

О ПОЛУЧЕНИИ ГЕНЕРАЦИИ НА $\lambda = 97,2 \text{ нм}^1$ В ВОДОРОДЕ

Б.И.Трошин, В.П.Чеботаев, А.А.Черненко

Получена генерация на длине волны $\lambda = 97,2 \text{ нм}$ в атомарном водороде вблизи перехода $4P-1S$ путем резонансного смешения двух фотонов второй гармоники и одного фотона основной частоты импульсного лазера на красителе.

К настоящему времени опубликован ряд работ о генерации излучения в области вакуумного ультрафиолета короче 100 нм [1 – 4]. Эти результаты были достигнуты путем генерации гармоник мощных импульсных лазеров.

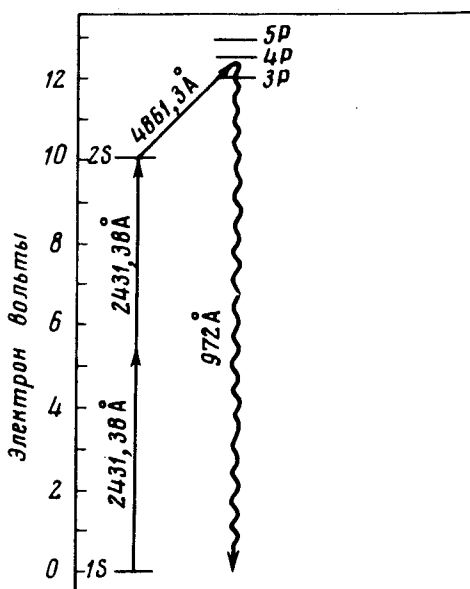


Рис. 1. Схема рабочих уровней атома водорода

В данной работе впервые сообщается о получении генерации на длине волны короче 100 нм посредством нелинейного резонансного смешения двух фотонов второй гармоники и одного фотона основной частоты импульсного лазера на красителе на $\lambda = 486,2 \text{ нм}$ в атомарном водороде. Резонансное нелинейное преобразование по такой схеме стало возможно благодаря особенностям структуры уровней атома водо-

¹) Работа докладывалась на совещании по "Нелинейным резонансным преобразованиям частоты лазерного излучения", 7 – 9 сентября 1977 г., г. Красноярск.

рода (см. рис. 1). Частота перехода $1S - 2S$ почти в четыре раза превосходит частоту перехода $2S - 4P$, так что при настройке частоты второй гармоники лазера на частоту двухфотонного перехода $1S - 2S$ частота лазера будет близка частоте перехода $2S - 4P$. Данное обстоятельство способствует более высокой эффективности процесса преобразования. Излучение вблизи перехода $4P - 1S$ ($\lambda = 97,2$ нм) соответствует пятой гармонике излучения лазера на красителе ($\lambda = 486,2$ нм).

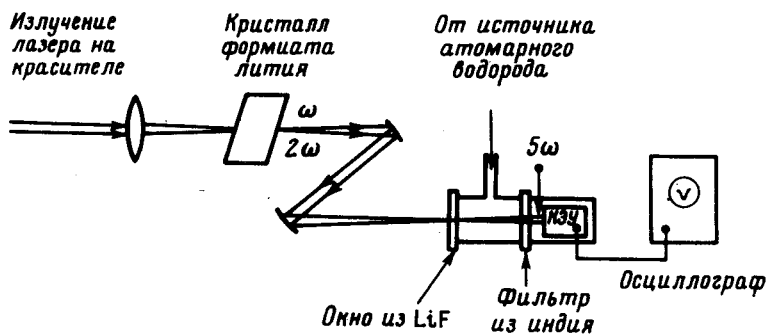


Рис. 2. Схема экспериментальной установки

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 2. Источником перестраиваемого излучения служил импульсный лазер на красителе с накачкой азотным лазером с мощностью ~ 1 Вт. Лазер на красителе имел следующие параметры: импульсная мощность на длине волны $\lambda = 486$ нм, ~ 50 квт, ширина линии излучения $\lesssim 5$ Гц, длительность импульса ~ 5 нсек и частота повторения $3 \div 50$ гц. Источником атомарного водорода служила трубка Вуда длиной около 2 м и с внутренним диаметром 16 мм при токе разряда ~ 50 ма и давлении газа около 0,05 тор. Коллимированный пучок света лазера на красителе (расходимость $\lesssim 5^\circ$) проходил через кристалл формиата лития, а затем излучение первой и второй гармоники системой зеркал фокусировалось в кювету с атомарным водородом. Мощность излучения на частоте второй гармоники составляла ~ 1 квт. Входным окном кюветы служила пластинка из LiF, а выходным — индиевый фильтр с толщиной пленки ~ 350 нм [5]. За фильтром помещался детектор ВУФ излучения — электронный умножитель типа ВЭУ-6, сигнал с которого подавался на осциллограф с запуском от управляющего импульса. По данным работ [5, 6] следует ожидать, что сочетание индиевого фильтра с электронным умножителем ВЭУ-6 обеспечивало перепад чувствительности регистрирующей системы от длины волны $\lambda = 97$ нм до $\lambda = 250$ нм примерно в 10^9 раз. Настройка частоты лазера на красителе на рабочую область частот осуществлялась по основной частоте на спектрографе ДФС-8 по линии неона. При работе было обнаружено два основных источника шума: импульсы от регистрации фотонов второй гармоники и шумовые сигналы, которые появляются только при включении одной трубки Вуда. Мы их приписывали излучению атомов водорода с уровня $2P$, заселяемого при столкновении с метастабильными $2S$. Действие излучения на

