

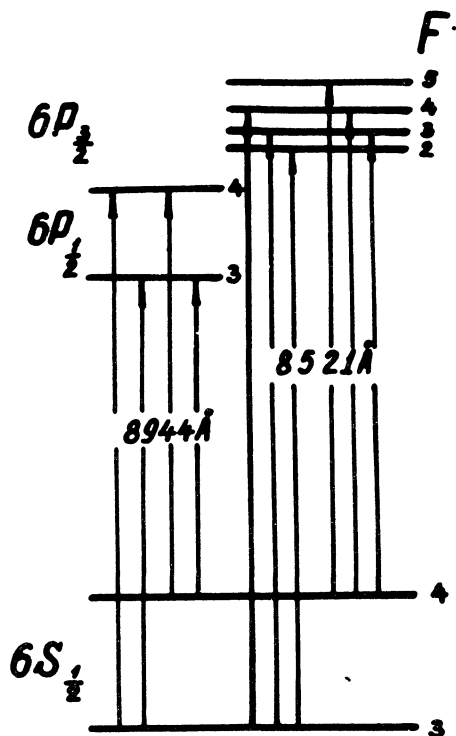
НАБЛЮДЕНИЕ СВЕРХТОНКОЙ СТРУКТУРЫ
УРОВНЕЙ $6S_{1/2}, 6P_{1/2}, 6P_{3/2}$ $Cs^{133}I$ С ПОМОЩЬЮ
ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ЛАЗЕРНОГО СПЕКТРОСКОПА

Ю. А. Быковский, В. Л. Величанский,
И. Г. Гончаров, В. А. Маслов, В. В. Никитин,
В. Л. Смирнов

Перспективность использования полупроводниковых лазеров в спектроскопии определяется возможностью перестройки частоты генерации в широких пределах и малой спектральной шириной отдельной моды генерации. В работах /1, 2/ с помощью инжекционного лазера из GaAs были получены резонансы пропускания интерферометра Фабри-Перо, имеющие ширину 500 Мгц, т.е. сравнимую с доплеровской шириной линий поглощения в газах при комнатной температуре. В качестве объекта для спектроскопических исследований в первую очередь был выбран цезий, имеющий в рабочей области спектра ПКГ из GaAs резонансные линии поглощения. В работах /3/ с помощью ПКГ наблюдалась линия поглощения в Cs при переходе $6S_{1/2} - 6P_{3/2}$ на длине волны 8521 Å. При этом была разрешена структура уровня $6P_{3/2}$. Однако в /3/ не учитывался нелинейный характер изменения частоты генерации импульсного ПКГ во времени, что не позволяет определять частотные интервалы между линиями поглощения и оценивать ширину этих линий.

В настоящей работе впервые с помощью полупроводникового лазера наблюдалась сверхтонкая структура линии поглощения в парах Cs $6S_{1/2} - 6P_{1/2}$ на длине волны 8943 Å. Для определения изменения частоты ПКГ в течение импульса, т.е. для частотной калибровки ла-

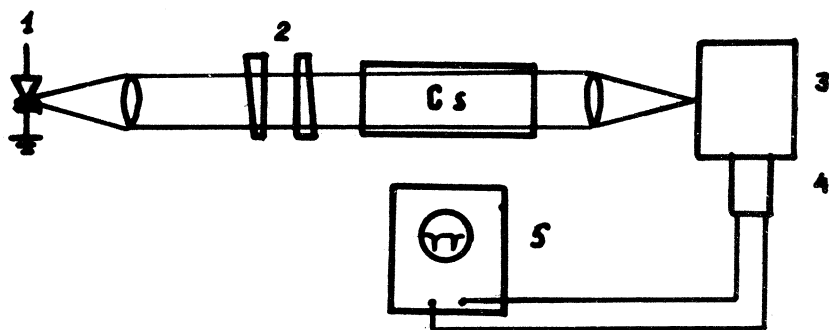
зерного спектроскопа, излучение лазера пропускалось через внешний резонатор Фабри-Перо, обладающий эквидистантными линиями пропускания. На рис. 1 приведе-



Р и с. 1. Схема уровней цезия $6S_{1/2}, 6P_{1/2}, 6P_{3/2}$ и возможные переходы.

