

чины релаксации и деформации, а также значения равновесного модуля высокоэластической деформации, температуры плавления и ширины температурного интервала плавления.

Было обнаружено, что при наличии в физиологическом растворе указанных соединений резко возрастает число узлов (увеличивается значение модуля высокоэластичности) в пространственной сетке, образованной молекулами ДНП (см. таблицу). Кроме того, наблюдается изменение профиля кривых плавления надмолекулярных ДНП-структур, по-видимому, связанное с изменением взаимодействия ДНК-белок и ДНП-ДНП (рис. 1, 2).

Такое действие использованных соединений, по-видимому, связано с их способностью вступать в реакции внутрисферного замещения, в результате чего в ДНП-структурах возникает новая система межмолекулярных связей.

Таким образом, эксперимент подтверждает высказанное предположение о том, что в основе механизмов антиопухолевого действия комплексов переходных металлов может лежать существенная модификация надмолекулярной структуры хроматина.

ЛИТЕРАТУРА

1. Thomson A. J. et al.—«Struct. Bonding», 1972, 11, 1.
2. Harder H. C., Rosenberg B.—«Intern. J. Cancer», 1970, 6, 207.
3. Howle J. A., Gale G. H.—«Biochem. Pharmacol.», 1970, 19, 2757.
4. Robins A. B.—«Rec. Results Cancer Res.», 1974, 48, 1.
5. Roberts J. J., Passon J. M.—«Nature», 1972, 235, 282.
6. Rosenberg B.—«Naturwiss.», 1973, 60, 399.
7. Федорова Н. А. и др.—«ДАН СССР», 1976, 230, 2.
8. Зеленин А. В. и др.—«ДАН СССР», 1976, 230, 3.
9. Андрианов В. Т. и др.—Радиационная биофизика ДНП хроматина. М., 1976.

Поступила в редакцию
26/XII 1977 г.

Кафедра биофизики

УДК 621.396

Н. Ф. ДАНЕЙКО, В. В. ИЗОХ, Е. Л. КОРХОВ,
В. И. ЛАВРУКОВИЧ, А. В. СИДОРЕНКО

ФЛУКТУАЦИИ МОДУЛИРУЮЩЕГО ЛАЗЕРНЫЙ ЛУЧ СВЧ-СИГНАЛА В ТУРБУЛЕНТНОЙ АТМОСФЕРЕ

При эксплуатации оптических линий связи, в системах оптической локации [1] и дальнометрии [2] необходимо оценить возмущающее действие турбулентной атмосферы на параметры переданного по лучу лазера радиосигнала. Расчет дисперсии флуктуаций фазы модулирующего колебания для горизонтальной трассы и трассы с отражением приводится в [3, 4].

В предлагаемой работе экспериментально исследуются статистические характеристики амплитуды и фазы СВЧ-сигнала с выхода фотоприемника в оптической линии связи с прямым детектированием в приземном слое атмосферы.

Измерения проводились на горизонтальной трассе с отражением общей длиной 600 м в мае — октябре 1976 г. Высота луча над подстилающей поверхностью в среднем составляла 8 м.

Источником излучения служил одномодовый HeNe лазер ЛГ-38. Модуляция лазерного излучения по интенсивности непрерывным СВЧ-сигналом (глубина модуляции $m = 80\%$) осуществлялась в электрооптическом модуляторе на ниобате лития. Коллимированный с помощью коллиматора теневого прибора ИАБ-455 (фокусное расстояние $F = 1000$ мм) луч диаметром 0,1 м выходит на трассу и, отразившись от зеркала, обес-

печивающего полный перехват энергии пучка, пройдя повторно тот же слой атмосферы, попадает в приемную оптическую антенну-объектив «Уран-16» ($F=750$ мм, относительное отверстие 1:3,5). Расстояние между передатчиком и приемником 1,3 м. В качестве фотоприемника использовался германиевый лавинный фотодиод ЛФД-2, отношение сигнал/шум на выходе которого превышает 30 дБ. Установка для калибровки аттенюаторов ДК1-5 позволяет производить измерения амплитуды (в децибеллах) и дифференциальный сдвиг фазы (в градусах) СВЧ-сигнала одновременно.

