



Характеризация оптических волноводов,
записанных в фосфатном стекле методом
фемтосекундной лазерной записи

Гурьев Д.А., Скрябин Н.Н.

Содержание презентации

- Вступление
- Цели работы
- Объект исследования
- Фемтосекундная лазерная запись
- Эксперимент
- Полученные результаты
- Метод количественной фазовой микроскопии
- Сравнение результатов, полученных разными методами
- Заключение

Цели работы

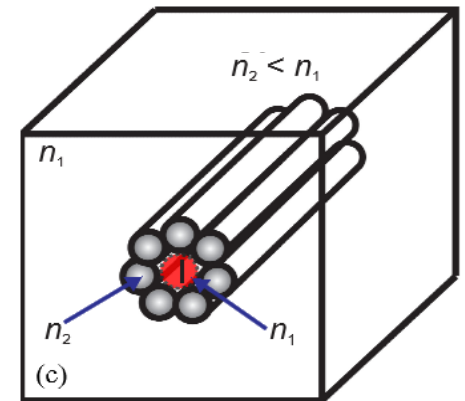
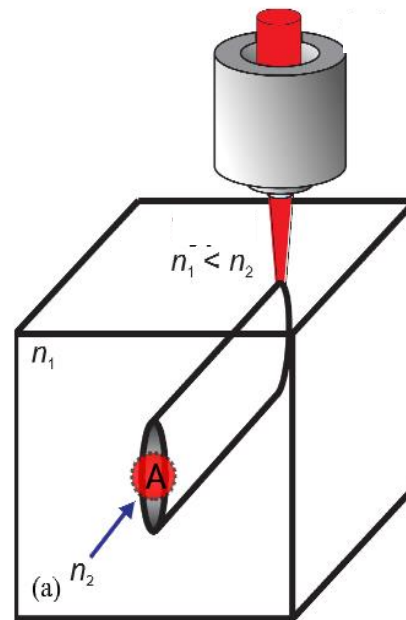
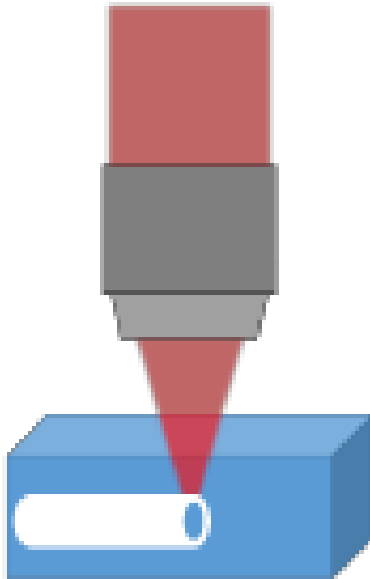
- Исследовать показатель преломления оптических волноводов, записанных в фосфатном стекле с помощью фемтосекундной лазерной записи, методом дальнего поля, а также используя метод количественной фазовой микроскопии (QPM)

Исследуемые объекты

- Исследуемый образец – фосфатное стекло легированное ионами неодима.
- В образце была записана серия единичных волноводов методом фемтосекундной лазерной записи.
- Запись производилась при различных параметрах лазера (частота следования импульсов ($f=100-400$ кГц), энергия импульса ($E=100-400$ нДж, скорость сканирования ($v=1-30$ мм/с)).

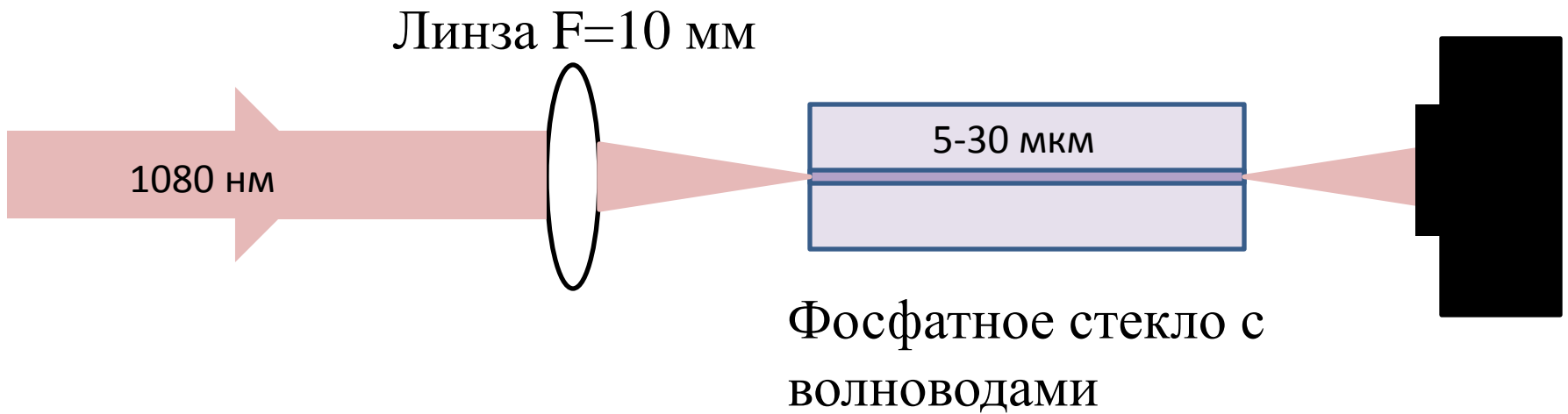
Фемтосекундная лазерная запись (Ultrafast laser inscription)

