

# Оптический резонатор

**Оптический резонатор** представляет собой два зеркала на оптической оси, обращенные отражающими поверхностями друг к другу.

В лазерах используются зеркала с многослойным напылением, позволяющим получить коэффициент отражения более 99%.

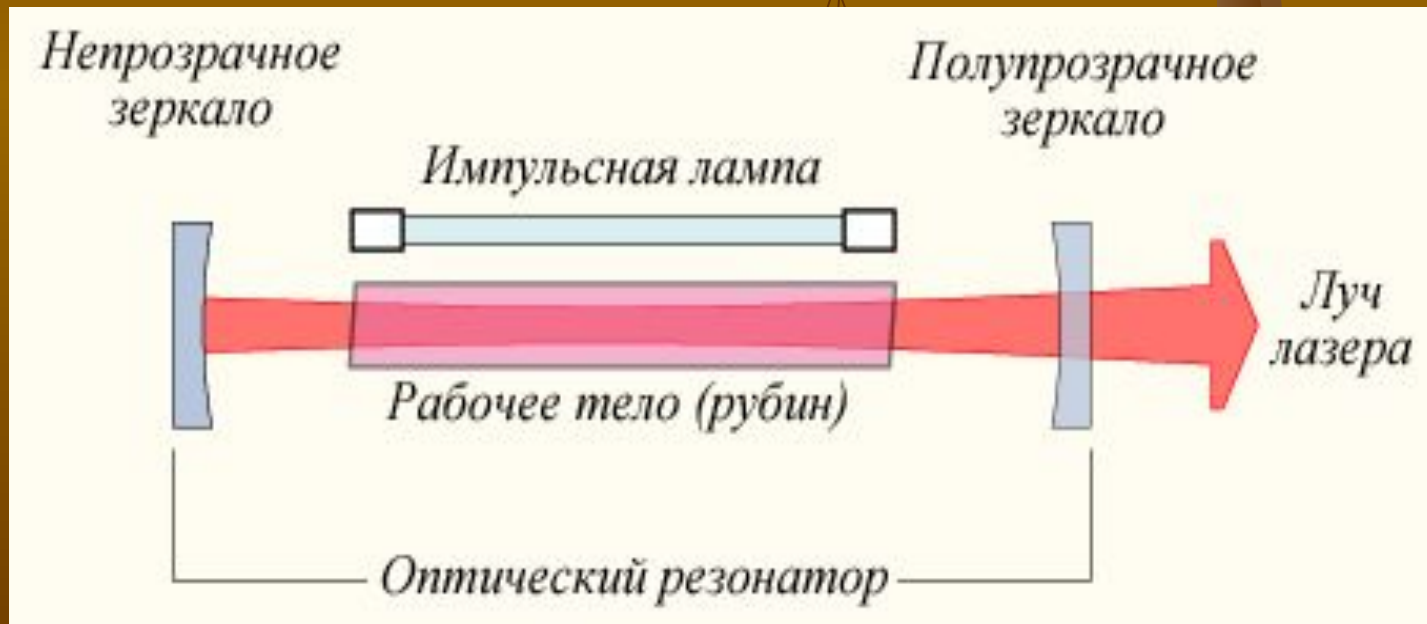
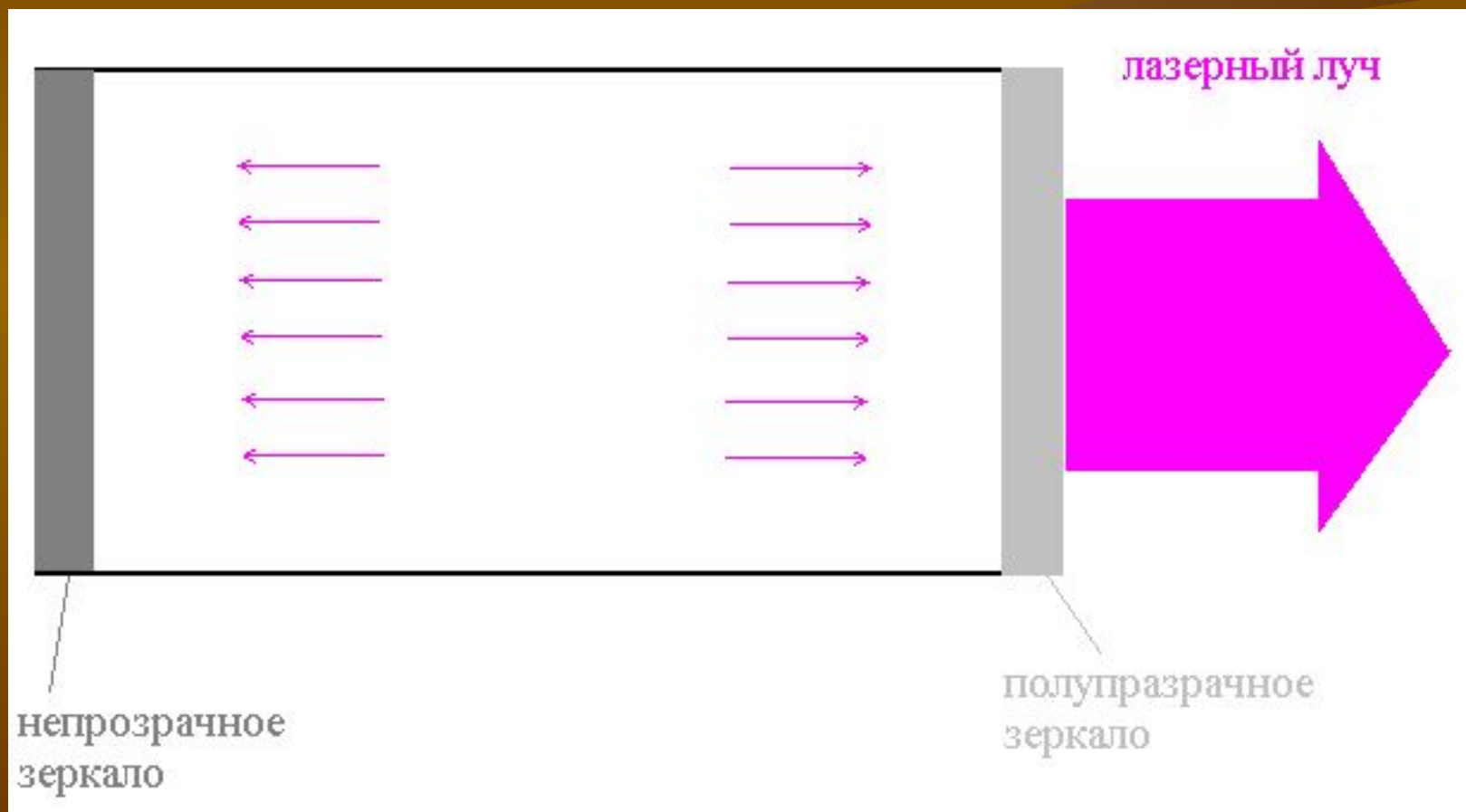


