



ПОГЛОЩЕНИЕ СВЕТА

Авторы: А. В. Белинский

ПОГЛОЩЕНИЕ СВЕТА, уменьшение интенсивности света при прохождении через вещество вследствие его взаимодействия с атомами и молекулами вещества.

Электромагнитное поле световой волны возбуждает доплнит. колебания электронов и ионов вещества, на что расходуется энергия. Частично она возвращается в виде вторичного электромагнитного излучения. В терминах квантовой теории процесс П. с. связан с переходом электронов в атомах и молекулах, поглощающих излучение, с низких уровней энергии на более высокие. Обратный переход в основное или нижнее возбуждённое состояние может совершаться с излучением фотона или безызлучательно, или комбинированным путём, причём способ обратного перехода определяет, в какой вид энергии переходит энергия поглощённого света.

Обычно интенсивность света I уменьшается с увеличением проходимого в веществе расстояния l по экспоненциальному закону: $I=I_0e^{-\alpha l}$, где I_0 – начальная интенсивность света, α – показатель поглощения, зависящий от прозрачности среды. Этот закон экспериментально установлен П. [Бугером](#) в 1729 и теоретически выведен И. [Ламбертом](#) в 1760 (см. [Бугера – Ламберта – Бера закон](#)).

Зависимость показателя поглощения α от длины волны света λ называется спектром поглощения вещества. Спектр поглощения изолированных атомов (напр., атомов разреженных газов) состоит из узких спектральных линий, т. е. показатель поглощения α отличен от нуля только в определённых узких диапазонах длин волн (шириной 0,1–1 нм), соответствующих частотам собств. колебаний электронов внутри атомов. Молекулярный спектр поглощения, определяемый колебаниями атомов в молекулах, состоит из полос поглощения (шириной 10 нм – 10 мкм). Поглощение твёрдых тел характеризуется, как правило, очень широким диапазоном длин волн (10–100 мкм) с большим значением α . Качественно это объясняется тем, что в

конденсиров. средах сильное взаимодействие между частицами приводит к быстрой передаче энергии, отданной светом одной из них, всему коллективу частиц. Все эти частицы излучают на несколько различающихся частотах, в результате чего спектр становится широким.

В проводящих средах (металлах, плазме) взаимодействие со светом в значит. степени определяется свободными электронами, поэтому α зависит от электропроводности среды. П. с. в проводящих средах сильно влияет на все процессы распространения света в них; формально это учитывается тем, что член, содержащий α , входит в выражение для комплексного показателя преломления среды. Падающая световая волна поглощается практически полностью в тонком (ок. 10 нм) слое; её энергия превращается в энергию движения электронной плазмы. Движущиеся электроны излучают, в результате чего формируется отражённая волна, уносящая до 99% энергии (подробнее см. в ст. [Металлооптика](#)). Тем не менее можно сделать такой тонкий слой золотой фольги, что он будет частично пропускать свет. Можно также напылить тонкий слой серебра на стекло или др. прозрачную подложку, и это будет частично пропускающим (ок. 30%) и частично отражающим (ок. 30%) покрытием, используемым в качестве светоделителя. Остальные $\approx 40\%$ света поглощаются.

Когда свет поглощается молекулами вещества, растворённого в практически не поглощающем растворителе, или молекулами газа, показатель α оказывается пропорциональным числу поглощающих молекул на единице длины пути световой волны, или, что то же, в единице объёма, заполненного проходящим светом, т. е. пропорционален концентрации C растворённого вещества (установлено нем. учёным А. Бером, 1852). В реальных газах и растворах это выполняется не всегда.

Спектры поглощения могут быть настолько индивидуальными, что по ним можно эффективно контролировать химич. состав растворов. Напр., адекватным способом проверки подлинности алкогольной продукции является измерение спектров поглощения, индивидуальных не только для производителей, но и для почвы, на которой рос виноград.

При высоких интенсивностях света начинают проявляться нелинейные эффекты, α становится функцией интенсивности света и закон Бугера нарушается (нелинейное

П. с.). Такие эффекты могут происходить и при одновременном поглощении нескольких фотонов (см. [Многофотонное поглощение света](#)). Интенсивность флуктуирующего потока фотонов при этом стабилизируется; изъятие фотонов из исходного пучка может происходить парами (двухфотонное поглощение), тройками и т. д. Прореживание пучка происходит в местах наибольшей концентрации фотонов, т. е. во флуктуационных всплесках интенсивности. В результате всплески сглаживаются и поток фотонов становится более регулярным. В таких нелинейных процессах эффективность подавления фотонных флуктуаций невысока, тем не менее они позволяют снизить фотонные шумы даже ниже уровня шума идеального лазера, что особенно важно в сверхточных оптических измерениях.

Противоположным процессом является нелинейный [насыщения эффект](#), обусловленный тем, что очень большая доля поглощающих частиц, перейдя в возбуждённое состояние и оставаясь в нём сравнительно долго, теряет способность поглощать свет, что заметно изменяет характер П. с. средой. Когда почти все электроны вещества под действием света переходят в возбуждённое состояние и поглощающих частиц нет, наступает т. н. просветление среды – практически полное отсутствие поглощения (см. [Просветления эффект](#)).

Если в поглощающей среде искусственно создана инверсия населённостей, то каждый фотон из падающего потока имеет большую вероятность индуцировать испускание точно такого же фотона, чем быть поглощённым самому (см. [Вынужденное испускание](#)). В этом случае интенсивность выходящего света превосходит интенсивность падающего, т. е. имеет место усиление света, а показатель поглощения α становится отрицательным, поэтому такое явление называется отрицательным П. с. На нём основано действие [квантовых генераторов](#) (лазеров) и [квантовых усилителей](#).

Нелинейные эффекты поглощения могут проявляться не только при больших интенсивностях излучения. Напр., для самопроизвольного потемнения солнцезащитных очков с меняющейся прозрачностью достаточно яркого солнечного света.

П. с. используется в разл. областях науки и техники. На нём основаны особо

высококчувствительные методы количественного и качественного химич. анализа (в частности, абсорбционный спектральный анализ), спектрофотометрия, колориметрия и др. Вид спектра П. с. удаётся связать с химич. структурой вещества; по виду спектра можно также исследовать характер движения электронов в металлах, выяснить зонную структуру полупроводников и др.

Литература

Лит.: Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М., 1973; Нелинейная спектроскопия / Под ред. Н. Бломбергена. М., 1979; Шен И. Р. Принципы нелинейной оптики. М., 1989.