Принципиальная схема поперечной лазерной записи волноводных структур



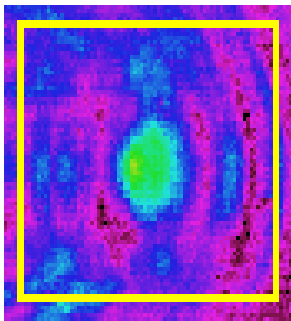
Два типа волноводов: единственный трек (слева), волновод с депрессированной оболочкой (справа)

Экспериментальная установка



Полученные результаты

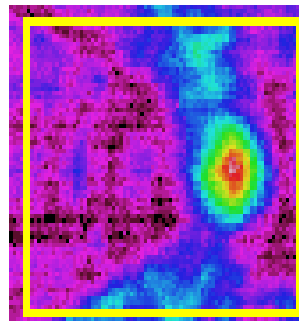
- Лазерное излучение ($\lambda=1080$ нм) вводилось в волноводы и исследовалось излучение, получаемое на выходе из волноводов



$D=0,95$ мм

$\Theta \approx 0.031$ рад

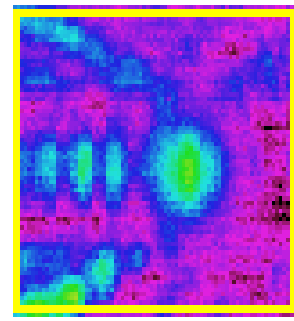
$\Delta n \approx 7 \cdot 10^{-4}$



$D=0,76$ мм

$\Theta \approx 0.025$ рад

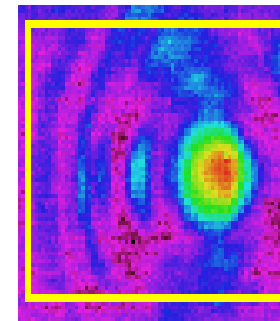
$\Delta n \approx 4 \cdot 10^{-4}$



$D=1,01$ мм

$\Theta \approx 0.034$ рад

$\Delta n \approx 8 \cdot 10^{-4}$



$D=0,91$ мм

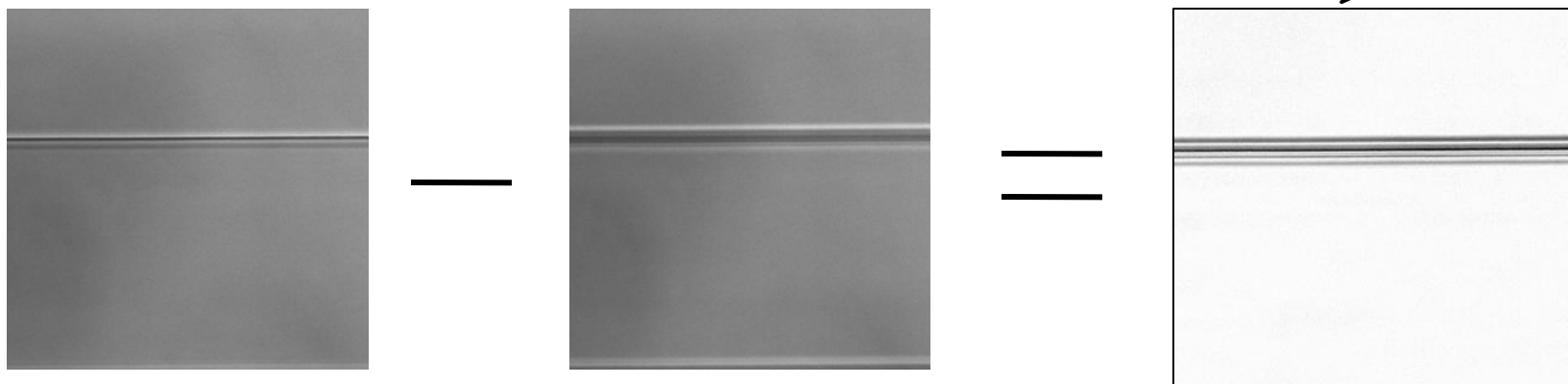
$\Theta \approx 0.030$ рад

$\Delta n \approx 6 \cdot 10^{-4}$

Метод количественной фазовой микроскопии (QPM)

