

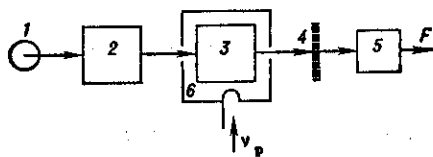
**РУБИДИЕВЫЙ СТАНДАРТ ЧАСТОТЫ** — разновидность квантовых стандартов частоты с оптич. накачкой, относится к классу вторичных стандартов. Существуют пассивный Р. с. ч. и активный Р. с. ч. на рубидиевом квантовом генераторе. В службе времени и технике преим. находят применение пассивные Р. с. ч. Относит. нестабильность частоты находится на уровне  $10^{-13}$  за время порядка суток и  $10^{-12}$  за время порядка неск. месяцев. Малогабаритные пассивные Р. с. ч. имеют объём  $10^3$  см<sup>3</sup>.

Активной средой в Р. с. ч. являются пары атомов <sup>87</sup>Rb. Используется переход  $S_{1/2}, F_1 = 1, m_F = 0 \rightarrow S_{1/2}, F_2 = 2, m_F = 0$  между подуровнями основного состояния атомов, невозмущённая частота к-рого равна  $\nu_0 = 6834682614$  Гц. Зависимость частоты рабочего перехода от магн. поля квадратична и определяется выражением  $\nu_p = \nu_0 + 0,08937 H^2$  (Гц·А<sup>-2</sup>·м<sup>2</sup>). Из-за относительно низкой частоты рабочего перехода равновесная разность населённостей его подуровней невелика и не может уверенно наблюдаться обычными методами радиоспектроскопии.

В квантовом частотном дискриминаторе пассивного Р. с. ч. для увеличения отношения сигнала к шуму при индикации рабочего перехода используются оптич. накачка и индикация. Оптич. излучение соответствующего спектрального состава (содержащее  $D_1F_1$ - и  $D_2F_2$ -компоненты  $D_1$ - и  $D_2$ -линий в спектре излучения атомов <sup>87</sup>Rb) действует на атомы <sup>87</sup>Rb, переводя их с подуровней  $S_{1/2}, F_1$  основного состояния в возбуждённые состояния  $P_{1/2}, P_{3/2}$ , нарушая тем самым равновесное распределение атомов и существенно повышая разность населённостей подуровней рабочего перехода (населённость подуровней  $S_{1/2}, F_2$  растёт, а подуровней  $S_{1/2}, F_1$  уменьшается). Индикацию рабочего перехода ведут в этом случае по интенсивности света накачки, прошедшего через пары атомов рубидия. Действительно кол-во света, поглощённого в процессе накачки, зависит от числа атомов на подуровне  $S_{1/2}, F_1 = 1, m_F = 0$  рабочего перехода. Если в дополнение к свету накачки подействовать одновременно на атомы рубидия резонансным СВЧ-излучением на частоте рабочего перехода, то оно будет стремиться выровнять населённости, т. е. увеличить населённость подуровня  $S_{1/2}, F_1, m_F = 0$ . В свою очередь это приведёт к увеличению поглощения света накачки и уменьшению его интенсивности на выходе. Эта интенсивность оказывается зависящей от точности настройки частоты СВЧ-излучения на частоту рабочего перехода и, следовательно, может быть использована для его индикации.

В качестве источника света накачки в Р. с. ч. используют газоразрядную спектральную лампу с парами <sup>87</sup>Rb. В спектре излучения такой лампы присутствуют как нужные для накачки  $D_1F_1$ - и  $D_2F_2$ -компоненты, так и препятствующие накачке  $D_1F_2$ - и  $D_2F_1$ -компоненты. Для устранения нежелательных компонентов свет спектральной лампы пропускают через фильтр, представляющий собой колбу с парами атомов.

Структурная схема квантового дискриминатора Р. с. ч. приведена на рис. Свет накачки от газоразрядной лампы 1 с парами атомов <sup>87</sup>Rb последовательно проходит через фильтр 2 с парами атомов <sup>85</sup>Rb, рабочую



ячейку 3 с парами атомов <sup>87</sup>Rb и поступает на фотоприёмник 4 с предрват. усилителем 5 на частоте вспомогат. фазовой модуляции F. Для уменьшения доплеровской ширины линии рабочего перехода рабочая ячейка содержит также смесь инертных газов при давлении неск. торр. Уменьшение уровня радиочастотной мощности на частоте  $\nu$  достигается путём размещения рабочей ячейки в резонаторе 6.

Лит.: Григорьянц В. В., Жаботинский М. Е., Золин В. Ф., Квантовые стандарты частоты, М., 1968.

