

페라이트의 개발동향

*권 오 흥

관동대학교 정보통신공학과교수

Development of Ferrites

*Oh-Heung Kwon

Dept. of Electronic & Telecommunication Engineering Graduate School Kwandong University

요 약

다케이 세미나는 일본의 기업가 및 학자들로만 구성되어 산화철 및 페라이트분야에 대해 발표 및 허심탄회하게 토의하는 세미나로서 각 기업체간은 상호기술교류 차원에서 많은 참가가 이루어지고 있다. 다케이 세미나의 처음 시작은 다케이 선생의 발상으로 소화 45년(1970년)봄에 제 1 회 페라이트 하계 세미나 발기인회(회장 다케이 선생, 호시노, 가라자와, 나카무라, 스기모토, 기무라, 오카모토)가 발족되어 매년 7월 3째 주 금, 토요일에 페라이트 하계 세미나가 개최되었으며 지금 현재 제 22 회를 성황리에 마치고 앞으로도 활발한 연구 활동이 계속 이루어질 것이다. 1930년경 일본의 가토와 다케이가 페라이트에 대한 연구를 독자적으로 수행하여 현재의 페라이트는 기존의 금속 재료에 비하여 전기적 비저항이 훨씬 크기 때문에 우리가 사용하는 전기 제품의 곳곳에 사용되어 지고 있다. 예로 스위칭 전원에 사용되는 트랜스 core, TV와 모니터에 사용되는 편향 core, 로터리 core, 토로이드 core, E·U core, Flyback core 등이 사용되고 있다.

주제어 : 트랜스 core, 편향 core, 로터리 core, 트로이드 core, Flyback core

1. 서 론

스기모토 미치오(가토 과학진흥회 회장)선생의 말씀 중에서 볼 것 같으면 다케이 세미나는 아래와 같이 시작되었습니다.

다케이 세미나의 처음 시작은 다음과 같은 순서에 의한다.

다케이 선생의 발상으로 소화 45년(1970년)봄에 페라이트 하계 세미나 발기인회(회장 다케이 선생, 호시노, 가라자와, 나카무라, 스기모토, 기무라, 오카모토)가 발족되어 같은 해 6월 24일부터 27일까지 가토 과학진흥회 가루이자와 세미나 센터(호텔 뉴 호시노 근처)에서 제 1 회 페라이트 하계 세미나가 개최되었다. 약 50명의 페라이트 연구자가 참가하여 참가자 전원이 현재 실시 중인 연구내용, 혹은 흥미를 유발시키는 사항 등에 관하여 자유롭게 발표하였다. 옥외에서 잡목림 사이로

쏟아지는 태양아래 세미나는 매우 상쾌한 것이었다.

다케이 선생을 비롯한 참가자 전원이 이와 같이 즐거운 세미나를 더욱 많은 페라이트 연구자를 불러들였고, 다음해부터는 분체분말치금협회가 주최하여 응용물리학회, 전기화학협회, 전자통신학회(현재의 전자정보 통신학회), 일본전자재료협회가 협찬하여, 매회 약 10명의 강사를 초청, 하계 세미나를 개최하게 되었다.

제 2 회(소화46년)부터 제 5 회(소화49년)까지는 가루이자와의 호텔 뉴 호시노에서 개최하였다.

처음에는 참가자가 평균 130명 정도였으나, 점차 감소하여 70명 정도가 되었고, 제 6 회를 분향학사회관에서, 제 7 회를 하코네 강리 호텔에서 제 8 회를 하치오지의 대학 세미나 하우스에서 각각 개최하였다. 그러나 참가자는 점차 감소하는 경향으로 그 원인이 참가비 등이 비싼 이유인 것으로 드러났다. 즉, 주최를 학회에 의뢰할 경우 아무래도 참가비, 간담회비가 평균적으로 비쌌기 때문이었다.

여기서 다케이 선생은 다음과 같은 기발한 구상을 세

* 2002년 7월 15일 접수, 2002년 8월 20일 수리

* E-mail: koh@kwandong.ac.kr

왔다.

즉, 다케이 세미나회라는 임의 단체를 만들어 그 안에 운영위원회(위원장 다케이 선생)를 세우고, 이 위원회가 입안과 실행을 담당하는 계획이었다. 또 참가자가 부담하는 참가비와 간담회비를 가능한 한 싸게 하고 적자는 다케이 선생으로부터의 기부금으로 충당하는 것이다.

소화 56년(1981년) 7월 16일과 17일에 가루이자와의 호텔 뉴 호시노에서 제 1 회 다케이 세미나(제 7 회의 페라이트 하계 세미나에 해당)를 개최하였다. 참가자가 130명을 넘어 대성황으로 다시 부활하였다. 그 이후 다케이 세미나는 매회 성황을 지속하여 현재 제 21 회를 무사하게 치렀다.

제 7 회부터 회의장을 가토 과학진흥회 가루이자와 연수소로 이동, 오늘에 이르렀다. 제 7 회부터 돌아가시기 전까지 다케이 선생의 매회 약 40분의 연설을 보면 「일문백로」 「이상현상에 주목하라」 「보이는 정보와 보이지 않는 정보에 착안하라」 「후회 없는 인생을 향해」 「재풍지요」 「좋은 꿈을 많이 보고 그 현실에 노력할 것」 등 우리들에게 깊은 감명을 주는 말들을 많이 남겼다.

다케이 세미나는 일본의 기업가 및 학자들로만 구성되어 산화철 및 페라이트분야에 대해 발표 및 허심탄회하게 토의하는 세미나로서 각 기업체간은 상호기술교류 차원에서 많은 참가가 이루어지고 있다.

2. 다케이 세미나의 최근 동향

2.1. 제 16 회 다케이 세미나 동향

2.1.1. 저손실 Mn-Zn파워 페라이트

전자기기에 꼭 필요한 스위칭전원은 대부분의 전자기기에 탑재되어 점점 생산량이 증가하는 추세이다. 휴대전화 등의 보급에 따라 전자부품은 더욱 소형화, 박형화, 절전력화가 요구된다. 스위칭전원의 심장부라 할 수 있는 파워 페라이트도 예외 없이 자기특성의 향상이 요구된다. 전자기기 가운데 큰 비중을 차지하는 전원부는 스위칭 주파수를 높이므로 소형화를 실현하였다.

그러나 가격이 높아 고주파수로 작동되는 전원의 보급율은 낮다. 현재 보급중인 전원의 스위칭 주파수는 100~200 kHz이다. 이 가운데, 100 kHz에서 사용되는 페라이트코어의 전력손실을 더욱 낮추는 것을 목적으로 여러 가지 검토를 하고 있다.

그 결과 SnO₂를 치환하는 것이 전력손실의 유효함을 확인하였다.

본 장에서는 SnO₂치환의 전자기 특성 및 미세구조에 미치는 영향에 관해 보고한다.

2.1.2. 최근의 건재용 전파흡수체

정보통신기기등의 고주파화, 디지털화, 무선화에 의해 우리 주변에는 여러 가지 전파(신호 및 노이즈)가 난무한다. 이러한 경향은 앞으로 더욱 증대될 것이다.

한편, 세계적인 경향으로 생태학적 사고의 시대를 맞아 환경문제 의식이 높아지고 있는데 전자환경문제도 그 중 하나이다.

노이즈문제는 이것에 의한 기기의 오작동을 시작으로 노이즈규제는 당초 EMI(전자방해)규제를 중심으로 진행되어 왔으나, 현재는 노이즈에 관한 내성(이뮤니티)을 포함하는 EMC(전자양립성)규제로 바뀌고 있다.

기기의 오작동은 안전상의 문제와 직결될 뿐만 아니라 직접 전자파의 인체에 미치는 영향도 적지않다.

또 전자기기로부터의 비의도적 전파의 발생에 의해, 정보누설의 문제도 발생한다.

이제부터는 전파(전자환경)와 기계(전자기기)와 생물(사람)과 지구의 공존이라는 종합적 사고를 갖지 않으면 안 된다고 생각한다.

2.1.3. 교환 스프링 자석의 원리와 응용

영구자석은 고도로 기계화된 근대사회를 이루는 중요한 기능자성재료로써 그 기능으로는 정자기에너지를 모아 정자계를 공급하는 역할을 한다. 자석재료의 성능을 나타내는 가장 중요한 지표는 최대자기에너지 적(BH)_{max}이다. 자기 히스테리시스곡선이 포화자화 J_s에 마찬가지로 잔류자속밀도를 가지며, 히스테리시스가 장방향으로, 고유보자력 HCJ가 J_s/2μ₀보다 큰 이상 자석의 (BH)_{max}는 J_s²/4μ₀로 얻어지므로 초 고성능의 영구자석을 실현하기 위해서는 J_s의 큰 물질을 기본으로 할 필요가 있다.

금세기에 있어 자석재료의 비약적인 성능 향상은 J_s가 크면서 커다란 결정자기 이방성을 가진 희토류 화합물 발견의 결과이다. 그 정점은 사가와과 Croat에 의해 각각 독자적으로 발견된 Nd₂Fe₁₄B가 있다. 이 화합물의 J_s는 실온에서 1.60T로, 이상자석의 (BH)_{max}는 509 KJ/m³(64MGOe)이다. Nd₂Fe₁₄B의 발견이후 전세계에서 신화합물의 탐색이 계속되어 몇가지 물질이 발견되었으나 1.6T를 넘는 JS를 가진 물질은 찾지 못하였다. 자석재료의 역사는 제조공정의 개선에 의해(BH)_{max}가 위의 이상수치에 점차 접근하는 것으로 끝나야 할 것인가?

차세대자석 브레이크슬의 한가지 가능성으로 방위를

갖춘 하드자성 상박막으로 JS의 카다란 소프트자성상박막을 좁은 이방성교환 결합막이 1기가 J/m^3 에 이르는 $(BH)_{max}$ 를 얻을 수 있다는 지적이 Skomski와 Coey에 의해, 나노컴포지트 자석의 연구가 활성화되고 있다. 이보다 조금전에 Kneller와 Hawig은 하드자성상과 소프트자성상과 Iryghksruf합 나노 컴포지트 자성체가 자석 재료로 가능하다는 것을 밝히고 히스테리시스 곡선상에서 자계의 증상과 함께 자화가 가역적으로 증감하는 특이한 거동을 논의하였다.⁴⁾ 그들은 이 거동에서 교환 스프링자석(Exchange-Spring-Magnet)이라는 이름을 이 종류의 물질에 붙여 주었다.

본 장에서는 교환 스프링자석의 원리와 물질설계의 사고 방법을 설명하고, 실례로서 연구실에서 얻어진 등방성 스프링자석을 중심으로 지금까지의 각종 재료의 자기특성에 관해 보고하고 응용가능성에 관해 고찰한다.

2.1.4. RIP(Rubber Isostatic Pressing)의 자석 및 소결부품의 응용

Nd-Fe-B계, Sm-Co계, 페라이트계 이방성 소결자석 및 이방성 본드자석은 분말법으로 제작된다. 이들의 연구자석은 원료분말을 자체배향성형하여 압분체를 얻고 그 압분체를 소결, 또는 경화처리하여 얻어진다. 종래의 급형에 의한 자체배향성형법으로는 가압이 확실하므로 성형시에 분말의 배향이 흐트러지는 문제점이 있다. 우리가 개발한 RIP(Rubber Isostatic Pressing)법으로는 고무형의 탄성변형을 이용하여 고무형내의 분말을 정수압적으로 압축한다.

