

УДК 536.75, 535.8, 621.37

Н.В. Михеева (6 курс, каф. ФЭ), А.В. Гогин, к.ф.н., доц.

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ К ОПИСАНИЮ ПРОЦЕССА ГЕНЕРАЦИИ ВТОРОЙ ГАРМОНИКИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА НЕЛИНЕЙНОМ ЭЛЕМЕНТЕ

В последней четверти XX века сформировалось новое направление в науке, получившее название синергетика. Можно сказать, что возникновение синергетики тесно связано, с одной стороны, с созданием в 70-х годах общей физической теории критических явлений, а с другой стороны, с принципиальным пересмотром возможностей динамического подхода к описанию физических систем. Основателем синергетики считается профессор Штуттгартского университета Г. Хакен, сделавший на первой конференции по сложным системам в 1973 году доклад, ставший программным и предложивший термин для обозначения нового направления – синергетика. Являясь одним из создателей теории лазеров, Г. Хакен заметил, что образование внутренних структур в лазере происходит в соответствии с законами, очень напоминающими конкуренцию молекулярных видов, описанную Манфредом Эйгеном (Институт Макса Планка в Геттингене). Термин синергетика заимствован Хакеном из греческого языка и в переводе означает содействие, сотрудничество, согласованно действующий. Современная наука говорит о синергетике, как о высочайшем достижении науки конца XX века, которое включает в себя теорию самоорганизации и совокупность соответствующих математических методов. Строго говоря, синергетика не является новой наукой, а представляет новое объединяющее направление в науке, цель которого состоит в выявлении общих идей, методов, закономерностей перехода материи от одного уровня организации к другому, проявляющихся в самых различных областях естествознания. Как доказала современная наука, на уровне физической, химической, биологической, социальной форм организации материи объективный мир состоит из сложных систем, значительная их часть – это открытые неравновесные системы, свойства которых: самоструктурирование, самоорганизация, саморазвитие и самовоспроизводство. Анализ многочисленных примеров приводит к выводу, что процессы структурообразования и самоорганизации в самых разных системах, являющихся предметом исследования в физике, химии, биологии, экономике, социологии, происходят в соответствии с небольшим числом сценариев, не зависящих от конкретной системы.

Одним из хорошо развитых направлений синергетики является описание процессов, происходящих в нелинейных средах. Такие процессы описываются системой нелинейных уравнений. При изменении параметров уравнений в определенном диапазоне, качественного изменения картины процесса не происходит, т.е. развитие нелинейных процессов характеризуется наличием асимптотических стадий. Одним из примеров асимптотической стадии нелинейного процесса является преобразование лазерного излучения в нелинейной среде (нелинейном кристалле) во вторую гармонику. Существует ряд упрощенных математических моделей, описывающих этот процесс и применяющихся для прогнозирования мощности лазерного излучения на частоте второй гармоники при заданных параметрах лазерного излучения основной частоты. Мощность второй гармоники зависит как от свойств нелинейной среды, так и от параметров лазерного излучения основной частоты. В частности, увеличения эффективности процесса можно достигнуть путем изменения пространственной конфигурации (топологии) пучка основного излучения, например, при разной степени его фокусировки в разных плоскостях. В связи с этим является актуальной проблема определения и подбора математической модели, дающей правильную асимптотику процесса.

Были исследованы различные математические модели, описывающие процесс генерации второй гармоники, на примере преобразования излучения лазера на парах меди, сфокусированного в нелинейный кристалл системой цилиндрических линз. Существующие модели условно можно подразделить на два класса. I класс позволяет учитывать зависимость процесса от параметров системы фокусировки. Использование моделей ограничивает то, что их применение возможно только при гауссовом распределении интенсивности в лазерном пучке. II класс применяется для описания процесса в случае отсутствия системы фокусировки излучения в нелинейный кристалл. В моделях данного класса предусмотрена возможность произвольного задания пространственных параметров излучения основной частоты. Поскольку распределение интенсивности излучения медного лазера не является гауссовым, модели I-го класса не позволяют получить правильную асимптотику процесса. При применении моделей II-го класса не удается однозначно выявить зависимость процесса от изменения параметров фокусировки. Таким образом, в существующих моделях не предусматривается возможность влияния на асимптотику процесса пространственной топологии излучения основной частоты.

Во всех изученных моделях процесс преобразования лазерного излучения на нелинейном кристалле рассматривается с точки зрения поведения нелинейной среды при изменении характера начального воздействия на нее. Возможно, что дальнейшее развитие синергетики (науки о совместном, согласованном действии) позволит изменить подход к описанию данного процесса и рассматривать явление нелинейного преобразования лазерного излучения с позиции взаимодействия двух различных подсистем. Такой подход позволил бы создать упрощенную математическую модель, учитывающую возможность управления асимптотикой процесса посредством изменения топологии одной из подсистем (в данном случае пространственной конфигурации лазерного излучения основной частоты).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Хакен Г. Синергетика. М., 1980.
2. G.D. Boyd, D.A. Kleinman, Journal of applied physics, vol.39, No8, 1968.
3. Справочник по лазерам. Под редакцией А.М. Прохорова. М., 1978.