

レーザーガラスとファラデー回転ガラス

HOYA材料研究所 浅原 慶之

Rare earth ions in laser glasses and Faraday rotator glasses

Yoshiyuki Asahara

Hoya Corporation, Material Research Laboratory.

希土類、特にランタンニド系の希土類イオンとニューガラスとの拘りは深い。高屈折低分散の新種光学ガラスには La_2O_3 が多量に含有されているし、またオプトエレクトロニクス機能を有するガラスにも多くの希土類イオンが使用されている。本稿では、レーザーガラスとファラデー回転ガラスに限って、希土類イオンの使用例をできる限り多く紹介するとともに、各々の使用例において希土類イオンに必要な特性についても触れることにする。

1. レーザーガラス

レーザーガラスは1986年にSnitzer¹⁾によって開発されてから今日まで、 Nd^{3+} を含有するガラスを中心として核融合用大出力レーザーシステムなどに利用されて来た^{2,3)}。これは、ガラスが非常に優れた溶媒であるとともに、その組成の変化によって、含有する希土類イオンのレーザー特性を連続的に変化させることができる、あるいは結晶に比べて均質で大きなものができるなどのガラスの特徴によるところが大きい。さらに最近では、ガラスの賦形性を最大限に活かしたファイバーレーザーも研究され、波長可変レーザー光源や光増幅デ

バイス材料として話題を呼んでいる。

レーザーガラス用活性イオンとして最も一般的な希土類イオンは Nd^{3+} イオンである。Fig. 1に示した Nd^{3+} のエネルギー準位のうち、 $^4\text{F}_{3/2}$ から $^4\text{I}_{11/2}$ への遷移による 1.06μ の発光が最も強く、4準位系のレーザーを形成する。 Nd^{3+} を活性イオンとするガラス材料は、酸化物ガラス、フッ化物ガラス、カルコゲナイドガラスなどあらゆる組成にわたって研究されており、かなり広範囲のレーザー発光特性を得ることができるが⁴⁾、機械的強度や化学的耐久性などの固体レーザー材料としての必要特性を考慮すると、珪酸塩ガラスとリン酸塩ガラスが適したガラスと云える。Table 1に市販のレーザーガラスの特性を示した⁵⁾。この表にある様に通常は3 wt%前後の Nd^{3+} イオンをドープするが、リン酸塩ガラスでは、特に高出力、高効率化をねらって、濃度消光なしに8 wt%前後までドープすることができる。(Fig.2)

励起光の吸収効率を上げて増感するために、 Nd^{3+} とともに他の希土類イオンが添加されることもある^{6,7)}。例えば Ce^{3+} の蛍光は Nd^{3+} の吸収帯と重なっており、またNd量の増加に伴ってCeの蛍光の減衰速度が増加することなどから、理論的には Ce^{3+} イ

Table 1 Properties of Nd³⁺ laser glasses

	SILICATE LSG-91H	PHOSPHATE LHG 5 LHG 8		FLUORO PHOS PHATE LHG10	PHOS PHO SIL I CATE HAP 3
Nd ³⁺ CONCENTRATION (10 ⁻²⁰ /CM)	3.0	3.2	3.1	3.0	3.6
STIMURATED EMISSION CROSS SECTION (10 ²⁰ CM ²)	2.7	4.1	4.0	2.7	3.9
LIFE TIME (μsec)	300	390	310	380	270
FLUORENCENSE HALF LINE WIDTH (Å)	274	220	218	265	273
CENTER LASING WAVELENGTH (nm)	1062	1054	1054	1054	1053
NON-LINEAR REFRACTIVE INDEX (10 ⁻¹³ esu)	1.58	1.28	1.13	0.61	1.12
THERMAL COEFF.OF OPTICAL PATH LENGTH (10 ⁻⁶ /°C)	6.6	4.6	0.6	-1.0	
COEFE.OF THERMAL EXPANSION (10 ⁻⁶ /°C)	105	98	127	153	83
THERMAL CONDUCTIVITY (Kcal/m.h.°C)	1.03	0.77	0.58	0.74	0.80
FRACTURE TOUGHNESS (10 ⁻³ MN/m ^{3/2})	—	390	290	—	454
THERMAL SHOCK RESISTIVITY (10 ⁶ KJ/m ^{1/2} h)	—	1.16	0.69	—	1.88

