

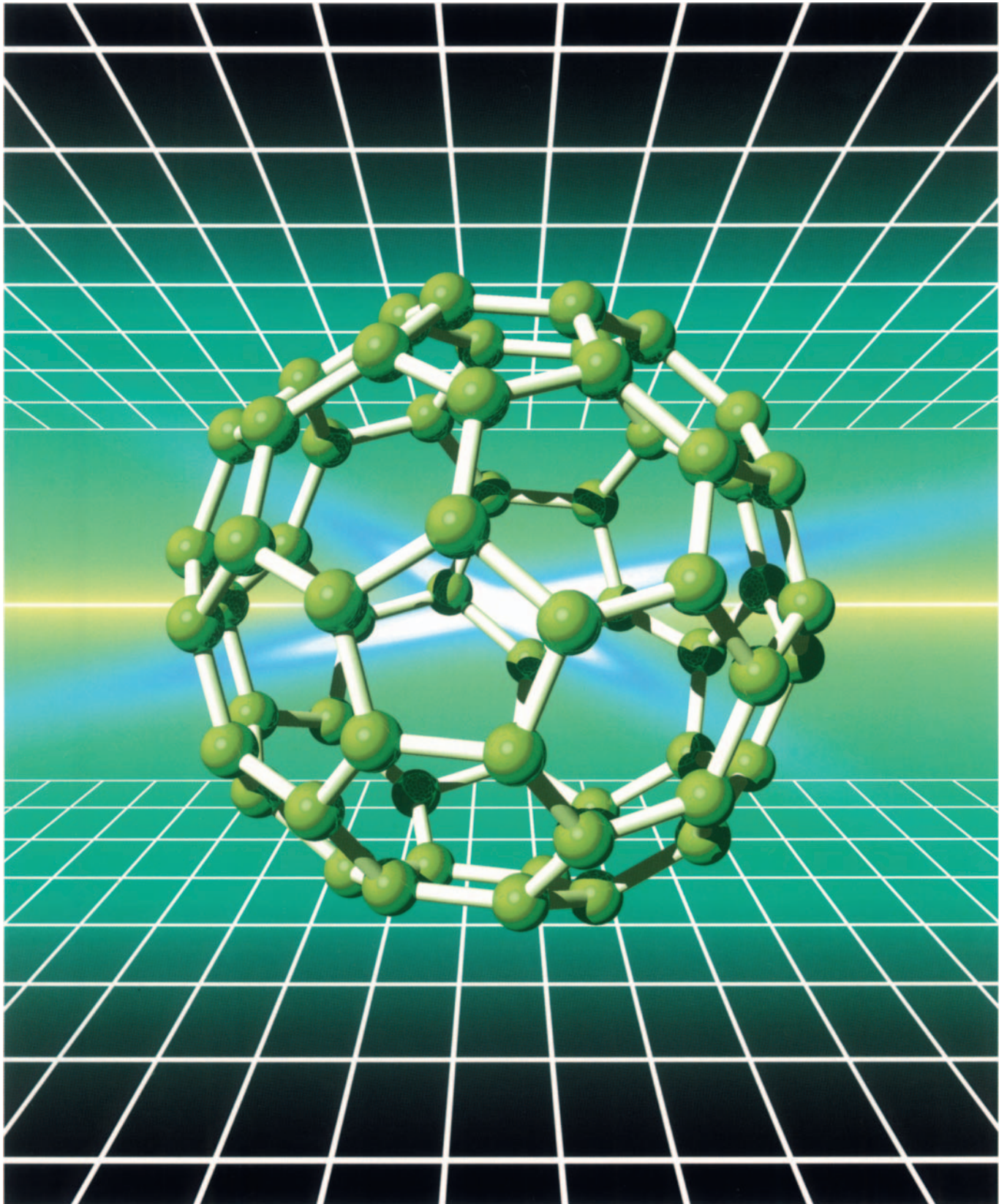
豊田合成技報



TOYODA GOSEI

TOYODA GOSEI TECHNICAL REVIEW

VOL.48 NO.2 2006



総説	窒化物半導体ヘテロ結合トランジスタの課題と展望・・・	葛原 正明36 平田 宏治 小嵯 正芳 柴田 直樹
	自動車における高分子材料の耐久性評価.....	竹内 勝政43 林 秀典 栗本 英一
新技術紹介	サテン調めっき.....	堀田 祐志49 丸岡 洋介 井土 尚泰 度会 弘志
	Low HAPs プライマー.....	関谷 隆51
新製品紹介	ヒータ付ハンドル.....	安田 哲雄53 櫻井 浩史
	圧力損失低減クールエアインテークダクト.....	岩尾 裕55 高田 功
	ハイブリッドホイール.....	竹田 和生57 荒川 哲也 西川 友和
	新加飾オープニングトリムウェザーストリップ.....	黒木 幹也59 峯 公教
	NTT ドコモ向け携帯電話機筐体.....	島田 雅俊61
	‘07 モデル空気清浄機.....	山口 秀明63
	社外発表文献一覧表	65

CONTENTS

Technical Review

- Present Status and Future Prospect of III-Nitride
Heterojunction Transistors.....Masaaki Kuzuhara.....36
Koji Hirata
Masayoshi Kosaki
Naoki Shibata
- Durability Evaluation of High Molecular Material in a Vehicle.....Katsumasa Takeuchi.....43
Hidenori Hayashi
Hidekazu Kurimoto

New Technologies

- Satin like Plating.....Yuji Hotta.....49
Yosuke Maruoka
Takayasu Ido
Hiroshi Watarai
- Low HAPs Primer (for MACT Regulation).....Takashi Sekiya.....51

New Products

- Steering Wheel with Heater Element.....Tetsuo Yasuda.....53
Koji Sakurai
- Low Pressure Loss Cool Air Intake Duct.....Hiroshi Iwao55
Isao Takada
- Hybrid Wheel.....Kazuo Takeda.....57
Tetsuya Arakawa
Tomokazu Nishikawa
- Opening Trim Weather Strip with Special Electrostatic Flocking.....Mikiya Kuroki.....59
Kiminori Mine
- Cellular Phone Case for NTT DoCoMo.....Masatoshi Shimada.....61
- '07 Model Air Purifier.....Hideaki Yamaguchi.....63
- List of Published Papers.....65

≡ ≡ ≡ 総 説 ≡ ≡ ≡

窒化物半導体ヘテロ接合トランジスタの課題と展望

Present Status and Future Prospect of III-Nitride Heterojunction Transistors

葛原 正明^{*1}, 平田 宏治^{*2}, 小 崎 正 芳^{*3}, 柴 田 直 樹^{*4}

1. はじめに

GaNをはじめとするⅢ族窒化物半導体（以降、単に窒化物半導体と記す）は、青色から紫外域の波長をもつ発光ダイオードや半導体レーザの主要材料として、今日の量産半導体市場の一翼を担う存在に育ったが、バンドギャップが3eVを超える半導体でありながら、 $2 \times 10^7 \text{cm/s}$ 以上の高電界電子速度をもつ高周波トランジスタ材料としても大きな注目を集めている。窒化物半導体は、従来のⅢ-V族化合物半導体と同様に、高周波トランジスタ動作に不可欠なヘテロ接合構造をエピタキシャル成長技術により形成できる特長を有する。したがって、同じワイドバンドギャップ材料であるSiCやダイヤモンドと比較すると、用途に応じて最適且つ多様なデバイス構造を供給できる魅力がある。また、窒化物半導体を用いた高周波トランジスタは、従来のSiやGaAsを用いたデバイスと異なり、素子寸法の短縮により高周波化を図っても、そのワイドギャップの特徴から耐圧特性劣化の影響を最小限に抑えることができる。すなわち、高周波で且つ高出力という従来の半導体材料ではカバーできなかったユニークな半導体デバイス応用領域を開拓することが可能となる。既存システムへの応用では、携帯電話基地局用の送信アンプ応用が有力視されている¹⁻³⁾。高電圧動作の小型高出力窒化物半導体トランジスタが実用化されれば、パワーアンプの並列運転に必要な電力合成回路や

電圧変換回路を省略することができ、小型でエネルギー効率に優れた携帯電話基地局を提供することができる。また、窒化物半導体は砒素を含まない半導体であるため、環境調和型の超高速エレクトロニクス材料としても期待を集めている。

本解説では、まず窒化物半導体ヘテロ接合を用いた電界効果トランジスタ(FET)の代表的な構造と動作原理を解説した後、現在までに達成されたトランジスタ最高性能のいくつかを紹介する。次いで、現在開発中の窒化物半導体トランジスタが有するいくつかの未解決課題について議論する。最後に、窒化物半導体に残された新しい展開と期待について、デバイスと回路の両面から自由に論じてみたい。

なお、豊田合成では、2002年より経済産業省「窒化物半導体を用いた低消費電力型高周波デバイスの開発プロジェクト」に参画し、AlGaIn/GaN系のヘテロ接合FET用の結晶成長技術開発を実施している。本文中「FED」と記載されているデータは、本プロジェクトで得られた成果である。

2. トランジスタ構造と動作原理

窒化物半導体FETの研究が始まった1990年代には、基本デバイス構造として金属半導体接合FET(MESFET)構造も一部で検討されたが、現在では、その構造の殆どがAlGaIn/GaN系のヘテロ接合FET、または高電子移動度トランジスタ

^{*1} Masaaki Kuzuhara 福井大学大学院工学研究科 電気電子工学科 教授

^{*2} Koji Hirata オプトE事業部 開発部

^{*3} Masayoshi Kosaki オプトE事業部 開発部

^{*4} Naoki Shibata オプトE事業部 第1技術部

(HEMT)に関するものなので、ここでは本デバイスを中心に構造と動作を説明する。

図-1にAlGaIn/GaNヘテロ接合とそのエネルギーバンド図を示す。

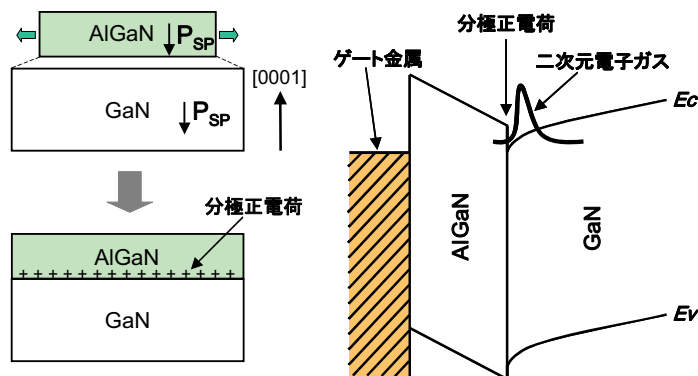


図-1. 窒化物半導体ヘテロ接合とエネルギーバンド図

GaN結晶の内部では、イオン半径の大きなGa原子と小さなN原子が互いにやや歪んだ正四面体配置に配列するため、自発分極が発生する。また、GaNの上にボンド長の短いAlGaIn薄膜を成長すると、発生する引っ張り歪みによってピエゾ分極がさらに加わる。この2つの分極効果により、AlGaIn/GaNヘテロ接合の界面には正の固定電荷が発生し、これに対応して、GaN内には自由電子である二次元電子ガス(2DEG)が誘起される。この自由電子濃度はAl組成とともに増加し、Al組成が25-30%のとき約 $1 \times 10^{13} \text{cm}^{-2}$ のシート電子濃度が得られる。このように、AlGaIn/GaNヘテロ接合では、AlGaInにドナー不純物を全く添加しなくとも、分極効果により高濃度の2次元電子ガス濃度が得られる。基板材料としては、サファイアまたはSiCが一般的であるが、格子不整合を低減し高品質のエピ結晶を得る目的で、最近GaInやAlNバルク基板も一部で用いられるようになってきている⁴⁾。

AlGaIn/GaNヘテロ接合のAlGaIn表面に、Ni/Auから成るゲート・ショットキー電極とこれを挟むようにTi/Alから成るソースおよびドレイン・オーミック電極を形成し、残ったAlGaIn表面を例えばSiN膜を保護膜として被覆することにより、AlGaIn/GaNヘテロ接合FETが完成する。完成したFETのソース電極を接地し、ドレイン電極に正のバイアス電圧を印加すると、2DEGの電気伝導によりドレイン電流が流れる。次に、ゲート電極に負の電圧を段階的に印加すると、ドレイン電流は徐々に減少しゼロに至る。このときのゲート電圧をしきい値電圧と呼ぶ。一般に、しきい値電圧は

負値をもち、このようなFET動作のことをディプレッション(ノーマリーオン)動作と呼ぶ。なお、ゲートをリセス構造とし、AlGaIn厚さを薄くすることにより、しきい値電圧が正值のエンハンスメント(ノーマリーオフ)動作も得られている⁵⁾。

3. 窒化物半導体FETの性能

窒化物半導体FETの性能追求に関する研究は、耐圧特性と高周波特性に焦点を当てたものが多いため、これまで報告されている先端のデバイス性能も高周波パワー応用に関連したものが殆どである。デバイス構造は、すべてAlGaIn/GaNヘテロ接合FET(HEMT)である。

表-1に、ゲート幅当たりのマイクロ波出力電力密度、ワンチップFETから得られるマイクロ波出力電力、パッケージ実装された増幅器のマイクロ波出力電力、ミリ波におけるワンチップ出力電力、電流利得遮断周波数について、現在までに報告された最高データをまとめる。なお、増幅器の出力電力は連続動作によるデータに限った。

表-1. 報告された最高性能のまとめ

項目	特性	機関名	参考文献
電力密度	32.2W/mm	Cree	(6)
ワンチップ出力電力	230W	FED	(1)
増幅器出力電力	371W	FED	(2)
ミリ波出力電力	8W	Cree	(7)
電流利得遮断周波数	163GHz	NICT	(8)

Wu等は、SiC基板上に作製したゲート幅(W_g)246mmのHEMTをドレインバイアス(V_{dd})120Vで動作させ、4GHzにて最高32.2W/mmの出力電力密度を記録している⁶⁾。Okamoto等は、同じくSiC基板上に作製した $W_g=48\text{mm}$ のワンチップ素子を $V_{dd}=53\text{V}$ で動作させ、2GHzにて230Wの出力電力を確認している¹⁾。Wakejima等は、SiC基板上に作製した $W_g=48\text{mm}$ のHEMT素子2つを金属パッケージに実装した増幅器を $V_{dd}=45\text{V}$ で動作させ、2.14GHzにて371Wの合成出力電力を報告している²⁾。Wu等は、SiC基板上に作製したゲー

ト長 $0.15\ \mu\text{m}$ のミリ波HEMTチップ($W_g=1.5\text{mm}$)を $V_{dd}=28\text{V}$ で動作させ、 8W に及ぶ出力電力を 30GHz にて記録している⁷⁾。Higashiwaki等は、サファイア基板上にゲート長 $0.06\ \mu\text{m}$ の極細ゲートHEMTを作製し、ドレイン電圧 5V にて電流利得遮断周波数 163GHz を達成している⁸⁾。

