

ՅՈՒ. Ս. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ

Աշխատանքում բերված է թույլ իոնացված պլազմայի բվազիհիդրոդինամիկ հավասարումների լուծումը շափողականություն շունեցող $\lambda_{i, e}$ -ի մեծ արժեքների դեպքում, որտեղ $\lambda_{i, e}$ իոնի և էլեկտրոնի պատման լարմորյան հաճախության և նրանց շեղոր դազի մասնիկների հետ բախման հաճախության հարաբերություններն են: Այդպիսի իրավիճակ տեղի ունի իոնոլոսի F-շերտի ստորին տարածքներում:

SOLUTION OF A SYSTEM OF QUASI-HYDRODYNAMIC EQUATIONS FOR WEAKLY IONIZED PLASMA (with applications to physics of ionosphere)

Yu. S. VARDANYAN

Solution of a system of quasi-hydrodynamic equations for weakly ionized plasma is obtained for large values of dimensionless quantities $\lambda_{i(e)}$ — the ratios of Larmor frequency of ions (electrons) rotation to the collision frequency with neutral particles. This solution is applicable to phenomena in lower layers of the F-ionosphere, where this condition is satisfied.

Изв. АН Армянской ССР. Физика, 17, 83—87 (1982)

МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ЦВМ ПРОЦЕССА ФИЛЬТРАЦИИ ДВУМЕРНОГО СИГНАЛА ОТ МУЛЬТИПЛИКАТИВНОЙ ПОМЕХИ

Н. П. РУССКИХ

Методы пространственной фильтрации могут быть в настоящее время реализованы на ЦВМ и использованы для коррекции случайных искажений двумерных сигналов. Случайные искажения обусловлены наличием аддитивной и мультипликативной помех. Мультипликативная помеха возникает из-за влияния турбулентного слоя атмосферы.

Действие мультипликативной помехи проявляется в том, что амплитуда поля плоской волны на входе регистрирующего устройства с учетом влияния турбулентного слоя атмосферы записывается так

$$A(x, y) = A_0 e^{\chi(x, y)}, \quad (1)$$

где $A_0(x, y)$ есть амплитуда без учета искажений, а поле $\chi(x, y)$ имеет нормальное распределение и $\langle \chi(x, y) \rangle = 0$. Поле $\chi(x, y)$ полностью описывается корреляционной функцией, которая может быть задана аналитически или численно.

Применим к A операцию логарифмирования, чтобы для фильтрации мультипликативной помехи можно было использовать известные методы пространственной линейной фильтрации. Тогда

$$\ln A = \ln A_0 + \chi. \quad (2)$$

Запись (2) означает организацию нового двумерного поля, условно обозначенного как $\ln A$, каждый элемент которого является логарифмом значения соответствующего элемента поля A . Сумма, стоящая в (2) справа, представляет собой аддитивную смесь статистически независимых сигнала $S(x, y) = \ln A_0$ и помехи $\chi(x, y)$. Двумерное поле $\chi(x, y)$ в соответствии с постановкой задачи имеет нормальное распределение и $\langle \chi \rangle = 0$. Положим также, что и $S(x, y)$ является двумерным нормальным δ -коррелированным случайным сигналом. Принятая гипотеза нормальности распределения логарифма амплитуд не всегда соответствует действительности, например, вблизи нулей распределения A_0 , так как результат логарифмирования этих нулей будет содержать выбросы. Как показывает конечный результат моделирования, при принятых допущениях обеспечивается достаточно эффективная фильтрация.

В таком случае для выделения сигнала $S(x, y)$ можно использовать пространственный фильтр, являющийся двумерным аналогом оптимального фильтра Винера. Передаточная функция такого фильтра имеет вид

$$T(\nu_x, \nu_y) = \frac{S_s(\nu_x, \nu_y)}{S_s(\nu_x, \nu_y) + N_s(\nu_x, \nu_y)}. \quad (3)$$

Здесь $S_s(\nu_x, \nu_y)$ и $N_s(\nu_x, \nu_y)$ — энергетические пространственно-частотные спектры сигнала и помехи, которые могут быть получены как фурье-преобразования соответствующих корреляционных функций.

Фильтр с передаточной функцией (3) может быть реализован на ЦВМ различными способами. Можно найти импульсную характеристику фильтра и по ней строить нерекурсивный алгоритм вычислений, по которому процедура вычислений потребует значительного машинного времени. Для реализации более экономного рекурсивного алгоритма передаточную функцию фильтра необходимо представить в виде отношения двух полиномов, что в данном случае вряд ли выполнимо.

Использование алгоритма быстрого преобразования Фурье позволяет осуществить на ЦВМ следующую достаточно простую и не требующую существенных затрат машинного времени процедуру фильтрации.

