

А.С.Козлов (5 курс, каф. квантовой электроники), М.П.Петров, д. ф-м.н., проф.

## ЭФФЕКТ КЕРРА В ВОЛОКОННОМ ПОЛЯРИЗАЦИОННОМ КОНТРОЛЛЕРЕ ВОЛОКОННОГО ЛАЗЕРА

Развитие волоконной техники привело к созданию усилителей и генераторов светового диапазона, рабочим телом в которых является одномодовое оптическое волокно с примесями активных элементов. На сегодняшний день пиковая мощность импульсных волоконных лазеров достигает единиц киловатт. Для упрощения конструкции все узлы таких лазеров стремятся сделать на основе того же волокна.

Данная работа посвящена оценке влияния эффекта Керра на поляризацию света применительно к поляризационному контроллеру кольцевого волоконного лазера и связанных с этими эффектами потерь мощности при синхронизации мод. Сотрудники МПТ К. Tamura, H.A. Haus и E.P. Ippen [1] и другие экспериментаторы обращают внимание на то, что при повышении мощности до 3...5 кВт в импульсе волоконные контроллеры работают гораздо хуже объёмных, а в ряде случаев из-за них невозможно добиться устойчивой генерации, поэтому было сделано предположение, что при таких интенсивностях проявляет себя нелинейный эффект Керра, главным образом ограничивающий применение волоконных контроллеров.

В волоконных лазерах для управления поляризацией используют отрезки одномодового волокна, двулучепреломление в которых наводится путём изгиба [2]. В состав волоконного поляризационного контроллера входят три кольца по несколько витков волокна каждое, которые вращаются вокруг оси основного волокна. При максимальных изгибах разность показателей преломления  $\delta n$  для двух ортогонально поляризованных составляющих излучения получается не более  $10^{-6}$ . При пиковых мощностях современных волоконных лазеров и малых значениях  $\delta n$  контроллера происходит сложное нелинейное вращение поляризации и появление паразитной эллиптичности. Обычно поведение волны в анизотропном волокне с учётом нелинейного эффекта Керра описывается с помощью изменения показателей преломления для двух мод с ортогональной поляризацией [3] в приближении длинного волокна, много больше длины биений  $\lambda \delta n$ , однако для поляризационных контроллеров такое описание неприемлемо.

Точное описание вращения поляризации в зависимости от интенсивности даётся системой нелинейных уравнений Шрёдингера [4], которая была решена численно, и результаты решения сведены в графики. При численном решении системы использовалось разложение исходной волны не на линейно поляризованные составляющие  $E_x$  и  $E_y$ , а на циркулярно поляризованные  $C_+$  и  $C_-$ , соответственно, по часовой стрелке и против [5], а мощность излучения исчислялась в относительных величинах, удобных как для теоретического рассмотрения, так и для практического применения. Численное решение показало, что заметное изменение поляризации проявляется уже при интенсивностях около  $3 \cdot 10^9$  Вт/см<sup>2</sup>, что соответствует мощности около 1 кВт при диаметре сердцевины волокна 3 мкм. Так же из решения видно, что вращение поляризации происходит периодически, а значит и условие увеличения длины волокна по сравнению с длиной оптических биений не является условием приближения, описанном в [3]. Контроллеры волоконного лазера настраивают путём вращения витков вокруг волокна, вводя в волокно излучение небольшой интенсивности от дополнительного лазера, или светодиода на рабочей длине волны. Значит, при увеличении мощности настройка контроллера значительно ухудшается, приводя к срыву генерации.

Итак, в данной работе нами теоретически найдены границы области применения волоконных поляризационных контроллеров и причину этих ограничений. Нет ничего

необычного в появлении нелинейных эффектов в контроллерах, так как эти же эффекты используются в пассивном затворе тех же лазеров [1, 3].

ЛИТЕРАТУРА:

1. K. Tamura, H. A. Haus, E. P. Ippen, Self-starting additive pulse mode-locked erbium fiber ring laser // Electronics Letters, 28 (1992), p.2226.
2. H. C. Lefevre, Single-mode fibre fractional wave devices and polarization controllers // Electronics Letters, 16 (1980), p.779.
3. M. Hofer, M. E. Fermann, F. Haberl, A. J. Schmidt, Mode locking with cross-phase and self-phase modulation // Optics Letters, 16 (1991), p.502.
4. В. В. Брыксин, М. П. Петров, Р. В. Киян, Распространение векторных солитонов в двулучепреломляющих волоконных световодах // ЖЭТФ, 107 (1995), с.732.
5. Herbert G. Winful, Self-induced polarization changes in birefringent optical fiber // Applied Physics Letters, 47 (1985), p.213.