Оценка частотного спектра флуктуаций СВЧ-сигнала с выхода фотодиода проводилась СВЧ-приемниками и спектроанализатором С4-12. Скорость и направление ветра измерялись анерумбометром М-62. Структурная постоянная C_n^2 определялась оптическим методом из оценки эффективных радиусов пучка a_0 и a_1 в плоскости выходной апертуры и плоскости приема соответственно [5].

В процессе статистической обработки вычислялись следующие характеристики: среднее значение, дисперсия, закон распределения вероятностей флуктуаций амплитуды и дифференциального сдвига фаз, их автокорреляционные и взаимокорреляционные функции, а также частотный спектр флуктуаций амплитуды СВЧ-излучения в зависимости от условий турбулентности.

Полученные реализации флуктуаций амплитуды и фазы (средней длительностью 2 отсчета в минуту по фазе и амплитуде) оцифровывались, группировались по параметру C_n^2 и подвергались анализу. На рис. 1 приведены типичные гистограммы записей амплитуды и фазы при различных значениях C_n^2 :

а) среднее значение фазы СВЧ-сигнала $\Delta\varphi_{\text{ср}} = 327,5^\circ$, дисперсия $D_{\Delta\varphi} = 71,06$ град², $C_n^2 = 0,14 \cdot 10^{-12}$ м^{-2/3};

б) $\Delta\varphi_{\text{ср}} = 345^\circ$, $D_{\Delta\varphi} = 98,46$ град², $C_n^2 = 0,23 \cdot 10^{-12}$ м^{-2/3};

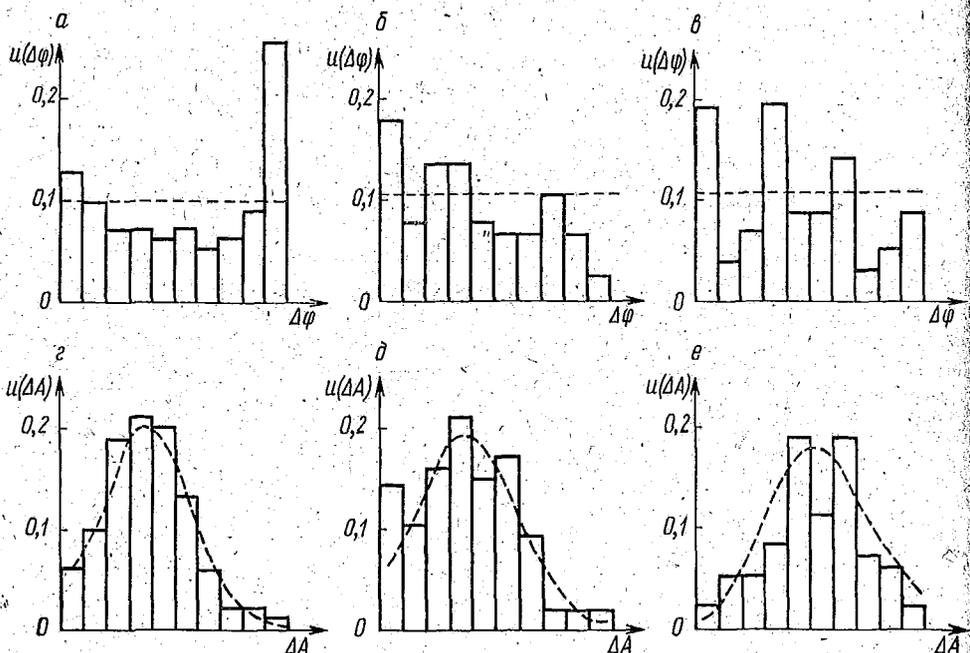


Рис. 1. Гистограммы распределения параметров СВЧ-сигнала при различных условиях турбулентности:

фазы (а) и амплитуды (г) при $C_n^2 = 0,14 \cdot 10^{-12}$ м^{-2/3}; фазы (б) и амплитуды (д) при $C_n^2 = 0,23 \cdot 10^{-12}$ м^{-2/3}; фазы (в) и амплитуды (е) при $C_n^2 = 0,46 \cdot 10^{-12}$ м^{-2/3}

