

Моделирование интегрального фазового модулятора на основе кремниевого р-і-n диода в субнаносекундном импульсном режиме.

М.Э. Макаров¹, М.Ю. Барабаненков^{1,2}, А.Г. Итальянцев¹

¹ Акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники»

² Институт проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов РАН

Один из основных компонентов радиофотонных систем – оптический модулятор, например, модулятор Маха-Зендера [1]. Структура модулятора может быть реализована на полосковых волноводах, выполненных на КНИ структурах. Как известно, монокристаллический кремний обладает высокой прозрачностью для света с длиной волны $\sim 1,5$ мкм и коэффициентом преломления более 3. В то же время нижележащий слой SiO₂ в КНИ структуре и окружающая полосковый волновод воздушная атмосфера резко отличаются от Si по величине оптической плотности. Таким образом, благодаря высокому оптическому контрасту кремниевый волновод обладает малыми потерями.

Уровень выходного оптического сигнала модулятора Маха-Зендера определяется интерференцией изначально когерентного света, проходящего в двух полосковых волноводах, в одном из которых фаза световой волны сдвигается управляющим СВЧ сигналом.

В работе рассмотрен модуль, включающий структуру модулятора Маха-Зендера, в одно из микрополосковых плеч которого встроен быстродействующий р-і-n диод [2]. Конструкция интеграции р-і-n диода в полосковый волновод такова (рис.1), что он может рассматриваться как малая неоднородность в волноводе, не приводящая к существенным потерям проходящего света. р-і-n диод выполняется таким образом, чтобы сильно легированные р- и n- области находились по обе стороны от волновода, который, в свою очередь, является нелегированной і- областью

Решена задача релаксации неравновесного состояния в электронной подсистеме р-і-n диода в одномерном и двухмерном приближении. Глубина модуляции волноводного излучения определяется эффектом дисперсии плазмы [1], который, в свою очередь, приводит к изменению показателя преломления среды.

Расчеты выполнены для случая подачи на диод субнаносекундного электрического импульса, а также для постоянного тока, нулевого потенциала и прямоугольных импульсов по напряжению. Случаи постоянного тока и нулевого потенциала необходимы для оценки времени релаксации концентрации неравновесных носителей. Коэффициент преломления вычислялся из концентрации неравновесных носителей на основе известной эмпирической формулы [2].

На основе численных расчетов показано, что при прямоугольных импульсах по напряжению длительностью 250 пс время релаксации неравновесной концентрации носителей составляет 1.7 нс, что соответствует частоте модуляции порядка 0.5 ГГц.

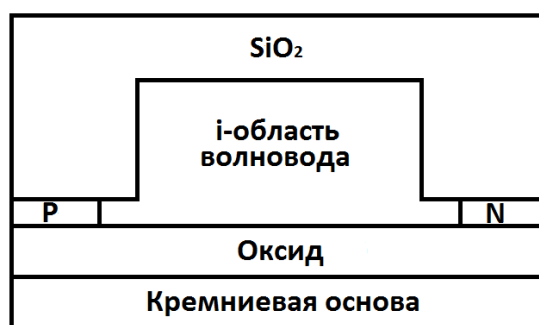


Рис.1 Схематическое изображение сечения полоскового волновода фазового модулятора с встроенным р-і-n диодом.

Литература

1. *Fuwan Gan*. High-Speed Silicon Electro-Optic Modulator for Electronic Photonic Integrated Circuits. // Massachusetts Institute of Technology. – June 2007. –P. 34–38.
2. *Angulo Barrios C*. Electrooptic Modulation of Silicon-on-Insulator Submicrometer-Size Waveguide Devices. // Journal of lightwave technology, vol. 21, No. 10 (2003) P. 2332–2339