

Оптический метод определения температуры начала кристаллизации аморфных материалов

Выполнили: Фадеев Л.Д.
Исаев Е.И.
Степанов В.А.

Обнинск 2026

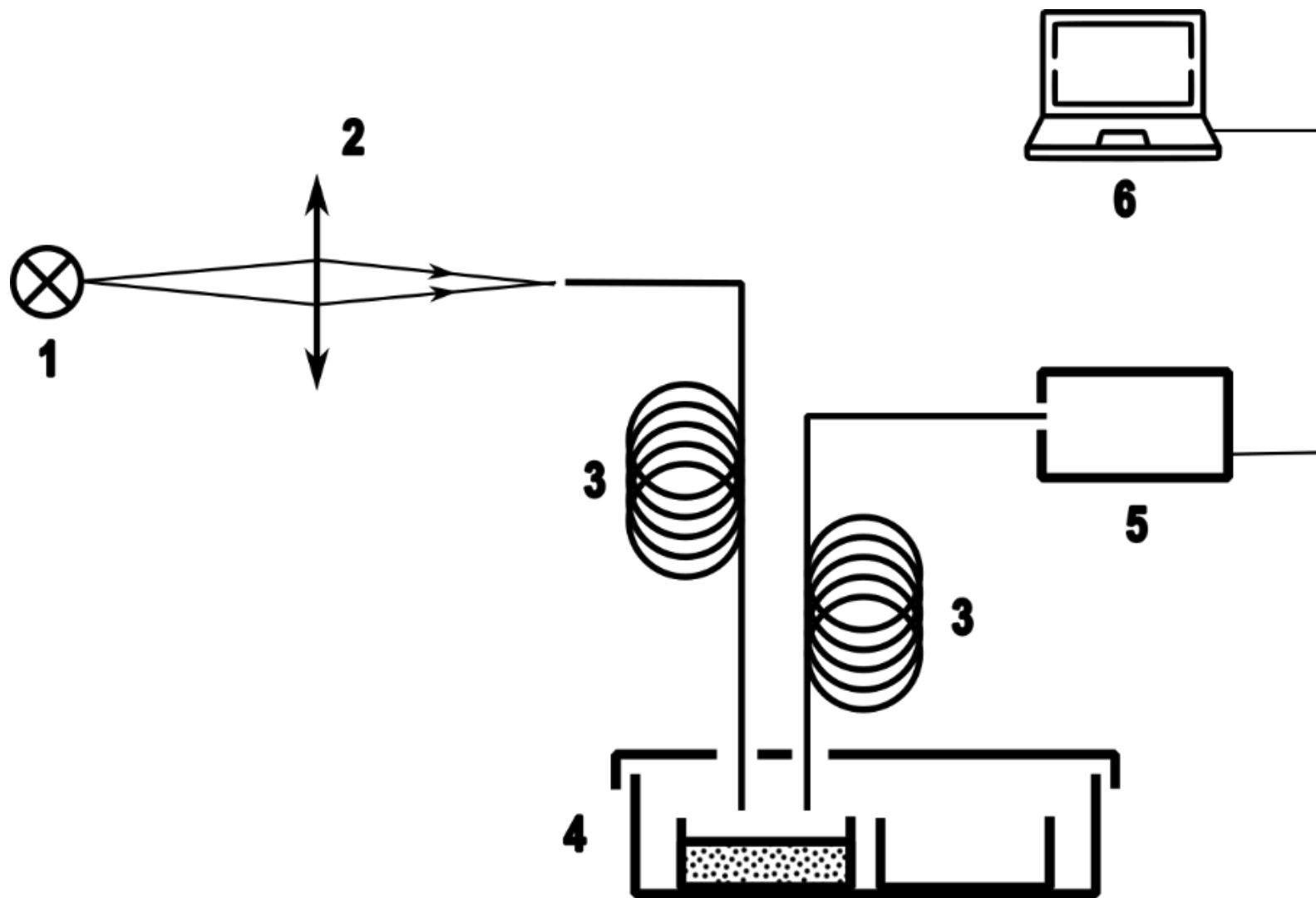
Цель:

Показать возможность использования оптического метода определения температуры кристаллизации.

