

06.3; 07

© 1993

КИНЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШИРОКОПОЛОСНОЙ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ГЕРМАНОСИЛИКАТНЫХ ВОЛОКСННЫХ СВЕТОВОДОВ

Л.П. Гинзбург, А.А. Гордеев,
А.П. Горчаков, А.П. Жилинский

Несмотря на то что впервые широкополосная люминесценция (ШЛ) в кварце была описана более 15 лет назад [1], число посвященных ей работ остается чрезвычайно ограниченным. Это объясняется весьма малым квантовым выходом этого вида люминесценции и, как следствие, кажущимся малым влиянием ее на процессы в волоконных световодах (ВС). Однако совершенствование систем оптической связи и использование в их основе все новых физических принципов требует детального изучения этих процессов. Так, в работе [2] предлагается использовать ШЛ в метрологии параметров ВС для создания на ее основе высокоточного способа контроля затухания в волокне. С другой стороны, применение спектрального разделения каналов в комплексе с ростом скоростей передачи информации требует в ряде случаев учитывать возможность вызываемых ШЛ помех. Эти помехи могут иметь как спектральный характер, так и временной, вследствие опережающего характера распространения люминесцентного свечения по ВС, связанного с материальной дисперсией [3], что, с другой стороны, по мнению авторов [3], можно использовать для измерения самой величины материальной дисперсии в ВС. Вместе с тем наличие в плавленом кварце нескольких видов люминесценции („голубая“ со спектральным максимумом в области 410 нм и длительностью ~ 100 мкс, „красная“ с максимумом около 650 нм и длительностью ~ 20 мкс) ставит вопрос о всестороннем изучении механизма ШЛ с целью однозначной идентификации всех ее проявлений. Особо при этом стоит вопрос о кинетических характеристиках. Предпринятое авторами [4] исследование позволило выявить коротковременной (порядка десятков наносекунд) характер длинноволнового (свыше 550 нм) крыла спектра ШЛ германосиликатных световодов. Соотношение интенсивностей участков спектра люминесценции в зависимости от длины волокна в связи со спектральными различиями коэффициента поглощения дали авторам [4] возможность отнести связанные с ШЛ эффекты к свечению кварцевой оболочки. В свете этого представлялось интересным детальное изучение спектральных и кинетических характеристик отдельных частей ВС и заготовок для них, что и явилось целью данной работы. Исследовались германосиликатные ВС и их заготовки с концентрацией GeO_2 в сердцевине от 0 до 10%. Возбуждение ШЛ производилось азотным лазером

с длительностью импульсов ~ 7 нс. Для выделения вкладов сердцевины и оболочки ВС осуществлялось возбуждение световодов с помощью микрообъективов, позволяющих изменять угловую апертуру вводимых световых пучков. Так, при апертуре вводимого излучения 0,1, распространяющийся по волокну поток был сконцентрирован в сердцевине, при апертуре 0,25 – равномерно по сечению волокна, а при апертуре 0,4 – преимущественно в оболочке. Анализ кинетики ШЛ в ВС показал наличие „быстрой” и „медленной” компонент с характерными длительностями 90 и 900 нс. При этом интенсивность быстрой компоненты более чем на порядок превышала интенсивность медленной. Преимущественное возбуждение оболочечных мод мало меняло величины длительностей компонент, однако вклад медленной компоненты увеличивался на 20%. Сложность взаимодействия мод в ВС не позволила произвести более детальных измерений, поэтому основные кинетические характеристики изучались в заготовках ВС. При этом поперечное сечение заготовки сканировалось сфокусированным до 100 мкм в диаметре лучом азотного лазера, возбуждающим ШЛ. Обнаружен всплеск интенсивности ШЛ в слоях толщиной ~ 50 мкм на границе сердцевина–оболочка и на поверхности оболочки. В то же время характер спектров объема материала и поверхности границ был практически одинаков, что указывает на одинаковую их природу. Главные отличия обнаруживаются в кинетических зависимостях ШЛ (рис. 1). В обоих случаях кинетика определяется двумя компонентами с временами ~ 90 нс и 900 нс. Однако отношение интенсивностей быстрой и медленной компонент при объемном возбуждении составляет ~ 20 , а при поверхностном $\sim 0,5$. Преобладание медленной компоненты имеет место также на границе оболочка–сердцевина. Во всех остальных областях интенсивность ШЛ определяется излучением с быстрой компонентой.

