

(напр., перестраиваемые от 13 до 17 мкм) на вращат. уровнях параводорода накачиваются CO_2 -лазером ($\lambda_n = 9,6-10,6$ мкм).

Перестройка частоты К. л., как правило, осуществляется перестройкой ν_n , однако в К. л., основанных на ВР света на спиновых подуровнях полупроводника в магн. поле и на ВР на поляритонах в ионном кристалле, возможна также плавная перестройка изменением $\Delta\nu_c$ соответственно магн. полем и поворотом кристалла.

Энергия, мощность и интенсивность К. л. определяются энергией и мощностью накачки, а также типом К. л. и его конструкцией (рис. 3) [1]. Практическая энергия К. л. ограничивается энергией накачки, т. к. лишь незначит. её часть, равная $\Delta\nu_c/\nu_n$, идёт на нагрев среды. Наиб. часто нелинейными средами в К. л. являются сжатые газы (водород, дейтерий, метан),

КОМБИНИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ДЕТЕКТОРОВ — совокупность совмещённых в единой эксперим. установке однотипных или различающихся по принципу действия, конструкции и назначению *детекторов* частиц, позволяющая получать детальную информацию о свойствах и взаимодействиях элементарных частиц и атомных ядер. С помощью К. с. д. удаётся измерять сечения взаимодействия и образования элементарных частиц, ядер и т. н. резонансов, осуществлять поиск новых частиц и исследовать их свойства; определять времена жизни и способы (моды) распада нестабильных частиц, изучать характеристики взаимодействия элементарных частиц, в т. ч. на кварк-глюонном уровне (см. *Квантовая хромодинамика*), и т. п.

К. с. д. являются основной эксперим. базой каждого совр. ускорителя. Их размеры достигают десятков метров, масса $\sim 10^2-10^3$ т, кол-во каналов информации до 10^3 , численность персонала — многих десятков человек, затраты на сооружение — значит. долю стоимости всего ускорит. комплекса.

Наиб. простые К. с. д., в к-рых разные методы регистрации частиц совмещены в едином приборе, наз. гибридными детекторами. Более сложные К. с. д., позволяющие определять координаты точек траектории частиц, их число, заряд, импульс (энергию), массу и т. д., наз. спектрометрами, содержащими детекторы разных типов, наз. гибридными. Примером последних может служить т. н. Европейский гибридный спектрометр (CERN), к-рый наряду с электронными детекторами содержит *пузырьковую камеру* с коротким (порядка 0,1 с) рабочим циклом, освещаемую по сигналу электронных детекторов (триггеру).

Крупномасштабным спектрометрам, как и ускорителям, присваивают собств. имена: Аргус, Тассо (ФРГ), Бис, Гиперон (ОИЯИ), Делфи, Омега, Гелиос (CERN), Икар (ЛИЯФ), Клео, Марк II и III (США) и др.

Необходимость изучать редкие и сложные процессы при интенсивном фоне посторонних событий предъявляет жёсткие требования к точности измерений характеристик первичной и вторичных частиц (включая нейтральные), а также к достоверности их идентификации. Эффективность регистрации быстрых частиц (в телесном угле, близком к 4π) достигает 100%; точность измерения координат их траекторий порядка 0,1 мм; импульсы (энергии) первичной частицы — долей %, а вторичных порядка неск. %, достоверность идентификации первичных адронов ок. 100%, вторичных до 90% и выше, электронов и мюонов более 99,99%.

Потоки частиц, проходящих через К. с. д., достигают 10^6-10^7 с⁻¹. Сложность обработки результатов измерений при большом числе каналов информации и высокой скорости регистрации событий, как правило, не позволяет анализировать их в реальном масштабе времени. Поэтому информацию записывают, напр., на магн. ленту и обрабатывают по окончании эксперимента.

