

РАДИОФИЗИКА, ЭЛЕКТРОНИКА, АКУСТИКА

УДК 621.372.8

**ПЛОТНОСТЬ РАСПОЛОЖЕНИЯ ВОЛНОВОДОВ НА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТАХ****О. Е. Наний, Е. Г. Павлова***(кафедра оптики и спектроскопии)*

E-mail: nanii10@rambler.ru

**Рассчитаны зависимости максимально допустимой плотности расположения волноводов на печатной плате от контраста показателей преломления  $\Delta n$ . Показано, что наименьшие перекрестные помехи между соседними волноводами наблюдаются при оптимальном размере сердцевин, при котором локализация основной моды в сердцевине максимальна.**

Двумя важнейшими достоинствами оптических соединений на основе канальных диэлектрических волноводов являются существенно более высокая скорость передачи по каждому волноводу и более высокая потенциальная плотность расположения волноводов. Поэтому ожидается, что оптические соединения для передачи информации между сверхбольшими интегральными схемами (СБИС) на печатных платах в высокопроизводительных компьютерах начнут заменять медные соединения уже в ближайшее десятилетие [1–3]. Среди различных типов оптических волноводов наиболее перспективными с технологической точки зрения являются полимерные оптические волноводы.

В настоящей работе приведены результаты исследования максимальной плотности расположения диэлектрических волноводов. Ограничение плотности расположения прямолинейных волноводов вызвано появлением перекрестных помех между соседними каналами из-за обмена энергией между ними. Физический механизм обмена энергией между двумя близко расположенными волноводами — эффект туннелирования, связанный с явлением нарушенного полного внутреннего отражения [4].

Если параллельные канальные оптические волноводы расположены достаточно близко друг от друга, то энергия излучения переходит из одного волновода в другие из-за оптического туннелирования. Такой переход энергии обеспечивается за счет связи в условиях когерентности и синхронизма между перекрывающимися экспоненциальными «хвостами» мод, каналированных в каждом из волноводов. Энергия моды, распространяющейся в одном из волноводов, например в волноводе «0», переходит в моду, которая распространяется в волноводе «1», при этом сохраняется фазовая когерентность электромагнитных полей в двух волноводах во время такого перехода. Этот процесс происходит кумулятивно на значительной длине; следовательно, для

поддержания фазового синхронизма свет должен распространяться с одинаковой фазовой скоростью в каждом канале.

Часть переданной энергии на расстоянии в единицу длины определяется перекрытием мод в отдельных каналах. Поэтому она зависит от расстояния между каналами, от длины взаимодействия, а также от проникновения моды в пространство между каналами.

В настоящей работе численно исследовано влияние плотности расположения волноводов на величину перекрестных помех. Использовался стандартный метод распространяющихся пучков (beam propagation method) [5, 6]. Показано, что при фиксированном значении разности показателей преломления сердцевин и оболочки для заданной длины волны существует оптимальное значение поперечного размера сердцевин, при котором достигается наибольшая степень локализации энергии моды. Иными словами, график зависимости размера моды от ширины волновода с прямоугольным профилем показателя преломления имеет минимум, соответствующий максимальной локализации светового пучка.

Разумно предположить, что максимальная плотность расположения волноводов достигается при максимальной локализации световой волны. Чтобы доказать сделанное предположение, нами в численном эксперименте рассчитаны минимальные допустимые расстояния между волноводами. В качестве условия, ограничивающего плотность расположения волноводов, была выбрана величина перекрестных помех, которая не должна превышать 1% мощности передаваемых сигналов.

Расчеты проводились следующим образом. При фиксированных параметрах: контрасте показателя преломления  $\Delta n$ , ширине волновода  $w$  и длине волны  $\lambda$  рассчитывалось минимальное расстояние между волноводами (в системе трех идентичных

волноводов), при котором величина перекрестных помех меньше либо равна 1%. Величина минимального допустимого расстояния между волноводами определяется для различных значений размера сердцевин. С использованием полученных данных были построены зависимости минимального допустимого расстояния между волноводами от ширины волновода. Примеры таких зависимостей показаны на рис. 1.

