

## 技術解説

## Technical Review

## 磁性材料および電子材料の動向

長谷川文昭\*<sup>1</sup>, 齊藤貴伸\*<sup>2</sup>, 加藤俊宏\*<sup>3</sup>, 坂口一哉\*<sup>4</sup>, 入山恭彦\*<sup>5</sup>

## Recent Trends in Magnetic and Electronic Materials

Fumiaki Hasegawa, Takanobu Saito, Toshihiro Kato, Kazuya Sakaguchi, and Takahiko Iriyama

## Synopsis

Recent trends in magnetic and electronic materials including permanent magnets, soft magnetic materials, light emitting diodes (LEDs), and target materials are reviewed.

## 1. はじめに

情報・通信, OA・AV, 家電, 産業機器, 自動車, 医療, あるいはエネルギー分野における各種機器の高性能化・軽量化・小型化・薄型化など最近の技術進展は著しいものがあるが, これらの技術進歩には材料の性能向上が大きく寄与しているといえる。そして, 地球環境やエネルギー・資源問題が世界的な課題となっている現在, 各種電気機器・IT製品の省エネルギー化, 自動車の低燃費化, あるいは再生可能エネルギーを利用した高効率発電などの技術開発が必須課題として求められており, その解決のためにも材料性能の向上や新材料開発が必須である。特に重要な役割を果たすのは磁性材料や電子材料の開発であり, 日本では, これまで優れた材料が開発されてきたし, 今後も次々と新材料を開発していく必要があろう。本稿では, 永久磁石材料, 軟磁性材料, 発光ダイオード(LED), およびターゲット材料に関する最近の技術動向・市場動向に関する概要を述べる。

## 2. 永久磁石材料

## 2. 1 永久磁石材料の開発概況および市場動向

永久磁石は, フェライト磁石, アルニコ磁石, および希土

類磁石(Sm-Co系, Nd-Fe-B系, およびSm-Fe-N系)に大別される。これらの磁気特性範囲をFig.1に示す。希土類磁石がもっとも強力な磁石であり, その中でもNd-Fe-B系磁石が最大のエネルギー積を誇る。

1990年代前半頃までは希土類新化合物探索が活発に行われたが, 1983年に発表されたNd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B<sup>1)</sup>を超える化合物発見には到っていない。唯一, TbCu<sub>7</sub>型構造をもつSm(FeCo)<sub>9</sub>NがNd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>Bより大きな飽和磁化をもつことが示された<sup>2)</sup>ものの, 本化合物は500℃以上で分解するため焼結による緻密化がむずかしく, Nd-Fe-B焼結磁石の最大エネルギー積を超えることは困難とされる。ただし, ボンド磁石の中ではSm-Fe-N系磁石は最高特性をもち<sup>3)</sup>, 量産化され, 生産量は拡大傾向にある。

この10年間の永久磁石材料の開発動向としていえることは, Nd-Fe-B系磁石材料の高特性化が図られたことである。徐々にではあるが残留磁束密度あるいは保磁力が向上し, 理論上の最大到達エネルギー積である512 kJ/m<sup>3</sup> (64 MGOe)に近づきつつある。例えば, 焼結磁石においては, 希土類酸化物生成を抑えるプロセス開発により希土類含有量を低減化でき飽和磁化を高めたこと, 結晶を微細化し保磁力を高めたこと, あるいは磁場成形時において結晶配向度を高め残留磁化を高めたことなどの改善がなされた<sup>4)</sup>。熱間加工型Nd-Fe-B磁石(MQ3)についても, 塑性加工ブ

2008年12月23日受付

\* 1 (株)ダイド電子開発部 (Development Department, Daido Electronics Co., Ltd.)

\* 2 大同特殊鋼(株)研究開発本部 (Daido Corporate Research & Development Center, Daido Steel Co., Ltd.)

\* 3 大同特殊鋼(株)新分野開発センター, 工博 (Dr. Eng., New Business Development Center, Daido Steel Co., Ltd.)

\* 4 大同特殊鋼(株)高機能材料事業部 (Advanced Materials Div., Daido Steel Co., Ltd.)

\* 5 大同特殊鋼(株)研究開発本部, 工博 (Dr. Eng., Daido Corporate Research & Development Center, Daido Steel Co., Ltd.)

ロセス改善や組成改良などで高特性能化がなされた<sup>5)</sup>。最近、結晶粒界近傍のみに Dy を存在させることによって、磁束密度の低下を小さく抑えつつ保磁力向上が可能なことが示された<sup>6)</sup>。粒界改質と呼ばれるこの手法は、高保磁力(高耐熱)磁石における高エネルギー積化の有効な方法として期待されている。

希土類ボンド磁石分野では、磁石材料の製法、ボンド磁石化の方法で各種改善がなされ、Table 1 に示されるようなボンド磁石が開発された。射出成形磁石は形状自由度が特に

高く、しかも一体成形が容易<sup>7)</sup>なため、自動車分野での用途が拡大している。ただ、圧縮成形磁石に比べると混合する樹脂量をより多く必要とするため、最大エネルギー積が低いのが短所である。そこで、樹脂の種類や添加剤、あるいは成形条件などの改良も進められ、最大エネルギー積が圧縮成形磁石と同等レベルのグレードも開発されている<sup>7)</sup>。

