

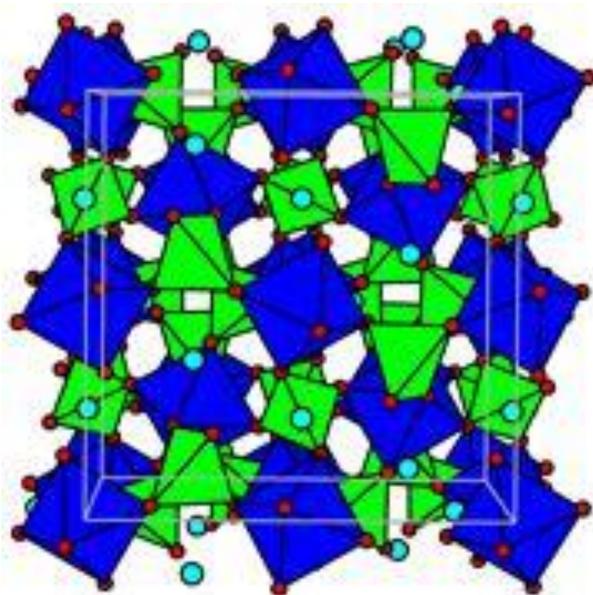
# Механизмы электрической проводимости в керамике на основе алюмоиттриевого граната

Подготовил: аспирант 1-го курса

ИЭФ УрО РАН Боронин В.А.

Научный руководитель: к.ф.-м.н Подгорнов Ф.В.

# Актуальность



Алюмоиттриевый гранат - синтетический монокристалл, сложный оксид, состава  $Y_3Al_5O_{12}$  (YAG), кристаллизованный в кубической сингонии. Является хорошим диэлектриком.

Свойства керамики из YAG:

- высокая прочность (190 МПа при изгибе);
- термическая стойкость;
- высокая химическая стойкость.

Применение:

- активные элементы мощных и сверхмощных твердотельных лазеров
- изделия, работающие при высоких температурах
- колбы газоразрядных ламп с различным спектром свечения
- оптические окна с широким интервалом прозрачности

# Цели и задачи

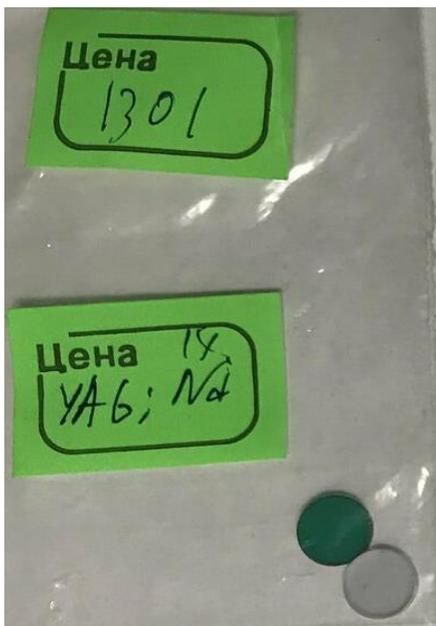
Цель данной работы - идентификация механизма переноса зарядов алюмоиттриевых гранатов, допированных различными редкоземельными металлами.

В связи с целью были поставлены следующие задачи:

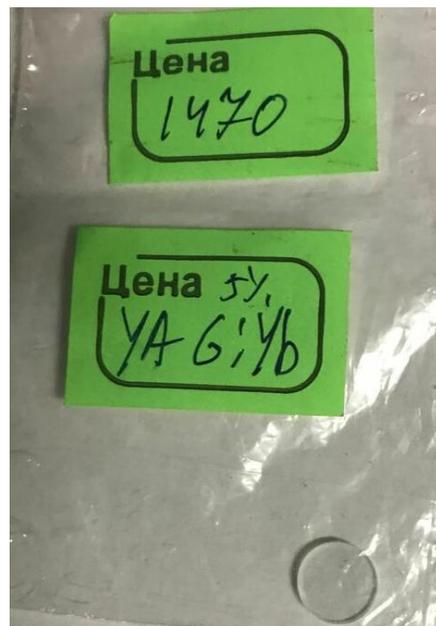
1. Исследовать зависимость проводимости от температуры, и от частоты.
2. Исследовать зависимость диэлектрической проницаемости от температуры, и от частоты.
3. Измерить спектры поглощения и пропускания в широком диапазоне температур.
4. С помощью математического аппарата рассчитать энергию Урбаха и проанализировать зависимость этой энергии от температуры.
5. Сделать выводы об энергии фононов.