Задачи:

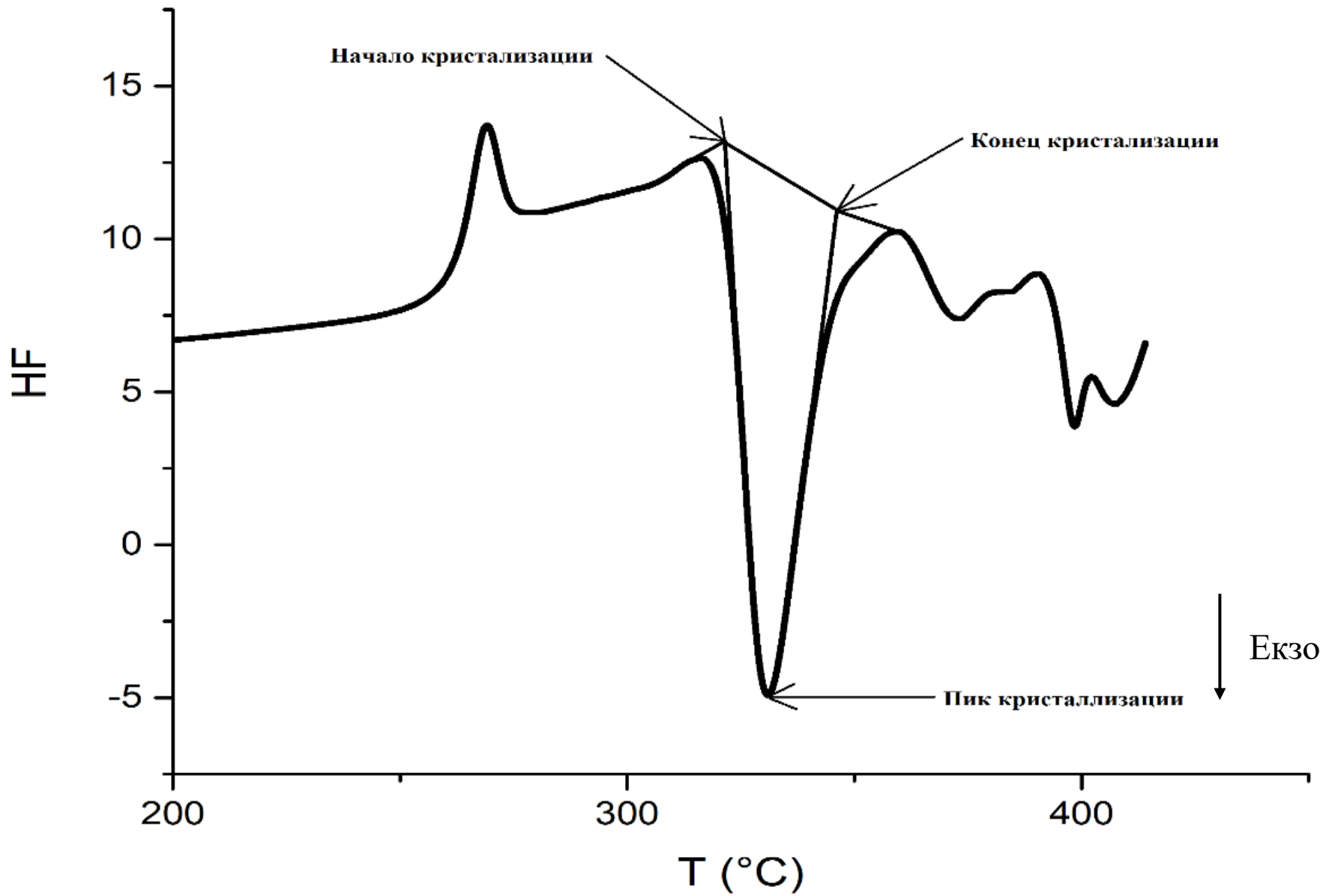
1. Подготовка образцов фторцирконатных стекол для исследования, включающая в себя:
 - измельчение стекла,
 - определение грансостава порошков,
 - определение температур фазовых переходов методом ДСК.
2. Модификация измерительной ячейки ДСК для проведения синхронного анализа (ДСК + рассеяние).
3. Синхронно получение спектров рассеяния лазерного излучения и кривых дск в процессе нагрева фторцирконатного стекла.
4. Анализ и интерпретация результатов, вывод о возможности применения метода рассеяния лазерного излучения для определения температур фазовых переходов (кристаллизация).

