

ГОМОГЕННЫЕ ТОНКОПЛЕНОЧНЫЕ ВОЛНОВОДЫ ИЗ ОПТИЧЕСКИХ СТЕКОЛ

Г. Т. Петровский, В. П. Редько, А. В. Хомченко

Однородные тонкопленочные оптические волноводы изготавливаются методами термического и реактивного катодного напыления, высокочастотного распыления и др. и представляют собой тонкую пленку из вещества с более высоким показателем преломления, чем вещество подложки. Поскольку вещества пленки и подложки, как правило, различные, то тонкопленочные волноводы являются гетерогенными. Из-за различия свойств веществ пленки и подложки гетерогенные волноводы могут обладать рядом недостатков; невысокой адгезией пленки к подложке, низкой термостойкостью, а также наличием механических напряжений вследствие различия коэффициентом термического расширения. Все эти недостатки могут быть устранены, если делать пленки из того же материала, что и подложки, но процесс их нанесения проводить так, чтобы у получаемых пленок показатель преломления был бы больше, чем у исходного

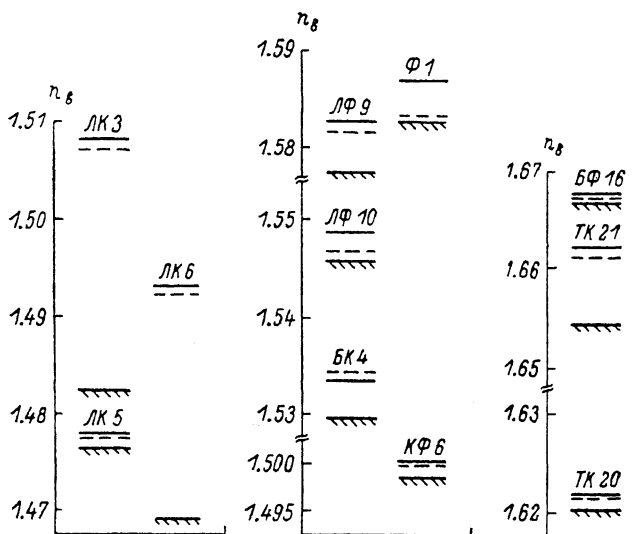


Рис. 1. Спектры TE_0 (сплошные линии) и TM_0 (штриховые) мод однородных тонкопленочных волноводов из оптических стекол.

Толщина пленок, мкм: ЛК3 — 1.44, ЛК6 — 0.93, ЛК5 — 1.09, ТК21 — 1.13, ТК20 — 1.26, БК4 — 1.28, ЛФ9 — 1.24, ЛФ10 — 1.28, КФ6 — 1.63, БФ16 — 1.08, Ф1 — 1.25.

вещества. Это условие можно реализовать, если для получения тонких пленок использовать метод высокочастотного распыления, поскольку известно, что при распылении этим методом аморфного диоксида кремния [1] или стекла типа тяжелые кроны [2] образующиеся пленки имеют более высокий показатель преломления, чем распыляемое вещество. Расчеты показывают, что если показатель преломления вещества образующихся пленок будет выше, чем у распыляемых мишеней хотя бы на 1%, то такие пленки при толщине ~ 1 мкм, нанесенные на подложки из того же материала, должны обладать волноводными свойствами. Эти волноводы можно считать однородными тонкопленочными оптическими волноводами, так как пленки и подложки изготовлены из одного и того же материала.

В настоящей работе приведены результаты исследований таких однородных волноводов, полученных из оптических стекол типа кроны, флинта и особые кроны (ЛК3, ЛК5, ЛК6, БК4, ТК20, ТК21, ЛФ9, ЛФ10, КФ6, Ф1, БФ6, ОК1).

Для напыления тонкопленочных волноводов использовалась высокочастотная установка триодного типа. Напыление осуществлялось в атмосфере аргона с добавкой 20—25% кислорода на полированные подложки, сделанные из тех же стекол, что и распыляемые мишени. Для проведения исследований такие же пленки одновременно напылялись на подложки из кварцевого стекла марки КВ. По измеренным значениям волноводных показателей преломления n_g ($\lambda = 0.63$ мкм) рассчитывались показатель преломления материала пленок и их толщина. Изотермический отжиг полученных волноводов проводился при соответствующей

щих температурах отжига стекол подложек в течение 2—4 ч с последующим измерением потерь света в волноводах и расчетом величины изменения показателя преломления $\Delta n/n$. Было установлено, что величина показателя преломления получаемых пленок сильно зависит от условий напыления. Например, изменяя параметры ВЧ разряда, из стекла ТК21 можно получать пленки с показателем преломления от 1.66 до 1.70. Это обстоятельство затрудняет получение волноводов с воспроизводимыми параметрами. Поэтому при напылении пленок мы стремились поддерживать одни и те же условия напыления: мощность, подводимую к разрядному промежутку, ток плазмы, давление и состав газа. В полученных тонкопленочных гомогенных волноводах толщиной ~ 1 мкм распространялись, как правило, моды только нулевого порядка. Потери в них составляли 0.6...1.5 дБ/см в зависимости от типа стекол. Из всех стекол, кроме стекла БК4, волноводы получались изотропные.