# Образцы керамики

1at%Nd:YAG,  
1301, ФИРЭ



3at%Yb:YAG,  
1470, ФИРЭ

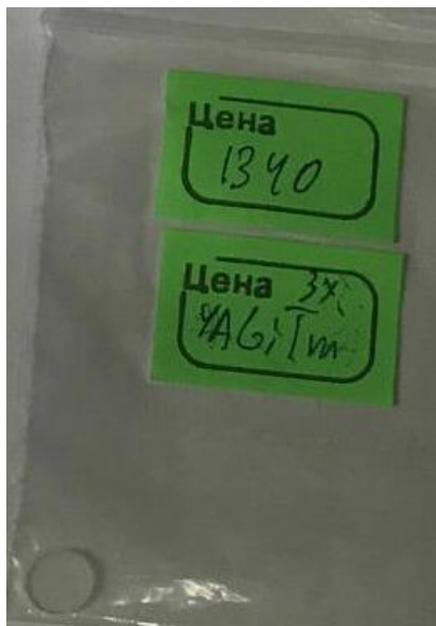


0.5at%Er:YAG,  
1339, ФИРЭ

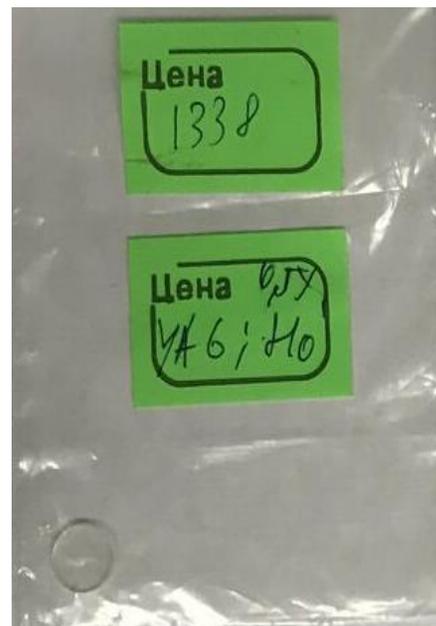


# Образцы керамики

3at%Tm:YAG,  
1340, ФИРЭ



0.5at%Ho:YAG,  
1338, ФИРЭ

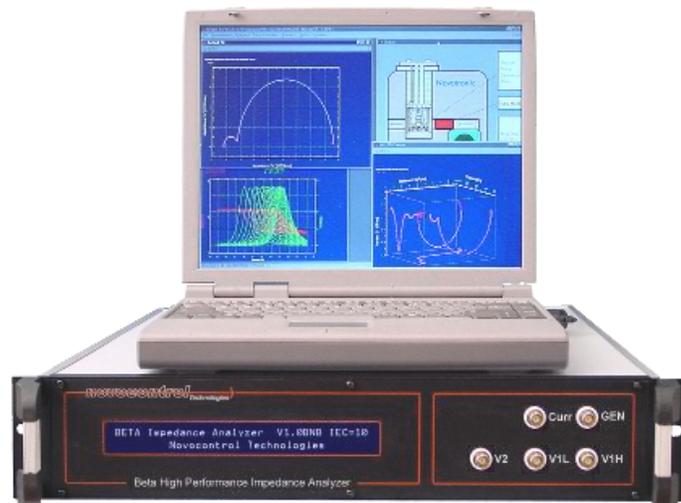


0.1at%Cr:YAG,  
1311, ФИРЭ



# Оборудование

## Novocontrol Beta System



Сверхширокий диапазон импеданса: 1Мом...  
1Том, в одной измерительной установке  
Высочайшее разрешение по фазе  $0,001^{\circ}$  для  
отображения даже самых маленьких потерь в  
материалах  
Высокая скорость сбора данных: 60 мс / точка

## Linkam THMS 600



Температурный диапазон от -196 до 600 °С  
Скорость нагрева до 130 °С/мин  
Стабильность температуры < 0.1 °С  
Герметичная камера для образца  
Световая апертура 2.4 мм