4. 窒化物半導体デバイスの現状の課題

4-1. 耐圧の向上

窒化物半導体がワイドバンドギャップをもつとはいえ、デバイス構造設計に工夫をせずに単純にFETを構成すると、せいぜい数十V程度の耐圧しか得られない結果となる。この原因は、図-2 (a)に示すように、ゲート(G)とドレイン(D)の間に印加された逆方向電界が、G-D間のチャンネル領域に均一に加わらず、多くの場合にゲート電極のドレイン端に集中して分布するためである。この局所領域に集中した電界強度が臨界値を越えると、アバランシェまたは量子力学的トンネリングを起こし破壊に至る。ゲート端での電界集中は、半導体表面の荷電状態に敏感であり、ゲート耐圧やドレイン耐圧が、表面保護膜の種類や堆積方法によって大きく変化することは広く知られている。この表面電荷の影響を、実効的に外部電極を用いて制御することにより、ゲート端の電界集中を緩和しようとする構造が、図-2 (b)に示したフィールドプレート構造である。後述するように、フィールドプレートはいくつかの種類に分類されるが、ここで示したフィールドプレートは、ゲート電極と電氣的に短絡された金属電極が、表面絶縁膜の上でドレイン方向に延長された構造をもち、ゲート・フィールドプレート構造とも呼ばれる。図-2 (b)に示すように、フィールドプレートの追加によりG-D間の電界分布は2つのピークに分裂し、最大電界強度が減少するため、高い耐圧を実現することができる。この技術の導入により、ゲート長 $1\ \mu\text{m}$ のマイクロ波帯デバイスにおいても、 $100\text{--}200\text{V}$ 程度のゲート耐圧が得られている^{1,6)}。

フィールドプレートの種類には、前述のゲート・フィールドプレート以外に、その電位をソースに短絡したソース・フィールドプレートやドレインに短絡したドレイン・フィールドプレートがある。耐圧の改善においては、オン抵抗や高周波特性などのトレードオフ関係にあるパラメータの変化にも注意を払う必要があり、用途によってフ

ィールドプレート構造を選択することが重要である。フィールドプレートの性能は、その下に配置する絶縁膜の種類や厚さ、フィールドプレートの長さなどに依存する。G-D間領域の電界分布が一定となるようにフィールドプレート構造を綿密に設計することにより、耐圧性能を物理限界まで高めることができる。GaNの絶縁破壊電界を 3.3MV/cm として、G-D間距離を $3\ \mu\text{m}$ と仮定すると、ゲート耐圧は約 1kV と計算できる。実測データと比較すると、今後の改善マージンは3~5倍も残されていることがわかる。

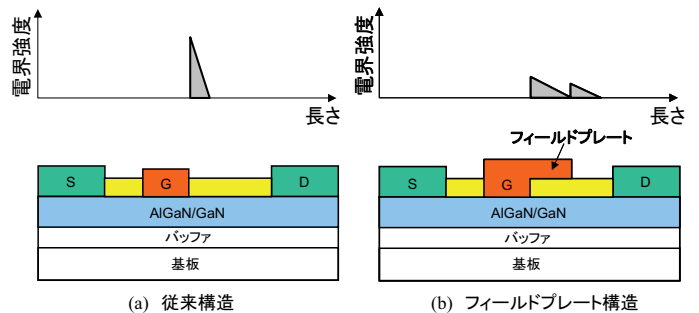


図-2. 電界強度分布の比較

(a) 従来構造

(b) フィールドプレート構造

4-2. ゲート漏れ電流

現在試作されているAlGaIn/GaN系のヘテロ接合FETでは、ゲート漏れ電流が予想に反して大きいことが問題となっている。高い入力インピーダンスを特徴とするFETにおいて、ゲート漏れ電流の存在は、デバイスの安定動作や信頼性に悪影響を及ぼすだけでなく、高周波特性や雑音特性にも悪影響を与える。ゲート金属を替えれば低減できるとする報告や⁹⁾、基板やエピ層の転位密度との関連性を指摘する報告も多いが¹⁰⁾、漏れ電流の温度依存性やバイアス依存性を系統的に説明できるモデルとして、AlGaIn表面のドナー型欠陥のイオン化によるトンネル電流モデルが提案されている¹¹⁾。

このモデルに従えば、AlGaIn表面にショットキー接触を形成する直前に何らかの表面改質処理を行うことにより、ゲート漏れ電流を低減できる可能性があり、今後の技術進展が注目される。

一方、ゲートリーク電流を抜本的に低減できる技術として絶縁ゲート構造が注目されている。絶縁膜の種類として、 SiN 、 AlN 、 Al_2O_3 、 TiO_2 、 HfO_2 等が検討されている。絶縁ゲート構造の導入により、リーク電流の大幅な低減効果が確認されているが、同時に、増幅特性、耐圧特性、ヒステ

リシスのない安定な直流動作，信頼性等が十分に確保できるかが応用上の課題となる。

4-3. 電流コラプス

AlGa_N/Ga_Nヘテロ接合FETのドレイン電流電圧特性の測定において，掃引するドレインバイアス電圧を段階的に増加すると，オン抵抗の劣化やドレイン電流の減少が観測されることがある。図-3にドレイン電流の減少の様子を模式的に示す。同様の現象は，G-D間に逆バイアスストレスを印加した時や，高周波パワー測定を実施したときにも見られることが知られている。これら一連の電流劣化現象のことを電流コラプスまたは電流スランプと呼んでいる。電流コラプスの定義や評価方法は必ずしも明確に論じられておらず，すべての現象が同一の機構によって生じていると断定することは難しい。しかし，多くの報告が示すように，表面パッシベーションの改良，リセス構造やフィールドプレートの導入によって，電流コラプスが抑制される事実を考慮すると，電流コラプスが表面欠陥準位の荷電状態の変化に起因する現象であると考えるのは，現状では妥当な判断だと言える¹²⁾。

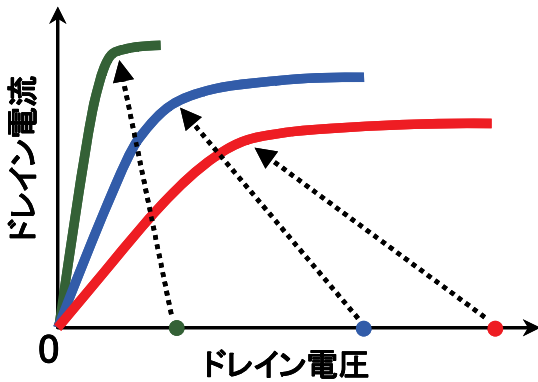


図-3. ドレイン電圧ストレスと電流コラプス

表面欠陥準位の成因については多くの議論があるが，電流コラプスによってドレイン電流が減少する機構は以下のモデルを用いて説明できる。図-4 (a), (b)はバイアスストレス印加前後のヘテロ接合FETにおける二次元電子ガス(2DEG)の空間分布を模式的に示したものである。図-4 (a)はAlGa_N表面準位が電子を捕獲していない状態に対応し，ソース電極からドレイン電極に至るまで2DEGは連続的に存在し，良好な電気伝導状態が保たれている。次に，大きなドレインストレスの印加によりホットエレクトロン注入，または逆方向G-D間ゲートストレスによりゲート電極から電子注入が

起きると，図-4 (b)に示すように，AlGa_N表面準位に電子が捕獲され，G-D間の半導体表面が負に帯電する。このため，G-D間の2DEGが欠乏し，ドレイン電流の減少とオン抵抗の増加を引き起こす。

一般に，電流コラプスは窒化物半導体FETに固有の現象のように論じられているが，同様の現象は，GaAsパワーFETなどでも過去に議論されてきた¹³⁾。発生原因についても，図-4 とほぼ同じモデルで説明されており，G-D間におけるドレイン電流の狭窄現象として語られてきたものである。ただ，従来のFETでは，逆方向耐圧が20-30V程度と低く，逆方向破壊を起こさずに印加できるドレインストレス値が，窒化物半導体FETに比較して，大きく制限されていた。このため従来FETでは，電流コラプスと呼ばれるほどの劇的な印象を評価者に与えなかったものと考えられる。

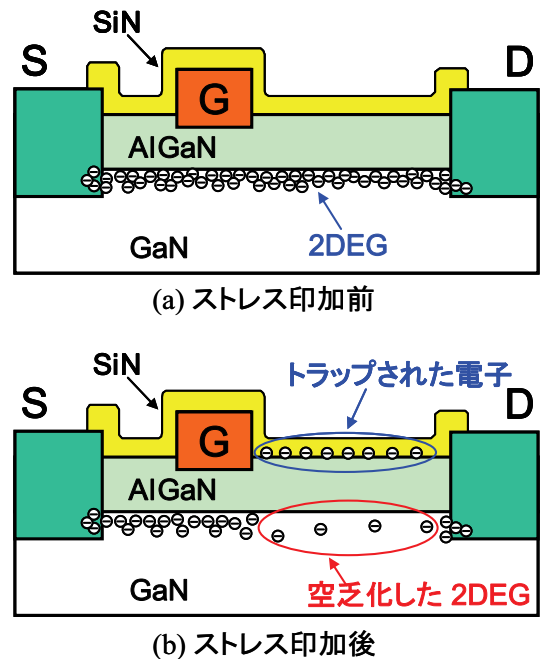


図-4. 二次元電子ガスの空間分布
(a) 電圧ストレス印加前
(b) 電圧ストレス印加後

5. 窒化物半導体への期待

5-1. デバイスへの期待

窒化物半導体の大きな特徴は，AlN，Ga_N，InNを二元化合物半導体として，これらの中間的な性質をもつ三元または四元の混晶半導体を構成できることである。また，これら半導体を組み合わせることにより所望の性質をもつヘテロ接合を

精度よく設計できることである。現在は、AlGa_N/Ga_N系やAlIn_N/Ga_N系を用いたヘテロ接合FETが広く検討されているが、窒化物半導体の全体系から眺めると、利用領域はまだ一部に過ぎない。今後、AlNに近い高Al組成窒化物やInNに近い高In組成窒化物を含むヘテロ接合の成長技術が進展すれば、固体電子デバイスの新しいトランジスタ材料として、窒化物半導体への期待はさらに拡大することになる。以下では、その展開の可能性について述べてみたい。

図-5に、AlN, GaN, InNにおけるドリフト速度の電界強度依存性について、モンテカルロシミュレーションによる計算結果を示す。いずれも不純物を含まない真性半導体における電子輸送特性に対応する。

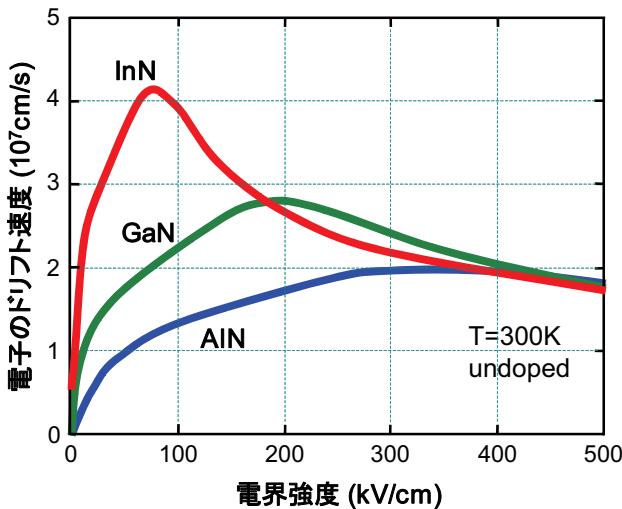


図-5. ドリフト速度の電界強度依存性

原点近傍の直線部分の傾きがドリフト移動度に対応するが、InN, GaN, AlNの順に1880, 810, 310 cm²/Vsの値が得られており、3者の中ではInNが最大の電子移動度を示すことが理解できる。

また、ドリフト速度のピーク値についても、InN, GaN, AlNの順に4.2x10⁷, 2.8x10⁷, 2.0x10⁷ cm/sの値が得られており、ピーク速度についてもInNが最も優れた値を示すことが予測されている。すなわち、InNまたはInNに近い高In組成窒化物半導体は、高速・高周波応用のチャンネル材料として極めて有望であることが理解できる。

一方、AlNは6.2eVに及ぶ高いバンドギャップを有しつつも、比較的良好な電子輸送特性を示すことは特筆すべき特徴である。実際、縦型ダイオードの耐圧特性から、Al組成57%のAlGa_Nが8MeV/cmを超える臨界破壊電界強度を示すことが

報告されており¹⁴⁾、AlNに近い高Al組成窒化物半導体が、究極の高耐圧電子デバイスの構成材料として期待されることが判る。

次に、高In組成または高Al組成窒化物半導体どのようにヘテロ接合として構成すれば、新しい機能をもつトランジスタが実現できるかについて考えてみたい。図-6は、窒化物半導体のバンドギャップと格子定数の関係を示したものである。

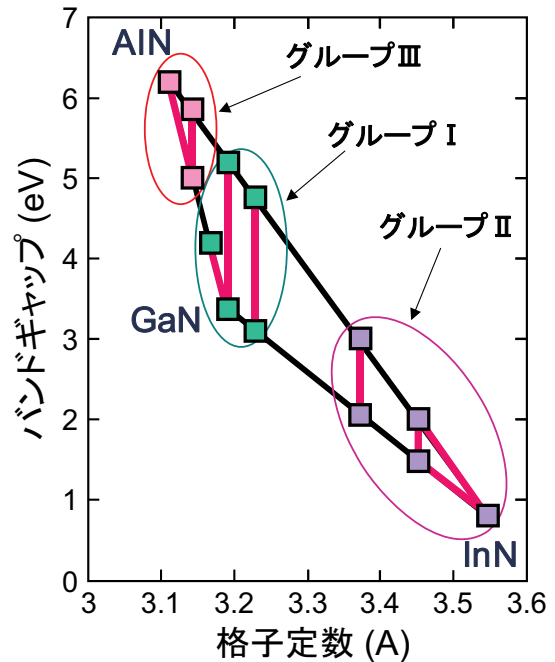


図-6. バンドギャップと格子定数の関係

グループ I として丸で囲んだヘテロ接合群は、現在最も実用化に向けた検討が進んでいるAlGa_N/Ga_N系と、近年検討が盛んになりつつあるAlIn_N/Ga_N系に対応する。特に後者は、基板材料として大口径で絶縁性のGa_Nバルク基板が実用化されれば、結晶欠陥を含まない格子整合ヘテロ接合として期待できる結晶系である。なお、低In組成のInGa_Nをチャンネル材料とし、これとほぼ格子整合するAlIn_N（または対応する四元結晶）を障壁層として用いるヘテロ接合は、分極電荷の制御を含めて未だ課題が多いが、グループ I の代表構造として発展する可能性を秘めている。

グループ II は、InNおよびInNに近い高In組成窒化物半導体で構成されるヘテロ接合群の総称である。InNを直接的にチャンネル材料に用いようとすると、障壁層との間にどうしても格子不整合が避けられない。この場合、少しでも大きなバンドギャップ差を得るためには、AlIn_N/InN系ヘテロ接合を用いることが好ましい。また、チャンネル層

と障壁層との格子整合を重視する場合には、チャネル材料を高In組成InGa_NとしたAlInN/InGa_N系が有望な選択となる。言うまでもなく、グループIIの材料系は、高移動度且つ高電子速度が特徴であり、テラヘルツ周波数領域での増幅器や発振器への応用、さらにはポストCMOS時代の超微細nチャネルFETへの展開が期待される。ただ、現状の課題は、真性半導体の性質を示す高純度のInNや高In組成InGa_Nの結晶成長技術が未だ確立されていないことである。今後の結晶成長技術の進展が大いに期待される。

最後に、グループIIIであるが、AlNおよびAlNに近い高Al組成窒化物半導体で構成されるヘテロ接合群の総称である。最大バンドギャップを有するAlNを障壁層に用いる場合には、いずれの材料をチャネルに選んでも格子不整合が生じるが、チャネル層厚を薄くすることにより、擬似的な格子整合を保つことが可能となろう。将来的に良質のAlNバルク基板が使用できれば、AlNに近い高Al組成窒化物半導体で構成されるAlInN/AlGa_N系ヘテロ接合は、究極の絶縁破壊耐圧をもつHEMT構造として興味深い対象となる。ただ、高バンドギャップ材料同士のヘテロ接合では、n形ドーピング技術や低オーミック電極形成技術が大きな課題となる。いずれも挑戦課題として、ブレークスルー技術が今後生み出されることに期待したい。