Схема оптического резонатора рубинового лазера

Когда интенсивность достигнет порогового значения, лазерное излучение «вырвется» из системы через полупрозрачное зеркало.

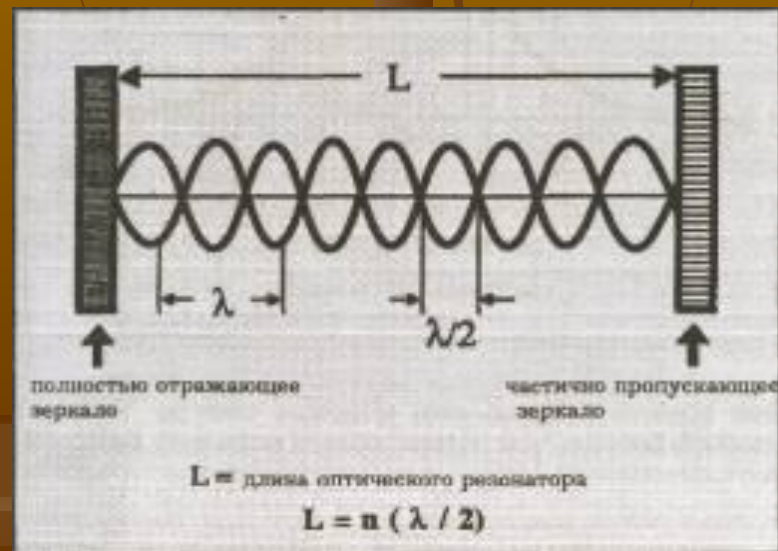
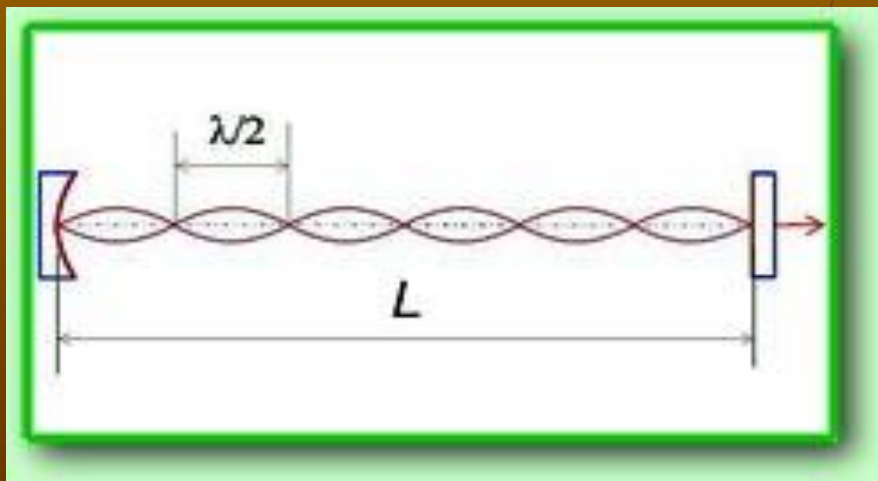


Оптический резонатор нужен для многократного пропускания излучения в прямом и обратном направлении через активную среду.

В результате, усиление за счет вынужденного излучения преобладает над поглощением и рассеиванием света.

Принципиально важно, чтобы длина резонатора была равна полуцелому числу длин волн излучения.

При этом возможен оптический резонанс, а запущенный между зеркалами луч, будет некоторое время существовать в виде цепочки стоячих электромагнитных волн.



# Моды оптического резонатора

Из-за множества отражений от зеркал в резонаторе образуются различные типы колебаний – **моды**.

Моды могут быть продольными и поперечными относительно оси резонатора.

Чем выше частота лазерного излучения, тем больше количество мод. Например, для видимого диапазона в резонаторе образуются миллионы различных мод!

Если выбрать нужную геометрию, то резонатор будет работать как оптический фильтр и подавляющее число мод будут иметь очень большие потери и через короткое время затухнут.

Лишь небольшое число «нужных» мод имеют малые потери и поэтому могут существовать в резонаторе достаточно долго.

Что же это нам дает?

Только моды с малыми потерями достигают порога генерации лазера, тогда как остальные моды быстро затухают.

Порог генерации достигается, когда усиление света сравнивается с потерями в резонаторе.

Следовательно, выход энергии из оптического резонатора происходит в основном в нужных нам модах.

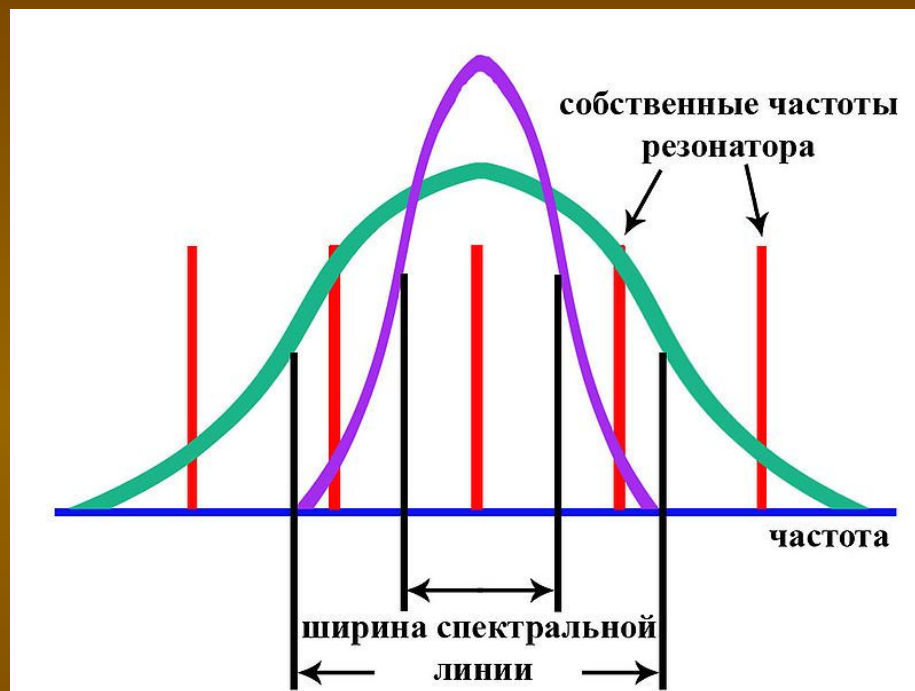
Что еще это нам дает?