磁石が使用される製品としての性能を高めることを意識した材料開発、すなわち、用途に適した磁石材料の提供も重要となってきている。例えば、磁場解析によるモータ性能シ

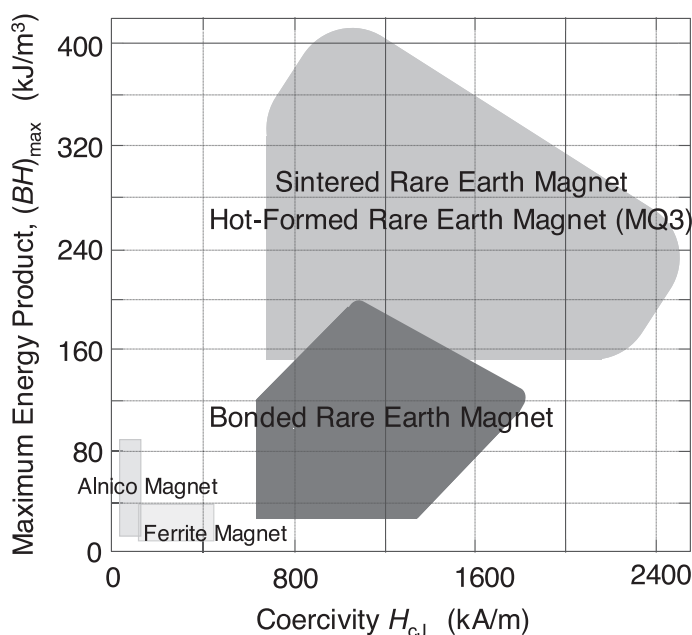


Fig.1. Magnetic properties of various permanent magnets.

Table 1. Magnetic properties of various rare-earth bonded magnets.

Magnet	B <sub>r</sub> T	Coercivity H <sub>eB</sub> kA/m	H <sub>cJ</sub> kA/m	(BH) <sub>max</sub> kJ/m <sup>3</sup>
SmCo <sub>5</sub> Anisotropic Injection	0.52~0.68	310~440	480~800	44~84
Sm <sub>2</sub> Co <sub>17</sub> Anisotropic Compression	0.68~0.89	400~640	440~960	80~144
Nd-Fe-B Isotropic Compression	0.62~0.77	380~510	520~1350	56~99
Nd-Fe-B Isotropic Injection	0.41~0.72	250~460	570~1350	28~76
Nd-Fe-B Anisotropic Compression	0.82~1.10	520~700	870~1700	110~200
Sm-Fe-N Anisotropic Injection	0.60~0.81	430~530	660~820	68~115
Sm-Fe-N Isotropic Compression	0.56~0.80	390~520	720~852	57~110

ミュレーションに基づいて最適磁石性能を知り、それを目標に材料開発を実施することが必要となってきた。また、組立て工程の簡略化や部品としての精度向上のために、射出成形ボンド磁石の技術が高度化している。これらの事例は2.2で紹介する。

Nd-Fe-B 磁石をいかに超えるか？最近では、残された手段はナノコンポジット磁石の実現しかないと考えられている。 $\alpha$ -Feのような極めて高い飽和磁化をもつソフト相とNd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>Bのような結晶磁気異方性の大きなハード相をナノスケールの周期で組み合わせた複合材料をナノコンポジット磁石と呼ぶ。ソフト相とハード相が交換相互作用によって強く結合する結果、系全体があたかも高飽和磁化かつ高保磁力を有する単一相として振舞い、従来にはない高エネルギー積が理論的には得られる。例えば、ソフト相をFe<sub>65</sub>Co<sub>35</sub>とし、ハード相をSm<sub>2</sub>Fe<sub>17</sub>N<sub>3</sub>としたナノコンポジット磁石においては理論上1 MJ/m<sup>3</sup> (120 MGOe) が期待できる。その実現を目指して、超急冷法、薄膜化、微粉末化などこれまで多くの手法が試みられてきた<sup>8)</sup>。有力な結果は未だ得られていないが、なおも各所で地道な研究が続けられている。

永久磁石の世界市場推移を材料別に見たものがFig.2である<sup>9)</sup>。Nd-Fe-B 磁石の伸びが特に顕著なことがわかる。Nd-Fe-B 磁石は、HDD、光ディスク、携帯電話、プリンター、コピー機、デジカメなどに搭載され、情報・通信・OA分野での機器の小型化・軽量化・高性能化に貢献した。最近では、環境・エネルギー問題への対応のため、省エネ家電（エアコン、冷蔵庫、洗濯機など）の普及、自動車の性能向上・燃費向上のための電動化促進（各種モータや電動パワステ（EPS）など）、あるいはハイブリッド車の拡大、さらには再生可能エネルギー利用（風力発電機など）などの背景から強力磁石の需要が急拡大している。今後もこの傾向がさらに強まると見られ、Nd-Fe-B 磁石は長期将来的にも磁石材料

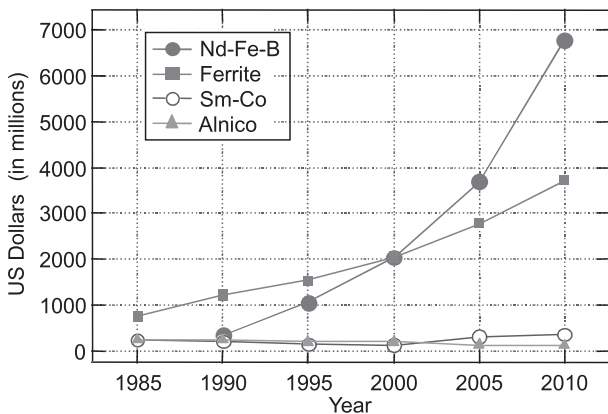


Fig.2. Consumption of permanent magnet materials.

