

# **Узкополосный волоконный иттербиевый лазер с самосканированием частоты в широком диапазоне**

Иван Лобач, Сергей Каблуков,  
Евгений Подивилов, Сергей Бабин

Институт автоматики и электрометрии СО РАН,  
Лаборатория волоконной оптики

Всероссийская конференция по волоконной оптике  
г.Пермь, 12-14 октября 2011г.

# Сканирующие лазеры

## Применение лазеров со сканированием частоты:

- ✦ Опрос волоконных сенсорных систем на основе ВБР
- ✦ Оптическая когерентная томография
- ✦ Частотная рефлектометрия
- ✦ Научные исследования

## Краткая история:

Для реализации сканирования частоты обычно применяются внешние элементы - перестраиваемые фильтры, решетки и т.д.

Без специальных внешних элементов -> **самосканирование**

Впервые эффект наблюдался в **рубиновом лазере** (Hughes, Young, 1962)

Позднее эффект был изучен и исследован (Анциферов и др., 1973)

0.07нм

Подобный эффект **не** наблюдался в **волоконном лазере** до недавнего времени:

✦ Уб волокно *GTWave* со сколотыми торцами (Кирьянов, Ильичев, 2011)

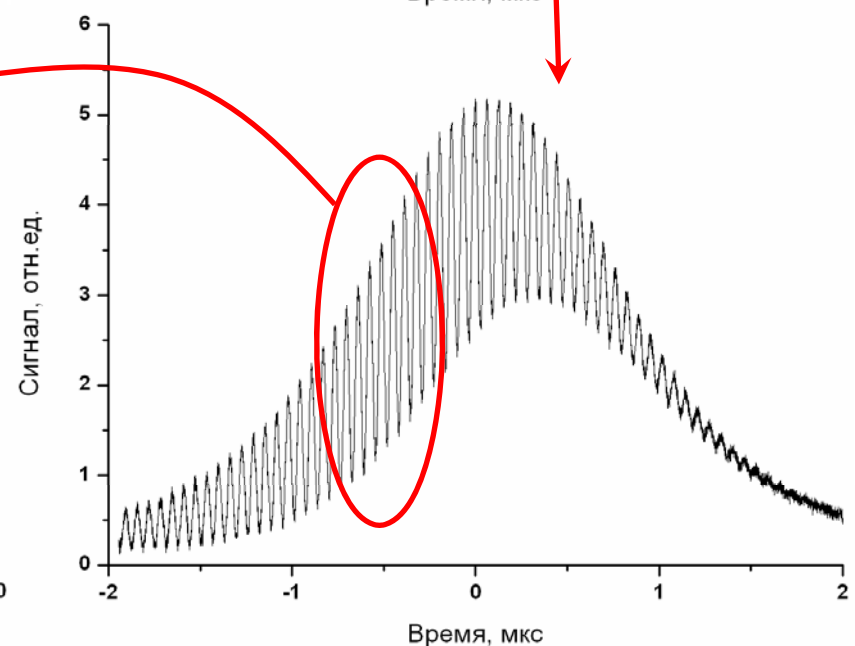
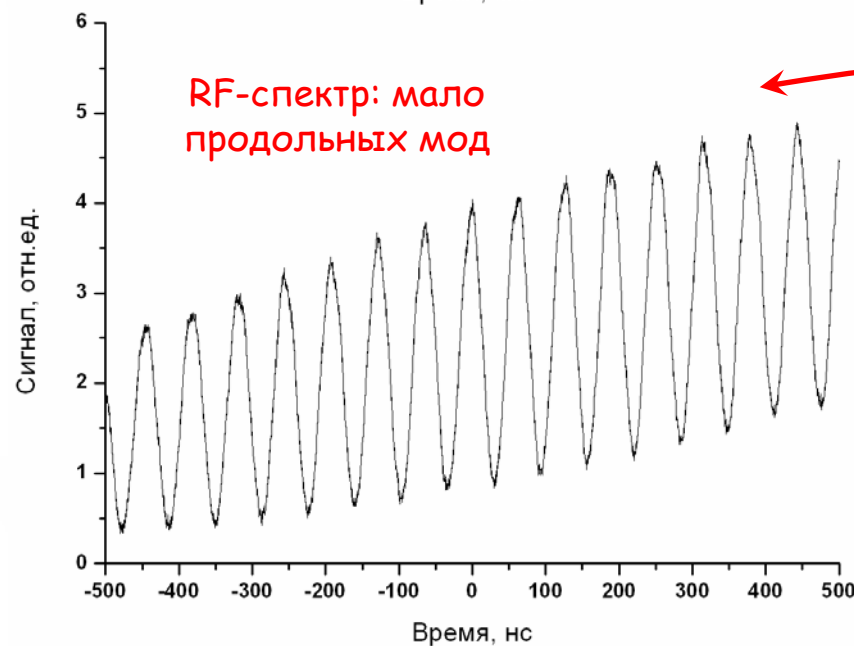
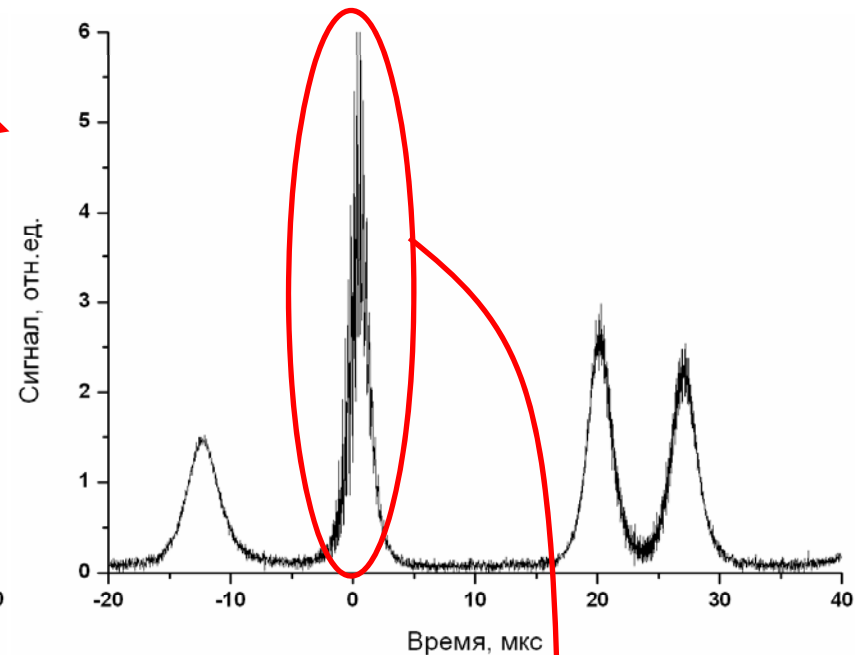
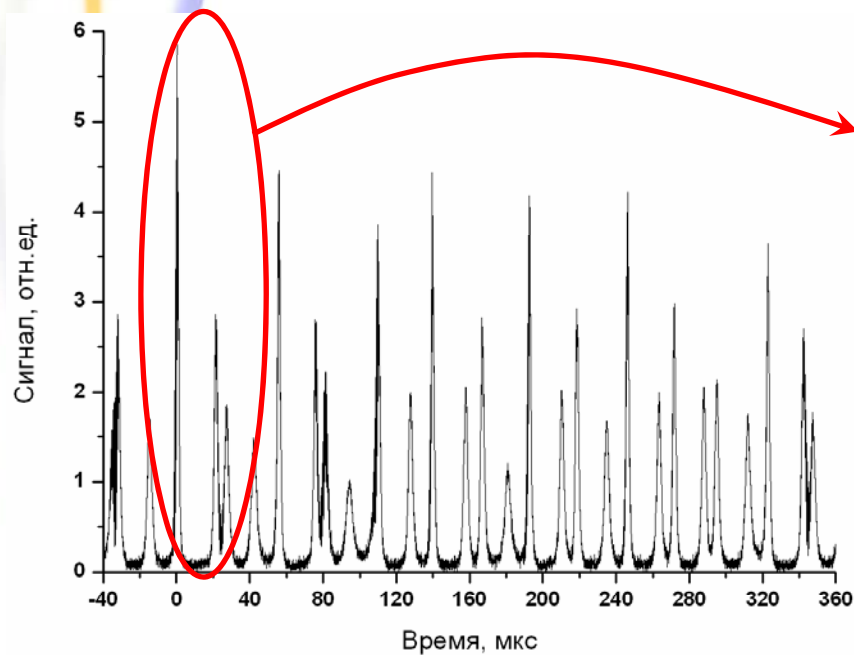
7нм

✦ Уб волокно с двойной оболочкой и ВБР (Мыт, 2011)