Из законов оптики следует, что только те фотоны будут иметь малые потери, которые излучаются вдоль оси резонатора.

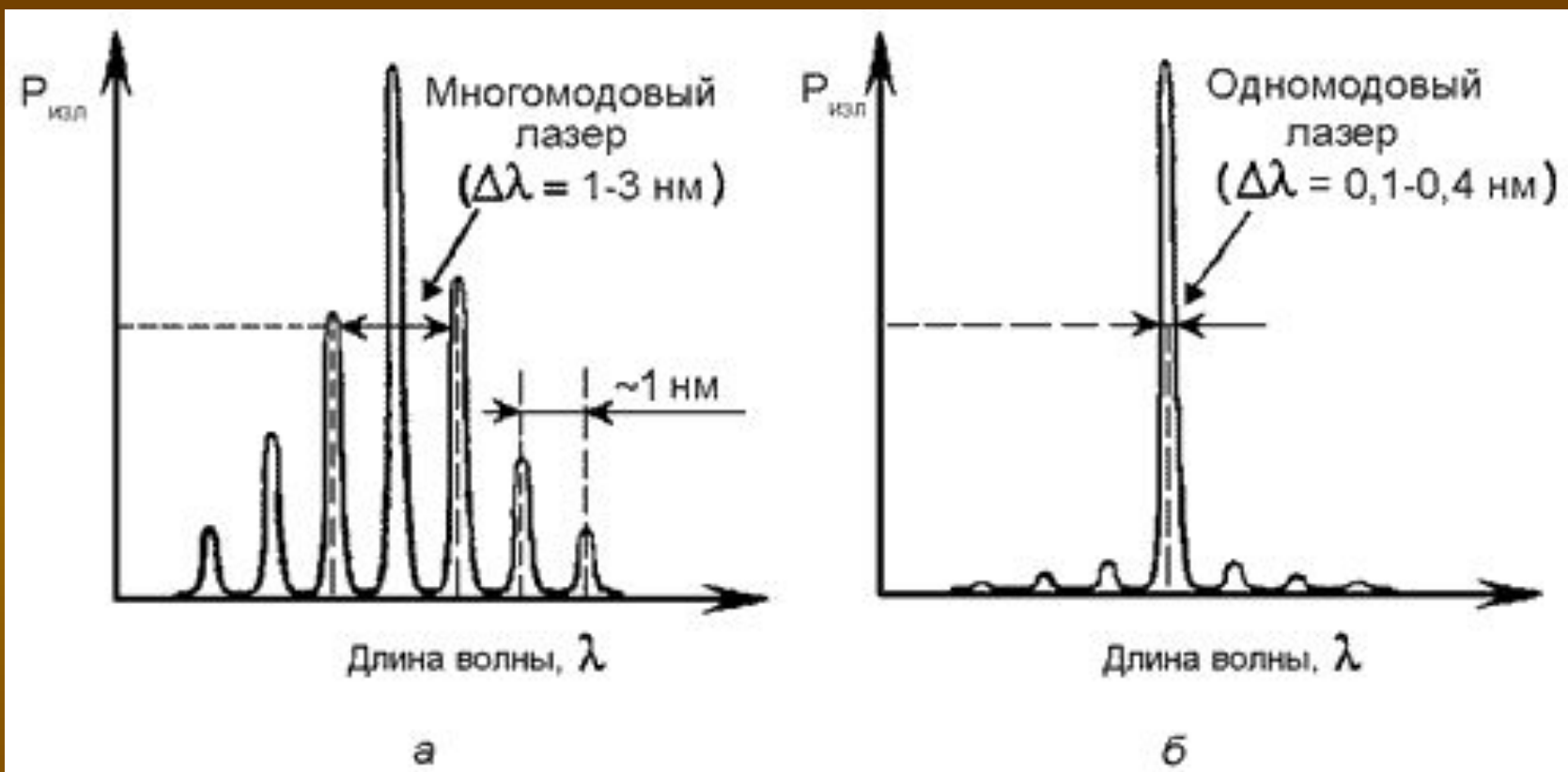
Следовательно, имеет место мощный узконаправленный пучок света – условие коллимированности.

