535.318(049.3)

ПРОБЛЕМЫ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОПТИКИ

Integrated Optics: Proceedings of the Third European Conference ECIO'85. - Berlin, 6-8 May 1985/Eds H.-P. Nolting, R. Ulrich. — Berlin; Heidelberg; New York; Tokyo: Springer-Verlag, 1985.—242 p. — (Springer Series in Optical Sciences. V. 48).

Рецензируемая книга представляет собой сборник текстов докладов (46 докладов, в том числе 5 обзорных), представленных на третью Международную конференцию по интегральной оптике, которая проходила в Зап. Берлине с 6 по 8 мая 1985 г.

В сборнике дано современное представление о быстро развивающейся области, связанной с изучением и применением оптических явлений в тонкопленочных, волноведущих структурах. На основе методов интегральной оптики сейчас разрабатываются устройства, управляющие распространением оптического излучения в тонкопленочных волноводах (дефлекторы, модуляторы и т. д.), в настоящее время они находят разнообразное применение в системах обработки оптических сигналов. Особое значение имеет миниатюрность этих элементов, малость потребляемой ими энергии и их совместимость с волоконными световодами.

Цель конференции — выявление наиболее перспективных тенденций в развитии интегральной оптики и ее возможностей в разработке интегрально-оптических (ИО) элементов на базе современной технологии.

Все доклады, представленные на конференцию, были разбиты на пять групп: физические эффекты в ИО структурах; материалы и технология изготовления ИО элементов; полупроводниковая интегральная оптика; модуляторы; применения ИО элементов. В каждой из этих групп было представлено по одному приглашенному обзорному докладу по актуальным проблемам интегральной оптики. В последующих за ними докладах были рассмотрены разнообразные более узкие физические и прикладные вопросы современной интегральной оптики.

В большом обзорном докладе первой группы рассмотрено одно из наиболее перспективных направлений физических исследований в современной интегральной оптике — нелинейная интегральная оптика (C. T. Seaton, G. I. Stegeman, W. M. Hetherington, H. G. Winful). Сильная концентрация энергии оптического излучения в ИО волноводах приводит к тому, что нелинейно-оптические эффекты играют важную роль в процессе распространения излучения по волноводу. Авторы в докладе ограничились рассмотрением нелинейно-оптических явлений, вызванных кубичной нелинейной восприимчивостью. Основное внимание уделено рассмотрению таких явлений, как возникновение нелинейных волноводных мод, некоторые из которых не имеют линейных аналогов, нелинейная распределенная обратная связь и ее применения, вырожденное четырехволновое смешение, поверхностная когерентная рамановская спектроскопия и др. Нелинейная интегральная оптика находится в стадии интенсивного физического исследования, однако уже сейчас видны такие применения, как разработка чисто оптических элементов обработки сигналов (например, конвольверов, бистабильных переключателей и др.).

Достижения в разработке ИО элементов базируются на успехах в технологии создания совершенных ИО волноводов, обладающих малыми потерями. Применению электронно-лучевой литографии в интегральной оптике был посвящен специальный обзорный доклад (C. D. W. Wilkinson). Для интегрально-оптических структур характерным является наличие системы оптических волноводов с шириной 1—8 мкм и длиной порядка нескольких миллиметров, причем такие волноводы могут быть изогнутыми. Для достижения малых потерь грани этих волноводов должны быть достаточно гладкими

(с точностью до величин $\lesssim$0,1 мкм). Электронно-лучевая литография, позволяющая осуществлять прямую запись рисунка на подложку с высоким разрешением, в настоящее время наиболее перспективна для создания разнообразных ИО структур. Для достижения предельного разрешения следует использовать очень тонкие резисты ввиду резкого ухудшения разрешения из-за рассеяния электронов в толстых подложках.

Технология электронно-лучевой литографии, хотя и наиболее перспективна для создания ИО структур, в настоящее время весьма дорогостояща. В одном из докладов описана схема лазерно-лучевой литографии для целей интегральной оптики. Здесь используется прямая запись рисунка на резисте лазерным лучом. С помощью этой технологии удается реализовать ИО волноводы шириной ~1 мкм с гладкостью граней ~0,1 мкм. Как считают авторы доклада (I. Ben-David et al.), несмотря на худшее, чем в электронно-лучевой литографии, разрешение ($\gtrsim$0,6 мкм), технология лазерно-лучевой литографии обладает достаточными возможностями для реализации требуемых в настоящее время ИО структур и, по-видимому, наиболее подходит для этих целей ввиду ее сравнительной дешевизны.

Одним из самых перспективных направлений развития интегральной оптики является полупроводниковая интегральная оптика, в частности, на соединениях $A^{III}B^{V}$. Именно в таких структурах удается объединить на одной подложке источники излучения, управляющие ИО элементы и фотоприемники. В большом обзорном докладе рассмотрены ключевые элементы полупроводниковой интегральной оптики — интегрально-оптические лазеры (Y. Suematscu). В настоящее время достигнут значительный прогресс в разработке ИО динамических одномодовых полупроводниковых лазеров. Как правило, это лазеры с распределенной обратной связью, сохраняющие одномодовый режим генерации при частотах модуляции вплоть до 2 ГГц (на частоте модуляции ~1,9 ГГц ширина линии генерации таких лазеров ~0,3 нм). В этих же условиях в лазерах с обычным резонатором Фабри — Перо спектр генерации оказывается сильно уширенным (~10 нм на длинах волн 1,5—1,6 мкм). Динамические одномодовые ПП РОС лазеры с длиной волны излучения ~1,5—1,6 мкм должны найти широкое применение в широкополосных волоконно-оптических линиях связи, при этом достижимая нормализованная полоса передачи, ограниченная дисперсией, может стать близкой к теоретическому пределу (~25 Гбит/с·км$^{1/2}$).

На конференции были представлены данные по таким перспективным для применений элементам, как полупроводниковый лазер с управляющей схемой на 2 Гбит/с, изготовленный на одной подложке; интерферометр Маха — Цендера, изготовленный на базе гетероструктуры GaAs — GaAlAs, и др.

Специальная группа докладов посвящена модуляторам — наиболее разработанным элементам интегральной оптики. В этом разделе содержится текст обзорного доклада, посвященного исследованию параметрических процессов в волноводах на основе $LiNbO_3$ (D. B. Ostrowsky). Здесь основное внимание уделено эффекту генерации 2-й гармоники в ИО волноводах в $LiNbO_3$, образованных диффузией титана, протонным обменом и комбинированным действием обеих технологий. Полученные результаты, как правило, ввиду малой эффективности взаимодействия, пока не позволяют давать практических рекомендаций, однако автор считает, что трудности могут быть преодолены.

И, наконец, значительное внимание было уделено различным применениям ИО элементов. Эти применения в основном связаны с использованием ИО элементов в качестве сенсоров, демультиплексоров, элементов связи и др. Следует отметить обзорный доклад, посвященный перспективам создания оптических компьютеров (A. W. Lohmann). Обсуждая общие проблемы, стоящие на пути их реализации, докладчик сделал акцент на ИО элементах, которые могут быть использованы в оптических компьютерах. Это в основном

решетки ИО элементов связи — коммутаторов. Если в одном коммутаторе переключение может осуществляться за 1 нс, то перестановка в 1 млн. каналов может быть осуществлена менее чем за 1 мкс.

В целом уровень представленных на конференцию докладов отражает современный уровень развития интегральной оптики, и книга, безусловно, полезна для физиков и химиков, интересующихся проблемами интегральной оптики и технологии роста интегрально-оптических структур.

Г. Н. Шкердин