

РЕШЕНИЕ КИНЕТИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОНОВ В ПОЛУПРОВОДНИКОВОМ СЛОЕ КОМБИНИРОВАННОГО ПОГЛОЩАЮЩЕГО ПОКРЫТИЯ

А.Ю. Мелашенко
(представил д.т.н., проф. Л.Ф. Купченко)

Приведены результаты численного решения кинетического уравнения для электронов в полупроводнике с учетом квантовой статистики.

В [1] для радиолокационной маскировки летательных аппаратов было предложено покрытие, поглощающие свойства которого связаны с созданием неравновесного состояния в полупроводнике с помощью источников и стоков. Такое состояние приводит к изменению диэлектрических свойств полупроводниковой плазмы на основе формирования необходимой функции распределения электронов в зоне проводимости.

Для анализа дисперсионных свойств системы и выяснения возможностей изменения ее поглощающих характеристик необходимо получить решение кинетического уравнения для электронов в полупроводнике при наличии источников ионизации и стоков с учетом квантовой статистики [2]:

$$\mathbf{v}(\boldsymbol{\varepsilon}) \left[T_e \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \boldsymbol{\varepsilon}} + \mathbf{f} + \theta \mathbf{f}^2 \right] = \int_0^{\boldsymbol{\varepsilon}} \Psi(\boldsymbol{\varepsilon}') d\boldsymbol{\varepsilon}', \quad (1)$$

где T_e - температура электронов; $\Psi(\boldsymbol{\varepsilon})$ - функция источника ионизации; $\mathbf{v}(\boldsymbol{\varepsilon}) = \mathbf{v}_0(\boldsymbol{\varepsilon}^\alpha)$ - эффективная частота соударений; \mathbf{f} - функция распределения электронов; α - деформационный либо поляризационный потенциал для разных температур; θ - параметр, определяющий тип статистики носителей заряда в материале [3].

Решение этого уравнения представлено на рис. 1 - 3 и определяет неравновесное распределение с постоянным потоком числа частиц в инерционном интервале между областями локализации источников и стоков в энергетическом пространстве.

Возможные механизмы взаимодействия электронов и фононов в полупроводнике подробно проанализированы в работе [3]. Эти взаимодействия имеют свойства, существенно различающиеся при высоких (больше температуры Дебая) и при низких температурах полупроводника. Кроме того взаимодействия между частицами могут иметь либо деформационную, либо поляризационную природу.

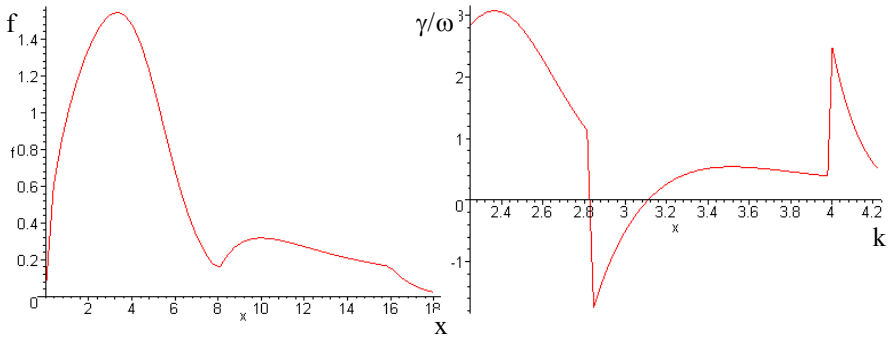


Рис. 1. Функция распределения электронов и затухание волн в плазме полупроводника (деформационный потенциал при низкой температуре, $\alpha=2.5$)

