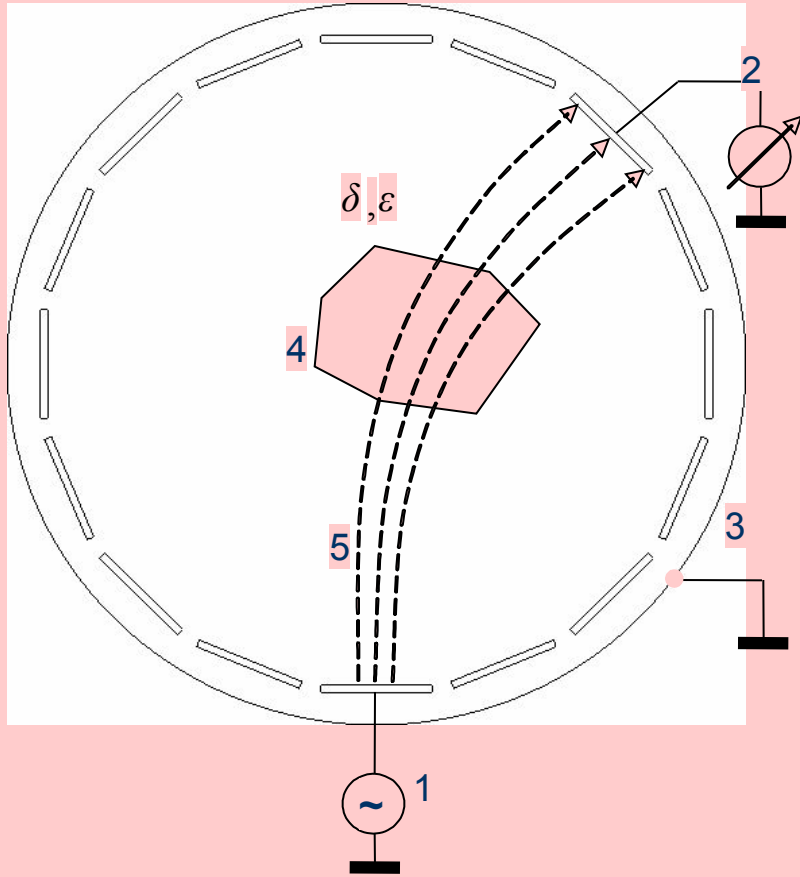
$$|\tan \Delta| = \frac{d_1}{2\epsilon d_2}$$

$$\tau = \epsilon\rho / 4\pi$$

$$\tan \Delta = -\frac{\omega\tau d_1}{\epsilon d_2(1 + \omega^2\tau^2(1 + d_1/\epsilon d_2))}$$

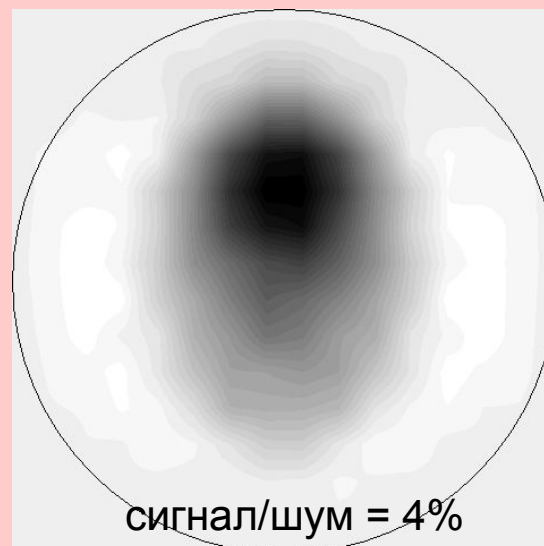
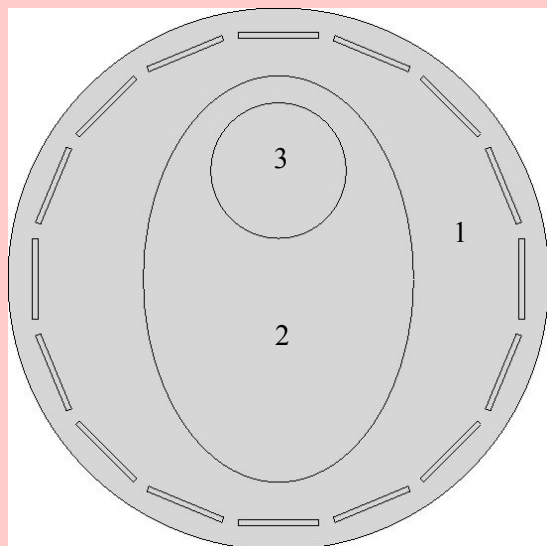
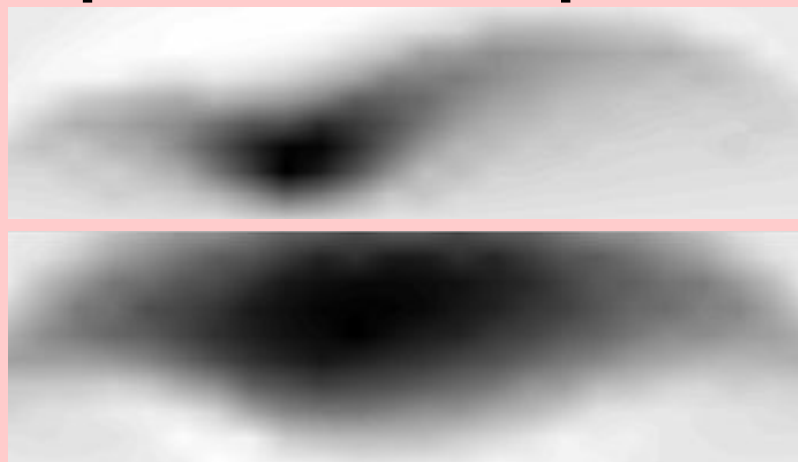
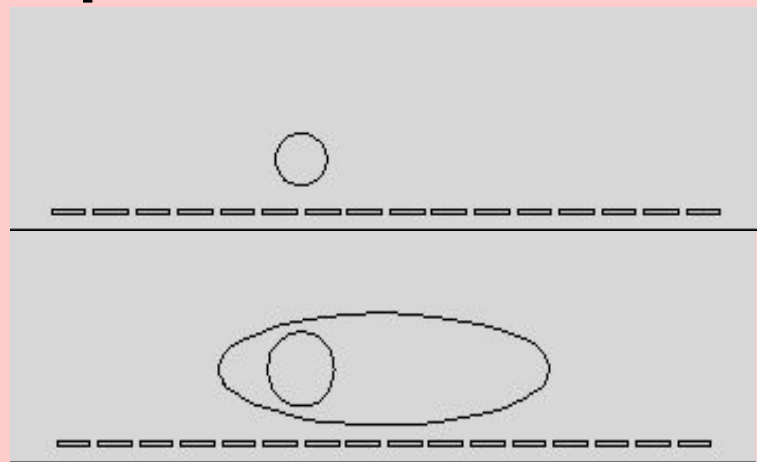


