

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ФАКТОРИ ВТРАТ В ОПТИЧНИХ ПЕРЕМИКАЧАХ НА ОСНОВІ МОЕМС- КОМПОНЕНТІВ

Филипенко О. І., д.т.н., проф. Чала О. О., аспірантка
Харківський національний університет радіоелектроніки,
Харків, Україна

В комунікаційних мережах та радіоелектронній техніці оптичні перемикачі є одними з ключових пристроїв, оскільки вони відіграють особливу роль у контролі, моніторингу, захисті, управлінні та інших функціях.

Використання *MEMS* оптичних перемикачів є альтернативним підходом до мініатюризації і поліпшення характеристик апаратури зв'язку, що обумовлює актуальність дослідження можливостей їх застосування і поліпшення існуючих характеристик.

Об'єктом теоретичного дослідження виступають *MEMS* оптичні перемикачі, як компоненти волоконно-оптичних систем.

Метою теоретично-експериментального обґрунтування принципів побудови *MEMS* оптичних перемикачів, є дослідження факторів, що зумовлюють внесені втрати, пов'язанні з конструктивно-технологічними характеристиками самих оптичних перемикачів.

Основними факторами втрат оптичної потужності в системі є: розсіювання потужності випромінювання, шорсткість поверхні дзеркала, властивості матеріалів, що застосовуються для покриття поверхонь дзеркала.

Для детального аналізу та вирішення проблем, пов'язаних з оптичними втратами, необхідно вирішити наступні завдання:

- дослідити втрати, що вносяться мікродзеркалами, та шляхи їх скорочення;
- дослідити поляризаційно-залежні втрати в *MEMS* оптичних перемикачах;
- внести практичні рекомендації, щодо застосування металевих покриттів для мікродзеркал;
- дослідити поглинаючий скін-шар матеріалів оптичних дзеркал;
- розробити нові компоненти і сплави металів для поліпшення відбивної здатності оптичних перемикачів.

Втрати, що вносяться, розраховують за формулами [1] гауссовської апроксимуючої аналітичної моделі на місці з'єднання волокон з урахуванням втрат із-за неузгодженості та різниці між радіусами двох волокон:

$$L = -10 \log \left\{ 4 \frac{D}{B} \exp(-A \cdot C / B) \right\} dB, \quad (1)$$

де:

$$A = (k \cdot w_T)^2 / 2. \quad k = 2\pi n_0 / \lambda,$$

$$\begin{aligned} B &= G^2 + (D + 1)^2, \\ C &= (D + 1) \cdot F^2 + 2DFG \cdot \sin(\Delta\Theta) + D(G^2 + D + 1) \cdot \sin^2(\Delta\Theta), \\ D &= (w_R / w_T)^2, \\ F &= 2 \cdot \frac{\Delta x}{k \cdot w_T^2}, \\ G &= 2 \cdot \frac{\Delta z}{k \cdot w_T^2}, \end{aligned}$$

де: Θ_i — кут падіння; λ — довжина хвилі, Δx_i — поперечний зсув, Δz — повздовжній зсув; w_T та w_R представляють радіуси Гассовського поля волон, що передають та сприймають сигнал відповідно.

Розсіювання дзеркала пов'язанно з його шорсткістю, наявністю забруднень, неоднорідністю фізико-хімічних властивостей.

Найбільш критичним є вплив шорсткості поверхні, оскільки інші фактори усуваються очищенням і відповідною проектною проробкою перемикача.

Величина розсіювання залежить в даному випадку тільки від шорсткості поверхні та описується виразом [2]:

$$\eta = 1 - \exp \left[- \left(\frac{4\pi\sigma \cos\Theta_i}{\lambda} \right)^2 \right], \quad (2)$$

де: η — коефіцієнт втрат на розсіювання; σ — середньоквадратична шорсткість дзеркальної поверхні; Θ_i — кут падіння; λ — довжина хвилі.

Відбиваюча спроможність дзеркала є ще одним важливим фактором, який безпосередньо впливає на втрати в *MEMS* оптичних перемикачах. Якщо дзеркало з монокристалічного кремнію *SS*, відбиття визначається формулою Френеля як [3]:

$$R = \left(\frac{n_{Si} - n_0}{n_{Si} + n_0} \right)^2, \quad (3)$$

де: n_{Si} и n_0 — показники переломлення монокристалічного кремнію *SCS* і повітря, дорівнюють 3,5 та 1,0 відповідно.

Досить ефективним методом підвищення відбиваючої спроможності дзеркала є використання різних видів багатошарових діелектричних плівок з високим та низьким показниками відбиття в якості покриття для дзеркальної поверхні. Слід зауважити, що використання діелектричних матеріалів не завжди є сумісним для створення деяких видів багатошарових діелектричних плівок. Таким чином, металеві покриття, як правило, використовуються для отримання бажаної високої відбиваючої здатності, яка також безпосередньо залежить від типу матеріалу та його товщини.

При проведенному теоретичному дослідженні відбиваючої здатності мікродзеркал від товщини металевого покриття, було встановлено, що дзе-

ркала з алюмінієвим покриттям мають максимальну можливу відбиваючу здатність 97%, при товщині плівок більш ніж 40 нм. Золото також забезпечує відбиваючу спроможність 97,5%, при товщині плівок більш ніж 60 нм.

Література

1 Nemoto, S. Analysis of splice loss in single-mode fibers using a Gaussian field approximation [Text] / S. Nemoto, T. Markimoto // Opt. Quantum Electron. — 1979, NO11. — 447 p.

2 Ланцов В. Н. Состояние в области проектирования микроэлектромеханических систем [Текст] / В. Н. Ланцов, О. В. Рудаков, С. В. Маскеев // Владимир. — 1999. — 31 с.

3 Gregory, V. A Zipper-Action Differential Micro-Mechanical Tunable Capacitor [Text] / V. Gregory, A. Dec, K. Suyama // MEMS Conference. — 2001, Berkeley, USA. — P. 24—26.

Анотація

Розглянуто та проаналізовано фактори оптичних втрат в перемикачах на основі *MEOMS*-компонентів, що пов'язанні з конструктивно-технологічними характеристиками самих оптичних перемикачів, а саме: шорсткістю поверхні дзеркала, властивостями матеріалів, що застосовуються для покриття поверхонь дзеркал.

Ключові слова: оптичні втрати, компонент, шорсткість.

Аннотация

Рассмотрены и проанализированы факторы оптических потерь в переключателях на основе *MEOMS*-компонентов, связанных с конструктивно-технологическими характеристиками самих оптических переключателей, а именно: шероховатостью поверхности зеркала, свойствами материалов, применяемых для покрытия поверхностей зеркал.

Ключевые слова: оптические потери, компонент, шероховатость.

Abstract

Reviewed and analyzed the factors of optical losses in switches on the basis of *MEOMS*-components associated with processing characteristics themselves optical switches, namely the influence of the roughness of surface properties of materials used for coating of mirrors.

Keywords: optical loss component, roughness.