

一次元及び二次元混合周期構造における導波モード共鳴現象の理論検討

Dimensional Characteristics of Guided-mode Resonant Nanostructures

京都工繊大¹, 産総研², テキサス大アーリントン校³ ○(M2C)渡邊 明理¹, 井上 純一¹,金高 健二², Robert Magnusson³, 裏 升吾¹Kyoto Inst. Tech.¹, AIST.², UT Arlington³ ○(M2C)Akari Watanabe¹, Junichi Inoue¹, Kenji Kintaka²,Robert Magnusson³, Shogo Ura¹

E-mail: m9621055@edu.kit.ac.jp

導波モード共鳴 (Guided-mode resonance: GMR)は, サブ波長の導波路グレーティングにより発現し, 波長フィルタ特性を示す[1]。一次元もしくは二次元グレーティングにおけるGMRが多数報告されている。二次元構造GMRの反射/透過スペクトルは, 個別の一次元構造GMRのスペクトルの単純和ではなく, モード間相互作用の影響を受ける[2]。本研究では, 一次元周期構造上に二次元周期構造を形成した混合周期構造におけるGMR反射特性をシミュレーション及び理論検討により解析した。

Fig. 1 に一次元構造, 混合構造, 二次元構造の鳥瞰図を示す。グレーティングと基板はSi-NとSiO₂を想定し, それぞれの屈折率を $n_g = 2.0$, $n_s = 1.5$ とした。x, y方向のグレーティング周期を $\Lambda_x = \Lambda_y = 0.8 \mu\text{m}$, フィルファクタを $F_x = F_y = 0.9$ とした。一次元及び二次元周期構造の厚さをそれぞれ d_{g1} , d_{g2} とおき, 総厚さを $d_g = d_{g1} + d_{g2} = 1.6 \mu\text{m}$ で固定した。 d_{g2}/d_g は二次元構造の占有率を表し, $d_{g2}/d_g = 0$ は一次元, $d_{g2}/d_g = 1$ は二次元構造に対応する。反射スペクトルの d_{g2}/d_g 依存性を厳密結合波解析(RCWA)で計算した。Fig. 2(a)にy偏光入射での結果を示す。x

方向伝搬モード(TEモード)とy方向伝搬モード(TMモード)に付随する共鳴波長に, 振動を伴うブルーシフトが見られる。TMモードはTEモードと比べ帯域幅の d_{g2}/d_g 依存性が小さく安定している。また, モードの交叉点でモード間相互作用により縮退が解けているのが分かる。Fig. 2(b)はx偏光入射での反射スペクトルである。こちらではTEモードがTMモードと比べ帯域幅の d_{g2}/d_g 依存性が小さいことが分かる。

一次元のモード結合理論に基づき, 共鳴波長シフト及び反射帯域の d_{g2}/d_g 依存性を見積もった。波長シフトは導波モード屈折率の d_{g2}/d_g 依存性を反映しており, 帯域幅は導波モード-放射モード間結合係数の d_{g2}/d_g 依存性を反映していることを明らかにした。

今回, 一次元及び二次元混合周期構造の反射スペクトルをRCWAで求めた。狭帯域GMRにおいては, その特性は一次元のモード結合理論により半定量的に予測可能であることを検証した。

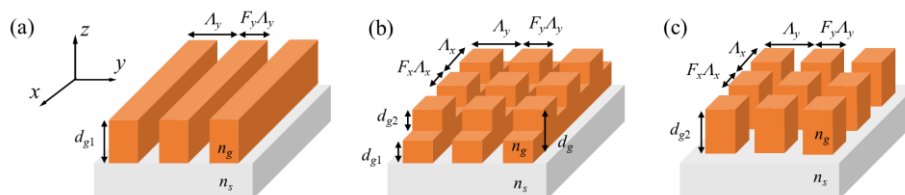
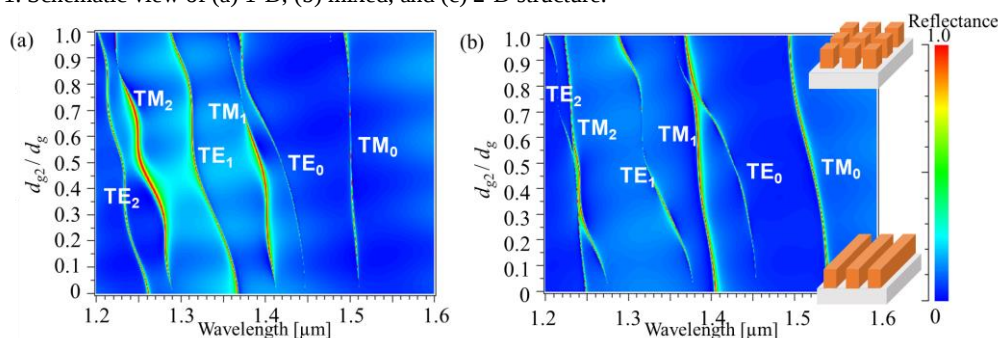
[1] S. S. Wang, *et al.*, Appl. Opt. **32**(14), 2606–2613 (1993)[2] Y. H. Ko, *et al.*, IEEE Photon. J. **7**(5), 4900210 (2015)

Fig. 1. Schematic view of (a) 1-D, (b) mixed, and (c) 2-D structure.

Fig. 2. Reflection spectra of GMR structure as a function of d_{g2}/d_g for (a) y- and (b) x-polarization incidence.