На ширину спектральной линии излучения может укладываться несколько собственных частот резонатора.

В этом случае излучение лазера будет многомодовым.



В ширину спектральной линии, изображённой зелёным цветом, укладывается три собственные частоты резонатора и излучение будет трехмодовым. Для фиолетовой линии излучение будет чисто монохроматическим, так как укладывается одна собственная частота резонатора.



Многомодовое (а) и одномодовое (б) излучение лазера.



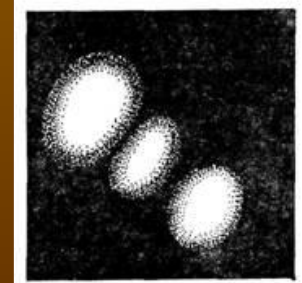
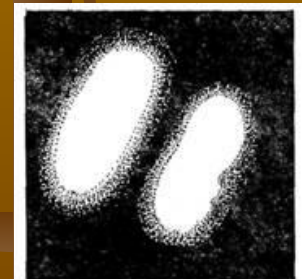
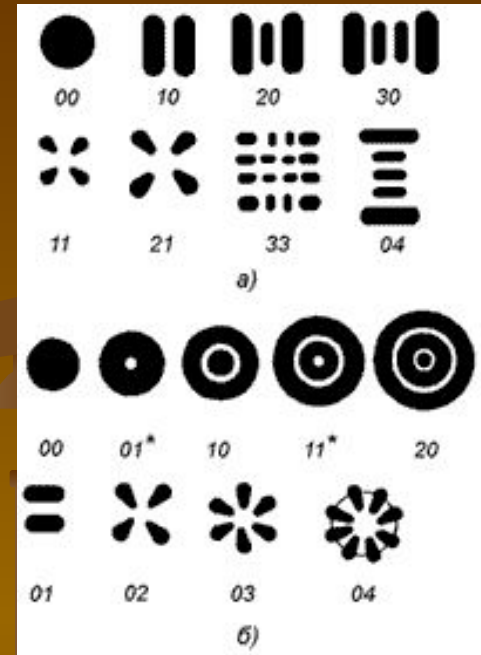
# Символы $TEM_{mn}$

Распределения интенсивности по сечению лазерного луча определяются «поперечными модами», которые представляют в виде символов  $TEM_{mn}$ .

На рисунке для примера показаны поперечные моды с прямоугольной (а) и осевой (б) симметрией

Индексы  $m$  и  $n$  у символа  $TEM_{mn}$  в прямоугольной системе координат обозначают число нулей по направлениям  $X$  и  $Y$  в плоскости поперечного сечения пучка.

На рисунке для примера показаны фотографии мод.