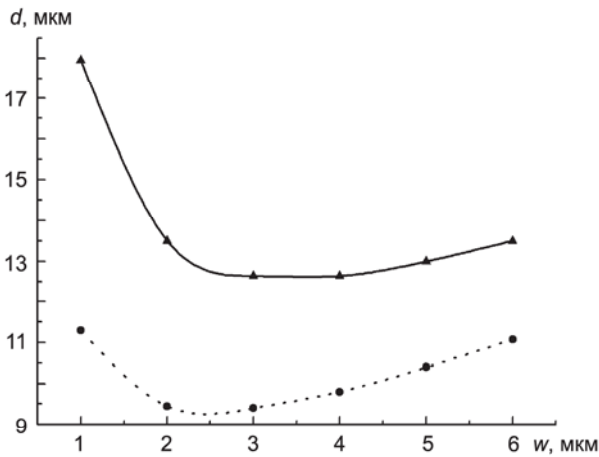


Рис. 1. Зависимости расстояния между волноводами, при котором величина перекрестных помех равна 1%, от ширины волновода для двух значений контраста показателей преломления

Эти графики имеют минимум, который и является минимально возможным расстоянием между волноводами для данного значения контраста  $\Delta n$ . Сравнение зависимостей, изображенных на рис. 1, с зависимостями ширины основной моды от размера сердцевин показывает, что минимальный размер основной моды и минимальное допустимое расстояние между волноводами реализуются при практически совпадающих размерах сердцевин волновода.

Рассчитанные по приведенному выше алгоритму минимально допустимые расстояния между волноводами определяют максимально допустимую плотность их расположения. Графики зависимости максимально допустимой плотности расположения волноводов на печатной плате от контраста показателей преломления  $\Delta n$  приведены на рис. 2.

Таким образом, проведенные исследования показали, что при создании оптических соединений между СБИС с использованием диэлектрических волноводов допустима очень высокая степень их

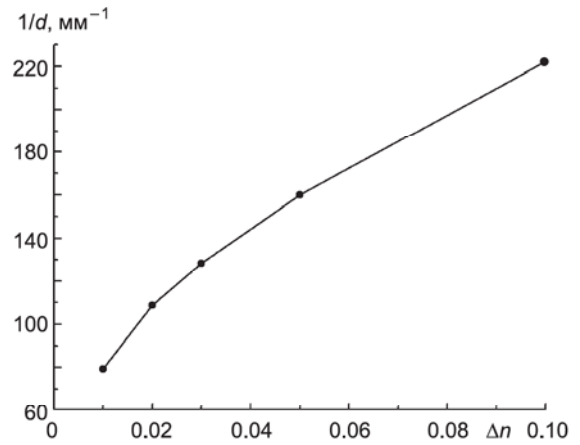


Рис. 2. Зависимость максимально допустимой плотности расположения волноводов на печатной плате от контраста показателей преломления  $\Delta n$

расположения (более 100 волноводов на 1 мм) даже при умеренном контрасте показателей преломления. Показано, что наименьшие перекрестные помехи между соседними волноводами наблюдаются при оптимальном размере сердцевин (зависящем от контраста показателей преломления), при котором локализация основной моды в сердцевине максимальна. Следует также отметить, что перекрестные помехи связаны с туннельным эффектом и максимальны при совпадении параметров соседних волноводов. Варьируя ширину волноводов и обеспечивая различие волновых векторов мод, можно добиться уменьшения величины перекрестных помех.

## Литература

1. Benner A., Ignatowski M., Kash J. et al. // IBM J. Res. Develop. 2005. **49**. P. 755.
2. Griese E. // IEEE Trans. Adv. Packag. 2001. **24**, N 3. P. 375.
3. Glebov A.L., Roman J., Lee M.G., Yokouchi K. // IEEE Photon. Technol. Lett. 2005. **17**, N 7. P. 1540.
4. Павлова Е.Г. // Lightwave Russian edition. 2007. № 2. С. 55.
5. Scarmozzino R., Gopinath A., Pregla R., Helfert S. // J. Selected Topics Quant. Electron. 2000. **6**. P. 150.
6. Lijante G. Integrated photonics: fundamentals. Wiley, 2003.

Поступила в редакцию  
23.04.2008