5-2. 回路への期待

集積規模の拡大とともに、今日の半導体集積回路は消費電力が急速に増大しており、ハイエンドCPUの消費電力は軽く100Wを超えるに至った。当然のことながら、高速・高周波化技術と同じ重要性を帯びて、低消費電力化技術が重要課題となっている。このため、電源電圧の複数化や電源電圧を動的に変化させる技術等が注目されている。

一方、マイクロ波領域で動作する通信用アナログ増幅回路でも、直流バイアス電圧を動的に制御して、高効率動作と線形増幅特性を両立させようとする動きがある。また、電池動作の低電圧モバイル通信機器の中にも、例えば高電圧動作と低電圧動作を部分的に併用できれば、さらに高性能で低消費電力化が図れる回路が存在する。しかし、高速・高周波回路と電力変換回路が、ワンチップで完全モノリシック集積化された回路試作の報告はまだない。

この原因は、マイクロエレクトロニクス技術に

牽引された情報処理および情報通信用途の高速・高周波回路と、パワーエレクトロニクス技術に牽引されたエネルギー用途の電力変換回路が、これまで独立に技術進歩を遂げてきたことと関係が深い。しかし、今後は、情報処理デバイスと電力変換デバイスの融合は避けて通れない技術トレンドとなろう。すなわち、情報処理・通信用の高速・高周波回路は、電源利用効率を追求する過程で、その回路内部に電力変換回路を集積化する必要性が生じてくる。一方、電力変換回路は、小型軽量化と低コスト化のため、マイクロエレクトロニクスを導入して回路の集積化を進めると同時に、制御用論理回路などを集積化し多機能化を進めなければならない。回路規模での両者の融合の実証例は今後の進展に待つ必要があるが、モバイル機器を中心に、情報処理デバイスと電力変換デバイスの融合の第一段階は、機器レベルで既に始まっていると言える。

一例として、最新のノートパソコンに付属するACアダプタの小型軽量化に着目してみよう。パソコン本体の小型軽量化が進む中で、ACアダプタの存在はユーザにとって極めて厄介になりつつある。パワーエレクトロニクス技術の導入により、一昔前に比べると、ACアダプタの小型軽量化が大いに進展したが、その技術の行き着く先は本体内蔵化である。しかし、Siトランジスタを用いる現状のパワーエレクトロニクス回路には技術限界が指摘されている。これは、耐圧と動作周波数の間のトレードオフ関係であり、ジョンソン限界として知られた法則である。すなわち、耐圧向上のためにトランジスタの高電界ドリフト領域を延長すると、トランジスタのスイッチング周波数が低下するという二律背反の物理法則である。パワーエレクトロニクス回路において、最新の集積回路技術の導入を拒む最大の原因は、スイッチング周波数が1MHz以下と低いため、小型のインダクタ(L)やキャパシタ(C)を使用できないことである。したがって、今後の研究開発により、電力変換デバイスのスイッチング周波数を数100MHz程度に高めることができれば、情報処理デバイスと同様に、小型のLやCを集積一体化した電力変換回路を構成することができるようになる。ワイドバンドギャップをもつ窒化物半導体が、パワーエレクトロニクス用の新材料として期待されるひとつの理由は、耐圧と動作周波数の間のトレードオフ関係を改善し、小型で集積可能な電力変換回路を実現できること

にある。

情報処理デバイスと電力変換デバイスが同一半導体上にモノリシック集積できるようになれば、回路や機器の小型軽量化と低コスト化が進むばかりでなく、回路設計においても、新しい概念や構成を導入することが可能となる。その例を図-7に示す。

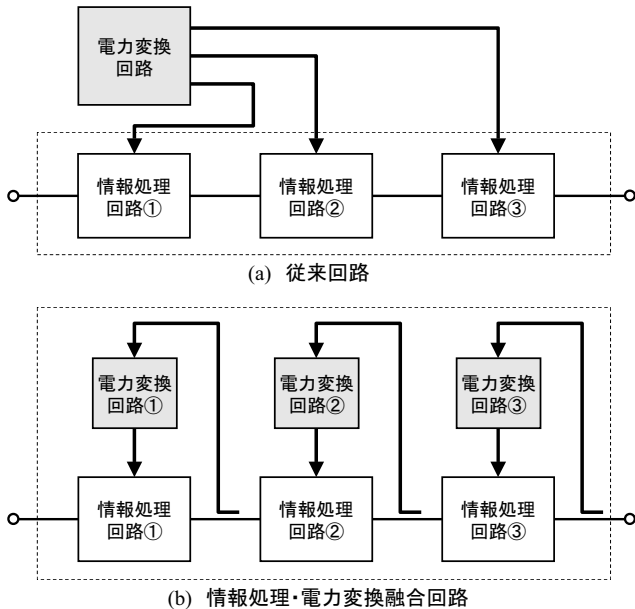


図-7. 情報処理・電力変換融合回路の概念図

従来回路構成では、独立した電力変換回路から複数の電源電圧を一度に発生させ、これらを異なる情報処理回路に分配し供給していた。この構成では、情報処理回路の出力状態とは無関係に、電源供給がなされることになる。しかし、両者をモノリシック集積できれば、情報処理回路ごとに電力変換回路を専用に分散配置することができ、情報処理回路の動作状態をモニターしつつ動的に電力変換回路の出力を制御することが可能となる。電力変換回路を分散配置することにより、その機能を簡素に小型化でき、しかも供給電力を動的制御することで、情報処理回路の電力利用効率を理想的に高めることが可能となる。所望の情報処理性能を最少の電力消費で実現するための新しい回路技術として、窒化物半導体デバイス技術の新たな進展に掛ける期待は極めて大きいと言える。

6. おわりに

窒化物半導体ヘテロ接合を用いたトランジスタの構造、動作原理、性能、課題、期待と展望につ

いて述べた。現在は、AlGaIn/GaN系HEMTの実用化が限定的に開始された時期に対応するが、従来の半導体とは一味違った性能上の魅力に満ちており、新しいブレークスルー技術の出現を介して、いくつもの斬新な応用分野が拓ける可能性が高い。窒化物半導体トランジスタの黎明期に立ち合えた幸運を認識しつつ、今後の展開を楽しみに見つめたい。

参考資料

- 1) Y. Okamoto et al., IEEE Trans. Microwave Theory and Tech., 52, pp.2536-2540 (2004).
- 2) A. Wakejima et al., Electron. Lett., 41, pp.1371-1372 (2005).
- 3) T. Kikkawa et al., IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig., Vol.3, pp.1347-1350 (2004).
- 4) K. K. Chu et al., IEEE Electron Device Lett., 25, pp.596-598 (2004).
- 5) T. Kawasaki et al., Extended Abstracts 2005 Int. Conf. SSDM, Kobe 2005, pp.206-207.
- 6) Y.-F. Wu et al., IEEE Electron Device Lett., 25, pp.117-119 (2004).
- 7) Y.-F. Wu et al., IEEE 2005 IEDM Tech. Dig., Washington D.C. 2005, pp.593-595.
- 8) M. Higashiwaki., IEEE Electron Device Lett., 27, pp.16-18 (2006).
- 9) J. P. Ao et al., IEEE Electron Device Lett., 24, pp.500-502 (2003).
- 10) K. Shiojima et al., Appl. Phys. Lett., 78 pp. 3636-3638 (2001).
- 11) H. Hasegawa et al., J. Vac. Sci. & Technol., B20, p.1647 (2002).
- 12) T. Hashizume, Oyo Butsuri, 73, pp.333-338 (2004).
- 13) K. Asano et al., IEEE 1998 IEDM Tech. Dig., San Francisco 1998, pp.59-62.
- 14) A. Nishikawa et al., Extended Abstracts 2006 Int. Conf. SSDM, Yokohama 2006, pp.974-975.

≡ ≡ ≡ 総 説 ≡ ≡ ≡

自動車における高分子材料の耐久性評価

Durability Evaluation of High Molecular Material in a Vehicle

竹内 勝政*1, 林 秀典*2, 栗本 英一*3

1. はじめに

自動車が生に現れ、既に150年が経過してきたが、特に戦後合成ゴム・合成樹脂の技術的な進展と、顧客ニーズに応える形で、自動車への高分子材料の適用はあらゆる部位に拡大している。また近年では地球環境保護の観点からも低燃費化等を目的とした軽量化のため、金属部品の樹脂代替化がますます進んでいる。

一方で顧客の主要ニーズの一つに長寿命化があり、耐久性がより強く求められているが、有機高分子材料そのものは金属材料と異なり、使用環境温度近くに転移点をもつため、市場ストレスによる影響を受けやすく、適正な評価を実施し、車両信頼性を確保することが非常に重要である。

加えて、よりお客様のニーズにタイムリーに応えるため、要求期間での車両開発が必要なため、耐久性判断を必要最小限な期間で行うことも必要であり、このための適正な加速試験も必要となっている。

2. 自動車の動向と高分子材料

近年の自動車の技術開発は目覚しく、毎年新たなコンセプトを有した車両が登場している。元々自動車の基本機能は「走る・止まる・曲がる」であり、昭和の時代はこれらの機能の高性能が主体であったが、現在の着眼点はパーソナルな快適性と地球・人類にとっての環境保全となっ

ている。地球温暖化対策として二酸化炭素の排出量を抑制する必要があるため、自動車としては低燃費が必要となっており、この最も単純な方策が軽量化である。図-1に示すように車両の燃費と車両重量は非常に高い相関を持っており、低燃費な車両を得る方策は車両の軽量化の効果が大きく、このため、金属部品の多くが樹脂化されている。

一方で排出ガスそのものを低減するため、ハイブリッド車の市場投入や燃料電池車の開発も急がれており、新たな使用環境下での高分子材料の耐久性見極めが必要となっている。また、二酸化炭素排出抑制のひとつの考え方として、カーボンニュートラルといった概念が導入され、石油系高分子材料から天然由来の材料への置換も開発が進められている。

更に車両の長寿命化の要望は強く、図-2に示すように車両残存率は1970年に比較し、大幅に延長され現在もまだ、年々延長してゆく傾向にある。

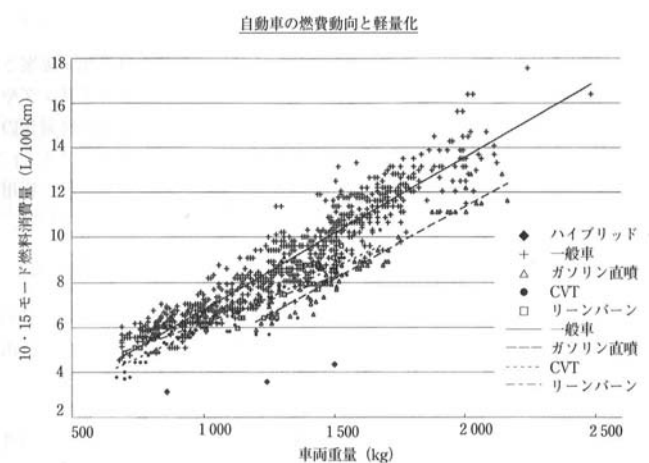


図-1. 車両重量と燃費⁽¹⁾

*1 Katsumasa Takeuchi 材料技術部

*2 Hidenori Hayashi 材料技術部 第1技術室

*3 Hidekazu Kurimoto 材料技術部 第1技術室

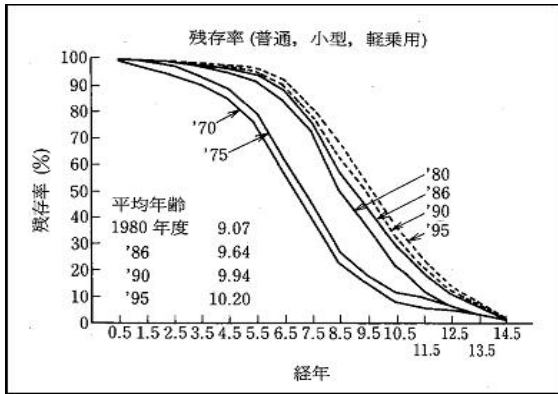


図-2. 車両残存率 (2)

この他にも車両に要求される項目が多々あり、これらの要求を満たすため、数多くの高分子材料が車両に採用されるようになってきている。

一方で車両の信頼性を示す判断材料としては平成17年1月の国土交通省ホームページの自動車リコール届出及び対象台数の推移 (速報値) を基に解析すると図-3のようになり、車両の台数は少し頭打ちの感はあるが、リコール台数比率は年々増加する傾向にある。このことはまだまだ、車両としての信頼性評価技術開発そのものが、新規技術開発の速度に追従できていない部分があることを示していると思われる。

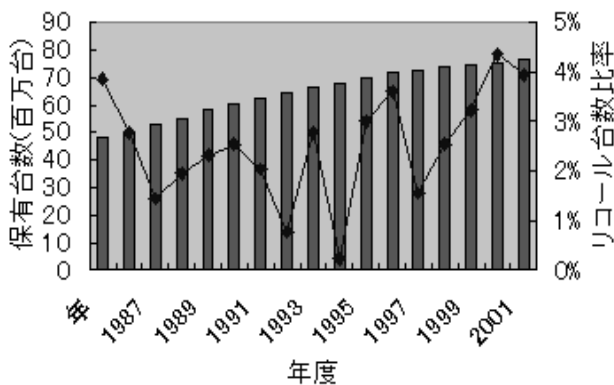


図-3. リコール台数の変化

自動車リコール制度とは？

欠陥車による事故を未然に防止し、自動車ユーザを保護することを目的とするものであり、自動車製造者等が、その製造し、又は輸入した同一の形式の一定の範囲の自動車の構造、装置又は性能が自動車の安全上、公害防止上の規定 (道路運送車両の保安基準) に適応しなくなる恐れがある状態、又は適応していない状態で、原因が設計又は製造の過程にある場合に、その旨を国土交通省に届け出て自動車を回収し、無料で修理する制度です。

3. 自動車における耐久性評価

3-1. 信頼性保証 (3)

自動車の利用される環境は非常に多彩であり、それら個々の環境を模した試験は困難であるが、お客様にとってみると自動車は一般的にいえば高価なもので、その商品がお客様の期待に応える寿命を有しておらず、途中で故障したりすれば、二度とそのメーカーの車を購入しようとは思わない。また、車両の不具合として、たった1本のボルトが折れても重大な故障につながるケースもあることを認識しておかねばならない。

これらの状況から、自動車メーカーは信頼性保証のため、企画段階から生産準備・量産までに種々の試験を組み込み、評価を実施している。また、車両としての評価を満足させるため、部品一点毎に信頼性要求品質が定められ、部品毎の評価も必要となっている (図-4, 図-5)。試験評価部位の概要を図-6に示す。

