解 説 特別セッション

電子材料業界及び技術の最近の動向—セラミック電子材料—

(社)日本電子材料工業会 濱野 文雄

京セラ株式会社技術本部, 〒607 京都市山科区東野北井ノ上町5-22.

Recent Trends in Electronic Materials Industry and Technology

Electronic Materials Manufacturers Association of Japan Fumio Hamano

Kyocera Corporation, 5-22 Kitainoue-cho Higashino Yamashina-ku, Kyoto 607.

Received March 24, 1994

The production in Electronic Materials Industry is under the large influence of the trends in Electronic Industry which is the major field of the demand; Industrial Electronic Appliance which is mainly composed of computer and communication equipments, Consumer Electronic Appliance which is mainly composed of video equipments (Home TV, Video etc.), and Electronic Components & Devices (semiconductors, ICs, display devices). First, the trend of electronic ceramic components is introduced by over-view of Japanese production changes of Electronic Industry and Electronic Materials (the association handling) in past ten years. Second, the demand forecasting of each production which is based on the trend of its related electronic equipment is introduced. Third, the major production groups and the technology trend of electronic equipments & devices which largely influence the technological trend of electronic ceramic components are introduced. Finally, the technology trend of electronic ceramic components is outlined. Only over-view of the field of Industrial Electronic Appliance, the market of Electronic Industry is annually expanding, as operation of Mobile Communication at Sub-microwave band (L band) is starting, Multi-Media era which is information equipment related is coming, and electronics applying in Automobile related equipment is developing. In connection with these, the demand expansion of Electronic Materials and rapid progress of the technology are expected.

1 はじめに

電子材料の生産はその主な需要分野である電子工業, すなわちコンピュータと通信機器をメインとする産業用電子機器, 映像機器 (家庭用テレビ, ビデオ) がメインの民生用電子機器および電子部品・電子デバイス (半導体・集積回路・表示デバイス) の動向に大きく影響される。Fig.1 は日本の電子工業の生産金額の推移を前年同期比で示したものである。伸び率はバブルの開始と見られる1986年の中頃から大きく伸び始め, 1988年には前年に対して全ての電子工業が伸びを示した。そして1991年度の生産金額は約25兆3110億円と過去最高を記録したが, 一昨年

(1992年) は民生用電子機器が前年度比20%近く落ち込み, 産業用電子機器, 電子部品・電子デバイスも10%近く前年を下回り, それに連動して電子材料も11%近く前年比マイナスとなった。ここでは(社)日本電子材料工業会扱い製品のうちセラミック電子材料 (半導体セラミックス製品, 圧電体セラミックス製品, セラミック基板) の3製品について, その市場動向の現状と需要予測, そして最近の技術動向について概説する。

2 電子セラミックス製品の市場動向

1992年 (通産統計) の日本の電子工業の生産額実

Fig. 1 Production transition of electronics industry in Japan.

績とその構成比を Fig.2 に示す。生産金額合計は22兆2746億円で前年度比約88%と前年度を大きく下回り不振を極めた。分野別では産業用電子機器が10兆5310億円で構成比47.3%、前年比89.8%、民生用電子機器は3兆7580億円で構成比16.9%、前年比80.0%、そして電子部品、電子デバイスは特に最近では液晶デバイスが増加の傾向を示し、7兆9850億円で構成比35.8%、前年比90.0%の生産額実績であった。

日本の電子工業は輸出型であり、生産実績は輸出の動向に大きく影響される。それぞれの分野の1992年度生産実績と輸出比率をTable1に示す。産業用電子機器が輸出比率35%で金額前年比105.2%と、特に電子計算機の輸出が好調で前年度をこえたのが特徴であった。電子部品・電子デバイスも海外の現地生産も始まってはいるものの輸出比率67%とそのウェ

イトは大きく輸出においては特にICが好調であったため前年比105.8%と伸びた。民生用電子機器は輸出比率60%で映像機器、音声機器ともに輸出不振で前年比83.7%と大きく落ち込んだ。1992年度の電子セラミックス製品の生産高を示したものがFig.3で、生産額は前年比93.8%の1222億円で、そのうちサーミスタ、バリスタといった半導体セラミックス製品が構成比41.6%で前年比93.2%の509億円、圧電セラミックス製品は構成比52.2%で前年比94.5%の638億円となっている。セラミック基板は構成比6.1%、前年比92.6%の75億円であった。ただし、セラミック基板の生産統計はセラミック多層基板について現在当工業会の統計に含まれていないため単板のみの集計である。

2.1 半導体セラミックス製品

Fig. 2 Production of Electronic Industry (1992).

