

НУТАЦИИ, ВЫЗВАННЫЕ ИЗМЕНЕНИЕМ ТЕМПА РЕЛАКСАЦИИ

Е.Б. Александров, М.В. Балабас, В.А. Бонч-Бруевич

Известно, что когерентные колебания населенностей уровней квантовой системы (нutation) возникают в виде переходного процесса при резком включении взаимодействия с околорезонансным переменным полем (см., например, ¹). Ниже мы сообщаем о наблюдении нutation в условиях неизменного по амплитуде и частоте переменного поля. Нutation возникали при внезапном увеличении времени релаксации в системе.

Эффект наблюдался при исследованиях магнитного резонанса атомов ⁸⁷Rb. Пары рубидия в парафинированной колбе ориентировались циркулярно поляризованным светом лампы ⁸⁷Rb, направленным вдоль магнитного поля H_0 . В малых полях сверхтонкая структура основного состояния рубидия образует две системы эквидистантных магнитных подуровней, резонирующих на близких частотах. В нашем случае в поле $H_0 \cong 1,5 \cdot 10^{-7}$ Тл эти частоты отличаются примерно на 40 Гц, что при времени спиновой релаксации около 0,1 с позволило селективно возбуждать резонанс только в состоянии $F = 2$. Возникающая при этом переменная составляющая намагнитченности регистрировалась вспомогательным световым лучом от лампы ⁸⁵Rb. Использовалась D_2 — линия (7800 Å), практически не поглощающаяся в парах ⁸⁷Rb, но испытывающая сильное фарадеевское вращение плоскости поляризации, что обеспечило невозмущающую диагностику поперечной намагнитченности: плоскость поляризации поперечного луча покачивалась с частотой переменного поля H_1 , индуцировавшего резонанс². Время релаксации намагнитченности атомов определялось в основном их взаимодействием со светом накачки, как это видно из сопоставления рис. 1, а и б. На рис. 1, а показана осциллограмма затухания поперечной намагнитченности при выключении переменного поля. Осциллограмма воспроизводит огибающую высокочастотного колебания ($\cong 10$ кГц), не разрешимого при использованной скорости развертки — 0,2 с в большом делении. Выключение света накачки резко удлиняет релаксацию, что видно из рис. 1, б, показывающего затухание поперечной намагнитченности при одновременном выключении света и переменного поля H_1 .

Наконец, рис. 1, в и г демонстрируют возникновение нutation при выключении только света накачки. Две осциллограммы отличаются напряженностью переменного поля H_1 .

Процесс образования нutation элементарно анализируется в рамках уравнений Блоха и допускает наглядную интерпретацию. На рис. 2 представлена векторная диаграмма магнитного резонанса во вращающейся системе координат (ВСК). Релаксационный процесс, который в данном случае обеспечивается светом накачки, стремится установить магнитный момент атомов вдоль оси Z , а индуцирующее резонанс поле H_1 (статическое в ВСК) инициирует прецессию момента вокруг оси X . Равновесное положение момента M устанавливается в результате конкуренции этих воздействий: равновесное значение момента "зажато" между полем H_1 и релаксацией-накачкой. Пунктиром на рис. 2 показан годограф элементарного момента, возникшего в направлении Z и затухающего по мере прецессии вокруг X ; в лабораторной

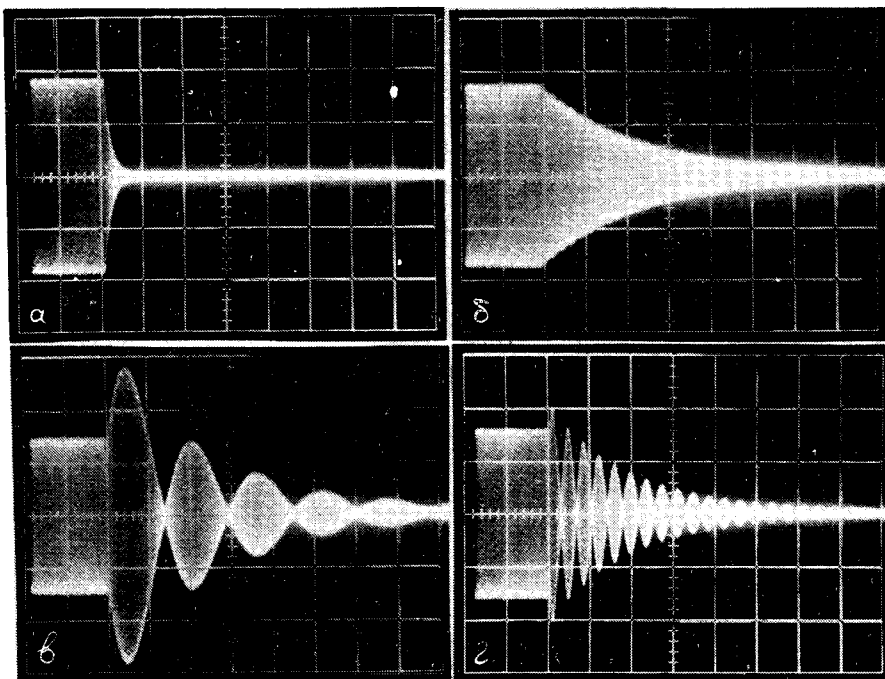


Рис. 1. Осциллограммы движения поперечной намагниченности паров рубидия при внезапном выключении переменного поля (а), одновременно переменного поля и света накачки (б), света накачки (в, г). Масштаб по горизонтали – большое деление 2 с

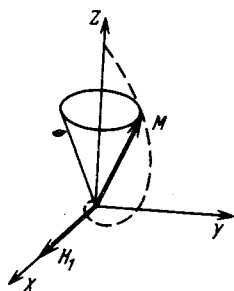


Рис. 2. Векторная иллюстрация магнитного резонанса во вращающейся системе координат

системе координат результирующий момент описывает конус постоянного раствора. В этой ситуации выключение накачки освобождает момент M , который начинает свободно прецессировать вокруг оси X в ВСК, медленно затухая. Это и есть нутации.

Литература

1. *Макомбер Дж.* Динамика спектроскопических переходов, М.: Мир, 1979, 347 с.
2. *Happer W.* Optical Pumping. Rev. Mod. Phys., 1972, 44, 169.

Поступила в редакцию
16 февраля 1987 г.