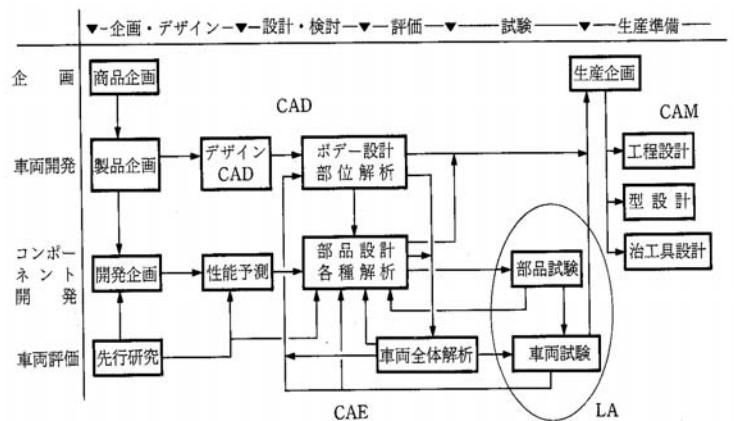


図-4. 車両開発と評価ステップ



- ・業務計画立案
- ・設備、要員計画
- ・原価管理
- ・エンジン試験
- ・駆動系試験
- ・振動騒音試験
- ・強度試験
- ・電子機器試験
- ・熱環境試験
- ・振動騒音試験
- ・排気ガス試験
- ・電波試験
- ・空力試験
- ・解析
- ・報告書作成
- ・操縦安定性試験
- ・衝突安全性試験
- ・耐久走行試験

図-5. 車両試験業務の流れ

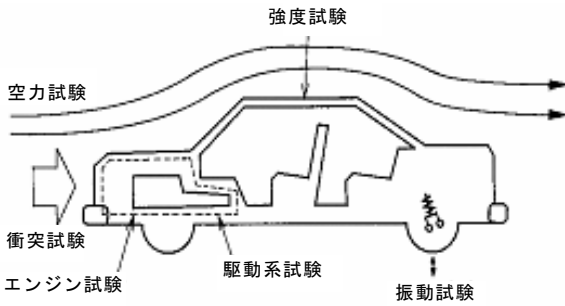
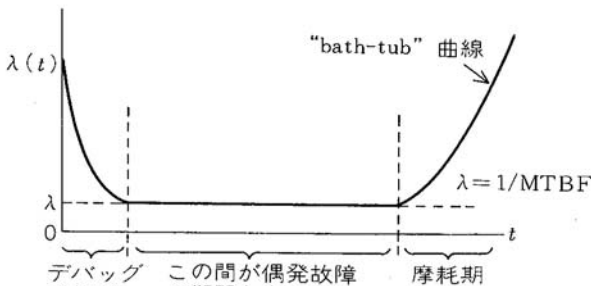


図-6. 試験評価部位の概要

一般に故障を議論する場合に用いられるのが、図-7に示す故障確率（バスタブ曲線）であり、故障は初期故障・偶発故障・疲労/磨耗故障の3つに大別され、本報の耐久性に関わる故障は疲労故障/磨耗故障に分類されるものである。



$\lambda(t)$: 故障率
 MTBF : 平均故障間隔

図-7. 故障確率⁽⁴⁾

自動車の信頼性試験はこの故障（アイテムが規定の機能を失うこと）を問題とする試験で、大入力による一発破壊や繰り返し荷重による疲労試験のほか、使用による品質・機能の低下、劣化を取り扱い、すなわち破壊以外にも磨耗やボルトのゆるみ、腐蝕、変色までも対象とする。

3-2. 耐久目標寿命

自動車に求められる耐久寿命は、基本的にはお客様のほとんど全てに満足してもらえる期間でなければならないが、現在の技術レベルでは、全ての部品を同一寿命とすることは、経済的に不合理であり、定期点検・車検などにより、部品交換を実施し、車両としての寿命を考えている。車両の種類により、その使い方が異なるため、一概には言えないが、一般的には15~30万km/10~20年が平均的な目標である。

3-3. 使用環境とストレス

これらの耐久試験を実施するには、車両の使用環境の把握により、ストレスを設定する必要がある。表-1に使用環境条件と負荷の名称・形態をまとめ、表-2に車両耐久試験の分類を示した。

表-1. 使用環境条件と負荷の名称・形態

使用環境条件	負荷 (stress)	
	名称	形態
1. 道路状況 [舗装, 未舗装, 標高, 勾配, 塩害, 塵, ほこり, 凍結]	路面負荷	・前後, 左右, 上下の曲げ, ねじり, 圧縮, 引張り等の荷重
2. 走行速度 [速度, 走行モード]	駆動負荷	・トルクピーク及び変動
	制動負荷	・前後荷重 ・制動トルク変動
3. 積載量 [過積載]	操作負荷	・操作の回数, 速度, 時間, 力
4. 操作荷重・頻度 [交通事情, 体格, 習慣]	熱負荷	・熱サイクル ・熱時間, 変位
	物理的環境負荷	・泥, ほこり, 温度, 勾配, 雪, 水, スプラッシュ, 石
5. 気象状況 [大気温度, 湿度, 雨量, 降雪, 風速]	科学的環境負荷	・塩害, オゾン, 温度, 湿度

表-2. 耐久試験の分類と環境負荷の関係

実車走行耐久試験	負荷名称	負荷					環境負荷	
		路面負荷	駆動負荷	制動負荷	操作負荷	熱負荷	物理	化学
実用走行耐久	一般路走行耐久	△	△	△	△	△	△	△
	総合路走行耐久	○	○	○	○	○	◎	○
加速促進耐久	極悪路走行耐久	◎						
	高速走行耐久		○	○	◎	○		
特殊耐久	駆動系耐久		◎	○	○	○		
	腐食耐久						○	◎
	急発進耐久		◎					
	急制動耐久			◎				

◎: 極端に大きな負荷を再現 ○: 比較的大きな負荷を再現
 △: 一般的な大きさの負荷を再現

また、近年は自動車産業のグローバル化が進展しており、世界中の異なる環境下での信頼性保証が必要となっており、たとえば気温を考えた場合、瞬間記録では下は-80℃、上は60℃と非常に厳しいものである。これらは特殊な例であるが、低温では-40℃は頻繁に生ずる使用条件と考える必要がある。この他にも紫外線、湿度、塩害なども気象条件としては配慮が必要である。

しかしながら、最も配慮すべきは自動車部品個々の使用条件が異なることであり、例えば同じ内装部品でも、インストルメントパネルと呼ばれ

る太陽光の当たりやすい部品の最高温度とコンソール部分では20℃～30℃の差異が生ずる場合がある。

また、自動車は内燃機関を持っており、この燃料性状が各国により異なる場合が多く、この他にもブレーキフルード、エンジンオイルなども国により異なる場合がある。

3-4. 耐久寿命予測⁽⁵⁾

先に述べたように自動車の寿命は10年以上を考える必要があるが、現在の自動車の開発速度は速く、実走行で10年以上を保証することは経済的でなく、このため何らかの方法で実使用時の条件を再現し、また、短時間で保証するための加速試験が必要となっている。ここでは、種々の試験結果を市場での寿命に如何に対応付けるかに焦点を絞り、その諸手法を表-3に示す。

4. 自動車用高分子材料の耐久性

4-1. 高分子の劣化反応⁽⁶⁾

高分子材料の力学的な劣化現象は、その分子が切断され、低分子量化していくことに由来していると言われている。表-4にエチレンの重合における分子量の増加と物性の変化が示されているが、分子量が増加すると化合物は、気体から液体へ、液体から固体へ、固体でも分子量が大きくなると脆い固体から硬い固体へと変化する。すなわち分子間力が大きくなり、高分子としての特徴が発現され、力学的に強い材料として利用できるようになる。劣化とは正にこの分子量低下により、力学的な性質が低下することを表している。

表-4 ポリエチレンH(CH₂-CH₂)_nHの分子量と沸点、融点の関係

n	分子量	融点〔℃〕	沸点〔℃〕	常温での外観
1	30	-183	-88.6	気体
2	58	-135	-0.5	"
3	86	-94	69	液体
4	114	-57	126	"
5	143	-30	174	"
10	283	38	205	ろう状
15	423	66	235/1mmHg	"
20	562	81	241/0.3mmHg	"
30	842	99	分解	"
60	1,682	104	"	ろう状固体
100	2,802	106	"	もろい固体
1,000	28,002	110	"	硬い固体

また、実際の高分子材料は固体状態で使用され、樹脂材料の場合、非晶部と結晶部が存在し、図-8に示すように非結晶部の劣化が進みやすいことが分っている。同様に一般に使用される高分子材料は補強剤・充填剤を含有する場合が多く、マクロ的・ミクロ的に不均質な状態となっており、外部ストレスに対して応力集中が発生する原因となっている。

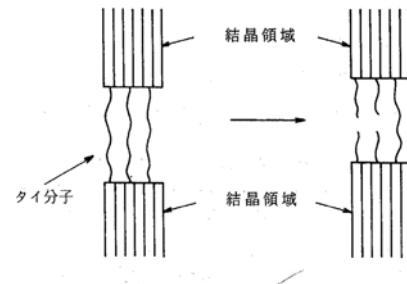


図-8. 非晶領域におけるタイ分子の切断

表-3. 耐久寿命予測法の分類

分類	寿命予測法 (仮称)	概要
類似製品の実績を利用する方法	比例倍法	ベンチ試験にてある寿命に関して類似製品に対する改良倍率を求め、それを類似製品の市場実績に掛けて改良品の寿命予測をするもの。
	特性値対応法	類似製品にてある特性の劣化段階毎に市場とベンチを対応付け、その対応関係より改良品の寿命を予測するもの。
	類似製品対応法	数種類の類似製品で、ある寿命値に関して市場とベンチの対応付けをし、その関係から改良品の寿命を予測するもの。
回収品をベンチ試験する方法	回収品ダメージ換算法	実車である期間走行させた後、それをベンチ試験する事によって新品の市場寿命を予測するもの。
	ベンチ試験と市場条件から求める方法	<p>物性値低下法</p> <p>ある特定の劣化実験式を利用し、長時間域を予測するもの。</p> <p>S-N線図法</p> <p>高ストレス域でS-N線図を作成し、使用条件域(低ストレス域)での寿命を予測するもの。</p> <p>マイナー則法</p> <p>市場におけるストレスが変動している場合、ストレスレベルごとの累積被害でもって寿命を予測する。マイナー則(直接被害則)を適用する。</p>
物性論的モデルと加速試験から求める方法	アレニウス法	各故障モードに対する定まった故障モデルを用いて、加速係数を定め、加速試験を実施して寿命を予測する。寿命が温度依存性を持つ場合、アレニウス法を用いることができる。

ポリマーの結合の切れやすさはそのポリマーを構成する結合エネルギーで左右される。これを越える外力や内部応力が発生する場合に破壊が始まるが、有機系高分子の場合、劣化反応の多くは酸化劣化反応であり、環境因子などにより発生するフリーラジカルが分子鎖の切断を引き起こし、低分子量化してゆく。

4-2. 自動車における高分子材料の劣化

自動車に用いられる高分子材料は多種多様ではあるが、その全てが自動車専用の特殊な材料が用いられる訳ではない。ただ、使用される環境が多岐にわたり、また使用部位・使用者によってもそのストレスの大きさ・頻度が異なることが特徴的である。自動車に加わるストレスを図-9に示すが、各ストレスが単独ではなく、複合されて影響を及ぼし、高分子材料の劣化が生ずる。

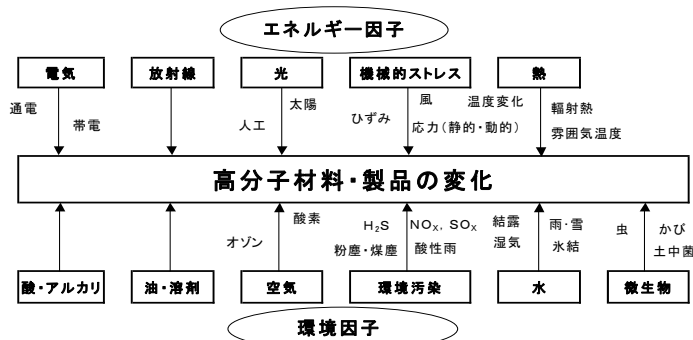


図-9. 高分子材料へのストレス概念

更に地域的にはゴムホースがネズミやテンなどの生き物に齧られて故障にいたるケースも報告されている。これらの部品に使用される材料の耐久試験・劣化試験を実施する上で重要なことは如何に実際の車両状態を再現するかであり、また、それを車両開発サイクルに合わせるべく、如何に必要最小限で実施できるかであり、この観点での事例を紹介する。

a. 耐油性材料の劣化⁽⁷⁾

自動車に用いられている燃料油やエンジンオイルは高温下で熱や酸素により、老化したり、酸化される。この際に、燃料油やエンジンオイルに接触するゴム部品はこれらの酸化物質等により、劣化が促進されることがある。この劣化現象を再現するため、いくつかの試験方法を考案している。

図-10に示すように自動車に使用される燃料・エンジンオイル等はその成分は炭化水素からなっているが、実使用時には熱や酸素の影響により、フリーラジカルが発生し、そのものが変質し、接触するゴム材料への劣化を促進する。

図-11, 12では市場で発生するガソリン中のパーオキサイド価の実測値からゴムのサワーガソリン試験を設定し、材料評価を実施している。

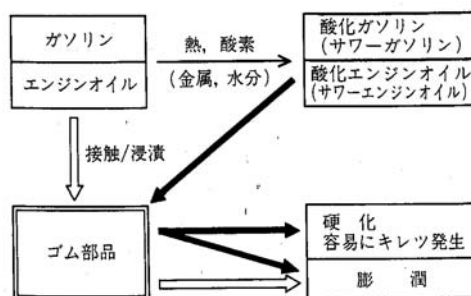


図-10. ゴム部品に対する酸化オイルの影響

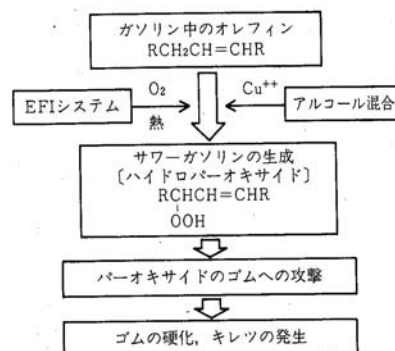


図-11. サワーガソリンの生成とゴムの劣化

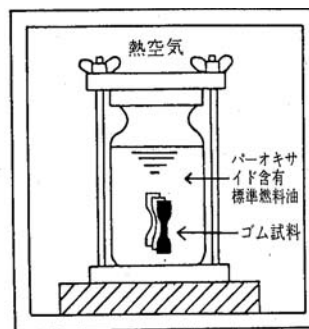


図-12. 密閉式サワーガソリン性試験装置

ガソリンと同様にエンジンオイルも実使用時に劣化するが、その劣化は空気の影響が大きいことが判っており、ここでは、図-13, 14に示すようなある特定温度下のエンジンオイル中に空気を吹き込む試験方法が考案されている。

これらの評価結果で実使用での耐久寿命を満足できる材料選定を実施している。

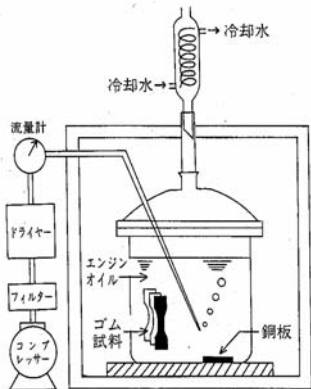


図-13. 空気吹込式耐油試験装置

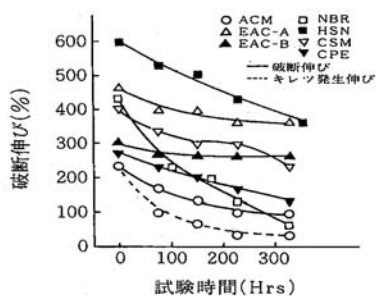


図-14. 空気吹込式サワーエンジンオイル性 (水10vol%添加)

b. 塗膜の高速耐候性試験法⁽⁸⁾

自動車の塗装は車両品質として重要な部分であるが、その耐候性評価は屋外暴露が必要となっており、車両開発期間短縮のネックとなっている。この対応として高速耐候性試験が考案されている。ここでは、屋外での塗膜の劣化反応を早くする2種の処理法を検討し、これらを交互に施す方法を開発した。(図-15, 16)