16нм

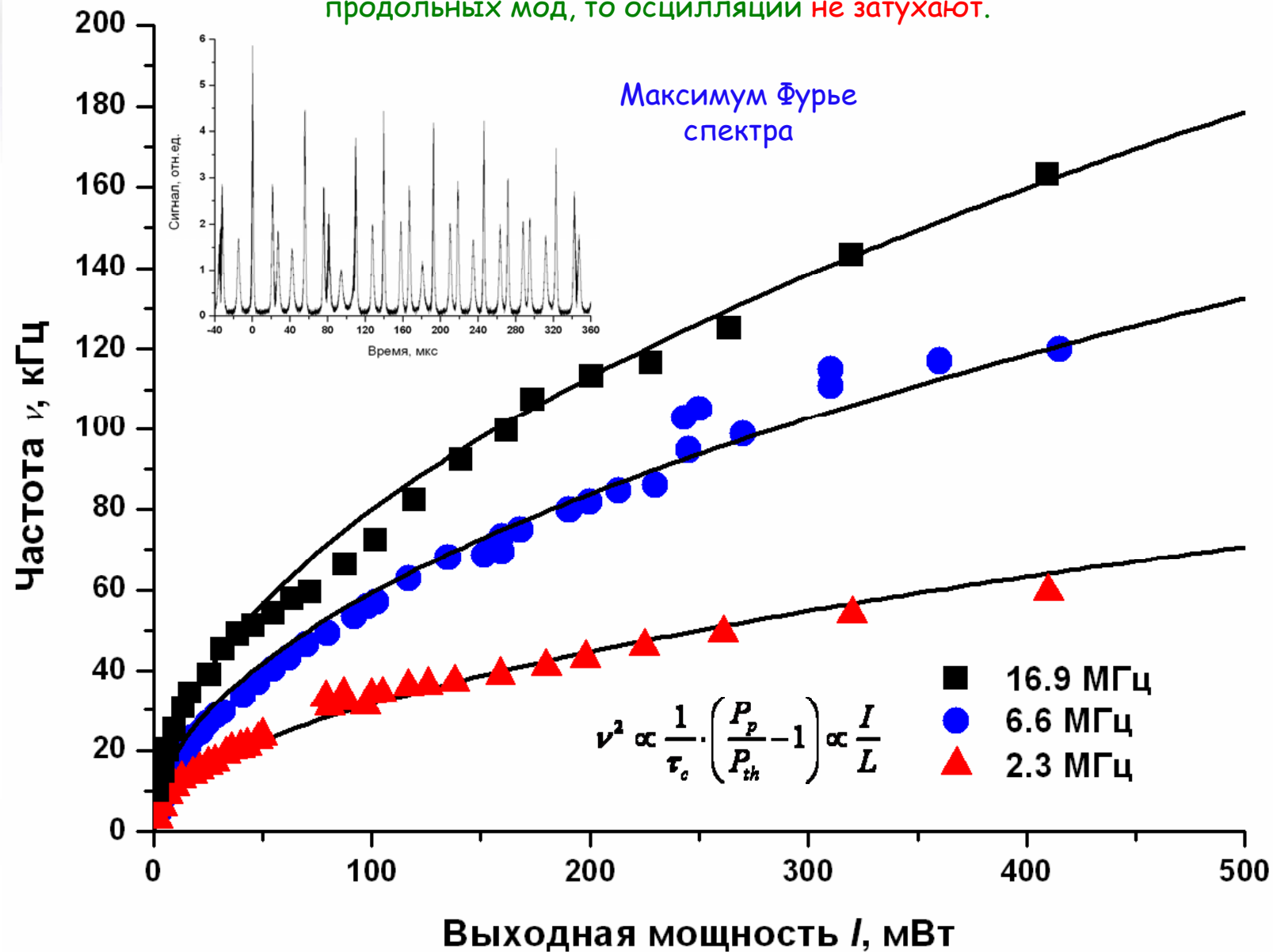


# Самопульсации

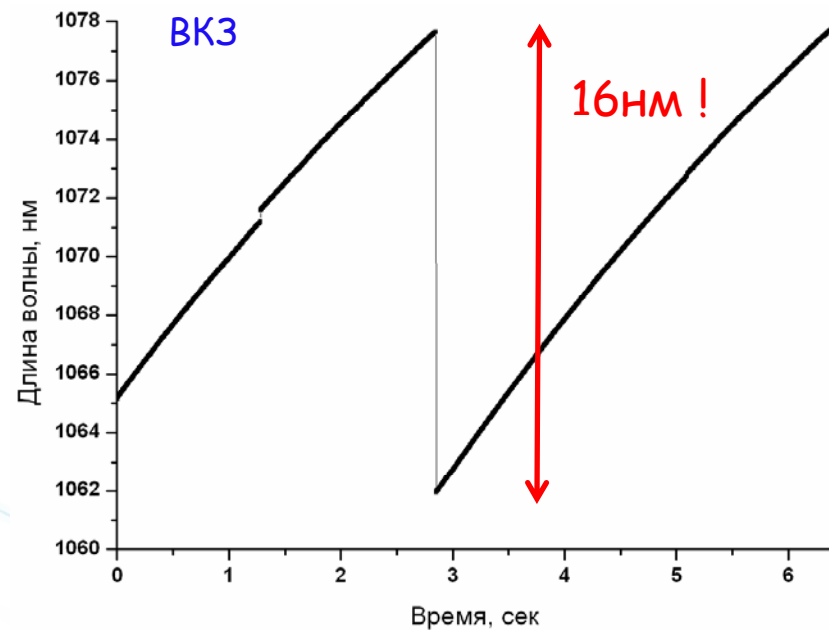