の主役となり続けるであろう。しかしながら、需要拡大とともに中国に偏重した希土類資源の確保が懸念されている。Nd-Fe-B 磁石の高保磁力化（高耐熱化）に必須な添加元素であるDyおよびTbは希土類元素の中では存在比率が低く、供給量確保が特に懸念されている。これを解決するために希土類使用量を削減するための材料開発が現在の最重要課題のひとつとなっている。

## 2.2 用途を考慮した開発事例

### 2.2.1 熱間加工ラジアルリング磁石（MQ3）のEPSモータへの適用

EPSモータに特に求められる性能は、(1) 高出力、(2) 低コギングトルク、(3) 低トルクリップルの3項目であり、これらは磁石性能と密接な関係がある。電磁界解析によりMQ3磁石を使用したモータ特性をシミュレーションした例を以下に示す<sup>10)</sup>（使用したMQ3磁石はND-35SHR、電磁界解析はJMAGを用いた。）。

MQ3磁石はFig.3に示すような傾斜着磁が可能である。Fig.4に示すモータ構造を想定し（モータに用いる磁石は、外径39mm、内径33mm、高さ50mm）、コギングトルクとスキュー着磁の相関を着磁傾斜角度をパラメータとして解析した結果をFig.5に示す。4P12S構造モータにおける理論スキュー角度は30度となり、着磁傾斜角度とは無関係にコギングトルクは最小となる。さらに、着磁傾斜角度を6度とした場合、他着磁傾斜角度と比較してコギングトルクは低くなり、スキュー角15度において極小点が確認できる。この結果を基にスキュー角度15度、着磁傾斜角6度として試作評価した結果、良好な結果を得た。以上のように、スキュー着磁、着磁傾斜を最適化したMQ3磁石をEPSモータ用途に提案することができた。

### 2.2.2 射出成形希土類ボンド磁石技術の高度化<sup>7)</sup>

特に射出成形品のNd-Fe-Bボンド磁石の高性能化が進み、自動車用で射出品が多く使われるようになってきた。射出成形品は、圧縮成形ではできない製品形状やエンブラ樹脂との一体成形化が可能であるため、接着などの組立品から置換えが進められてきた。また、磁石周辺の磁気回路には磁性材（ヨーク）の役割は大きい。そこで軟磁性ボンドと磁石の2材成形品など複合化した射出成形技術の商品が市場に投入されている。

Nd-Fe-Bボンド磁石に使用されるコンパウンドは磁石粉末を高充填でき、流動性や成形性に優れたものでなければならない。これらの課題解決策として新バインダーや表面処理安定剤の選定と混練方案においても新設備の導入により高

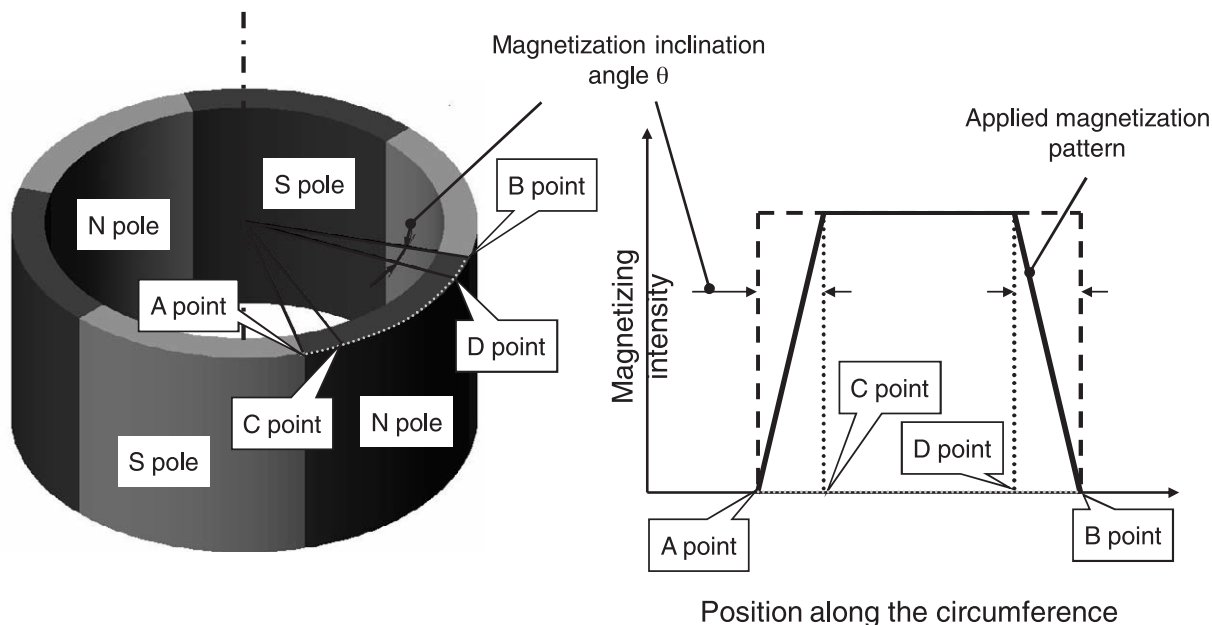


Fig.3. Magnetization inclination of MQ3 magnet.