Схема установки

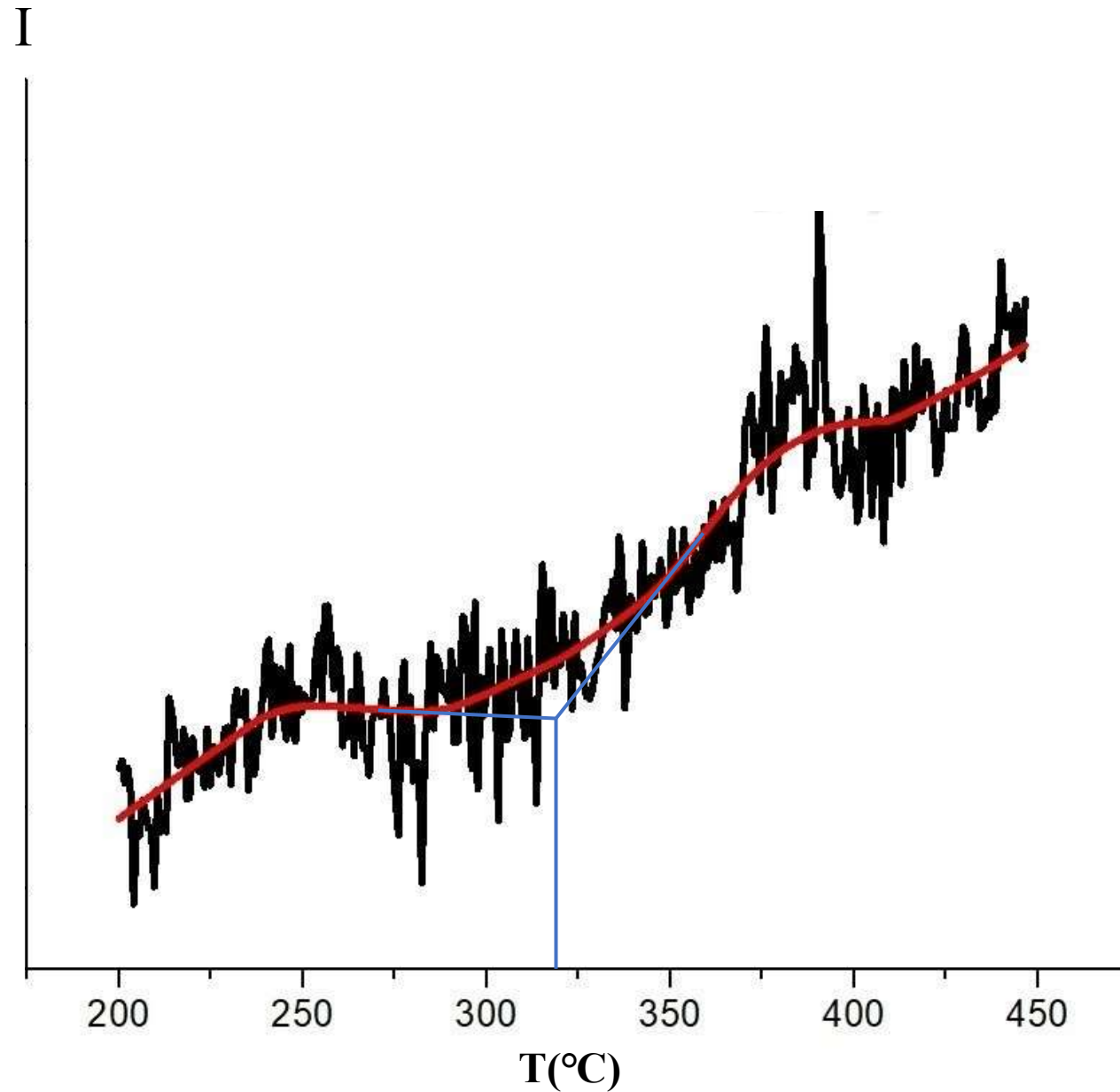


1 – источник излучения (лампа, лазер, светодиод), 2 – система линз, 3 – оптоволокно, 4 – измерительная