

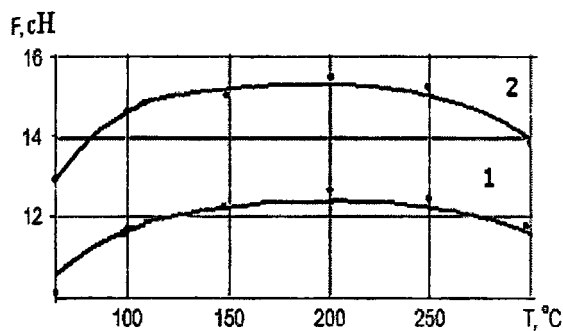


Рисунок 1 – Зависимости прочности микросварных соединений от температуры ИК активации для покрытий Ni-B (1) и Ag (2)

вплоть до ее разрыва и поэтому прочность соединений уменьшается. Прочность микросварных соединений по покрытию Ag значительно выше, чем по покрытию Ni-B, так как Ni-B характеризуется более

высокой микротвердостью. Анализ гистограмм прочности показал, что нагрев ИК излучением увеличил степень обжаривания выводов на 15–20 %, а прочность соединений на 15%. Воспроизводимость результатов контроля прочности соединений и их однородность при ИК активации значительно выше.

1. Ультразвуковые процессы в производстве изделий электронной техники. Т.2. / С.П. Кундас, В.Л. Ланин, А.П. Достанко и др. – Минск: Бестпринт, 2003. – С. 126–146.
2. Емельянов В.А. Технология микромонтажа интегральных схем. – Минск: Бел. наука, 2002.
3. Ланин В.Л. Активация процессов ультразвуковой микросварки изделий электроники // Технологии в электронной промышленности, 2009. – № 2. – С. 63–66.

УДК 621.373.826 : 621.391.63

ОПТИМИЗАЦИЯ УЧАСТКОВ РЕГЕНЕРАЦИИ В ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЯХ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Локтевич А.С.¹, Гладейчук В.В.¹, Гончаренко И.А.²

¹Военная академия Республики Беларусь, Минск, Беларусь

²Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь, Минск, Беларусь

Преимуществами волоконно-оптических линий передачи по сравнению с проводными линиями являются защищенность от электромагнитных воздействий, высокая коррозионная и радиационная стойкость, электроизоляционная прочность, пожаробезопасность, высокая (до сотен Гбит/с) информационная емкость. Эти достоинства оптических волокон особенно востребованы в измерительных системах и системах контроля за состоянием технологических объектов. Большие потоки информации от набора датчиков, отслеживающих температуру, давление, деформации и другие параметры в разных частях таких объектов, может передаваться по одному оптическому волокну с малой вероятностью ошибки приема символов на пультах управления и контроля, удаленные в целях безопасности на значительные расстояния от объектов.

Однако оптические сигналы при распространении по волокну испытывают потери из-за поглощения в материале и излучения. В результате мощность оптических сигналов уменьшается вплоть до уровня шумов. Для компенсации потерь в волоконно-оптических линиях связи применяют регенераторы, периодически расположенные на определенном расстоянии друг от друга, которое зависит от величины потерь. С одной стороны это приводит к удорожанию линий связи, с другой – регенераторы вносят дополнительную шумовую составляющую из-за эффекта спонтанной эмиссии [1], что приводит к увеличению вероятности ошибки. Таким образом, целесообразно добиваться уменьшения числа используемых регенераторов, т.е. увеличивать участки

регенерации. Одним из возможных решений этой проблемы является увеличение мощности входного оптического сигнала. Однако мощные оптические поля могут приводить к нелинейным оптическим эффектам, например, эффекту вынужденного комбинационного рассеяния (ВКР) и вынужденного рассеяния Мандельштама-Бриллюэна (ВРМБ) [2,3]. Эти эффекты приводят к перекачке мощности оптического сигнала на определенной несущей длине волны на другие длины волн (стоксовы компоненты). В результате мощность оптического сигнала на несущей длине волны уменьшается. Хотя нелинейная восприимчивость материалов, из которых изготавливают оптические волокна, невелика (кубическая нелинейная восприимчивость плавленого кварца $\sim 10^{-22} \text{ м}^2/\text{В}^2$ [4]), однако эффективность нелинейных процессов определяется не только нелинейными коэффициентами, но и длиной взаимодействия излучения со средой. В оптическом волокне эта длина, в принципе, ограничивается только потерями в нем и может достигать десятков километров.

В работе приводятся результаты расчетов длины участков регенерации реальных волоконно-оптических линий передачи, используемых в информационно-измерительных системах, с точки зрения максимума мощности входных оптических сигналов.

