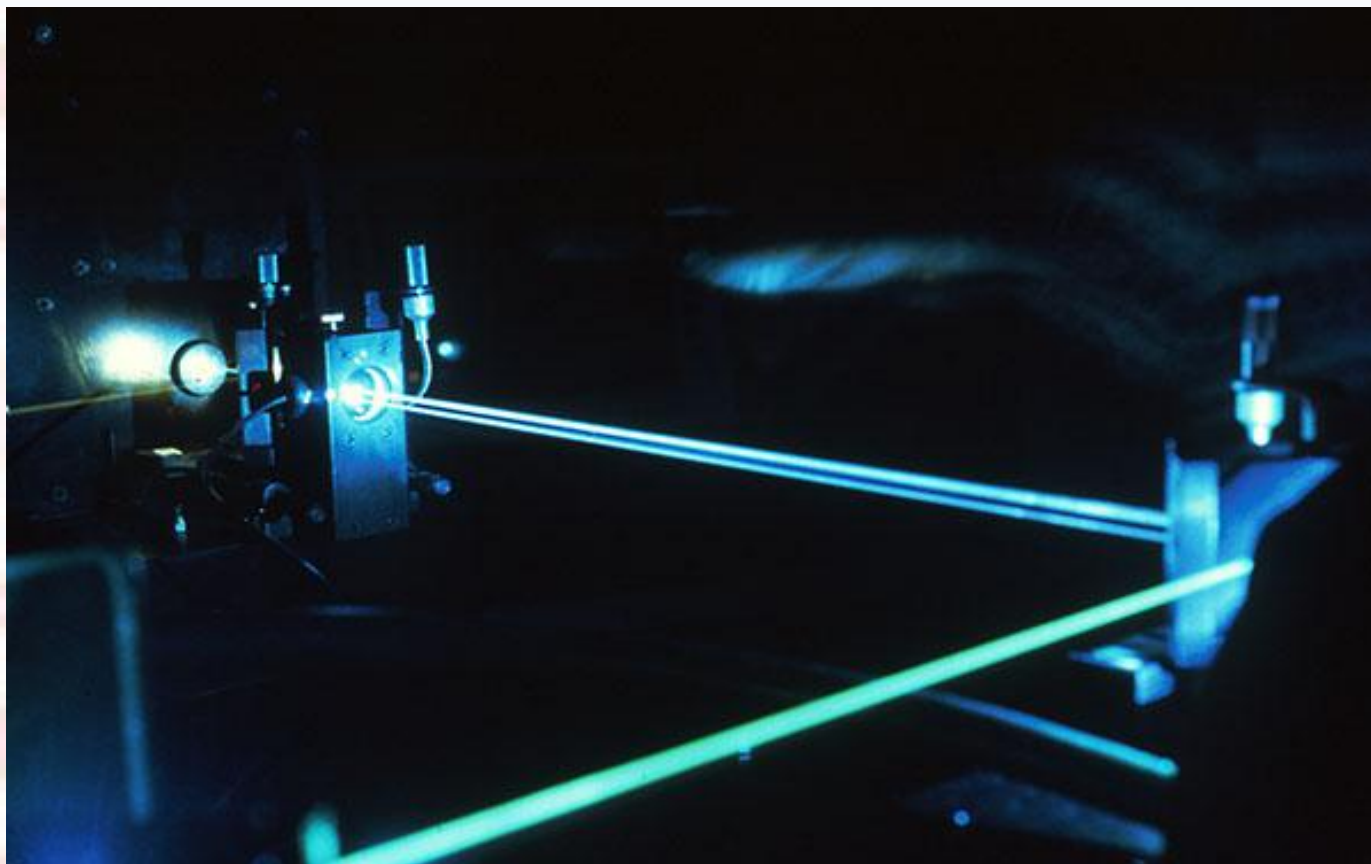


Нелинейная оптика



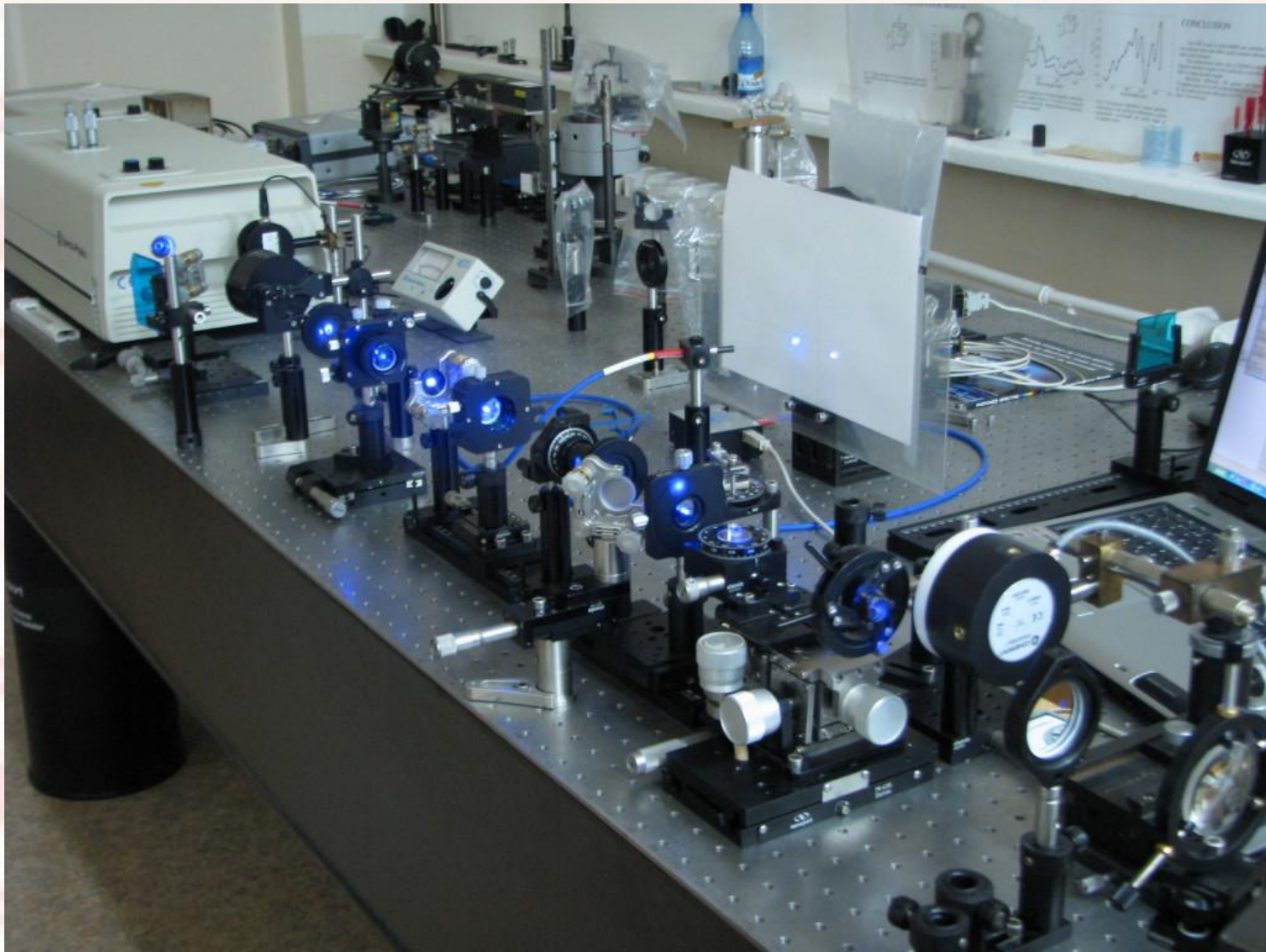
Нелинейная оптика — раздел оптики, в котором исследуется совокупность оптических явлений, наблюдающихся при взаимодействии световых полей с веществом, у которого имеется нелинейная реакция вектора поляризации на вектор напряжённости

электрического поля световой волны. В большинстве веществ данная нелинейность наблюдается лишь при очень высоких интенсивностях света, достигаемых при помощи лазеров. Принято считать как взаимодействие, так и сам процесс линейными, если его вероятность пропорциональна первой степени интенсивности излучения. Если эта степень больше единицы, то как взаимодействие, так и процесс называются нелинейными.

Появление нелинейной оптики связано с разработкой лазеров, которые могут генерировать свет с большой напряжённостью электрического поля, соизмеримой с напряжённостью микроскопического поля в атомах.

Основные причины, вызывающие различия в воздействии излучения большой интенсивности от излучения малой интенсивности на вещество:

- 1) При большой интенсивности излучения главную роль играют многофотонные процессы, когда в элементарном акте поглощается несколько фотонов.
- 2) При большой интенсивности излучения возникают эффекты самовоздействия приводящие к изменению исходных свойств вещества под влиянием излучения.



