

車載用光ピックアップの技術動向

岩井 正人

車載用 CD プレイヤーが市場に出て 15 年が経った。ワールドワイドかつ幅広い年代層をユーザーにかかえる保守的な車載市場においても、数年前にやっと生産台数でカセットテーププレイヤーを上回り、汎用品として認知されるようになった。コスト競争が年々厳しくなる世界ではあるが、特殊な部分も残されている。車載用光ピックアップはホーム用や PC 用光ピックアップと異なり、

- ①一部のモデルで記録できることをセールスポイントにするものもあるが、基本的に再生専用である。市場はオーディオ再生が主体であり、PC 用のような高速シークや高転送レートは求められない。ただし、PC の世界がそのまま移転してきたようなナビゲーションシステムの場合は別で、最先端ではないが、それに準じるパフォーマンスが要求されている。特に DVD ナビゲーションは複数枚にまたがる日本地図が 1 枚に収まる大容量がゆえに、カーナビゲーションの主流を占めている
- ②長期使用に耐えうる品質が最重視される。OEM（相手先ブランドによる委託生産）製品が万が一故障した場合、ユーザーのディーラーへの持ち込みと修理費用負担が発生するために、自動車部品の一部としての管理が要求される。数ドルの光ピックアップでも、数万ドルの自動車に純正部品として取り付けられると、数万ドルの品質が求められる
- ③大きな仕様変更は、自動車のモデルチェンジ（4～8 年）に合わせざるを得ず、一度 OEM として搭載されると長期にわたり生産が継続される
- ④カスタムニーズが強く、独創性を尊重する気風が欧

米の自動車メーカーにある

- ⑤ 1 DIN の寸法規格（50(H)×178(W)×165(D)）やバッテリーによる供給電源等、車載特有の制約があり、薄型かつ小型化のニーズが強い

光ピックアップ全体市場における車載ピックの年次ごとの生産数比推移と、地域別市場トレンドを、表 1、図 1 に示す。

1. 市場の 3 大不良

従来から、光ピックアップは他の電子や機構部品に比べて市場品質が一桁悪く、パーツパーミリオンレベルで管理できない特殊な部品とみられてきた。なかでも、

- ① 光軸ずれ（ディスクからの反射光のピンフォトダイオード上の経時変化による位置ずれ）
- ② プレイアビリティ劣化（レンズ汚れや、チルト変化による耐振動、耐きず特性劣化）
- ③ レーザー破壊

は、市場の 3 大不良といわれ、最終ユーザーである利用者ならびに自動車メーカーに迷惑をかけてきた。このなかで①の光軸ずれは、反射型のビームスプリッターを用いたバルク光学系では、ハウジングの精度や剛性ならびに接着に依存する部分が多く、かつ、受発光素子の距離が近接できないので、光軸ずれの問題が付いてまわっていた。しかし、トレランスの大きい、透過型のホログラム素子を用いた光集積素子の出現と、オートゲインならびにオートバランス調整機能の付いた集積回路（LSI）の出現によって、飛躍的に改善され、市場クレームは激減した。しかしながら、②、③ はまだまだ改善の余地を残している。

2. 信頼性保証条件

自動車と同じ、北米内陸部や北欧の厳寒の気候や、砂漠

アルパイン(株)いわき事業所 (〒970-1192 いわき市好間工業団地 20-1)
E-mail: m-iwai@apn.alpine.co.jp

表1 (a) 光ピックアップ全体市場における車載ピクの年次ごとの生産数比推移と, (b) (c) (d) 地域別市場トレンド.

(a) 光ピックアップ全体市場

(単位:千台)

市場規模/年次	実績					予想				
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
光ピックアップ市場	269,861	307,207	386,040	484,139	529,779	568,728	597,102	628,835	660,006	
伸長率 (%)		114	126	125	109	107	105	105	105	

(b) カー CD-Audio 市場

(単位:千台)

市場規模/年次	実績					予想				
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
日本	4,200	4,200	4,300	4,300	4,300	4,300	4,300	4,200	4,100	
北米	7,500	9,300	13,000	17,600	19,100	20,500	21,000	20,800	20,500	
欧州	6,500	8,300	10,700	12,800	14,000	15,200	16,200	17,000	17,600	
その他	1,300	1,700	2,000	2,300	2,600	3,000	3,500	4,000	4,500	
合計	19,500	23,500	30,000	37,000	40,000	43,000	45,000	46,000	46,700	
伸長率 (%)		121	128	123	108	108	105	102	102	

