ナノ構造の新規半導体デバイスの開発

本研究は日亜寄附講座において H18～H22 年度の予定で実施されているもので、半導体のナノスケールの構造制御により、光と電子系との融合を図ることによって、光通信・光情報処理などのための高機能な新規光・電子デバイスの開発を行うことを目標としている。平成２１年度の研究課題と成果概要を述べる。

(1)量子ドットと多層膜共振器構造を用いた超高速全光スイッチ

半導体量子ドット(QD)は優れた非線形形光学応答特性を持つと期待されている。本研究では GaAs 基板上の歪緩和 InGaAs 層に埋め込んだ InAs 量子ドットと GaAs/AlAs 多層膜からなる微小光共振器構造を用いて、超高速動作の全光スイッチの開発を行っている。今回、試作した構造に対して動作パワー6.5μJ/cm² で、応答速度 2.0ps、消光比 18dB の光カースイッチ信号を得た。(図１)これは、低パワー動作可能な面型超高速光スイッチとして期待できることを示すものである。今後、量子ドットのキャリア緩和の高速化などを含め、特性向上を図っていく。

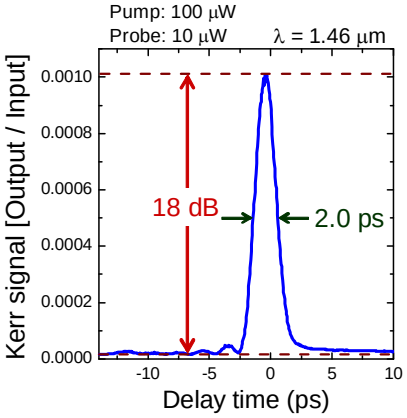

図１. 量子ドットを含む微小共振器構造の超高速光カースイッチ信号

(2)結合共振器構造による周波数混合信号発生

新規なテラヘルツ光発生素子として、二つの共振器モードをもつ微小結合共振器構造を考案し、その共振器層における強い光電場強度によって共振器モード間の差周波発生によりテラヘルツ光を発生する新規なテラヘルツ光発生素子を考案した。(図２)高指数面 GaAs 基板上に GaAs を共振器層とした結合微小光共振器構造を作製し、フェムト秒パルス照射により周波数混合信号の発生を確認するとともに、内部の光電場の振る舞いを解析し、また非線形分極の光学異方性を明らかにした。(図３)今後、テラヘルツ光の高効率な発生のためのデバイス構造、電流注入による一次光発生に取り組み、簡易なテラヘ

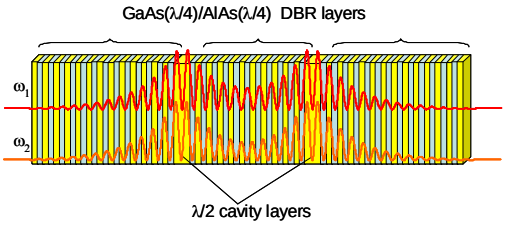

図２. 半導体多層膜結合微小共振器構造とその共振器モードの光電場強度分布

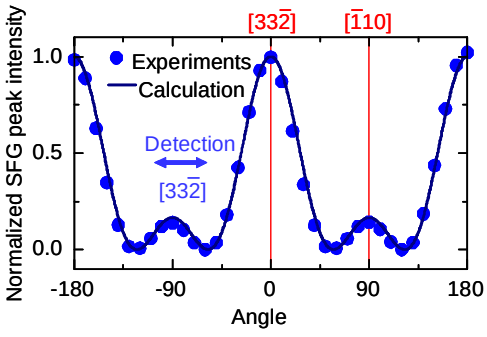

図３. 和周波信号の面内偏光方位依存

*日亜化学工業 共同研究員

ルツ光発生素子の実現を目指す。

(３)走査プローブ法による新規なナノ構造の作製技術の開発

走査プローブを用いた半導体表面のナノスケールの加工方法の開発を進めている。走査プローブからの電流注入による陽極酸化を用いて、表面プラズモンポラリトン励起素子として光学回折格子の作製を行った。走査型プローブ顕微鏡を用いて陽極酸化法と化学エッチングによりシリコン基板に回折格子構造を作製し、次に熱酸化法によりその表面に SiO_2 膜を形成した。さらに金属薄膜を適当な厚みで表面に堆積し SPP 励起素子を作製した。周期１μｍ、高さ 60nm の矩形周期構造ができている。(図 4)今後、新たなプラズモン素子への応用など、さらなるナノ構造加工を追求していく。

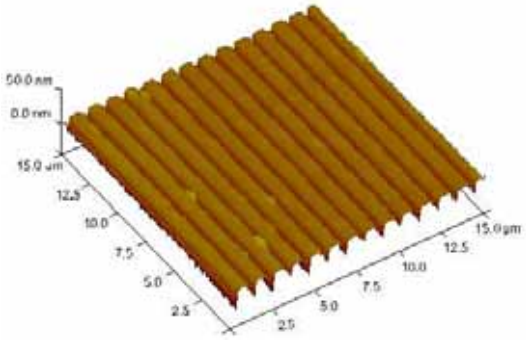

図 4. プローブ顕微鏡により作製した光学回折格子の AFM 像