5. おわりに

今後益々発展を続ける自動車において信頼性確保は地味ではあるが、非常に重要な技術であり、そのためにはまず現地・現物による徹底した故障解析と解析結果に基づく市場再現テストがポイントであり、更に今後これらを踏まえた信頼性予測(CAEを含む)技術のレベルアップが重要となる。

参考文献

(1) (社)自動車工業会調べ, ガソリンAT車, 1999年出荷全型式
 (2) (3)自動車技術会, 自動車技術ハンドブック, 第3分冊, 試験・評価編 (1991)

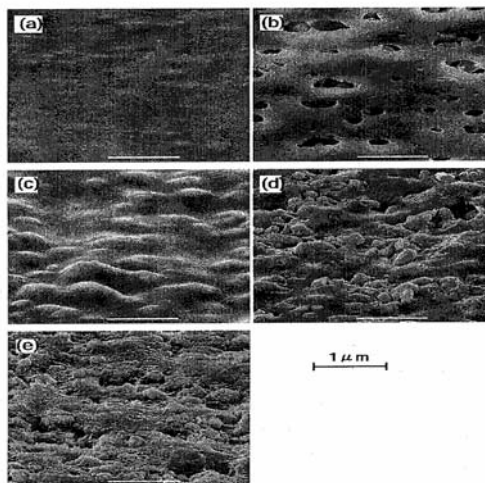
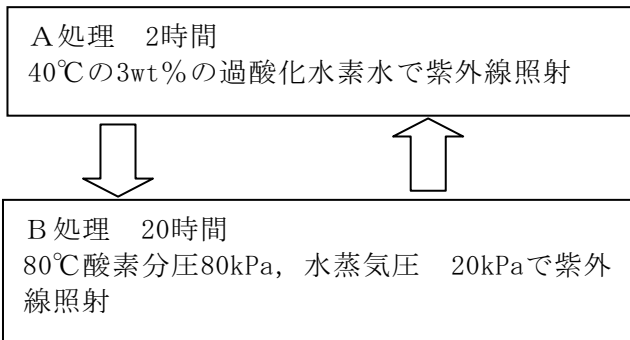


図-15 SEM images (60° tilted view) of coatings surface. (a) No treatment (b) After 30h of treatment A (c) After 100h of treatment B (d) After 132h of cyclic treatment (e) After 2-year outdoor exposure

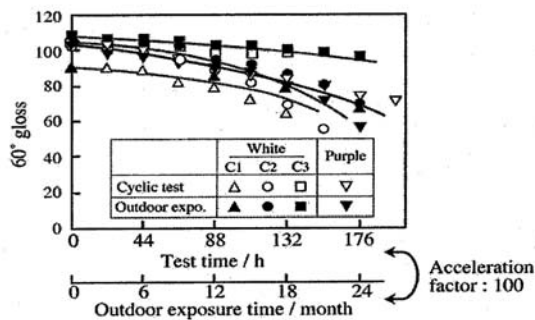


図-16 Gloss change by cyclic treatment and outdoor exposure.

(4)真壁肇, 日本規格協会,信頼性工学入門 (1985)
 (5) 福田弘, 田中博規, 豊田合成技報, vol.24 No.3,26
 (6) 筏秀之, 高分子化合物の劣化と安定性 (1982)
 (7) 杉本正俊他, 豊田合成技報, vol.28,No,2,51 (1986)
 (8) 森寛爾, 豊田中央研究所,R&Dレビュー vol.36,No.1,61 (2001)

新技術紹介

サテン調めっき

Satin like Plating

堀田 祐志*1, 丸岡 洋介*2, 井土 尚泰*3, 度会 弘志*4

1. はじめに

近年の自動車内外装部品の加飾動向において、湿式めっき加飾では従来のクロム調めっきに変わる、色調、光沢のバリエーション拡大が望まれている。特にデザイントレンド上、渋みのある落ち着いた光沢を有するサテン調めっき加飾が注目を集めている。サテン（梨地）調めっきとは、めっき皮膜表面に微細な凹凸形状を形成し、これにより半光沢のツヤ消し外観を発現させるめっき手法である。今回ニッケルめっき表層に凹凸形状を形成することで半光沢外観を発現する、サテン調めっきについて紹介する。

2. 製品の概要（めっき皮膜構成）

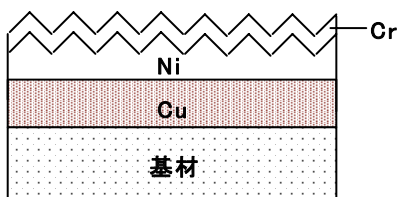


図-1 サテン調めっき皮膜構成

サテン調めっきの基本的皮膜構成は、銅-ニッケル-クロムと従来の自動車部品装飾としてのクロム調めっきと同様であるが（図-1）、ニッケルめっき皮膜表面が荒れた凹凸形状となっている。このニッケル皮膜上に施されるクロムめっき層を含め、製品表面は微細な凹凸形状となっている。

3. 技術の概要

3-1. サテン調めっき皮膜の外観特性

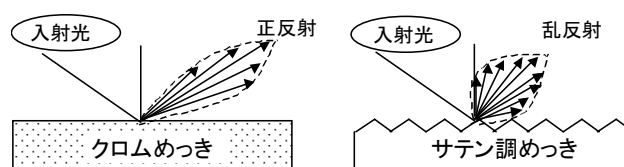


図-2 クロム、サテン調めっきによる可視光の反射特性

クロムめっきでは、皮膜表面が極平滑であることから、めっき面への入射光はほとんど乱反射を起こさず、正反射成分が強いため高光沢な鏡面外観を発現する。一方サテン調めっきにおいては、皮膜表面の凹凸形状により、乱反射成分が多く、かつ正反射成分が少なくなる。これにより巨視的には半光沢のツヤ消しめっき外観を発現する。写真-1の蛍光灯の写りこみの鮮明さより、光沢差が確認できる。

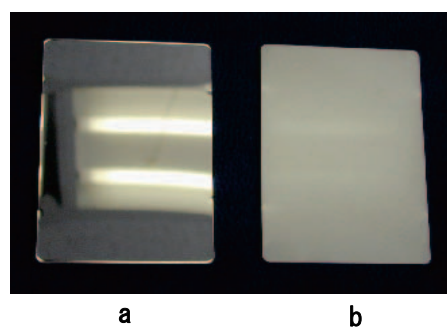


写真-1 光沢外観の比較

a) クロムめっき b) サテン調めっき

*1 Yuji Hotta 材料技術部 第三技術室

*2 Yosuke Maruoka 材料技術部 第三技術室

*3 Takayasu Ido 材料技術部 第三技術室

*4 Hiroshi Watarai 材料技術部 第三技術室

3-2. 凹凸皮膜形成メカニズム

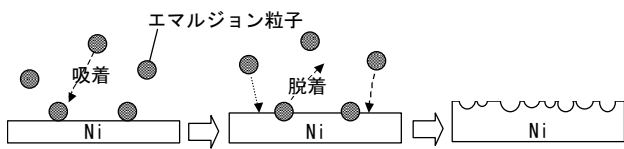


図-3 エマルジョン粒子による部分的なニッケル皮膜成長阻害作用

サテン調めっき工程では、ニッケルめっき液中に添加剤として粒子径が5~100 μ m程度のエマルジョン粒子を含んでいる。このエマルジョン粒子はめっき液中に懸濁状態で分散しており、ニッケルめっき皮膜の成長過程において、皮膜表層への吸脱着を繰り返す。エマルジョン粒子が吸着した部位ではニッケル金属層の膜厚成長が阻害され、結果としてエマルジョン粒子脱着後に、皮膜表層に凹形状が形成される。この一連の繰り返し作用により、ニッケルめっき皮膜表面に均一に凹凸形状が形成される。

3-3. エマルジョン特性の制御

以上のように、サテン調めっきのツヤ消し外観発現性は皮膜表面の凹凸形状に依存する。皮膜表面の凹凸形状はエマルジョン粒子により形成されるため、粒子特性は外観の発現性を考える上で極めて重要なファクターとなる。例えばエマルジョン粒子径が外観発現性に与える影響は大きく、これはめっき液成分の種類、配合条件、工程条件等により変化する。(写真-2)これらを制御することでエマルジョン特性を操作し、結果として安定した外観を得たり、光沢を制御したりすることが可能となる。

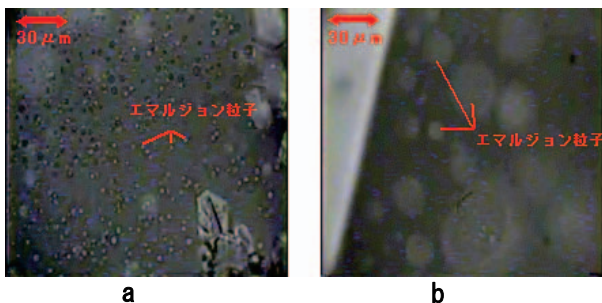


写真-2 液中のエマルジョン粒子拡大写真
a) 粒子径 : 5~10 μ m b) 粒子径 : 20~100 μ m

4. 効果の確認

写真-3は高光沢, 低光沢それぞれのサテン調めっきの皮膜表面の拡大写真である。いずれもエマルジョン粒子によりめっき皮膜表面に前述の凹凸形状が形成されているが、aでは平滑部分が多く、結果として光沢感の高いサテン調めっきとなっている一方、bでは皮膜の凹凸が多いため、光沢感を抑えたサテン調外観となる。

液中のエマルジョン粒子特性を制御することにより、サテン調仕上がり外観をコントロール可能であることが確認できた。

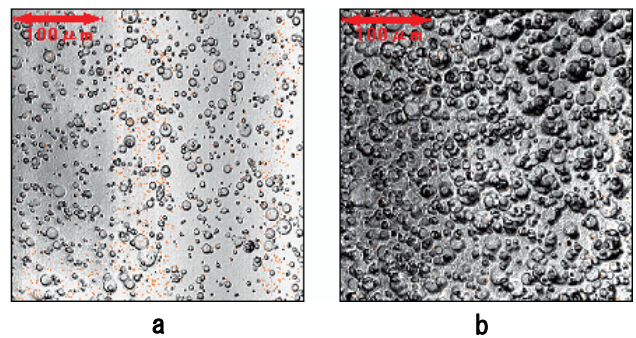


写真-3 サテン調めっき皮膜表面拡大写真
a) 高光沢サテン調めっき
b) 低光沢サテン調めっき

5. おわりに

本紹介のサテン調めっきは、トヨタエスティマハイブリッドのフロントグリルフードモール加飾技術として適用され、06年5月より量産中である。

══════ 新技術紹介 ══════

Low HAPs プライマー (MACT対応)

Low HAPs Primer (for MACT Regulation)

関 谷 隆 *1

1. はじめに

近年，世界規模で環境の悪化を食い止めようと努力がなされており，環境に関する規制は年々厳しくなっている．大気汚染物質についても例外でなく規制の強化が進められている．

現在，塗装工程において使用される塗料は有機溶剤を希釈剤として用いる溶剤系が主流となっている．これには大気汚染の原因物質となる揮発性有機化合物（以下VOC：Volatile Organic Compounds）が多く含まれており，規制の影響を受けることになる．

米国における有害大気汚染物質(以下HAPs：Hazardous Air Pollutants)規制は一般的にはMACT規制と呼ばれる．MACTとは本規制が要求している「Maximum Achievable Control Technology：達成可能な最高削減技術」の頭文字を取ったもので，規制の改正により07年4月より更に厳しい規制値が設定された．具体的にはHAPs 188物質の単独および総排出量を制限するものであるが，それを達成できない場合には使用塗料中のHAPs量（固形分に対する排出濃度）の規制が適用される．（表-1）

<塗料に含まれるおもなHAPs>

HAPs：トルエン，キシレン，エチルベンゼン，
ヘキサン，メチルエチルケトン，
メチルイソブチルケトン等

表-1 07年4月施行の自動車部品用塗装に
関する HAPsのMACT規制

	規制項目	規制値
オプション #1	総排出量制限	・各HAPs: ≤ 10 トン/年 ・全HAPs合計: ≤ 25 トン/年
オプション #2	固形分に対する 排出濃度制限	・TPO(PP等): ≤ 0.22 lb-HAPs/lb-Solid ・一般樹脂: ≤ 0.16 lb-HAPs/lb-Solid

※オプション#1が遵守できない場合はオプション#2が適用となる。

今回，米国使用向けにHAPs量を最も多く含む塗料であるポリプロピレン（以下PP）用プライマーについて塗料中のHAPs量を規制値内（ ≤ 0.22 lb-HAPs/lb-Solid）に低減したプライマーを開発したので紹介する．

2. Low HAPsプライマーの概要

PP用Low HAPsプライマーには規制物質であるトルエン，キシレンが多く含まれている．その理由は，PPとの付着成分である塩素化ポリオレフィン（以下CPO）が他溶剤には難溶であること，またPP基材を膨潤させるため付着性向上の効果があることによる．

従来の作業性を維持しつつ，これらの問題に対して各々下記のように対策を施し，Low HAPsプライマーの塗料設計を行った．

2-1. 蒸発速度

現状の作業性（タレ防止、塗装肌）を維持するために現行プライマーに含まれるトルエン，キシレン等のHAPs溶剤を蒸発速度（V値）がほぼ同じの非HAPs溶剤にて代替した．（表-2）

*1 Takashi Sekiya 材料技術部 第3技術室

表-2 Low HAPsプライマー溶剤組成と蒸発速度

	現行プライマー		LowHAPsプライマー	
	組成	比率	組成	比率
溶剤組成	トルエン、キシレン	70%	トルエン、キシレン	10%
			非HAPs溶剤	60%
	その他溶剤	30%	その他溶剤	30%
V値	92		90	

2-2. 塗料樹脂の溶解性

溶剤系をトルエン、キシレンから他溶剤に変更することで溶解困難となるCPO樹脂を一般の溶剤にも溶解する樹脂成分でグラフトすることにより、代替した非HAPs溶剤にも易溶な樹脂とした。(表-3)

表-3 Low HAPsプライマーCPO成分と溶解性

		現行プライマー	Low HAPsプライマー
CPO成分			
溶解性	現行溶剤	○: 溶解	○: 溶解
	LowHAPs溶剤	×: 難溶	○: 溶解

2-3. 付着性の確保

基材の膨潤によるアンカー効果を期待できない分を補うため、付着性に関与しない顔料成分を減らし付着成分である樹脂成分の比率を大きくすることで現行と同等の付着力を確保した。(図-1)

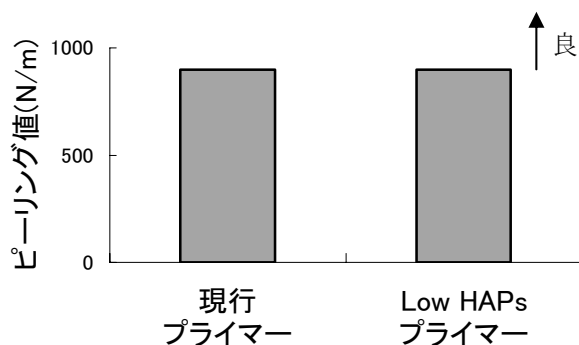


図-1 Low HAPsプライマーの付着性

開発したLow HAPsプライマーのHAPs量は下記の図-2のようになり、現行プライマーと比較して大きくHAPs量が低減でき、MACT規制のオプション#2の規制値に当たる ≤ 0.22 lb-HAPs/lb-Solidを満足する。