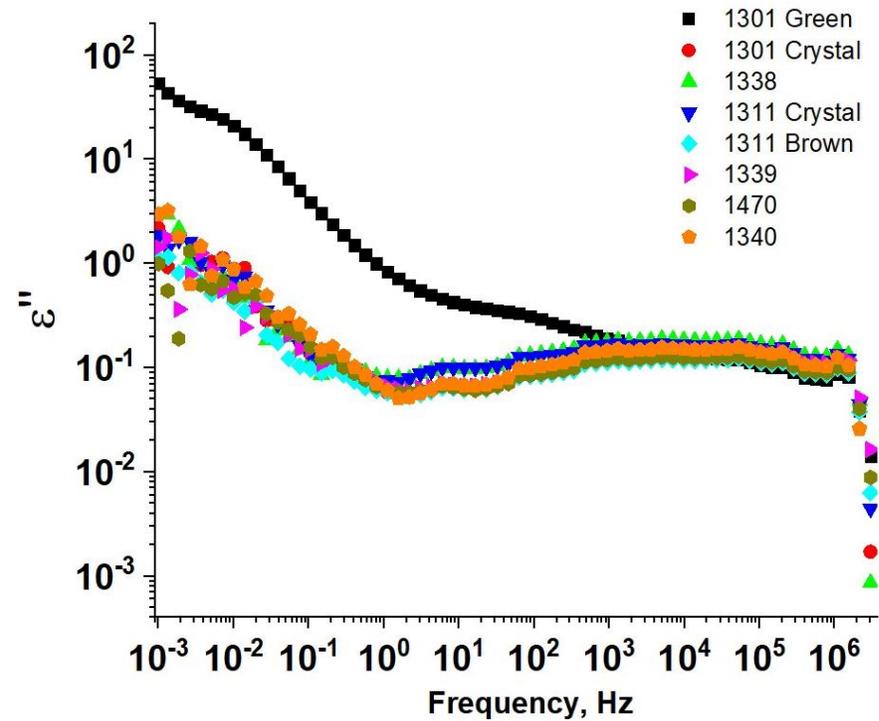
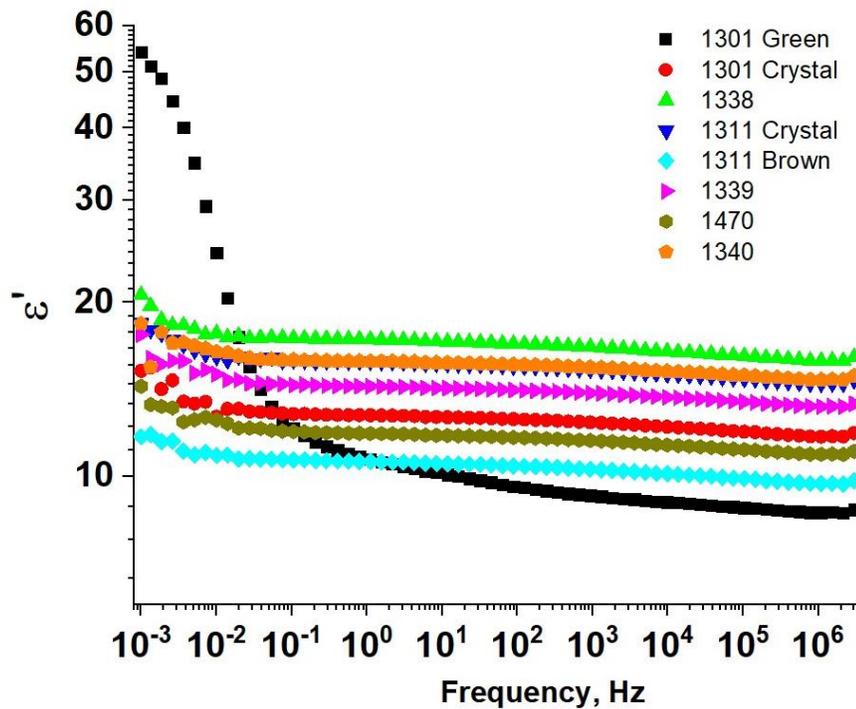
# Проведенные измерения

При комнатной температуре для всех образцов были получены действительные и мнимые части физических величин:

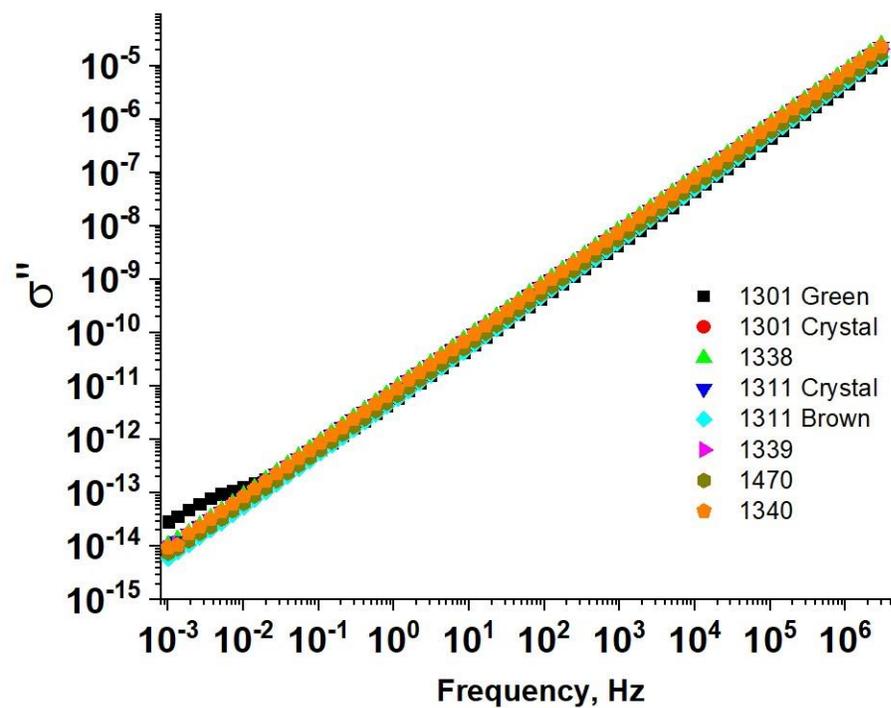
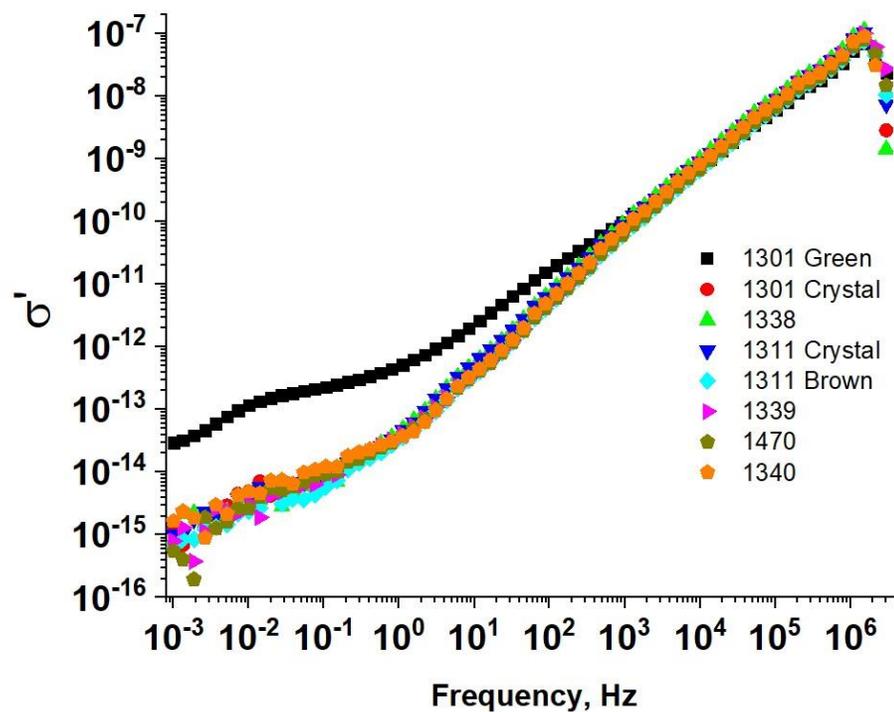
- диэлектрическая проницаемость  $\epsilon$ ;
- проводимость  $\sigma$ ;
- импеданс  $Z$ ;
- тангенс диэлектрических потерь;
- фазовый угол.

На основе полученных экспериментальных данных были построены спектры и проанализирована зависимость параметров исследования от частоты.