Unit: billion Yen

Table 1 Production and export result in Japanese electronic industry of 1992 year.

(Calendar year)

(Unit : 100 million yen, %)

	Production			Export	
	1992 actual	Ratio to previous year	Share to total	Ratio to previous year	Share to Prod.
Communication equipment	28,220	92.1	27	105.1	31.2
Electronic application equipment	61,740	88.9	59	109.7	36.1
Electronic computer	54,170	89.1	(88)	111.0	37.0
Electronic measurement machine	5,530	82.0	5	91.7	27.6
Business machine	9,800	93.7	9	90.9	43.1
Industrial electronic appliance total	105,290	89.8	47	105.2	35.0
Visual equipment	23,700	77.8	63(100)	80.3	60.5
Video tape recorder	7,800	75.2	(33)	78.5	74.1
Color television	8,110	89.1	(34)	101.6	27.1
Video camera recorder	6,010	66.2	(25)	76.3	92.3
Others	1,770	94.1	(8)	111.1	45.2
Audio equipment	13,880	84.1	37(100)	90.4	59.3
Tape recorder	6,830	83.2	(49)	84.7	64.2
Stereophonic	5,610	84.6	(40)	99.1	59.7
Others	1,440	85.9	(10)	90.1	34.0
Consumer electronic appliance total	37,580	80.0	17	83.7	60.0
Electronic components	35,300	87.9	44	99.0	32.3
Electronic devices	44,530	91.7	56(100)	110.5	42.0
Electron tube	7,010	97.6	(16)	109.1	54.9
Semiconductor element	6,770	88.9	(15)	103.4	35.0
Integrated circuit	27,500	88.0	(62)	112.5	45.4
Liquid crystal device	3,250	127.7	(7)	—	—
Equipment parts	0	—	—	105.7	—
Discrete semiconductor device total	79,830	90.0	36	105.8	67.1
Electronic industry total	222,700	88.0	100	100.3	50.7

() : share, %

Production of Electronic Ceramics (1992)

Fig. 3 Production of Electronic Ceramics (1992).

Unit: billion Yen

半導体セラミックス製品の主なものはサーミスタ、バリスタであり、Table2にその生産額と需要予測を示す。NTCサーミスタは生産金額構成比69%を占める主力製品の温度センサーが前年比98%と他の製品に比べ健闘した。そしてNTCサーミスタはマイコン制御用のセンサーに適しているため家電から自動車、産業機械まで幅広く採用されている。1992年実績は267億円であり、本年も僅かではあるが伸びると予測され、1995年度は1992年比120%の大幅な伸びが予測されている。PTCサーミスタはヒーター、消磁用、過電流防止用が主な製品で、中でもヒーター用を中心とするため需要が一巡したことから1992年実績は119億円で前年比87%と2桁の減少となった。しかし今後は消磁用、過電流防止用が伸びると予測されている。

バリスタはここ数年は単価の下落から数量は増加したが、金額面で横這いを続けており、ここにきてやっと下げ止り観が出てきたが、1992年は約120億円

で前年比93%の実績となった。今後はPL問題および各種安全規制に関連して電子機器への使用が一般化しつつあるため飛躍的に増大すると予測されている。

2.2 圧電セラミックス製品

圧電セラミックス製品は使用機能が多岐に渡っている。Table3に生産額と需要予測を機能・用途類似区分で集計したものを示す。但し、この表には今後の開発・製品化が大いに期待されている超音波モーターや圧電アクチュエータは含めていない。1992年度の圧電セラミックス製品の生産額は前年比95%の637億円でそのうちフィルタ、共振子、発振子が437億円と構成比69%を占める主力製品である。映像機器、通信機器のSAWフィルタやクロック発振器などはその機器の高付加価値化を実現する用途に使用されており、今後も需要の伸びが期待されている。しかし他の製品はあまり期待できず、特にガラス遅延線用は半導体CCDへの移行が急速に始まってお

Table 2 Production and predicted demand of semiconduction-ceramics components.

