

формирования вскрышной зоны меньше соответственно на 8,3 и 12,4%.

Построение конструкции рабочего борта по предлагаемой схеме и расчеты с использованием модельного поперечного сечения отрабатываемого карьерного поля подтверждают сокращение сроков освоения проектной мощности разреза «Восточный» и значительное снижение требуемых объемов выемки вскрышных пород в ближайшие годы без разноса северного торца разреза с вовлечением законсервированных запасов участка 8 (по соображениям грузотранспортной связи).

При реализации разработанных метода оптимизации положения рабочей зоны по этапам отработки (при наклонном падении угольных пластов) и интенсивного способа выемки нижней части вскрышной зоны экскаваторно-автомобильно-конвейерным и частично экскаваторно-автомобильно-железнодорожным комплексами достигается увеличение угла откоса вскрышной зоны до определенной глубины и оптимизация календарного графика режима горных работ. В результате угол откоса рабочего борта увеличится с 12 до 14°, что и обеспечит значительное снижение объемов выемки вскрышных пород – с глубины 200 до 350 м на 62,47 млн. м³ (8,3%).

Резюме

Көмір қабаттары көлбеу орналасқан кезде қазу кезеңдері бойынша жұмыс аймағының жағдайларын оңтайландыру әдісі және циклді-ағымды технологияны енгізу кезінде аршу аймағының төменгі бөлігін алудың қарқынды тәсілі келтірілген. Нәтижесінде жобалау кезеңінде тау-кен жұмыстарының тәртібі жақсарады, автожолдарды қалыптастыруға арналған тау-кен күрделі жұмыстарының көлемдері бірнеше есе төмендейді.

Summary

The method of optimization of the working area position in the developing stages by sloped falling of coal layers and intensive way of excavating of the bottom of the stripping zone with application of the cyclic-line technology are adduced. As a result, at the design stage the regime of mining operations improves greatly, the volumes of capital mining operations for reduce in several times.

Key words: working zone, cyclic- line technology, stripping operations

КазНТУ им. К.И. Сатпаева

Поступила 5.05.11

УДК 621.373.8

С.Е. Кумеков, Г. К. Баймешина

РЕЖИМЫ ГЕНЕРАЦИИ И КОНКУРЕНЦИЯ МОД ДВУХМОДОВОГО ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ЛАЗЕРА

С появлением инжекционных лазеров на гетеропереходах способность полупроводникового лазера работать не только в импульсном, но и в непрерывном режиме стала возможной. При генерации в лазере нескольких мод, вследствие конкуренции между ними, наблюдается нестационарная генерация [1]. Качественный анализ модели двухмодового лазера, дает наглядное объяснение конкуренции мод в лазере. Рассмотрим скоростные уравнения [2] для плотности фотонов лазера (S_i) в двухмодовом приближении с учетом насыщения усиления среды в следующем безразмерном виде:

$$\begin{cases} \dot{S}_1 = (\alpha_1 - \theta_{11}S_1 - \theta_{12}S_2)S_1 \\ \dot{S}_2 = (\alpha_2 - \theta_{22}S_2 - \theta_{21}S_1)S_2 \end{cases} \quad (1)$$

где $\alpha_i = G_i - 1/\tau_{ph}$, $i = 1, 2$ – полное усиление среды, равное разности усиления $G_i = a(N - N_{th})$ и потерь в резонаторе,

a – коэффициент усиления,

N – плотность носителей заряда,

N_{th} – порог просветления,

τ_{ph} – время жизни фотонов i – моды,

θ_{ii} - коэффициент собственного насыщения моды,

θ_{ij} - коэффициент перекрестного насыщения мод, ($i=1, 2, j=2, 1$).

Дифференциальные уравнения для концентрации носителей заряда опущены, поскольку мы интересуемся масштабами времени порядка $\tau_{ph}=1$ пс, тогда как характерное время жизни носителей $\tau_e \approx 1$ нс.