분말을 정수압적으로 압축하면 성형시 분말입자의 배향이 흐트러지지 않는다.

이 때문에 RIP법에 의해 고배향의 압분체를 얻을 수가 있다. 고배향의 압분체를 소결 또는 경화처리하여 높은 잔류자화 높은 최대 에너지적을 가진 소결자석 및 본드자석이 얻어진다.

RIP법의 원리는 매우 간단하지만 이것을 공업적으로 실시 가능케 하기 위해서는 많은 어려움이 있다. 문제 해결을 위한 많은 개발연구가 필요하다.

우리는 이러한 문제를 극복하고 RIP법에 의한 영구자석의 제조를 공업기술로 실용 가능한 수준으로 끌어올렸다.

RIP법은 자석분말뿐만 아니라 다른 보통의 분말에 있어서도 네트웨이브 분말 성형기술이 유망하다. 여기서는 RIP법에 의한 자석분말의 자체배향성형법의 현상을 소개하고, 또 RIP법의 네트웨이브 분말성형법으로서의 가능성에 대해 논의한다.

2.1.5. 이동체 통신용 고주파 필터의 소형화 기술

셀룰러 방식 이동체 통신 시스템의 마켓이 세계적으로 보급, 확대되는 가운데 단말기 및 기지국의 소형화 요구는 한층 높아졌다. 고주파회로 디바이스는 그들 장치를 소형화하기 위한 중요 기술과제로 연구되어 왔다. 크기를 좌우하는 디바이스의 대부분은 수동회로 컴포넌트로 가장 효과적인 수단은 마이크로파 유전체 공진기 재료의 이용이다. 이들 재료를 이용하여 단말용으로 소형화된 유전체 모노블럭필터 그리고 기지국용으로 멀티모드유전체 공진기필터가 실용되고 있다.

실용되고 있는 5개의 마이크로파 유전체 세라믹스를 중심으로 필터의 소형화 기술에 역점을 두었다.

이동체통신 시스템의 가입자수는 급속히 증가하고 있다. 필터 및 발진기에 이용되는 유전체 공진기는 이들의 마이크로파 통신시스템에 있어서 반드시 필요한 컴포넌트가 되었다. 이는 마이크로파 컴포넌트의 크기를 삭감시키는 유전체 공진기의 능력에 의한 것이다. 유전체가 있으면 전파수의 파장은 자유공간에서의 파장의 $1/\sqrt{k}$ 로 단축시킨다. 유전체 공진기에 필요한 특성은 높은 유전율(k), 높은 Q값 및 공진주파수의 온도계수(If)가 0이어야 한다.

1970년대 이후, $Ba_2Ti_9O_{20}$, $MgTiO_3-CaTiO_3$, $(ZrSn)TiO_4$, $BaO-Nd_2O_3-TiO_2$, $Ba(ZnTa)O_3-Ba(ZnNb)O_3$, $Ba(ZrZnTa)O_3$ 및 $Ba(MgTa)O_3$ 을 포함한 몇 개의 재료가 마이크로파용으로 개발되어 왔다. 이렇게 20에서 90까지의 K값을 가진 마이크로파 재료가 지금 손쉽게 이용되고 있다.

재료의 개발과 함께 새로운 기술과 설계가 개발되어 유전체 필터로 응용된다. 유전체공진기발진기는 1980년대에 유전체공진의 새로운 응용이 되었다.

이 논문에서는 다섯가지 기초적재료의 유전특성과 이동체 통신 시스템용의 실제적 응용으로 셀룰러 방식 휴대전화 장치용 단말과 기지국에서 이용되는 대표적 유전체 필터의 소형화 기술의 주변을 서술하였다.

2.1.6 페로브스카이트형 Mn산화물의 자기저항효과

동산화물 고온초전도체의 발견을 계기로 3d환이금속을 함유한 페로브스카이트형 산화물 및 그 유연체물질이 보여준 다채로운 물성이 현대적인 물성과학의 시점에서 개선되고 있으며, 현재 연구가 활발히 진행중에 있다. 이들 물질의 대부분은 전자상관효과에 기인하는 절연체(Mott 절연체)이나 이른바 “캐리어드 핑”을 시행하면, 절연체-금속전이(1-M전이)를 일으켜 간신히 금속적인 상태가 나타나는 것이다. 이때, 캐리어의 동일 원자

사이즈에서의 크론 반발력이 매우 크기(8~10 eV정도, 이른바 강상관계) 때문에 상향스핀과 하향스핀의 부정합이 일어나지 않고 부분 스핀발생을 일으키는 경우가 많다.

이 때문에 필연적으로 이미 알려진 「자성」과 「전기전도현상」 등이 복잡하게 연결된다. 전자재료로 보면 종래의 반도체에 있어서 갖가지 기능은 캐리어 전이의 자유도만을 이용하나 강상관전자계재료는 캐리어 전이와 스핀의 자유도 외에 몇 가지의 기능 발휘에 이용될 수 있는 가능성이 있다.

본 장에서 서술한 페로브스카이트형 Mn산화물 RE_{1-x}AE_xMnO₃(RE는 La, Pr, Nd등 3가지의 희토류 이온, AE는 Ca, Sr, Ba, Pb등 2가 이온)에 있어서 뛰어난 특징의 하나는 RE이온을 AE이온으로 일부(X)치환하여 캐리어드핑을 행하면 절연체-금속전이를 일으켜 더욱 강자성 금속상이 나타난다. 이 현상은 Mn³⁺와 Mn⁴⁺이온 사이에 활동하는 이중교환 상호작용(double-exchange interaction)에 기인하는 것으로 오래 전부터 알려져 왔다. 이물질이 주목받는 첫째 요인은 실온 정도의 강자성 전이온도 T_c부근에서 일어나 거대한 음의 자기저항효과(Giant Magnetoresistance, 최근에는 자성다층막 및 자성금속 그래놀러 막과 구별하여, Colossal Magnetoresistance, CMR로 부르기도 한다.)가 발견되어 어떤 경우에는 저항율의 변화가 10자리를 훨씬 넘는 자장유기 절연체-금속전이(차라리 이것을 CMR이라 하는 것이 좋다)가 발견되기까지 현재 및 고온초전도 발견 이래의 최고의 상태가 되고 있다. 물론 때 맞춰 자성금속 다층막을 사용한 MR소자 개발 가운데 새로운 후보로 기대하는 것은 두말 할 필요도 없다.

또, 이것의 두 번째 특징은 각종(RE, AE)의 조합에 따라 캐리어의 트랜스파, 즉 전자밴드폭과 캐리어 농도라는 2가지의 파라미터를 적당히 자유롭게 하는 한편 정밀하게 제어시키는 것이다.

그 결과, 종래에 알려지지 않았던 다양한 물성이 있었음이 밝혀졌다.

그중 하나가 먼저 알려진 자장유기절연체-금속전이로서 이 현상에는 도프된 캐리어의 정렬현상(Change ordering Phenomena)이 중요한 역할을 하는 것으로 밝혀졌다. 이외에도 조성의 정밀제어에 의해 고온능면체정과 저온 시방정이라는 두 가지 결정 구조 사이를 일정온도로 자장에 의해 스위칭(자장유기구조상전이)가능한 것도 발견되었다.

본 장에서는 주로 RE_{1-x}AE_xMnO₃계에 있어서 전자

밴드폭과 캐리어-농도에 관한 물성변화의 Systematics에 대하여 서술하고 이외에 CMR의 기원에 관해 설명한다.

2.2. 제 17 회 다케이 세미나 동향

2.2.1. 니켈초미분의 개발과 특징

최근 기능성재료 및 복합재료등의 신소재개발이 급속히 진행되고 있는 가운데, 물질을 미세화함에 따라 새로운 물성을 가진 재료를 개발하려고 하는 움직임이 활발하다.

초미분의 크기에 있어서는 각종정의가 나와 있으나 분체를 공업적으로 다루는 입장에서는 일반적으로 1 μm이하의 입자가 된다.

급속 초미분의 제조법으로는 기계적 분쇄법에 의한 Break-down Process와 분자 및 이온으로부터 합성하는 Build-up Process가 있다. 전자는 금속의 경우 전연성 때문에 서브미크론입자의 효율적인 제조는 곤란하다. 후자는 생성조건에의 컨트롤에 의해 서브미크론 입자 제조가 용이하다. Build-up Process에는 기상법과 액상법이 있으며 기상법으로는 증발, 응축에 의한 물리적인 방법과 화학반응에 의한 화학적 방법이 있다. 화학적방법의 하나인 기상화학반응법(CVD법)으로는 이산화티탄, 실리콘 등의 세라믹스 초미분이 공업화되어 고품질로 대량 생산을 위한 공정으로 급속초미분으로서의 응용이 기대된다.

한편, 급속초미분의 용도중 하나로는 급속히 소형화가 진행되는 전자부품의 배선재료, 전극재료의 분야이다. 특히 전층 세라믹스콘덴서에서는 단순한 소형화에만 그치지 않고 대용량화, 고신뢰성화, 저가화를 위하여 종래의 귀금속 Pd대신에 비금속 Ni를 내부전극으로 이용하기 위한 개발이 진행되고 있다.

이러한 관점에서 당사는 CVD법에 의한 급속초미분의 연구개발에 착수 Ni초미분의 양산화기술을 개발하여 공업화하였다. 당사의 Ni초미분은 구상, 고결정성으로 분산성, 충전성, 소결성이 좋기 때문에 전극층의 고밀도·박층화가 가능하며, 적층 세라믹 콘덴서의 소형·대용량화에 공헌하고 있다.

본 장에서는 CVD법에 의한 Ni초미분의 제조, 특징 및 적층 세라믹콘덴서 내부전극으로서의 응용에 관해 설명한다.

2.2.2. 한국 산화철 페라이트 업계의 동향과 문제점

한국의 산화철 이용은 태평양전쟁 종료후의 1947년에 일신종합화학(구·동일화학)이 처음으로 철광석을 분쇄하여 산화철안료를 제조한 이후, 1968년에는 일본티

탄과의 기술제휴에 의한 한국티타늄이 창립됨에 따라 인천공장에서 발생하는 황산철을 원료로하는 건식으로 산화철의 제조가 시작되어 1973년에는 일본 모리시타 벤가라와의 기술제휴로 습식산화철의 제조가 이루어져 현재 한국 내에서 페인트등의 안료로서 유통되고 있다. 또 1987년 비디오, 오디오용 테이프 제조사인 SMC(새한미디아사, 삼성그룹)은 자사의 주력원료인 기록용 자성산화철을 일본의 사카이화학과의 기술제휴로 한국 티타늄공업에서 발생하는 황산철 원료로 생산하고 있으며 이외에도 삼덕화학등의 안료기업도 탄생하였다.

한편, 1962년에 설립된 연합철강이 황산에 의한 동판의 산 세척을 개시하여 현재는 염산에 의한 산세척으로 전환하여 산회수설비를 이동중에 있다.