	1992		1993		1995 demand predicted	
	production actual	Ratio to Pprevious year	Production for casts	Ratio to Previous year	Ratio to 1992	Share to total
NTC* thermistor	26,700	96	27,300(100)	102	120	73(100)
Temperature sensor	18,300	98	(69)	103	120	(81)
Surface mount device (sensor)	5,700	85	(19)	89	96	(2)
Others (surface mount. etc.)	2,700	111	(12)	117	170	(17)
PTC** thermistor	11,900	87	12,000(100)	101	101	27(100)
Heater	4,500	71	(34)	90	84	(32)
Degauss	3,100	94	(26)	103	100	(26)
Ovrercurrent protection	2,000	107	(21)	129	140	(23)
Motor starting	800	143	(7)	99	100	(7)
Others (temperature compensated etc.)	1,500	85	(12)	95	100	(12)
Thermistor total	38,600	93	39,300	102	115	76
ZnO varistor***	9,500	94	(82)	105	127	(87)
SiC varistor	260	75	(2)	80	50	(1)
Others	2,200	90	(16)	92	78	(12)
Varistor total	11,960	93	12,200(100)	102	117	24
Semiconduction-ceramics components	50,560	93	51,500	102	115	100

* : Negative Temperature Coefficient, ** : Positive Temperature Coefficient, *** : Variable resistor
() : Share, %

Table 3 Production and predicted demand of piezoelectric-ceramic components.

(Unit million yen, %)

	1992			1993		1995 demand predicted	
	Production actual	Ratio to previous year	Share to total	Production predicted	Ratio to previous year	Ratio to 1992	Share to total
Ceramic filter, Ceramic oscillator, Ceramic resonator	43,700	101	69	45,900	105	105	72
Delay line (glass delay line)	2,800	60	4	2,100	75	32	1
Ultrasonic vibrator	3,800	93	6	3,400	90	100	6
Piezo-electric buzzer, Piezo-electric microphone	7,600	96	12	7,600	100	101	12
Piezo-electric ignition, equipment	2,700	72	4	2,600	94	96	4
Pickup	200	58	—	220	100	100	—
Others	2,900	91	5	2,700	100	100	5
Piezoelectric-ceramics components totals	63,700	95	100	64,520	101	100	100

Table 4 Production and predicted demand of ceramic substrate.

(Unit million yen, %)

	1992			1993		1995 demand Predicted	
	Production actual	Ratio to previous year	Share to total	Production predicted	Ratio to previous year	Ratio to 1992	Share to total
Alumina substrate	6,400	90	85(100)	6,690	104	116	84(100)
Thin film	1,600	107	(25)	1,730	107	125	(27)
Thick film	4,800	90	(75)	4,960	103	113	(73)
Other substrate	1,100	116	15	1,220	111	127	16
Ceramic substrate total	7,500	93	100	7,910	105	117	100

(): Share, %

り、1995年頃には1992年比1/3に減少すると見られている。

2.3 セラミック基板

セラミック基板はアルミナ基板が主力であることに現在も変わりがない。生産額は高密度多層の樹脂基板の台頭及びセラミックハイブリッドICの伸び悩みから減少傾向にあり、1992年も前年比93%の75億円になっている。しかし通信の高周波開放の開始にともない、通信機器をはじめとする産業分野での需要は根強く、またその他の機器においても高密度化、小形化の一層の進展により基板も多様化時代に入ろうとしている。したがって、アルミナ材料では不向きな面も出始めており、その他のセラミック基板(AIN基板、低温焼成ガラスセラミック基板等)も増加すると期待されている。Table4にセラミック基板の生産額と需要予測を示す。なお、多層基板の生産動向を配線板の一部と位置付けて簡単に述べておくと、配線板の1992年の生産金額は約8850億円(前

