



フェライト研究を探る

第3回 東工大における

現在のフェライト研究

フェライトは、東工大が世界に先駆けて物性などの本格的な研究を始め、その特徴が明らかになるに従い世界の注目を集めた物質である。今日では、磁気記録媒体やビデオデッキのヘッドなど幅広い用途を持ち、

日常生活には欠かせない物質となっている。そこで今回は総まとめとして、東工大で現在もフェライトについて研究を続けているいくつかの研究室を訪ね、そこで行われている研究内容やこれからのフェライトの展

望などを伺った。今回は、直江研究室（電子物理工学科）、玉浦研究室（化学科）、阿部研究室（電子物理工学科）、山崎研究室（総合理工学研究科電子化学専攻）を訪れた。



直江 正彦 教授

直江研究室では、おもにフェライトの物性を研究している。その中でも、独自のスパッタ法によるフェライト材料の薄膜化は世界的に有名である。

スパッタ法とは、ターゲット（薄膜化させたい物質）に Ar イオンを衝突させることによってはじき出されたターゲット原子を、基板に付着させ薄膜を作製する技術である。この原理を別の話で表現すると、杭が打ちめぐらされている池で、人が池に石を投げている。そのために、水がはねてその杭を濡らしているとしたとき、この話での池をターゲットに、石を Ar イオンに、杭を基板に置き換えてみれば、これがちょうどスパッタ法の仕組みなのである。

この方法の特長としては、他の方法より成膜原子の持つエネルギーが大きいことが挙げられる（ $\sim 10\text{eV}$ ）。このため、原子が基板に付着してからも運動をするので、最も安定な位置、すなわち構造的に安定な膜が、強く付着するのである（参考までに挙げると、蒸着法で得られた成膜原子のエネルギーは、大きくても 0.1

eV 程度である）。さらに、あらゆる材料を薄膜化することが可能なので、多くの研究室で利用されている。

しかし、通常のスパッタ法では、成膜速度が遅く、プラズマ内で生成される負イオンや γ 電子などが薄膜に衝突して薄膜を不均一にするデメリットがある。とりわけフェライトのような酸化物の薄膜化では、酸化物中の酸素の一部が O^{2-} となって、衝突する物質が増えてしまうのである。これらの衝突をなくすようにしたのが、この研究室で開発された対向ターゲット式スパッタ法と呼ばれる方法である。この方法では、従来のスパッタ法より成膜速度が速くなるばかりでなく、成膜面がプラズマにさらされないことから負イオンなどの衝突を受けずに良質な膜ができるという利点がある。

直江研では、この方式で得られたフェライト薄膜を磁気記録媒体に応用している。最近では、Ba フェライトを薄膜化して、垂直磁気記録媒体を開発し、より高効率・高性能の記録媒体製作に力を注いでいる。

また、最近始めたテーマに酸化物

人工格子の研究がある。これは、ある物質の原子を数個ずつ基板に向けて飛ばし付着させるという技術で、通常存在しない化合物でも原子を交互に飛ばすことによって、新化合物

として作ることができる可能性を秘めている。ここでは、主に他の酸化物材料とフェライトを積層化して、新しいミリ波・光波領域のデバイス材料をつくる研究をしている。



玉浦 裕 助教授

“人間の文明はどうあるべきか、何が人類の幸せか…”これが玉浦研究室の基本精神だそう。この研究室では、以前からフェライトを使った廃液処理の研究をテーマとしているが、最近では酸素欠陥マグネタイトを用いた地球環境保全技術の研究にも取り組んでいる。

300℃でマグネタイト (Fe_3O_4) に H_2 を流入すると、マグネタイト内の O^{2-} が抜けて酸素欠陥マグネタイトができる。この酸素欠陥マグネタイトに CO_2 を通すと、マグネタイト粒子の周りに炭素原子が付着した新生成物 $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{C}_x$ ができる。この生成物に H_2 や空気を吹き込むと、マグネタイトに付着していたCが反応して

それぞれ CH_4 (600℃)、 CO (300 ~ 400℃) が生成される。この反応で、 $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{C}_x$ はマグネタイトに戻すことができ、再利用可能となる。

これらの反応は、地球の温室効果の原因となっている CO_2 を排ガス中から除去することに利用できる可能性が高い反応サイクルをもち、かつそれほど高い温度にする必要もないので、注目すべき研究といえよう。この他にも $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{C}_x$ を用いた様々な反応が考えられるので、今後の研究の成果が大いに期待される。(例として、400℃の状態では H_2O を流入し H_2 ができることが分かっている。これより、 H_2 を反応サイクル内である程度まかなうことができる。)

