

УДК 535.015

ВОЗБУЖДЕНИЕ СОСТОЯНИЙ ВАННЬЕ-ШТАРКА В СИСТЕМЕ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ НЕЛИНЕЙНЫХ ОПТИЧЕСКИХ РЕЗОНАТОРОВ

Вербицкий А.В. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – доцент, доктор физико-математических наук Юлин А.В.
(Университет ИТМО)

Введение. Лестницы Ваннье-Штарка (ЛВШ) продолжают вызывать сильный интерес у ученых в различных областях физики, например, в физике твердого тела, в физике конденсированного состояния и в квантовых магнитах. Явление ЛВШ заключается в наличии в спектре эквидистантных линий, соответствующих собственным модам системы (состояниям Ваннье-Штарка) [1]. Биение между этими состояниями во времени может приводить к периодическим движениям – Блоховским колебаниям (БК) [2].

Стоит отметить, что весьма важными оказались предсказания о наличии ЛВШ в оптическом диапазоне, где были предложены различные варианты оптических систем, в которых возможно наблюдение серии электромагнитных резонансов, имеющих вид Штарковской лестницы. Преимуществом таких систем является простота их практической реализации по сравнению с квантовыми системами.

ЛВШ и БК чаще всего наблюдаются в консервативных системах, но также возможно наблюдение аналогичных эффектов и в активных системах при условии, что диссипативные поправки могут рассматриваться как малые поправки. В частности, в качестве примера таких систем можно привести массивы взаимодействующих микролазеров. Следует отметить, что системы микролазеров широко применяются для генерации когерентного излучения [3], и поэтому рассматриваемые системы могут представлять и практический интерес.

В настоящей работе предложено использовать состояния Ваннье-Штарка в качестве рабочих мод в активных системах, состоящих из взаимодействующих оптических резонаторов с пространственно распределенным линейным усилением и нелинейными потерями. В данной работе мы ограничимся физически реалистичным случаем чисто диссипативной нелинейности.

Преимуществом таких систем является то, что частотой генерируемой моды можно управлять путём соответствующего сдвига пятна некогерентного возбуждения. В то же время возбуждаемая мода имеет большую апертуру, и генерация происходит в большом числе микрорезонаторов. Учитывая, что мощность усиления в одиночном резонаторе фиксирована, увеличение количества накачиваемых резонаторов увеличивает полную стационарную энергию возбужденной моды. Это может быть использовано для увеличения мощности излучения. Однако динамика таких систем сложна и недостаточна изучена, и прежде чем говорить об их практическом использовании необходимо изучить свойства этих систем. Именно это и является основной целью работы.

Основная часть. С помощью аналитических и численных методов решаются следующие задачи:

- 1) Задача о возбуждении системы линейным усилением в одном резонаторе.
- 2) Задача о лазерной генерации при линейном усилении в нескольких резонаторах.
- 3) Задача о селекции мод.

Решение данных задач позволяет поэтапно исследовать предложенную систему и оценить диапазон применимости построенной аналитической теории.

Для указанных задач рассматриваются два способа расположения нелинейных потерь:

- 1) Нелинейные потери присутствуют только в резонаторах с накачкой.
- 2) Нелинейные потери находятся во всех резонаторах.

Первый способ может соответствовать возникновению потерь из-за насыщения усиления в активной среде при лазерной генерации. Для реализации второго способа можно использовать добавление дополнительных поглотителей в резонаторы.

Выводы. Проведён анализ генерации состояний Ваннье-Штарка в диссипативной системе нелинейных оптических резонаторов. Показана возможность избирательного возбуждения таких состояний путём соответствующего выбора профиля усиления. Классифицированы различные режимы Блоховских колебаний.

Работа поддержана Министерством науки и высшего образования Российской Федерации, госзадание 2019-1246.

Список использованных источников:

1. Shockley W. Stark ladders for finite, one-dimensional models of crystals // *Physical Review Letters*. – 1972. – Т. 28. – №. 6. – С. 349.
2. Houston W. V. Acceleration of electrons in a crystal lattice // *Physical Review*. – 1940. – Т. 57. – №. 3. – С. 184.
3. Yang X. et al. Fiber optofluidic microlasers: structures, characteristics, and applications // *Laser & Photonics Reviews*. – 2022. – Т. 16. – №. 1. – С. 2100171.