

НОВЫЙ МЕХАНИЗМ ГЕНЕРАЦИИ КОГЕРЕНТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ВИДИМОЙ ОБЛАСТИ СПЕКТРА В ИОНИЗИРОВАННОМ КИСЛОРОДЕ И АЗОТЕ

Н. П. Гадецкий, Ю. В. Ткач, В. В. Слезов,
Я. Я. Бессараб, И. И. Магда

Известно, что при разряде в атмосфере азота и кислорода создают-ся и при соответствующих условиях накапливаются стабилизированные свободные радикалы [1]. Использование запасенной в них энергии для накачки лазеров представляет большой интерес. В связи с этим нами была предпринята попытка использовать запасенную энергию в свободных радикалах, стабилизированных на стенках разрядной трубки, для получения генерации на переходах азота и кислорода. Генерация на переходах атомарного и ионизированного азота и кислорода исследовалась в работах [2 - 6]. В них была получена генерация на 16 линиях кислорода и 11 линиях азота в диапазоне от 2983 Å до 6721 Å и показано, что нельзя создать инверсию населенностей уровней в чистом азоте и кислороде с помощью только соударений с электронами. Поэтому для получения генерации кислород и азот вводились как примесь в аргон или неон. При соударениях с атомами Ar или Ne в метастабильных состояниях молекулы N₂ и O₂ диссоциировали с образованием N и O также в метастабильных состояниях. Благодаря большой величине сечения взаимодействия этих состояний с электронами происходит инвертирование генерирующих уровней. Эксперименты проводились на установке,

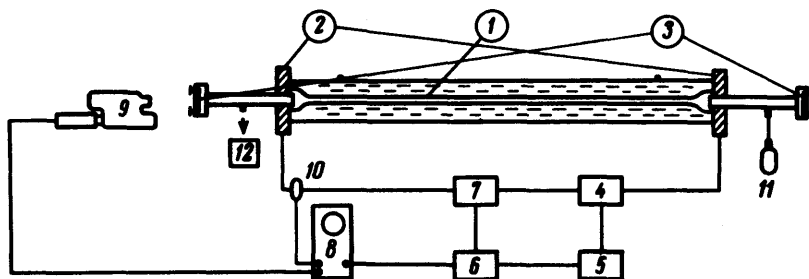


Рис. 1. Блок-схема установки. 1 - разрядная трубка, 2 - электроды, 3 - диэлектрические зеркала, 4 - батарея конденсаторов, 5 - выпрямитель, 6 - запускающее устройство, 7 - управляемый разрядник, 8 - осциллограф, 9 - монохроматор с ФЭУ, 10 - пояс Роговского, 11 - баллон с натекателем, 12 - форвакуумный насос.

схема которой приведена на рис. 1. Разряд происходил в кварцевой трубке с водяным охлаждением длиной 1 м. Давление в системе плавно регулировалось с помощью натекателей в режиме прокачки газа от $6 \cdot 10^{-1}$ тор до $1,5 \cdot 10^{-2}$ тор. Откачка осуществлялась форвакуумным насосом с азотной ловушкой. С помощью управляемого разрядника между внутренними электродами в трубке происходил разряд батареи кон-

денсаторов, емкость которой в ходе эксперимента менялась от 75 до 600 мкф, а напряжение — от 3 до 7 кВ. Ток разряда, регистрируемый поясом Роговского, достигал 3 кА при длительности импульса до 3 мсек. В качестве резонатора использовались сферические заркала с диэлектрическим покрытием на соответствующую область длин волн. При исследовании влияния величины разрядной емкости (75, 150, 300, 600 мкф) и диаметра трубки (5, 8, 12 мм) на мощность генерации оказалось, что наибольшее ее значение наблюдалось при диаметре трубки 8 мм и $C = 300$ мкф. Поэтому дальнейшие результаты будут приведены именно для этих величин. Генерация была получена на 8 линиях (6721 Å, OII; 6666, 94 Å, OII; 5679, 562 Å, II; 5666,, 62 Å, II; 5592,37 Å, OIII; 5146,06 Å OI; 5016,387 Å, П; 4772,91 Å, OI).

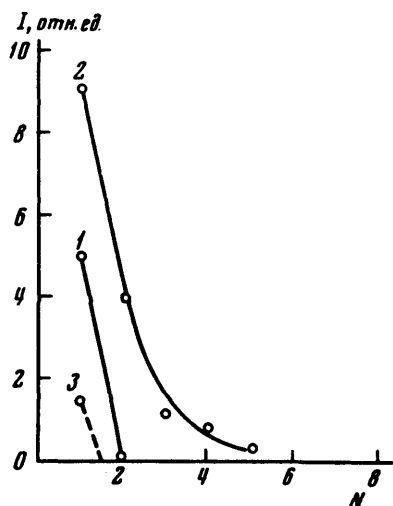


Рис. 2. Зависимость интенсивности генерации от номера "рабочего" импульса ($U_{\text{предвар}} = 5$ кВ, $p_{N_2} = 1,5 \cdot 10^{-1}$ торр
 1. — $U_{\text{разр}} = 3,6$ кВ, 2. — $U_{\text{разр}} = 3,8$ кВ
 3. — $U_{\text{разр}} = 4,0$ кВ)