Данный метод основан на решении транспортного уравнения для интенсивности

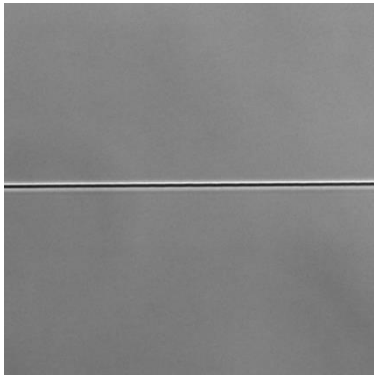
$$-k \frac{\partial I(r_{\perp}, 0)}{\partial z} = \nabla_{\perp} \cdot [I(r_{\perp}, 0) \cdot \nabla_{\perp} \varphi(r_{\perp}, 0)]$$



Фазовые изображения волновода
вне фокуса

Метод количественной фазовой микроскопии (QPM)

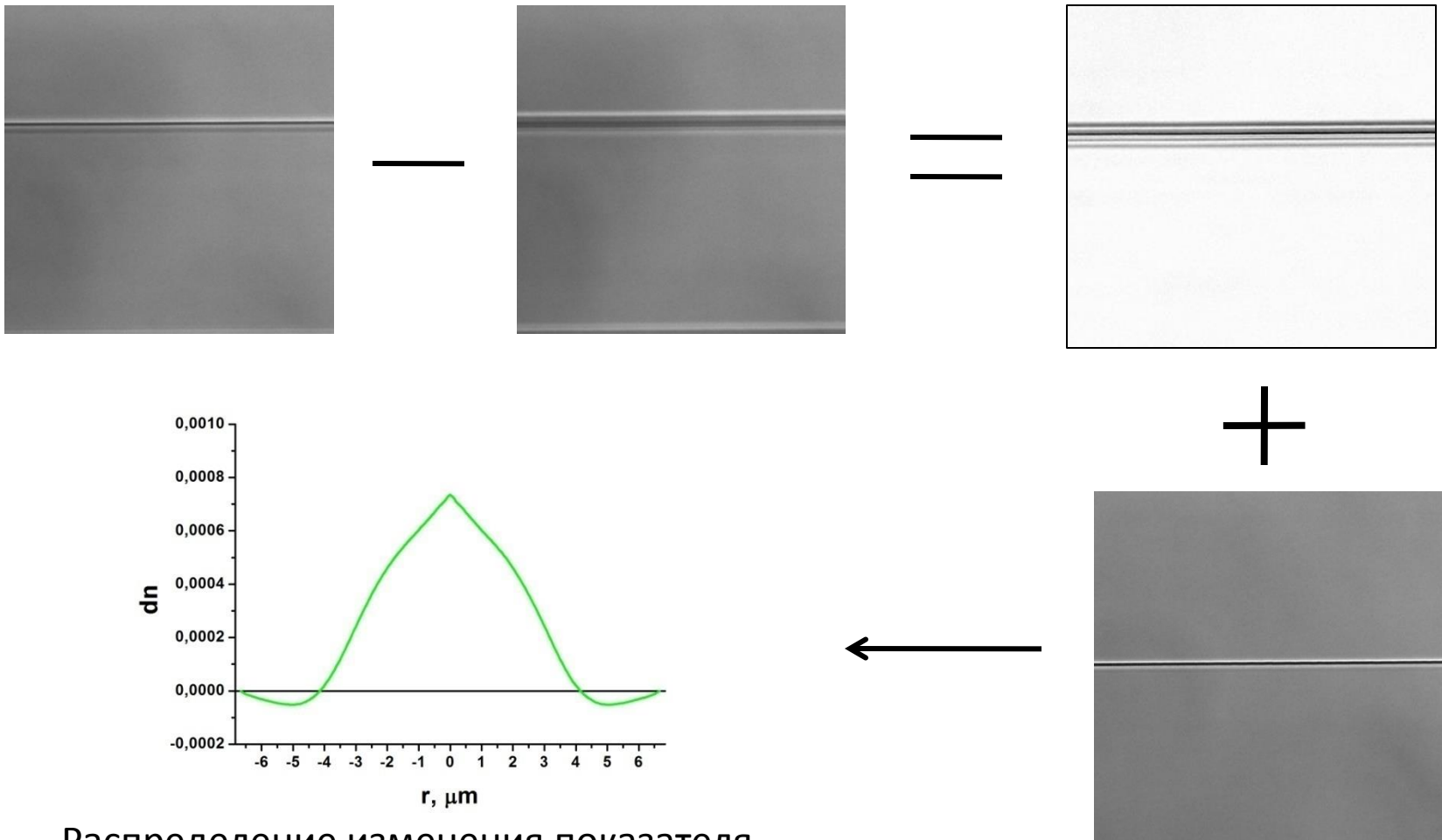
$$-k \frac{\partial I(r_{\perp}, 0)}{\partial z} = \nabla_{\perp} \cdot [I(r_{\perp}, 0) \cdot \nabla_{\perp} \cdot \varphi(r_{\perp}, 0)]$$



