

ПРИМЕНЕНИЕ ИНЖЕКЦИОННЫХ ЛАЗЕРОВ НА ОСНОВЕ $Pb_{1-x}Sn_xTe$
В СПЕКТРОСКОПИИ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

В. Б. Анзин, М. В. Глушков, Ю. И. Горина, Г. А. Калужная,
Ю. В. Косичкин, А. И. Надеждинский

УДК 621.378.35

С помощью инжекционного лазера, изготовленного из гетероструктуры на основе $Pb_{1-x}Sn_xTe$, выращенной методом фотостимулированной эпитаксии, записан спектр аммиака в области 968 см^{-1} с разрешением $0,01\text{ см}^{-1}$. Лазер работал в импульсном режиме.

Сообщения последних двух лет (см., напр., /1,2,3,4/) свидетельствуют о большой перспективности метода фотостимулированной эпитаксии в технологии гетероструктур на основе $Pb_{1-x}Sn_xTe$, пригодных для создания лазеров средней ИК области. Достигнутые здесь успехи позволяют непосредственно приступить к решению задачи по созданию лазерного спектрометра с высокой разрешающей способностью подобно тому, как это было сделано с помощью инжекционных лазеров на основе $GaAs$ /5/, а также лазеров средней ИК области, изготовленных по другой технологии /6/.

Наша предыдущая работа /7/, в которой комбинированным воздействием давления и температуры было достигнуто изменение длины волны лазера $PbTe$ от 5 до 9,6 мкм, была скорее демонстрацией возможностей разработанных нами методов перестройки, чем достоинств использованного лазера с точки зрения спектроскопии высокого разрешения. Цель данной заметки состоит в том, чтобы показать, что и в этом последнем отношении лазеры, приготовленные по упомянутой технологии, являются весьма эффективными приборами.

Лазеры были изготовлены из гетероструктуры на основе $Pb_{1-x}Sn_xTe$, выращенной методом фотостимулированной эпитаксии. Готовая структура сошлифовывалась со стороны подложки до толщины $\sim 300\text{ мкм}$ и протравливалась, после чего на нее наносился кон-

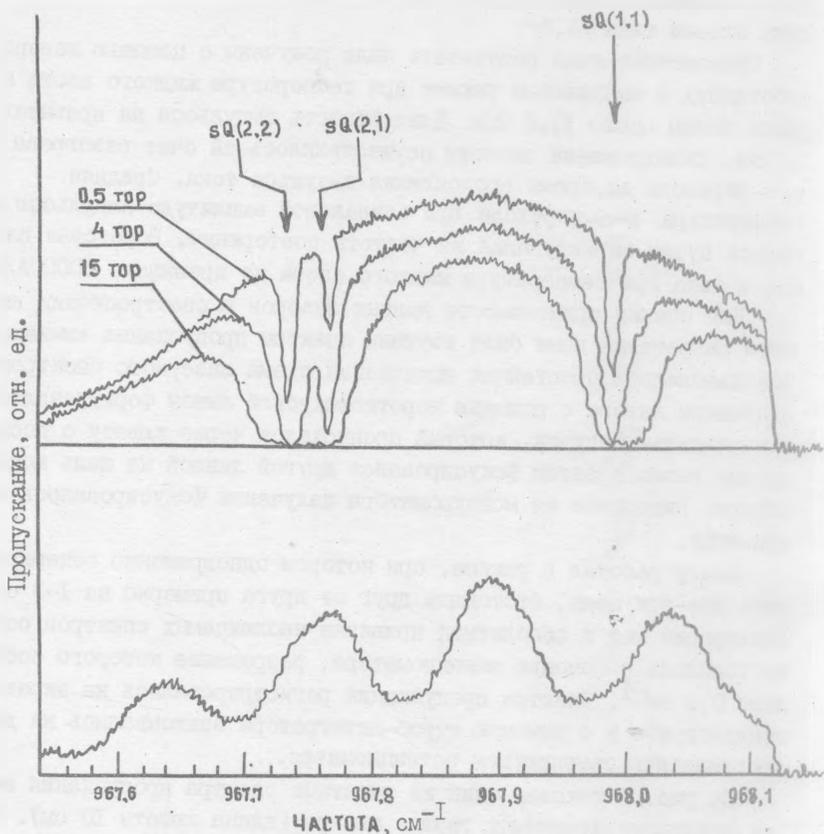
тактный слой. Структура раскалывалась по кристаллическим плоскостям на диоды, которые затем припаивались к контактным пластинам. Приготовленный таким образом лазер помещался в криостат с холодными окнами типа /8,9/.

Приведенные ниже результаты были получены с помощью лазеров, работавших в импульсном режиме при температуре жидкого азота на длине волны около 10,5 мкм. Длительность импульсов не превышала 10 мкс. Сканирование частоты осуществлялось за счет разогрева p-n-перехода во время прохождения импульса тока. Средняя температура p-n-перехода при одинаковой амплитуде импульсов менялась путем варьирования их частоты повторения. Пороговая плотность тока при температуре жидкого азота не превышала 2000 А/см².