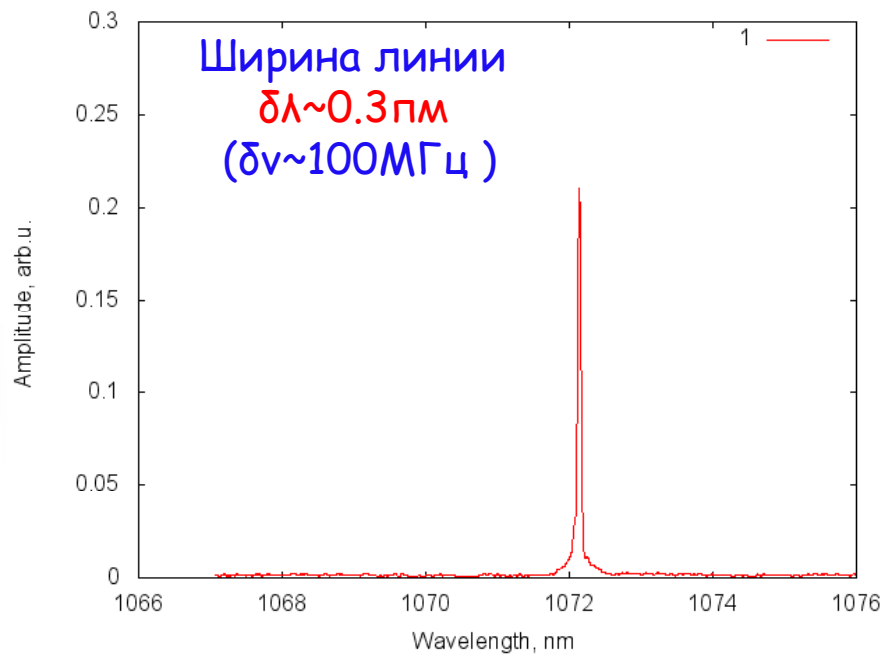
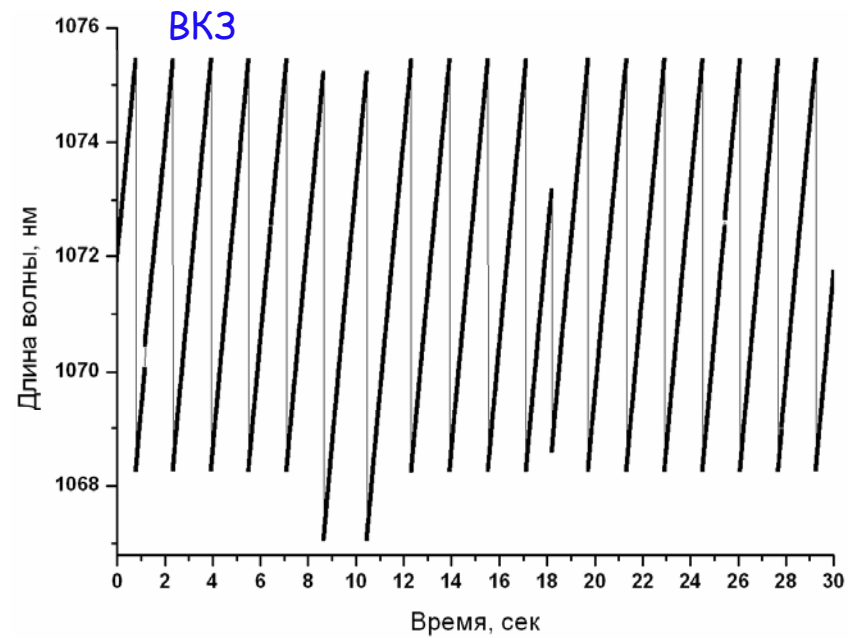
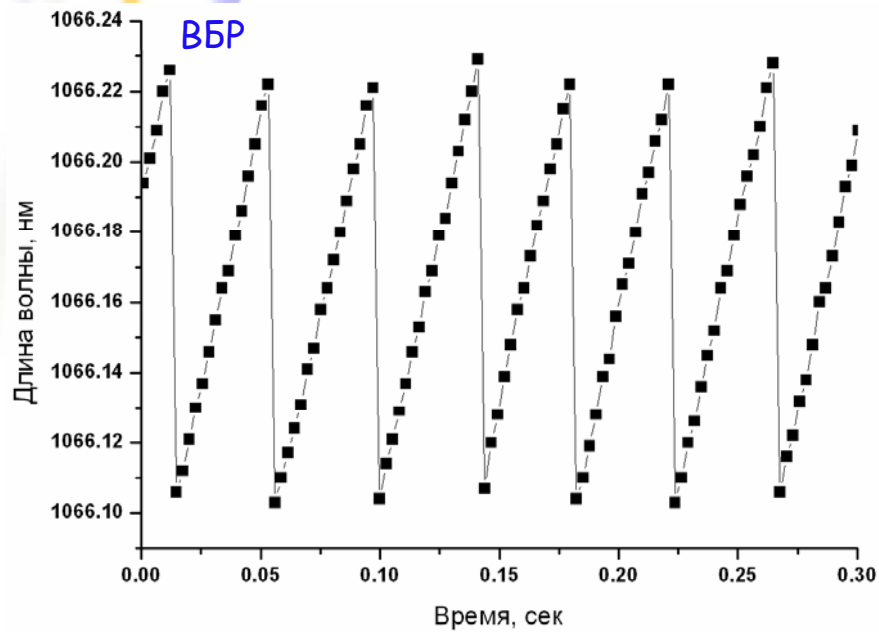