또, 1962년에 설립된 동부제강(구·일신제강)도 초기에는 산세척동판을 도입하여 도금동판을 제조하였다. 한국내에서 산회수설비에 의한 산화철의 생산은 1972년에 동부제강, 1977년에 포스코(포항제철), 그리고 1978년에는 연합철강이 이동을 시작하였다.

초기의 산화철은, 유리렌즈의 연마제, 고무용기의 안료, 적연등의 안료, 보도블럭의 안료등에 사용된다.

이와 같이 산화철이 한국의 제철소에서 발생한 시기에 한국에서도 페라이트 사업이 드디어 시작되었다. 다시 말하면 1976년에 태평양금속(구·한국페라이트와 합병), 1979년에 삼화전자공업 등에서 페라이트의 생산이 시작되었으나 원료인 산화철은 전부 일본에서 수입되었다. 따라서 1980년대 중반까지는 제철소에서 발생한 산화철의 일부는 저급안료 및 하드페라이트용으로 사용되었으나 그 대부분은 매립용으로 회수되었다.

1987년에 POSCO(포항제철)의 자회사인 거양상사와 삼화기업이 50대 50의 비율로 합병한 삼양산업을 설립하여 산화철을 소프트페라이트용 원료로서 활용할 수 있게 되었다.

이 삼양산업은 1990년에 들어서 페라이트업계의 호경기 여파를 타고 급성장을 계속하여 현재로는 산화철 품질보증을 위하여 POSCO의 산회수설비 직접운전, 정비함에 따라 품질의 향상과 개선에 최선을 다하고 있다.

한국의 페라이트 사업은 초기에 하드페라이트는 태평양금속, 소프트 페라이트는 삼화전자 공업의 독점체제였으나 1980년대 후반의 전자산업호황으로 인해 다른 기업이 페라이트 업계에 참가하는 등 경쟁체제에 돌입하였다.

그리고, 1990년대 중반부터 불어닥친 불황과 함께 공급과잉과 저가경쟁 중국제품의 유입등에 의해 하드 페라

이트업계는 1995년경부터 가동율이 급격히 감소하는 경향을 보이고 소프트페라이트업계도 1998년 이후의 전망은 그리 밝지 않은 것이 현실이다.

2.2.3. 환경문제에 대처한 페라이트재료

페라이트는 1930년 발명 이후 여러 가지 전자기기에 이용되어 왔다. 그리고 60년 이상이 지난 지금에도 TV, VTR은 물론이고 발빠른 성장을 하고 있는 휴대전화기 및 퍼스널 컴퓨터에도 이용되는 등 현대문명에 있어 필수 불가결한 재료가 되었다.

일본에 있어 생산량은 재질 및 제품의 크기에 상관없이 계산하면 연간 약 100억개에 가까우며 생산중량으로는 연간 약 30000톤이 된다. 이 중량을 생산하기 위해서는 대량의 원료가 필요하다는 것은 두 말할 필요도 없다. 때문에, 페라이트업계의 동향으로는 리사이클만 원료를 적극적으로 사용하는 방향으로 전개되고 있다. 페라이트원료로서 사용가능하며 리사이클양이 풍부한 원소로 망간을 들 수 있다. 망간은 1차전지의 망간건전지 및 알카리 망간 건전지로 사용되며 이산화망간으로 약 1/4의 중량을 차지하고 있다.

1차 전지는 민생용도로 많이 사용되며 전자기기의 발전에 따라 그 생산량은 비약적으로 증가하였다.

현재 이산화망간의 사용량은 연간 약 27000톤이다. 사용 후에는 일반가정에서 '쓰레기'로 배출되어 각 시·도에서 처리되었으나 1983년경부터 그에 함유된 수은이 자연환경을 오염시키는 것으로 알려졌다. 1985년 후생성생활환경심의회적정처리 전문위원회에서 심의, 답신을 받아, 1986년 사)전국도시청소회의안에 "폐건전지 광역회수·처리협의회"가 조직되었다. 분리수거 된 건전지는 수은 함유폐기물 처리를 일본국내에서 유일하게 할 수 있는 노무라 홍산(주) 이도무카 광업소로 운반되어 적절한 처리 및 처분이 시작되었다.

수은의 제거, 회수에서 시작된 전지의 분리수거도 전지제조회사의 기술문제에 의해 대부분의 제품은 "수은 함유량0"이 되었다.

당초의 목적이었던 무해처리를 거의 달성한 현재에는 대량의 폐건전지를 재자원화 하는 것이 중요시되고 있다.

본 장에서는 폐전지를 재자원화하여 페라이트의 원료로 이용하는 방법에 관하여 밝힌다.

2.2.4. 페라이트의 손실성분에 대하여

다량의 전자기기의 고성능화에 따라 전자부품의 요구 조건도 많이 까다로워 졌다.

특히 소형화에 따른 부품의 고밀도 장치의 신장으로 전자부품에 있어 발생하는 열이 매우 높다. Mn-Zn페라

이트는 트랜스, 초코일로서 대부분의 전자기에 사용되고 스위칭전원에 있어서는 반도체소자와 함께 큰 발열의 원인이 되기도 한다. 때문에, 페라이트의 코아로스저감은 앞으로도 중요한 기술과제가 되리라고 생각된다.

Mn-Zn 페라이트의 코아로스Pb는 히스테리시스 손실 Ph, 와전류손실 Pe 및 잔류손실 Pr에서 얻어진다. 이들 손실 성분중에서 잔류손실은 그 발생기구가 잘 알려지지 않았다. 때문에, 코아로스의 저감은 주로 결정조직의 균일화에 의한 히스테리시스손실의 저감과 전기저항을 크게함에 따른 와전류손실의 저감등에 의해 검토되고 있다.

한편, 우리들은 코아로스 Pb에서 히스테리시스손실을 뺀 코아로스성분의 전기저항 의존성으로부터 와전류손실과 잔류손실이 실험치에서 얻어지는 것을 발견하였다.

이 해석법의 이용으로 잔류손실의 전자조건에 의한 us화를 얻고 그 발생기구를 명확히 하는 것을 시도하였다. 또, 이 해석법을 Ni-Zn페라이트에 응용하여 같은 해석을 시도하였다.

본 장에서는 코아로스 저감에 필요한 코아로스성분의 해석법과 코아로스성분의 발생 기초에 대하여 보고한다.

2.2.5. 고밀도 자기기록의 과제와 장래

자기기록기술은 오늘날 고도 정보화 사회에 있어서 꼭 필요한 기술의 하나로 그 산업규모는 반도체 규모에 필적하며 기술적으로도 반도체와 상부상조한다.

자기기록 : 기록매체, 헤드, Head Media Interface (HMI)기술, 신호처리기술, 헤드위치 결정메카제어기술 등 많은 복합기술, 구별매체와 헤드중요시 하는 기록면 밀도는 10년새 약 10배(연율 약 30%)나 증가 그 위에 하드디스크장치에서는 CoCr기/Cr 하지박막매체, 박막기록헤드/MR독출시 헤드, PRML(Partial Response Maximum Likelihood)신호처리 방식등이 투입되어 최근 몇 년간 기록면 밀도는 연율60%(이 상태라면 10년 후엔 100배)의 비율로 증가하고 있다.

제품 개발 수준에서는 2 Gbit/in² 넘는 것이 나타나고 있다.

연구수준으로는 Spinvalve GMR헤드를 이용하여 5 Gbit/inch²의 가능성도 실증되고 있다.

2.3. 제 18 회 다케이 세미나 동향

2.3.1. 전기자동차용 파워 페라이트

인간은 스스로 목적지로 이동하거나 물건을 운반하는 수단으로 여러 가지 교통수단을 참조하여 왔다. 그 기원은 동물 및 자연의 힘을 동력으로 이용한 기원전으로

거슬러 올라간다. 그 후, 동력은 동물에서 기계로 변천하여 현재에는 거의가 기계에 의존한다.

현재 각양각색의 교통수단이 존재하나 그 중에서도 자동차는 현대문명에서 필수가 되었다.

마차의 동력이 기계로 바뀌고 인류 최초의 자동차는 1769년에 프랑스인 큐노오에 의해 알려졌다. 당시의 동력은 현재와 같은 내연식의 가솔린 엔진이 아닌 증기의 팽창력을 이용한 외연식 증기 엔진이었다. 그러나 증기 기관의 이용이 높아짐에 따라 보일러의 폭발사고가 계속되어 전세계에서 사망자만 10000명, 부상자 약 17000명의 비참한 희생자가 있었다. 또, 보일러의 규모가 커서 시동시 시간이 걸리며 코크스등의 매연을 노상에 뿌리는 등의 결점이 있어 보다 안전하고 콤팩트한 규모의 엔진 개발이 요구되어 왔다.

현재와 같은 4사이클 가솔린엔진의 원형은 1876년에 독일인 오토에 의해 개발되었다. 당시의 가솔린 기화 방식은 표면증발식이어서 가화기가 크고 비효율적이었다.

기화기를 표면증발식에서 분무식으로 하는 등, 현재와 같은 엔진의 구성은 1893년에 독일인 다이무라에 의해 개발되었다. 그 후, 가솔린엔진은 고효율화, 고효율화, 소형화, 경량화를 목표로 눈부신 발전을 거듭하여 현재까지 이르렀다.

그러나, 배기가스중의 CO₂에 의한 지구온난화 및 NO에 의한 산성비 또 화석연료의 고갈등 지구환경에 미치는 영향이 큰 현재에 있어서는 내연기관 대신 새로운 동력의 출현이 절실히 요구된다. 여기서 내연기관의 대체수단으로는 전기자동차가 주목받고 있다.

전기자동차의 역사는 가솔린 자동차의 역사보다 깊어 1873년에 영국인의 테빗슨에 의해 시작되었다. 당시는 가솔린차와 비교하여 성능이 뛰어났으므로 일시적으로 보급되었으나 1회 충전시 주행거리가 짧은 단점이 개선되지 못한채 1920년대에는 소멸하였다. 그리고 20세기말에 환경에 뛰어나 탑승물로 다시 각광받기 시작하였다.

본 장에서는 현대의 자동차로 사용되고 있는 차체전장부품에 관해 소개한다. 또 앞으로 보급을 향상이 기대되는 전기자동차 및 하이브리트카로 사용되는 충전기 및 DC-DC컨버터용 파워 페라이트에 관해 서술한다.

2.3.2. 전자석 금속을 이용한 고주파 노이즈 흡수체 (최근의 EMC 대책방향)

휴대전화 및 PHS의 급속한 보급으로 전자파의 관심이 높아지고 생태계를 포함한 적합성여부도 활발히 논의되고 있다. 노이즈에 대한 법적규제도 한층 더 엄해

지고 있다.

한편, 전자기기의 고속작동화, 소형·경량화도 순조롭게 발전하는 가운데 전자파 장애의 문제는 보다 심각한 국면을 맞고 있다. 기술혁신이 뛰어난 퍼스널 컴퓨터를 예로 들면 CPU의 클럭주파수는 이미 400 MHz에 이르고 메모리버스 100 MHz의 시대를 맞이하고 있다.