(c) カー MD 市場

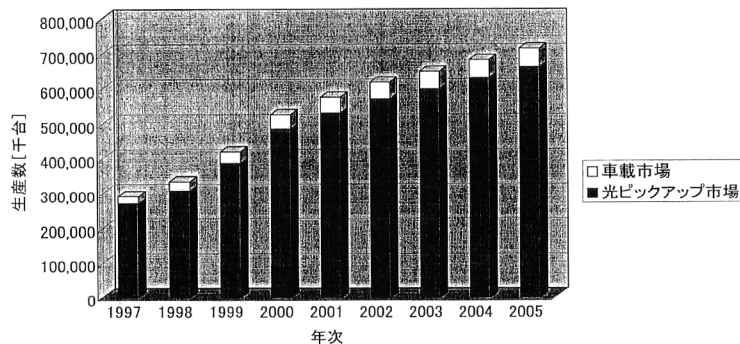
(単位:千台)

市場規模/年次	実績					予想				
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
日本	500	845	1,200	1,500	1,800	2,000	2,200	2,400	2,500	
北米	5	5	5	5	5	5	5	0	0	
欧州	5	30	50	50	50	50	50	30	0	
その他			0	0						
合計	510	880	1,255	1,555	1,855	2,055	2,255	2,430	2,500	
伸長率 (%)		173	143	124	119	111	110	108	103	

(d) カーナビゲーション市場

(単位:千台)

市場規模/年次	実績					予想									
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
日本	1,050	1,250	1,520	1,800	2,000	2,200	2,400	2,400	2,700	3,200	3,400	3,500	3,600	3,700	
北米	5	5	5	5	10	20	20	30	70	350	700	1,200	1,900	2,800	
欧州	100	150	250	350	450	600	600	800	1,100	2,000	2,600	3,300	4,100	4,900	
その他		5	5	5	5	10	10	20	30	100	150	200	300	450	
合計	1,155	1,410	1,780	2,160	2,465	2,830	3,030	3,250	3,900	5,650	6,850	8,200	9,900	11,850	
伸長率 (%)		122	126	121	114	115	107	107	120	145	121	120	121	120	
車載 Total	21,165	25,790	33,035	40,715	44,320	47,885	50,285	51,680	53,100						



市場規模/年次	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
光ピックアップ市場	269,861	307,207	386,040	484,139	529,779	568,728	597,102	628,835	660,006
車載市場	21,165	25,790	33,035	40,715	44,320	47,885	50,285	51,680	53,100

(単位:千台)

図1 光ピックアップ全体市場における車載用ピクの年次ごとの生産数比率 (実績と予想).

表2 代表的な車載用光ピックアップの信頼性条件.

	車載用ピックアップ	汎用ピックアップ
動作保証温度 (°C)	-30~+80	-10~+60
保存温度 (°C)	-40~+85	-30~+80
高温高湿試験	+60°C, 90%Rh に 192 h 放置	+45°C, 90%Rh に 96 h 放置
熱衝撃試験	-40°C および +85°C に各 30 分ずつ放置することを 1 サイクルとして, 500 サイクル	-20°C および +70°C に各 30 分ずつ放置することを 1 サイクルとして, 10 サイクル

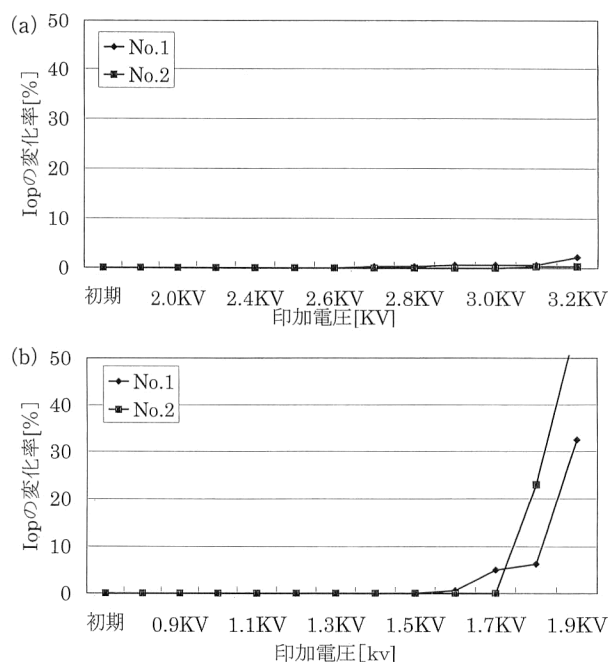


図2 保護回路を付けた赤外レーザーの 200 pF の静電耐圧特性. 100 V ステップ印加試験結果. (a) FPC コネクター LD/GND 端子部, (b) LD/GND 端子直接印加.