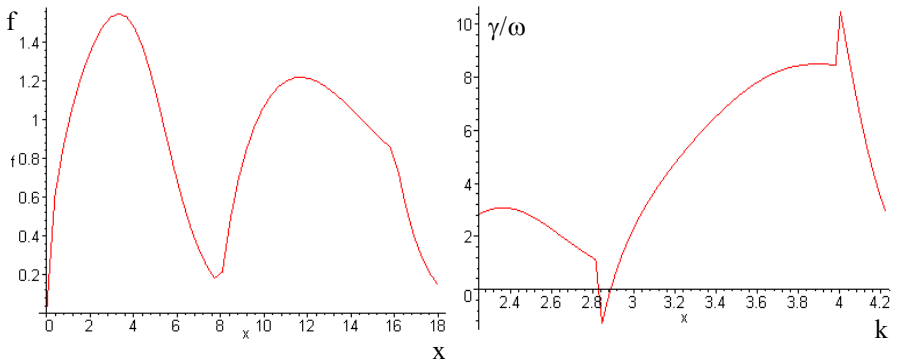


Рис. 2. Функция распределения электронов и затухание волн в плазме полупроводника (поляризационный потенциал при низкой температуре, $\alpha = 1.5$)

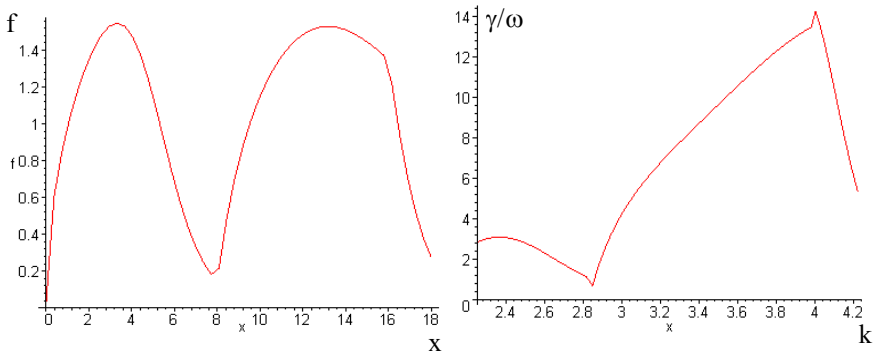


Рис. 3. Функция распределения электронов и затухание волн в плазме полупроводника в зависимости от волновых чисел (деформационный потенциал при высокой температуре, $\alpha = 2$)

Результаты решения уравнения (1) получены для наиболее интересного случая взаимодействия электронов с акустическими фононами посредством деформационного и поляризационного потенциалов в полупроводнике.

Таким образом, имея вид функций распределения, легко определить дисперсию колебаний и их декремент затухания. Решения, приведенные на рис. 1 - 3, показывают, что затухание в неравновесной системе значительно увеличивается по сравнению с затуханием в равновесных состояниях. При попадании фазовой скорости в область сильной неравновесности функции распределения (инерционный интервал) мнимая и вещественная части диэлектрической проницаемости оказываются одного порядка. Поэтому в этих условиях волны в среде полностью затухают.

Для достижения необходимого эффекта поглощения нужно так влиять на физические процессы в покрытии, чтобы, с одной стороны, в плазмоподобной среде существовали колебания зондирующего сигнала, и, с другой стороны, затухание этих волн было бы очень большим. Отмеченное явление является физической основой разработки комбинированного полупроводниково - радиоизотопного покрытия и предопределяет дальнейший выбор параметров, характеризующих его функциональное состояние в реальных условиях полета летательного аппарата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коняхин Г.Ф., Мелашенко А.Ю. О возможности уменьшения эффективной поверхности рассеяния летательных аппаратов // Информационные системы. – Харьков: НАНУ, ПАНИ, ХВУ. – 1998. – Вып. 3(11). – С. 58 - 64.
2. Коняхин Г.Ф., Мелашенко А.Ю., Литвина З.Ю., Новиков В.Е., Моисеев С.С. Стационарные неравновесные состояния частиц максвелловского типа с потоками по спектру // Радиофизика и радиоастрономия. – 1999. – Т.4. – № 2. – С. 160 - 168.
3. Басс Ф.Г., Бочков В.С., Гуревич Ю.Г. Электроны и фононы в ограниченных полупроводниках. – М.: Наука, 1984. – С. 41 - 45.

Поступила в редколлегию 4.09.2000