

УДК 621.378.33

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ НАКОПИТЕЛЬНОЙ КОЛБЫ НА РАБОТУ ВОДОРОДНОГО КВАНТОВОГО ГЕНЕРАТОРА

А. И. Никитин, Г. М. Страховский

При откачке колбы водородного квантового генератора паромасляными насосами наблюдалось постоянное сокращение длительности непрерывной работы генератора. При наличии атомного пучка время жизни атомов в накопительной колбе, измеренное в период, когда существование генерации было невозможным, также уменьшалось. Прогрев колбы при температуре около 80°C лишь на два месяца восстанавливал свойства поверхности. Наблюдавшиеся эффекты можно объяснить появлением на поверхности колбы углеводородных образований, способствующих рекомбинации атомарного водорода.

В настоящем сообщении мы хотим описать эффект, с которым нам пришлось столкнуться при исследовании водородных квантовых генераторов [1]. Речь пойдет об эффекте постепенного уменьшения времени жизни атомов в накопительной колбе, которое мы относим к загрязнению ее поверхности следами вакуумного масла диффузионных насосов. Несмотря на значительные успехи последних лет в улучшении конструкции системы водородного квантового генератора, в котором теперь повсеместно применяются гетероионные насосы, описываемое явление не потеряло актуальности, поскольку еще не исключена полностью возможность попадания масла в накопительную колбу в период обезгаживания установки, когда откачка осуществляется, как правило, масляными насосами.

Исследование работы водородного квантового генератора проводилось на установке, подробно описанной в статье [2]. В этой установке для откачки водорода из всех трех вакуумных секций использовались диффузионные масляные насосы, отделенные от откачиваемого пространства азотными ловушками. Однако в периоды времени, когда насосы были выключены и ловушки разморожены, давление остаточного газа в вакуумной системе (в том числе и в колбе) повышалось примерно до $5 \cdot 10^{-2}$ тор. В процессе систематической работы на установке мы заметили, что отрезок времени, в течение которого квантовый генератор мог действовать непрерывно, неуклонно уменьшался. Пока этот отрезок превышал длительность рабочего дня, о его существовании, естественно, никто не подозревал, но когда он сократился до нескольких часов, а потом, спустя две-три недели, и до нескольких минут, эффект стал серьезной помехой для работы.

В период наилучшего состояния поверхности колбы амплитуда сигнала генерации после включения разряда сначала увеличивается, а затем примерно через 40 сгк после возникновения сигнала начинает экспоненциально уменьшаться с постоянной затухания около 43 сек. Через две минуты после включения пучка генерация срывается. Любопытно, что если выключить разряд и выждать несколько минут, то при повторном его включении вновь возникает кратковременная генерация. Время выжидания, спустя которое, генерация возникает наверняка,

непрерывно увеличивается. В одном из опытов периоды необходимого «отдыха» колбы составляли соответственно 3, 6, 8 мин и т. д. Наряду с увеличением времени «отдыха» длительность последующих интервалов работы генератора сокращалась до тех пор, пока возникновение генерации стало невозможным даже при значительном времени выжидания. В этом случае о дальнейшем состоянии поверхности колбы мы могли судить, измеряя время жизни атомов в накопительной колбе с помощью импульсного метода [3].

Результаты измерений приведены на рис. 1. Разряд вудовской

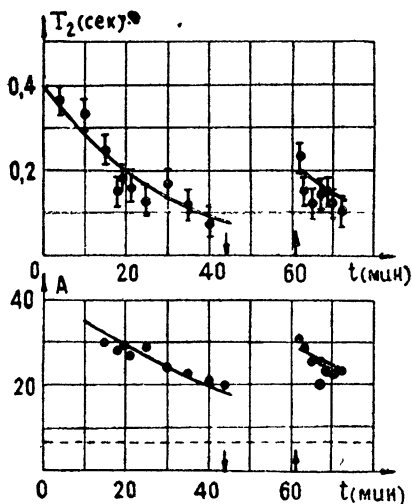


Рис. 1. Изменение под воздействием атомарного водорода времени жизни атомов в накопительной колбе T_2 и начальной амплитуды A сигнала индуцированного излучения. Стрелками отмечены моменты выключения и включения атомного пучка, пунктиром — амплитуда шумов.

