

PN 接合を利用したサブバンド間遷移光吸収の制御 Control of optical absorption due to intersubband by using PN junction

産業技術総合研究所¹ ○ 牛頭 信一郎¹

AIST¹ ○ Shin-ichiro Gozu¹

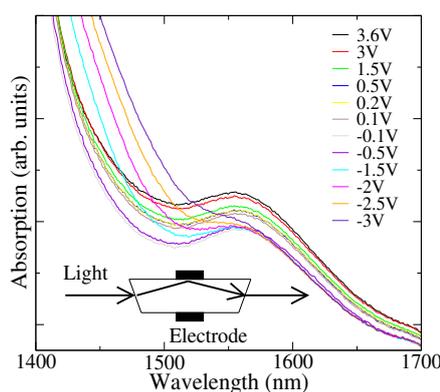
E-mail: s-gozu@aist.go.jp

半導体量子井戸中に発生するサブバンド間遷移は赤外光用の光エレクトロニクスの基本動作原理として有用であり、量子カスケードレーザ¹⁾ や光検出器²⁾ 等に应用されている。しかし、一部の例外を除き動作温度が低温であることが問題としてある。例えば光検出器応用をする場合はサンプルにバイアスを加えて光励起したキャリアを取り出す方法が一般的である。しかし、熱励起したキャリアがバイアスを加えた際に常時ドリフトしてしまい、高温では光電流よりも熱ノイズが多くなる。一方、PN 接合を用いた半導体ではバイアス印加によって接合中のキャリアの注入/引き抜きが可能である。実際にキャリアの引き抜きによる効果は実証されており³⁾、PN 接合の利用でサブバンド間遷移デバイスを高温で動作・制御できる可能性がある。本発表では、PN 接合へのバイアス印加によってキャリア注入効果も含めたサブバンド間遷移による光吸収制御を試みたので報告する。

量子井戸は InGaAs/InAlAs/AlAs から成る結合量子井戸構造 (Copuled double quantum wells: CDQWs) とし、1-4 準位間の遷移が 1550 nm 近辺になる様に井戸幅等を調整した。CDQWs 構造は Si/Be によって n/p ドープされ、n-InP 基板上に Si/Be-InAlAs で挟まれる様に分子線エピタキシ法によって結晶成長した (図 (a))。サブバンド間遷移による光吸収を測定するために成長サンプルの端面を斜め研磨し、端面から光を入出力できる様にした。PN 接合にバイアスを加えるためにサンプル上下に In 電極を形成した。これらの加工をしたサンプルの光吸収スペクトルを室温において測定した (図 (b))。1550 nm 近傍に見えている光吸収ピークは偏光依存性よりサブバンド間遷移に起因していることを確認した。光吸収スペクトルのバイアス依存性を見ると、逆 (負) バイアス時にはサブバンド間遷移に起因した光吸収強度が減少し、シュタルク効果に起因したバンド間遷移光吸収の長波長化が確認できた。一方、純 (正) バイアス時には光吸収の増大が確認できた。これら光吸収強度のバイアス依存性は、PN 接合中のキャリア引き抜き / 注入で説明が可能である。

p InP cap
p: $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ InAlAs 200nm
p: $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ CDQWs x 20
n: $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ CDQWs x 10
n: $3 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ InAlAs 200nm
n InP sub.

(a) Whole structure



(b) absorptiopn spectra

図 : (a) 結合量子井戸を含む全体の構造、(b) 光吸収スペクトルのバイアス依存性

1) J. Faist, Quantum Cascade Lasers, Oxford Univ Press, 2018

2) H. Schneider and H. C. Liu, Quantum Well Infrared Photodetectors: Physics and Applications, Springer Series in Optical Sciences, 2014

3) T. Inoue et. al., Nature Materials, vol. 13, 928(2014).