

半導体薄膜中のP偏光電磁場：表面局在モードの分散関係と反射・透過スペクトル

山崎 彰

半導体は素励起としてワニエ励起子を持つので、その誘電率は共鳴領域で波数 k に依存する。このような半導体に対してある振動数 ω の光が入射した時、媒質中では異なる波数 K_j を持つ複数個のポラリトンモードが可能で、入射光・反射光・各ポラリトンモードの振幅を求めるためには Maxwell の境界条件以外に、付加的な境界条件 (A B C) が必要になってくる。この論文ではこのような半導体薄膜の光学的な性質を理論的に考察した。

まず、以前の張・川田 (C-K) による S 偏光・薄膜の議論を P 偏光に拡張し媒質中の電磁場を求めた。励起子波動関数として平面波の簡単な重ね合わせを仮定したため、A B C としては分極ベクトルの接線・法線両成分が共に表面でゼロになるという Pekar 型の A B C を得た。そして Maxwell の境界条件と一緒にして、薄膜に対する P 偏光斜入射反射及び透過スペクトルを得た。その結果、CuCl の薄膜に対する S 偏光透過スペクトルの解析 (C-K) で同定できなかったピークは、P 偏光透過スペクトルの混ざりを考慮すれば同定できることがわかった。

また、この A B C を用いると表面アドミッタンスを通して、厚さ d の薄膜での表面励起子ポラリトンの分散を表す式を得ることができる。以前、Lagois-Fisher (L-F) は半無限系での表面励起子ポラリトンの分散を理論的に考察した。最初から半無限系を仮定すると、バルクポラリトンの表面に垂直な波数 q_j の符号は任意性を持つように見え、L-F は一つの物理的直感によりその符号を選んだ。これに対し今回、薄膜での分散で $d \rightarrow \infty$ の極限をとることにより半無限系での表面励起子ポラリトンの分散を求めた。この極限移行の過程で q_j の符号は一意的に決り、L-F の選び方とは違う事がわかった。以上の定式化に基づいて、L-F と同じく ZnO 中での Cl 励起子に対する表面励起子ポラリトンの分散曲線を数値的に求めた。その結果、L-F の様な縦波励起子の分散に近づくような分散にならない事がわかった。