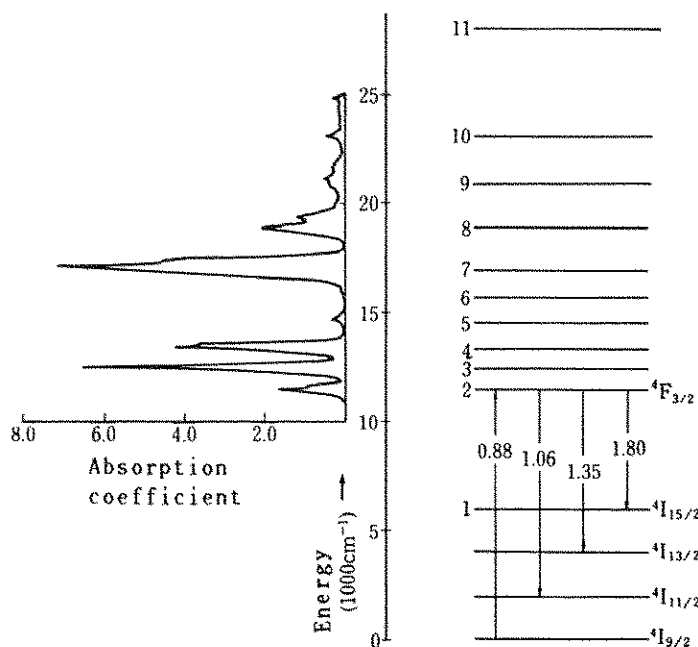


Fig. 1 . Energy levels of Nd³⁺ ion and associated adsorption spectrum.

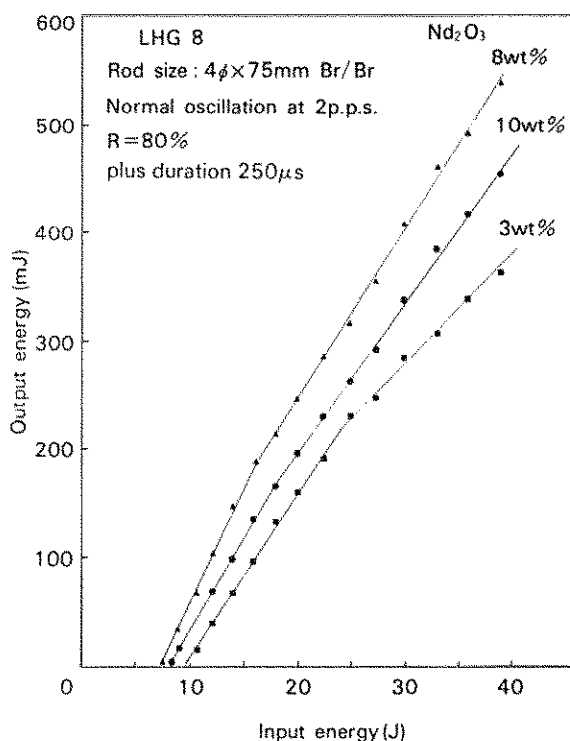


Fig. 2. Lasing characteristics of high Nd^{3+} doped Laser glasses.

オンが Nd^{3+} イオンを増感することが可能である。しかしながら、 Ce^{4+} の紫外の吸収が励起効率を減少させるためか、期待されるよりも利得は低いのが現状である。

Nd^{3+} イオンと並んで Er^{3+} イオンを含有するガラスも、 $1.53\mu\text{m}$ 付近に発振波長を有するeye safeレーザー材料であり、レンジファインダー用レーザー材料⁸⁾あるいは光通信用ファイバーの破断点検出用レーザー材料⁹⁾として注目されている。Erレーザー ($1.53\mu\text{m}$) は、 Er^{3+} の $^4\text{I}_{13/2}$ から基底状態の $^4\text{I}_{15/2}$ への遷移に基づくものであり、3準位系なので発振閾値は高い。しかもXeフラッシュランプで励起する場合には吸収効率が小さいので、一般にレーザー発振に必要な反転分布を達成するためには、 Nd^{3+} イオンや Yb^{3+} イオンを共存させ、Fig. 3に示すようなエネルギー遷移を用いて増感する必要がある¹⁰⁾。Table 2に市販のErレーザーガラスの特性を示した。また ZrF_4 系フッ化物ガラスを母体ガラスにした場合は、Erを単独でドープした場合でも $^4\text{I}_{11/2}$ から $^4\text{I}_{13/2}$ の遷移に基づく $2.78\mu\text{m}$ のレーザーも観察されたり¹¹⁾、アップコンバージョンで、807nmの励起光で