К нелинейной оптике относят целый ряд физических явлений:

- **Многофотонные процессы (процессы с изменением частот)**
- **Связанные процессы**
- **Процессы с изменением частоты**

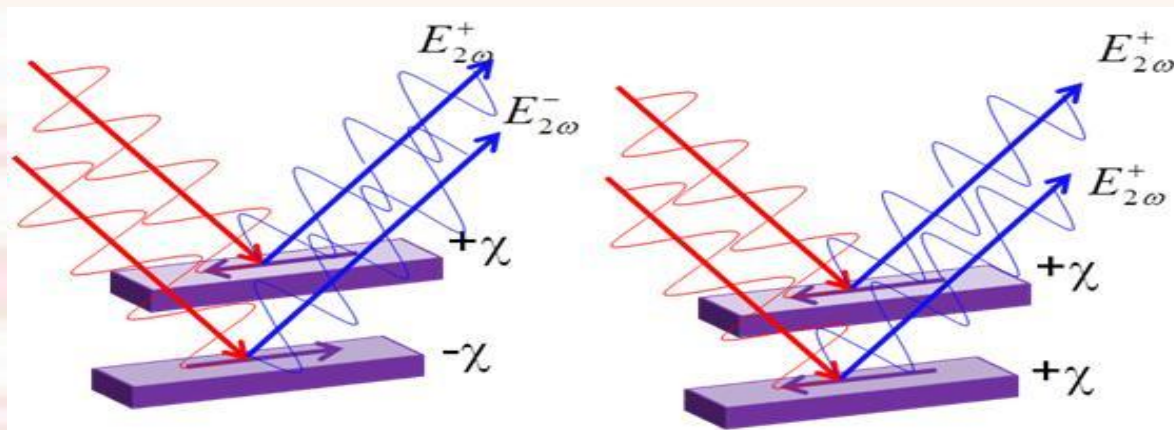
Многофотонные процессы (процессы с изменением частот)

- Генерация второй гармоники, или удвоение частоты света, являющееся генерацией света с удвоенной частотой и уменьшенной вдвое длиной волны;
- Сложение частот света — генерация света с частотой, равной сумме частот двух других световых волн. Удвоение частоты является частным случаем данного явления;
- Генерация третьей гармоники — генерация света с утроенной частотой. Обычно является комбинацией двух предыдущих явлений: сначала происходит удвоение частоты, а затем сложение частот исходной волны и волны с удвоенной частотой;
- Генерация разностной частоты - генерация света с частотой, равной разности частот двух других световых волн.
- Параметрическое усиление света — усиление входного (сигнального) светового пучка в присутствии более высокочастотной волны накачки, с одновременным образованием холостой волны;
- Параметрическая осцилляция — генерация сигнальной и холостой волны с использованием параметрического усилителя в резонаторе (без входного пучка);
- Параметрическая генерация света — подобна параметрической осцилляции, однако резонатор отсутствует. Вместо него используется сильное усиление света;
- Спонтанное параметрическое рассеяние — уменьшение частоты света при его прохождении через нелинейный оптический кристалл;
- Электрооптическая поляризация (оптическое выпрямление) — процесс генерации постоянного электрического поля при прохождении света через вещество;
- Четырехволновое взаимодействие.
- Самоиндуцированная прозрачность - явление резкого уменьшения потерь энергии при прохождении ультракоротких монохроматических импульсов излучения через резонансную среду.

Генерация второй оптической гармоники

Генерация второй гармоники — явление рождения вторичных электромагнитных волн удвоенной частоты в результате нелинейного взаимодействия электромагнитной волны с веществом.

Наблюдается в сегнетоэлектриках с большой поляризуемостью. Потенциальная яма для электрона там сильно несимметрична. Поэтому сегнетоэлектрик со спонтанной поляризацией много эффективнее преобразует частоту излучения, чем другие кристаллы. Также наблюдается в полимерах, содержащих в своём объёме молекулы с нелинейно-оптическими хромофорами — они также обладают большой поляризуемостью.



Сложение частот света

Сложение частот света — многофотонный процесс взаимодействия лазерного излучения с веществом, при котором поглощаются два или больше квантов лазерного излучения, а излучается один квант с частотой, равной сумме частот поглощённых квантов.