따라서 고주파복사를 고려하면 전자파대책에 필요한 주파수는 GHz의 오다가 되어 종래의 집중점수적인 방식에 의한 대책으로는 문제의 해결이 곤란하게 된다.

즉, 전자회로의 선로에 관해 전송신호 및 그 스프리어스 성분의 파장을 무시할 수 없는 고주파 영역에서는 전자 디바이스 사이를 연결하는 선로가 분포정수회로로 전기적 의미를 가져오는 것과 동시에 각 디바이스 및 선로의 접합부분에 있어서 인피던스의 부정합이 발생, 그 결과 선로가 공진하여 불요복사가 발생한다. 이처럼 분포정수회로를 방사원으로 하려는 불요복사를 억제하기 위해서는 고주파손실의 커다란 자성체를 선로 부근에 설치하거나 복사된 전자파를 방사원 부근에서 흡수시키는 것이 유효한 수단이라 할 수 있다.

우리가 편평상의 연자성금속을 포리마 속에 배향·배열시킨 복합자성시드를 개발, 그 자기손실을 이용한 고주파 전자기기의 노이즈 대책을 제창, 유효성을 확인하였다.

그러나 전자환경을 다루는 분야에서는, 파장에 대하여 충분한 길이를 가진 자유공간이 소개하는 원방계에 있어서 물체표면에 반사되는 전자파의 반사계수 S가 특정 주파수영역에서 $S \leq -20\text{dB}$ 가 되는 물체를 「전파흡수체」로 부르는 것이 일반적이다.

넓은 의미로는 입사한 전자에너지의 일부가 내부에서 열로 소비되는 재료 또는 구조체로서 정의된다. 즉, i) 물체내에 전자에너지의 일부가 흡수될 때, 또 ii) 물체 내부에 흡수된 전자에너지의 일부가 열에너지로 변환되어 소비(열복사)될 때가 흡수체로서 필요한 조건이 된다. 실제 분포정수선로에서의 불요복사 대책과 같은 고주파에서의 노이즈대책을 고려하면 자기손실을 이용하여 불요복사의 원인이 되는 고주파전류를 억제하는 방법이 유효한 대책이 되므로 좁은 의미의 「전파흡수체」의 조건 즉, 전자파를 원방계에서 반사없이 흡수하기 위한 조건에도 불구하고 전자에너지의 흡수현상을 넓게 해석한 후의 재료에 대한 이해가 노이즈 대책의 선택지를 넓히는 것이 된다.

따라서, 여기에선 비교적 큰 자기손실항을 가진 금속 자성체를 「흡수체」로 취급한다.

2.3.3. 강자성터널 접합의 자기저항효과

강자성 터널 접합에 있어서, 실온에서 커다란 자기저항 변화율이 보고된 이후 터널 자기저항효과(Tunnel magnetoresistive effect, 줄여서 TMR 효과)에 관한 연구가 실험, 이론의 양면에서 활발히 진행되고 있다. 이것은 TMR현상이 물리적으로 매력이 있는 것이기도 하면서 재생자기헤드, 메모리, 회전센서등과의 응용에서 기대하는 바가 크다는 이유이다. 그러나 물리적으로도 실용적으로도 해결되지 못한 문제가 있어 연구를 더욱 발전시키기 위해서는 현상의 이해와 문제점의 정리가 중요하다.

TMR효과는 양자역학적인 효과로 이론적 연구가 발전에 있어 필수 불가결하다.

실제로 실험적연구와 같은 정도 내지 그 이상의 이론적 연구성과가 보고되어 실험연구를 하는 본인으로서 매우 도움이 된다. 그러나, 이론계산은 계산기의 발달에 의해 많은 것이 가능해졌다고 하나 그 모델은 단순화된 모델로 실험결과와의 비교에 있어서는 충분한 주의와 논의가 필요하다고 생각된다. 한편 실험적으로는 이론적 고찰에 견줄만한 데이터를 얻는 것과 과정의 검토가 지금 이상으로 필요하다.

왜냐하면, 박막제작기술 및 미세가공기술이 이제까지 가장 발전적인 반도체 분야에서도 전자의 특징적인 길이의 규모는 약 10나노미터인데 비하여 자성체의 경우는 교환 상호작용이 전자 원자수준에서 일어나는 것에 더해 터널 접합연구에 있어서는 나노미터 오다의 균일한 절연층의 제작등 한 단위가 미세한 기계에서의 연구가 필요하다. 또, TMR효과를 디바이스에 이용할 경우, 접합의 미세화는 불가피하고 최근 몇 년의 자성체 미세화 연구의 중요성이 인식되어 왔으나 미세화 공정의 연구는 반도체에 비하면 아직 뒤쳐지고 있다고 할 수 있다.

본 장에서는 우선, TMR효과의 원리에 대하여 간단히 설명하고 문제점을 정리한다.

2.3.4. Co- γ Fe₂O₃박막자기기록 매체의 제작과 기록재 생특성

멀티미디어로 대표되는 고도정보화사회를 지탱하는 각종컴퓨터에는 대량의 정보를 고속으로 콤팩트하게 축적하기 위한 외부기억장치가 반드시 필요하다.

그 가운데에도 주로 이용되는 하드 디스크장치(HDD)에 있어서는 현재의 기록밀도가 연평균 60% 향상되어 대용량화가 실현되었다. 이에 더해 호출시간의 단축화, 데이터 전송속도의 향상, 메가바이트단위의 저하도 발

전하여 앞으로 보급될 디지털 영상을 움직이는 장치의 유력 후보로도 거론되고 있다.

현재 시판되는 HDD에는 Co-Cr 합금계 금속박막을 자성층으로 하는 하드디스크(HD)가 이용되며 기록에는 장수 기록방식이 쓰여지고 있다.

매체의 고밀도화를 위해서는 자성층의 1비트당 단위체적을 작게 할 필요가 있으며 시판 HDD에 사용되는 장수자기기록매체에는 저노이즈화와 함께 자성막의 고보자력화가 요구된다. 또, 헤드와 자성층간의 거리(자기적 공간)는 작을수록 고밀도화에 유리하므로 저부상량 헤드의 개발과 함께 매체보호층의 박막화도 진행되고 있다. 이에 비해 매체에는 내식성(부식에 견디는 힘)의 향상 및 헤드접촉시에 손상이 일어나지 않는 내구성의 향상이 요구된다. 게다가 앞으로는 기록방식의 변경도 필요하다고 생각된다. 현재 시판되고 있는 HDD의 최고 밀도는 4.1 Gbit/inch²로, 이것이 10 Gbit/inch² 이상이 되면 장수기록 매체에서는 물리적으로(열적자기완화)에 의해 데이터가 사라지는 현상이 생기는 문제점이 있다.

이 문제를 해결하는 방법으로는 수직기록방식이 제창되고 있으며 사용되는 수직자기기록 매체의 개발도 Co-Cr계 자성막을 중심으로 실용화를 향한 연구가 진행되고 있다. 이 매체에도 뛰어난 고밀도 기록특성과 함께 저 노이즈화와 고보자화가 요구되고 있다.

2.3.5. Nd-Fe-B계 소결자석의 고성능화

1982년에 사가와박사 등에 의해 발명된 Nd-Fe-B계 소결자석은 지금은 전자기기제품의 발전에 필수 불가결한 요소로 21세기를 이끌어갈 최첨단 기술을 지탱하는 기능성재료로서 주목받으며 비약적인 성장을 거듭하고 있다.

아르니코, 페라이트 및 희토류 자석으로 크게 나는 통계자료에 의하면 아르니코 → 페라이트 → 자석 → 희토류자석으로 재료전환의 역사가 일목요연해졌다. 1970년대 후반의 Co가격의 폭등이 페라이트 자석 전성기의 도래를 가속시키는 결과를 낳았다.

그러나, 1980년대에 들어서면 경량화, 고기능화, 컴퓨터화의 요구에 부응하여 Nd-Fe-B계 자석이 양산화 되면서 희토류자석의 수요가 확대되고, 1993년에는 희토류자석이 제 1위의 자리를 차지하였다.

1997년 일본내에서 Nd-Fe-B계 소결자석의 전생간량은 전년도 대비 약 33%증가된 3,200톤에 이른다고 한다. 주용도는 컴퓨터의 하드디스크 드라이브(HDD)의 구동장치(VCM)로 고속화, 고용량화에 크게 공헌한다. 또, 자기의료진단장치(MRI)용도로도 쓰이며, 최근개발된 오픈건트

리타입이 각광받고 있다. 이들 용도에서는 균일하고 강력한 자계의 공급원으로 높은 포화 자속밀도를 가진 자석이 요구되며, 360 KJ/m³이상의 고성능 자석이 쓰이고 있다. 또 소형, 경량 및 고성능, 절전력의 향상과 함께 CD-ROM, DVD, 디지털비디오카메라 및 휴대전화, 스피커, 마이크로 폰 등 여러 가지 신제품의 응용이 개발되고 있다.

한편, 최근의 경향으로 소형, 고성능 모터용으로서의 Nd-Fe-B계 소결자석의 응용이 급증되고 있다. 1993년 경부터 모터용으로서의 응용이 가속화되어 서브모터를 시작으로 최근에는 고층빌딩의 엘리베이터용등, 새로운 용도로의 전개가 계속되고 있다. 이것은 자석의 내열성, 내식성(부식에 견디는 성질)등, PM모터 장착시 요구되는 제반 특성이 대폭 개선되어 가격면에서도 Nd화에 의한 성능이 커졌음을 나타낸다.

즉, 모터의 고효율화를 목표로, 절전력, 절에너지의 개념을 실현하기 위해서는 고내열 Nd-Fe-B계 소결자석의 응용이 필수불가결 하다.

특히 자석의 형상으로도 생산성이 뛰어난 구형상을 사용하는 IPM형 모터가 개발됨에 따라 앞으로 각종모터용에서의 Nd-Fe-B계 소결자석의 활약이 기대된다.

2.3.6. Sm-Fe-N계 본드자석의 개발

일본내에서 1997년 희토류본드 자석생산량은 중량으로 945t, 금액으로 184억엔으로 자기 전년대비 107%의 신장율을 나타내었다. 이 대부분은 Magnequench International 사가 공급하는 동방성의 NdFeB계 자석분(이하 MQP)를 사용한 압축성형본드 자석이다.

이 자석은 80 KJ/m³를 넘는 최대에너지를 가진 하드디스크드라이브 및 CD-ROM 드라이브의 스핀들모터 등에 이용되고 있다. 한편 Sm₂TM₁₇(여기서 TM은 Co, Fe, Cu, Zr 등)계의 자석분은 이방성의 고성능압축성분 본드 자석으로 만들어지고 있으나 고가의 Co를 포함하기 때문에 수요의 증가는 기대하기 어렵다.