Тем самым концентрацию носителей заряда можно считать постоянной и равной начальному значению $N(0)$. Таким образом, $G_i = a(N(0) - N_{th}) = aN_0$.

Стационарные состояния системы достигаются при $\dot{S}_i = 0, i=1, 2$.

Всего их четыре :

$$(S_1^*, S_2^*) = (0, 0), \quad (2)$$

$$(S_1^*, S_2^*) = \left(\frac{\alpha_1}{\theta_{11}}, 0\right), \quad (3)$$

$$(S_1^*, S_2^*) = \left(0, \frac{\alpha_2}{\theta_{22}}\right), \quad (4)$$

$$(S_1^*, S_2^*) = \left(\frac{\alpha_1\theta_{22} - \alpha_2\theta_{12}}{\theta_{11}\theta_{22} - \theta_{12}\theta_{21}}, \frac{\alpha_2\theta_{11} - \alpha_1\theta_{21}}{\theta_{11}\theta_{22} - \theta_{12}\theta_{21}}\right). \quad (5)$$

Исследуем устойчивость стационарных состояний (2)-(5) в линейном приближении. Матрица Якоби системы (1) имеет вид $\mathbf{J} = \begin{bmatrix} \partial \dot{S}_1 / \partial S_1 & \partial \dot{S}_1 / \partial S_2 \\ \partial \dot{S}_2 / \partial S_1 & \partial \dot{S}_2 / \partial S_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_1 - 2S_1\theta_{11} - \theta_{12}S_2 & -\theta_{12}S_1 \\ -\theta_{21}S_2 & \alpha_2 - 2S_2\theta_{22} - \theta_{21}S_1 \end{bmatrix}$.

Особая точка (2) в начале координат при любых параметрах системы представляет собой неустойчивый узел, так как $\text{tr}(\mathbf{J}) = \alpha_1 + \alpha_2 > 0$ и $\det(\mathbf{J}) = \alpha_1\alpha_2 > 0$.

Решение(3) и (4) имеют устойчивое состояние в виде узла при положительном значении $\det(\mathbf{J}) = -\alpha_i(\alpha_j - \theta_{ji}\frac{\alpha_i}{\theta_{ii}})$, и при отрицательном значении $\text{tr}(\mathbf{J}) = \alpha_j - \alpha_i - \theta_{ji}\frac{\alpha_i}{\theta_{ii}}$, то есть при соответствии условию $\alpha_j < \theta_{ji}\frac{\alpha_i}{\theta_{ii}}$.

Состояние преобразуется в седло при отрицательном значении $\det(\mathbf{J}) = -\alpha_i(\alpha_j - \theta_{ji}\frac{\alpha_i}{\theta_{ii}})$, которое достигается при $\alpha_j > \theta_{ji}\frac{\alpha_i}{\theta_{ii}}$. Здесь $i, j = 1, 2; i, j = 2, 1$ для решений (3) и (4) соответственно.

Нетривиальное решение (5) представляет собой устойчивый узел в случае выполнения соотношения $\frac{\theta_{12}\alpha_2}{\theta_{22}} < \alpha_1 < \frac{\theta_{11}\alpha_2}{\theta_{21}}$. Откуда следует неравенство:

$$\theta_{12}\theta_{21} < \theta_{11}\theta_{22}. \quad (6)$$

При не соответствии данному условию стационарное состояние имеет неустойчивое состояние в виде седла.

Рассмотрим физический смысл условий устойчивости всех стационарных состояний.

Абсолютная неустойчивость тривиального решения (2) означает, что лазер всегда излучает, по крайней мере, одну из мод.

Решение (3) показывает, что лазер генерирует в первой моде, если $\alpha_2 < \frac{\theta_{21}\alpha_1}{\theta_{11}}$. С учетом определения $\alpha_i = G_i - 1/\tau_{ph}$, это соответствует $G_1 > G_2$. Аналогичную закономерность можно наблюдать и для состояния (4), лазер в этом случае генерирует во второй моде при $\alpha_1 < \theta_{12} \frac{\alpha_2}{\theta_{22}}$, что соответствует неравенству $G_2 > G_1$.