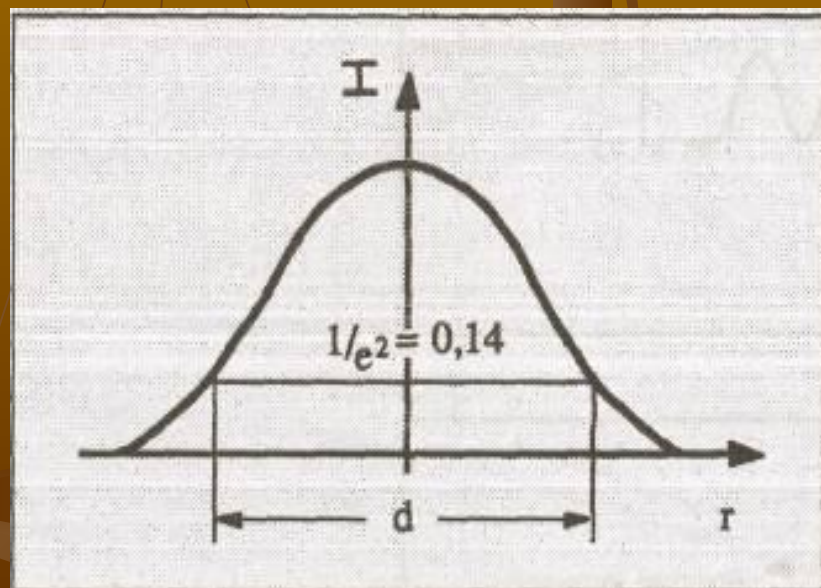




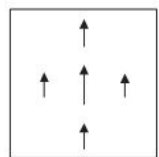
Для многих применений лазеров предпочтительнее использовать  $TEM_{00}$ , называемую **гауссовой**.

При распространении лазерного излучения через среды и оптические системы пространственная форма гауссова пучка остается неизменной, в то время как другие моды не сохраняют первоначального пространственного распределения.

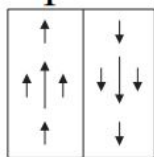
В моде  $TEM_{00}$  за диаметр лазерного луча принимается удвоенное расстояние от оси луча, на котором интенсивность падает в  $e$  раз.



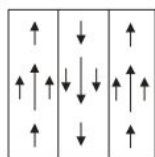
# Обозначение и классификация мод



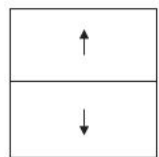
$TEM_{0,0}$



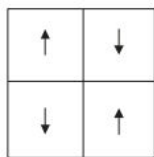
$TEM_{1,0}$



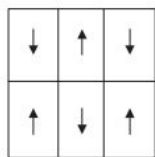
$TEM_{2,0}$



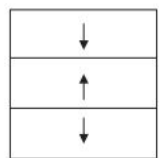
$TEM_{0,1}$



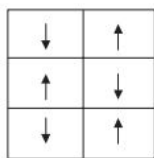
$TEM_{1,1}$



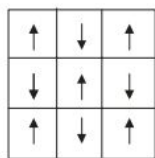
$TEM_{2,1}$



$TEM_{0,2}$

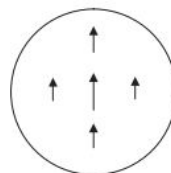


$TEM_{1,2}$

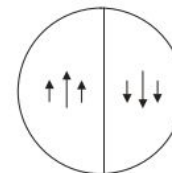


$TEM_{2,2}$

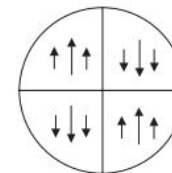
а)



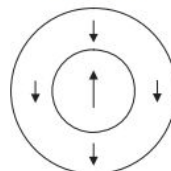
$TEM_{0,0}$



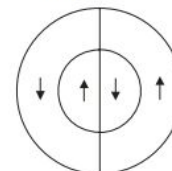
$TEM_{0,1}$



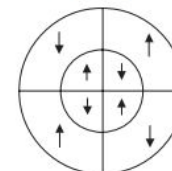
$TEM_{0,2}$



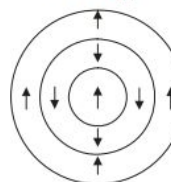
$TEM_{1,0}$



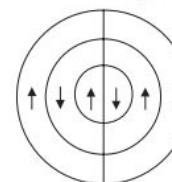
$TEM_{1,1}$



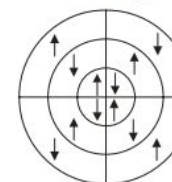
$TEM_{1,2}$



$TEM_{2,0}$



$TEM_{2,1}$



$TEM_{2,2}$

б)