трубки был включен непрерывно; он выключался лишь на период с 45-й по 61-ю минуту. Как можно видеть, при стационарном потоке атомарного водорода время жизни атомов T_2 непрерывно уменьшалось с 0,4 до 0,1 сек (постоянная времени уменьшения составляла величину порядка 27 мин). В течение 16 мин, когда разряд был выключен, время жизни атомов T_2 увеличилось с 0,1 до 0,2 сек. Подобным же образом изменялась со временем начальная амплитуда сигнала индуцированного излучения.

Свойства поверхности накопительной колбы удалось в значительной степени восстановить, прогревая колбу снаружи потоком горячего воздуха ($t = 80^\circ\text{C}$) и одновременно откачивая ее в течение 8 час. После этой процедуры стала возможной длительная генерация, однако через 2 месяца время непрерывной работы квантового генератора вновь упало до нескольких минут. При этом на спадающей части импульса генерации иногда наблюдались осцилляции с частотой $\sim 0,1 - 0,2$ гц. Введение в установку вакуумного вентиля, отделяющего колбу от остальной системы при выключении насосов, позволило существенно уменьшить скорость изменения свойств покрытия.

На второй нашей установке, в которой откачка колбы велась гетероионным насосом ГИН-0,5 (а секция источника и промежуточная секция откачивались масляными насосами), нежелательное ухудшение свойств поверхности шло значительно медленнее — колба не заменялась в течение полутора лет.

Описанные наблюдения наводят на мысль, что при наличии на поверхности колбы углеводородных загрязнений (каковыми являются следы вакуумного масла) или продуктов их распада возникают центры, способные после взаимодействия со свободными атомами водорода

играть активную роль в сокращении времени жизни атомов в накопительной колбе.

О механизме взаимодействия атомов с указанными центрами результаты наших опытов однозначного заключения дать не могут—им может быть или увеличение скорости рекомбинации атомарного водорода, или увеличение скорости спинового обмена. По мере увеличения степени загрязненности поверхности колбы число оснований, на которых под действием атомного водорода образуются активные центры, неуклонно увеличивается. Время «разрастания» отдельного активного центра характеризуется несколькими часами. Более быстрое наступление срыва генерации у сильно загрязненной колбы, вероятно, объясняется быстрым ростом суммарной площади активных центров до некоторой критической величины.

Несмотря на малую изученность описанного явления, результаты наших наблюдений позволяют сделать практический вывод о вреде диффузионного масла на поверхности колбы, который, несомненно, должен быть учтен при разработке водородных квантовых генераторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. И. Никитин, Диссертация, ФИАН, М., 1966
2. Н. Г. Басов, Г. М. Страховский, А. И. Никитин, Т. Ф. Никитина, В. М. Татаренков, А. В. Успенский, Тр. ФИАН, 31, 139 (1965).
3. H. C. Berg, Phys. Rev., 137, A 1621 (1965).

Физический институт им. П. Н. Лебедева
АН СССР

Поступила в редакцию
5 июля 1968 г.

THE EFFECT OF CONTAMINATING THE SURFACE OF STORAGE BULB ON THE OPERATION OF HYDROGEN MASER

A. I. Nikitin, G. M. Strakhovskii

A constant shortening of duration of continuous operation of generator is observed when the bulb of hydrogen maser is pumped out by oil pumps. In the presence of atomic beam, the lifetime of atoms in the storage bulb measured in the period when the generation does not exist was also decreased. The bulb heating at the temperature of about 80°C re-established the surface properties only for two months. The effect observed may be explained by the creation on the bulb surface of the carbon-hydrogen compounds favouring the atomic hydrogen recombination.