1. Ищется пространственный спектр сигнала, искаженного влиянием атмосферы, $S_s(\nu_x, \nu_y) = \text{ДПФ}[\ln A]$ — результат применения операции двумерного дискретного преобразования Фурье (ДПФ) к (2).

2. В соответствии с (3) составляется отношение для

$$T(\nu_x, \nu_y), \text{ в котором } N_s(\nu_x, \nu_y) = \text{ДПФ}[B_\chi(\rho)],$$

где $B_\chi(\rho)$ есть корреляционная функция, описывающая двумерное поле χ .

3. Пространственный спектр поля после фильтрации:

$$\text{ДПФ}[\ln A]_\phi = \text{ДПФ}[\ln A] T(\nu_x, \nu_y). \quad (4)$$

4. Распределение амплитуд двумерного сигнала после фильтрации есть результат применения к (4) процедуры обратного (двумерного) дискретного преобразования Фурье (ОДПФ):

$$[\ln A]_\phi = \text{ОДПФ}\{\text{ДПФ}[\ln A]_\phi\}. \quad (5)$$

5. Распределение амплитуд поля на входе регистрирующего устройства, полученное после коррекции искажений фильтром: $A_{\phi} = e^{i \ln A_{\phi}}$. Такая запись условно означает преобразование, при котором каждому элементу $[\ln A]_{\phi}$ соответствует элемент A_{ϕ} .

Описанная процедура фильтрации соответствует нелинейному фильтру, состоящему из трех звеньев: первое звено осуществляет нелинейное безынерционное преобразование — логарифмирование; второе звено — линейное преобразование — фильтр Винера; третье звено — нелинейное безынерционное преобразование — вычисление экспоненциальной функции. Операции прямого и обратного дискретных преобразований Фурье применяются к сигналам, действующим на входе и выходе второго линейного звена.

Рассмотренный алгоритм в общем случае может быть использован для фильтрации комплексного сигнала от комплексной помехи. Для того, чтобы процесс фильтрации соответствовал реальной физической ситуации, положим, что сигнал и помеха являются действительными. Описание сигнала как действительного справедливо для распределения действительных амплитуд поля в дальней зоне от предмета при когерентном излучении точек, из которых составляется его изображение. Далее считаем A , A_0 и χ действительными. Кроме того, в рассматриваемой ситуации S_{ν} (ν_x, ν_y) не имеет того физического содержания, которое заложено в (3), так как гипотеза о нормальности распределения $\ln A_0$ не всегда состоятельна и введена для возможности использования двумерного фильтра Винера в задаче нелинейной фильтрации. Поэтому в предположении, что S_{ν} постоянно и действительно, будем исследовать работоспособность алгоритма фильтрации в зависимости от величины S_{ν} . Эффективность алгоритма фильтрации будет оценена по уменьшению искажений автокорреляционной функции изображения, так как рассматривается только амплитудное распределение искаженного поля.

Была составлена программа, реализующая алгоритм фильтрации с учетом принятых допущений. Корреляционная функция задавалась в следующем виде [1]:

$$B_{\chi}(\rho) = \langle \chi^2 \rangle b_{\chi}(\rho), \quad (6)$$

где $\langle \chi^2 \rangle$ есть средний квадрат флуктуаций поля χ ,

$$\langle l^2 \rangle = B_{\chi}(0) = 0,308 C_n^2 k^{7,6} L^{11/6} \text{ и } \langle \chi^2 \rangle \leq 0,7,$$

$$b_{\chi}(\rho) = \frac{\exp\{-4\rho^2/\lambda L\} - 0,1[\pi/2 - \text{Si}(2\rho^2/5\lambda L)]}{0,89962}.$$

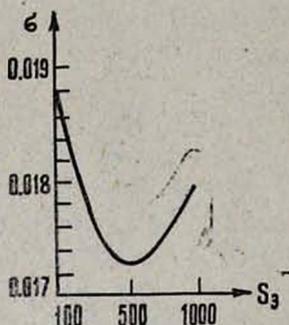
В выписанных соотношениях $C_n^2 \approx (3 \cdot 10^{-16} \div 2 \cdot 10^{-14}) \text{ м}^{-2/3}$ есть структурная характеристика показателя преломления, L — толщина турбулентного слоя, $k = 2\pi/\lambda$, где λ — длина волны, ρ — расстояние между двумя точками апертуры регистрирующего устройства.

При реализации фильтра на ЦВМ полагалось, что размер апертуры регистрирующего устройства есть $(0,3 \times 0,3) \text{ м}^2$, произведение $\lambda L = 10^{-2} \text{ м}^2$.