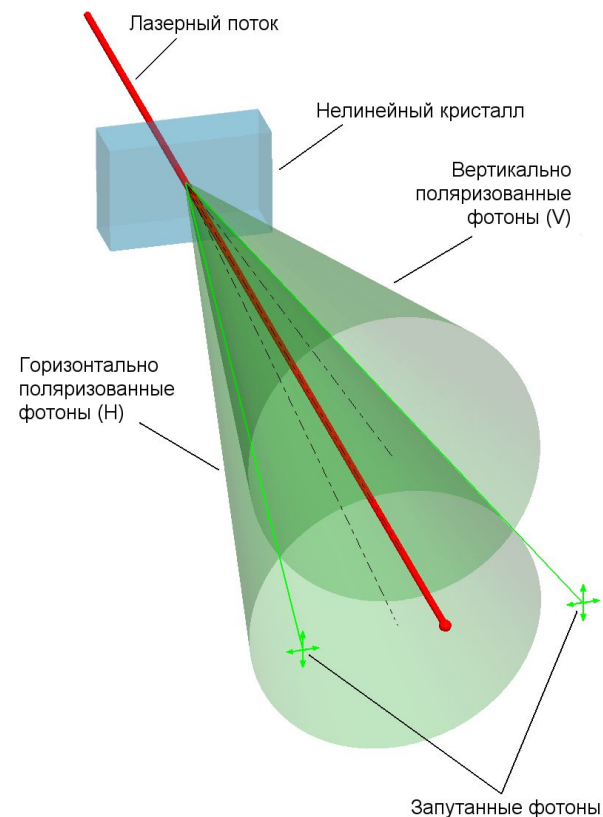
Явление сложения частот света используется для получения когерентного излучения в ультрафиолетовой области спектра, где отсутствует лазерное излучение и для изучения длительности и формы импульса лазерного излучения. Явление генерации разностной частоты используется для генерации света в среднем и далёком инфракрасном диапазоне вплоть до миллиметровых длин волн.



Спонтанное параметрическое рассеяние

Спонтанное параметрическое рассеяние (СПР; Spontaneous parametric down-conversion, SPDC) — важный процесс в квантовой оптике, при котором рассеянные фотоны образуются в виде запутанных пар, формируя так называемое бифотонное поле. В процессе СПР нелинейная среда (кристалл) разделяет поступающие фотоны на пары, суммарная энергия и импульс которых равны энергии и импульсу входных фотонов.

Генерируемые частоты определяются законом сохранения импульса, т.е. направлением в кристалле, в котором выполняется этот закон для данных частот. Таким образом, вращая кристалл, можно плавно изменять частоту генерируемого излучения в широких пределах. Данное явление используется для генерации перестраиваемого по частоте инфракрасного излучения.



Связанные процессы

В таких процессах, среда обладает линейным откликом на воздействие света, однако на свойства вещества оказывают влияние другие факторы. Примерами являются:

- Электрооптический эффект Поккельса, в котором показатель преломления зависит от напряжённости приложенного электрического поля. Используется в электрооптических модуляторах;
- Акустооптика. Показатель преломления в акустооптических системах меняется под действием распространяющихся в среде ультра- и гиперзвуковых акустических волн. Эффект находит применение в акустооптических модуляторах;
- Комбинационное рассеяние (рамановское), являющееся взаимодействием фотонов с оптическими фононами;
- Магнитооптический эффект Фарадея;
- Эффект Коттона-Мутона;
- Электрогирация.

Процессы с изменением частоты

Одним из наиболее часто используемых процессов с изменением частот является генерация второй гармоники. Это явление позволяет преобразовать выходное излучение лазера Nd:YAG лазера (1064 нм) или лазера на сапфире, легированного титаном (800 нм) в видимое, с длинами волн 532 нм (зелёное) или 400 нм (фиолетовое), соответственно.

На практике для реализации удвоения частоты света в выходной пучок лазерного излучения устанавливают нелинейный оптический кристалл, ориентированный строго определённым

образом. Обычно используют кристаллы β -бората бария (BBO), KH_2PO_4 (KDP), KTiOPO_4 (KTP) и ниобат лития LiNbO_3 . Эти кристаллы имеют необходимые свойства, удовлетворяющие условию синхронизма (см. ниже), имеют особую кристаллическую симметрию, а также являются прозрачными в данной области спектра и устойчивы к лазерному излучению высокой интенсивности. Однако, существуют органические полимерные материалы, которые, возможно, в будущем смогут вытеснить часть кристаллов, если будут более дешевы в изготовлении, более надёжны или будут требовать более низких напряжённости полей для возникновения нелинейных эффектов.

Авторы сценария:

Борисов Иван
И
Мацыборко Виталий