や赤道帯の灼熱の状態等, さまざまな使用状態を想定して, $-30\sim+80^{\circ}\text{C}$ 超の動作保証や, 5年10万 km 走行に相当する耐久性が要求され, 年々厳しくなる傾向がある. アルパイン(株)では業界に先駆けて, より実車に近い耐久性を保障するために, 過酷な熱衝撃試験を施し良好な結果を得てきた. 顧客先により異なるが, 表2に代表的な試験条件を示す.

さらに近年, より実車に近い状況を再現するために, 温度や湿度, そして振動を組み合わせた複合サイクル試験等, 耐久性を保証するための, さまざまな試験が行われている.

3. 接着剤の耐久性

ピックアップに使われる接着剤は生産性の考慮もあり, UV 硬化タイプのアクリル系接着剤が主流である. 熱衝撃試験 1000 サイクル以上の限界試験は, ほとんど付けられた大きなチップ部品が脱落するケースもあるほど過酷なものであるが, 最近の接着剤は本当によくなり, 1000 サイクル

でも普通に耐えるようになった.

光学部品の接着は硬化歪みをきらい. 高温低温動作時に歪みによる特性劣化がみられることもあったが, ガラス転移点が低く (-30°C 以下), 光硬化収縮 5%以下の柔らかい (シヨア硬度 A100 以下) 接着材を選ぶことで歪みの問題は解消されつつある.

もちろん, 最近よく使われるエンブラーである, PPS (ポリフェニレンサルファイド) や LCP (液晶ポリマー) 等の被接着剤との相性がよくて界面剥離しづらいことと, 膨張係数の近い部材を選ぶことはいうまでもない.

4. レーザー破壊

ときどき, 市場から返却される不良品に, レーザー劣化や破壊によるものがある. 世界中から, 高い授業料を払い, 貴重な教材として集めてくるが, なかなかゼロにならない. 不良には, 静電破壊によるものと, 寿命によるものがあるが, レーザーチップ端面から判別するのは難しく, 履歴から追う方法しかないのが実情である. 一般的には, 乾季に多く出る傾向があることから, 静電破壊が支配的であるとみられている. また, ナビゲーション用として長時間, 高温状態で使われるものは, オーディオ用より不良率が高い傾向があり, これら ROM 用については寿命要因が加わっていると思われる.

4.1 静電・サージ対策

静電ならびにサージ破壊対策は①設計的な保護対策と②製造工程における静電管理の2つに大別される. アルパイン(株)ではコンデンサーと抵抗を組み合わせた保護回路と, 直接 LD ラインを手で触れたり, 飛び込みのサージが入らないようにするメカ的なシールド対策を施している. 製造部門においては, 20 V 静電管理等, 管理強化に努めているが, 光効率のよいレーザーほど静電耐久が低く, 波長の短い赤色レーザーは極端に弱いことから, まますます扱いづらくなっている.

保護回路を付けた赤外レーザーの 200 pF の静電耐圧特性を図2に示す.

4.2 レーザーの高温動作寿命

85°C を超える環境温度で動作や寿命を保証するレーザ

ーはなく、実力勝負でメーカー保証している状態である。基本的には、温度が10°C上がれば寿命は半減し、光出力を下げるほど2乗に反比例して寿命は延びるので、セットの内部上昇温度を抑えつつ、放熱を十分に行い、光出力もいづらか低いところで使うしか対策はないようである。以前は夏季の炎天下での車内の温度上昇が問題にされたが、最近では冬季の暖房による加熱が問題になるケースも出てきている。また一部のアンプ内臓モデルでは高出力競争があり、さらに条件を悪くしている。それでも780 nmレーザーはほぼ満足できる域に達してきたが、DVD用の赤色レーザーはまだ不十分であり、今後の改善が望まれる。

また、現時点では車載用赤色レーザーとして、シングルモード赤色レーザーが動作寿命や消費電流の点で主流であるが、高周波重畳回路のラジエーション問題を抱えている(VICS (vehicle information and communication system), UHF (ultrahigh frequency), 携帯電話の使用周波数帯に近く、わずかな周波数帯しか使えない)。