550nmと650nmの蛍光が観測され、可視光レーザーの可能性も出てきている¹²⁾。その他のイオンでは、 Tb^{3+} 、 Tm^{3+} 、 Yb^{3+} 、あるいは Ho^{3+} イオンをドープした ZrF_3 ガラスでレーザー遷移が報告されている¹³⁾¹⁴⁾。

一方、 Nd^{3+} イオンをドープしたファイバーレーザーでは、半導体レーザーで励起することによって石英ファイバーで $1.088\mu\text{m}$ のレーザー発振が見られる他¹⁵⁾¹⁶⁾、励起光を高強度で保持することから、3準位系である $^4\text{F}_{3/2}$ から $^4\text{I}_{9/2}$ の遷移に基づく938nmの発振が見られる¹⁷⁾。また $^4\text{F}_{3/2}$ から $^4\text{I}_{13/2}$ の遷移に基づく $1.33\sim 1.34\mu\text{m}$ のレーザは、 $^4\text{F}_{3/2}$ から $^4\text{G}_{7/2}$ の励起状態への吸収遷移と競合するので発振しにくい。ZrF₃ガラスファイバーの場合、効率は低いもののこの波長でのレーザー発振が観察されている¹⁸⁾。

Er^{3+} の場合はすでに述べた様に $^4\text{I}_{13/2}$ から $^4\text{I}_{15/2}$ の遷移に基づく $1.5\mu\text{m}$ 前後の発振は本来3準位系で、単独でドープした場合は発振しにくい。ファイバーの場合高励起強度を保持することや、514nmの光を用いて効率良く励起できるために、基底状態

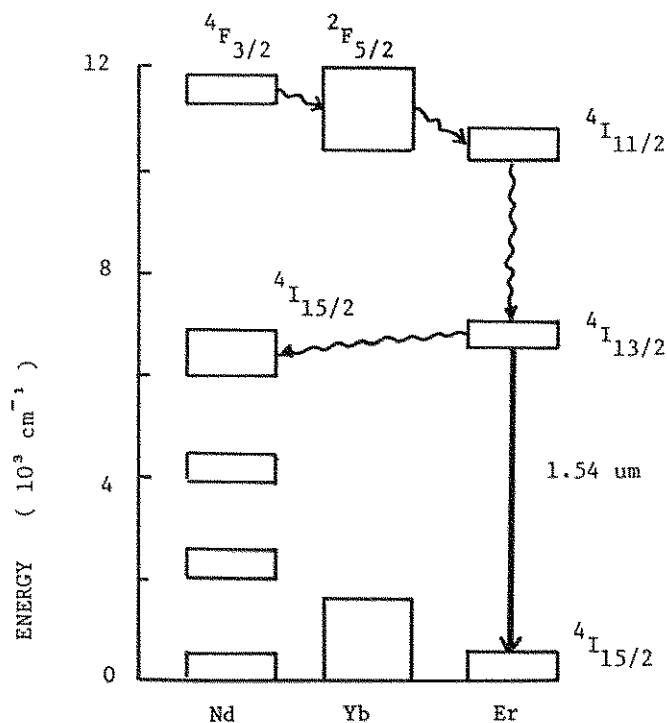


Fig. 3. Energy transfer process among Nd^{3+} , Yb^{3+} and Er^{3+}

Table 2 Properties of Er^{3+} Laser glasses.

