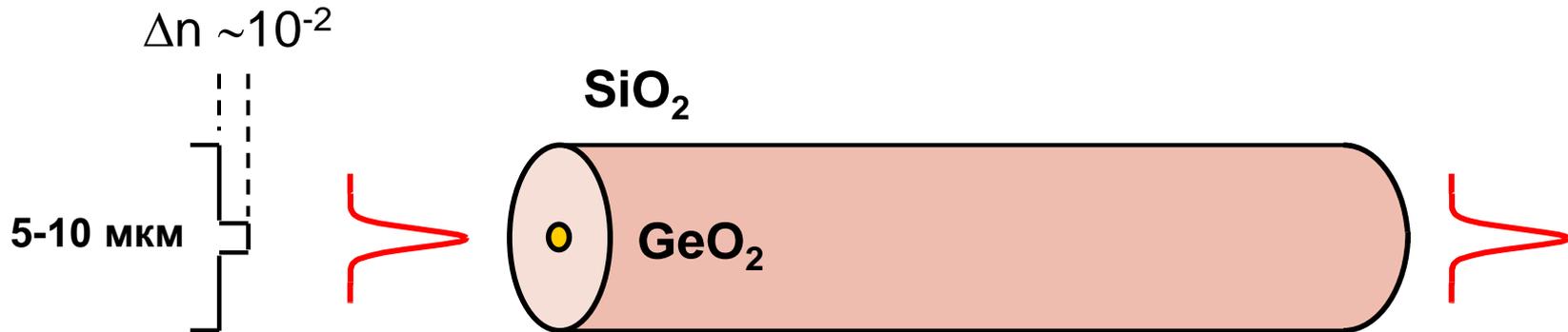




Теория новых режимов генерации в волоконных лазерах

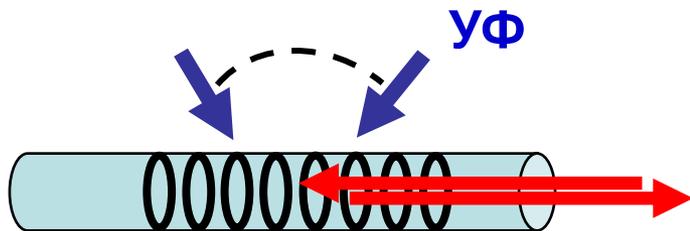
Е.В.Подивиллов
лаборатория фотоники

Оптическое волокно



- Распространение на большие расстояния (**0,2 дБ/км – Рэлей**)
- Эффективный теплоотвод, качество пучка
- Высокая интенсивность x большая длина **1Вт x 100км**
- Нелинейные эффекты: **ВКР, ВРМБ, ЧВС, ...**
- Фоточувствительность: **ВБР- периодическая структура $n(z)$**

период $\Lambda=300-500\text{нм}$



$$\lambda_{\text{Bragg}} = 2 \cdot n_{\text{eff}}(T) \cdot \Lambda(T, \varepsilon)$$