ячейка ДСК, 5 – спектрометр, 6 - ПК

Кривая ДСК стекла ZBLAN:



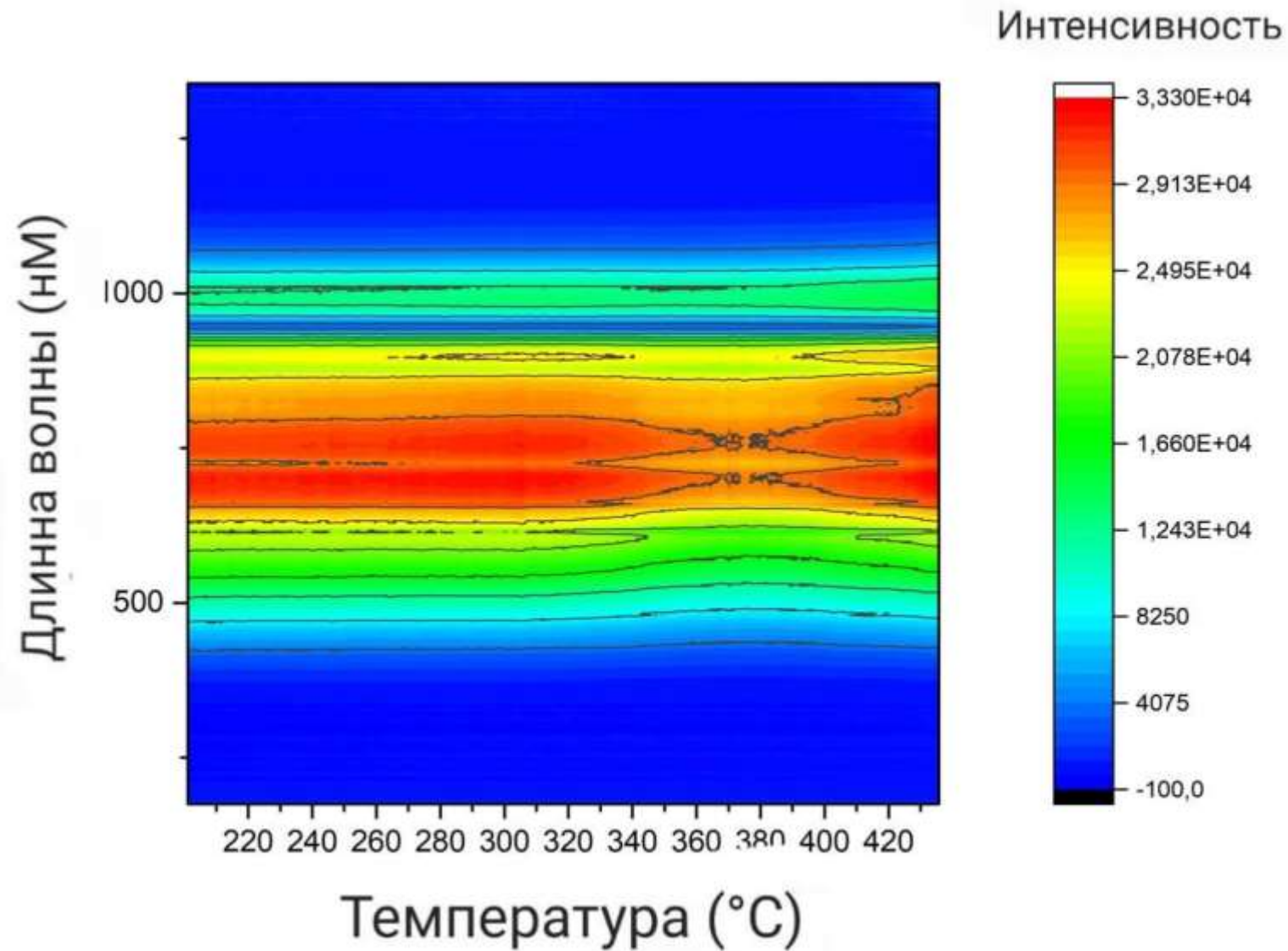
Зависимость интенсивности рассеяния от температуры