名 称			LEG10	LEG20
レーザー特性				
誘導放出断面積	$\sigma\rho$	(10^{-21}cm^2)	7.3	7.3
蛍光寿命	τ	(msec)	8.8	8.8
発光半値幅		(290K) $\Delta\lambda(\text{\AA})$	300	320
発振の中心波長	$\lambda\rho$	(nm)	1535	1535
吸収係数	(cm^{-1})	at1540nm	0.029	0.058
スロープ効率(%)		出力鏡89% $3\phi\times 50\text{mm}$	0.29	0.42
発振閾値(J)		同 上	15	17
光学的特性				
屈 折 率n		at 1540nm	1.5251	1.5245
n		at 632.8nm	1.5385	1.5379
ブリュスター角			$56^{\circ}45'$	$56^{\circ}44'$
屈折率の温度係数 dn/dT (20°C ~ 40°C)		$(10^{-6}/^{\circ}\text{C})$	-3.45	3.88
熱的性質				
屈 伏 点 $T_s(^{\circ}\text{C})$			551	544
転 移 点 $T_g(^{\circ}\text{C})$			516	505
線膨張係数	α	20 ~ 40°C $(10^{-7}/^{\circ}\text{C})$	88	100
	α	100 ~ 300°C $(10^{-7}/^{\circ}\text{C})$	109	112
熱伝導率at25°C		$(\text{Kcal}/\text{m}\cdot\text{h}\cdot^{\circ}\text{C})$	0.47	0.47
化学的特性				
粉末法耐水性Dw (wt loss%) (H_2O 100°C 1 hr)			0.08	0.04
その他の特性				
密 度		(g/cm^3)	3.08	3.08
ヤング率		(Kgf/mm^2)	5710	5640
剛 性 率		(Kgf/mm^2)	2270	2240
ポアソン比			0.259	0.261
ヌープ硬さ		(100g荷重) (Kgf/mm^2)	349	346

よりわずかに上の部分にレーザー遷移が起り凝4準位系を形成する。このため純粋な3準位遷移波長1.536 μ mより少し長波長でレーザー発振する¹⁹⁾。

この他最近では、Sm³⁺をドープしたガラスで⁴G_{3/2}と⁶H_{9/2}の間で651nmの誘導放出が起ることが報告されており²⁰⁾、又Tb³⁺では⁵D₄から各々⁷F₅(545nm)、⁷F₄(590nm)、⁷F₃(625nm)、⁷F₂、⁷F₁、⁷F₀(670nm)の蛍光が見られ、いづれも可視域レーザーの可能性を示唆している¹⁵⁾¹⁶⁾。

2. ファラデー回転ガラス

ファラデー効果は、磁場中に置かれた透明な物質中を磁場に平行に入射した直線偏光の偏光面が、

$$\theta = VH/l$$

に従って回転する現象である。ここで θ は偏光面の回転角 (min.)、 l は物質の長さ (cm)、 H は磁場の強さ (Oersted) であり、 V はベルデ定数と呼ばれる物質に固有な比例定数である。特に V の大きなガラスは、ファラデー回転ガラスと呼ばれ、Fig. 4に示す様な基本構成で光アイソレーターを作るのに利用される。入力側の偏光子で直線偏光となったレーザー光は、ガラス中で偏光面が45度回転するように磁場を調節すると、同じく偏光方向を45度に配置した出力側の偏光子を通過することができる。逆方向から入射するレーザー光は、出力側の偏光子によって直線偏光となり、ガラス中でさらに45度回転するので、入力側の偏光子の偏光方向と偏光面が直交することになり、偏光子を通過できない。ファラデー回転ガラスは、最近発展のめざましい慣性閉じ込め方式のレーザー核融合装置のアイソレーター材料として使用される他²¹⁾、直線偏光の回転角を測定すれば磁気センサーとしても利用できる²²⁾。

一般に希土類イオンを含有する常磁性ガラスのベルデ定数は、

$$V = \frac{(4\pi)^2 \mu_B^2}{3chkT} \cdot \frac{Np}{g} \frac{2}{n} \frac{Cn}{v^2 - v_n^2}$$

$$p = g [J(J+1)]^{1/2}$$

で表わされる²³⁾。ここで、 v は入射光振動数、 g はランデ因子、 μ_B はボーア磁子、 h はプランク定数、 v_n は固有振動数、 C_n は遷移確率、 N は磁性イオンの数、 k はボルツマン定数、 T は絶対温度、 c は光速、

J は全角運動量子数、 p は有効磁子数を表わす。ファラデー回転ガラスとしては、ベルデ定数ができるだけ大きい事が望ましく、従って、有効磁子数 p が大きくしかも屈折率分散の大きな希土類イオンを多量に含有したガラスが望ましい。希土類イオンを含有するリン酸塩ガラスのベルデ定数をTable 3に示した²⁴⁾²⁵⁾。

