

SOI スラブ型導波路を用いた光ディラック・コーン構造の実現

Creation of photonic Dirac cone structures at mid-infrared wavelength using SOI slab wave guides

物材機構¹ ○黒田 隆¹, 姚 遠昭¹, 池田 直樹¹, 杉本 喜正¹, 迫田 和彰¹

NIMS¹, ° Takashi Kuroda¹, Yuanzhao Yao¹, Naoki Ikeda¹,

Yoshimasa Sugimoto¹, Kazuaki Sakoda¹

E-mail: kuroda.takashi@nims.go.jp

光ディラック・コーン構造は、グラフェンの電子状態が持つ線形の分散関係を、電磁波で実現するものである。とくに、周期結晶における異なる固有状態の間に偶然縮退を引き起こすことで、ブリルアン帯の中心 (Γ 点) でもディラック・コーンを発現でき、この場合、縮退点の有効屈折率はゼロになるから、無回折の導波路など様々な応用が期待できる。これまで、偶然縮退の発生条件について理論解析を進めてきた[1]。今回、標準的な Silicon on insulator (SOI) 基板に微細加工をすることで、光ディラック・コーンを実験的に見出したので報告する。

作製に先立ち Γ 点で偶然縮退が起きる形状パラメーターを有限要素計算で求めた。我々が目標とする周波数帯は波長 3-5 μm の中赤外域である。標準的なシリコン導波路の厚さは 0.4 μm であり、中赤外光を導波するには、深刻な回折損が予想された。しかし、うまくパラメータを選ぶことで、ロスが少ない縮退条件を見つけることに成功した。次に、この設計形状を、電子線描画と反応性イオンビームエッチングで、市販 SOI 基板の上に作製した。エッチング条件を最適化することで、急峻な側壁を持つ微小空孔の作製に成功、評価を容易にするために 3 ミリ角の大面积試料を準備した。最後に、中赤外の試料評価のために、フーリエ変換分光装置を改良し、角度分解反射の光学系を構築、空間的に広がる赤外ビームを丹念にコリメートすることで、高い角度分解能 (0.3 度) を達成した。角度分解計測により Γ 点近傍の分散関係を可視化することに成功した。

右図は、代表的な (ディラック縮退のない) 試料における角度分解反射スペクトルの例である。垂直入射から 0.3 度ずつ試料を傾け、反射スペクトルを計測した。反射ピークは入射角度に依存してシフトし、その様子は、計算で予測する分散関係 (下側) と定量的に一致する。

【謝辞】本研究は、防衛装備庁安全保障技術研究推進制度の支援を受けて実施した。

【参考文献】 [1] K. Sakoda, *Optics Express* **20**, 3898 (2011); *ibid.* **20**, 9925 (2011), *ibid.* **20**, 25181 (2011).