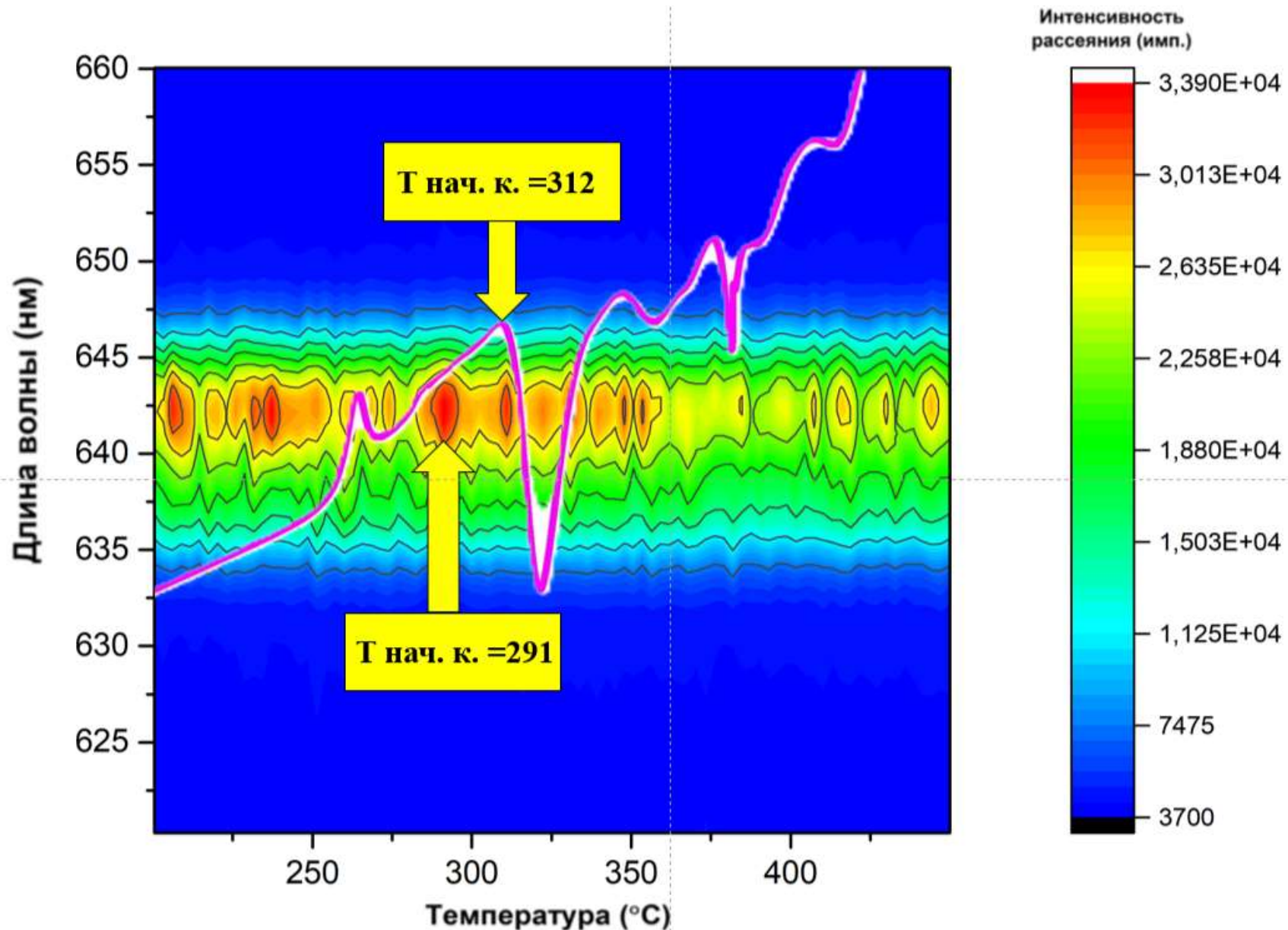
Источник излучения: зеленый лазер

Зависимость интенсивности рассеяния от длины волны и температуры

Источник излучения:
Лампа накаливания

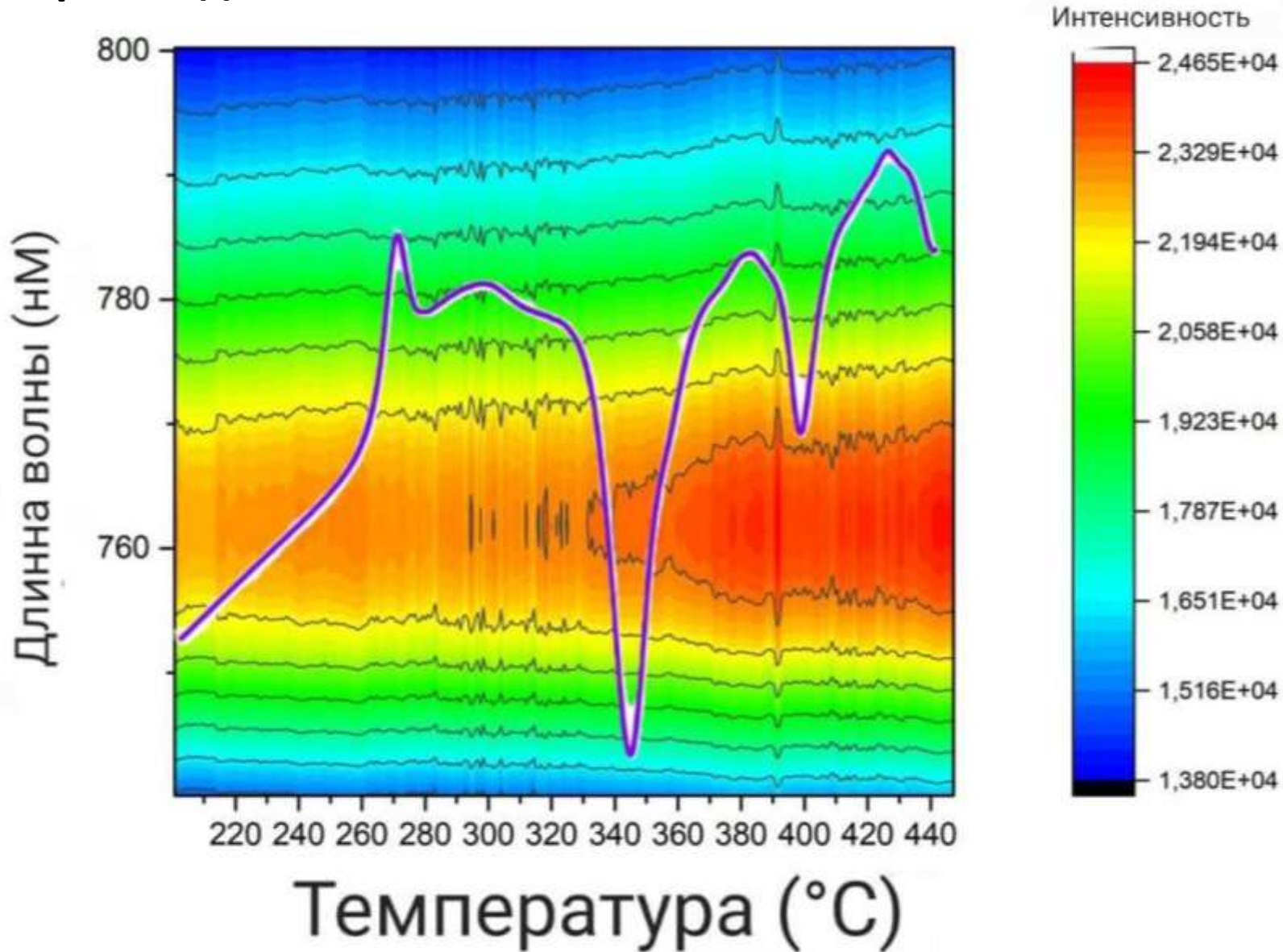


Зависимость интенсивности рассеяния от длины волны и температуры



Источник излучения:
зеленый лазер