частоте только первой гармоники лазера на красителе не приводило к появлению наблюдаемых сигналов. При настройке всей системы на уровень максимального сигнала отношение сигнала к шуму составляло более двух порядков. На рис. 3 приведена осциллограмма сигнала ВУФ излучения. Максимум наблюдаемого сигнала появлялся при настройке частоты лазера на красителе на длину волны $\lambda = 486,27 \pm 0,05 \text{ нм}$, что соответствует длине волны пятой гармоники $\lambda_{5\omega} = 97,282 \pm 0,01 \text{ нм}$. Длина волны перехода $4P-1S$ $\lambda = 97,2537 \text{ нм}$ и величина расстройки $\lambda_{5\omega} - \lambda_{4P-1S}$ равна $0,03 \pm 0,01 \text{ нм}$. При перестройке частоты лазера на красителе изменение сигнала носило резонансный характер с областью наблюдения по уровню шума примерно $0,25 \text{ нм}$. При изменении мощности лазера величина сигнала зависела как пятая степень мощности лазера. Изменение давления в трубке Вуда приводило к нелинейному изменению выходного сигнала. Следует отметить, что явление параметрического преобразования частот сопровождается процессом ступенчатого возбуждения уровня $4P$. Для уменьшения влияния спонтанного излучения с этого уровня на рабочий сигнал мы использовали различие в диаграммах направленности спонтанного и когерентного процессов. Практически регистрация велась в телесном угле расходимости излучения лазера на красителе, равного примерно 10^{-2} . Смещение излучения лазера на край апертуры фотодетектора приводило к исчезновению сигнала, при этом, однако, телесный угол регистрации спонтанного излучения практически не изменялся.

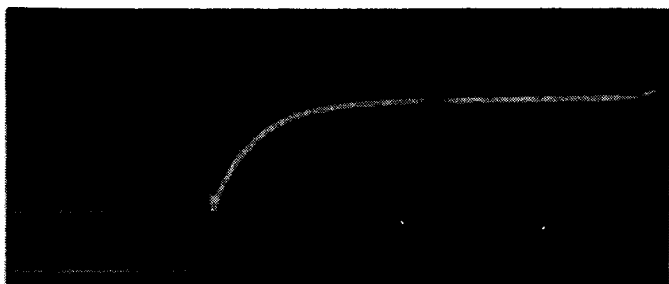


Рис.3 Осциллограмма сигнала с детектора ВУФ излучения. Цена деления – 5 мксек / см . Затухание сигнала определяется системой регистрации

На основании вышеизложенного мы интерпретировали наблюдаемый сигнал как сигнал когерентного преобразования в пятую гармонику излучения лазера на красителе. Коэффициент преобразования оценивается величиной $\sim 10^{-9}$.

Результаты этой работы открывают новые возможности в спектроскопии атома водорода. Отметим, что при использовании второго пе-

рестраиваемого лазера на красителе можно получить когерентное перестраиваемое ВУФ излучение вблизи остальных линий Лаймановской серии.

В заключение авторы благодарны Л.С.Василенко, А.С.Яценко, В.И.Трунову, Б.И.Кидярову за внимание и помощь в работе.

Институт физики полупроводников
Академии наук СССР
Сибирское отделение

Поступила в редакцию
4 декабря 1977 г.
После переработки
25 января 1978 г.

Литература

- [1] S.E.Harris, J.F.Young, A.H.Kung, D.M.Bloom, G.C.Bjorklund: Laser Spectroscopy, edited by R.G.Brewer and A.Mooradian (Plenum. New York, 1973), p.59.
- [2] M.H.Hutchinson, C.C.Ling, D.J.Bradley. Opt. Commun., 18, 203, 1976.
- [3] J.Reintjes, R.C.Eckardt, C.Y.Sche, N.E.Karangelen, R.C.Elton, R.A.Andrews. Phys. Rev. Lett., 37, 1540, 1976; J.Reuntjes, C.Y.Sche, R.C.Eckardt, N.E.Karangelen, R.A.Andrews, R.C.Elton. Appl. Phys. Lett., 30, 480, 1977.
- [4] В.В.Слабко, В.П.Тимофеев, А.К.Попов, В.Ф.Лукиных. Тезисы совещания "Нелинейные резонансные преобразования частоты лазерного излучения", Красноярск, 1977 г., стр. 17.
- [5] О.М.Сорокин, В.А.Бланк. ОМП, 6, 3, 1970.
- [6] А.Н.Зайдель, Е.Я.Шрейдер. Вакуумная спектроскопия и ее приложения. М., 1976.