Измерительная система для ЭПТ



$$\nabla \cdot ((\epsilon - i4\pi\sigma / \omega) \nabla \varphi) = 0$$

Сравнение геометрий электродов



3 - жировая ткань: проводимость $\sigma = 0.03$ См/м, диэлектрическая проницаемость $\epsilon = 10$.
2 - мышечная ткань: проводимость $\sigma = 0.6$ См/м, диэлектрическая проницаемость $\epsilon = 150$.
1 – круглая экранированная камера из 16 электродов.

Положение дел в ЭПТ

Готово:

+теоретические предпосылки

+экспериментальное и численное подтверждение

(одноканальная установка ЭПТ с внешним фазовым детектором)

+алгоритм восстановления изображений

(успешное восстановление и качество по моделированным данным с шумом)

+высокочувствительный фазового детектор

(точность 0.01° , при частоте зондирующего электрического поля 12.5 МГц)

Необходимо:

-разработка многоканальной системы ЭПТ

-создание и наладка многоканальной системы ЭПТ

-восстановление изображений реальных объектов

Ожидается создание лабораторного прототипа в 2009

В чем ценность импедансных методов?

Импедансные методы позволяют выявлять болезни на предшествующих их развитию стадиях.

Потенциальная высокая чувствительность изменения электрических свойств тканей достигает десятков раз. Электрические свойства тканей: диэлектрическая проницаемость и проводимость (импеданс), и их зависимость от частоты позволяет получать достоверную и обильную информацию о состоянии органов и тканей.



Лучшее лечение – профилактика

Свойства ЭПТ

(типичные импедансных методов)

- Полная безвредность и безопасность как для пациента, так и для оператора
- Относительно низкая стоимость оборудования
- Возможность получать информацию о диэлектрической проницаемости и проводимости органов
- Возможность увеличения информативности путём анализа частотной дисперсии проводимости и диэлектрической проницаемости
- Отсутствие расходных материалов
- Низкое энергопотребление
- Потенциальная портативность системы

(идеален для скрининга система = ноутбук + прибор)

Особенности ЭПТ

(не типичные для электроимпедансометрических методов)

- **БЕСКОНТАКТНОСТЬ** (как и МИТ): гигиеничность, удобство и простота использования, уменьшение времени подготовки исследования, полное отсутствие расходных материалов
- **СПОСОБНОСТЬ** (лучше чем у МИТ) обнаруживать и качественно детализировать низкопроводящие включения в высокопроводящем слое (пример: получение информативных изображений мозга при диагностике ишемического инсульта)

Заключение

- Электрополевая томография (ЭПТ) - метод позволяющий визуализировать пространственное распределение проводимости и диэлектрической проницаемости органов, тканей и их частотные дисперсии
- ЭПТ позволяет информативно визуализировать низкопроводящие области внутри высокопроводящих областей, в отличие от МИТ методов
- БЕСКОНТАКТНЫЙ метод диагностики и полностью безопасный
- Возможность дополнения и сочетание с МИТ

ДЛЯ РАЗВИТИЯ МЕДИЦИНСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ ТРЕБУЕТСЯ:

- Поиск актуальных задач
- Нарботка базы медицинского знания об органах, тканях, функциях в терминах: проводимости, диэлектрической проницаемости и их частотной зависимости

В 2009 году планируется создание лабораторного прототипа многоканальной системы для ЭПТ и визуализация реального объекта методом ЭПТ

БЛАГОДАРЮ ВСЕХ ЗА ВНИМАНИЕ! ЗАДАВАЙТЕ ВОПРОСЫ

Тимур Туйкин

tt@cplire.ru

Институт радиотехники и электроники им.В.А.Котельникова РАН

<http://cplire.ru/rus/etomo/index.html>

<http://cplire.ru/html/cplitom.html>