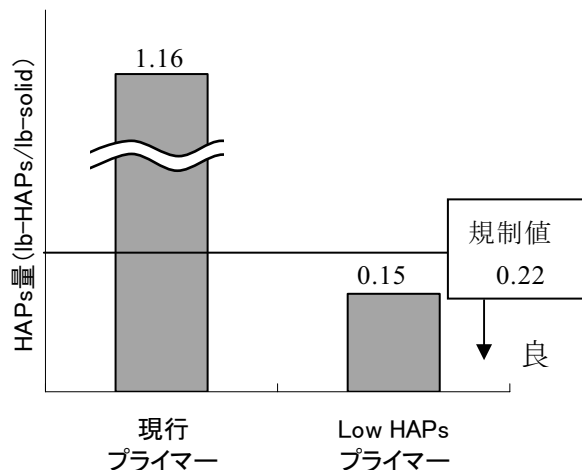


図-2 Low HAPsプライマーのHAPs量 (固形分比率)

なお、本プライマーを用いた塗料系は他性能においても塗膜性能を満足する。

3. おわりに

環境対応の塗料としては最終的には脱溶剤の水系塗料が中心になっていくのは確実であるが、塗装設備の整備等の問題もあるため、今しばらくはLow HAPsタイプの溶剤系塗料についても有効な手段の1つとして多く適用されるものと考えられる。

今回、紹介したLow HAPsプライマーは米国にてサイドモール等のPP外装部品塗装に使用予定である。

新製品紹介

ヒータ付ハンドル

Steering Wheel with Heater Element

安田 哲雄*1, 櫻井 浩史*2

1. はじめに

冬季のように寒い時期に車に乗りこみ運転をするとき、多くの人は素手でハンドルを握るため、ハンドルが冷たくて不快に感じることもある。

今回、グリップ及びスポーク部にヒータ機能を搭載したヒータ付ハンドルを開発し、量産化したので紹介する。

2. 製品の概要

本車ハンドルにヒータ機能を付加したハンドルを図-1に示す。ヒータ付ハンドルは革表面に温調機能を付加しており、インパネにあるスイッチをONすることで、ヒータ線に電流を流して発生するジュール熱により革表面を温めている。

ハンドルのグリップ構造を図-2に示す。一般的に革巻きハンドルのグリップ構成は、芯金とウレタン、革で構成されるが、ヒータ付ハンドルはウレタンと革の間にヒータエレメント(図-3参照)がある。ヒータエレメントは不織布にヒータ線が縫製されており、ヒータ線を構成するより線1本1本に絶縁コーティングが施されている。また、ヒータエレメントと革間にある緩衝材は、ヒータ線が表面から見えないう見栄え品質を確保するために設けている。



図-1. ハンドル外観

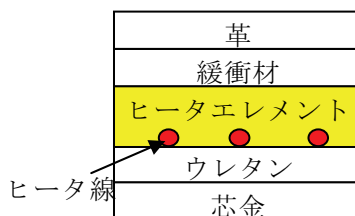


図-2. グリップ構造



図-3. ヒータエレメント

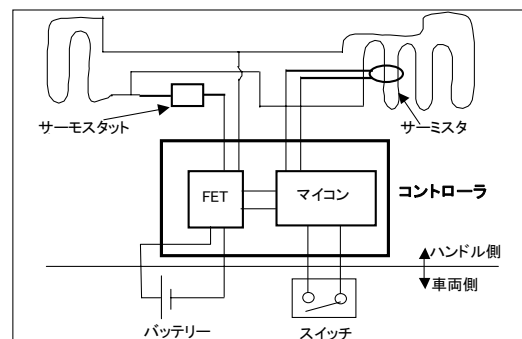


図-4. 回路図

*1 Tetsuo Yasuda セーフティシステム事業部 開発部 第3開発室

*2 Koji Sakurai セーフティシステム事業部 技術部 第1技術室

ヒータ付ハンドルの温調は、ハンドル内にあるサーミスタにより温度を検知して、コントローラで一定温度になるよう制御している。コントローラにはマイコンを付加しており、ヒータスイッチON後30分経過すると自動的にOFFする機能を有している。サーミスタやコントローラ故障時はインパネ部にあるインジケータが点滅するが、制御不能は電流が流れ続ける可能性がある。そのため、**図-4**に示すように安全装置としてヒータ線に直列にサーモスタットを入れることで機械的に回路を遮断し、革表面が熱くならないようにしている。

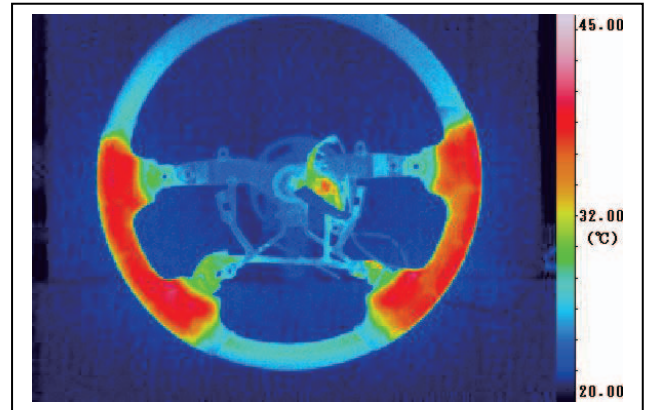


図-6. サーマビューアグラフ回路図

3. 新製品の特徴

ヒータ付ハンドルの場合、必要とされる性能は昇温特性であり、昇温は電流を多く流せば特性は向上するが、バッテリー容量から電流は制限されている。そこで、ヒータ線のより線数及び線長さを調整することで、**図-5**に示すような昇温特性を得ている。

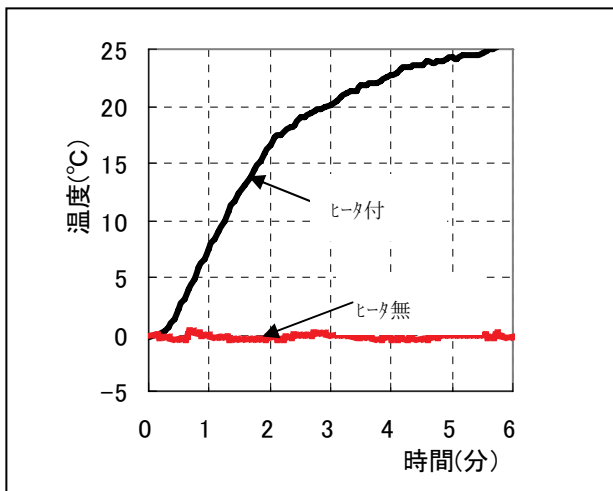


図-5. 昇温特性 (0℃雰囲気)

また、ハンドル温調部分の温度偏差を抑えるために、グリップとスポーク、または中央部と端部でヒータ線を調整することで**図-6**のサーモビューアが示すようにハンドル全体が均一な温度になるようにしている。

なお今回の仕様上温度調整機能がなく、サーミスタにより固定した温度で制御されている。温感には個人差があるが、多くのユーザーにヒータによる温かさを快適に感じることができるよう、30人以上でモニターを行いその評価結果から革表面温度狙い値を設定している。

4. おわりに

今回紹介したヒータ付ハンドルはレクサスで量産化することができ、今後本開発で得た技術を基に他車種にも適用したいと考えています。

最後にこの製品の開発・量産化にあたり多大なご指導・ご協力をいただいた関係者各位に厚く感謝の意を表します。

新製品紹介

圧力損失低減クールエアインテークダクト Low Pressure Loss Cool Air Intake Duct

岩尾 裕*¹, 高田 功*²

1. はじめに

近年、自動車は市場ニーズから歩行者保護対策による安全性の向上や、室内空間の拡大による快適性の向上が図られている。

これに伴いエンジンルームは従来に対し狭小化し、エンジン周辺部品の取り回し自由度は非常に小さくなってきている。

クールエアインテークダクト（以下ダクト）の重要な要求性能として低圧力損失があるが、比較的形状の自由度が高いダクトは、狭小化の影響を受け空気の流れに非常に不利で圧力損失が増大した形状設計となることがある。

このような状況から、ダクトの搭載条件を変更することなく圧力損失を効果的に低減する手法を開発し、適用製品を量産化したので報告する。

2. 製品の概要

ダクトの搭載位置を図-1に示す。ダクトはエンジンルーム内に搭載されエアクリーナ、エアクリーナホース等と共にエンジンへ空気を導く働きをしている。

図-2に本製品を示す。吸気口は搭載制約上ダクト形状に対して直角に屈曲しており圧力損失を増大させているが、特徴的な凹形状が圧力損失を効果的に低減している。

尚、本製品はブロー成形にて製作している。

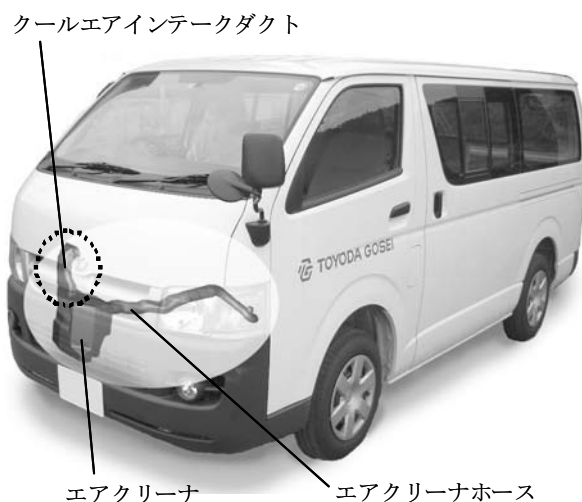


図-1 搭載位置

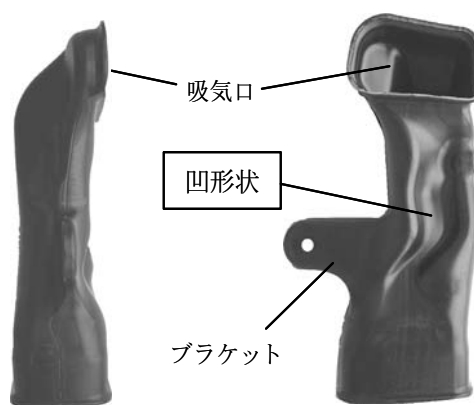


図-2 開発品クールエアインテークダクト

*¹ Hiroshi Iwao 機能部品事業部 技術部 P部品技術室

*² Isao Takada 機能部品事業部 技術部 P部品技術室

3. 技術の概要

ダクト屈曲部下流に発生することがある空気流れの剥離は、圧力損失を増大させる要因であることが一般に知られている¹⁾。

この剥離を取除いた凹形状を設計することで、圧力損失を低減することができる。しかし、剥離をどのように定義するかによってダクトの圧力損失は変化する。そこで、剥離の位置と大きさを、流速に着目した「剥離領域係数」で今回独自に定義した。

剥離領域を取除いた形状を設計するには、ダクト内の流速分布を把握することが必要であるため、CAE解析を実施する。この結果を図-3に示す。

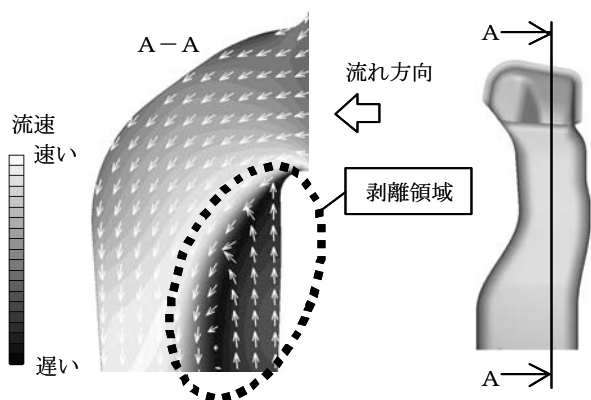


図-3 CAE解析結果（断面の流速分布）

求めた流速データから、自社開発したソフトウェアを使用して最適形状を抽出し、CADによるモデリングで形状を設計する。

ここで、「剥離領域係数」と圧力損失低減率の関係を図-4に示す。尚、実測値は解析形状を光造形品で製作した測定値である。

図-4から分かるように、圧力損失を最も低減させる「剥離領域係数」が存在する。これはダクト形状が変化しても同一である。

また、解析値と実測値は良く一致している。本手法を用いて設計したダクトは、元形状に対して凹む方向であるので、搭載条件を変更することなく圧力損失を低減させることができる。

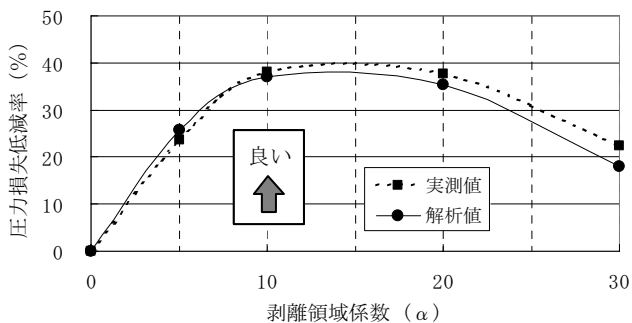


図-4 剥離領域係数と圧力損失低減率の関係

また、ダクト断面積が減少することから吸気口音の低減も期待できる。「剥離領域係数」と吸気口音の関係を図-5に示す。

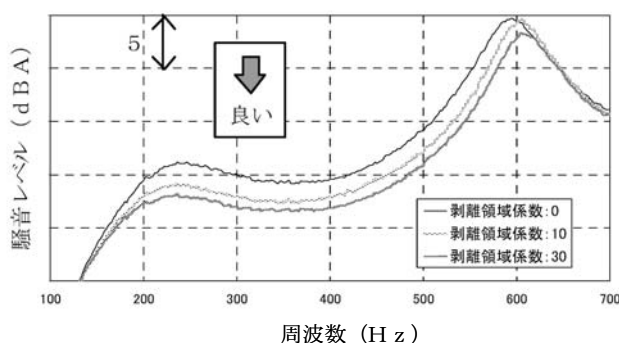


図-5 剥離領域係数と吸気口音の関係

4. おわりに

本報告は、当社が有するCAE技術を活用した製品開発の一例である。今後もお客様に喜ばれる製品開発にCAE技術を活用していきたいと考えている。

尚、本製品はトヨタ自動車株式会社殿のハイエースに採用され、'06年10月より量産中である。最後に、ソフトウェアの開発、及び量産化に多大なご尽力を頂いた関係者の方々に厚く謝意を表します。

参考文献

- 1) (社)日本機械学会編、「技術資料 管路・ダクトの流体抵抗」, p.80, (1989)

≡≡≡ 新製品紹介 ≡≡≡

ハイブリッドホイール

Hybrid Wheel

竹田 和生*¹, 荒川 哲也*², 西川 友和*³

1. はじめに

近年、アルミホイールの意匠の多様化に対応するために「意匠自由度の向上」が求められている。同時に、大径化に伴うより一層の「軽量化」及び、「低コスト化」が必要である。従来のアルミホイール仕様だけではそれらの両立に向けての課題があった。そこで今回、アルミホイールに樹脂ガーニッシュ（以下G/N）を装着することによりそれら全てを満足する「ハイブリッドホイール」を開発した。本報にてその概要について紹介する。

（図-1， 2参照）なお，開発品はホイールメーカーのトピー工業株式会社との共同開発，トヨタ自動車株式会社との協業により量産化した。

2. 製品の概要

2-1. 製品構成

従来のアルミホイールでは部分的で細かな光輝表現は困難であった。また，全面めっきする場合前処理としてバフ仕上げのコストが必要となる。開発品では，アルミホイールと樹脂G/Nを組み合わせることにより，部分的な光輝表現が可能となり，かつ同一意匠表現での「低コスト化」も合わせて達成した。（図-3， 4参照）更に弊社独自のめっき・塗装技術の組み合わせにより，様々な加飾バリエーションが可能となり「意匠自由度の向上」を実現した。