SmFeN계 자석분(이하 SFN분) 및 HDDR법에 의하여 제작되는 이방성의 NdFeB자석분(이하 HDDR분)이 차세대 고성능 본드 자석용 재료로 발명되어 실용화를 위한 개발이 진행되고 있다. 모두 다 자석분 수준으로는 종래의 재료를 능가하는 높은 자기특성을 가진다. Sm₂Fe₁₇N₃는 이마이와 이레야마 및 Coey와 Sun에 의하여 발견된 새로운 화합물로 포화자화, 일축자기이방성, 쿼리온도등이 Nd₂Fe₁₄B와 비교하여 그 이상의 성능을 갖는다. 특히 이방성이 크기 때문에 SFN분은 수μm로 미분쇄 되어 큰 보자력을 얻으므로 사출성형본드

자석용 재료로서 적당하다. 또 MQP 및 HDDR분과 비교하여 입경이 현격히 작으므로 표면성이 좋은 특성이 있다.

스미토모금속광산에서는 환원확산법을 이용하여 최대 에너지적이 36~84 KJ/m³의 SmCo₅계 사출성형본드 자석 및 컴파운드(상품명 Wellmax-P)를 제조판매하였다.

여기서 컴파운드란, 자석분과 수지바인더의 혼합물로, 사출성형기에 투입하는 페레트형의 원료이다. SFN 사출성형본드 자석은 질화공정이 새로워지긴 했으나 기본적으로 종래의 SmCo₅계 자석과 거의 같은 공정으로 제조된다. 고가의 Co를 포함하지 않아 저가화가 기대되므로, Wellmax-P의 후속재료로서 개발이 계속되고 있다.

본 장에서는, 환원확산법을 이용하여 제작한 실용적인 SFN본드 자석의 특성에 관해서 설명한다.

2.4. 제 19 회 다케이 세미나 동향

2.4.1. 저손실 Mg-Zn계 페라이트

1930년경에 발견된 페라이트는 일본전자공업발전에 커다란 공헌을 하였다. 지금도 고속 컴퓨터 및 이동통신기기의 눈부신 발전에 따라 전자부품으로서의 페라이트는 불가결한 소재가 되었다. 현재 제조되고 있는 스피널형 페라이트는 Mn-Zn계, Ni-Zn계, Mg-Zn계의 3가지재질로 크게 나눌 수 있다.

이들 페라이트의 선택은 얻어지는 전자기 특성, 사용되는 주파수 영역, 형상, 가격 등으로 결정된다.

포화 자속밀도 및 투자율이 높은 Mn-Zn페라이트는 트랜스, 초크코일 등으로 다량의 전자기기에 사용된다. 전기저항이 높고 조성의 구성에 따라 인피던스를 쉽게 설계 할 수 있는 Ni-Cu-Zn페라이트는 각종 인덕터, 소형트랜스로서 표면 실장용 전자부품에 이용된다. 종합평가에서(기계에 대한) 뛰어난 Mn-Mg-Zn페라이트는 주로 편향 요크용 페라이트 코어 재료로서 다량 생산되고 있다.

Mg계 페라이트가 전자재료로서 실용화된 것은 마이크로파용 부품이 처음으로, 편향 요크용 페라이트 재료로서 적용된 것은 1975년경이다.

그 뒤 다른 페라이트재료와 같이 구동시 발열을 억제하기 때문에 자기손실의 저감이 중요한 문제가 되어 검토되고 있다. 특히 최근에 고품위 TV 및 고정세도 디스플레이용으로 화상의 정세도를 높이기 위해서 수평편향주파수를 높이려는 움직임이 일고 있다. 편향 요크용 페라이트 코어에는 고주파수 영역에 있어서도 코아로스

가 낮은 재료가 절실히 요구되고 있다.

본 장에서는, Mg-Zn계 페라이트의 고성능화를 피하기 위하여 조성, 미량성분, 프로세스 등의 각종검토를 행하고 미세구조가 Mg-Zn계 페라이트의 코아로스에 미치는 영향에 관해서 조사보고 한다.

2.4.2. 페라이트 제품개발에서의 시뮬레이션 기술.

시뮬레이션 기술은 제품의 다품종화, 다양화가 진행되는 과정에서 개발, 설계기간의 단축에 효과적인 수단이라고 할 수 있다.

또, 시뮬레이션은 기체의 흐름과 같이 눈으로 보이지 않는 현상을 가시화하여 원인 규명과 개선을 가능하게 한다.

본 장에서는, 페라이트 제품개발과 관련하여 인덕터 및 트랜스, 전파흡수체, 페라이트 소성로의 시뮬레이션 기술의 적용예를 소개한다.

2.4.3. 콤비나토리얼 케미스트리(combinatorial chemistry)의 재료과학으로의 응용

현대문명을 초래한 고도 정보화사회로의 전환을 가속화한 원동력인 전자기술은 진공관에서 고체소자, 개별소자에서 IC로의 브레이크스루를 가져온 반도체 공정기술의 진보를 배경으로 하고 있다. 연구개발의 선두에서는 VLSI 집적화의 극한을 추구하는 한편, 나노레벨의 에피타크셜 박막형성과 초미세 가공기술에 의한 반도체를 기초로 하는 인공초구조를 형성하여 양자효과를 시작으로 하는 신기능 디바이스 형성에 커다란 노력을 기울이고 있다.

주재료는 실리콘으로 화합물 반도체가 도움이 되고 있다. 세라믹스도 근년에는 센서등의 기능소재의 재료(파인 세라믹스)로서 주목받아 왔으나, 그 대부분은 다결정 프로세스를 기초로 만들어져 개별소자로서 보조적으로 사용되었다.

1986년 고온 초전도체의 발견은 세라믹스에 반도체 및 금속을 능가하는 기능이 있었음이 밝혀져, 그 후로도 페로브스카이트를 중심으로 한 산화물에 새로운 물성의 발견이 계속되어 GaN을 포함한 세라믹스재료의 개발연구가 활발화 되고 있다. 그러나 세라믹스와 같이 애초의 반도체보다 훨씬 다양각색의 물질에 있어서 조성 및 결정구조를 제어하여 “신물성을 조직적이며 효율적으로 탐색한다”는 것이 가능할 것인가? 고품질의 단결정 및 에피타크셜 박막성장, 원자레벨로 제어하여 구성한 인공격자 기술의 개발은 가능할 것인가? 이것이 가능하게 되면 어떤 효과를 기대할 수 있을까? 라는 의문이 새긴다.

여기에서 우선 세라믹스를 대표하는 산화물을 예로 그 구조와 기능에 관해서 개관하고 위의 의문에 호응하는 신기술로 주목받는 콤비나트리얼 케미스트리에 의한 재료개발과 이를 고도의 박막 프로세스와 융합한 세라믹스연구의 새로운 전개에 관해 소개한다.

2.4.4. M형 페라이트에 의한 GHz대 전자파흡수에 관하여

GHz대역의 전자파 이용이 진척되고 있다. 자동차, 이동전화(1.5 GHz), PHS(1.9 GHz), 이리듐 위성 휴대전화(1.6 GHz~2.5 GHz), 전자 렌지(2.45 GHz), 무선 LAN(2.5, 5.0, 19.0, 60 GHz), 선박레이더(9.4 GHz), 위성방송(11.7~12.0 GHz)가 그 예이다.

그 외에, 국제전기통신연합에서는 고속, 고품질의 차세대 이동 통신 시스템(IMT-2000)에서 2 GHz으로 230 MHz 폭을 할당하고 있다. 고속도로에 있어서 자동 과금 시스템(5.8 GHz), 추돌방지 레이더(76 GHz)등도 계획되어 GHz대역의 주파수 할당이 이어지고 있다.

이 같은 상황에서 보면 앞으로 GHz대역 전자파의 이용이 더욱 확대 될 것으로 생각된다. 정보통신기기의 신호로서 이용되는 전자파에는 전자파 장애가 따른다. 이전의 TV방송 고스트 장애, 휴대전화에 의한 의료기기의 오작동이 보고되고 있다. 전자파가 정보신호로서 공간을 이동하면 수신기기로서는 정보신호가 있어도 다른 기기에서는 방해전파가 된다. 특히 최근의 디지털회로가 진척되고 있는 전자 기기는 아날로그 기기보다도 방해전파수에 의해 오작동을 받기 쉽다.

컴퓨터의 클럭주파수는 500 MHz까지 이르러 발생하는 고주파 노이즈는 GHz대역까지 다다른다. 휴대전화에 의한 인체에의 영향에 관해 문제도 제기되고 있다. 이들 문제 해결의 하나는 불요전자파를 흡수하는 전자파흡수체의 이용이다. 흡수체에는 도체, 유전체, 자성체가 이용되나, 자성체의 경우 박형(얇은형)으로 광역의 전자파흡수체를 설계할 수가 있다.

본 장에서는, 영구자석의 바륨페라이트를 기본화 함으로서 GHz대역 전자파 흡수체를 개발한 경위를 소개한다.

2.4.5. 전압트랜스를 이용한 냉음극관용 인버터

고압 세라믹스를 트랜스로 이용한 냉음극관용 인버터에 관해 소개한다.

전자트랜스와는 전혀 다른 원리로 에너지전달을 하는 고압트랜스는 트랜스 자체의 에너지 밀도가 높은 점, 박형화가 쉬운 점등의 이유로 주목이 집중되어 인버터로서의 상품화가 폭넓어지는 한편 AC아답터, DC/DC콘

버터로의 적용도 검토되고 있다.

전압트랜스 자체의 역사는 오래되어 1956년의 C. A. 로젠의 발표를 처음으로 시작되었다. 초기의 전압트랜스는 TV의 후라이백 트랜스용으로 실용화 검토가 되었으나 대전력으로의 대응이 어려워 신뢰성의 무제로 채용되지 못했다. 최근에 들어 압전재료 및 제조공정의 개선에 의해 신뢰성은 대폭 향상되어 제어회로 구동회로의 연구 등도 더불어 소형박형의 고전압전원이 실용화되고 있다.

특히, 전압트랜스의 부하특성이 냉음극관의 인버터에서 요구되는 특성에 적합하여, 액정 디스플레이 박형고효율화의 요구에 따르는 소형 고전압전원으로서 주목받고 있다.

여기서는 고압트랜스의 원리, 구조, 각종특성 및 구동회로를 포함한 냉음극관용의 인버터에 관해 기술한다.

2.4.6. 초고밀도 광 자기기록

최근 자기디스크의 대용량화와 가격의 저하가 급속화되어 퍼스널 컴퓨터에 있어서도 대형컴퓨터에만 있을 법한 대용량의 것들이 사용되는 것은 당연시되고 있다.

한편 광기록에 있어서도 해독전용의 CD가 시장화된 이후 5인치 MO에 이어, 3.5인치MO, 오디오용의 MD와 광자기 기록장치가 시장화 되었다.

CD를 포함한 우리 나라의 광정보기록산업의 크기는 1997년도에 약1조 7천 5백억엔 정도의 규모로 그 중 광자기기록은 장치 및 모체를 포함하여 2천 1백억엔 정도의 규모 였으나 자기 디스크와 비교하여 한 단위 작으며 앞으로도 거듭된 진척이 기대된다.

그 사이 미국에서는 ZIP, JAZZ를 시작으로 다량의 매우 저가의 자기 디스크 제품이 시판되어 광디스크의 이점인 리무버빌리티를 자기디스크에 도입하는 전략으로 진행되어 왔다. 이에 더해 광 아시스트 자기 디스크라고도 하는 고체 이마존렌즈(SIL)를 이용한 광자기디스크가 자기디스크를 넘어 초고밀도를 달성하려고 한다.