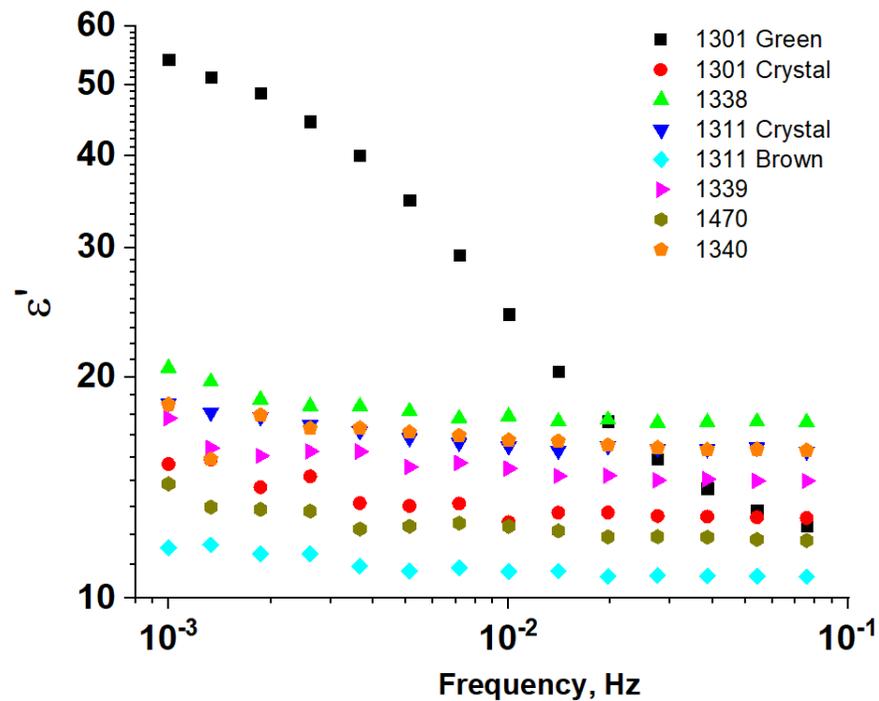
# Спектр комплексной диэлектрической проницаемости от частоты при комнатной температуре