# Самопульсации

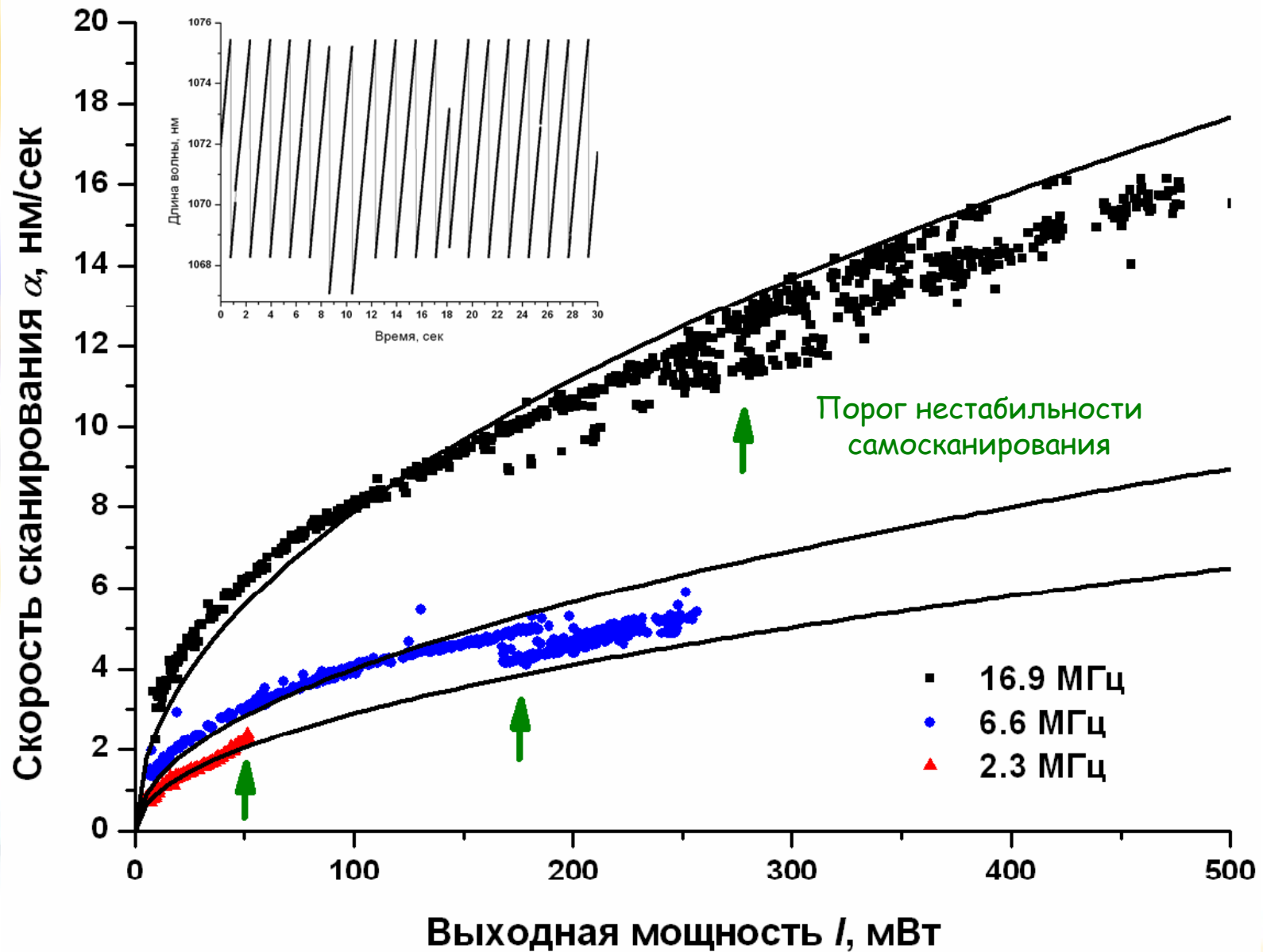
Если от импульса к импульсу генерируется разный набор продольных мод, то осцилляции **не затухают**.