Зависимость интенсивности рассеяния от длины волны и температуры и кривая дск

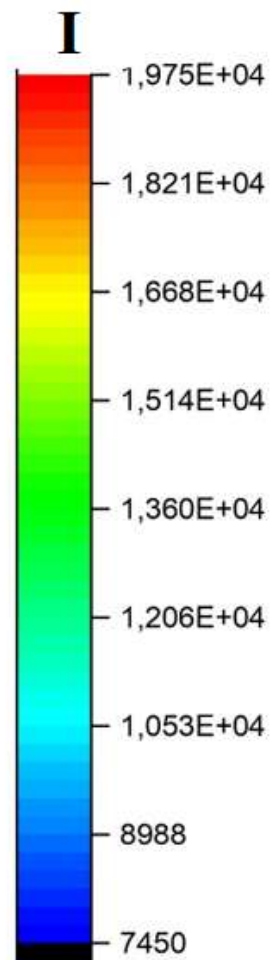
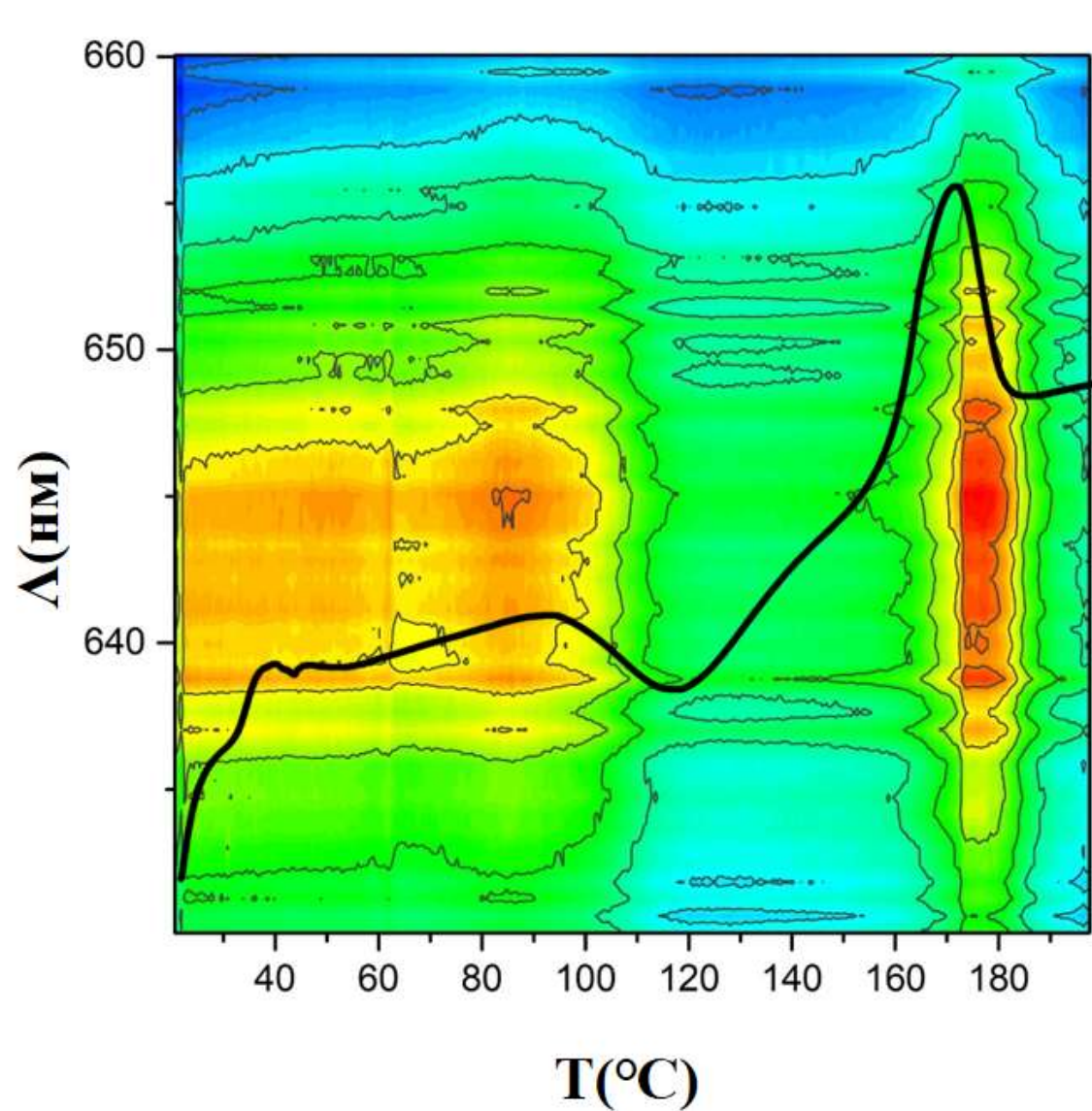