図-1. ハイブリッドホイール (LEXUS SC430)



図-2. ハイブリッドホイール (LEXUS GS450h)

*¹ Kazuo Takeda 内外装部品技術部 開発室

*² Tetsuya Arakawa 内外装部品技術部 デザイン室

*³ Tomokazu Nishikawa 内外装部品技術部 ボデー部品設計室

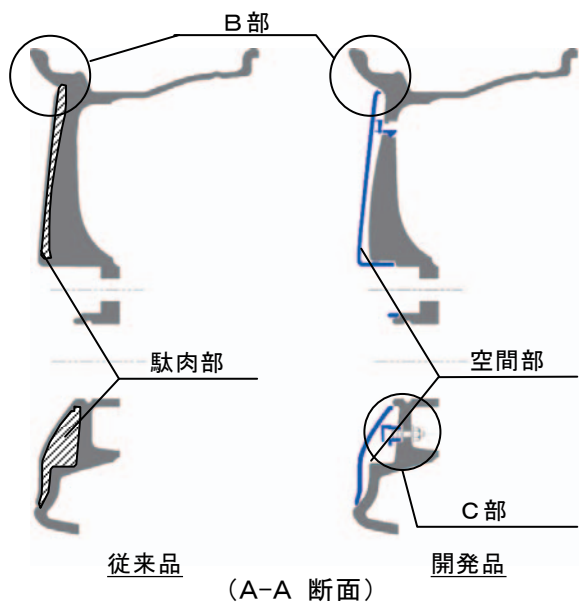


図-3. 断面比較

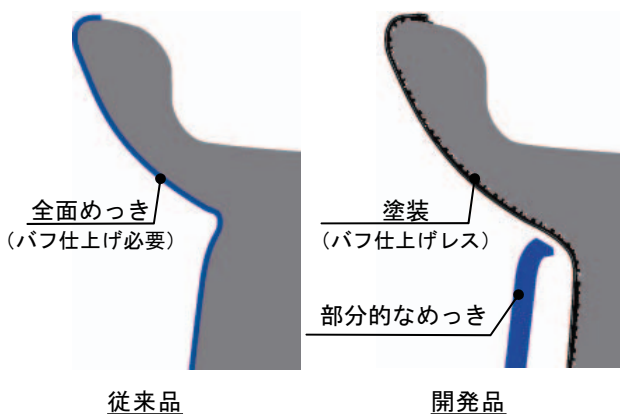


図-4. B部拡大図

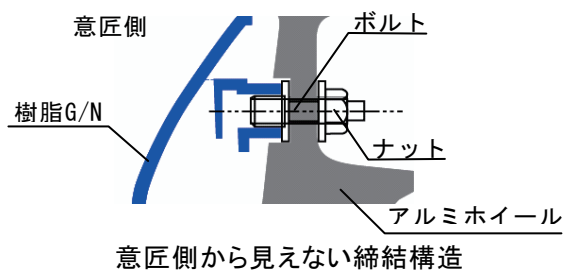


図-5. C部拡大図

2-2. 締結構造

従来のアルミホイールは金属の塊であるため、意匠形状によっては部分的に駄肉が発生していた。開発品では樹脂G/Nに意匠側から見えない締結構造を適用することで、アルミホイールとの間に空間が確保でき、同一意匠比較での「軽量化」が達成できた。(図-3, 5参照)

3. 製品性能

3-1. 性能及び効果

アルミホイールとしての必要な性能は全て満足した。従来仕様と比較し、開発品は「低コスト化」と「意匠自由度の向上」を両立できた。(図-6参照)。また、「軽量化」については、同一意匠比で10~15%低減を達成した。

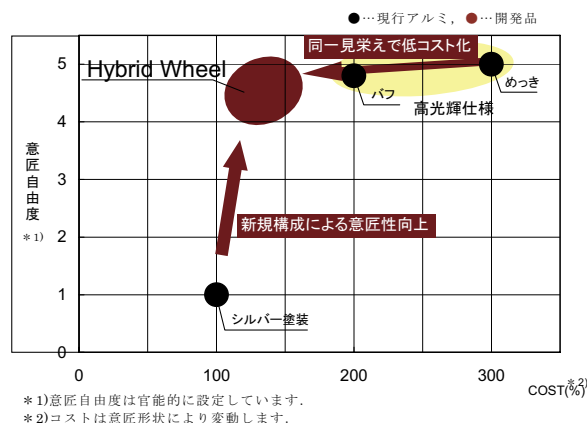


図-6. 意匠自由度と低コスト化

以下に開発品の具体的な事例を示す。

- ・ デイッシュスポークで大きさ感と異素材とを強調した意匠を表現 (LEXUS SC430 図-1)
- ・ 細いスポーク形状の樹脂G/Nで部分的なキラ感を表現 (LEXUS GS450h 図-2)

4. おわりに

今回紹介したハイブリッドホイールは、現在上記2車種で量産中であり、今後他車種への展開も含め検討中である。

最後に、この製品開発・量産化にあたり多大な御支援、御指導を頂いたトヨタ自動車(株)殿、トピー工業(株)殿の関係各部署の方々、関係者の方々に厚く感謝の意を表します。

新製品紹介

新加飾オープニングトリムウェザーストリップ

Opening Trim Weather Strip with Special Electrostatic Flocking

黒木 幹也*1 , 峯 公教*2

1. はじめに

トヨタ自動車の高級車ブランドである、レクサスにおいて、見栄えの更なる向上のため、レクサス用のオープニングトリムウェザーストリップの表面に加飾するという要望があった。

今回、顧客要求を満足する製品開発・量産化をしたので、その概要について紹介する。

2. 製品の概要

本製品は、乗用車のボデー側ドア開口部に取付けられ、車外からの音の進入を低減するシール部品である。

その装着部位を図-1に、製品仕様と一般断面装着状態(A-A)を図-2に示す。

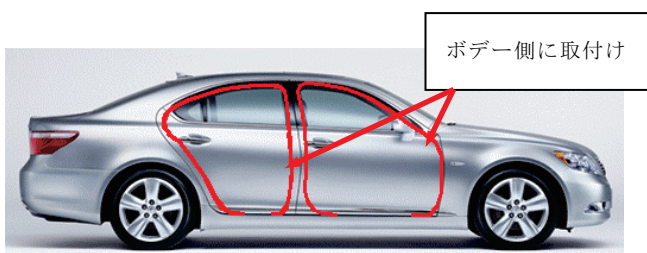


図-1 装着部位

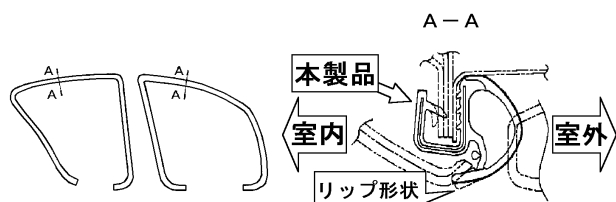


図-2 製品仕様と一般断面装着状態 (A-A)

3. 製品の特徴

3-1 見え幅の縮小

レクサス車の一般断面形状は、中空部にリップ形状を有し、見え幅が狭くスッキリした見栄えを確保したものである。従来断面とレクサス用断面の比較を図-3に、車両装着状態イメージを図-4に示す。

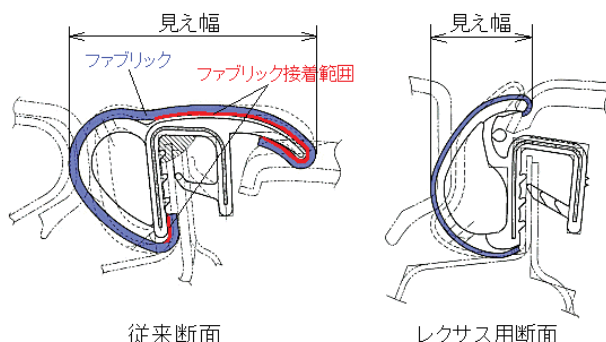


図-3 断面比較

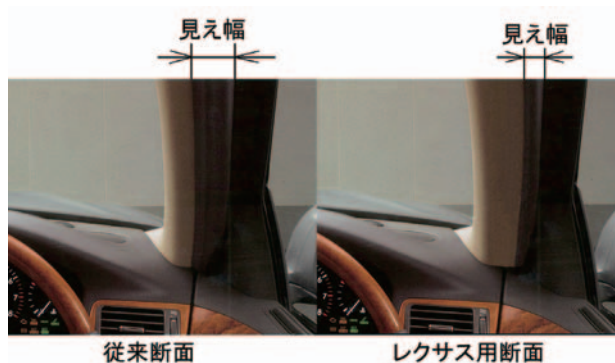


図-4 車両装着状態イメージ

*1 Mikiya Kuroki ボディシーリング事業部 技術部 第1技術室

*2 Kiminori Mine ボディシーリング事業部 技術部 第1技術室

3-2 植毛加飾

レクサス用断面では、従来同様ファブリックで加飾した場合、リップ押上によりファブリックの浮きが発生し、特にコーナ部ではシワによる外観不具合の問題が予測される。そこで、ファブリックに近い外観を確保し、コーナ部での追従性を確保できるような、新加飾技術開発が必要となった。新加飾として、ドア開閉での耐久性と、短期開発での対応が可能であることから、カラー植毛による加飾を選定した。

3-3 植毛加工方法

一般パイルによる静電植毛加工では、見栄え上ファブリックの質感より劣るため、特殊形状パイルでの特殊植毛加工とすることで、ファブリックに近い風合を確保した。拡大写真による加飾比較を図-5に、植毛加飾による見栄え向上を図-6に示す。

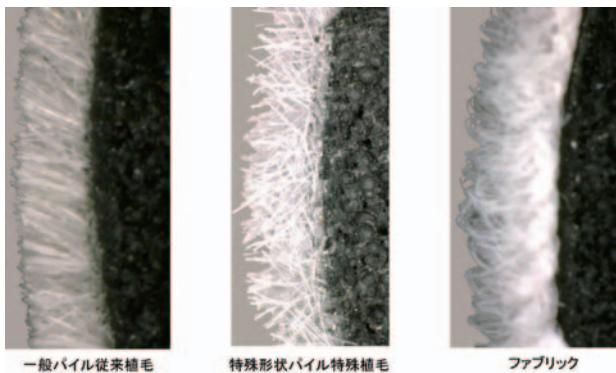


図-5 加飾比較

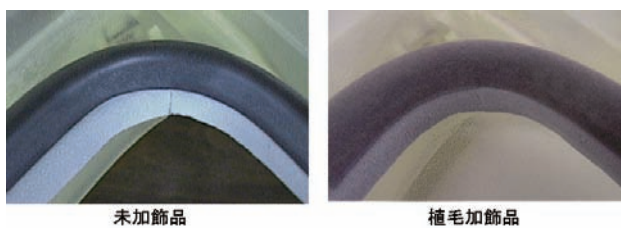


図-6 植毛加飾による見栄え向上

3-4 荷重低減断面

植毛仕様では中空部に接着剤を塗布することになり、荷重が増加するため、レクサス用断面をベースに荷重を低減した新断面形状を設定した。

変更断面を図-7に、荷重評価結果を図-8に示す。

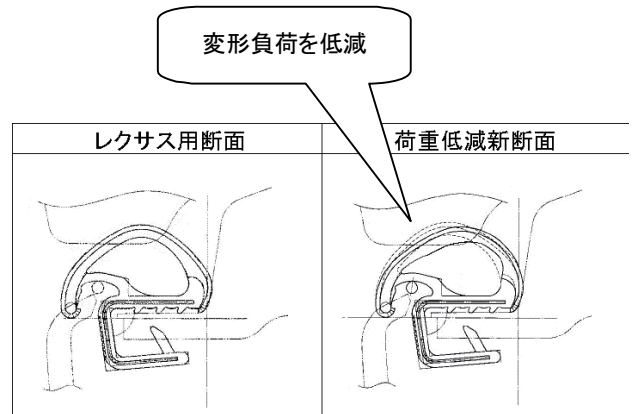


図-7 変更断面

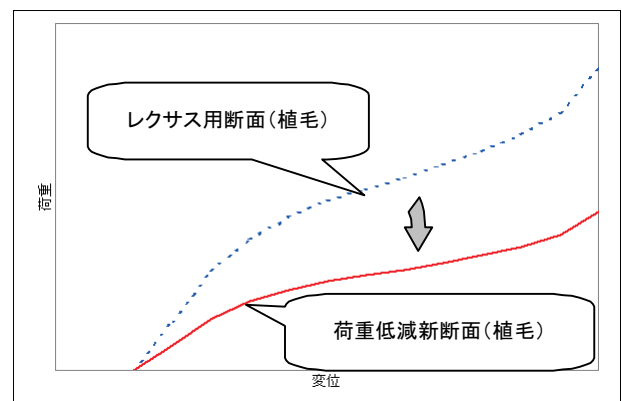


図-8 荷重評価結果

これらの開発により、車両要求性能を満足し、見栄え品質が高く、顧客要望を満足できる、加飾仕様のオープニングトリムウエザストリップを開発することができた。

4. おわりに

今回紹介したウエザストリップは、最高級仕様として、レクサスLSに採用され量産化した。

最後に、この製品の開発・量産化に際し、多大な御支援、御指導を頂いたトヨタ自動車株式会社関係部署の方々に厚く謝意を表します。

新製品紹介

NTT ドコモ向け携帯電話機筐体

Cellular Phone Case for NTT DoCoMo

島田 雅俊 *1

1. はじめに

2005年10月にNTTドコモより、FOMA初のGPS搭載携帯、『SA700iS』（写真-1）が発売された。これは三洋電機殿が開発したもので、この機種よりNTTドコモのFOMAに新規参入した。

今回、『SA700iS』の製品筐体部の開発を三洋電機殿と共同で実施したので紹介する。



写真-1. 『SA700iS』



写真-2. 『SA700iS』特徴

2. 製品の概要

2-1. 製品の特徴

『SA700iS』はFOMAのテレビ電話に対応するために、二つのカメラを搭載している。アウトカメラは約103万画素、インカメラは約11万画素である。また、2.2インチQVGA液晶をメインディスプレイに採用しているため、FOMA初のGPSナビ機能を活用する際に見やすい画面となっている（写真-2）。

2-2. 受注部品の特徴及び課題

今回弊社が三洋電機殿より受注した部品は9部品であり、今回取組んだ主な課題は以下の3つである（図-1）。

- ① LCDフロントに採用しているMgの成形良品率の向上
- ② S字ラインのデザイン達成の為に、KEYフロントの複雑な金型の精度向上
- ③ RF性能を向上する為に、KEYバックに施したXYシールドの不具合未然防止