年比80%)で、そのうちセラミック多層配線板は約100億円と見られている。今後は高性能MPUの登場によるシステム性能の向上や機器の小型・軽量化に伴う高密度実装技術の要求に対応する回路基板としてのMCM(マルチ・チップ・モジュール)用セラミック多層基板が登場してきた。この展開次第でこのセラミック多層配線基板の伸びは測り知れないほど大きい市場であるといわれている。MCMの現在の世界市場規模としては大部分は米国であるが1992年で約300億円と推定されている。

3 主な電子機器の技術動向

電子セラミックス製品の技術動向を見る場合、電子機器・電子アパイスの市場・需要動向及び技術動向をまず見ておくことが必要である。機器全体に言えることは、益々の小型・軽量化、高密度実装化が浸透していく。

3.1 産業用電子機器

〔通信機器〕においては移動体通信の準マイクロ波帯での運用が1994年から開始されることが最近の大きな話題である。このことは機器の高周波化、小型化、省電力化を意味する。したがって電子セラミックス製品も高周波適用誘電体材料・圧電体材料使用製品の開発と小型・高密度化のために多層配線板を採用した高機能・小型回路ブロック製品を複数組み合わせたモジュール化などが必要になる。

コンピュータを代表とする〔情報機器〕においては、MPU、メモリー、ゲートアレイを中心とした高速処理システムや無線LANを組み込んだシステム構成の応用などが検討されている。そしてこのようなシステム構成においても小型化は必須であり、配線回路ブロックのMCM化やICカードの実用化が進展すると見られている。合わせてTABやフリップチップによるICの基板への搭載技術や回路配線の一層のファインパターン化が必要になる。

〔自動車関連機器〕についての主なものとしては安全対策、省燃費関連機器のエレクトロニクス化はさらに急速に進み、その中でも搭載するマイコン数の増加があり、それにより電装系の信号ライン数の飛躍的な増大が考えられる。しかし、システムのトータルコストの低減は重要課題であり、夫々の部分でデータ処理を行う分散処理タイプのシステム構成等も検討されている。

3.2 民生用電子機器

民生用電子機器の代表選手はTV、VTR（関連機器を含む）、オーディオ機器である。〔TV〕は既に成熟商品であり、今後の動向としては「高付加価値で高額な商品」と「機能を絞った普及商品」の2極化が益々進行する。例えばハイビジョン受信機、ワイドTV、またBS/CSチューナ内蔵TV、VTR一体型TVなどの増加や、液晶TVのパーソナルユース、カーユースの需要の拡大が予測されている。〔VTR〕は普及率約78%であり、今後の機種動向の一例を挙げると据置型VTRにおいてはGコード対応型デッキが主流になるといわれている。〔VTR一体型カメラ〕は今後も益々の小型・軽量化が考えられ、機能・操作性がもっと改善される。〔オーディオ機器〕に関連した今後の期待製品の例としてはカーオーディオで用いられているCD機を利用したナビゲーションシステムが考えられている。

3.3 混成集積回路

最近、混成集積回路（ハイブリッドIC）の用いられるブロック回路が今まで以上に複雑回路化と、より苛酷な条件の回路等へと変化しており機能の多様化を促進している。もう一つの変化はここ2～3年の傾向として、実装技術の発展によりマザーボードの面実装化が進み、信号処理等のハイブリッドICの需要が減少している。しかし情報通信関連市場はマルチメディア化の大きな流れの中にあり、例えばパームトップパソコン、携帯型移動体電話用のハイブリッドICは高機能ハイブリッドICへと変化しながら増加の傾向にある。また、高周波回路用ハイブリッドIC、電源系を含む電力回路用ハイブリッドICについても今後も成長が期待されている。