**РУБИДИЙ** (Rubidium), Rb, — хим. элемент I группы периодич. системы элементов Менделеева, ат. номер 37, ат. масса 85,4678, щелочной металл. Природный Р. — смесь двух изотопов: стабильного <sup>85</sup>Rb (72,165%) и слабо  $\beta$ -радиоактивного <sup>87</sup>Rb (27,835%,  $T_{1/2} = 4,88 \times 10^{10}$  лет). Электронная конфигурация внеш. оболочек 5s<sup>1</sup>. Энергии последоват. ионизации 4,177; 27,5; 40,0; 52,6; 71,0 эВ соответственно. Атомный радиус 0,248 нм, радиус иона Rb<sup>+</sup> 0,149 нм. Значение электроотрицательности 0,89.

В свободном виде мягкий серебристо-белый металл, с кубич. объёмноцентриров. решёткой с параметром  $a = 0,570$  нм. Плотность 1,5248 кг/дм<sup>3</sup>,  $t_{пл} = 39,5^\circ\text{C}$ ,  $t_{кип} = 685^\circ\text{C}$ . Уд. теплоёмкость  $c_p = 31,09$  Дж/моль·К, теплота плавления 2,192 кДж/моль, теплота сублимации 68,59 кДж/моль. Уд. электр. сопротивление 0,1125 мкОм·м (при 0°C), термич. коэф. электр. сопротивления  $4,7 \cdot 10^{-3}$  К<sup>-1</sup> (при 0–25°C). Парамагнетик, магн. восприимчивость  $\chi = 0,198 \cdot 10^{-9}$ . Темп-ра Дебая 55К. Теплопроводность 35,6 Вт/(м·К) (при 20°C). Термич. коэф. линейного расширения  $9 \cdot 10^{-6}$  К<sup>-1</sup> (при 0–30°C).

Химически высокоактивен, на воздухе металлич. Р. воспламеняется. Степень окисления +1. Хим. свойства Р. аналогичны свойствам калия, но Р. ещё более реакционноспособен.

Р. используют как материал для катодов в фотоэлементах, ртутных лампах, в гидридных топливных элементах. Пары Р. применяют в качестве активной среды в лазерах, в чувствит. магнитометрах. RbOH используют в щелочных низкотемпературных аккумуляторах. Соединения Р. вводят в состав спец. стёкол. В качестве радиоакт. индикатора обычно применяют <sup>86</sup>Rb ( $\beta$ -распад и электронный захват,  $T_{1/2} = 18,8$  сут).

**РУБИЙН** — кристалл Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (корунд) с небольшой добавкой ионов Cr<sup>3+</sup>, замещающих в кристаллич. решётке корунда ионы Al и окрашивающих корунд в красный цвет (от розового до малиново-красного в зависимости от концентрации Cr). Темп-ра плавления 2050°C. По механич. свойствам Р. близок к корунду (одному из самых твёрдых минералов). Первоначальное применение в технике получил как материал для часовых подшипников; производство искусств. Р. вначале было налажено для нужд часовой промышленности. В квантовой электронике Р. с 1953 используют в качестве активного вещества в квантовых усилителях и твердотельных лазерах. Применение Р. в квантовой электронике связано с особенностями спектра Cr<sup>3+</sup> и с механич. прочностью.

Уровни энергии иона Cr<sup>3+</sup> в кристаллич. решётке корунда отличаются от уровней свободного иона Cr<sup>3+</sup>. Внутрикристаллическое поле E<sub>кр</sub> и дефекты кристаллич. решётки (в т. ч. механич. напряжения и тепловые колебания ионов) «размыкают» уровни энергии Cr (рис. 1). Нек-рые уровни, напр.  $\epsilon_3$  и  $\epsilon_4$ , превращаются в полосы. На положение др. уровней (напр.,  $\epsilon_2$ ) электр. поле влияет слабее, и их уширение незначительно. Переходы с основного уровня  $\epsilon_1$  на широкие полосы  $\epsilon_3$  и  $\epsilon_4$  со-

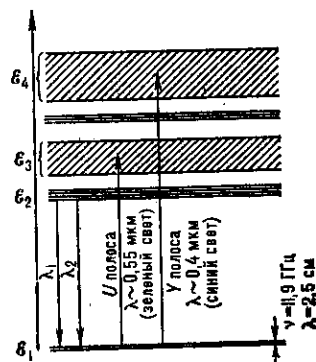


Рис. 1. Схема энергетических уровней иона Cr<sup>3+</sup> в рубине.