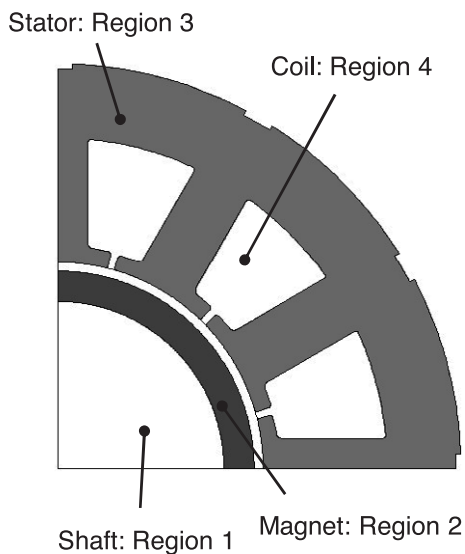


Fig.4. Analysis model of a 4P12S motor.

充填配合技術が開発された。Sm-Fe-N 射出成形ボンド磁石についても  $80 \text{ kJ/m}^3$  (10 MGOe) 材が開発されている。

自動車用途では磁気センサー・アクチュエータ・ステッピングモータなどに使われる磁石はエンブラ樹脂や装入部品との一体成形で多様な射出成形磁石が市場に投入されるようになってきた。さらに、低コスト化技術開発では、磁石と軟磁性ボンドとの2材射出成形による複合化した商品の本格量産が開始されている。これらの製品事例を Fig.6 に示す。

### 3. 軟磁性材料

軟磁性材料の種類・製法は多岐に渡るが、このうち最近注目される材料に粉末軟磁性材料がある。代表的な製造方法としてアトマイズ法が挙げられ、ノズルから流出する溶湯を水で粉末化させる水アトマイズ法、あるいはガスで粉末化させるガスアトマイズ法がある<sup>11)</sup>。

軟磁性粉末と樹脂などの絶縁材料との複合材料は、交番磁界によって発生する渦電流が微小な粉末粒子内だけで発生するため高周波特性が良好で、近年の電子機器の高周波駆動や無線通信の利用拡大によってこのような軟磁性複合材料の用途が拡大している。

この粉末軟磁性材料の用途の一つは圧粉磁心である。圧粉磁心は軟磁性粉末と粉末粒子間を電氣的に絶縁するための絶縁剤とを混合してプレスによりトロイダル状(リング状)、E型などに成形された磁心で、古くから電源用のチョークコイルなどに多用されてきた。その粉末材料は従来はインゴットから粉砕して製造する粉砕粉が多かったが、最近ではアトマイズ粉の利用が進んでいる。その理由としてはアトマイズ条件によって粉末粒子の形状や粒径を制御することが容易でその結果として透磁率やコアロス(磁心損失)などの磁気特性を制御しやすいという点にある<sup>12)</sup>。材質としては純鉄、パーマロイ(80Ni-Fe および 50Ni-Fe)、Fe-Si-Al系(センダスト)などが従来から使用されてきた。最近では電子機器の小型・軽量化や省エネのニーズの高まりからできるだけ磁束密度を

高く保ったままコアロスを低下させるための材料開発が盛んに行われている。例えば Fe-Si 系<sup>13)</sup> やアモルファス<sup>14)</sup>、金属ガラスなどの新しい材料の開発が進められている。しかしアモルファスや金属ガラスは非常に硬い材質であるため、磁心への固化成形が困難で磁性粉の充填密度が上昇しにくい欠点がある。革新的な固化成形技術の開発が望まれる。

従来から圧粉磁心は汎用のスイッチング電源や DC-DC コンバータの平滑用や昇圧用チョークコイルに使用されてきた。近年では電子制御機器の拡大に伴って圧粉磁心のチョークコイルも用途が広がっている。そのひとつとしてノート PC 用のチョークコイルがある<sup>15)</sup>。PC では CPU の高速動作のために CPU へ供給される電力は低電圧かつ高電流化が進んでいる。そのため、チョークコイルに流れる電流も大きくなり、従来の焼結フェライトでは対応が困難となってきている。そこで

磁束密度の高い金属粉末を用いた圧粉磁心の採用が広がってきている。特にノート PC ではチョークコイルの薄型・低背化が求められることから、電子基板に直接実装でき、コイルが磁心中心に挿入された表面実装型のチョークコイルが多用されている。このコンバータではスイッチング周波数が数 100 kHz と高いことから粉末粒子径の小さな微粉末が使用されている。さらに最近のパワーエレクトロニクス技術の進展に伴って大電力を扱う電力変換装置が増加している。例えば大型の無停電電源、太陽光発電やコージェネなどの局所発電システム、ハイブリッド車の昇圧回路などがある。これらの電力変換装置のリアクトルには従来電磁銅板やアモルファス薄帯などが使用されているが、今後粉末成形品の適用が期待されている。従来の帯材料では磁心形状が馬蹄形（C 字形状・U 字の突合せ）に限られるが、粉末成形品では磁心の形状