この表からもわかるように、リン酸ガラスでは、イオンの種類によらず希土類イオンを25mol%前後含有し得るが、なかでも有効磁子数が大きく、しかも近紫外に固有振動数を有するCe³⁺あるいはTb³⁺イオンを含有するガラスが大きなベルデ定数を有している。これらのイオンは、使用する光の波長域である可視から近赤外にかけて、ほとんど吸収がない事からもファラデー回転ガラス用の希土類イオンとして最適である。Table 4には市販のファラデー回転ガラス (FR4: Ce³⁺, FR5: Tb³⁺) の特性を示した²⁶⁾。

基礎ガラスとしては、リン酸ガラスよりも硼酸ガラスの方が分子容が小さく、単位体積中の希土類イオンの数を大きくできるので有利であるが、B₂O₃と希土類酸化物の2成分系ではガラス化せず、多量に希土類イオンを含有させるためには、Fig. 5の(a)に示すようにAl₂O₃等の第3成分を必要とする²⁷⁾。また、特殊な例としては、Eu²⁺イオンを含有するガラスがある²⁸⁾。Table 3からもわかるように、Eu³⁺は不対電子を持たないので有効磁子数は小さいが、Eu²⁺では有効磁子数はGdと同じになり、また近紫外に固有吸収を有するので屈折率分散が大きくなり、大きなベルデ定数を示ようになる。Fig. 5(b)に示すように、かなり多量のEuOを含有してガラス化する。ちなみにCe₂O₃-Al₂O₃-B₂O₃とEuO-Al₂O₃-B₂O₃ガラスで、各々、633nmにおけるベルデ定数は-0.22min/0e・cm及び-0.48min/0e・cmにまで達し、リン酸ガラスの場合と比べてはるかに大きなベルデ定数になるが、いづれもガラス中でCe³⁺およびEu²⁺を保持するための強還元溶融が必要となる。

この他、大出力核融合用アイソレーター材料として、非線形係数が小さいフッリン酸系のファラデー回転ガラスも検討されている²⁹⁾。Fig. 5の(c)はTb³⁺イオンを含有するフッリン酸ガラスのガラ

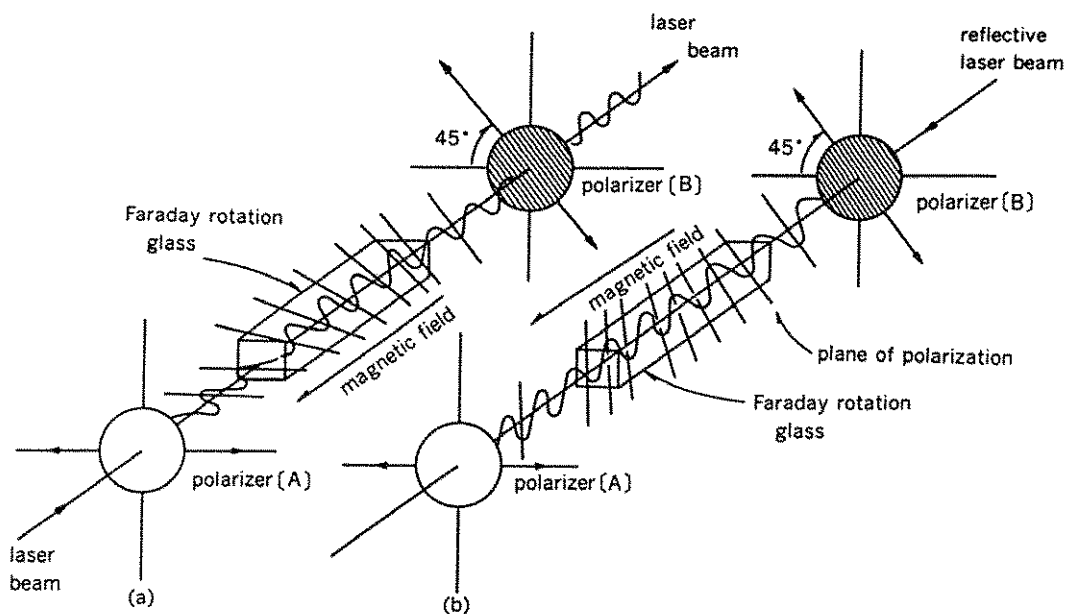


Fig. 4. The principle of isolator. In the case of (b), laser beam can not transmit the polarizer [A].

Table 3 Verdet constant and physical properties of the trivalent rare earth phosphate glasses.