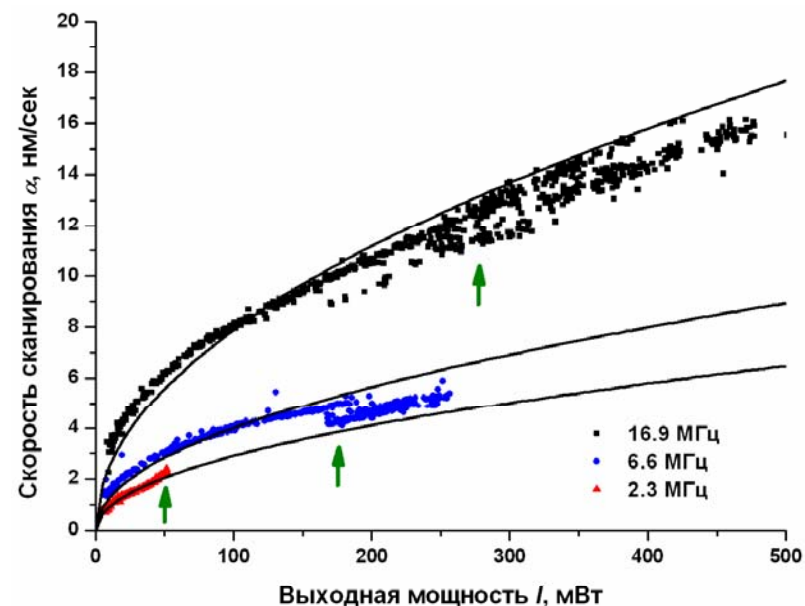
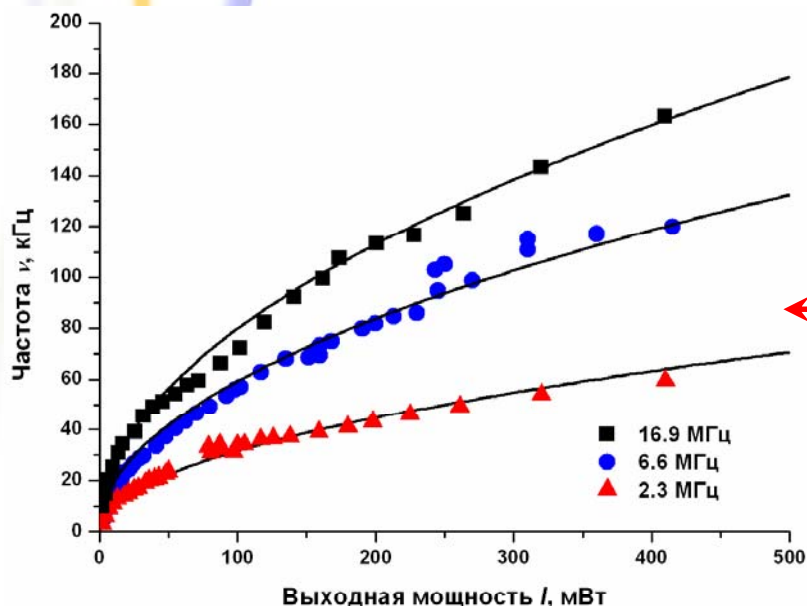
# Режим сканирования частоты



# Скорость сканирования



# Обсуждения результатов



+ самосканирования не наблюдалось без самопульсаций

1) Режим самосканирования является следствием режима самопульсаций

Мгновенная ширина сканирующей линии  $\delta\lambda \sim 0.3 \text{ пм}$   
+ Релаксационные колебания не затухают

2) Генерация происходит на небольшом количестве продольных мод



# Пространственное выжигание дыр

Для простоты: Во время одного импульса в лазере существует одна продольная мода

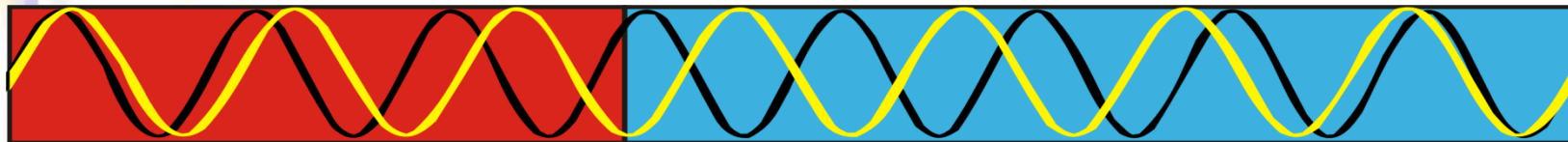
Волновой вектор  $k_m = \frac{2\pi}{\lambda} + \frac{\pi}{L}m$        $L$  - длина резонатора  
 $m$  - номер моды

Дыры в коэффициенте усиления:  $g_m(x) = -2g_m^0 \sin^2(k_m x) = -g_m^0 + \boxed{g_m^0 \cos(2k_m x)}$

Время жизни решетки:  $\tau_0 \sim 1\text{мс}$

Амплитуда решетки:  $\frac{g_m}{g} \sim \frac{T}{\tau_0} \frac{I}{I_s} \sim 0.01$