Спектры мод волноводов приведены на рис. 1.

Исследуемые оптические стекла являются многокомпонентными системами неуравновешенного состава [3] с различным содержанием SiO_2 и других окислов (BaO , V_2O_5 , PbO), поэтому

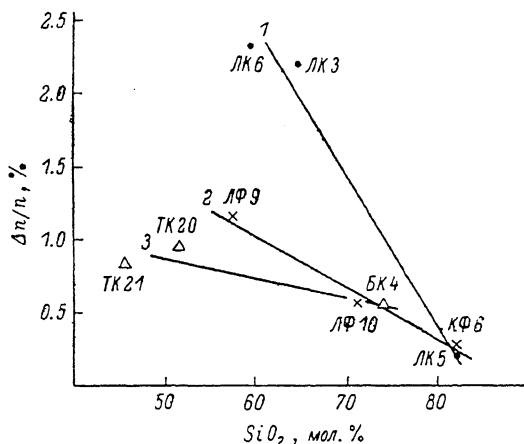


Рис. 2. Относительное увеличение показателя преломления пленок, полученных высокочастотным распылением стекол с разным содержанием SiO_2 . У пленок толщиной 0.73 мкм из стекла ОК1 $\Delta n/n = 9.65\%$.

анализ зависимостей свойств полученных тонкопленочных гомогенных волноводов от состава распыляемых стекол затруднен. Относительно наглядные и удобные для анализа зависимости были получены только при сопоставлении значений относительного увеличения показателя преломления пленок $\Delta n/n$ и содержания SiO_2 в распыляемых стеклах (рис. 2). Особенно сильно они выражены у стекол типа легкие кроны, имеющих избыток кремнезема (кривая 1) и слабее у пленок из стекол типа легкие флинтты и кронфлинтты (ЛФ9, ЛФ10, КФ6; кривая 2), тяжелые и баритовые кроны (стекла ТК20, ТК21, БК4; кривая 3). При распылении стекол с содержанием кремнезема 82 мол. % образуются пленки с $\Delta n/n \approx 0.3\%$ независимо от типа стекол и содержания в них других окислов. Однако из этих результатов не следует делать вывод о том, что эта величина изменения показателя преломления соответствует $\Delta n/n$ пленок из кремнезема. Исследования пленок, полученных ВЧ распылением кварцевых стекол КВ, КУ, КИ при тех же условиях, показали, что у них $\Delta n/n \approx 1\%$. Такая разница значений $\Delta n/n$ у пленок, полученных из кварцевых и многокомпонентных стекол с большим содержанием кремнезема, указывает на многообразие и сложность процессов, приводящих к увеличению показателя преломления стеклянных пленок, получаемых методом ВЧ распыления.

Исследования влияния изотермического и изохронного отжига на свойства гомогенных тонкопленочных волноводов показали, что термообработка изменяет почти все их параметры. При всех видах отжига у пленок из большинства исследованных стекол показатель преломления n уменьшается, кроме пленок из стекол Ф1, БФ16, ЛФ10, у которых с увеличением длительности отжига n возрастает. Причина этого, вероятно, связана с наличием в этих стеклах окисл свинца. У пленок из стекла КФ6, в состав которого входит в основном кремнезем, а другие окислы, в том числе и окисл свинца, содержатся в небольших количествах, n практически не изменяется при отжиге.

По-разному также влияет термообработка на качество гомогенных волноводов, полученных из различных типов стекол. Но всегда при любом отжиге при температурах выше 570 К качество волноводов ухудшается и потери в них возрастают до 10—15 дБ/см. Особенно сильно это проявляется у волноводов из стекол типа тяжелые кроны.

Исследования ИК спектров, полученных методом полного внутреннего отражения, показывают, что в области 800—1200 см^{-1} в спектрах поглощения пленок и стекол имеются не только количественные, но и качественные различия, указывающие на отличие состава получаемых пленок от состава распыляемых стекол.

Таким образом, из приведенных результатов следует, что методом высокочастотного распыления можно получать термостойкие гомогенные тонкопленочные оптические волноводы из целого ряда оптических стекол сложного состава.

Литература

- [1] Физика тонких пленок / Под ред. Хасса Г. и Туна Р. Э. М.: Мир, 1970, т. 4.
- [2] *Киселев В. К., Редько В. П.* Тонкопленочные световоды из стекол типа тяжелые кроны. — Квант. электр., 1978, 5, № 1, с. 134—135.
- [3] *Демкина Л. И.* Физико-химические основы производства оптического стекла. Л.: Химия, 1976.

Институт физики АН БССР
Могилевское отделение

Поступило в Редакцию
12 сентября 1983 г.
В окончательной редакции
19 марта 1984 г.