Учитывая сложный характер спектра ШЛ, были исследованы спектральные зависимости времени релаксации быстрой и медленной компонент ШЛ. Они представлены на рис. 2. Как видно из него, длительность быстрой компоненты не меняется в пределах от 700 до 1200 нм. Длительность же медленной компоненты уменьшается с ростом длины волны. Отдельно следует отметить, что увеличение концентрации FeO_2 от 0 до 10% приводило к линейному росту интенсивности ШЛ на порядок с сохранением относительного распределения.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о многофакторном характере ШЛ. Как это отмечалось и ранее [5, 6], ШЛ, безусловно, связана со структурными характеристиками плавленого кварца. Рост концентрации FeO_2 , увеличивая структурную неупорядоченность, приводит к росту интенсивности ШЛ. Аналогично рост величины ШЛ на границе сердцевина–оболочка и на поверхности оболочки также, видимо, связан с увеличением вклада поверхностных неупорядоченных состояний. Спектральная зависимость времени релаксации свечения поверхностной ШЛ и ее большие значения могут быть объяснены захватом возбужденных электронов

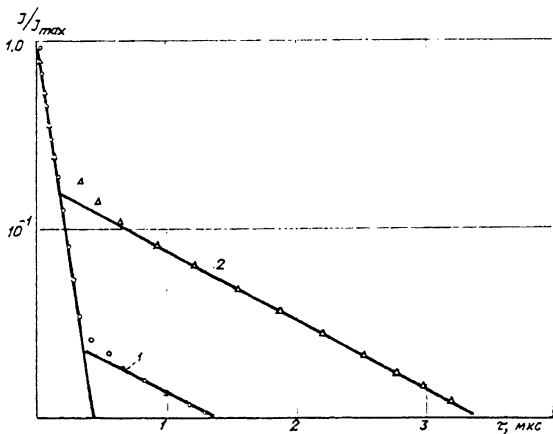


Рис. 1. Кинетика ШЛ в объеме (1) и на поверхности (2) заготовки ВС на длине волны 750 нм.

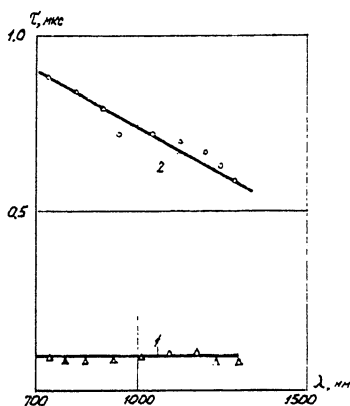


Рис. 2. Спектральные зависимости (1) и поверхностной (2) ШЛ заготовки ВС.

на локализованные поверхностные состояния с последующим их туннелированием сквозь поверхностный барьер на уровни, для которых разрешена излучательная рекомбинация.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] А ч и л о в М.Ф., К а с ы м д ж а н о в М.А., К р и н д а ч Д.П., Т р у н и л и н а О.В., Х а б и б у л л а е в П.К. // Квантовая электроника. 1977. Т. 4. В. 9. С. 1992-1993.
- [2] Ж и л и н с к и й А.П., Г о р д е е в А.А., Г о р ч а к о в А.П. Авт. свид. СССР № 1645806 от 04 ноября 1988г.

- [3] К а с ы м д ж а н о в М.А., К у р б а н о в С.С., С е р е б р я н с к а я Л.М., Т а р т а к о в с к и й Г.Х. // Оптика и спектроскопия. 1989. Т. 67. В. 3. С. 721-723.
- [4] К а с ы м д ж а н о в М.А., К у р б а н о в С.С., Х а б и б у л л а е в П.К. // Оптика и спектроскопия. 1992. Т. 72. В. 4. С. 1039-1041.
- [5] Т р у н и л и н а О.В., А ч и л о в М.Ф., З а х и д о в Э.А. // ДАН УзбССР. 1987. В. 2. С. 27-29.
- [6] Г о р д е е в А.А., Г о р ч а к о в А.П., Ж и л и н с к и й А.П. // Оптика и спектроскопия. 1989. Т. 66. В. 3. С. 662-664.

Московский технический
университет связи и информатики

Поступило в Редакцию
17 марта 1993 г.