- в) $\Delta\varphi_{\text{ср}} = 112,1^\circ$, $\Delta\varphi = 80,59$ град², $C_n^2 = 0,46 \cdot 10^{-12}$ м^{-2/3};
 г) среднее значение амплитуды СВЧ-сигнала $\Delta A_{\text{ср}} = -37,25$ дБ, дисперсия $D_{\Delta A} = 1,765$ дБ², $C_n^2 = 0,14 \cdot 10^{-12}$ м^{-2/3};
 д) $\Delta A_{\text{ср}} = -42,43$ дБ, $D_{\Delta A} = 0,6046$ дБ², $C_n^2 = 0,23 \cdot 10^{-12}$ м^{-2/3};
 е) $\Delta A_{\text{ср}} = -45$ дБ, $D_{\Delta A} = 3,331$ дБ², $C_n^2 = 0,46 \cdot 10^{-12}$ м^{-2/3};

Пунктирной линией нанесены плотности вероятностей, соответствующие нормальному распределению (для амплитуды) и закону равномерной плотности (для фазы) со средним значением и дисперсией, вычисленными из экспериментальных данных. Для проверки закона распределения вероятности использовался критерий χ^2 .

Рассчитанные по [4] значения дисперсии флуктуаций фазы СВЧ-сигнала для трассы с параметрами $L = 300$ м,

$L_0 = 6,32$ м, $l_0 = 2 \cdot 10^{-3}$ м, $\lambda = 6328$ Å, $\lambda_a = 0,2$ м при отражении строго назад в различных условиях турбулентности приводятся в таблице. Если передатчик и приемник разнесены, то значения дисперсии будут ниже. При сравнении с экспериментально полученными данными (см. рис. 1) видно различие с расчетными значениями дисперсии, что объясняется рядом факторов: глубина модуляции лазерного излучения ниже 100%, невоз-

Дисперсия флуктуаций фазы модулирующего лазерный луч колебания

Структурная постоянная $C_n^2 \cdot 10^{-12}$, м ^{-2/3}	Расчетное значение дисперсии D , град ²
0,14	$6,25 \cdot 10^{-4}$
0,23	$9,61 \cdot 10^{-4}$
0,46	$1,936 \cdot 10^{-3}$