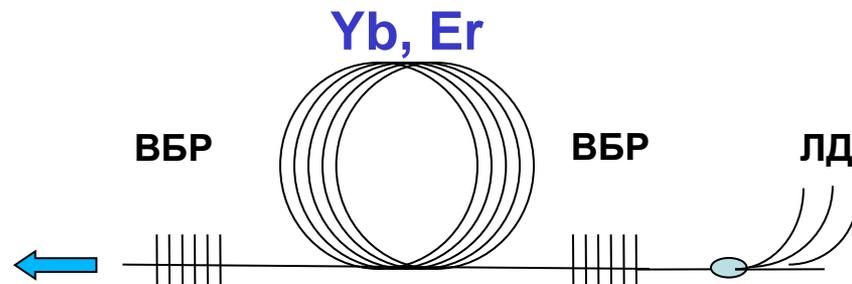
датчики и лазерные зеркала

Волоконные лазеры



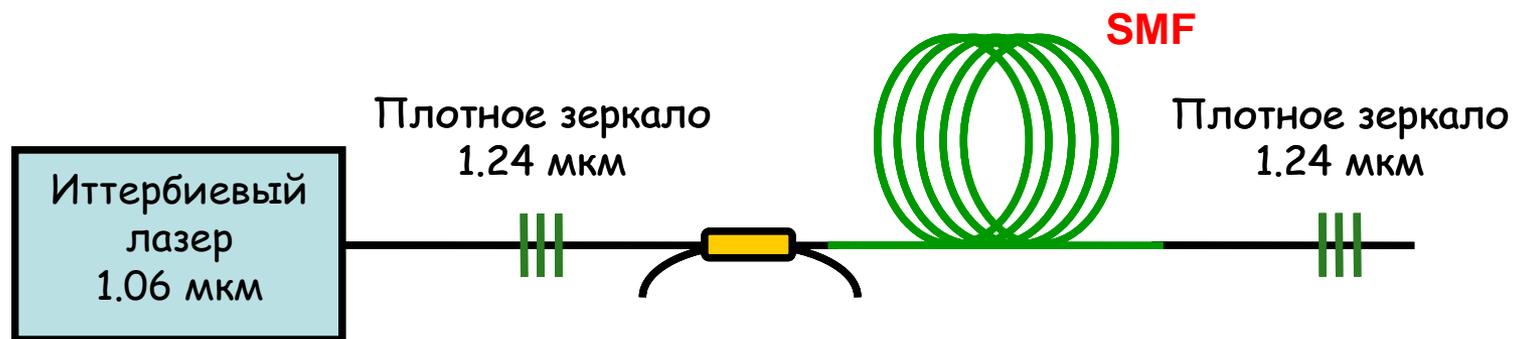
Волоконные лазеры

- не требуется юстировка зеркал
- высокая эффективность (~70%) и стабильность генерации
- высокое качество пучка ($M^2 \sim 1$)



волоконные ВКР – лазеры

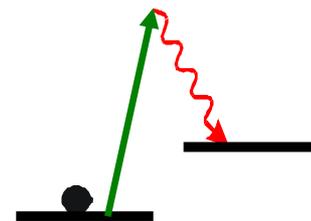
генерация в широком диапазоне спектра 1,1 - 1,7 мкм



Dianov E.M. et al. *Electr. Lett.* 33, 236 (1997).

Квант. электр. 35, 1083 (2005)

ВКР- усиление:
 $g \sim 1$ дБ/(км Вт)



Форма спектра ВКР-лазера



$$i(\partial_z - \hat{g})\psi_+ = \beta\partial_t^2\psi_+ + \frac{\gamma}{2}\psi_+|\psi_+|^2, \text{ обобщ. НУШ}$$

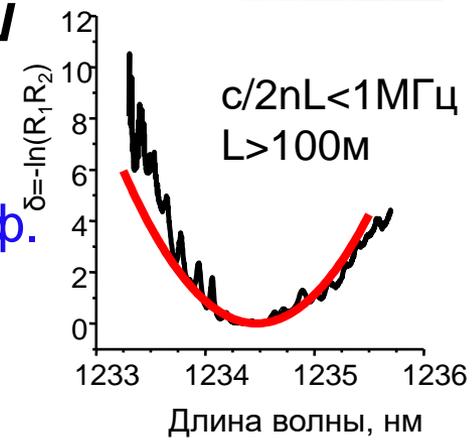
$$I(\Omega) = \frac{2I_0}{\pi \Gamma \cosh(2\Omega/\Gamma)}$$

где $\Gamma \sim \sqrt{2\mathcal{M}/\beta_2}, \Omega_{FBG}\mathcal{M}L$

$N \sim 10^6$ мод

4ВС+дисперсия = с.ф.