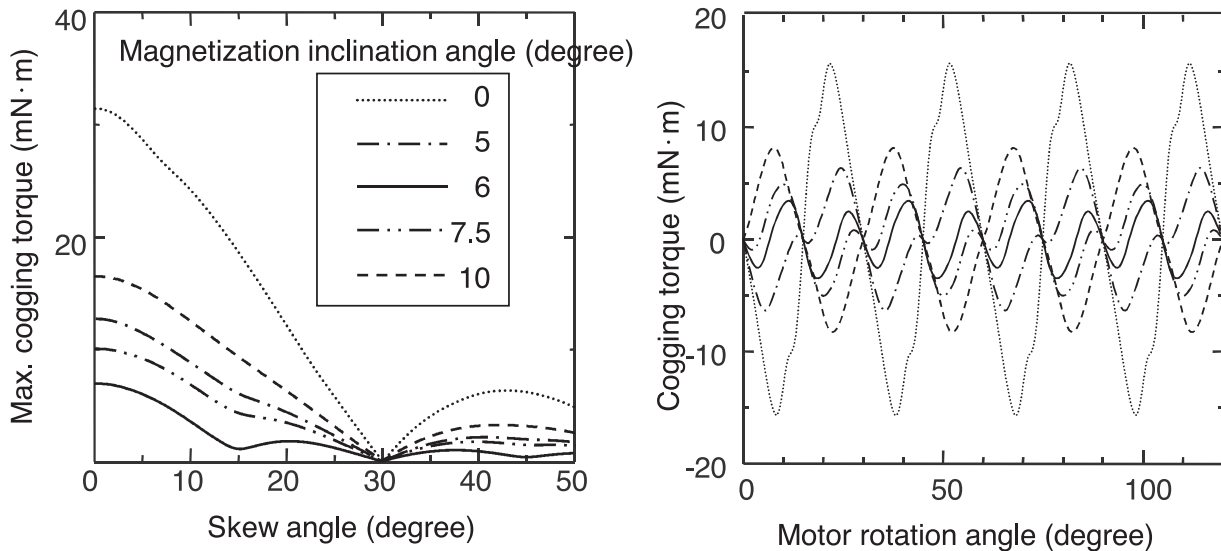


Fig.5. Relationship between waveform of cogging torque and magnetization inclination angle.

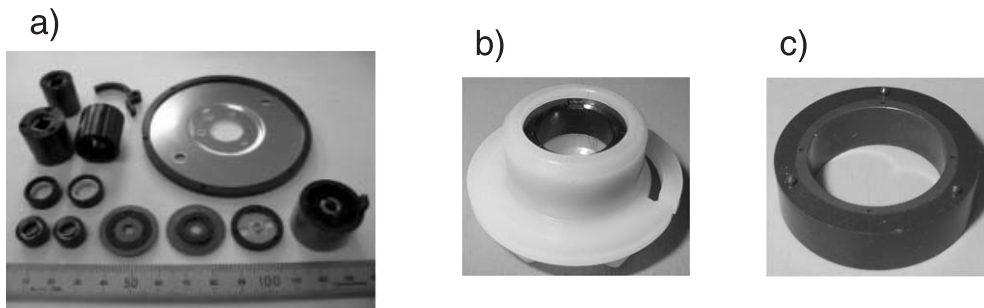


Fig.6. Assembly sample of injection-molded magnets; a) simultaneously molding, b) two-materials molding of magnet and POM resin, c) two-materials molding of magnet and soft magnetic powder.

自由度のメリットが期待できる。

圧粉磁心の新たな用途として、モータコアへの適用が試みられている。モータにおいても小型化のニーズのために、多極化などの高周波駆動化が進んでいる。鉄基の圧粉磁心は従来の電磁鋼板に比べ kHz 以上の周波数ではコアロスが小さいため、高周波駆動のモータへの適用に適している。さらに小型化のためにモータ構造の面でも新規構造の開発が進められている。例えば圧粉磁心の三次元的な磁気特性の等方性を利用して平面对向型のような磁心の高さ方向に積極的に磁束を通過させる構造のモータに期待が寄せられている<sup>16)</sup>。

軟磁性粉末を利用したもうひとつの最近注目されている製品として電磁波吸収磁性シートがある。これは軟磁性粉末を加工によって扁平化させゴムと混合した複合材料である<sup>17)</sup>。粉末粒子のアスペクト比を大きくすることにより高透磁率化させ、かつ厚みを  $1\ \mu\text{m}$  程度と薄くすることにより渦電流の発生を抑え、MHz を超える高周波域まで高い透磁率を維持している。さらに粉末材質やシート厚みの選定により、種々の周波数帯域に対応可能となっている。

その用途例のひとつは、不要電磁波の吸収である。PC、携帯電話などの電子機器においては近年 CPU の高周波駆動に伴い電磁波がノイズとなって放射され、他の電子機器との干渉などの問題を発生させる場合がある。そこで電磁波吸収磁性シートを CPU や回路基板に貼付けすることによってノイズを吸収し、電磁波の外部への放射を抑制することが可能である<sup>18)</sup>、<sup>19)</sup>。複素透磁率の虚数成分  $\mu''$  は損失項であり、 $\mu''$  を高めることによってノイズを熱に変換させる効果を利用するものである。

