

с помощью спец. устройств, помещаемых перед приёмником излучения.

Простейшая амплитудная М. с. — это периодич. механич. прерывание светового потока с помощью колеблющихся и вращающихся заслонок, призм, зеркал, вращающихся дисков с отверстиями, растров.

Существует много способов М. с. на основе физ. эффектов (электрооптический, магнитооптический, упругооптический и др.), возникающих при распространении света в разл. средах. Для такой М. с. применимы управляемый двулучепреломляющий элемент из материала, обладающего естественной или наведённой анизотропией. Внеш. управляющее поле (напр., электрическое или поле упругих напряжений) приводит к изменению оптич. характеристик среды. В широко распространённых модуляторах на основе *Поккельса эффекта* фазовый сдвиг между обыкновенным и необыкновенным лучами линейно зависит от величины напряжённости электрич. поля, а в модуляторах на основе *Керра эффекта* — зависимость квадратичная. Для получения амплитудной М. с. электрооптич. вещество обычно помещают между скрещёнными поляризаторами. Важным свойством электрооптич. эффекта является его малая инерционность, позволяющая осуществлять М. с. вплоть до частот  $10^{12}$  Гц. В электрооптич. модуляторах ослабление модулирующего сигнала не зависит от интенсивности модулируемого света, и потому для увеличения глубины модуляции используют многократное прохождение света через один и тот же модулирующий кристалл. Примером может служить модулятор на основе интерферометра Фабри — Перо, заполненного электрооптич. средой.

С целью увеличения объёма информации, переносимой световым лучом, используют пространств. в е н и у ю М. с., различную в каждой точке поперечного сечения пучка света. Осн. элемент пространств. модулятора света — кристалл, на поверхности к-рого записывается определ. потенциальный рельеф; проходящий через кристалл пучок света оказывается промодулированным в каждой точке поперечного сечения в соответствии с потенциальным рельефом, записанным на кристалле, при этом модуляция может быть амплитудной и фазовой.

Из многочисл. магнитооптич. эффектов для М. с. наиб. применение нашёл *Фарадея эффект* в прозрачных веществах. Периодически меняющееся магн. поле приводит к периодич. изменению угла вращения плоскости поляризации света, прошедшего через магнитооптич. элемент, помещённый в магн. поле. Угол поворота плоскости поляризации пропорц. длине пути света в веществе и при достаточной прозрачности среды может быть сделан сколь угодно большим. Важной особенностью магнитооптич. модуляторов является постоянство коэф. удельного вращения плоскости поляризации в ИК-диапазоне длин волн. Это повышает конкурентоспособность магнитооптич. устройств при больших длинах волн оптич. излучения по сравнению с электрооптическими, в к-рых управляющее напряжение линейно возрастает с увеличением длины волны света. В магнитооптич. модуляторах света удаётся достичь глубины модуляции 40% на частотах модуляции до  $10^8$  Гц.

Для М. с. используют также искусственную оптич. анизотропию, к-рая возникает в первоначально изотропных твёрдых телах под действием упругих напряжений (*фотоупругость*). При прохождении плоскополяризован. излучения через фотоупругую среду с наведённым двулучепреломлением излучение становится эллиптически поляризованным. Помещая такую среду между скрещёнными поляризатором и анализатором, наблюдают амплитудную М. с., аналогичную модуляции в электрооптич. средах. Применение таких модуляторов особенно целесообразно в ИК-диапазоне, т. к. разность фаз колебаний обыкновенного и необыкновенного лучей  $\propto n^3$ , где  $n$  — показатель преломления,

равный  $4 \div 6$  для веществ, прозрачных в этом диапазоне.

В основе работы акустооптич. модуляторов лежит явление дифракции света на фазовой решётке, образованной периодич. изменением показателя преломления среды при прохождении через неё УЗ-волн (см. *Дифракция света на ультразвуке*).

Методы, основанные на изменении поглощения света средой, обеспечивают лишь амплитудную М. с. При этом обязательно имеют место потери световой энергии в модулирующем устройстве. Электрич. управление поглощением света полупроводниками легко может быть получено либо при изменении концентрации свободных носителей или их подвижности, либо за счёт сдвига края полосы поглощения (*Кельдыша — Франца эффект*).

Внутреннюю М. с. осуществляют, используя для питания электрич. источников света переменное или импульсно-периодич. напряжение. Лампы накаливания при этом из-за своей инерционности дают заметную глубину модуляции лишь до частот  $\sim 10^2$  Гц; газоразрядные источники света менее инерционны и допускают модуляцию до частот  $10^5$  Гц (при глубине модуляции 50—70%).

Появление лазеров вызвало интенсивное развитие методов внутр. М. с., основанных на управлении когерентным излучением за счёт изменения параметров лазера. При этом мн. устройства, применяемые как внеш. модуляторы, помещаются внутри *оптического резонатора* лазера. Используя разл. способы внутр. модуляции, получают любой вид М. с.: амплитудный, частотный, фазовый и поляризационный. Частотой излучения лазера управляют, изменяя добротность оптич. резонатора лазера, напр. меняя оптич. длину резонатора. С этой целью одно из зеркал резонатора закрепляют либо на магнитоотрицательном стержне (см. *Магнитоотрицательный преобразователь*), либо на пьезоэлементе и изменяют длину резонатора синхронно с модулирующим напряжением. Тот же эффект достигается путём изменения показателя преломления среды, заполняющей резонатор, для чего используется электрооптич. кристалл. Частотную модуляцию излучения лазера можно получить также при наложении на активную среду магн. или электрич. полей (см. *Зеемана эффект*, *Штарка эффект*), под действием к-рых происходит расщепление и смещение рабочих уровней атомов, ответственных за генерацию когерентного излучения. Изменяя величину коэф. усиления, получают амплитудную модуляцию излучения лазера. Для этого воздействуют на разность населённости активной среды, либо изменяя мощность её возбуждения, либо используя вспомогат. возбуждение, приводящее к перераспределению населённости. Амплитудная модуляция излучения может быть получена и при помощи модуляции тока разряда газовых или полупроводниковых лазеров, работающих в непрерывном режиме. Одним из методов управления когерентным излучением является модуляция величины *обратной связи* лазера, т. е. коэф. отражения зеркал резонатора. С этой целью используют резонатор, одно из зеркал к-рого вращается с большой скоростью, и потому условия генерации выполняются лишь в короткие промежутки времени. Вместо зеркал часто используют вращающуюся призму полного внутр. отражения. Изменение величины обратной связи можно получить, заменяя одно из зеркал на систему зеркал, образующих интерферометр Фабри — Перо. Коэф. отражения такого резонатора зависит от расстояния между зеркалами, изменяя к-рое можно модулировать интенсивность излучения и получать т. н. гигантские импульсы, мощность излучения в к-рых существенно превосходит мощность непрерывной генерации. Наконец, излучение лазеров также модулируют, изменяя добротность оптич. резонатора путём введения потерь, величина к-рых управляется внеш. сигналом. Для этого используют модуляторы на основе элект-