

Полученный материал, подтверждающий временную стабильность и возможность географической привязки осредненных значений нормированной амплитуды отраженных сигналов, позволил построить карты изолиний уровня такой амплитуды «акустического рельефа» дна как для всего полигона, так и для отдельных его участков. На фиг. 2 подобная карта приведена для участка размером 7×7 км. Цифрами на ней в децибелах нанесены значения осредненной нормированной амплитуды A , которая по сути представляет собой так называемый эффективный коэффициент отражения [2]. При построении данной карты было принято, что $V_{\text{эфф}} = 0,05$ соответствует $A = 5$ дБ. Построение подобных карт осуществлено также в работах [7, 8].

В ходе проведенных полигонных исследований было показано, что осредненный уровень отраженного от дна акустического поля является не единственной величиной, характеризующейся высокой временной стабильностью при существенной пространственной изменчивости и потому допускающей привязку к некоторой ограниченной акватории океана. Указанными свойствами в той или иной мере обладают и такие осредненные характеристики амплитуды отраженных тональных сигналов, как коэффициент ее вариации, пространственный радиус ее корреляции в горизонтальной плоскости и др. Эксперименты показали также, что сказанное относится и к осредненному уровню отраженных от дна шумовых сигналов и корреляционным характеристикам таких сигналов при их обработке по несущей. Одной из них, в частности, является коэффициент взаимной корреляции отраженных псевдошумовых сигналов, одновременно принятых двумя приемниками, разнесенными в горизонтальной плоскости. На фиг. 3 представлена карта изолиний этого коэффициента (карта «корреляционного рельефа» дна), построенная для того же участка, что и карта на фиг. 2. Данные получены при излучении посылок длительностью 4,5 с с центральной частотой 9,6 кГц и полосой 500 Гц. Скважность излучения равнялась 3,7, расстояние между приемниками — около 1 м. Оценки показывают, что масштаб изменчивости параметров, для которых построены карты на фиг. 2 и 3, примерно одинаков. Сравнение этих карт показывает также, что участкам дна с повышенными отражающими свойствами соответствует и более высокая корреляция отраженных шумовых сигналов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воловов В. И., Житковский Ю. Ю. Об измерениях коэффициента отражения звука от дна океана // *Океанология*. 1966. Т. 6. № 6. С. 1086–1088.
2. Воловов В. И., Житковский Ю. Ю. Отражение и рассеяние звука дном океана // *Акустика океана*. М.: Наука, 1974. С. 395–490.
3. Воловов В. И., Лысанов Ю. П. Корреляция флуктуаций звуковых сигналов, отраженных от дна океана // *Акуст. журн.* 1969. Т. 15. № 2. С. 205–211.
4. Воловов В. И., Лысанов Ю. П., Сечкин В. А. О пространственной корреляции звуковых сигналов, отраженных от дна океана // *Акуст. журн.* 1973. Т. 19. № 1. С. 16–20.
5. Воловов В. И. О пространственных масштабах флуктуаций сигналов, отраженных от дна океана // *Акуст. журн.* 1978. Т. 24. № 6. С. 934–936.
6. Бреховских Л. М., Воловов В. И., Лысанов Ю. П. Пространственная изменчивость акустического поля, отраженного от дна океана // *Докл. АН СССР*. 1981. Т. 259. № 1. С. 205–208.
7. Винн К., Кеглер Ф. Ц., Вернер Ф. Совместное использование измерителя амплитуды эхосигнала, гидролокатора бокового обзора и профилографа для картирования морских осадков // *Акустика дна океана*. М.: Мир, 1984. С. 65–71.
8. Moustier C. Inference of manganese nodule coverage from Sea Beam acoustic back scattering data // *Geophysics*. 1985. V. 50. № 6. P. 989–1001.