Время жизни моды:  $T = 1/\nu_{\text{ордлл}} \sim 10\text{мкс}$



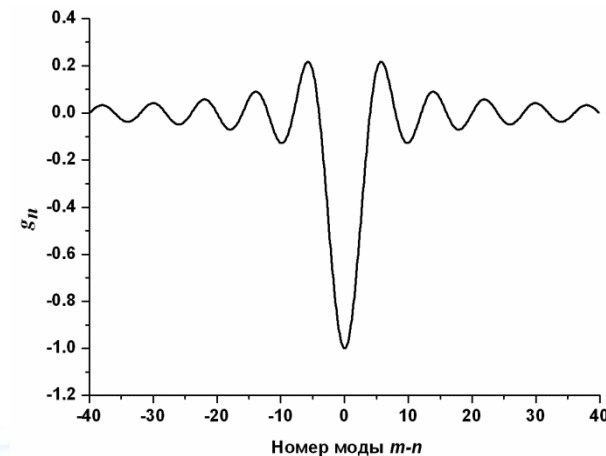
Активная среда

Пассивная среда

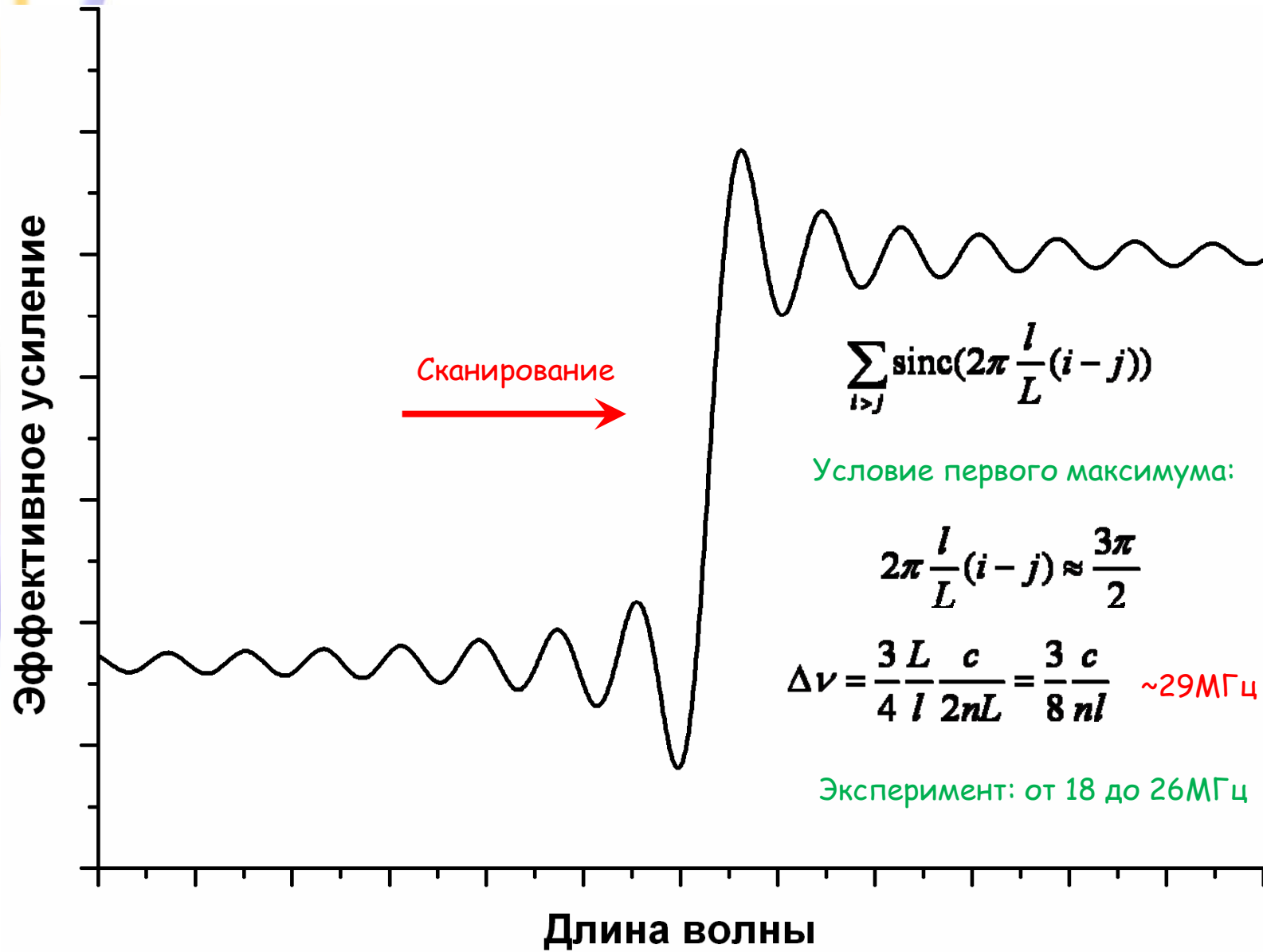
Эффективный коэффициент усиления для моды  $n$  в присутствии моды  $m$ :

$$g_n \propto \int_0^l \cos(2k_m x) \cdot \cos(2k_n x) dx \approx -\frac{l}{2} \text{sinc}\left(2\pi \frac{l}{L}(m-n)\right)$$