Запись корреляционной функции в виде (6) предполагает, что флуктуации поля χ малы ($\langle \chi^2 \rangle \leq 0,7$). Это накладывает ограничения на величину сомножителей, входящих в $\langle \chi^2 \rangle$. В рассматриваемом примере $C_n^2 = 2 \cdot 10^{-14} \text{ м}^{-2/3}$ и $\langle \chi^2 \rangle = 0,7$. Имеющиеся экспериментальные данные [1] указывают на то, что дисперсия $\langle \chi^2 \rangle$ ограничена величиной порядка единицы. Таким образом, реализуемая на ЦВМ процедура фильтрации сигнала от мультипликативной помехи соответствует реальной физической ситуации.

Время счета по программе на ЦВМ АСВТ М4030 составило 3 минуты, объем памяти — 60 килобайт при размерах поля 32×32 дискрета. Были получены качественные и количественные результаты, показавшие эффективность выбранного алгоритма фильтрации.

Количественная оценка качества фильтрации сигнала от мультипликативной помехи проводилась вычислением усредненной суммы модулей разностей квадратов значений искаженных и неискаженных автокорреляционных функций до и после фильтрации в зависимости от модуля среднего уровня логарифма амплитудного спектра сигнала. Для исключения влияния разных масштабов автокорреляционных функций изображения на величину вычисляемой ошибки массивы чисел, описывающие автокорреляционные функции, нормировались.



Зависимость средней ошибки от величины S_0 .

Величина средней ошибки без фильтрации для одного из испытаний составила 0,0188 на один дискрет изображения. Зависимость средней ошибки от величины S_0 при наличии фильтра приведена на рисунке, откуда следует, что в результате фильтрации ошибка уменьшается и ее минимальная величина составляет 0,0173.

Малые величины ошибок обусловлены низким уровнем искажений распределения поля мультипликативной помехой (величина C_n^2 в (6) ограничена значениями $(3 \cdot 10^{-16} + 2 \cdot 10^{-14}) \text{ м}^{-2/3}$).

В заключение заметим, что

- 1) полученные качественные и количественные результаты подтверждают эффективность выбранного алгоритма фильтрации;
- 2) алгоритм фильтрации является быстродействующим;
- 3) как показывают многочисленные результаты машинного моделирования, среднее значение ошибки для автокорреляционной функции уменьшается в результате фильтрации на 10% для характерных значений C_n^2 ; такое уменьшение искажений является существенным даже при зрительном восприятии автокорреляционной функции.

Московский авиационный институт
им. С. Орджоникидзе

Поступила 15. V. 1981

ЛИТЕРАТУРА

1. Татарский В. И. Распространение волн в турбулентной атмосфере, Изд. Наука, М., 1967.

Ն. Պ. ՌՈՒՍՎԻԽ

Աշխատանքում բերված են ԹՂՄ-ի վրա ոչ գծային ֆիլտրի իրականացման արդյունքները և նրանց հիմնավորումը: Ֆիլտրը հնարավորություն է տալիս փոքրացնել երկչափ ազդանշանի միջնորդի աուրբույնությունով պայմանավորված մուլտիպլիկատիվ խանգարման ազդեցության տակ ստացացող աղավաղումները:

COMPUTER SIMULATION OF A PROCESS OF BINARY SIGNAL FILTRATION FROM MULTIPLICATIVE JAMMING

N. P. RUSSKIKH.

Results of computer simulation of a non-linear filter decreasing the distortion of a binary signal due to atmospheric turbulence are presented. Under definite assumptions the filter section corresponds to that of the optimal binary Viner filter, in which the signal and the jamming are real. The obtained results confirm the effectiveness of the chosen filtration algorithm.

Изв. АН Армянской ССР, Физика, 17, 87—91 (1982)

ВАРИЗОННЫЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ЛАЗЕР С ОПТИЧЕСКОЙ НАКАЧКОЙ

А. М. МУРАДЯН, С. Г. ПЕТРОСЯН

Одним из основных способов создания инверсионной заселенности в полупроводниковой среде, как известно, является оптическая накачка [1]. Если активный слой представляет собой однородный прямозонный полупроводник, то для получения стимулированного излучения необходимы достаточно большие мощности накачки, что существенно ограничивает практическое применение полупроводниковых лазеров с оптической накачкой. Например, для получения лазерного эффекта в арсениде галлия при комнатной температуре требуются пороговые мощности порядка 700 кВт/см^2 [2]. Большая величина пороговой мощности обусловлена тем, что при накачке однородного активного слоя имеются значительные безызлучательные рекомбинационные потери на поверхности и в объеме полупроводника, связанные, во-первых, с большой скоростью поверхностной рекомбинации и, во-вторых, с неоднородностью возбуждения, когда уровень инверсионной заселенности, необходимый для лазерной генерации, достигается лишь в приповерхностных областях активного слоя. Следует ожидать, что использование уникальных особенностей резких и плавных гетеропереходов позволит достичь существенного прогресса в этой области, аналогично тому, как это имело место для ряда светоизлучающих полупроводниковых приборов (инжекционных лазеров [3, 4] и светодиодов [5]).