Структура большинства К. с. д. сходна, хотя выбор, кол-во, размеры и расположение их элементов зависят от конкретной задачи. Наиб. типичные элементы: мишень, где взаимодействует первичная частица; окружающий мишень т. п. вершинный детектор, к-рый фиксирует продукты взаимодействия и определяет направление их вылета; координатные детекторы, локализирующие траектории первичной и вторичных частиц; спектрометрич. детекторы, измеряющие импульсы вторичных частиц или их энергию; идентификаторы вторичных адронов, электронов, мюонов.

Мишень представляет собой неподвижный образец, облучаемый пучком частиц (фиксированная мишень), либо сами сталкивающиеся частицы встречных пучков ускорителя — коллайдера. Для исследования элементарного акта на ускорителях с фиксиро-

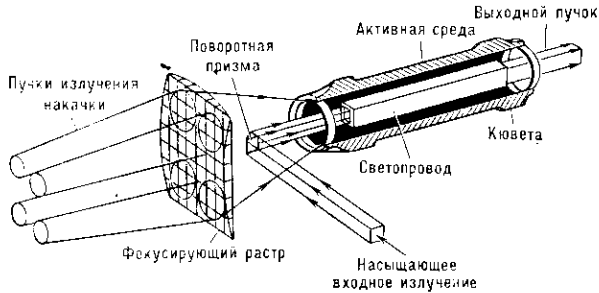


Рис. 3. Конструкция мощного комбинационного лазера (усилитель с насыщающим внешним сигналом) с растрово-светопроводной системой накачки.

жидкости (жидкий азот и кислород), твердые тела как кристаллические (полупроводники, ионные кристаллы), так и аморфные (стекловолокно). Для оптим. (пространственно однородной) накачки используются растровые фокусирующие системы в сочетании со светопроводами. К. л. широко используются на практике для решения таких актуальных проблем квантовой электроники, как создание мощных перестраиваемых лазерных источников в новых участках спектрального диапазона; увеличение плотности энергии, а также интенсивности мощного лазерного излучения при одноврем. уменьшении расходимости пучка (увеличение яркости источника). При этом возможно объединение (суммирование) энергий и мощностей неск. лазеров в одном пространственно-когерентном пучке (т. н. когерентное суммирование) [1, 6].

Лит.: 1) Басов Н. Г., Грасюк А. З., Зубарев И. Г., Комбинационные лазеры, «Природа», 1978, № 12, с. 38; 2) Грасюк А. З., Комбинационные лазеры, «Квантовая электроника», 1974, т. 1, № 3, с. 485; 3) Рагульский В. В., Лазеры на вынужденном рассеянии Манделштама-Бриллюэна, «Тр. ФИАН», 1976, т. 85, с. 3; 4) Мигуау Ж. К. и др., Raman pulse compression of excimer lasers for application to laser fusion, «IEEE J. Quant. Electronics», 1979, v. QE15, № 5, p. 342; 5) Fedosejevs R., Offenberger A. A., Subnanosecond pulses from a KrF laser pumped SF₆ Brillouin amplifier, «IEEE J. Quant. Electronics», 1983, v. QE 21, № 10, p. 1538; 6) Stimulated Raman and Brillouin scattering for laser beam control, «J. Opt. Soc. Amer. (JOSA)», В, 1986, v. 3, № 10, p. 1329. А. З. Грасюк.

КОМБИНИРОВАННАЯ ИНВЕРСИЯ (СР-преобразование) — операция одноврем. проведения двух преобразований: *зарядового сопряжения* (С) — замены всех частиц физ. системы на их античастицы (и наоборот) и *пространственной инверсии* (Р) — изменения знаков всех координат частиц ($r \rightarrow -r$). Термин предложен Л. Д. Ландау после открытия несохранения пространств. четности в слабом взаимодействии, когда была высказана гипотеза (Ландау, Ли, Янг) о том, что любые взаимодействия в природе инвариантны относительно операции СР. В современной литературе практически не употребляется. См. *СР-инвариантность*.