Для оценки применимости данных лазеров в спектроскопии высокого разрешения нами были изучены спектры пропускания аммиака. Использовалась простейшая оптическая схема лазерного спектрометра. Излучение лазера с помощью короткофокусной линзы формировалось в параллельный пучок, который пропускался через кювету с исследуемым газом и затем фокусировался другой линзой на щель монохроматора. Выходящее из монохроматора излучение фокусировалось на приемник.

Лазер работал в режиме, при котором одновременно генерировались две-три моды, отстоящие друг от друга примерно на 1-3 см⁻¹. Фильтрация мод и абсолютная привязка наблюдаемых спектров осуществлялась с помощью монохроматора, разрешение которого составляло 0,2 см⁻¹. Спектры пропускания регистрировались на экране осциллографа и с помощью строб-интегратора записывались на двухкоординатном самопишущем потенциометре.

На рис. 1 показан один из участков спектра пропускания аммиака при различных давлениях газа в кювете (длина кюветы 10 см). В нижней части рисунка приведен спектр пропускания интерферометра Фабри-Перо (германиевая плоскопараллельная пластина толщиной 10 мм). Расстояние между максимумами 0,125 см⁻¹. Наименьшая ширина линии поглощения, зарегистрированная в наших опытах, составляла 10⁻² см⁻¹. Ограничения здесь связаны, по-видимому, в первую очередь с инерционностью использованного приемника. Следует отметить, что использованный режим коротких импульсов имеет свои преимущества, поскольку позволяет с весьма высоким разрешением исследовать кинетику достаточно быстрых процессов.



Р и с. 1. Спектры пропускания аммиака при различных давлениях и спектр пропускания интерферометра Фабри-Перо, полученные с помощью инжекционного лазера на основе $Pb_{1-x}Sn_xTe$, работающего при температуре 82,3 К в импульсном режиме (длительность импульсов 10 нс). Спектры записаны через решеточный монохроматор, выделявший одну из продольных мод лазера

Идентификация линий поглощения (рис. 1) производилась по данным Шимицу /10/, полученным с помощью CO_2 и H_2O лазеров. Расстояния между линиями в верхнем спектре (0,5 тор), определенные при помощи спектра пропускания Фабри-Перо, оказались равными расстояниям между линиями $\nu_Q(1,1) - 967,991 \text{ см}^{-1}$, $\nu_Q(2,1) - 967,769 \text{ см}^{-1}$ и $\nu_Q(2,2) - 967,732 \text{ см}^{-1}$, найденными в /10/, с точностью до ошибки определения положения линий, указанной в этой работе ($0,006 \text{ см}^{-1}$).

Авторы благодарят А. М. Прохорова, Б. М. Вула и В. Г. Веселаго за постоянное внимание и поддержку работы, А. Д. Бритова за консультацию и обсуждение, С. Д. Сиваченко и Е. Г. Барабанову за помощь при изготовлении лазеров.

Поступила в редакцию
23 января 1978 г.

Л и т е р а т у р а

1. Л. И. Курбатов, А. Д. Бритов, С. М. Караваев, Ю. И. Горина, Г. А. Каложная, П. М. Старик, Квантовая электроника, 2, 2084 (1975).
2. Г. А. Каложная, К. В. Киселева, Ю. И. Горина, В. М. Сальман, А. Г. Турьянский, А. Д. Бритов, Краткие сообщения по физике ФИАН, № 8, 15 (1976).
3. А. Д. Бритов, С. М. Караваев, Г. А. Каложная, Ю. И. Горина, А. Л. Курбатов, К. В. Киселева, Квантовая электроника, 3, 2238 (1976).
4. А. Д. Бритов, С. М. Караваев, Г. А. Каложная, А. Л. Курбатов, С. Н. Максимовский, С. Д. Сиваченко, Квантовая электроника, 4, 1999 (1977).
5. Ю. А. Быковский, В. Л. Величанский, И. Г. Гончаров, В. А. Маслов, В. В. Никитин, Оптика и спектроскопия, 30, 508 (1971).
6. E. D. Hinkley, K. W. Nill, F. A. Blum, Topics in Applied Physics, Laser Spectroscopy of Atoms and Molecules, vol.2, Springer-Verlag, Berlin, 1974.

7. В. Б. Анзин, А. Д. Бритов, М. В. Глушков, Е. С. Ицкевич, Г. А. Каложная, Д. В. Косичкин, А. М. Широков, Квантовая электроника, 4, 1390 (1977).
8. В. Б. Анзин, Д. В. Косичкин, Д. Н. Котлов, А. И. Надеждинский, Cryogenics, 16, 375 (1976).
9. В. Б. Анзин, Д. В. Косичкин, Д. Н. Котлов, А. И. Надеждинский, Препринт ФИАН № 66, 1976 г.
10. F. Shimizu, J. Chem. Phys., 52, 3572 (1970).