

## (1) 極微細構造制御による機能発現と電子デバイスへの応用に関する研究

研究代表者 工学部 松浦 満

### 研究目的

物質に極微細な構造をもたせると新たな機能が発現し、高性能な電子デバイスへの応用が期待される。本研究では、実験と理論の両面から、極微細構造を制御した半導体や磁性材料の作製、物性の解明、各種電子デバイスへの応用に関する一連の研究を行う。

### 研究成果

#### 理論的な電子物性の解明・材料設計指針の確立

量子閉じ込め系の光学的・電子的性質にとって重要な電子状態に対する光学フォノンの影響について、バルク型、界面型の2つのモードが存在するというこの系の特徴を正しくふまえた相互作用を用いて研究した。

(a)量子井戸系の励起子に対する光学フォノンの効果について任意の井戸幅及びポテンシャル障壁に対して妥当な定式化を初めて行い、これに基づき種々の極性半導体量子井戸系に適用し実験との良い一致を見出すとともに、系を支配する物理パラメータを広い範囲で変化させ、この系の一般的な性質を明らかにした。

(b)球状量子ドット系の電子に対する光学フォノンの効果について、ドット半径及び電子一格子相互作用の大きさの広い範囲で妥当な定式化を初めて行い、この系の特徴を明らかにした。

#### 熱伝物質の電子的特性の解明

良い熱電特性を示すことで注目をあびているスクッテルダイト構造物質  $\text{CoSb}_3$  及びその不純物添加試料について調べた。不純物添加に関しては、周期律表をもとに系統的に不純物添加を行い、その試料について pn 特性を含みその熱電特性を実験的に調べた。またパラメータを含まない第一原理の電子状態計算を LAPW 法で行い、実験との比較より不純物の位置と熱電特性の関係など構造制御に関する知見を得た。

#### $\text{PbI}_2/\text{CdI}_2$ 超格子の作成と量子サイズ効果

バンドギャップが大きく、励起子遷移の強い層状半導体  $\text{PbI}_2/\text{CdI}_2$ 超格子をホットウォール法で作成し、その結晶構造と光学的性質を調べた。X線回折測定より、この超格子では結晶構造が基板の影響により変化させられることを明らかとした。光吸収ス

ペクトル測定より、 $\text{PbI}_2$ を井戸層とする type I 超格子であることを示した。また本超格子系は圧力印加による井戸幅減少により、量子閉じ込め状態が制御できることがわかった。

#### 磁気記録メディア用磁性膜の微細構造制御

Co-Cr 磁気記録メディアを作製する際に、電子サイクロトロン共鳴マイクロ波プラズマを用いた新しいスパッタ成膜法 (ECR スパッタ法) および、誘導結合型プラズマ (ICP) 支援マグネトロンスパッタ法を導入した。いずれのスパッタ法も、プラズマ生成・スパッタ・成膜が機能分離できており、プラズマ制御と基板へのイオン照射の制御が的確かつ広範囲に行なえることを特長とする。

ECR スパッタ法においては、基板に直流バイアス電圧を印加することによって、成膜中に基板を照射するイオンのエネルギーを最適化し、**2000Oe** 近くの高い抗磁力をもつ Co-Cr 垂直磁気メディアを作製できることを見出した。昨年度開発した磁場による制御と比較して、今回の電場による制御では、小電力の電源で済むため、装置の大型化やコストの面で有利である。

ICP 支援マグネトロンスパッタ法は、マグネトロンスパッタを基本としているので、実用的な成膜速度を実現しながら、高度なプラズマ制御も可能な成膜方法である。毎分**100nm** オーダー以上の高い成膜速度が得られ、**2000Oe** 以上の高抗磁力の Co-Cr 垂直磁気メディアが作製できた。

これらは、Co-Cr 膜を作製中に基板に照射するイオンアシストを最適化することで、Co-Cr 微粒子の内部にナノメートルオーダーの磁性と非磁性の領域に分離した微細な磁氣的構造が発現できたためである。

また、NiO 結晶配向制御用下地層を用いて作成した Co- $\gamma$ Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>磁気メディアについては、本年度は NiO 下地層をランダム配向させることによって、現行の長手記録方式に使用可能なものを開発し、低ノイズ特性と良好な高密度記録特性を示すことも見出した。微細加工技術による小形電子デバイスの試作