Акустический институт
им. Н. Н. Андреева
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
29.X.1986

УДК 681.7.068

ЛАЗЕРНЫЙ ГИДРОФОН

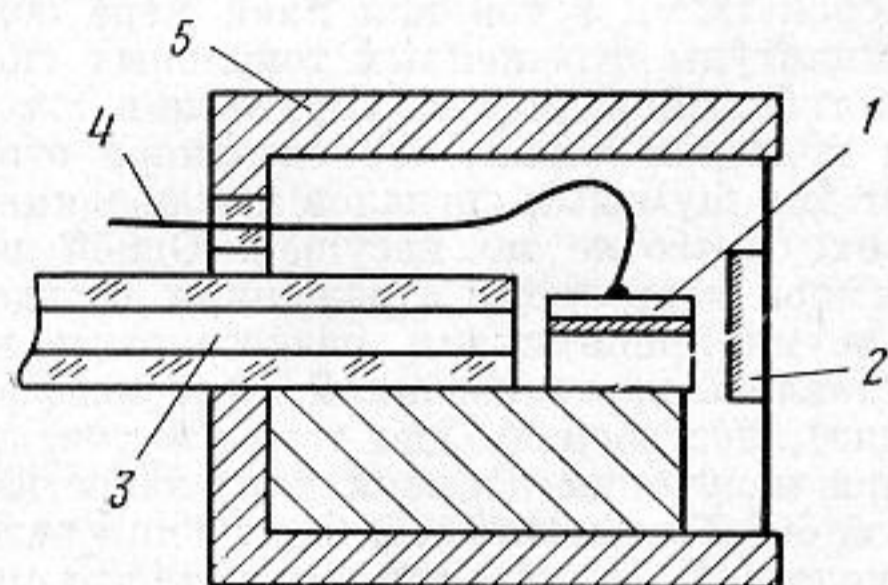
Быковский Ю. А., Дедушенко К. В., Мамаев А. Н.

В последнее время большое внимание уделяется разработке волоконно-оптических устройств для регистрации гидроакустических колебаний — оптических гидрофонов [1, 2]. В этих устройствах акустический сигнал, воздействуя на волоконный световод, вызывает изменение фазы и (или) интенсивности проходящего по нему света, преобразуясь в световой сигнал. Источниками оптического излучения служат лазеры, причем предпочтительны полупроводниковые лазеры из-за их миниатюрности и простоты электропитания. Вместе с тем сам полупроводниковый лазер может использоваться непосредственно в чувствительном элементе гидрофона. Если вблизи выходного зеркала лазера находится еще одно зеркало, образующее с собственным зеркалом лазера составной резонатор, то смещения этого внешнего зеркала вдоль оптической оси вызывают возмущения параметров излучения [3–5]. Этот

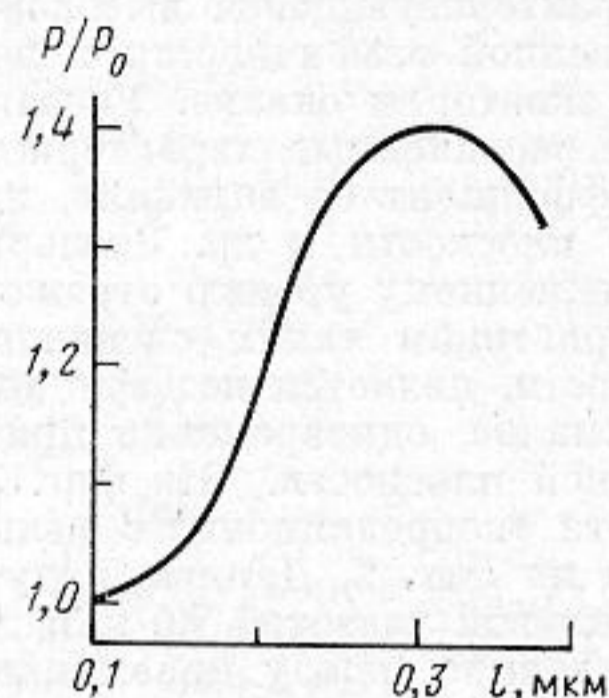
принцип был положен в основу работы описанного ниже лазерного гидрофона. Его схема приведена на фиг. 1.