もうひとつの用途例としては IC カードなどの認証に用いられている RFID システムの磁気遮蔽用である。例えば携帯電話のようにさまざまな部品がコンパクトに集積されアンテナの近傍に金属板が存在する場合、電磁波によって金属板内に渦電流が発生して損失となり電波の伝送距離が短くなってしまいう問題点がある。そこで電磁波吸収磁性シートを金属板の直上に貼付けすることによって電波を金属板に到達させないように磁気的に遮蔽させて、電波の伝送距離を伸ばすことができる。このような磁気遮蔽としての用途ではより多くの磁束を損失なく通過させる必要性から、複素透磁率の実数部  $\mu'$  は高く、虚数部  $\mu''$  は低いことが望ましい。このような認証システムでは現在では 13.56 MHz が主として使用されている。今後はより遠い距離まで電波が伝送できる UHF 帯を使用したシステムが商品物流などに広く普及するものと考えられ、同様に金属板の影響を回避できるような磁性シートの開発が望まれている。

## 4. 発光ダイオード(LED)

近年の LED の性能および応用の発展は目覚ましい。その背景には AllnGaP 系あるいは窒化物系といった新しい材料系の開発や LED の製造技術の発展はもとより、それらを支える高純度原料製造技術、ナノサイズまで制御したデバイス構造設計・製造技術、また用途開拓に向けた応用開発技術の存在があることを忘れてはいけない。特に 1990 年代に大きな発展を遂げた III 族窒化物系ワイドギャップ半導体による緑色から紫外の短波長 LED は、これまでの応用範囲を飛躍的に拡大させ、21 世紀のキーデバイスの 1 つとなっている。ここでは、用途別に最近の LED の動向について概説する。

### 4. 1 照明用 LED

高効率の青色あるいは紫外の窒化物系 LED は、蛍光体との組合せにより白色を得ることができることから、蛍光灯などに代わる固体照明としての応用が始まっている。平成 9 年の国連気候変動枠組み条約第 3 回締結国会議 (COP3) を契機に発足した NEDO の「21 世紀のあかりプロジェクト」などにより、発光効率や色再現性、演色性といった照明としての性質の改善がなされてきた。Fig.7 に LED 照明推進協議会 (JLEDS) が公表した白色 LED の発光効率のロードマップを示す。この図が示すように発光効率は既に蛍光灯の効率を凌駕する水準に達している。しかし、明るさあたりの価格ではまだ蛍光灯の 30 倍以上といわれており、低価格化が普

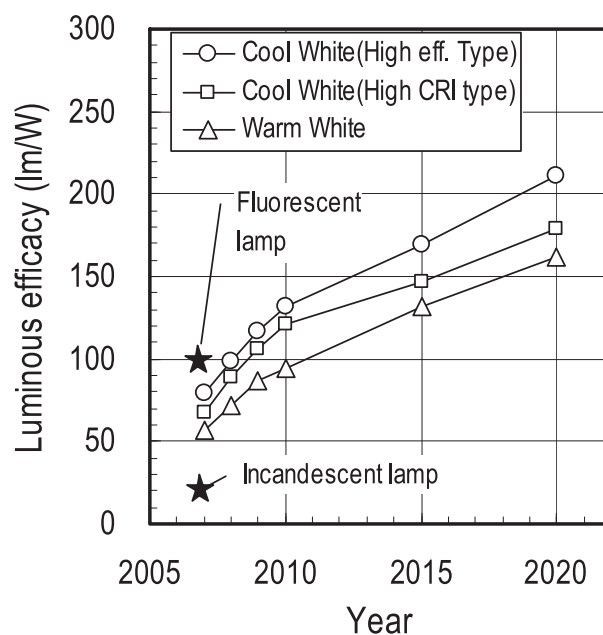


Fig.7. Roadmap on luminous efficacy of white LED (JLEDS).

及の課題となっている。また、一般照明とは異なるが、自動車のヘッドランプへの応用も開発が進められている。

#### 4. 2 ディスプレイ用LED

屋外大型ディスプレイや電光掲示板には RGB 三原色の LED や白色 LED が使用され、明るく鮮やかな色で文字や画像の表示を実現している。また、交通信号にも視認性や耐久性に優れ、低消費電力であることから LED の普及が加速している。一方、携帯電話においてはキーのバックライトとしての需要が過去 10 年近く LED の市場を牽引してきたし、液晶ディスプレイのバックライトとしても白色 LED が普及している。最近では、さらに大画面の液晶 TV にも LED のバックライトが使用されつつある。液晶 TV の場合は色再現性が重要となるが、高性能カラーフィルターとの組合せで NTSC 比 100 % を超える色再現性が実現している。

#### 4. 3 センサー用LED

各種光センサーにも LED は広く用いられている。産業機器用や自動車用には特に高信頼性が要求される。これまで化合物半導体からなる光素子は、Si 半導体デバイスと比べて信頼性が低いとされてきたが、大同特殊銅(株) (以下、当社という) では 1 FIT 以下の低故障率の赤外点光源 LED を製造販売し、エンコーダや特殊センサー用に実用化している。点光源 LED は発光領域を電流狭窄により小さくし、光出力を減らすこと無く光源の微小化を図ったもので、エンコーダの小型高分解能化を実現し、デジタルカメラやロボットなどに用いられている。今後さらに車載センサーなど、高信頼性を要求される用途に拡大されることが期待される。当社の口径 150 μm の赤外点光源 LED (MED8P54) の信頼性を示すデータとして、Fig.8 に長期寿命試験結果を、また Table 2 に各種加速試験結果より求めた故障率の算出例を示す。