Слабая волновая турбулентность

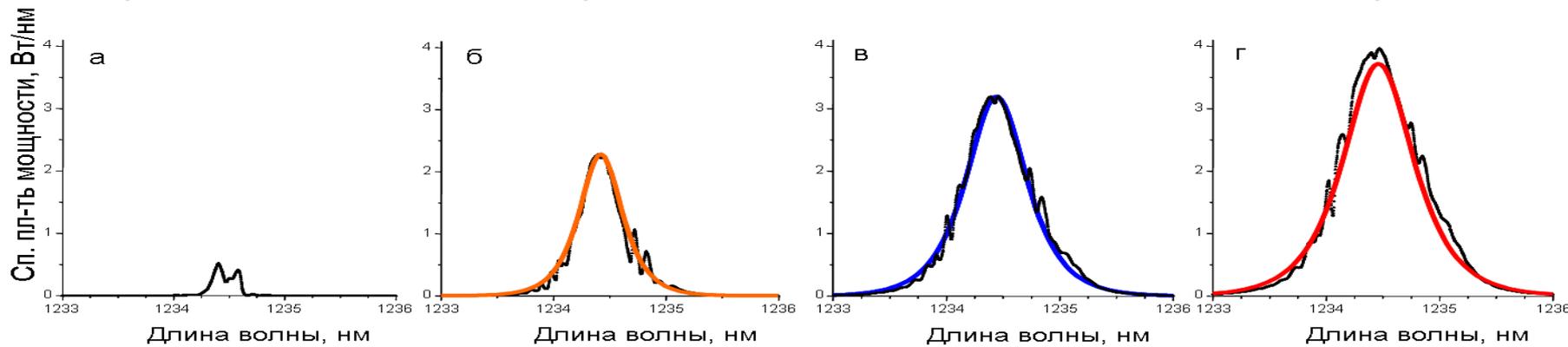


$P_0 = I_0 S = 0,4 \text{ W}$

$P_0 = 1 \text{ W}$

$P_0 = 2 \text{ W}$

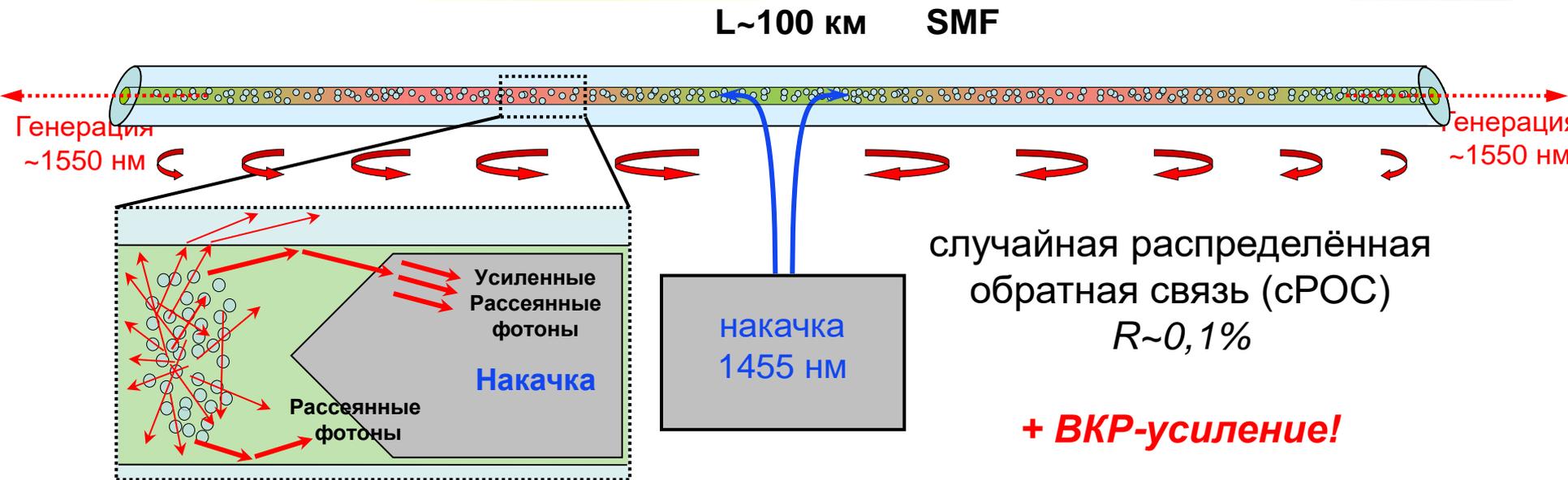
$P_0 = 3 \text{ W}$



Babin S.A., Churkin D.V., Ismagulov A.E., Kablukov S.I., Podivilov E.V. *Opt. Lett.* 2006; *JOSA B* 2007. > 250
 Kablukov S, Zlobina E., Podivilov E., Babin S. *Opt.Lett.* 2012 Output spectrum of Yb-doped fiber lasers > 60

