



Title	Far-infrared resonant Faraday effect in semiconductors
Author(s)	鈴木, 正人
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/44049
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名 ^{すず}鈴 ^き木 ^{まさ}正 ^と人

博士の専攻分野の名称 博 士 (理 学)

学 位 記 番 号 第 1 7 5 1 0 号

学 位 授 与 年 月 日 平成 15 年 3 月 25 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第4条第1項該当

理学研究科物理学専攻

学 位 論 文 名 Far-infrared resonant Faraday effect in semiconductors
(半導体中における遠赤外共鳴ファラデー効果)

論 文 審 査 委 員 (主査)

教 授 大山 忠司

(副査)

教 授 木下 修一

教 授 交久瀬五雄

助教授 渡辺 純二

助教授 藤井 研一

論 文 内 容 の 要 旨

The first magneto-optical effect, the Faraday effect or rotation of the plane of polarization under the influence of a magnetic field, was discovered by Michael Faraday in glass. Early work was carried out on solids in the visible region of the spectrum. In this work we have investigated the Faraday effects in semiconductors with various electronic systems, especially giving an eye to resonant phenomena as cyclotron resonance as well as Zeeman effect for impurities.

In the presence of the longitudinal magnetic field, i.e., the magnetic field being applied to the propagating direction of the light, the circularly polarized lights play an important role in magnetic circular dichroism (MCD) and birefringence (MCB). MCD is caused by the difference of the absorption coefficient between left- and right-circularly polarized lights. MCB induced by the difference of the phase velocity between two circularly polarized lights, on the other hand, results in rotation of the polarization plane, which is known as Faraday rotation.

The energy of the light taking part in the intraband transitions in semiconductors is suited to that of the far-infrared (FIR) light source. Through FIR absorption measurements in semiconductors, many workers have studied these intraband transitions as cyclotron resonance and Zeeman absorption for impurities, but there are few studies for the variation of the polarization plane and the amplitude due to these transitions, in particular Faraday effect induced by some resonances (Resonant Faraday Effect RFE).

We have studied the RFE due to intraband transitions in various semiconductors at low temperature with direct measurements for the rotation angle and ellipticity of the FIR lights. Through cyclotron resonance of two-dimensional electrons in the interface of GaAs/AlGaAs and the impurity absorption by donors in GaAs, we have confirmed that RFE is dominated by the off-diagonal component of dielectric tensor. Experimental results for n-type bulk InSb samples with various thicknesses have revealed a lot of properties of RFE. The oscillatory spectra induced by several twirls of the polarization plane have been observed in the extremely thick InSb

sample. In addition, the transient-Faraday effect for a compensated p-InSb can monitor the transient-refractive index induced by non-equilibrium carriers created by photo-excitation. Besides, making use of the characteristic behavior on RFE, we can classify absorption lines, i.e., the electron-type absorption or the hole-type one. By referring the experimental results to the theory based on Lorentz-oscillator model, we have made clear some features on "Resonant Faraday Effect".

論文審査の結果の要旨

物質の光学的特性を表す誘電率は物質中の原子や電子の分極現象に起因するが、入射してきた光によって誘起された電気分極が元の状態に戻ろうとする緩和過程を考慮した Lorentz 型振動子モデルに基づいて考えると、誘電率は実数部と虚数部によって構成されていることが分かる。また、物質内で共鳴現象が起こると試料内に誘起される電気分極が非常に大きく変化する。誘電率 ϵ と屈折率 n の間には $n^2 = \epsilon$ の関係があるので、共鳴吸収は屈折率に大きな変化をもたらすと同時に、屈折率に支配される光の位相速度に大きな変化を引き起こす。かくして、共鳴効果による物質の屈折率の大きな変化、それに付随した透過光の変化を詳細に調べることによって、共鳴効果と誘電率（屈折率）の実数部や虚数部との関係を明らかにすることができる。

鈴木君は半導体における様々な電子系を対象として、波長が $100\ \mu\text{m}$ 程度の遠赤外光が示す共鳴ファラデー効果に関する研究を行った。共鳴ファラデー効果を調べることはテンソル量として表される誘電率における非対角成分の実数部と虚数部の詳細を知ることにつながる。つまり、ファラデー効果に因る楕円率と回転角を調べれば誘電率（屈折率）の実数部や虚数部を解析することができる。この研究ではファラデー効果をモニターする光の波長として、適当な磁場域で電子系による共鳴現象が生じる遠赤外光を用いて、

- 1) 有効光路長が極端に異なる 2 種類の半導体材料、すなわち GaAs/AlGaAs の 2 次元電子系とバルク結晶の n-InSb の試料におけるファラデー効果、
 - 2) 補償された半導体電子系に外部からパルス光励起を行い、励起された電子が消滅する過程において示す過渡的ファラデー効果、
 - 3) また電子と正孔の共存する系において、それぞれのキャリアが示す特徴的なファラデー効果
- などを自作の回転検光子法を用いて初めて検出し、理論的な解析と組み合わせて、それぞれの電子系の共鳴条件下における有効誘電率などを具体的に導出した。

よって鈴木君の研究は博士（理学）の学位論文として十分価値があるものと認める。