阿部研究室では、主にフェライトを用いた次世代における光磁気ディスク媒体を研究している。

光磁気ディスクとは、媒体のカー回転を利用したものであるが、現在用いられているアモルファス希土類遷移金属膜 (a-RT膜) は、耐食性が低く、カー回転角が小さい。そこで阿部研では、これらの欠点をなくするために磁気光学効果のある酸化物材料、Bi置換ガーネットフェライトの利用を考えた。ところがガーネットフェライトは多結晶質として形成されるので、光磁気再生の時にノイズを発生してしまう。この欠点を回避することが、この研究室の現在の研究課題となっている。

また、阿部研究室は1963年に、玉浦研究室とともに“フェライトメッキ法”を開発した。この方法は、水溶液中でOH基、COOH基などが表面にある基板を鉄(II)イオンとその他の金属イオンを含む溶液に浸す。

その後、空気や亜硝酸などによって鉄を3価のイオンにして、基板の上にフェライト層を生成させるというものである。通常の方法では、薄膜を作製するのに高温にしなければならないので、プラスチックのような熱に弱い基板にはできない。しかし“フェライトメッキ法”では水溶液中で薄膜を作るので、このような基板にでも薄膜が作れるのだ。

このメッキ法は、プラスチックの微小球にメッキしてトナーとして用いたり、GaAs半導体などに付着させて、アイソレータやサーキュレータなどのデバイスへ応用されたり、いろいろな分野において実用化されている。

この他にも、磁場中でガーネットフェライトに光を通すと、磁気光学効果より磁場の強さによって通過する光の量が変わることを利用して、電流磁界センサーの開発に力を注いでいる。



阿部 正紀 教授

○カー回転

磁界をかけることによって、物質の偏光面が回転する現象。この物質に光を入射すると、反射光の偏光特性が変化する。



山崎 陽太郎 助教授

山崎研究室はフェライトを発明した武井先生の流れをくむ研究室で、古い先輩の中には武井先生のもとでフェライトの開発に携わった人達もいるとのことである。ここでは、以前は録音テープ用の磁性材料について研究していた。しかし、このテーマは「新しい分野の研究をする」という大学の研究の主旨には適していないとして、現在では阿部研究室と同様に、まだわからないことが多い磁気光学材料を研究している。

酸化物であるフェライトは金属磁性体よりも光をよく通すので、光と磁気が相互作用する新しい物質が見つかる可能性が高い。このようなことから、山崎研究室ではこれを利用した表示装置も考えている。一般にフェライトは、赤外光をよく通すが可視光では吸収が大きいので、これを減らすことがこの研究の当面の課題だそうだ。このために、人工格子や多層膜の技術が取り入れられて、

直江研究室と同様に、この研究室でも自然界には存在しない新しいフェライトが合成されている。

また、山崎研究室では電子顕微鏡を使ってフェライトの構造を調べている。これまでの材料開発は、条件をいろいろと変えて試料を作って、より特性のよいものを探す試行錯誤法が主流であった。しかし、構造を見ることができれば、作製条件→構造変化→特性変化という予測可能な道すじができるので、材料開発の効率化をはかることができる。

現在では、磁気記録媒体などの薄膜の断面構造を見る技術を開拓している。これは、イオンエッチングのようなソフトな切削法を使って、結晶組織を壊さないように電子顕微鏡試料を作る技術である。これによって、不明瞭だったフェライトの構造が明らかにされつつあり、より優れた磁性材料の開発が期待される。

フェライトは、最初にも述べたように東工大で開発そして研究された物質である。1970年以降約5年ごとに開かれた国際フェライト会議は、フェライトに関するその後の技術などに大きく影響を与えるばかりでなく、「東工大」という名前を世界に広める役割も果たしたのである。

そして来年の1992年には、第六回国際フェライト会議が、10/29から

11/2の4日間、東京と京都で行われることとなっている。先日、その組織委員会の会議が百年記念館の、文字通りフェライト会議室において行われたが、組織委員の大半が東工大の関係者であった。これは、東工大がフェライト研究発祥の地であることをよく示しているものと思われる。

3回にわたり東工大におけるフェライト研究史を中心に掲載してきた「フェライト研究を探る」は、今回で終わりである。

エジソンの言葉に「発明は、99%の汗と1%のひらめきである」というのがある。これは、フェライト研究についても同じことがいえると思

う。また、もし武井氏らがフェライトの磁性について疑問を持ったりしなければ、今日のフェライト研究はもっと遅れたか、あるいは行われていなかったであろう。さらには、科学技術もこれほど進歩しなかったのではないだろうか。

これからもあらゆる物事について

の研究、開発が続けられていくと思うが、常に科学技術の進歩だけを考えるのではなく、「人間が本当に求めていること」「人間とその他の生物の共存」などを念頭に置きながら行ってほしいものである。

(小野沢)