アポダイズド台形穴回折格子による高効率な垂直入出力用光結合器

Apodized trapezoidal-hole array grating for efficient vertical coupling

大阪府立大工 [1], ○(M2)武井 大輝 [1], 水谷 彰夫 [1], 菊田 久雄 [1]
Graduate school of Engineering, Osaka Pref. Univ.[1], Daiki Takei[1], Akio Mizutani[1], Hisao Kikuta[1]
E-mail: swb03069@edu.osakafu-u.ac.jp

1.はじめに

従来の電子集積回路より高処理速度，低消費電力となる光集積回路実現のためには，微小なシリコン光導波路と光ファイバ間の高効率な光結合器が必要とされている[(1)]．中でも回折格子を利用した光結合器は作製が容易であり，また基板上の任意の位置に設置できる利点があるため注目されている．一般的な矩形の回折格子結合器は，光ファイバを格子構造に対し約 10° 傾けている[(2)]．これに対し我々は，光ファイバを格子構造に対し垂直に設置することで光結合器と光ファイバのアライメントを容易にする，大きさが一様な 2 次元配列台形穴回折格子による垂直入出力用光結合器（以下，一様台形穴光結合器）を開発している[(3)]．この光結合器は，回折格子から放射される光の放射モードがシングルモード光ファイバの基本モードと一致せず，結合ロスが大きくなる問題があった．放射モードを光ファイバの基本モードに近づけるため，台形穴の形状を場所ごとに変えたアポダイズド台形穴回折格子による垂直入出力用光結合器を設計した．設計した光結合器の結合効率を測定したところ，従来の一様台形穴光結合器よりも高効率化を達成できたので報告する．

2. アポダイズド台形穴回折格子光結合器

アポダイズド台形穴回折格子による垂直入出力用光結合器の模式図を Fig.1 に示す．Si コア層 250nm，Box 層 1110nm の SOI(Silicon on Insulator)基板上にサブ波長の大きさの台形穴を配置する構造となっている．台形穴の形状はx軸方向には一様だがy軸方向に対しては変化させてある．設計した結合器について，FDTD(Finite-Difference Time-Domein)法を用いて結合効率を計算すると最大 60%となり，一様台形穴結合器の最大結合効率 52%と比べて高効率となる結果を得た．

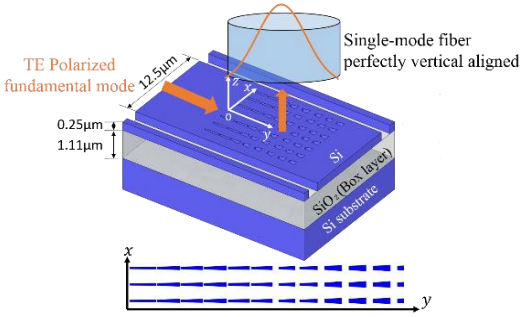

Fig.1 Schematic design of Apodized trapezoidal-hole array grating coupler

参考 (1). A.Biberman and Keren Bergman , Rep.Prog.Phys.75 ,1(2012).
(2)Xia Chen et al., IEEE PHOTONICS TECNOLOGY LETTERS, Vol22, No15(2010)
(3) 江藤洋平，他，The 60th JSAP Spring Meeting,(2013) 予稿集 27p-PA2-10

3. 台形穴回折格子のアポダイゼーション

光結合器内部を伝搬する導波モードの強度$P(y)$は

$$P(y) = P_0 \exp(-2\int_0^y \alpha(y)dy) \qquad (1)$$

で与えられる．P_0は定数，$\alpha(y)$は減衰係数である．このとき，放射モードが光ファイバ基本モードの近似であるガウシアン分布$G(y)^2$と一致するためには、減衰係数$\alpha(y)$は以下の関係式を満たせばよい[(2)]．

$$\alpha(y) = \frac{G(y)^2}{2[1-\int_0^y G(t)^2 dt]} \qquad (2)$$

台形穴の形状に対し一つの$\alpha(y)$が求まるため，式(2)を満たすように台形穴の形状を変化（アポダイゼーション）させて光結合器を設計した．光結合器の放射モードを Fig.2 に示す．アポダイズド台形穴回折格子による光結合器の方が，従来の一様台形穴光結合器よりも放射モードがガウシアン分布に近い．設計した光結合器の結合効率スペクトルの計算値を Fig.3 に示す．

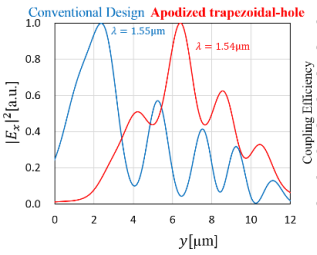

Fig.2 Calculated radiation mode of grating couplers

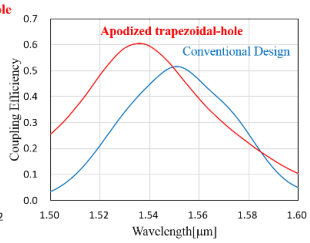

Fig.3 Calculated coupling efficiencies as a function of wavelength

4. 結合効率測定実験

設計した光結合器を電子線描画とドライエッチングにより作製し，波長可変の半導体レーザー(波長 1.52-1.57μm)とディテクターを用いて結合効率測定実験を行った．結合効率スペクトルの測定結果を Fig.4 に示す．結合効率は従来の一様台形穴光結合器が最大 27%であったのに対し今回作製したアポダイズド台形穴光結合器は最大 29%と高効率化を達成した．ただし，作製に用いた SOI 基板は BOX 層厚さが 3000nm であり最適な厚さではないため，結合効率は設計値よりも大幅に低くなっている．

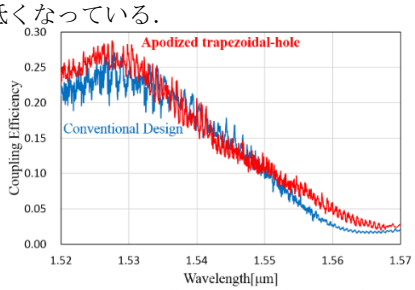

Fig.4 Measured coupling efficiencies as a function of wavelength

© 2017年 応用物理学会