自励振レーザーは、まだ70°C動作保証止まりであり、一日も早い開発が望まれている。

5. 対物レンズ

5.1 対物レンズの耐久性向上

車載用光ピックアップの対物レンズに要求される仕様は、

- ① 吸湿が少なく、熱変形温度が100°C以上あること
- ② 作動距離(WD)が十分に大きく、いかなる外乱に対してもディスクやチェンジャー用トレイに接触しないことが必要である(DVD用対物レンズは薄型ニーズなるがゆえに作動距離も小さく、苦肉の策として、接触した場合のきず防止用シールや緩衝材を付けている)
- ③ 視野特性が十分に広いこと、耐振動および耐きずの相反するニーズを満足させるために、ラジアルシフト時のトラッキングエラー信号ドリフト許容量が元々小

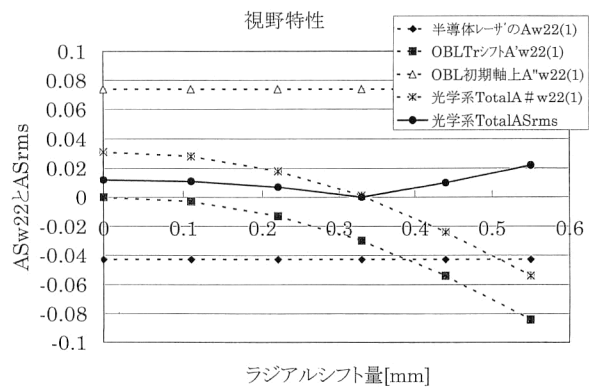


図3 非点収差過補正による視野特性改善。

さいうえに、垂直または水平置き時の姿勢変動によって生ずるアクチュエーター支持系の自重たわみによる位置ずれを考慮する必要がある

アルパイン(株)では6年前から光ピックアップ用対物レンズにポリオレフィン系材料を全面的に取り入れ、光学レンズメーカーの協力を得て好成績を上げてきた。

ポリオレフィン系はPMMA(ポリメタクリル酸メチル樹脂)に比べて、吸湿が少なく、かつ熱変形温度が100°C以上と高く、ガラスモールドレンズに代わる有望な材料であるが、複屈折が大きく、使いづらかった。

アルパイン(株)では、ポリオレフィンがもつ複屈折による非点収差を積極的に利用し、半導体レーザーがもつ非点収差と、対物レンズトラックシフト方向時に発生する非点収差をキャンセルして、軸上で過補正にすることで良好な視野特性を得ている(図3)。

5.2 非点収差による視野特性改善効果

ポリオレフィン系対物レンズは回転方向に依存せず、偏光方向に依存する複屈折AS(非点収差)が支配的であり、対物レンズのトラック方向と半導体レーザーの偏光方向を一致させた場合、対物レンズの複屈折ASは、トラックシフト時に発生する軸外ASと半導体レーザーのASに対して互いに打ち消す方向にある。ゼルニケ展開係数の3次の非点収差係数を $A_{w22(1)}$ 、これのRMS(2乗平均)表

表3 計算例。

	像高 [mm]	Trシフト量 [mm]	半導体 レーザーの $A_{w22(1)}$ [λ]	対物レンズ Trシフト時 $A'_{w22(1)}$ [λ]	対物レンズ 初期軸上 $A''_{w22(1)}$ [λ]	光学系 Total $A^{\#}_{w22(1)}$ [λ]	光学系 Total AS_{RMS} [λ]
軸上	0.00	0.00	-0.043	0.000	0.074	0.031	0.012
	0.02	0.11	-0.043	-0.003	0.074	0.028	0.011
	0.04	0.22	-0.043	-0.013	0.074	0.018	0.007
	0.06	0.33	-0.043	-0.030	0.074	0.001	0.000
	0.08	0.44	-0.043	-0.054	0.074	-0.024	-0.010
軸外	0.10	0.55	-0.043	-0.084	0.074	-0.054	-0.022