Без подгоночных параметров!

Генерация без зеркал



- Убираем точечные отражатели (ВБР, торцы, соединения, ...)

Волоконный лазер без резонатора

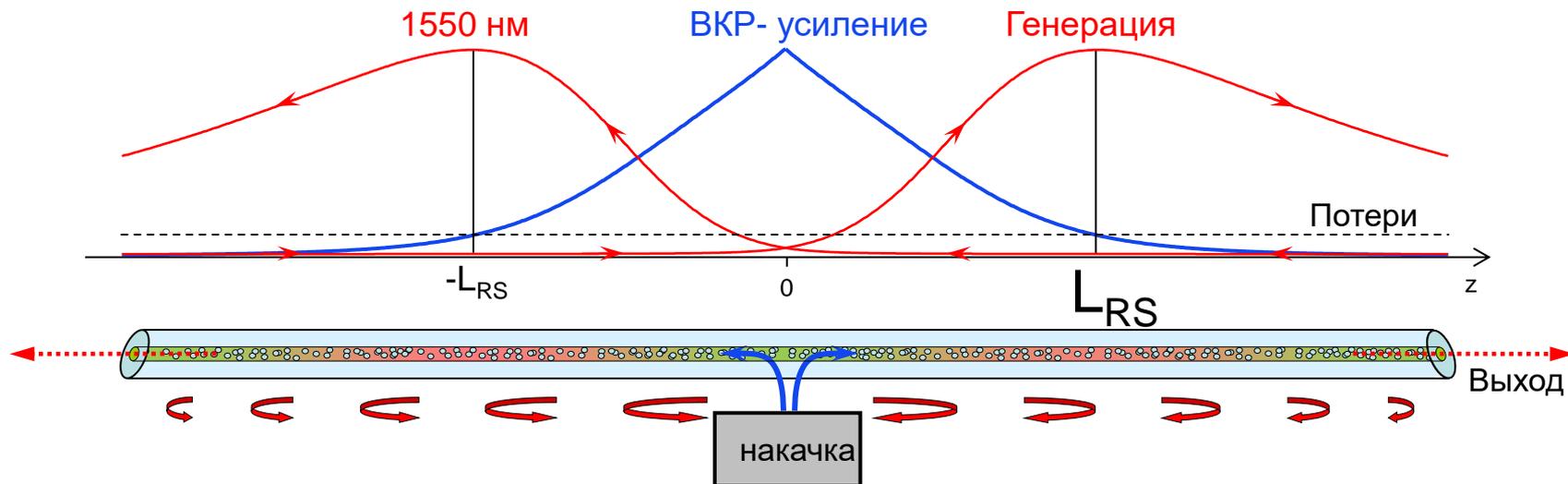
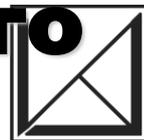
||

1-мерный «случайный» (random) лазер:

Усиление – ВК Рассеяние. Обратная связь – Рэлеевское Рассеяние.

лазерная генерация?