4 電子セラミックス製品の技術動向

4.1 半導体セラミックス製品

Table5に半導体セラミックス製品の主な技術指向の現状、当面目標、将来目標を示す。〔NTCサーミスタ〕の開発動向のうち主なところは、小型化（SMT対応チップ化）高応答性化、使用温度範囲の拡大、高精度化等である。現状サイズは $2.0 \times 1.2 \text{ mm}$ 、目標サイズ $1.6 \times 0.8 \text{ mm}$ 、将来サイズ $1.0 \times 0.5 \text{ mm}$ である。応答性については当面現状の倍の応答速度を目指して開発がなされている。他の項目についてもTable5に示すように具体的目標数値を決めている。なお、信頼性向上は不可欠である。

〔PTCサーミスタ〕についての主な項目はまずNi-Crヒーターと競合して勝てるコストを目指すこと、また特性面では低抵抗化が要求されており現在 0.5Ω を 0.25Ω に目標をおいている。PTCにおいても小型化は必要事項であり、たとえばヒーター用棒状品において、その径を $\Phi 14$ から $\Phi 8$ に細くしても同じ特性（機械的・電気的強度ともに）維持できる製品の開発要求が出ている。また電流制御素子（消磁素子）はTVの大型化、高画質化のために高機能が要求される。

〔バリスタ〕は近年電子機器に使用されている半導体、ICをサージ電圧から保護するため、電圧・電流特性の優れたZnOバリスタが多用されている。また、サージ電圧保護と同時にノイズによるマイコン誤動作防止用にコンデンサ機能を付加した容量性バリスタが重要視されている。技術指向の主なものとしては小型化、チップ化とサージ耐量の増大であ

Table 5 Technical trend of semiconductive ceramic components.

Technical trend	Present products	Target (short term)	Target (mid term)
[NTC thermistor]			
(1)Down scale	2012	1608	1005
(2)High response	2 sec	1 sec	0.8 sec
(3)Widen working temperature range	-50 ~ 350°C	-50 ~ 500°C	-100 ~ 600°C
(4)High precision (tighten tolerance)	Resistance R±2% B Const. ±2%	R±1% B±1%	R±1% B±0.8%
[PTC thermistor]			
(1)Cost (vs Ni-Cr heater)	100%	50%	
(2)Low resistance(vs plastic PTC)	0.5Ω	0.25Ω	
(3)Down scale	φ14	φ8	
[Varistor]			
(1)Down scale	Decrease electrode area—Decrease surge resistance (resolve with improved material and manufacturing technology)—(up) of surge proof (examp. 3.2×1.6mm proof 150A—up in same (measure) size)		
(2)Increase surge resistance	resolve with improved material manufacturing technology (examp. φ7mm present proof 1250A—up in same (measure) size)		

Table 6 Technical trend of piezoelectric ceramic components.

Technical trend	Present	Mid term
(1) Electromechanical coupling coefficient K (increase)	30~60%	Separate working functional(increase)
(2) Capacitance (ε) (decrease)	min. 300	50
(3) High Q	6000max.	20,000
(4) Low temperature coefficient	10ppm/°C	0ppm/°C
(5) High Curie temperature	300~400°C	500°C

- ◎ High working frequency Possible materials and products for working frequency(materials and products)
 ◎ Low deterioration More improvement of each product and function
 ◎ Glass delay line Rappid replace with CCD

る。ただしサージ耐量は電極面積に関係するので、同質材料では当然サージ耐量の減少をまねく。したがって材料及び製造技術の改良が必要である。例えば3.2×1.6mmの同寸法で現行耐量150Aを少しでも向上できる材料、また径φ7品で現状耐量1250Aを少しでもアップできる材料及び製造技術の開発をめざしている。

4.2 圧電セラミックス製品

圧電セラミックス製品はフィルタや共振子、発振子、振動子、発音体・受音体、点火素子等、製品毎に圧電性機能の用い方が異なる。したがって将来目標値も各々の製品で異なるが、主な圧電特性の5項目についての技術指向をTable6に示す。まず電気機械結合係数であるが現在製品化されている材料は30~60%であり、用途(使用機能)によってさらに大きい材料が要望されている。容量εについても現在