이에 반해 반도체 레이저를 사용한 광자기디스크의 프로토타입을 세계에 앞장서서 발표한 이래 광자기디스크를 연구, 제품화의 양면으로 리드해온 우리나라에서는 광자기디스크의 제품화와 함께 차세대의 기술에 있어서의 연구도 활성화되고 있다.

본 장에서는 자기와 빛의 쌍방의 장점을 도입, 광자기 기록의 장래 기술의 일부를 해설하려고 시도해 보았다.

2.5. 제 20 회 다케이 세미나 동향

2.5.1. 고성능 페라이트 자석의 개발과 응용

페라이트 자석은 현재 중량토대로 가장 많이 쓰이는 자석재료이다.

총 자석 재료에 대한 페라이트 자석의 생산 중량비율은 1980년경부터 90% 이상을 점유(최고 95%정도) 국내에서는 감소 경향을 보이고 있는 월드와이드에선 앞으로도 꾸준한 성장이 예상된다. 이것은 다른 자석재료와 비교하여 가격 경쟁력이 뛰어나기 때문이며 그 위에 「녹슬지 않음. 분해하지 않음」이라는 화학적 안정성과 함께 자기적인 안정성이 높다는 장점이 실용재료로서 강한 지지를 얻고 있기 때문이다.

페라이트 자석이 저가 생산이 가능한 이유는, 첫째 40년 이상된(산화에 있어 여러 선배님들)역사적 노력이라고 생각되나 객관적으로는 원료비와 생산비가 모두 낮기 때문이라 할 수 있다. 즉, 주원료(약 85wt%)인 산화철은 자원적으로 풍부한 철광석이면서 또 제철소의 바이프로 제품으로서도 공급된다. 게다가 공정은 모두 대기중에서 분쇄 및 소성이 가능한 세라믹 공정이므로 회토류 자석계의 재료와 비교하여 매우 유리하다.

자석의 참피온 특성이라는 면에서는 커다란 산소이온 틈에 철이온이 배워하는 페라이트 자석은 자속밀도에 한계가 있어 금속계 재료로는 미치지 못한다.

그러나 실용재료로서의 가격적 장점을 유지하면서 페라이트 자석의 특성(부가가치)를 더욱 높이려는 노력은 계속되고 있다.

본 장에서는, 최근의 고성능 페라이트 자석의 개발동향을 밝힌다.

2.5.2. PM형 스텝핑모터의 현상과 그 동향

스텝핑형 모터는 전기펄스 신호를 기계적 단속의 스텝 동작으로 변환하는 장치로 그 적용분야는 OA, AV, 카메라, 가전, 자동차, 산업기기등 폭넓게 사용되고 있다. 그 시장은 2000년 약 5억대로 예측되며, 그 가운데 PM형 스텝핑 모터(출력축에 리드스크류 설계한 것을 포함)는 OA 관련기기의 수요에 부응하여 약 4억 대의 생산 예정으로 스텝핑 모터의 대명사로 불러 질만 하다.

본 장에서는 PM형 스텝핑모터의 주 용도에 있어서의 현상과 그 동향에 관하여 당사제품을 토대로 소개한다.

2.5.3. 최근의 자성류체 연구의 동향

기능성을 가진 유전체로서 특히 자장의 작용하에 특이한 기능성을 발휘하는 유체로서 자성유체가 개발되어 많은 관심을 집중시킨 것은 1960년에 일본에서 제 4회 자성류체국제회의가 개최되는 한편 자성류체 국제 운영 위원회가 결성된 것을 계기로 국제적으로도 조직적 규모의 연구 활동이 활발화되고 있다. 최근의 자성류체 연

구의 동향으로는 고성능 자성류체의 개발이 진척됨에 따라 그 물성의 측정, 그리고 종래의 자성류체에서는 현실 불가능 이었던 새로운 응용면의 개발 연구가 진행될 수 있게 되었다. 또 미립자의 극미한 형태와 그 거동을 중심으로 연구 및 자장 작용하의 입자의 응집 형태를 해명하려고 하는 실험도 이루어지고 있다.

더욱이 큰 자기력을 얻기 위해 입자경이 큰 자성입자를 이용한 MR 서스펜션(Magneto-rheological Suspension)의 유동특성의 해명과 응용면 개발의 연구도 활발화되고 있다. 본 장에서는 이들 새로운 자성류체 연구 가운데 유체 공학적 관점에서 연구성과를 중심으로 최근의 연구 동향을 기술하였다.

2.5.4. 강유전체 메모리의 현상과 장래

휴대용 통신 정보기기의 발전과 함께 전원을 꺼도 기억내용이 지워지지 않는 불휘발성 메모리에 관한 수요가 높아지고 있다. 강유전체 메모리는 이 수요를 만족시키는 한편 정보의 기입 속도가 DRAM과 같은 정도로 빠르고 계산기의 머신 사이클 안에서도 실행되며, 기입 전력이 작은 특징들을 가지고 있다. 때문에, 근년 FeRAM에 관한 연구 개발이 활발하며, 256K 비트 이하의 소규모의 것은 비접촉의 IC 카드용 및 게임 기기용으로 이미 생산이 시작되었다.

강유전체 메모리셀의 구성법으로는, 강유전체 캐패시터와 셀 선택용의 MOSFET를 조합시키는 방법(캐패시터형)과 게이트 절연막이 강유전체로부터 만들어지는 트랜지스터를 이용하는 방법(트랜지스터형)이 제안되었다. 현재 실용화단계에 있는 것은 캐패시터형(현재는 동작에 여유를 주기 위해 2개조를 차등적으로 이용한다)으로, 이구성은 프레이트션이라 불리는 기입용 배선을 제외하고 본질적으로 DRAM과 동일하다. 끼워 넣는 동작은 와이드선을 이용하여 셀을 선택한후 비트선과 프레이트션 사이에 전압을 인가하여 강유전체 캐패시터를 상향이나 하향으로 분극시킨다. 또 독출할 때에는 일정 방향의 파르스 전압을 더하여 강유전체막의 분극이 반전되었는가 여부를 전류에 의해 판정한다.

따라서, 독출 동작 후에는 분극 방향이 전부 일치하므로 데이터를 다시 써넣을 필요가 있다.

한편, 트랜지스터형에 나타난 구성에서는 강유전체 캐패시터 대신에 강유전체 게이트 FET를 이용하고 있다. 이 FET는 게이트 전압에 커다란 전압을 더하여 강유전체막의 분극 방향을 다시 써넣으면, 분극 방향이 드레인 전류의 차이도 검출되기 때문에 이 형식의 메모리는 비파괴 독출 동작이 가능하다.

또 기입, 독출, 동작을 연구하여 비선택셀에서의 영향이 작아지면 그림에 나타난 셀 선택용의 FET를 생략하여 1비트를 하나의 강유도체 게이트 FET 만으로 구성될 가능성도 있다. 그러나 이 구성은 필요한 강유전체 게이트 FET는 강유전체와 반도체와의 양호한 경계를 이루는 것이 매우 어려우므로 아직 실용화 단계에는 미치지 못한다.

본 장에서도 이 양자의 형식에 관한 현상을 개관하고 앞으로의 동향을 고찰한다.

2.5.5. 적층형 칩 페라이트 부품의 기술 동향

근대의 전자기기는 눈부신 발전을 거듭하고 있다. 최근 20년의 전자기기의 발전은 퍼스날화로 시작하여 아날로그 회로에서 디지털회로의 변화, 퍼스널컴퓨터의 급속한 고특성화, 유선 및 무선을 이용한 각종전자기기의 디지털 네트워킹화, 휴대전화를 중심으로한 정보통신 기술의 발달 등 막힘없이 발전을 거듭해 왔다. 특히 PC 및 휴대전화등의 고도 전지 기기는 해마다 고기능화되어 급속한 보급이 계속 늘고 있다. 따라서 북미지역은 각 미디어가 연중가을을 나타내고 있으며 라디오 및 TV의 보급에 비해 인터넷의 보급은 4,5년 사이 5천만을 넘어 디지털 정보사회의 급성장을 나타내고 있다. 이 인터넷의 보급에 따라 PC의 생산대수는 매년 10%의 증가율을 타내며, 2000년의 예상 생산대수는 1억 2천만대/년(세계)로 가정된다. 또 휴대전화 계약 수는 경이적인 증가를 나타내며 국내에서는 마침내 고정전화 계약자수를 뺀 5700만대를 넘어서 2002년의 생산대수는 5~8억대/년(세계)로 예상된다. 이 디지털정보기기와 같은 급성장시장에서는 기관에 직접장착된 칩소자가 전자부품시장의 중심이 되어 고밀도장치의 실현을 위하여 초소형화, 고기능화, 다기능화가 강하게 요구된다.

또, 아날로그회로에서 디지털 회로로 이동한 90년대에는 전자기기 내부에서 시행착오의 전자파노이즈대책이 시행된 기간이기도 했다. 전자기기의 핵심부분인 반도체의 고성능화 및 고속화, 그리고 실제장치되는 부품군의 고밀도 장치 및 배선 패턴의 파인화에 의해 설계시에는 예상하지 못했던 문제가 발생한다.

예를 들어, 전자부품간에 전자기간섭이 생긴다든지 고주파 때문에 배선이 안테나가 되어 전자파 장애가 발생, 전자기기의 오작동 및 특성저하, 인체에의 영향등 '전자파노이즈문제'가 전자기기의 발전의 이면에 크게 작용하고 있다.

이들 전자기기의 동향에 관해 1980년에 등장한 적층형 칩페라이트부품의 칩인덕터는 소형화가 가속적으로

발전, 현재에는 1005형상(1.0 mm×0.5 mm)에서 회로중의 노이즈 대책부품으로서 널리 이용되고 있다.

본 장에서는, 적층형 칩페라이트 부품에 있어서 고성능화를 위한 재료기술 및 최근의 기술동향을 소개한다.

2.5.6. 고밀도 시드형 증착 테이프

1970년대부터 연구되어온 증착형 자기 테이프는 마이크로화 세트용 및 8 m 비디오용으로 상품화되어 왔으나 저급상품으로 머물러있었다.

1995년 9월에 상품화된 DV방식 가정용 디지털 VCR은 증착형 자기테이프를 이용하여 이미 일본국내에서는 가정용 무비의 주류로 해외에서도 급속히 보급되고 있다. DV용 증착형 자기테이프는 체적기록밀도·실용신뢰성·가격 등 뛰어난 특성을 갖추고 있다.¹⁾ DV용 증착테이프의 공업화에 의해 증착형 자기테이프의 뛰어난 특성을 이용한 컴퓨터용 데이터 스트레이지기도 증가하고 있다. 제2세대의 DV용 증착테이프로서, 시드형 증착 테이프를 실용화하였기에 보고한다.

2.5.7. 고밀도 자기기록의 현상과 장래전망

밀레니엄 시대를 맞아 IT(정보기술)이 사회를 변화하려 하고 있다.

