

## Ramanovská spektra GaAs

Ramanův rozptyl je dvoufotonový proces – uplatňuje se při něm dopadající a rozptýlený foton. Jedná se o nepružný rozptyl fotonu krystalem při současném vzniku nebo zániku fononu nebo magnonu (spinová vlna). Je to proces stejný jako nepružný rozptyl rentgenových paprsků a podobný nepružnému rozptylu neutronů krystalem. Výběrová pravidla pro Ramanův jev prvního řádu (s účastí jednoho fononu) jsou

$$\omega = \omega' \pm \Omega; \quad \vec{k} = \vec{k}' \pm \vec{K},$$

kde  $\omega, \vec{k}$  přísluší dopadajícímu fotonu,  $\omega', \vec{k}'$  rozptýlenému fotonu a  $\Omega$  a  $\vec{K}$  fononu vzniklému či zaniklému během rozptylu. V Ramanově jevu druhého řádu se na nepružném rozptylu fotonu podílejí dva fonony.

K Ramanovu jevu může dojít díky tomu, že elektronová polarizovatelnost závisí na deformaci. Předpokládáme, že polarizovatelnost spojenou s fononovým módem lze rozvést do řady podle výchylky  $u$  vibračního módu :

$$\alpha = \alpha_0 + \alpha_1 u(t) + \alpha_2 u(t)^2 + \dots$$

Dále budeme uvažovat pouze první dva členy tohoto rozvoje. Je-li  $u(t) = u_0 \cos \Omega t$  a elektrické pole dopadající vlny  $E(t) = E_0 \cos \omega t$ , má indukovaný elektrický dipólový moment složku

$$\alpha_1 E_0 u_0 \cos \omega t \cos \Omega t = \frac{1}{2} \alpha_1 E_0 u_0 [\cos(\omega + \Omega)t + \cos(\omega - \Omega)t].$$

Mohou tedy být emitovány fotony o frekvencích  $\omega + \Omega$  a  $\omega - \Omega$ , přičemž dochází k absorpci nebo emisi fononu o frekvenci  $\Omega$ .

Fotonu o frekvenci  $\omega - \Omega$  se říká Stokesův, fotonu o frekvenci  $\omega + \Omega$  anti-Stokesův. Pro poměr intenzit těchto dvou procesů lze odvodit za předpokladu tepelné rovnováhy vztah

$$\frac{I(\omega + \Omega)}{I(\omega - \Omega)} = e^{-\hbar\Omega/k_B T}.$$

Je vidět, že relativní intenzita anti-Stokesových čar vymizí, jestliže  $T \rightarrow 0$ , protože pak nejsou k dispozici žádné fonony, které by mohly zaniknout [1].

### Experimentální uspořádání

Pro měření použijeme Ramanovský spektrometr Renishaw inVia s mikroskopem.

Světlo použitého laseru projde objektivem mikroskopu a je fokusováno na povrch vzorku. Záření emitované vzorkem je sbíráno stejným objektivem a přes zářezový filtr vedeno na detektor. Počítač snímá závislost detekované intenzity na sledovaném vlnočtu.

Samotný mikroskop je klasický optický; může pracovat v režimu propustnosti nebo odrazivosti. Lze tedy pro měření vybrat konkrétní oblast vzorku a opticky na ni zaostřit, neboť vzorek můžeme pozorovat binokulárem nebo pomocí CCD kamery na monitoru. Pro standardní objektiv zvětšující  $50\times$  je průměr laserové stopy asi  $5 \mu\text{m}$ .

### Literatura

Kittel, Ch.: *Úvod do fyziky pevných látek*, (Academia, Praha 1985)

Yu P.Y., Cardona M.: *Fundamentals of Semiconductors*, 3rd edn. (Springer, Berlin 2001)

*Úkoly*

V rámci domácí přípravy na měření se seznamte s měřeným materiálem (GaAs) a jeho použitím v praxi. Zjistěte jeho základní fyzické parametry (v jaké soustavě krystalizuje?). Jedná se o zdravotně závadný materiál?

V rámci samotného měření prověřte justaci optické cesty spektroskopu. Sejměte rozšířené spektrum vzorku a identifikujte v něm oblast obsahující optické fonony. (Jaké artefakty ve spektru očekáváte?). Pořídte kvalitní záznam spektra detailu předmětných oblastí.

Identifikujte spektrální píky GaAs s pomocí [2], str. 300. Proveďte doplňující měření, které vám umožní stanovit míru šumu v naměřených signálech.

Měření podle předchozích bodů proveďte jak pro Stokesovu, tak pro anti-Stokesovu větev spektra. Porovnejte intenzity odpovídajících si píků s teorií, případný rozdíl vysvětlete.