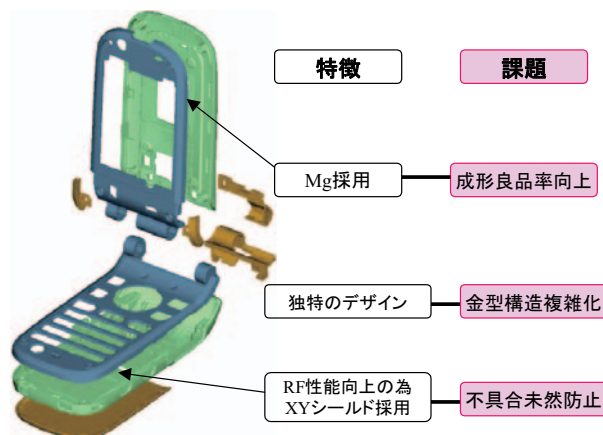


図-1. 受注部品の特徴及び課題

*1 Masatoshi Shimada 特機事業部 技術部 技術室

3. Mg成形良品率の向上

LCDフロントへのMgの採用は、弊社では5機種目であり、成形良品率の向上が最大の課題であった。

そこで今回、開発部、成形メーカーと協業で、金型の構造、成形方法の改善により、型内の真空度を高め、不良の主要因である湯ジワの発生の低減を実施した。これにより、成形良品率を初期モデルより20%向上させることができた。

4. 複雑金型の精度向上

『SA700iS』は、内蔵アンテナを採用することにより、オープン時の側面視の滑らかな曲線美のS字ラインが特徴的である（写真-3）。



写真-3. 側面視 (S字デザイン)

このデザインを達成する為に、KEYフロントのヒンジ部の金型が4ヶのスライドを有する複雑なものとなり（図-2）、PL部の段差の極小化が課題であった。

そこで金型設計面では意匠面のRエンド部にPLを設定する事で、PLを極力目立たないようにした。また、一体電極で同時放電をする事でPL段差5 μ m以下を達成する事ができた。

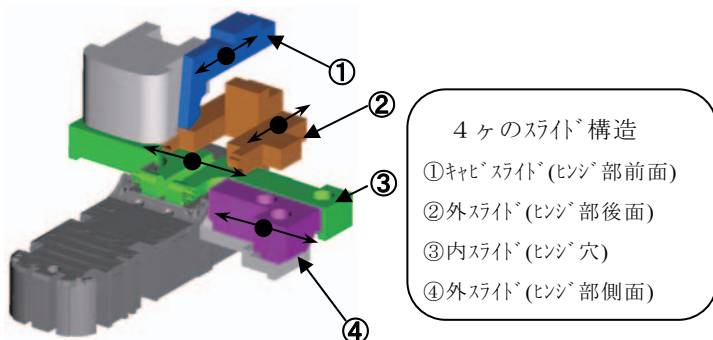


図-2. KEYフロント金型構造

5. XYシールドの不具合未然防止

従来KEYバックにはCu+Ni蒸着のみを施して電磁波シールドをしていた。しかし『SA700iS』はGPS搭載モデルであり、これまで以上の電磁波シールド性が必要であったため、Cu+Ni蒸着+XYシールドを採用した。このXYシールドとは導電性のシリコーンゴムパッキンをリブ上に塗布し、基盤と密着させる事で導通を得て電磁波シールド効果を向上させるものである。

弊社は初のXYシールドを採用するにあたり、現行工程品の不具合の抽出をし、それらの不具合に対する量産管理値を新たに設定した。更には、QC手法を取入れた量産工程作りの指導を行い、量産時の不具合未然防止を行った。

6. おわりに

豊田合成は本製品以降も三洋電機殿よりNTTドコモ向けのキッズモデル『SA800i』等の様々な機種を受注し、現在も技術開発を進めている。

今後は、今回の機種で得た知識・経験を十分に活かし、更にニーズに合った携帯電話筐体を開発していきたいと考える。

最後に本製品の量産化に際しご支援、ご指導頂いた三洋電機株式会社の関係部署及び、協業メーカーや社内協力部署の方々に深く感謝する次第である。

新製品紹介

'07モデル空気清浄機

'07 Model Air Purifier

山口 秀明 *1

1. はじめに

空気清浄機の年間国内需要はここ数年約200万台前後あり、いまだその勢いは落ちていない状況にある。そんな中、豊田合成がダイキン工業殿より空気清浄機のOEM生産の受注を受け本モデルで5機種目にあたる'07モデルが発売されたので紹介する。

'07モデルは前年機種に対し前面パネルを含めた意匠を一新し、高級機種での風量の増加、新機能を加えたフルモデルチェンジにあたる。

(写真-1)



写真-1 '07モデル空気清浄機

2. 製品の概要

開発にあたりダイキン殿が設定した本モデルの

特徴は、「基本性能の向上」、「除菌エリアの拡大」、「新アイテムの採用」、「使い勝手の向上」、「メンテ性改善」、「ホルム除去性能従来比約3倍」等があげられ、それらを軸にして開発設計が進んだ。基本構造は従来機同様吸込み領域に集塵・脱臭部を要しファンにてきれいな空気を機外へ吹出し室内を循環させる。従来機に対しユニット及び部品の形状・配置を工夫することにより、上述の特徴を満足させた。

3. 製品の構造

3-1. 除菌エリアの拡大

'07モデルで3機種目の採用になりダイキン製空気清浄機の特徴の1つでもあるストリーマ放電。そのストリーマ放電による除菌エリアを前モデルより拡大した。ストリーマを放出するストリーマユニットを上部に設定するためのスペースを確保し、ストリーマの通路となるダクト形状を構成することによりストリーマを風通路の先頭から照射することを実現した。(図-1)

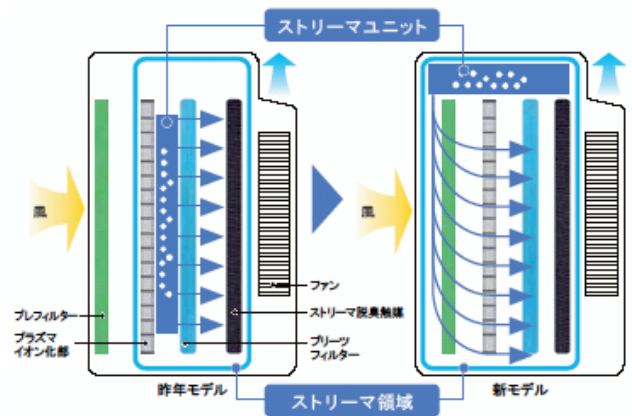


図-1 ストリーマ領域の比較 (対昨年モデル)

*1 Hideaki Yamaguchi 特機事業部 技術部 技術室

3-2. 新アイテムの採用

新アイテムとして本体から取り外せる脱臭カートリッジを搭載している。脱臭カートリッジは空気清浄機の置けない靴箱、トイレ等におけるコンパクトな形状をしており約2ヶ月使用できる。脱臭効果が衰えても本体のストリーマポケットに戻しストリーマを照射（約8時間）することで脱臭効果を復活し繰り返し使用できる。設計のポイントはポケットをストリーマユニット付近に設置するためのスペース確保と、ユーザが出し入れするための操作性の考慮に重点をおいた。（写真-2）



写真-2 新アイテム脱臭カートリッジ

3-3. 使い勝手の向上

'07モデルより本体を床置き可能にしている。（前年までは全て卓上タイプ）その関係から表示・操作部を製品上部に設定することでユーザの使い勝手向上を図った。設計のポイントは電装品の配置、組立性に重点を置いた。（写真-3）



写真-3 表示・操作部

3-4. メンテ性の改善

ユーザがお手入れをする部品をユニット化し脱着操作性、拭取り易さを重点的に改善した。（写真-4）



写真-4 メンテ部品の一例

4. おわりに

一家に1台から一部屋に1台へと、まだまだ市場拡大が見込める空気清浄機。その中でも毎年人気機種になっているダイキン製空気清浄機の開発に携われることに喜びを感じ、今までに得た知識・経験を生かし今後の継続受注へ結びつけるよう努力したい。最後に本製品の量産化にあたりご協力いただきましたダイキン工業株式会社の関係部署及び成形加工・組立部門の方々に深く感謝いたします。

参考文献

「光クリエール」カタログ:2006.08ダイキン工業発行

社外発表文献一覧表 (1)

List of Published Papers (1)

(2005年11月～2006年10月発表分)

*印：社外共同発表者

表 題	発表者	発 表 先
Li添加Naフラックス法による大口径 GaN 単結晶の育成	岩井 真* 下平 孝直* 今井 克宏* 山崎 史郎 川村 史朗* 川原 実* 森 勇介* 佐々木孝友*	第 50 回人工結晶討論会
高齢者の視覚機能を考慮した好ましい照明	川崎 史恵 永田 雅典 山岸 未沙子* 山羽 和夫*	福祉工学シンポジウム (05.12.9)
自動車部品の開発にみる高機能材料の選定と最適成形技術の採用 豊田合成の半導体レーザー	水谷 治靖 岩山 章	第 1148 回 プラ工業技術研究 電子ジャーナル別冊 2006年オプトデバイス技術大全
LED 色彩表示器の時間特性と目立ち度の関係	藤井 瞳* 藤間 崇史* 山本 源治* 永田 雅典 阿山 みよし* 池田 典弘	第 30 回照明学会東京支部大会講演集
Li添加Naフラックス法により育成したΦ2インチ GaN 単結晶の評価	岩井 真* 下平 孝直* 今井 克宏* 山崎 史郎 川村 史朗* 川原 実* 森 勇介* 佐々木孝友*	第 53 回応用物理学関係連合講演会
MOVPE 成長 GaN 薄膜における励起子非弾性散乱発光	田中 浩康* 安藤 雅信 上村 俊也 中山 正昭*	第 67 回応用物理学学会学術講演会

社外発表文献一覧表 (2)

List of Published Papers (2)

(2005年11月～2006年10月発表分)

*印：社外共同発表者

表 題	発表者	発 表 先
薄肉大型樹脂部品の高精度反り予測 CAE の開発 (第 1 報)	井ノ上 達也* 高原 忠良* 水野 高志* 古橋 洋* 山田 和慶 小山 弘*	第 17 回プラスチック成形加工学会年次大会 (2006.5.24)
薄肉大型樹脂部品の高精度反り予測 CAE の開発 (第 2 報)	西郷 栄人 高原 忠良* 吉永 誠* 古橋 洋* 小山 弘* 山田 孝幸*	第 17 回プラスチック成形加工学会年次大会 (2006.5.24)
薄肉大型樹脂部品の高精度反り予測 CAE の開発 (第 3 報)	小山 弘* 高原 忠良* 吉野 由香* 浅野 圭吾* 西郷 栄人 山田 孝幸*	第 17 回プラスチック成形加工学会年次大会 (2006.5.24)
薄肉大型樹脂部品の高精度反り予測 CAE の開発 (第 4 報)	浅野 圭吾* 高原 忠良* 関戸 邦雄* 西郷 栄人 山田 孝幸* 小山 弘*	第 17 回プラスチック成形加工学会年次大会 (2006.5.24)
薄肉大型樹脂部品の高精度反り予測 CAE の開発 (第 5 報)	高原 忠良* 古橋 洋* 山田 和慶 山田 孝幸* 小山 弘* 中野 亮*	第 17 回プラスチック成形加工学会年次大会 (2006.5.24)
低温 AlN バッファ層膜厚変化に伴う GaN : Si 膜の転位密度と光学特性の関係	齋藤 義樹 奥野 浩司 生川 満久 山田 修平 豊田 優介 石賀 章 松井 慎一 西島 一樹 大沢 政明 瀧 哲也	第 53 回応用物理学関係連合講演会

社外発表文献一覧表 (3)

List of Published Papers (3)

(2005年11月～2006年10月発表分)

*印：社外共同発表者

AlN単結晶育成のためのNaフラックス法の検討及び改良	別所 公博* 新井 正樹* 川原 実* 川村 史朗* 吉村 政志* 森 勇介* 佐々木孝友* 岩井 真* 東原 周平* 山崎 史郎	第53回応用物理学関係連合講演会
高速成長に向けたSn-Mgフラックス中でのAlN単結晶育成	新井 正樹* 別所 公博* 川原 実* 川村 史朗* 吉村 政志* 森 勇介* 佐々木孝友* 岩井 真* 東原 周平* 市村 幹也* 今井 克宏* 山崎 史郎	第53回応用物理学関係連合講演会
Legibility under reading lights using white LED	M.Yamagichi* K.Yamba* F.Kawasaki M.Nagata	Gerontechnology Vol.3 No.5
Epitaxial growth of GaN layers on metallic TiN buffer layers	Y. Uchida* K. Ito* S. Tsukimoto* Y. Ikemoto K. Hirata N. Shibata M. Murakami	Journal of Electronic Materials (2006.08)
照明の分光分布と色温度の違いがもの見え方の感性評価に及ぼす影響	山岸末沙子* 山羽 和夫* 永田 雅典	第8回日本感性工学会大会予稿集 (2006.09)
本木ステアリングホイールの触感評価	野倉 邦裕 川崎 史恵 井上 純矢 渡邊 泰裕 永田 雅典	日本人間工学会年次大会論文集

編集後記

昨今の急激な海外進出、開発モデル数の増加、開発期間の短縮などにより技術部門が繁忙を極めて
いる中で技報原稿を執筆していただいた皆様に感謝します。おかげで48巻2号も予定通り発行する
ことができました。来年定年を迎えることから本号が私の担当する最後の技報になりました。

豊田合成技報編集事務局を前任の林から引継ぎ第40巻1号（1998年6月発行）以降9巻18号を
発行してまいりました。その間、弊社創立50周年の1999年第41巻1号では表紙のデザインを一
新し21世紀への期待を込めて新素材C60と青色LEDをあしらったデザインとしました。またイン
ターネットの普及に合わせ2003年からは弊社ホームページに豊田合成技報を公開しました。多く
のアクセスを頂いており新しい読者を開拓できているようです。

永い間事務局を勤めてこられたのは皆様のご協力の賜物と感謝しております。引き続き豊田合成技
報へのご支援よろしく申し上げます。（山崎）

(非売品)

豊田合成技報編集委員会	豊田合成技報 第48巻 第2号 (禁無断転載)
編集委員長 市原正英 (技術管理部)	2006年12月14日印刷
編集委員 牛田洋子 (開発部)	2006年12月22日発行
水谷治靖 (材料技術部)	発行所 豊田合成株式会社
藤本徹 (金型機械事業部)	発行人 鈴木孝昌
岡峰正直 (施設環境部)	印刷所 竹田印刷株式会社
佐藤貴彦 (内外装部品事業部)	
藤浪京一 (機能部品事業部)	
羽柴隆博 (セイテイシステム事業部)	
木佐貫久幸 (ホテイスリーディング事業部)	
渡辺有 (ホテイスリーディング事業部)	
伊藤均 (オプトE事業部)	
安井誠志 (特機事業部)	



本社・春日工場	〒452-8564 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地	Tel (052) 400-1055
技術センター	〒492-8540 愛知県稲沢市北島町西の町30番地	Tel (0587) 34-3302
稲沢工場	〒492-8542 愛知県稲沢市北島町米屋境1番地	Tel (0587) 36-1111
西溝口工機工場	〒492-8452 愛知県稲沢市西溝口町第二沼1番地の1	Tel (0587) 36-5761
森町工場	〒437-0213 静岡県周智郡森町睦実1310番地の128	Tel (0538) 85-2165
尾西工場	〒494-8502 愛知県一宮市明地字東下城40	Tel (0586) 69-1811
平和町工場	〒490-1312 愛知県稲沢市平和町下三宅折口710	Tel (0567) 46-2222
東京営業所	〒100-0005 東京都千代田区丸の内二丁目2番1号岸本ビル3階308号	Tel (03) 3213-5681
大阪営業所	〒532-0003 大阪市淀川区宮原四丁目1番45号新大阪八千代ビル3階	Tel (06) 6391-2691
広島営業所	〒732-0805 広島市南区東荒神町3番35号広島オフィスセンタービル3階	Tel (082) 264-3887
宇都宮営業所	〒321-0953 栃木県宇都宮市東宿郷三丁目1番7号NBF宇都宮ビル7階	Tel (028) 610-8846