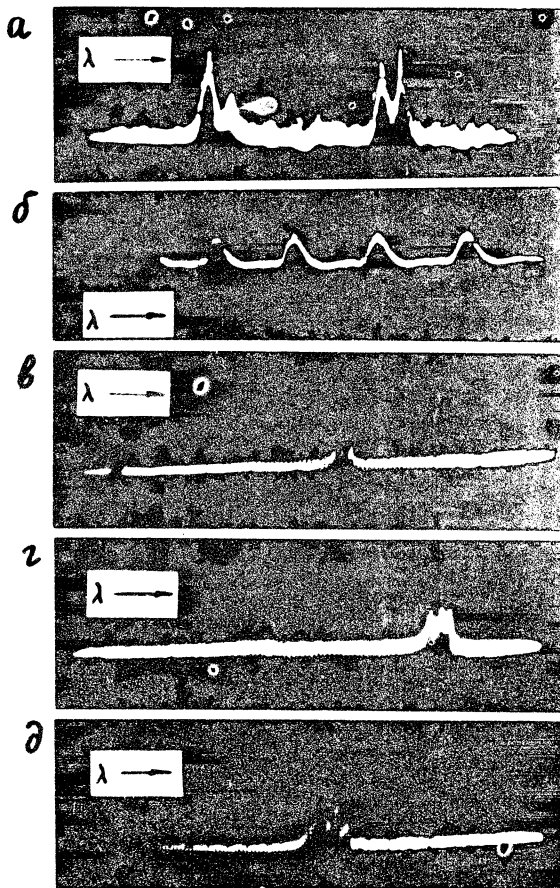
ны расположение S- и P-уровней цезия и возможные переходы /4, 5/. Схема установки представлена на рис. 2. Инжекционный лазер (1) помещался на хладопровод вакуумного криостата, температура которого регулировалась скоростью подачи азота. Лазер работал в импульсном режиме с частотой следования 50 гц. Сканирование частоты лазера происходило вследствие изменения температуры активной области в течение

импульса. Для калибровки частоты излучение лазера пропускать через интерферометр (2), а для грубой подстройки использовался дифракционный спектроскоп ДФС-12 (3). Сигнал от фотоприемника (4) поступал на импульсный скоростной осциллограф (5).



Р и с. 2. Блок-схема установки.

На рис. 3а представлена осциллограмма сигнала, регистрируемого фотоприемником, после прохождения излучения лазера через насыщенные пары цезия (при 20°C), а на рис. 3б – после прохождения интерферометра Фабри-Перо. По мере увеличения длины волны лазера в течение импульса на осциллограмме рис. 3а наблюдаются линии поглощения, соответствующие переходам $6S_{1/2}(F=3) - 6P_{1/2}(F=4)$, $6S_{1/2}(F=3) - 6P_{1/2}(F=3)$, $6S_{1/2}(F=4) - 6P_{1/2}(F=4)$, $6S_{1/2}(F=4) - 6P_{1/2}(F=3)$. По осциллограмме рис. 3а было измерено сверхтонкое расщепление уровней $6P_{1/2}$. Для калибровки изменения частоты ПЛС использовалась осциллограмма пропускания интерферометра (рис. 3б) в том же режиме работы лазера. Расстояние по частоте между резонансами пропускания применявшегося интерферометра составляет 5 Гц. Последовательность прохождения резонансов соответствует тому, что изменение частоты лазера имеет корневую зависимость от времени, отсчиты-

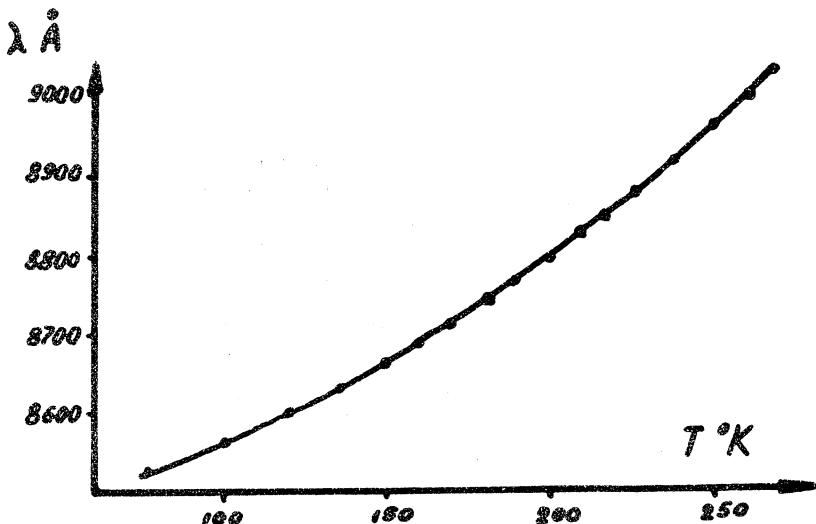


Р и с. 3. (а) поглощение насыщенными (при 20°C) парами цезия при переходах $6S_{1/2} - 6P_{1/2}$; (б) пропускание интерферометра Фабри-Перо; поглощение излучения в атомном пучке при переходах (в) $6S_{1/2}(F=3,4) - 6P_{3/2}(F=2,3,4,5)$; (г) $6S_{1/2}(F=3) - 6P_{3/2}(F=4,3,2)$; (д) $6S_{1/2}(F=4) - 6P_{3/2}(F=5,4,3)$