Таким образом, можно прийти к следующему выводу: двухмодовый лазер предпочтет генерировать в моде, имеющей наибольшее усиление.

Фазовые портреты состояний (3) и (4) представлены на рис. 1.

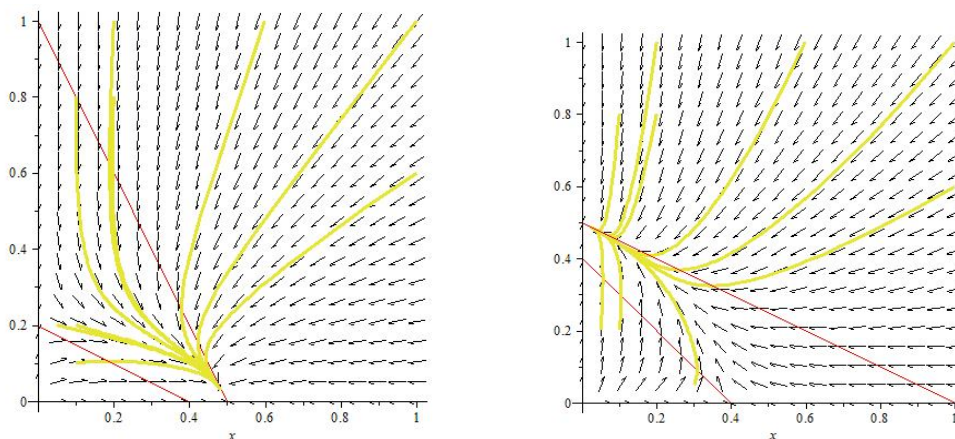


Рис. 1. Фазовые портреты модели двухмодового лазера

Используя полученное выражение (6) для решения (5), можно сформулировать правило сосуществования 2-х мод в лазере: *произведение коэффициентов перекрестного насыщения меньше произведения коэффициентов собственного насыщения*.

Исход конкуренции неустойчивого состояния, имеющий вид седла, зависит от начальных условий. Данные состояния лазера графически изображены на рис. 2.

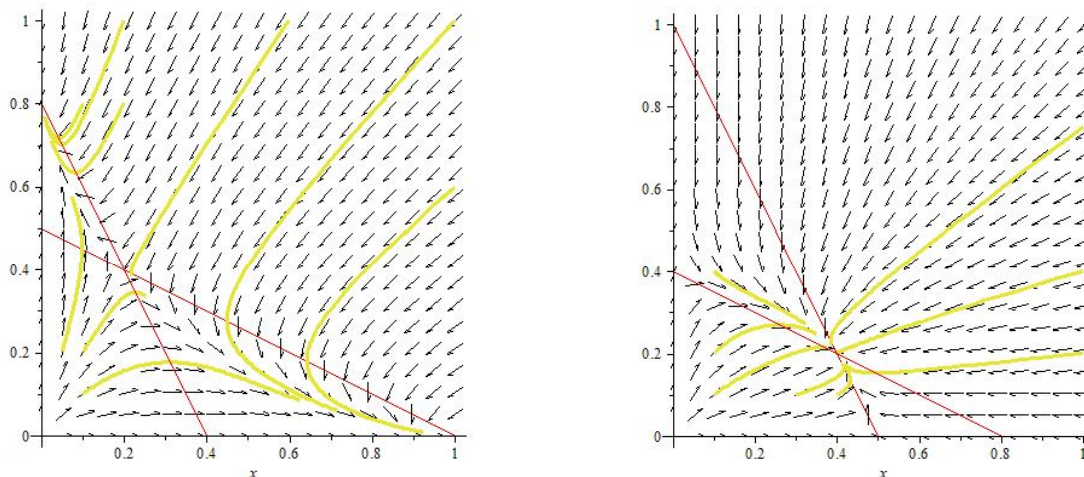


Рис. 2. Фазовые портреты двухмодового режима

Таким образом, двухмодовый лазер имеет 3 режима генерации: в первом случае - одна из мод будет подавлять другую, во втором - две моды будут сосуществовать, в третьем – генерирование имеет характер триггера, где генерирование одной из мод зависит от начальных условий.