使用されている材料のmin品は300であり、将来は50前後のものが必要になる。

誘電損失はないに越したことはないが、現在実用化されている材料はQ6000maxであり、目標は20,000と大幅に向上することをめざしている。温度係数(周波数温度係数)についても現在10ppm/°Cであるが限りなく0にすること、キューリー温度も現行300~400°Cを当面の目標として500°Cへと高温側へできるだけシフトすることを目指して開発が進んでいる。なお、使用高周波に対応可能な材料開発と製品化、そして機能特性の低経時変化製品の開発も進んでいる。

4.3 セラミック基板の技術動向

Table7に技術指向毎に電子機器・デバイスからの要求項目、それに対応するセラミック基板の主なものを挙げておく。

電子機器・電子デバイス的高速化による発熱量増

Table 7 Technical trend of ceramic substrate and requirement from equipment and electronic devices.

Technical trend (materials and products)	Requirement from equipment and electronic devices		Suitable substrate
(1) High heat dissipation structure and high thermal conductivity	High speed	(High heat generation)	AlN* substrate (diamond)
(2) Low dielectric constant, low resistivity conductor	High speed	(shortening delay time)	Low temperature sintered substrate : mullite
(3) Thermal matching	Multi-functional	(enlarge)	Low temperature sintered substrate : mullite
(4) Multi layer, fine wiring	High density circuit	(module system)	Multi layer substrate —development to MCM
		(down scale)	(alumina, AlN) (thin film multi layer circuit substrate(Cu-P1))
(5) High dielectric constant	High frequency	(down scale)	Dielectric substrate for micro-wave

* : Aluminum Nitride

大問題から高放熱構造製品や高熱伝導率材料使用製品が要求されている。AlN基板等が一時おおいに注目されたがまだ種々課題を残しており、本格採用にはもう少し時間がかかる。次に遅延時間短縮のために低誘電率化、低抵抗導体の材料が要求されている。それらに対応するため低温焼成ガラス基板、ムライト基板、Cu導体採用の動きが活発化し始めている。

またICチップの大型化に対応してSiと熱膨張が整合する材料が必要である。これに適合する基板ということで、低温焼成ガラス基板およびムライト基板が一部採用され始めた。モジュールシステムの小型化により、配線基板は益々高密度実装になる。よって微細配線化に対応できる多層配線基板は各使用機器、各システムの要求を満たすため基板材料もアルミナ、AlN、ガラスセラミック等と多様化が進むといわれている。

通信機器及びマイクロ波関連機器の高周波用回路ブロック等の小型化のため高誘電率基板が要求されている。そしてこの誘電体基板材料は誘電率 ϵ をはじめとするその他の特性についても要求が多様で、多種類の複合酸化物セラミックスが開発・試作されている。

そして実装密度の向上、小型化、多機能化、などの課題により、プリント配線基板においては、従来は単に信号系のパターンを内部に入れるだけの多層配線であったが、今後は抵抗内蔵、種々の容量のコ

ンデンサ内蔵などを含めた多機能配線基板が増加する傾向にある。

5 おわりに

国内電子工業の特に今後の牽引車である産業用電子機器を取り上げてみても、1994年から開始される移動体通信の準マイクロ波帯での運用に関連して電子部品の高周波化、小型化、省電力化、情報機器では特にシステムの小型化の対応技術としてMCMの採用やICカード等の実用化、自動車関連機器では安全対策、省燃費対応のため益々のエレクトロニクス化が進展する。したがって、電子セラミックス製品は、これらの機器の伸長により今後とも需要の拡大と、技術の飛躍的向上が大いに期待されている。

文 献

1. 1992年における電子工業の動向(1993-5)(社)日本電子機械工業会。
2. 産業用電子機器の中期需要予測(1992-11)(社)日本電子機械工業会。
3. 1993年世界の電子市場展望(1992-11)日経エレクトロニクス。
4. 1993年春季半導体市場予測結果(1993-4)WSTS(世界半導体市場統計)。
5. 1993年電子工業生産見通し(1992-12)(社)日本電子機械工業会。
6. 機械統計, 通商産業省
7. ファインセラミックス統計, 通商産業省。