Использовался серийный полосковый инжекционный лазер, излучающий в спектральной области 0,86 мкм. Номинальный ток накачки составлял 60 мА. Внешним зеркалом служила кремниевая пластинка, наклеенная на тонкую тефлоновую пленку — мембрану. Излучение, выходящее с противоположного зеркала лазера, направлялось в волоконный световод, пройдя который, оно поступало на фотодиод, детектирующий переменную составляющую сигнала. Лазер и мембрана защищались корпусом, внутренняя часть которого для компенсации гидростатического сжатия заполнялась керосином.

На фиг. 2 показана зависимость мощности излучения лазера от смещения мембраны. Расстояние до мембраны при нулевом смещении 20 мкм. Используя



Фиг. 1. Схема лазерного гидрофона: 1 — полупроводниковый лазер, 2 — мембрана с зеркалом, 3 — волоконный световод, 4 — электрический контакт, 5 — корпус



Фиг. 2. Зависимость мощности излучения от смещения мембраны. P_0 — мощность при нулевом смещении

результаты работы [5], можно показать, что мощность излучения P изменяется со смещением зеркала, т. е. мембраны l , как $\cos(kl)$, где $k=2\pi/\lambda$, λ — длина световой волны. Последнее находится в соответствии с полученной экспериментально кривой. Для достижения наибольшей чувствительности к малым колебаниям и линейности следует выбирать рабочую точку, соответствующую максимальной производной мощности по длине. Установить соответствующее расстояние между зеркалом лазера и мембраной с высокой точностью затруднительно. Целесообразнее произвести подстройку к оптимальной точке изменением тока накачки лазера, так как при небольших изменениях тока длина волны генерируемого излучения изменяется вследствие изменения показателя преломления в активной среде. Амплитуда модуляции мощности при смещении мембраны из-за насыщения усиления за порогом генерации не зависит от тока накачки, поэтому изменяя ток накачки, можно всегда выбрать оптимальную рабочую точку.

Достоинством лазерного гидрофона является то, что сигнал с него выводится в световой форме и непосредственно поступает в волоконно-оптический тракт, что при достигнутых в настоящее время низких потерях в волоконном световоде — менее 0,3 дБ/км [6] — позволяет передавать сигналы на расстоянии до десятков километров без ретрансляторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lagakos N., Trott W. J., Hickman T. R., Cole J. H., Bucaro J. A. Microbend fiber-optic sensor as extended hydrophone // IEEE J. Quantum Electron. 1982. V. QE-18. № 10. P. 1633—1638.
2. Лямшев Л. М., Смирнов Ю. Ю. Волоконно-оптический измерительный гидрофон // Акуст. журн. 1985. Т. 31. № 1. С. 141—142.
3. Olesen H., Osmundsen J. H., Tromborg B. Nonlinear dynamics and spectral behavior for an external cavity laser // IEEE J. Quantum Electron. 1986. V. QE-22. № 6. P. 762—772.
4. Lang R., Kobayashi K. External optical feedback effects on semiconductor injection laser properties // IEEE J. Quantum Electron. 1980. V. QE-16. № 3. P. 347—355.
5. Гончаров И. Г., Грачев А. П., Дедушенко К. Б., Зверков М. В., Мамаев А. Н. Влияние внешнего зеркала на характеристики излучения полупроводникового лазера // Квантовая электроника. 1985. Т. 12. № 2. С. 397—400.
6. Дедушенко К. Б. Элементы техники оптической связи. М.: Изд-во МИФИ, 1985. 48 с.

Московский инженерно-физический институт

Поступило в редакцию
29.VII.1987