Источник излучения: Лампа накаливания (с фильтрами)

Тнач.кр.=324 °C (по ДСК)

Тнач.кр.=318 °C (по спектру)

Зависимость интенсивности рассеяния от длины волны и температуры (PLA)



Источник излучения:
Светодиод (красный)

$T_{\text{нач.кр.}} = 97 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (по ДСК)

$T_{\text{нач.кр.}} = 86 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (по спектру)

Оценка размеров кристаллитов

$$\alpha = \frac{\frac{4}{3}\pi r_e^2 n_e^2 \lambda_0^4 r^3}{(\lambda^2 - \lambda_0^2)^2},$$

Где α – показатель поглощения ($\alpha = -\ln T/d$) $\alpha = -\frac{-0,709}{0,25} \approx 2,84 \text{ см}^{-1}$

r_e – классический радиус электрона

n_e – концентрация валентных электронов в материале $\approx 10^{22} - 10^{23}$

λ_0 – длина волны фотона, соответствующая ширине запрещенной зоны

λ – рабочая длина волны

r – радиус рассеивающей частицы $r \approx 4-18 \text{ нм}$

Выводы:

1. Показано, что в процессе нагрева фторидного стекла ZBLAN, при приближение к температуре кристаллизации происходит изменение интенсивности рассеяния монохроматического излучения (в 2-4 раза).
2. Рост интенсивности рассеяния излучения связан с Рэлеевским рассеянием на зародышах кристаллической фазы.
3. Определены температуры начала кристаллизации фторидного стекла ZBLAN оптическим методом и методом ДСК.

Спасибо за внимание!