그 기초가 되는 정보 네트워크 인프라에서는 정보 스트레이지 기술의 중요성이 증대하고 있다. 지금까지도 자기기록은 오디오/비디오기억 혹은 컴퓨터 외부기억 장치로서 넓게 정보 스트레이지를 맡아왔다. 그 가운데에도 자기디스크 장치(HDD)는 급속히 기록 밀도를 향상시켜 대용량화를 실현하고 있다. 이 때문에 비디오정보의 프라이머리 기억을 HDD로, 라고 하는 디지털 가전 비즈니스가 급속히 확산되고 있다.

본 장에서는, HDD를 중심으로 최근의 고밀도 자기기록기술의 진전과 장래를 전망해본다.

2.6. 제 21 회 다케이 세미나 동향

2.6.1. 초대형 페라이트코어의 제조방법

21세기의 지구환경을 지키기 위한, 환경 친화적 자동차의 하나인 전기 자동차가 각 자동차 회사에서 활발하게 연구, 개발되고 있다.

전기자동차의 충전방식인 비접촉식은 접촉식의 트랜스를 1차쪽과 2차쪽의 중간에서 분할한 코네크차가 사용되고, 회로 구성으로는 고주파 스위칭 방식(100~370 kHz)을 채용한다. 그리고 이 주파수 영역에서 사용하는 재료로는 주로 Mn-Zn계의 페라이트 코어가 사용된다.

여기에 이용되는 페라이트 코어의 요구특성으로는, 충전시의 발열을 막기 위해 저손실 재료일 것과 입력시의

대전류에 대응하기 위해 고평화 자속밀도의 재료일 필요가 있다. 우리는 이것에 적당한 Mn-Zn 페라이트 재료로 6H40 재를 개발하여 세계 최대의 비접촉 급속 충전용 페라이트 코어를 개발하였다.

본 연구에서는 새로 설계된 초대형 페라이트 코어의 실험실 레벨에서의 성형성을 확립, 자기특성을 향상시키기 위해, 금형의 형상 및 그 기초에 주목하여, 성형시에 필요한 조건을 검토하였기에 보고한다.

2.6.2. Mn-Zn 페라이트에 있어서 소성시의 Ca의 거동에 관하여

Mn-Zn 페라이트는 다른 페라이트 재료와 비교하여, 고투자율, 고평화자속 밀도를 가지고 있기 때문에 코일, 트랜스 부품으로 널리 이용되고 있다. 그 중에는 전원용 트랜스 재료로 이용되는 Mn-Zn 페라이트 재료에 관하여는 저코어로스(저 전력손실), 고평화 자속밀도 등의 특성이 요구된다. 특히, 전자기기의 고효율화를 생각할 때, 페라이트의 저 코어로스화는 중요한 과제가 되고 있다.

Mn-Zn 페라이트의 특성으로는 다양한 현상이 작용하고 있으나, 코어로스라는 특성을 생각할 때 임계구조를 제어하는 것은 중요한 기술요소의 하나임에 틀림없다. 일반적으로 Mn-Zn 페라이트는 다른 페라이트 재료와 비교하여 전기저항율이 낮기 때문에 와전류에 의한 손실이 크다는 문제를 안고 있다.

여기서 1960년대부터 고저항율을 가진 상용 Mn-Zn 페라이트의 임계에 개재함으로, 와전류를 억제하고 와전류손실을 저감시키는 방법이 널리 이용되고 있다. 특히, 명석에 의해 나타난 Si, Ca의 복합첨가는 매우 유효하게 작용하며 트랜스용의 Mn-Zn페라이트 재료에 있어서는 불가결한 기술이 되고 있다.

이 Si, Ca를 첨가한 Mn-Zn 페라이트의 임계구조에 관해서는 많은 연구가 진행되고 있고 투과전자현미경(TEM) 및 오제전자분광법(AES)등의 방법을 이용한 해석에서 임계부에는 두께 1~5 nm의 비정질상이 존재하는 것으로 생각된다. 이 임계상의 형성과정에 관해서도 각종보고가 되고 있으나, 한가지 예로 Paulus는 소성 프로파일의 냉각영역에 있어서 스피넬상으로 고용된다. Ca^{2+} 가 임계부에 석출됨에 따라 고저항의 임계상을 형성한다고 밝히고 있다. Paulus는 고온안정부로 Ca^{2+} 는 스피넬상내에 고용되고 냉각에 따른 고용 한계의 감소에 따라 임계부에 석출된다고 생각한다. 또 Ca^{2+} 의 석출에 의한 임계근접으로 Fe^{2+} 이온의 적은 영역이 생기기 때문에 고저항율이 얻어진다고 설명하고 있다.

한편에서는, 사토등이 TEM을 이용하여 승온부에 있어서 임계의 형성에 관하여 해석, 1000~1100°C에서는 임계상으로의 Si, Ca의 농축은 관찰되지 않고, 1200°C 부근에서 임계의 농축이 생기는 것을 알 수 있었다. 그 위에 임계상폭이 소성분위기의 산소분압의 영향을 받아, 산소분압이 높을수록 임계상폭이 두꺼워 지는 것을 발견하였다.

이와 같이 Mn-Zn페라이트에 있어서 아주 중요한 역할을 가진 임계상의 구조는 소성조건의 영향을 강하게 받는 것으로 관찰되었다.

따라서, 이장에서는 소성시의 온도 및 산소분압이 Ca^{2+} 이온의 거동에 미치는 영향을 검토하는 것을 목적으로 하고, 전자기특성과의 관계에 관해서도 기술한다.

2.6.3. Sn-Fe-N계 자석의 현상과 과제

희토류 영구자석재료는 최근 30년간 비약적인 발전을 하여왔다. 특히 1983년에 사가와 등에 의해 발명된 Nd-Fe-B자석은 희토류 영구자석의 응용분야를 대폭으로 확대함과 동시에 전자기기의 소형화, 고효율화 등에 커다란 기여를 하였다. 1980년대 후반에 Nd-Fe-B자석을 능가하는 차세대 희토류 영구자석의 연구개발이 세계각지의 자석재료 연구자에 의해 정력적으로 행해져왔다. 그러나 지금 현재 Nd-Fe-B자석을 능가하는 영구자석재료는 실용화되지 않고 있다.

Nd-Fe-B자석의 자기특성을 능가하는데까지는 미치지 못했으나, 이에 가까운 포텐셜을 가진 희토류 금속간 화합물로서 몇 가지의 질화물이 제안 개발되어 사용화의 검토가 이루어지고 있다. 그중 하나가 Sn-Fe-N계의 영구자석 재료이다.

우리 회사에서는 1984년부터 희토류 질화물 자석재료의 연구개발을 개시하여 1990년대 전반부터 실용화를 향한 프로세스 개발을 진행하여 왔다.

본 장에서는 폐사에서 개발한 Sn_2Fe_{17} 형 결정구조를 가진 등방성 질화물 영구자석재료의 상황에 관해서 기술한다.

2.6.4. 방전 플라즈마 소결법에 의한 Nd-Fe-B계 급냉 박대를 이용한 바르쿠나노 콘포지트 자석의 자기특성

나노콘포지트 자석은 영구자석재료(하드)상과 연질자성재료(소프트)상을 가진 복합자석이다. 이들의 결정입경을 나노오더로 미세화 함에 따라 입자간에 교환결합이 작용 소프트상의 자화반전이 저해되므로, 마치 단일상 자석과 같은 거동을 보인다. 이들은 고자속밀도를 가진 소프트상을 가지기 때문에 재료전체의 자속밀도가

향상되는 것으로 기대되며, 극히 큰 최대 에너지층을 나타낼 가능성이 보고되고 있다. 예를 들어 소프트상을 $\alpha\text{-Fe}(J_s=2.1\text{T})$ 로 하여, 하드상을 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}(J_s=1.6\text{T})$ 로 한 나노콘포지트자석에서는 마이크로 마그네틱스에 기초한 이론적인 검토에서 등방성 자석재료로써 300 KJ/m^3 이상의 고자석 특징이 시사되고 있다.

한편, 하드상의 결정방향을 아치시키는 이방성 자석 재료로는 1MJ/m^3 에 달하는 이론적인 견해가 있으나 실제 재료에서의 이방성화의 성공은 보고된바 없다. 실제로 얻어진 나노콘포지트자석은 액체급냉법이나 메카니컬 아로이법을 이용한 아몰화스 함유재료를 열처리함에 따라 결정화하여, 결정입경을 $20\sim 40\text{ nm}$ 정도로한 등방성 재료가 주류를 이룬다. 지금까지의 연구를 정리해보면 소프트상을 $\alpha\text{-Fe}$ 상으로한 나노콘포지트자석박대는 희토류양이 $8\sim 9\text{ at. \%}$ 에 있어서 $(BH)_{\text{max}}=140\sim 160\text{ KJ/m}^3$ 정도에 달한다.

나노콘포지트자석은 공업상의 커다란 이점으로 시판되고 있는 MQ 파우더에 비교하여 희토류원소의 함유량을 저감시키므로 비용면의 장점이 기대되며 고자속밀도를 가진 소프트상비율의 증가는 자석의 고자속밀도와 관련하여도 흥미진진한 재료이다. 응용면에서는 자석분말로서의 응용이 계획되어 본드자석의 검토가 다수 이루어지고 있다. 그렇기는 하지만 자석의 고성능화에 대하여는 바르크화가 필요하며 또, 고성능 자석재료로서의 포텐셜을 명확히 하는 것이 중요하다고 생각된다. 따라서 본 장에서는 액체급냉법으로 만들어진 $\alpha\text{-Fe}/\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ type 나노콘포지트자석 박대를 방전 플라즈마소결(Spark Plasma Sintering, SPS)법을 적용한 바르크 자석의 작제를 시도, 자기특성 및 자석구조를 평가하였다. SPS법은 핫프레스(HP)에 유사한 일종의 가압소결법으로, 시료분말을 가압 시키면서 가압편지를 통과하여 펄스전류로 통전하여, 시료를 가열하는 것이다. HP와 비교하여 단시간 저온소결이 가능하다고 보며 또 펄스 통전에 의한 입자간 방전의 효과가 보고되고 있다.

2.6.5. 노벨상과 과학기술정책 창조의 원점

작년 가을 시라가와 교수의 노벨 화학상 수상은 우리 화학관계자들에 있어서는 정말로 기쁜 소식이었다. 이와 함께 발표된 것이 일본인의 노벨상수상자가 왜 적은가 라는 의문이다. 특히 일본의 30배 이상의 압도적인 노벨상 수상자수를 자랑하는 미국에 비교하여 왜 이렇게 차가 큰 것인가 하는 의문이 든다. 시라가와와 노벨상 수상과 관련하여 창조적 연구를 촉진하기 위한 과학기술정책에 관하여 생각해 보며 기술한다.

2.6.6. 초전도재료의 최근 동향(MgB_2 신초전도재료와 그 선제화)

올 1월에 아오야마학원대학의 아끼히카교수의 그룹에 의해 발견된 MgB_2 초전도체는 39K 라는 금속계 초전도체로서는 높은 초전도 환이온도를 가지며, 그 응용에 기대가 모아진다. 이미 바르크제에 관하여는 많은 연구가 있었고 또 선제에 관하여도 몇 가지의 발표가 이루어졌다. 그렇긴 하지만 실용화의 관점에서는 임계전류특성 및 선제화법등에 관하여 해결해야할 몇 가지 문제가 있다고 생각된다.