Выражаем благодарность А. Т. Мустафину, профессору кафедры общей и теоретической физики, принявшему участие в обсуждении данной статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грибковский В.П. Полупроводниковые лазеры:уч-пос. - Мн.: Университетское, 1988. – 304 с.
2. Numai T. Fundamentals of semiconductor lasers. – USA.: Springer.-262 с.
3. Звельто О. Принципы лазеров. - Москва.: Мир, 1990. – 558 с.
4. Agrawal G.P., Dutta N.K. Semiconductor lasers. NewYork.: Van Nostrand Reinhold, 1993.- 629с.
5. Strogatz S.H. Nonlinear dynamics and chaos. - Massachusetts.: Perseus books, 1994. - 498 с.
6. Siegman A. E. Lasers. – Mill Valley. California.: University Science Books. – 1304 с.

Резюме

Жұмыста жартылай өткізгіш екімоддық лазер үлгісінің динамикасы зерттелген. Сапа талдау әдісімен жүйенің тұрақты күйлерінің орнықтылығы анықталған. Сандық әдістерді және Maple программалық пакетті қолдану арқылы лазердің фазалық портреттері құрылды. Лазер модаларының қатар өмір сүру шарттары мен заңдылығы есептелген, лазердегі модалар бәсекелестігінің эффектісі сипатталған. Генерацияның шығару тәртіптері анықталған.

Summary

In the given work dynamics of nonlinear model two-mode semiconductor laser is investigated. Using method of the qualitative analysis the stability of stationary conditions of system had been defined. By the help of use of numerical methods and software package Mapple phase portraits of the laser have been received. Conditions and laws of laser modes coexistence are calculated, the effect of a mode competition is described. Regimes of generation of radiation are defined.

КазНТУ им. К.И. Сатпаева

Поступила 15.05.11

УДК 513.83

А.М. Бренер, Н.С. Жуматаев

ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ УРАВНЕНИЕ ПЕРЕНОСА В СИСТЕМАХ С ПРОСТРАНСТВЕННОЙ НЕЛОКАЛЬНОСТЬЮ

1. Введение

Проблемы расчета технологических процессов, связанные с необходимостью учета времен релаксации и “дальнодействующих” взаимодействий структурных элементов среды при математическом моделировании явлений переноса представляют большой практический и теоретический интерес [1–3]. Особенно актуальны эти вопросы в тех случаях, когда речь идет о высокоинтенсивных, быстропротекающих процессах. Рабочий цикл таких процессов короток, и весь процесс может осуществляться в переходном режиме. Поэтому возможности управления интенсивными процессами ограничены, и большое значение имеет правильный расчет и выбор оптимальных значений определяющих параметров.

В статье предлагается для обсуждения подход к выводу интегро-дифференциального уравнения переноса субстанции с отклоняющимся аргументом (пространственная нелокальность).

1. Описание пространственной нелокальности на основе интегро-дифференциального уравнения Узиема

Для описания пространственной нелокальности может быть предложено уравнение Узиема [4]. Интегро-дифференциальное уравнение Узиема является одной из моделей, эффективно описывающих нелинейные волны в сильно диспергирующих средах [4, 5]. Действительно, это уравнение содержит характерную нелинейность конвективного типа в сочетании с дисперсией произвольного вида:

$$u_t + uu_x + \int_{-\infty}^{+\infty} K(x-x_1)u_{x_1}(x_1,t)dx_1 = 0, \quad (1)$$

где нижние индексы “ x ” и “ x_1 ” означают дифференцирование по соответствующим переменным.

Далее в нашей работе обсуждаются предпосылки и условия, при которых уравнение вида (1) может интерпретироваться как уравнение переноса массы или тепла в реагирующих средах.