Искомое распределение набега фазы

Фазовое изображение волновода в фокусе

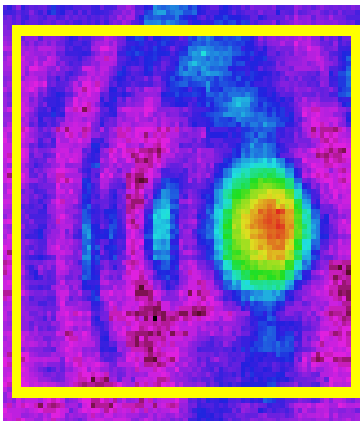
Результаты, полученные методом QPM



Распределение изменения показателя преломления

Сравнение результатов, полученных разными методами

Метод дальнего поля

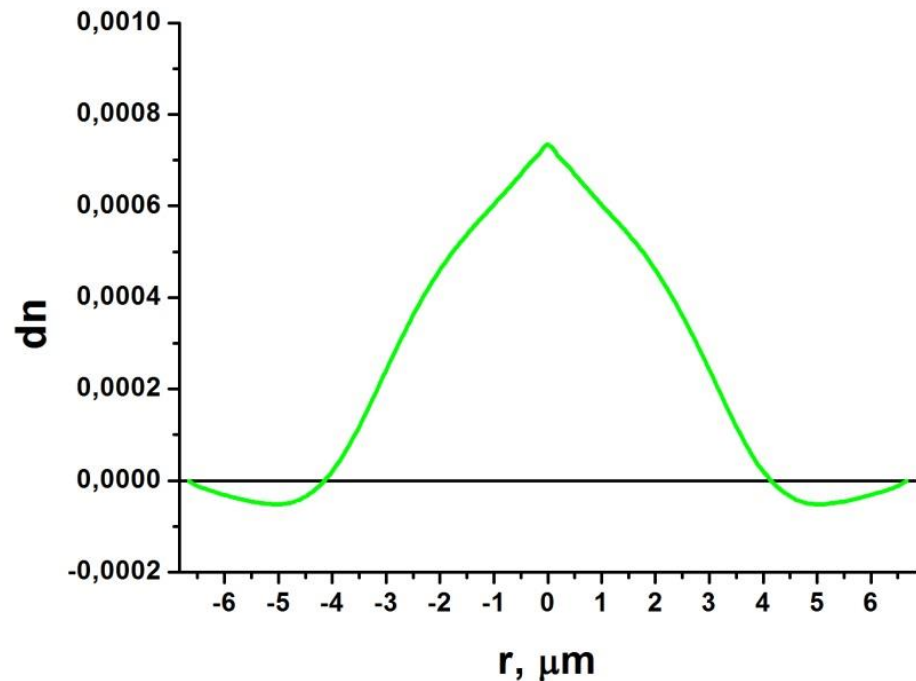


$D=0,91$ мм

$\Theta \approx 0.030$ рад

$\Delta n \approx 6 \cdot 10^{-4}$

Метод QPM



$\Delta n \approx 8 \cdot 10^{-4}$

Заключение

- Было осуществлено введение сигнального лазерного излучения в единичные волноводы, записанные фемтосекундным лазером
- Методом дальнего поля было оценено значение изменения показателя преломления
- Для того чтобы определить профиль распределения показателя преломления был использован метод QPM
- Полученные значения Δn двумя методами дают хорошее соответствие между собой

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!