본 강연에서는 필자의 연구를 중심으로 처음에 MgB_2 바르크제의 제법 및 그의 초전도 특성에 관하여 종래의 고온산화물초전도재료 및 금속계 초전도재료와 비교하면서 정리하고 다음에 MgB_2 의 선제화 현상에 관해 간단하게 소개한다.

2.6.7. 연료전지 개발의 장래(직접 메타놀형 연료전지(DMFC)를 중심으로)

실용화를 목표로 한 연료전지의 개발연구는 지금까지 알카리 전해질형, 립산형, 용융탄산염형, 고체산화물형의 순으로 이루어져 왔다. 립산형, 용융탄산염형 및 고체산화물형 연료전지는 100 kw 이상의 비교적 규모가 큰 고효율발전의 실용화를 목표로 개발이 진행되어 왔다.

한편, 시가지의 대기오염이 심각해짐에 따라 유해 배기가스가 적은 연료전지 자동차의 조기실현을 바라는 목소리가 높아지고 있다. 이 때문에 경량소형 고효율밀도를 특징으로 하는 고체고분자형 연료전지가 주목되어 현재 많은 연구자가 그 개발에 종사하고 있다. 또 고체고분자형 연료전지는 가정용, 편의점, 슈퍼마켓, 주유소 등 수 kw 에서 수천 kw 의 정직형의 고효율전원으로서도 주목받고 있다.

고체고분자형 연료전지(이하 PEMFC라 함)는 연료에 순수 수소를 이용한 경우에는 구성이 심플하여 고성능이나, 메타놀, 천연가스, LP가스, 나프사, 가솔린, 등유 등의 실용적인 탄화수소계 연료를 사용하는 경우는, 수증기 개질 및 부분산화 프로세스를 이용 수소가스를 생성하여 이것을 연료전지 스택에 공급하여 발전을 하지 않으면 안된다. 그렇지만, 개질 과정에서 생성되는 CO는 연료극상의 백금용매를 피독하여 연료전지의 성능을 현저하게 저하시킨다.

이 때문에 개질가스중에 포함된 Co를 촉매피독이 없는 CO_2 로 산화시키는 프로세스를 추가할 필요가 있다. 이러한 개질기 및 Co 제거장치는 무겁고, 기동 및 부

하응답이 느리고, 에너지 손실을 동반하므로, 연료전지 시스템을 소형화, 경량화할때에는 커다란 장애가 되었다.

2.6.8. 형상기억 합금의 의료에의 응용

형상기억합금 가운데 TiNi계 합금은, 현상에 있어서 응용, 실용화되는 대표적인 것이다. 이는 바와 같이 형상기억합금은, 변형 제하부에 일정온도 이상 가열함에 의해 변형전의 형상으로 회복하는 형상기억효과와 변형 후에 응력을 제거하면 소성은 변형하지 않고 고무와 같이 자발적으로 원래의 형상으로 돌아가는 탄력성을 가진다.

이들의 특이한 특성을 이용하여 특히 1980년대 이후 엘렉트로닉스, 메카트로닉스등의 광범위한 분야에 있어서 상품화가 진전되어 왔다.

응용 예로는 형상기억효과를 이용한 것이 선행되어, 온도센서를 겸한 아쿠레이터로서 물의 주변이나 환기장치등의 생활관련 기기, 가전, 자동차등의 분야에서 실용화가 진행 범위량, 응력이 커지는 코일형상의 디바이스가 대표적이다. 한편, 초탄성을 이용한 응용예로는 휴대전화의 안테나, 안경프레임, 브레이저어 와이어, 치열교정 와이어, 낚시 도구 등 가전 생활관련, 의료등 폭넓게 양적으로도 많이 쓰여지고 있다.

최근의 새로운 응용 예로서 현저하게 나타나는 것은 의료분야에 있어서 이다. 환자의 정신적, 육체적 고통을 덜어주는 저 침용성 의료기술의 발달에 의해 새로운 의료기기가 요구 개발되어지고 있으나, 이들의 형상기억합금의 이용이 검토되어 왔다.

여기에서는 최근의 의료에 있어서의 이용예에 관하여 기술한다.

2.6.9. 스핀프로브에 의한 초미세 구조평가 기술

하드디스크의 기록밀도는 현재 연율 100%를 넘는 강세로 향상하고 있다.

기록밀도 향상에 따른 기록 비트는 급속하게 미세화하여, 기록밀도 262 Gbps로 비트의 길이는 42 nm정도이나 수년 후에 실현되는 200 Gbps에서는 20 nm, 또 1 Tbps에서는 10 nm정도까지 축소할 것으로 예측된다.

기록 비트사이의 축소결과 선명한 미소기록비트의 형성이 어려워지는 한편으로 신호강도는 감소한다. 이와 같은 상황에 있어서 매체로부터 S/N비가 높은 저노이즈신호를 얻기 위해서는 비트의 자화구조 메카니즘을 직접평가하기 위한 자화구조해석이 불가결하다. 현재 이를 위한 평가기술로 자기력 현미경(MFM)이 이용되나 그 분해능은 20 nm정도이다.

위의 비트사이를 고려하면 수 nm의 분해능이 요구되나 MFM은 자장을 검출하는 원리상 분해능을 수 nm로 향상시키는 것은 불가능하다.

이상의 배경으로부터 본 연구에서는 넬미터 분해능을 가진 평가기술의 확립을 목적으로 스핀편극 주사형 터널현미경(스핀 STM)의 연구개발을 하여 왔다. 베이스인 주사형 터널현미경(STM)은 표면의 요철, 원자배열, 전자상태를 원자분해능(~0.1 nm)으로 검출 가능한 기술로 알려져 이제까지 주로 Si표면 관찰에 사용되어 왔다.

스핀 STM은 이 STM에 스핀검출기능을 가진 것이다.

시료가 자성체의 경우에는 전자는 스핀편극한채로 통과하기 때문에 그 스핀편극도를 탐지하여 검출할 수 있으면, STM과 같은 분해능으로 자성체 표면의 스핀 편극 상태, 즉 자화상태를 식별할 수 있다는 기본적인 생각으로 자기 이미징에 있어서 매우 높은 분해능을 가진 기술로 기대되어 진다. 본 장에서는 강자성박막탐침을 이용한 스핀 STM의 방법, 그리고 매체 주재료인 Co에 있어서 행하여진 스핀 STM 측정조건 최적화를 위한 터널 스펙트럼 측정, 그리고 그 결과에 기초하여 얻어진 Co표면의 자기 이미지의 결과에 관하여 기술한다.

2.6.10. 고수직자기 이방성을 가진 FePt 규칙합금 박막 정보 스토리지 시스템은 고도 정보화사회를 유지하는 중요한 기술로서의 위치를 가지고 있다. 특히 고속, 대용량 하드자기디스크 장치는 그 스토리지 기술에 있어서 핵심을 이룬다.

요즘, 먼 기록 밀도의 향상은 연율 100%에 달하며, 그 위에 100 Gbit/n²를 넘는 고밀도 기록의 실현을 목표로 새로운 기록매체의 제안도 얼마간 이루어져 있다.

여기에서는 Fe-Pt 수직 자기이방성 박막의 특징과 고밀도 기록매체로서의 가능성에 관하여 보고한다.

3. 페라이트의 새로운 응용

최근의 일렉트로닉스 및 정보 산업의 진보가 매우 두드러져 이들의 장래가 어떻게 전개될까? 또 그 가운데 페라이트가 어떤 역할을 할까가 정확히 예측하기가 어렵다. 따라서 다음과 같은 새로운 응용분야를 상정하여 노력해야 한다고 생각한다.

1) 환경과 생체까지 ICF6의 주제의 [페라이트와 환경]을 들어보면 참가자의 흥미는 환경보다 다른것에 있었던 것 같다.

그러나 환경문제는 인류에 있어서 중요한 문제이기

때문에 가까운 장래에 반드시 구체화되리라 본다. 생체 자기도 마찬가지이다.

그리고 동공대의 다마우라 교수의 환경과 페라이트의 연구 동태의 우에노교수와 농공대의 마쯔나가 교수의 생체자기에 관한 연구가 사회에 공헌하게 되는것도 머지않다고 싶다.

2) 전기 자동차의 구동용 모터의 현재로는 Nd-Fe-B계 자석이 유력하다.

확실히 자기특성면에서는 당연한 결과이나 대식성, 대열성 유도과전류방지등을 고려하면, 페라이트 자석도 유망하다. 페라이트 자석의 기계적 강도의 향상과 저가격 등에 노력을 기울여 Nd-Fe-B계 자석과의 경쟁에서 이겼으면 한다.

3) 최근 자성체 스핀 트랜지스터의 구상이 발표되어 화제가 되었으나, 페라이트의 경우도 조금하게 검토해야 한다고 생각한다.

4) 최근 열전 변환 기술에 관한 연구가 한창이나, 그 대상이 되는 재료도 카르코겐계 화합물, 케이계 화합물, 호우계 화합물 희토류계화합물 등 여러 종류에 포함되어 있다. 페라이트의 열특성을 이용한 응용의 연구는 아직 적으나 매력 넘치는 분야라 생각된다.

5) 페라이트의 폐기물처리가 문제화되고 있다. 오찌아이씨와 같은 페라이트 폐기물의 재 이용에 관한 연구가 이후로 점점 중요해지리라 본다.

4. 결 론

앞으로 새로운 페라이트 개발 및 제조법의 많은 진보로 더욱더 많은 개발이 이루어져 칩 인덕터, 페라이트

막, 페라이트 메끼, 선 제작, 용융제작 등의 발전이 있으리라 본다.

따라서 페라이트의 새로운 응용면에서 보면 다케이 세미나는 매회 새로운 결과를 창출해 내고 있다.

특히 발표하는 전문가들의 진지함을 볼 수 있으며 또한 많은 질문이 나오는 것도 특이한 사항이라 할 수 있다.

끝으로 한국에서도 이와 같은 세미나가 있었으면 하는 아쉬움이 있다.

(참고적으로 다케이 세미나는 매년 7월 셋째주 금, 토 (1박 2일)동안 가루이자와 가토 과학 진흥회 가루이자와 연수소에서 열리고 있다.)

참고문헌

1. R. Lebourgeois, C. Deljurie, J. P. Game, P. Perriant, B. Loret and J. L. Rolland : "New Mn-Zn Low-Loss Power Ferrite for up to 1MHz" Proc.of The Sixth Int. Conf.on Ferrite (ICF6) Tokyo and Kyoto, Japan 1169-1172 (1992).
2. A.Znidarsic et al. : "Microstructure Control in Low-Loss Power ferrite", Proc. of The Sixth Int. Conf. on Ferrite (ICF6), Tokyo and Kyoto, Japan, 333-326 (1992).
3. 다케이 세미나 제 16 회~제 21 회 (다케이 세미나 운영위원회)
4. M. sugimoto : "An Overview of the Development of Ferrites and Their Long-Range Prospects", 일본응용자기학회지 23(5), 1721-1730 (1999).
5. M. sugimoto : "The Past, Present, and Future of Ferrites", Journal of the American Ceramic Society, 82(2), 269-280 (1999).