Для получения генерации вначале производился подготовительный импульсный разряд (4,5 — 5,5 кВ), в течение которого генерация отсутствовала. После этого она наблюдалась в течение нескольких рабочих импульсов ($U = 3 - 4,5$ кВ), причем ее интенсивность убывала по экспоненциальному закону с увеличением номера рабочего импульса (рис. 2). Интервал между импульсами составлял 10 сек. Наблюдаемое число импульсов генерации после подготовительного разряда зависело от его величины напряжения и напряжения рабочего разряда, а также от интервала между импульсами. Этот эффект имел место как для кислорода, так и для азота. Величина примеси N и O не превышала 0,01 — 0,1%. Генерация длилась от десятков до нескольких сотен микросекунд в зависимости от напряжения и давления в трубке. Максимальная мощность генерации достигала 2 Вт при напряжении 3,6 кВ и давлении $8 \cdot 10^{-2}$ торр, что соответствовало оптимуму $E_p^{-1} v_m^{-1} \text{торр}^{-1}$. Типичная осциллограмма характеризующая временные соотношения между током разрядника и импульсом генерации, представлена на рис. 3.

Населенность генерирующих уровней в азоте и кислороде определяется числом метастабильных состояний этих атомов [4]. В нашем случае образование метастабильных состояний N и O происходило не в

результате соударений с атомами инертных газов [2 – 5], а в результате диссоциативной рекомбинации, протекающей во время подготовительного и рабочих импульсов в соответствии с реакциями [7, 8]:

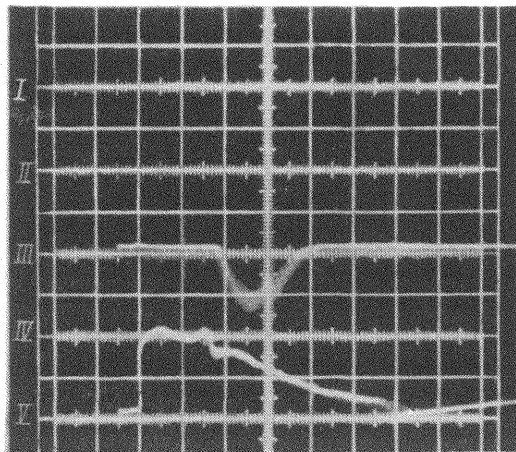
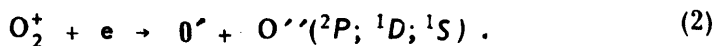
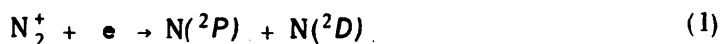


Рис. 6. Оциллограмма, характеризующая временные соотношения между током разряда (нижний луч) и импульсом генерации (верхний луч). Длительность развертки 300 мксек/см

Эти реакции характеризуются высокими коэффициентами выхода, ($\alpha \approx 1 + 2 \cdot 10^{-7} \text{ см}^3/\text{сек}$). Нами наблюдались небулярные линии с $\lambda = 3467 \text{ \AA}$ и $\lambda = 5577 \text{ \AA}$, всегда сопутствующие этим реакциям. Благодаря большим временам жизни в возбужденном состоянии атомы N и O достигают стенок трубки и стабилизируются на них, как составная часть свободных радикалов [1, 6, 7]. Во время подготовительного разряда генерация не наблюдалась. Она не наблюдалась даже тогда, когда следовали подряд несколько таких импульсов. Отсутствие генерации можно объяснить тем, что в этих случаях не выполнялись пороговые условия для ее возникновения. Если перед рабочим разрядом подготовительный разряд отсутствовал, то генерация тоже не наблюдалась, даже если рабочий разряд повторялся несколько раз. Если же за подготовительным разрядом следовал рабочий, то, наряду с созданием метастабильных состояний атомов в разряде, со стенок трубки срывались стабилизированные радикалы, увеличивая плотность метастабильных состояний N и O. Далее, благодаря большой величине сечения взаимодействия этих состояний с электронами плазмы, производилась накачка лазерных уровней. Созданию инверсной заселенности на генерирующих переходах способствовала большая скорость распада нижнего лазерного уровня, связанного с основным состоянием переходов, лежащим в области вакуумного ультрафиолета.

Таким образом, во время рабочих импульсов для получения генерации используется энергия, запасенная в стабилизированных на стенках трубки свободных радикалах, в состав которых входят метастабильные состояния азота и кислорода.

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность за интерес к работе и полезные обсуждения Я.Б.Файнбергу Л.И.Болотину и В.П.Тычинскому.

Поступила в редакцию
3 мая 1971 г.

После переработки
21 июня 1971 г.

Физико-технический институт
Академии наук Украинской ССР

Литература

- [1] Образование и стабилизация свободных радикалов. Сб. статей под ред. В.Н.Кондратьева, В.Л.Тальрозе, Из-во ИИЛ, М., 1962.
 - [2] W.Bridges, A.N.Chester. Appl. Opt. 4, 573, 1965.
 - [3] P.K.Cheo, H.G.Cooper. J. Appl. Phys. 36, 1862, 1965.
 - [4] W.R.Bennet, W.L.Faust, R.A.McFarlane, C.K.N.Patel. Phys. Rev. Let. 8, 470, 1962.
 - [5] C.K.N.Patel, R.A.McFarlane, W.L.Faust Phys. Rev. 133, A1244, 1964.
 - [6] S.K.Mitra Active Nitrogen – A. New Theory, Calcutta, 1945
 - [7] J. Kaplan. Phys. Rev. 57, 662, 1940.
 - [8] D.R.Bates. Phys. Rev. 78. 492, 1950.
-