Wave-length	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
405 ^a	0.037 ₁	-0.672	-0.447	-0.250	0.026 ₃	-0.025	0.018 ₂	-0.560	-0.540	-0.299	-0.139	0.019 ₇	0.087 ₉
420	0.033 ₆	-0.585	-0.395	-0.227	0.026 ₂	-0.021	0.016 ₉	-0.501	-0.494	-0.281	-0.127	0.017 ₄	0.077 ₆
436 ^a	0.030 ₄	-0.510	-0.332	-0.209	0.024 ₄	-0.017	0.015 ₇	-0.458	-0.453	-0.313	-0.121	0.013 ₃	0.072 ₉
450	0.029 ₆	-0.459	-0.338	-0.197	0.023 ₇	-0.016	0.015 ₆	-0.419	-0.419	-0.315	-0.120	0.011 ₂	0.065 ₈
465	0.025 ₉	-0.403	-0.283	-0.183	0.022 ₀	-0.016	0.015 ₀	-0.385	-0.388	-0.135	-0.111	0.011 ₃	0.061 ₆
480	0.024 ₇	-0.366	-0.283	-0.167	0.020 ₉	-0.010	0.014 ₅	-0.357	-0.359	-0.156	-0.100	0.012 ₁	0.056 ₃
500	0.022 ₆	-0.326	-0.261	-0.155	0.020 ₄	-0.006	0.012 ₈	-0.323	-0.331	-0.153	-0.111	0.009 ₆	0.050 ₇
520	0.020 ₆	-0.287	-0.236	-0.136	0.017 ₄	-0.006	0.012 ₁	-0.295	-0.301	-0.138	-0.095	0.008 ₂	0.045 ₀
546 ^a	0.018 ₇	-0.253 ₈	-0.208	-0.134	0.015 ₆	-0.005	0.011 ₅	-0.261	-0.268	-0.138	-0.062	0.006 ₆	0.041 ₃
578 ^a	0.015 ₇	-0.217	-0.182	-0.094	0.014 ₄	-0.004	0.011 ₀	-0.226	-0.237	-0.119	-0.060	0.005 ₅	0.036 ₂
600	0.014 ₉	-0.197	-0.170	-0.080	0.012 ₄	-0.003	0.010 ₃	-0.206	-0.217	-0.110	-0.057	0.004 ₈	0.032 ₃
635	0.013 ₅	-0.173	-0.150	-0.080	0.011 ₇	-0.002	0.009 ₃	-0.190	-0.197	-0.098	-0.051	0.004 ₄	0.029 ₄
670		-0.150	-0.132	-0.071	0.010 ₆	-0.002	0.009 ₀	-0.164	-0.173	-0.084	-0.044	0.007 ₂	0.024 ₈
700	0.011	-0.132	-0.123	-0.056	0.009 ₆		0.008 ₉	-0.150	-0.159	-0.077	-0.040	0.001 ₇	0.022 ₂
Visual appearance	Pale yellow	Green	Purple	Yellow	Pale peach	Colorless	Colorless	Pale yellow	Golden yellow	Pink	Pale green	Colorless	
P ₂ O ₅ /R ₂ O ₃	2.67±0.08	3.09	2.92	2.87	2.93	3.01	2.94	2.51	2.94	3.01	2.79	3.01	
$\frac{P^2}{g} \left[\frac{1}{J+1} \right] \}$	0	7.5	16	18	26.3	0	31.5	63	85	90	76.5	18.0	0
(Eu ²⁺ 31.5)													