Механизм генерации Релеевого ВКР лазера



Баланс

$$g_R P_0 \exp(-\alpha_p L_{RS}) = a$$

Оценка L_{RS}

$$L_{RS} = \frac{1}{\alpha_p} \ln\left(\frac{g_R P_{th}}{\alpha}\right) \approx 35 \text{ км} \quad L \sim 2 L_{RS}$$

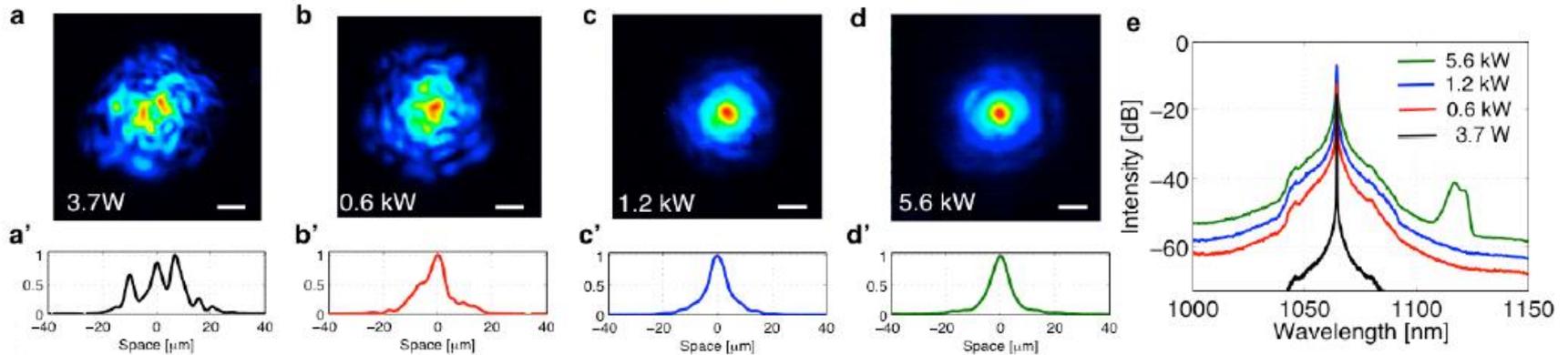
Порог

$$P_{th} = 2 \frac{\alpha}{g_R} \left(1 + \ln\left(\frac{g_R P_{th}}{\alpha}\right) \right) + \frac{\alpha_p}{g_R} \ln\left(\frac{1}{Q} \sqrt{\frac{\alpha_p}{\pi \alpha}}\right) \approx 1.8 \text{ Вт}$$

Turitsyn S. et al, Nature Photonics 2010 > 1000

Построена теория многокаскадных без зеркальных лазеров
Описаны спектры таких лазеров

Самоочистка светового пучка в **МНОГОМОДОВОМ** оптоволокне вследствие термализации фотонов



Собственные моды линейной задачи выражаются через полиномы Лагерра (аналогия с двумерным параболическим потенциалом в квантовой механике)

$$\Psi(\zeta, \vec{\rho}) = \sum_{m,p=0}^{\infty} B_{p,m}(\zeta) U_{p,m}(\vec{\rho}) e^{i(n+1)\zeta}$$

$$U_{p,m}(\vec{\rho}) = N_{p,m} \rho^{|m|} L_p^{|m|}(\rho^2) e^{-\rho^2/2} e^{im\phi}$$

Константы распространения (продольный импульс мод) эквидистантны:
 $K_n = K_0 - \Delta n$,
 где $n = 2p + |m|$ - главное квантовое число

Общий вид термодинамически равновесного распределения

$$|B_{p,m}(\Omega)|^2 \sim \frac{1}{\mu + \omega - \nu n - \Omega m}$$

Спасибо за внимание!



Публикационная активность
И уровень результатов:
3 монографии,
>200 статьи с суммарным
индексом цитирования >7000 и
индексом Хирша 42 (Scopus)