本年度より本格的に微細加工技術の向上をはかり、これを用いた小形電子デバイスの試作を行なった。フォトマスクは電子ビームリソグラフィで作製し、

被加工物のパターンニングはフォトリソグラフィによって行なった。その際、露光は、紫外線 (g 線) を用いた密着露光方式で実施した。

1 層のみのパターンニングで作製可能なデバイスとして、回折格子を作製した。Si 基板上に Al によって L&S が  $2\ \mu\text{m}$  のストライプパターンを形成し、これにレーザー光を照射して得られる回折パターンからその動作を確認した。

2 種類の垂直磁気記録用磁気ヘッドの試作も行なった。1 つは磁気ヘッドの軟磁性主磁極部分のみをフォトリソグラフィで作製したバルクタイプの磁気ヘッドである。もう 1 つは、主磁極、コイル、磁束のリターンパスとなる補助磁極も含めたすべてをリソグラフィで作製したオール薄膜タイプの磁気ヘッドである。このヘッドの試作には、平坦化技術およびスルーホール形成と接合技術を要した。

#### 産業技術への貢献

量子閉じ込め系に対する理論的な研究成果は半導体量子構造の設計指針となる。また熱電物質  $\text{CoSb}_3$  の実験・理論の研究成果は新しい熱電素子開発の実現に寄与する。さらに、磁気記録メディアおよび磁気ヘッドの開発に関する研究成果は、次世代の超高密度記録方式として期待されている垂直磁気記録方式の実現に寄与する。

#### 研究発表

- 1) R. Zheng and M. Matsuura : Exciton-phonon interaction effects in quantum wells ; Phys. Rev. B Vol. 56, No.4 pp2058-2061 (1997)
- 2) R. Zheng and M. Matsuura : Polaronic effects on excitons in quantum wells. Phys. Rev. B Vol. 57, No.3 pp1749-1761 (1998)
- 3) K. Akai, H. Kurisu, T. Shimura, M. Matsuura : Effects of Defects and Impurities on Electronic Properties in  $\text{CoSb}_3$ . Pro. XVI th int. Conf. Thermoelectronics. (in press)
- 4) H. Kurisu, T. Shimura, S. Yamamoto, M. Matsuura. : Uniaxial Stress Effects of Exciton Spectra in  $\text{PbI}_2$  thin Film and  $\text{PbI}_2/\text{CdI}_2$  Superlattices ; High Pressure Sci. and Tech. Vol.7 ( in Press)
- 5) S. Yamamoto, N. Kanamaru, T. Nakamura, H. Kurisu, M. Matsuura, T. Doi, K. Tamari:  $\text{Co-}\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{NiO}$  Perpendicular Magnetic Recording Media , Journal of The Magnetism Society of Japan, Vol.21, No.S2, pp.51-56 (1997) [Invited paper].
- 6) S. Yamamoto, K. Sato, T. Nakamura, H. Kurisu, M. Matsuura, S. Hirono, Y. Maeda : Recording Characteristics of Co-Cr Perpendicular Magnetic Recording Media Prepared by ECR Sputtering, Journal of The Magnetism Society of Japan, Vol.21, No.S2, pp.229-232 (1997) .
- 7) S. Yamamoto, T. Hayashi, H. Kurisu, M. Matsuura : Preparation of Co-Cr films using Inductively - Coupled - plasma Assisted Magnetron Sputtering, The 7<sup>th</sup> Joint MMM-INTERMAG conference, GT-02 (1997) .
- 8) T. Doi, K. Tamari, T. Andou, S. Yamamoto, H. Kurisu, M. Matsuura, : Preparation and R/W Characteristics of  $\text{Co-}\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{NiO}$ ; Longitudinal Magnetic Recording Media, Journal of The Magnetism Society of Japan, Vol.21, No.S2, pp.57-60 (1997) .

#### グループメンバー

氏名	所属	職 (学年)
松浦 満	工・機能材料	教授
山本 節夫	工・機能材料	助教授
栗巢 普揮	工・機能材料	助手
赤井 光治	工・機能材料	非常勤研究員
大城 和宣	工・機能材料	D 2
鄭 端生	工・機能材料	D 1
石川 充	工・機能材料	M 2
中村 健治	工・機能材料	M 2
中村 哲也	工・機能材料	M 2
林 利彦	工・機能材料	M 2
金丸 展大	工・機能材料	M 1
山時 照章	工・機能材料	M 1
千々松 孝	工・機能材料	M 1

#### 連絡先

TEL & FAX : 0836-35-9956

E-mail : matsuura@po.cc.yamaguchi-u.ac.jp