Table 4 The Properties of HOYA Faraday rotator glasses

	FR- 4	FR- 5
Verdet constant V (min/Oe-cm) 632.8nm	-0.090	-0.242
1060nm	-0.026	-0.071
Refractive indices n_d	1.57316	1.68832
n_c	1.57018	1.68445
n_f	1.58006	1.69730
Abbe number ν_d	58.01	53.56
Non-linear index $n_2 (10^{-13} \text{ e.s.u})$	1.59	2.45
Figure of merit $V_{633} (n_d/n_2)$	0.089	0.167
Density (g/cm^3)	3.10	4.28
Transformation temp $T_g (^\circ\text{C})$	625	756
Sag temperature $T_s (^\circ\text{C})$	654	801
Coeff. of linear thermal expansion $\alpha_{100-300^\circ\text{C}} (10^{-7}/^\circ\text{C})$	67	50
$\alpha_{20-40^\circ\text{C}} (10^{-7}/^\circ\text{C})$	63	47
$\alpha_{30-70^\circ\text{C}} (10^{-7}/^\circ\text{C})$	61	44
Knoop hardness $H_k (\text{kgf/mm}^2)$	(510)	745
Chemical properties (wt. loss%) $D_w (\text{H}_2\text{O } 100^\circ\text{C } 1 \text{ hr})$	0.015	0.013
$D_A (0.01\text{N-HNO}_3 100^\circ\text{C } 1 \text{ hr})$	0.055	0.22
Young's modulus Y (kgf/mm^2)	6651	11035
Modulus of Rigidity G (kgf/mm^2)	2673	4517
Poisson's ratio	0.244	0.22
$dn/dT (10^{-6}/^\circ\text{C}) (20-40^\circ\text{C})$	+2.8	+7.5
$ds/dT (10^{-6}/^\circ\text{C}) (20-40^\circ\text{C})$	+6.3	+10.7

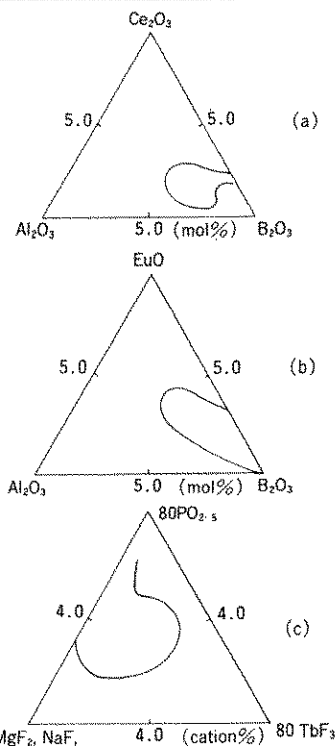


Fig. 5 . Glass forming region in the system containing rare earth oxide.

ス形成範囲を示したもので、約40カチオニック%の TbF_3 を含有することができる。

3. 希土類イオンに必要な特性

レーザーガラスやファラデー回転ガラスにおける希土類イオンに必要な物理特性についてはすでに述べた。

希土類化合物原料に関しては、レーザーガラスの場合ガラス全量に対して添加量はわづかであり、今のところ大きな問題はない。しかしながら、ファイバーレーザーの場合は、目的の希土類イオンとともに混入した他の希土類イオンが吸収と光損失の原因になる事は充分考えられる。また、フッ化物ファイバーレーザーの場合には、希土類フッ化物中に含まれる酸化物がガラス中にインクルージョンを生じ、これがファイバーの散乱損失の原因になる事も考えられる。

一方、ファラデー回転ガラスでは、希土類イオンの含有量も多く、また、その含有量が性能を支配するため、希土類イオンの原子価がかなり性能に影響を与えることになる。Ceイオンの場合、ガラス中では Ce^{4+} が安定である。ところが Ce^{4+} はLaと同じ電子配置であり不対電子を持たない。従って、Ce含有ガラスでは、いかに多量の Ce^{3+} イオンをガラス中に保持するかがポイントとなる。このため原料としては Ce^{3+} が安定な化合物が必要である。Euイオンの場合も、ガラス中では Eu^{3+} が安定で、 Eu^{2+} にするための2価のEu原料と、強還元溶解が必要となる。Tbイオンの場合、原料としては Tb_4O_7 が一般的なので、原料中には Tb^{3+} と Tb^{4+} が混在している。ガラス中では Tb^{3+} が安定なので大きな問題ではないが、 Tb^{4+} が残ると可視域に吸収を生ずるばかりか、ベルテ定数の値にも影響を与える。このため、 Tb^{3+} で安定な原料が要望される。

4. あとがき

レーザーガラスとファラデー回転ガラスに関して、希土類イオンの利用例を述べた。出来る限り多くの使用例を集める試みの反面、まとまりのないものになってしまった事をお許し願いたい。どの程度の使用量があるかは、例えばレーザー核融合装置に使用されるガラス量が文献(2)および(3)に