#### 4. 4 通信用LED

LED は取扱いが容易で安価な光源ということで、FA や自動車内の LAN 用光源として用いられている。特に、POF (プラスチック光ファイバ) を用いた LAN 用光源としては、伝送損失の小さい赤色 LED が用いられるが、当社では POF との結合効率が高く、応答速度の早い赤色点光源 LED を開発し、車載 LAN や FA 用 LAN の実用に供している。また、IrDA など光空間伝送用として高速赤外 LED が用いられているほか、青色 LED や白色 LED など可視光 LED を空間伝送に用いる試みも始まっている。LED は自然放出をその発光機構とすることから、誘導放出を発光機構とするレーザに比べ応答速度が遅い。そこで、LED をより高速化する方

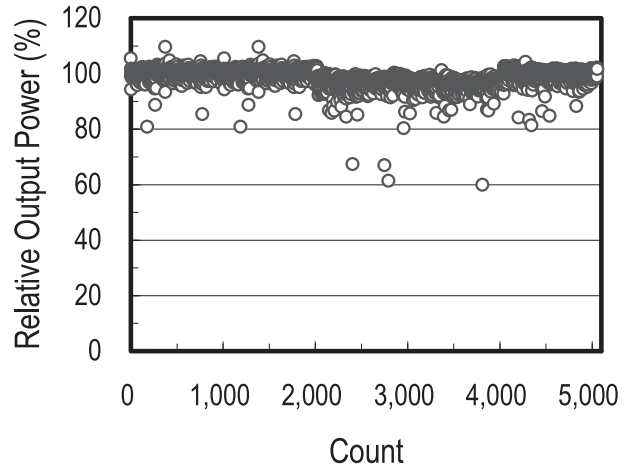


Fig.8. RTOL results of MED8P54 for 10000 hours at 100 mA operation.

Table 2. Failure rate of MED8P54 under 20 mA operation at RT estimated from acceleration life tests of various conditions.

Confidence level	Failure rate
60 %	0.2 FIT
90 %	0.5 FIT

法として、微小共振器構造を内蔵した RC-LED (Resonant Cavity LED) が開発され、実用の試みがなされている。しかし、その特性が構造敏感であるため製造歩留りが低く、また、特性の温度変化が大きく、まだ広くは普及してはいない。今後の改良が待たれる。

#### 4. 5 医療用LED

医療用照明としての用途以外にも、血中の酸素濃度をモニターする光センサーや近紫外 LED と光触媒との組合せで殺菌や抗菌に用いられているが、窒化物半導体の近紫外、深紫外 LED の開発が進み、水や空気の前浄化や殺菌、皮膚病の治療など多くの応用が期待されている。

#### 4. 6 その他の応用

高光度の LED の出現によって、RGB の LED 単独あるいはそれらの組合せにより光合成を制御し、植物の栽培や保存に適した光源の研究が進められているが、本格的な実用化には低コスト化が必須である。また、漁業用として、集魚灯への応用も進められている。その他、高出力赤外 LED は暗視カメラや交通監視用など、セキュリティ用として実用化されている。

以上のように、赤外から近紫外までの単一波長の高出力LEDが実現することにより、LEDの用途は拡大し、市場は急成長した。今後さらに低コスト化や深紫外LEDの高出力化が実現すればさらに用途は拡大し、さらなる市場拡大が期待できる。

## 5. 薄膜用スパッタリングターゲット材

スパッタリングターゲット材市場は2000年に襲った半導体不況により一時期後退したが、2002年以降半導体の回復および液晶・光記録用市場などの飛躍的な伸びによって世界規模で需要は増え続けている。ターゲット材市場の動向をFig.9に示す。

薄膜応用市場は、マイクロエレクトロニクスなどの電子デバイス部門、耐摩耗性・耐食性被覆などの機械・化学製品部門、センサー・計装器部門、太陽電池・高温超電導体などのエネルギー部門、薄型電子デバイスディスプレイ(FPD)などの光学コーティング部門、その他ナノテクノロジーなど多岐にわたる。また従来はAl・Cr・Moなどの金属系材料中心だったが、表示素子(液晶・タッチパネルなど透明導電膜)用ITO(インジウム-錫酸化物)など無機系材料および多元系合金・複合材料(光記録保護膜用ZnS-SiO<sub>2</sub>誘電体など)が成長し、ターゲット材市場を牽引してきた。

近年、エレクトロニクス業界では目覚ましい技術革新と市場ニーズの多様化にともなう新規材料・用途開発スピードが著しく、さらに求められる特性や用途に応じて多種多様となり製品部位の形状や材料構成・参入メーカーによって各要素が多岐にわたり複雑に絡み合っているのが実情であり市場全体を見通すことは難しくなっている。