Расчет изменения мощности оптического сигнала P_c и стоксовой волны P_s при распространении по волокну с учетом потерь и влияния оптических

нелинейных эффектов проводится с помощью системы связанных дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{dP_c}{dz} &= -gP_cP_s^{BKP} - \alpha_cP_c \\ \frac{dP_s}{dz} &= gP_cP_s^{BKP} - \alpha_s^{BKP}P_s^{BKP} \end{aligned} \quad (1)$$

для ВКР [5], где g – коэффициент усиления ВКР, и

$$\begin{aligned} \frac{dP_c}{dz} &= -g_BP_cP_s^{BPMБ} - \alpha_cP_c \\ \frac{dP_s}{dz} &= -g_BP_cP_s^{BPMБ} + \alpha_s^{BPMБ}P_s^{BPMБ} \end{aligned} \quad (2)$$

для ВРМБ [6], где g_B – коэффициент усиления ВРМБ (Brillouin gain factor), α_s и α_c – коэффициенты потерь соответственно стоксовой и сигнальной волн.

С помощью выражений (1)–(2) для реальных волоконно-оптических линий связи была рассчитана оптимальная мощность входного сигнала $P_{опт}$, позволяющая получить максимальную длину участка регенерации. Изменение мощности сигнальной волны в зависимости от длины ее распространения в волокне для трех значений входной оптической мощности представлено на рисунке 1. На вставке выделен участок рисунка в более крупном масштабе.

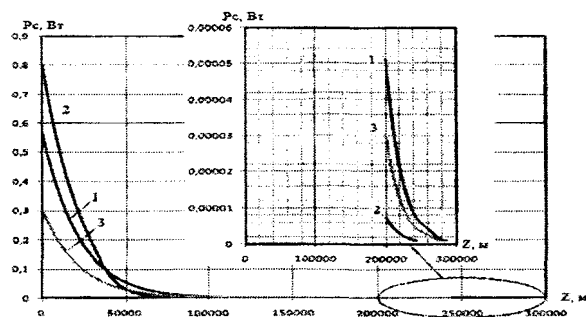


Рисунок 1 – Изменение мощности сигнальной волны P_c при ее распространении в волокне на расстояние Z (1 – $P_{c0} = 0,56$ Вт, 2 – $P_{c0} = 0,8$ Вт, 3 – $P_{c0} = 0,3$ Вт)

Как видно из рисунка, максимальная длина распространения достигается при определенной оптической мощности входного сигнала. Дальнейшее увеличение оптической мощности приводит к

уменьшению длины распространения. Это происходит из-за того, что при таких входных мощностях возникает вынужденное комбинационное рассеяние, которое приводит к дополнительному ослаблению сигнальной волны. Таким образом, для каждого набора параметров оптического волокна существует оптимальная входная оптическая мощность, при которой сигнал распространяется на максимальное расстояние.

В современных линиях передачи длина участка регенерации составляет от 70 до 150 км. Как показали расчеты, для волоконно-оптических линий передачи с использованием стандартного кварцевого волокна длина участка регенерации может достигать 285 км при входной оптической мощности 0,5601 Вт. Таким образом, используя оптимизацию, предложенную в данной работе, путем подбора оптимальной мощности источника оптических сигналов длину участка регенерации волоконно-оптической линии можно увеличить в 1,9 раз и, тем самым, сократить число усилителей в линии передачи информационно-измерительных систем.

1. Gonzarenko, I. Budowa i właściwości wzmacniaczy optycznych / I. Gonzarenko, D. Gwizdowski, A. Kowalski, J. Wojcik // Przegląd Telekomunikacyjny. – 1994. – Rok LXVII, No.4. – S. 207–212.
2. Дианов, Е.М. Нелинейная волоконная оптика/ Е.М. Дианов, П.В. Мамышев, А.М. Прохоров// Квантовая электроника. – 1988. – Т.15, №1. – С.5–29.
3. Агравал, Г. Нелинейная волоконная оптика. – М.: Мир 1996. – 323 с.
4. Справочник по лазерам. – М.: Сов. радио. – 1978. – Т.2. – С. 282.
5. Aoki, Y. Properties of fiber Raman amplifiers and their applicability to digital optical communication systems // J. Lightwave Technology. – 1988. – Vol.6, No.7. – P.1225–1239.
6. Pannell, C.N. Stimulated Brillouin scattering in optical fibers: the effects of optical amplification / C.N. Pannell, P.St.J. Russell, T.P. Newson // J. Optical Society of America. – 1993. – Vol. 10, No.4. – P.685–686.

УДК 621.382

СТРУКТУРА ПЛЕНОК ОКСИДОВ ЦИНКА НА КРЕМНИЕВОЙ ПОДЛОЖКЕ НА ОСНОВЕ ТЕРМИЧЕСКОГО ИСПАРЕНИЯ В АТМОСФЕРЕ ИНЕРТНЫХ ГАЗОВ

Маркевич М.И.¹, Чапланов А.М.¹, Бураков В.С.², Мисаков П.Я.², Савастенко Н.А.², Тарасенко Н.В.²

¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

²Институт физики НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Успехи современных технологий неразрывно связаны с достижениями в создании новых полупроводниковых материалов [1–5]. Характерной особенностью развития микроэлектроники в наши дни является широкое использование двойных полупро-

водниковых соединений, типа ZnO, GaN, CdS [4]. Несмотря на то, что ZnO не является «новым» материалом для микроэлектроники и исследуется на протяжении нескольких десятилетий, интерес к исследованию и получению структур ZnO, в том числе