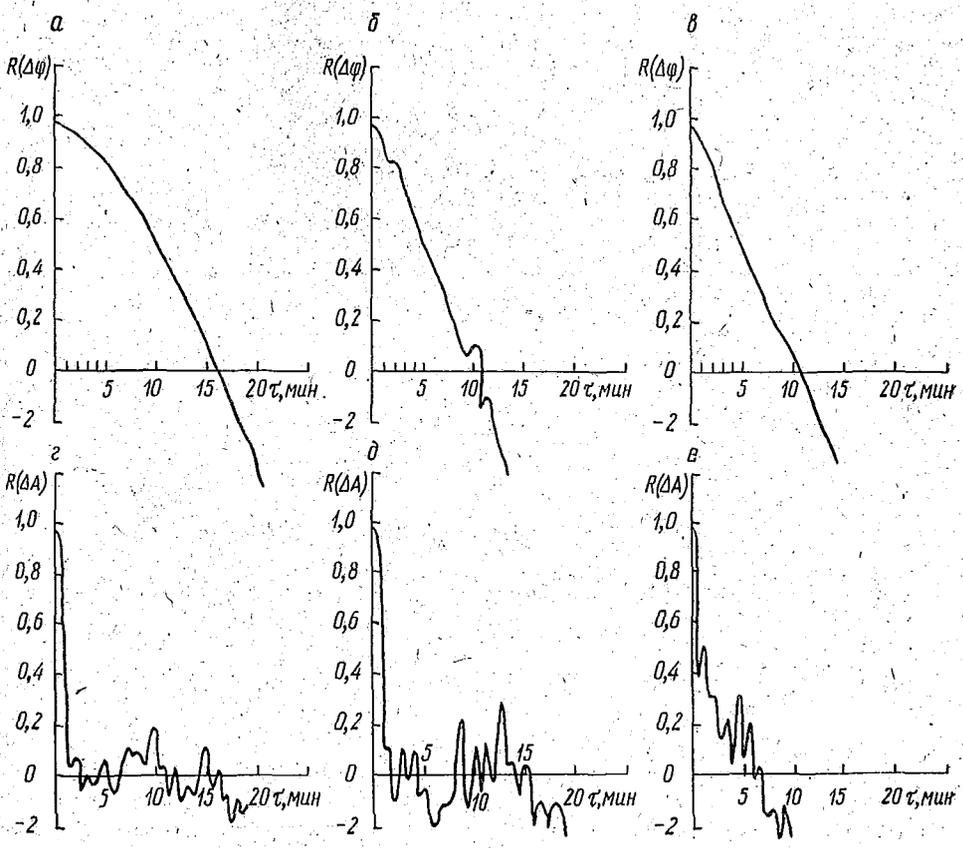


Рис. 2. Автокорреляционные функции флуктуаций фазы (а, б, в) и амплитуды (г, д, е) СВЧ-сигнала для распределений и условий турбулентности рис. 1.

можно исключить наличие нелинейных искажений и температурных градиентов в модуляторе и т. д.

Автокорреляционные функции для реализаций, представленных на рис. 1, приведены на рис. 2. Время корреляции амплитуды, взятое по уровню 0,5, составляет 30 с и не меняется с увеличением C_n^2 . Характерным для автокорреляционных функций флуктуаций фазы является большое время корреляции (10 мин для $C_n^2 = 0,14 \cdot 10^{-12} \text{ м}^{-2/3}$). С ростом силы турбулентности время корреляции фазы падает и при $C_n^2 = 0,46 \cdot 10^{-12} \text{ м}^{-2/3}$ составляет 4,5 мин. Проведенный расчет взаимокорреляционных функций амплитуды и фазы СВЧ-сигнала указывает на отсутствие корреляции.

Частотные спектры флуктуаций амплитуды СВЧ сигнала обнаруживают четкую зависимость от дисперсий флуктуаций логарифма амплитуды плоской волны:

$$\beta_0^2 = 0,308 C_n^2 k^{7/6} L^{11/6},$$

где $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ — волновое число; L — длина трассы.

При увеличении β_0^2 за счет интенсивности турбулентности спектр расширяется и уровень низкочастотных составляющих повышается.

В результате проведенных экспериментальных исследований получено, что закон распределения вероятностей хорошо аппроксимируется нормальным распределением для флуктуаций амплитуды и равномерно для флуктуаций фазы модулирующего лазерный луч СВЧ-колебания. Корреляционный анализ показал, что влияние турбулентных неоднородностей сказывается в большей степени на амплитуде СВЧ-сигнала (время корреляции для амплитуды равняется десяткам секунд, а для фазы — нескольким минутам). Частотный спектр флуктуаций амплитуды лежит ниже 250 Гц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Schappert O. T.— «Appl. Opt.», 1971, 10, 2325.
2. Froom K. D.— «J. Sci. Instr.», 1961, 38, 458.
3. Лукин В. П. и др.— «Радиотехника и электроника», 1973, 18, № 3, 502.
4. Лукин И. П. и др.— Тез. докладов IV Всесоюзного симпозиума по распространению лазерного излучения в атмосфере. Секция «Распространение лазерного излучения в турбулентной атмосфере». Томск, 1977, 214.
5. Brown W. P.— «JOSA», 1971, 61, № 8, 1051.

Поступила в редакцию
11/1 1978 г.

Кафедра радиофизики
и электроники СВЧ

УДК 621.372.413

А. С. РУДНИЦКИЙ, А. П. ХАПАЛЮК

О СТРУКТУРЕ ПОЛЯ МОД ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНОГО ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СЛОЯ

В квантовой электронике широко используются планарные диэлектрические структуры, являющиеся основой для создания оптических интегральных схем. В связи с этим представляются необходимыми дальнейшие исследования структуры поля мод плоскопараллельных диэлектрических слоев. Большинство проводимых исследований связано с изучением волноводно-резонансных свойств слоя. Для этого достаточно двумерных и одномерных решений уравнений Максвелла, которые в общем не отражают реальной картины поля плоскопараллельных волноводов и резонаторов. Структура поля их может быть в зависимости от условий