ваемого от начала импульса. На осциллограмме рис. 3а представлена небольшая часть импульса длительностью 0,18 мксек (длительность всего импульса - 2 мксек), в течение которой частота лазера меняется на 22 Гц. Экспериментально найденные величины расщеплений основного и возбужденного состояний равны соответственно $9,2 \pm 0,1$ Гц и $1,2 \pm 0,1$ Гц, что в пределах ошибки совпадает с известными по литературе данными /5/.

При понижении температуры хладопровода того же ПЛС до 80°K длина волны его перестраивалась в диапазоне от 8940 \AA до 8500 \AA , т.е. больше чем на 500 \AA . Это позволило также получить линию поглощения в парах цезия при переходе $6S_{1/2} - 6P_{3/2}$. Сверхтонкая структура уровней $6P_{3/2}$ не может быть разрешена при использовании обычной кюветы с парами цезия, поскольку доплеровская ширина линии (360 Мгц при 293°K) превышает сверхтонкое расщепление. Использование атомного пучка позволило устранить доплеровское уширение первого порядка и разрешить сверхтонкую структуру уровня $6P_{3/2}$ (рис. 3в). На рис. 3г показано поглощение излучения лазера по мере увеличения длины волны при переходах с уровня $6S_{1/2}(F=3)$ на уровни $6P_{3/2}(F=4,3,2)$, а на рис. 3д - с уровня $6S_{1/2}(F=4)$ на $6P_{3/2}(F=5,4,3)$. Распределение интенсивностей сверхтонких компонент этой линии поглощения (как и для компонент линии 8943 \AA), а также соотношение частотных интервалов между ними соответствует теоретическим значениям /6/. Запись линий поглощения на длинах волн 8521 и 8943 \AA проводилась при разных температурах хладопровода, вследствие чего пороговые токи (соответственно $1,1$ и $9,5 \text{ а}$) и скорость разогрева активной области сильно различаются между собой. Этим в основном обусловлено увеличение скорости изменения частоты лазера при регистрации линии 8943 \AA (100 Гц/мксек) по сравнению с той же скоростью при регистрации коротковолновой линии (7 Гц/мксек).

Для определения рабочего диапазона спектра ПЛС была исследована зависимость длины волны излучения лазера от температуры хладопровода. Результаты представлены на рис. 4. Как видно из рисунка, описанный в работе импульсный ПЛС позволяет определять интер-



Р и с. 4. Зависимость длины волны излучения лазера от температуры хладопровода.

валы длин волн между спектральными линиями в диапазоне $8500 + 9000 \text{ \AA}$. При этом максимальная точность измерений, определяемая в нашем случае добротностью интерферометра, составляет $3 \cdot 10^{-3} \text{ \AA}$. При использовании лазера, работающего в непрерывном режиме с малой пилообразно изменяющейся во времени добавкой тока, и более добротного резонатора для калибровки точность измерений частотных интервалов может быть значительно повышена, поскольку предельное разрешение ПЛС определяется шириной линии излучения равной по f/λ 150 кгц. В заключение авторы выража-

ют благодарность Ю. П. Захарову и В. И. Молочеву за изготовление лазеров.

Поступила в редакцию
11 января 1971 г.

Л и т е р а т у р а

1. Ю. А. Быковский, В. Л. Величанский, В. А. Маслов, И. Г. Гончаров. ЖЭТФ, 57, 1109 (1967).
2. Ю. А. Быковский, В. Л. Величанский, В. А. Маслов, И. Г. Гончаров. ФТП, 4, 685 (1970).
3. S. Siahatgar, U. E. Hochuli. IEEE Quant. Electr., QE-5, 295 (1969); U. E. Hochuli, P. Haldeman, S. Siahatgar, Appl. Phys., 40, 3374 (1969).
4. P. Buck, I. I. Rabi, B. Senitzky. Phys. Rev., 104, 553 (1956).
5. K. B. Eriksson, I. Johansson, G. Norlan. Arkiv for fysik, 28, 233 (1965).
6. С. Э. Фриш. Оптические спектры атомов. Москва Физматгиз, 1963 г.
7. W. E. Ahearn, J. W. Crowe. IEEE Quant. Electr., QE-2, 597 (1966).