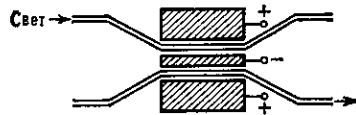


ставляет 0,3 В. Однако увеличение длины модулятора сопровождается сужением полосы частот модуляции. При длине модулятора из  $\text{LiNbO}_3$   $l = 1$  см полоса частот равна 1 ГГц.

Другой тип интегрально-оптич. М. с. изображён на рис. 6. Модулятор представляет собой два близко расположенных световода на поверхности ниобата лития.

Рис. 6. Интегрально-оптический переключатель света на два положения.



Длина световодов и расстояние между ними подобраны так, чтобы в отсутствие внеш. поля свет из первого световода полностью перекачивался во второй за счёт туннельного эффекта. При подаче на электроды внеш. напряжения скорости распространения волн в световодах становятся различными и перекачка энергии из первого световода во второй прекращается. Такие М. с. являются по существу переключателями света на два положения. Для получения туннельной перекачки энергии расстояние между световодами должно составлять ок. 5 мкм при длине световодов в неск. мм.

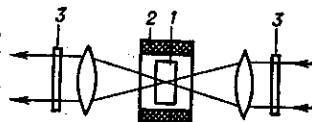
М. с. на сдвиге края полосы поглощения. Для амплитудной модуляции света может быть использовано изменение коэф. поглощения света средой под действием электрич. поля. Такое управляемое изменение коэф. поглощения имеет место в полупроводниках (Ge, Si, GaAs, CdS и др.). У этих материалов имеется резкий край полосы оптич. поглощения, к-рый может смещаться в сторону более длинных волн при наложении электр. поля (эффект Франца — Келдыша). Эффект имеет малую инерционность  $\sim 10^{-13}$  с. К сожалению, край полосы поглощения сдвигается очень слабо и для модуляции используют только свет, длина волны к-рого лежит у самого края полосы поглощения материала. При этом необходимые напряжённости управляющего электр. поля велики ( $\sim 10^7$  В/м), поэтому М. с. на сдвиге края полосы применяют редко.

Магнитооптические М. с. Среди многочисл. магнитооптич. эффектов наиб. применение для модуляции света нашёл эффект Фарадея. Принципиальная схема фарадеевского М. с. приведена на рис. 7. Изменяющееся магн. поле катушки 2 приводит к периодич. изменению угла вращения плоскости поляризации света в магнитооптич. элементе 1. Интенсивность света, прошедшего через такую систему, равна

$$I = I_0 \cos^2(\varphi_0 + \varphi_1 \sin \Omega t),$$

где  $\varphi_0$  — угол поворота первого и второго поляризаторов 3,  $\varphi_1$  — макс. угол вращения плоскости поляризации в элементе,  $\Omega$  — частота приложенного магн. поля. В парамагн. и диамагн. материалах

Рис. 7. Магнитооптический модулятор света: 1 — магнитооптический элемент; 2 — катушка, создающая магнитное поле; 3 — поляризаторы.



для вращения плоскости поляризации на десятки градусов необходимы магн. поля в  $10^6$ — $10^7$  А/м. В ферромагнетиках эффект Фарадея пропорционален не управляющему магн. полю, а намагниченности образца. Это позволяет значительно уменьшить управляющее магн. поле. Очень большую роль при этом играет форма ферромагн. элемента. Так, для плоской пластинки, намагничиваемой перпендикулярно её плоскости, размагничивающее поле равно  $2lI_s$  ( $I_s$  — намагничивающий фактор в 3 раза меньше, а для длинного тонкого цилиндра, намагниченного вдоль оси, — во много

раз меньше. Важной особенностью магнитооптич. М. с. является постоянство коэф. удельного вращения плоскости поляризации мн. материалов в ИК-диапазоне. Это значительно повышает их конкурентоспособность в ИК-диапазоне по сравнению с электрооптическими, в к-рых управляющее напряжение линейно растёт с увеличением  $\lambda$ . Дополнит. преимуществом является слабая зависимость эффекта Фарадея от темп-ры. В магнитооптич. М. с. используются ферриты, монокристаллы  $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ ,  $\text{CrBr}_3$ ,  $\text{RbNiF}_3$  и нек-рые др. В этих материалах при магн. полях  $\sim 10^4$  А/м удаётся достичь глубины модуляции  $\sim 40\%$  на частотах до 200 МГц при управляющей мощности 0,1 Вт.

Акустооптические М. с. Изменение показателя преломления вещества возможно не только при воздействии электрич. и магн. полей, но и при механич. деформации упругой среды (фотоупругость). М. с. на двулучепреломлении за счёт фотоупругости подобны поляризационным электрооптическим. Отличие состоит в том, что разность фаз  $\Gamma$  возникает под действием механич. напряжений, созданных спец. пьезоэлектриком,  $\Gamma = 2l\Delta n/\lambda = l n^3 p u/\lambda$ , где  $p$  — упругооптич. коэф.,  $u$  — деформация среды.

Акустооптич. М. с. на двулучепреломлении довольно эффективны на низких частотах, а на высокой УЗ-частоте преимущество имеют М. с., использующие дифракцию света на ультразвуке. Акустич. волна, распространяющаяся в оптически прозрачной среде, сопровождается появлением в этой среде бегущей периодич. последовательности изменений показателя преломления. Образуется структура, аналогичная дифракцион-

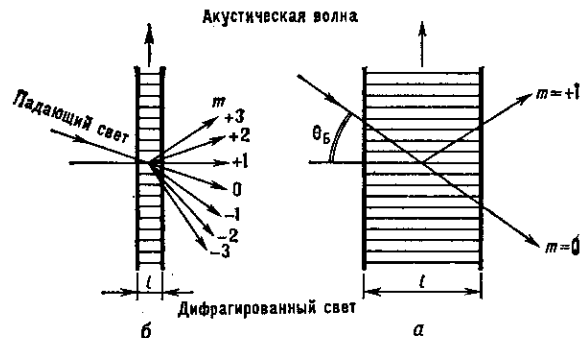


Рис. 8. Схема дифракции света на звуковой волне: а — при большом  $l$  (пространственная решётка); б — при малом  $l$  (плоская решётка).

ной решётке. Если период этой структуры меньше ширины светового пучка, то на ней происходит дифракция света. Характер этой дифракции существенно зависит от длины области взаимодействия света и звука  $l$  (рис. 8). При большом  $l$  (рис. 8,а) дифракц. решётка является трёхмерной; характер дифракции подобен дифракции рентгеновских лучей на кристаллич. решётке (д и ф р а к ц и я Б р э г г а). Угол падения света должен быть близок к углу Брэгга  $\theta_B = \arcsin \lambda / 2n\Lambda$ , где  $\Lambda$  — длина волны звука. При дифракции Брэгга обычно наблюдается только один боковой дифракц. максимум. При малом  $l$  (рис. 8,б) решётка может считаться плоской. Дифракц. картина представляет собой набор дифракц. максимумов, расположенных симметрично относительно падающего света (д и ф р а к ц и я Р а м а н а — Н а т а). Она происходит при любом угле падения света на УЗ-столб. Частота света в  $m$ -м дифракц. максимуме равна  $\omega + m\Omega$ , где  $\omega$  — частота света,  $\Omega$  — частота звука. Т. о., акустооптич. взаимодействие позволяет изменять частоту света. Фаза света в нулевом дифракц. максимуме зависит от амплитуды акустич. волны: происходит перераспределение интенсивности света между нулевым и боковыми максимумами. В соответствии с этим возможны разл. виды акустооптич. М. с.: частотные, фазовые и ампли-