あるので、これらが参考になろう。いくらかでも希土類イオンの使用状況の把握に役立てば幸である。

参考文献

- 1) E. Snitzer ; Phys. Rev. 7 444 (1961)
- 2) R. O. Godwin ; W. W. Simmons ; Laser Focus, 1985/ April p78
- 3) 加藤義章; New Glass, 1 15 (1986)
- 4) M. J. Weber, J. E. Lynch : Laser Program Annual Report 82, p7-45 (1982) , Lawrence Livermore Laboratory
- 5) HOYAレーザーガラスカタログ
- 6) S. E. Stokowski : Laser Program Annual Report 79, UCRL50021-79, 2-153 (1979) Lawrence Livermore Laboratory.
- 7) R. R. Jacobs et al. ; J. Appl. Phys. 47 [5] 2020 (1976)
- 8) 鈴木貞一他; 光量子エレクトロニクス研究会資料OQE-84-40 (1984)
- 9) M. Nakazawa et al. ; Opt. Letter, 9 [7] 312 (1984)
- 10) J. D. Edward, J. N. Sandoe ; J. Phys. D. Appl. Phys. 7 1078 (1974)
- 11) S. A. Pollack, M. Robinson ; Electron. Lett. 24 [6] 320 (1988)
- 12) K. Okada, et al ; 5th International Symposium on Halide Glasses, May 29-June 2, Shizuoka (1988) p146
- 13) H. C. Brierley et al. ; CLEO'S'88, April 25-29 Anaheim Ca (1988) TUM-29
- 14) K. Patek ; "Glass lasers" Butterworth, London (1970)
- 15) S. B. Poole et al. ; J. Lightwave Technology LT-4 [7] 870 (1986)
- 16) L. Reekie et al. ; ibid LT-4 [7] 956 (1986)
- 17) L. Reekie et al. ; Electron. Lett., 23 [7] 884 (1987)
- 18) W. J. Miniscalco et al. ; ibid, 24 [1] 28 (1988)
- 19) L. Reekie et al. ; ibid 23 [20] 1076 (1987)
- 20) M. C. Farries et al ; ibid 24 [11] 709 (1988)
- 21) G. Leppelmeier, W. Simmons ; Laser

Program Semiannual Report UCRL-50021-73-1, Lawrence Livermore Laboratory (1973) p978

- 22) K. Kyuma et al. ; "Optics and Laser in Engineering" Applied Science Publishers, Ltd. England 3 (1982) p155
- 23) J. H. Van Vleck, M. H. Hebb ; Phys. Rev. 46 17 (1934)
- 24) N. F. Borrelli ; J. Chem. Phys. 41 [11] 3289 (1964)
- 25) S. B. Berger, et al. ; Phys. Rev., 133 [3A] A723 (1964)
- 26) HOYAファラデー回転ガラスカタログ
- 27) 浅原慶之, 泉谷徹郎:昭43年窯協研究発表会A 10
- 28) M. W. Shafer, J. C. Suits ; J. Am. Ceram. Soc., 49 261 (1966)
- 29) Y. Asahara, T. Izumitani ; Proceedings of the Technical Program. Electro Optics/Laser '78, Conference, Sept. 19-21, Boston (1978) p16.

[筆者紹介]



浅原慶之 (あさはら よしゆき)
昭和15年 2月18日生
昭和39年 3月 東京都立大学理学部物理学科卒
同年 4月 ㈱保谷硝子入社,
同社技術研究所を経て,
現在, HOYA㈱材料研究所ニュー
ガラス研究室長

この間, 主に遅延線ガラス, フ
ァラデー回転ガラス, カルコゲナ
イドガラス, 核融合大出力レーザ
ー用ガラス材料, 屈折率分布型レ
ンズ材料の開発に従事, 工学博士

Abstract

Rare earth ions are extensively used in new glasses such as laser glasses and Faraday rotator glasses. Well known is the use of Nd^{3+} ions as activators for the laser glasses. Laser action has been demonstrated for many lanthanide ions : Nd^{3+} , Tb^{3+} , Ho^{3+} , Er^{3+} , Tm^{3+} , either singly or in sensitizer-activator combinations. A number of fibers containing various rare earth ions (Nd^{3+} , Er^{3+} , Tb^{3+} , Sm^{3+}) are also of current interest for a variety of applications, including tunable laser fiber sources or broad band amplifiers in optical communication systems. Glasses containing substantial amounts of Ce^{3+} , Tb^{3+} or Eu^{2+} are valuable as Faraday rotator materials for optical isolators, modulators and magnetic sensors.

This paper describes the application of rare earth ions in laser glasses and Faraday rotator glasses.