### 5. 1 冷陰極蛍光ランプ(CCFL)用電極材

電子デバイスディスプレイ市場において液晶ディスプレイ(LCD)は主力デバイスとして成長を続けており、市場のおよそ90%を占めている。LCD市場の伸びに伴ってバックライトとして使用される冷陰極蛍光ランプ(CCFL)も年率10%以上の成長を続けてきたが、Fig.10に示すように2008年以降はCCFL市場成長の鈍化が予想される。

CCFL形状には直管・L字管・U字管・コの字管などがあり、ノートPC・モニター用には管径3.0mm以下、テレビ用には管径3.4mm以上が主に搭載される。CCFLのランプ寿命はランプ管内両端にある電極のスパッタ現象に起因するところが大きく、汎用品にはNi電極が使われ、高グレード品には耐スパッタ性の良いNb・Moなどが使用されている。とこ

ろが2007年頃から液晶テレビ市場において急激な価格競争が始まり、ランプメーカー各社は安価なNi電極にシフトしたり、高輝度化などによるランプ本数削減を図るべく寿命確保のためNb・Moを再使用したり、さらに寿命と価格を両立させた新しい合金の開発に乗り出したりしている。

CCFL以外のバックライト光源として白色LEDが競合しており、ノートPCや車載モニターなどに搭載されている。白色LEDが今後さらに市場を伸ばすために最大の課題である低コスト化と高寿命化を克服する必要がある。CCFLは今後も韓国・台湾勢との価格競争やLED・有機ELなどとの技術競争が続き、市場の混迷は増すものと考えられる。

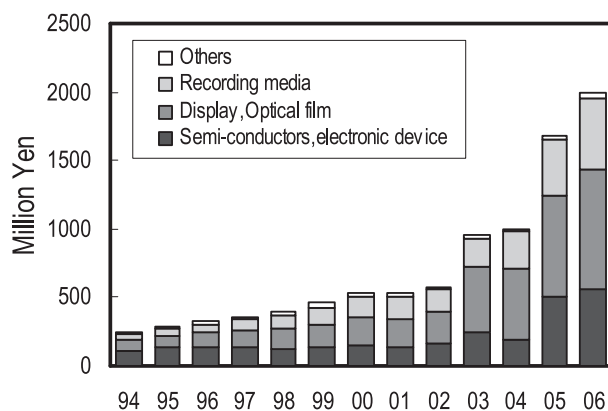


Fig.9. Market of sputtering target.

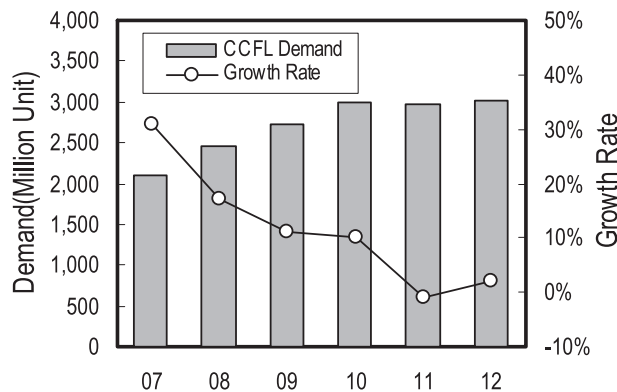


Fig.10. Worldwide trend for CCFL (JLEDS).



## (文献)

- 1) M. Sagawa, S. Fujimura, N. Togawa, H. Yamamoto and Y. Matsuura: J. Appl. Phys., 55(1984), 2083.
- 2) 桜田新哉, 平井隆大, 津田井昭彦:日本応用磁気学会誌, 21 (1997), 181.
- 3) 大松澤亮, 村重公敏, 入山恭彦:電気製鋼, 73 (2002), 235.
- 4) 佐川真人, 浜野正昭, 平林眞:永久磁石, アグネ技術センター, 2007, 251.
- 5) 電気製鋼, 79 (2008), 159.
- 6) 町田憲一, 李徳善:金属, 78 (2008), 760.
- 7) 電気製鋼, 79 (2008), 157.
- 8) 入山恭彦:日本応用磁気学会誌, 28 (2004), 1122.
- 9) Terry K. Clagett, WebMagnetics, Inc., : "Permanent Magnetic Material Consumption May Be Teetering on the Brink ", 2008 Magnetics Conference, Denver, U.S.A..
- 10) 藪見崇生:電気製鋼, 76 (2005), 171.
- 11) 電気製鋼, 79 (2008), 169.
- 12) 齊藤貴伸, 矢萩慎一郎:電気製鋼, 69 (1998), 181.
- 13) 齊藤貴伸, 武本聡:電気製鋼, 77 (2006), 285.
- 14) 電気製鋼, 77 (2006), 329.
- 15) 松谷信哉, 今西恒次:粉体粉末冶金協会講演概要集 平成 18 年度春季大会 (2006), 133.
- 16) 荒川俊史, 平本健二, 中井英雄, 田島伸, 稲熊幸雄:平成 19 年電気学会産業応用部門大会 3-45.
- 17) 大同特殊鋼ホームページ, <http://www.daido.co.jp/products/dpr/dpr.pdf>
- 18) 齋藤章彦, 西方敦博:電子情報通信学会論文誌, J84-B (2001), 1834.
- 19) 齋藤章彦, 西方敦博:電子情報通信学会論文誌, J85-B (2002), 400.