# Спектр комплексной проводимости от частоты при комнатной температуре

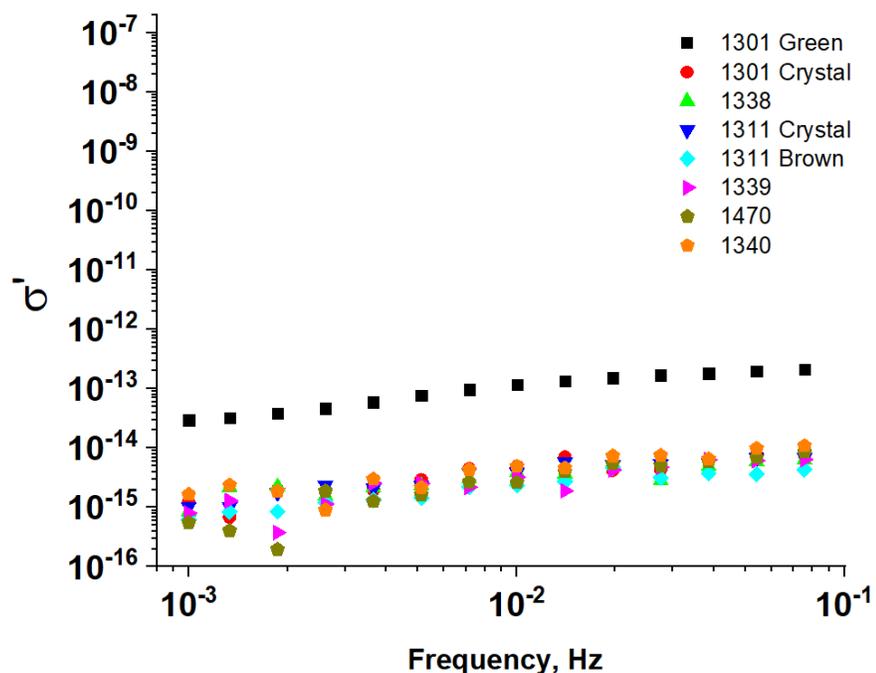


# Анализ полученных экспериментальных данных



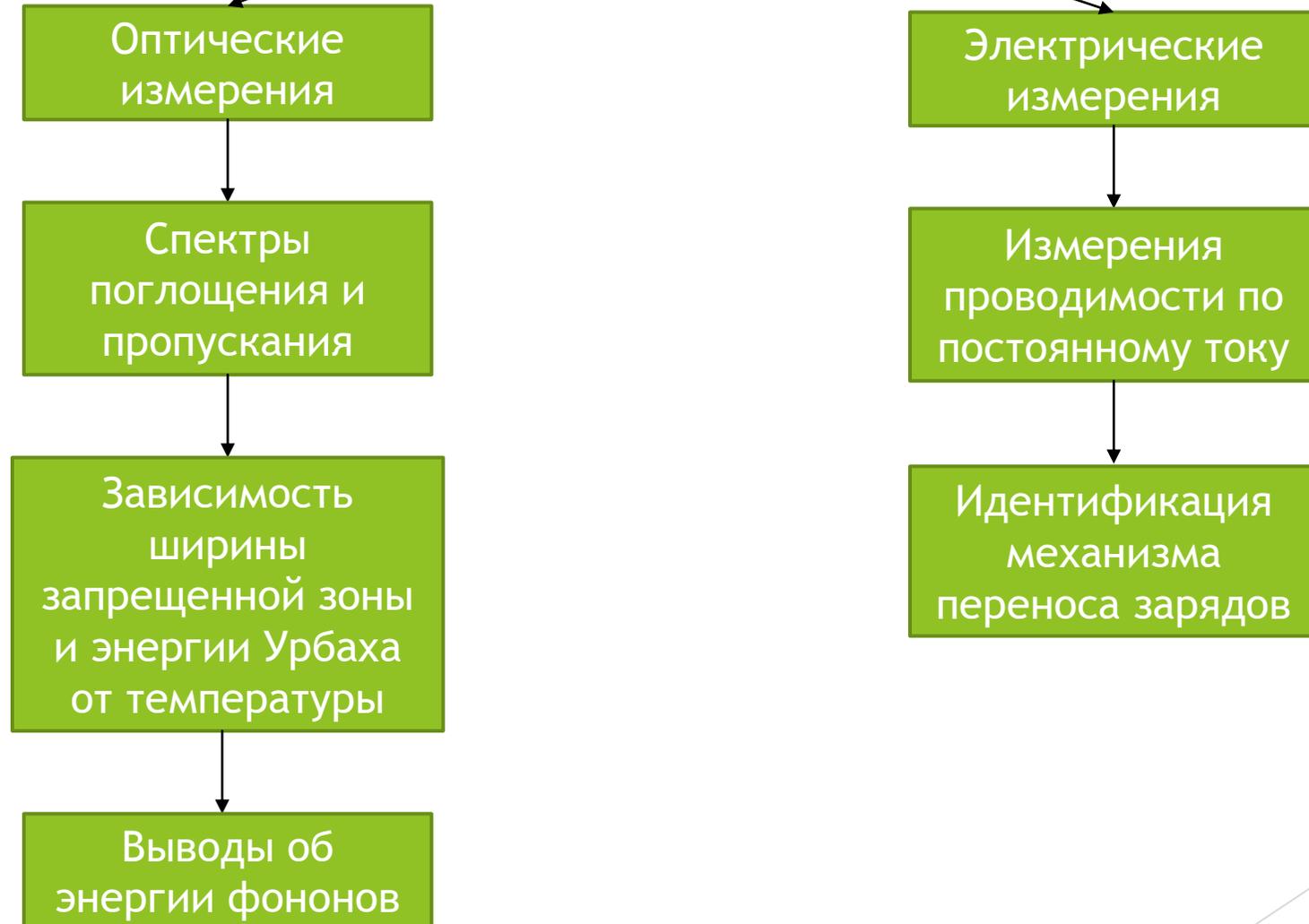
- ▶ Анализируя полученные данные, можно сделать вывод о том, что образец 1301 имеет большое количество кислородных вакансий.
- ▶ Также на приведенном спектре видно, что допирование образцов влияет на их характеристики и параметры.

# Анализ полученных экспериментальных данных



- ▶  $\sigma'(\omega) = \sigma_{DC} + A\omega^s$  - закон Йоншера
- ▶  $0 < s < 1$
- ▶  $\sigma'(\omega)$  - действительная часть комплексной проводимости
- ▶  $\sigma_{DC}$  должна стремиться к вертикальной асимптоте, это вероятно произойдет на более низких частотах. Но из-за технических ограничений приборов эти измерения провести невозможно.

# Дальнейшие исследования



# Дальнейшие исследования



# Дальнейшие исследования



# Выводы

- ▶ Анализируя полученные спектры зависимости комплексной диэлектрической проницаемости и проводимости от частоты можно сделать вывод, что не только допирование алюмоиттриевых гранатов различными редкоземельными металлами, влияет на их характеристики, но и разная технология изготовления образцов.
- ▶ Для получения выводов о энергии фононов необходимо проанализировать зависимости ширины запрещенной зоны и энергии Урбаха от частоты и температуры.

# Благодарности

- ▶ Выражается благодарность Иванову Максиму Геннадьевичу за предоставленные для исследований образцы. Заведующему лабораторией нелинейной оптики Кундиковой Наталии Дмитриевне. И научному руководителю Подгорнову Федору Валерьевичу.