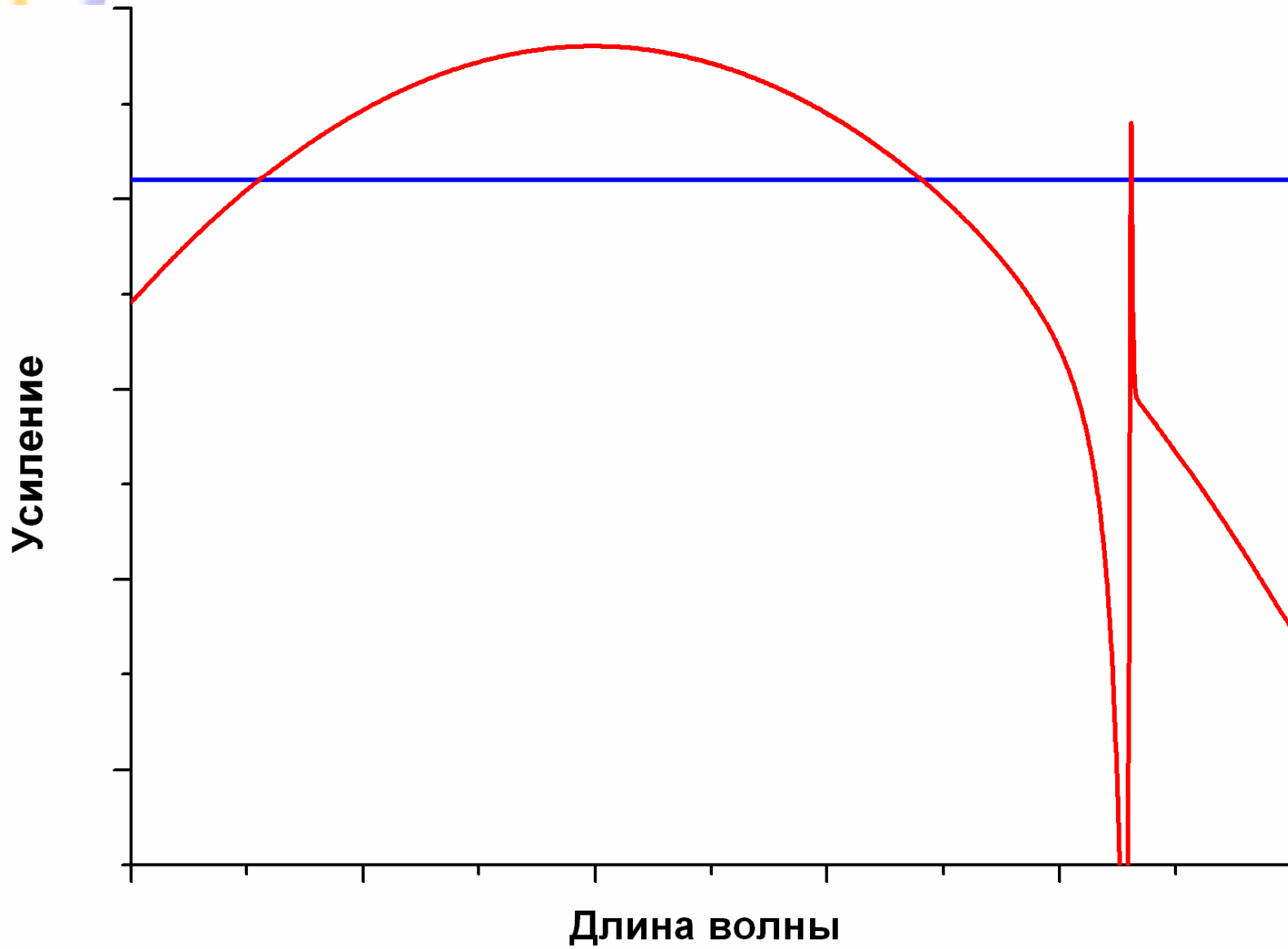
$l$  - длина активной среды



# Пространственное выжигание дыр



# Самосканирование



# Результаты

- ✦ Экспериментально показан новый эффект узкополосного ( $\delta\lambda \sim 0.3 \text{ пм}$ ) самосканирования частоты в волоконном иттербиевом лазере.
- ✦ Получена перестройка длины волны 16 нм.
- ✦ Установлено, что генерация происходит на небольшом количестве продольных мод.
- ✦ Показано, что эффект самосканирования связан с эффектом самопульсаций.
- ✦ Предложена модель динамики лазерной частоты, основанная на пространственном выжигании дыр и контуре усиления иттербия.
- ✦ Оценки для сдвига частоты между импульсами 29 МГц согласуются с экспериментальными данными 18-26 МГц.

# **Узкополосный волоконный иттербиевый лазер с самосканированием частоты в широком диапазоне**

**Спасибо за внимание!**

**Иван Лобач**

**E-mail: [ivan.lobach@gmail.com](mailto:ivan.lobach@gmail.com)**