$SiO_2/Si/SiO_2$ 構造における表面フォノンポラリトンの伝搬長の膜厚依存性

Thickness dependence of surface phonon-polariton propagation length in $SiO_2/Si/SiO_2$ structure

○立川 冴子 [1], ホセ オルドネス-ミランダ [2], ユンフイ ウー[1], ロラン ジャラベール [1,3],
ロマン アヌフリエフ [1], セバスチャン ヴォルツ [1,3], 野村 政宏 [1]
IIS, Univ. of Tokyo [1], Institut Pprime, CNRS[2], LIMMS/CNRS-IIS, Univ. of Tokyo [3],
°S. Tachikawa[1], J. Ordonez-Miranda[2], Y. Wu[1], L. Jalabert[1,3], R. Anufriev[1], S. Volz[1,3], M. Nomura[1],
E-mail: saekotac@iis.u-tokyo.ac.jp

表面フォノンポラリトン（SPhP）とは、誘電体や化合物半導体の界面において、電磁波と光学フォノンのカップリングにより連成される表面波である。界面に局在して面内方向に伝搬し、特にナノスケール厚さの薄膜においてその伝搬長は数百 μm を超えることが知られているが、[1]機械的強度に問題がある。そこで我々は、Si を支持層とし、誘電体である SiO_2 薄膜で挟んだ 3 層構造を形成し、機械的安定性を確保した系における SPhP の伝播を調べた。これまでに、2 枚の SiO_2 膜を薄くするほど吸収が減り、伝搬長が長くなることを報告した[2]。今回は、Si 層を薄くした場合の SPhP の伝搬長について検討した。 Si が十分に厚い場合は、吸収のない Si 層内を伝搬して面内方向にエネルギーを運ぶモードがあるため、伝搬長は長くなる。しかし Si 層厚さが波長より小さくなると、上下の SiO_2 膜間におけるカップリングの効果が大きくなるため、伝搬長が長くなることが計算により明らかになった。本研究では、機械的安定性を確保可能な多層膜構造における SPhP の熱輸送について新たな物理的知見を得られた。

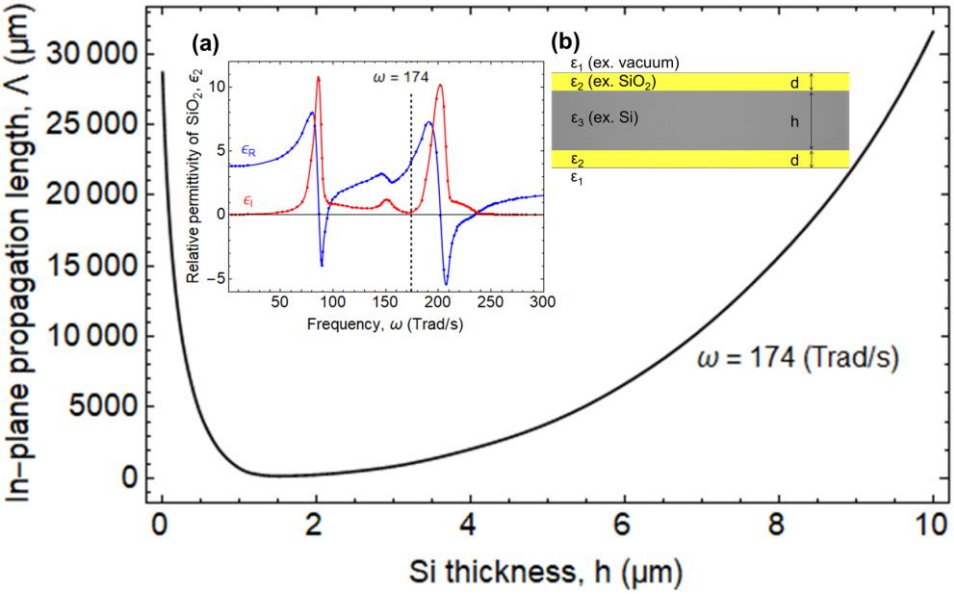

Figure 1. In-plane propagation length at given frequency (174 Trad/s) as a function of Si thickness. Insert figures: (a) Real (ε_R) and imaginary (ε_I) parts of relative permittivity of SiO_2. The minimum of ε_I at 174 Trad/s gives long propagation length. (b) Schematic of a three-layer structure ($SiO_2/Si/SiO_2$).

[1] Chen D.Z.A., *et al*., Phys. Rev. B 72, 155435 (2005)
[2] Tachikawa S., *et al*., Nanomaterials 10, 1383 (2020)