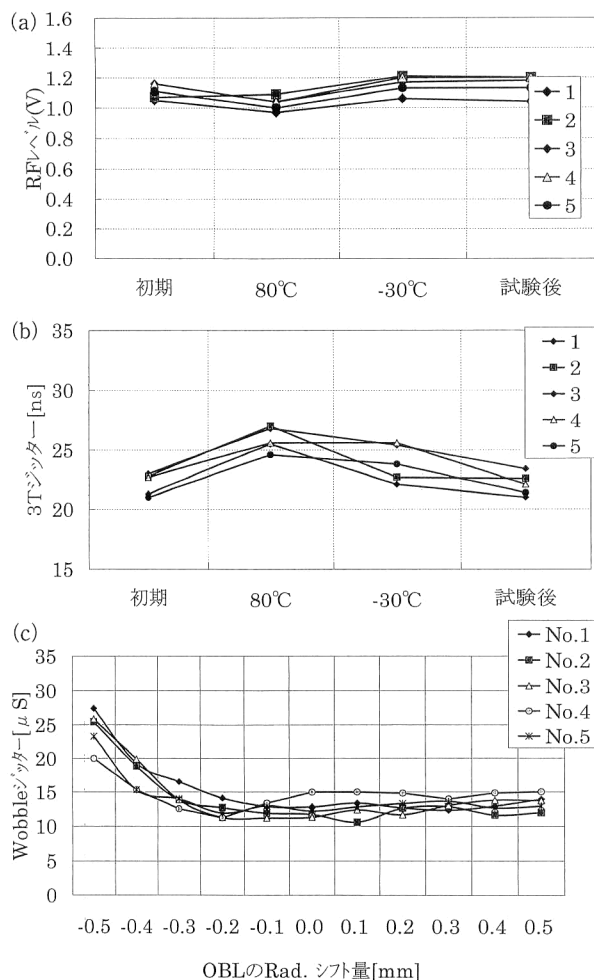


図4 高低温動作のRF信号レベルとトラックシフト時のウォーブルジッター値の変化。(a) MDピックの高低温動作時のRFレベル変化, (b) MDピックの高低温動作時の3Tジッター変化, (c) 対物レンズのラジアル方向シフト時のウォーブルジッター変化。

示を AS_{RMS} とするとき、これらの関係は以下の式で表される。

$$AS_{RMS} = [A_{w22(1)}] \sqrt{6} \quad (1)$$

半導体レーザーの対物レンズ（無収差とする）出射光の非点収差は以下の式により表される。

$$A_{w22(1)} / \{NA^2/2\} = m^2 \cdot \Delta X / 2 \quad (2)$$

ΔX : 半導体レーザーのもつ非点隔差, NA : 対物レンズの開口数, m : 倍率

いま仮に光学系を, $NA=0.45$, $m=-1/5.5$, $\Delta X=20 \mu\text{m}$ とした場合, 半導体レーザーの非点隔差の影響による対物レンズの出射波面収差は,

$$\begin{aligned} A_{w22(1)} &= \{NA^2/2\} \cdot m^2 \cdot \Delta X / 2 \\ AS_{RMS} &= [A_{w22(1)}] / \sqrt{6} \end{aligned} \quad (3)$$

のように表され, 対物レンズの非点収差を $AS_{RMS}=0.02\lambda \sim 0.05\lambda$ とするとき, 必ず軸上で AS 過補正になる。

対物レンズの軸上での初期非点収差: $AS_{RMS}=0.03\lambda_{RMS}$ ($A''_{w22(1)}=0.0735\lambda$) の場合の計算例を表3に示す。

また, MDピックアップにおいても同様に, 1ランク複屈折の少ない材料でわずかに AS をもたせた対物レンズと, 十分に AS 補正されたレーザー光源を用いて, 有限距離仕様の光学系を構築し, 十分な性能を引き出している。高低温動作のRF信号レベルとトラックシフト時のウォーブルジッター値の変化を図4に示す。

ついでながら, オレフィン系対物レンズはDVDの分野でも新展開をみせている。車載用DVD対物レンズは高NAなるがゆえに, 光学プラスチック材料の屈折率温度依存性による, 球面収差の増減によって使いづらく, ガラスモールドレンズの独壇場であった。最近, 2波長1チップレーザーの出現と前後して出現した多輪帯構造の位相シフトや回折タイプの2波長対応レンズは, 温度依存性も少なく, コストニーズと併せて今後の主流になる可能性が出てきた。

車載用光ピックアップは光ピックアップ全体市場の1割にすぎない世界であるが, 求められる仕様は厳しく, 各種部品のボトムアップが不可欠な分野である。材料から見直しを迫られるケースもあり, 必然的に小ロットのカスタム仕様になる部品が少なくない。部品メーカーの協力なくしては成り立たないゆえである。

アルパイン(株)ではモービルマルチメディアと名付け, 移動体通信と併せて, 光ディスクシステムをその中心に据えている。今後ともさらに, 小さく, 薄く, 丈夫で安価な光ピックアップを提供していく所存である。

(2001年1月15日受理)