

地上波デジタルTV用フロント合せガラスアンテナの開発

Development of Laminated Windshield Glass Antenna for Digital Terrestrial TV

福丸 智之* 浅見 建*
Tomoyuki FUKUMARU Ken ASAMI
斉藤 肇* 稲見 伸之*
Hajime SAITO Nobuyuki INAMI

要 旨

車載地上波デジタルTV受信用のフロント合わせガラスアンテナを開発した。従来の銀プリントによるアンテナ線が目障り感を改善するため線幅0.25mmの銅箔アンテナを合わせガラス内部に挟み込みガラスを誘電体とした容量結合を用いて、アンプをガラス面上の端子に直接、搭載する構造とした。このフロント合わせガラスアンテナは、前方180度の範囲で均一な指向特性が得られ、メンテナンスのしやすさも確保できた。アンプのベースプレートのガラス面への半田付け時の熱応力については、ガラスの許容応力に対し、十分に低いことが確認できた。

ABSTRACT

A front laminated windshield glass antenna for on-board digital terrestrial TV reception was developed. In order to reduce the visual unpleasantness of conventional silver-printed antenna lines, the new antenna structure consists of a copper thin film antenna with a line width of 0.25 mm clamped inside laminated windshield glass. In addition, the amplifier is mounted directly to terminals on the glass surface using capacity coupling with the glass as the dielectrics. As a result, this front laminated windshield glass antenna obtained flat directivity over the front 180° range, and ease of maintenance has also been secured. In addition, the thermal stress when soldering the base plate of the amplifier to the glass surface was confirmed to be sufficiently less than the permissible stress of the glass.

1. まえがき

従来の車載アナログTV用アンテナはリヤガラス内に複数のアンテナを形成しダイバーシティを構成していた。今回初めて地上波デジタルTVシステムを開発するにあたり、移動体として優れた受信性能を実現すべく、フロントガラスとリヤガラスアンテナによるダイバーシティ構成をとることにした。

フロントガラスへのアンテナ搭載は初めてであり、受信性能の確保と以下の課題、目標を定め開発に着手した。

- (1) 前席乗員の視界範囲内にアンテナ線が配置されるので、目障りにならないようにする。
- (2) 従来のアナログTVアンテナと同軸線の結線手法ではリード線による受信性能低下が大きいので、アンテナの直下にアンプを形成する構造とする。
- (3) 挟み込んだアンテナとアンプの接続手法および信頼性を確立する。

*四輪開発センター

2. 構造

2.1. アナログTVアンテナの構造

従来のアナログTV受信用ガラスアンテナの構造をFig. 1に示す。ガラス面上に銀プリントによるアンテナを形成し、リード線とグランド端子からなる同軸線に接続する構造である。アナログTV放送波はVHF, UHF帯域で波長は約42 - 280 cmである。これに10 - 20 cmのリード線を接続すると、リード線はアンテナの一部となり共振周波数がずれるなどの受信性能が不安定となる問題があった。また同軸線の途中には信号減衰を補うためのアンプを設置していた。

2.2. 地上波デジタルTVアンテナの構造

地上波デジタルTV放送はUHF帯域で波長は約42 - 64 cmである。VHF帯に比べると波長は短くなり、それに伴いリード線による共振周波数のずれはさらに大きくなり受信性能

が低下する。これを解決するため、入力およびグランド端子をガラス上に形成できるダイポール型アンテナを採用し、アンプをガラス面上に直接搭載することにした。この構造により性能に影響を及ぼしていたリード線をなくすことができた。外観写真を Fig. 2 に、内部構造を Fig. 3 に示す。

アンテナエレメントは目障りにならないように銅箔をアンテナ形状に打ち抜く工法により、従来の銀プリントアンテナの線幅 0.7mm に対し 0.25mm まで細くすることができた。このアンテナエレメントを合わせガラスに挟み込む構造とし、アンプを車内側ガラス面上に固定した。アンテナは合わせガラスの車内側ガラスと中間膜の間に工程でラミネートされ、アンプとアンテナの接続はガラスを誘電体とした容量結合による非接触の構造にした。

車内ガラス面にアンプを保持するためのベースプレートをウレタン接着剤により固定し、銀プリント端子とベースプレートを半田により接続する。アンプはベースプレートにねじ止めにより固定され、振動などによりネジが緩み脱落することないようにネジ抜け防止構造となっている。メンテナンス性を考慮し、アンプの故障時は交換を可能にした。

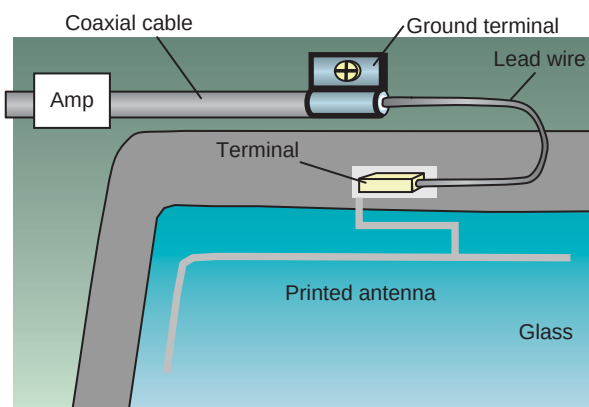


Fig. 1 Current analog TV antenna structure

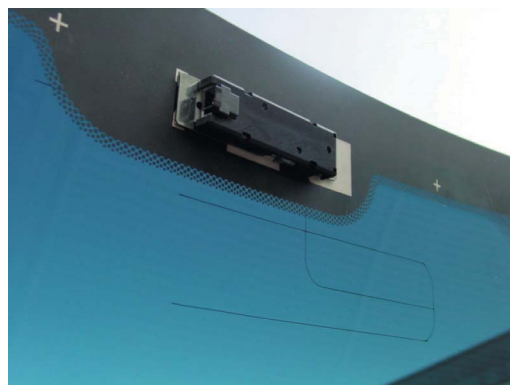


Fig. 2 Laminated windshield glass antenna and amp module

2.3. アンテナの構造と原理

銅箔アンテナの構造と原理を Fig. 4 に示す。この銅箔アンテナは双極の端子を持ち、エレメントはコの字型に折り曲げられ、ブランチエレメントとループエレメントにより、複数の共振点をつくり広帯域化した。低域側はアンテナエレメント長を $3/4$ 波長、高域側はエレメント長を約 $1/4$ 波長とすることで 300MHz の広帯域を実現した。

2.4. 容量結合による給電端子

ガラスに挟み込んだアンテナから端子を引き出す手法として合せガラス端面からアンテナ自体の銅箔線を引き出して接続することが考えられるが、その課題として以下があげられる。

- (1) 合わせガラス内部からアンテナ線を取り出す構造が複雑でガラス切削加工の追加や断線の懸念がある。
- (2) 引き回し部分の導線はアンテナの一部となりボデーとの干渉や電気漏洩などの性能低下の要因となる。

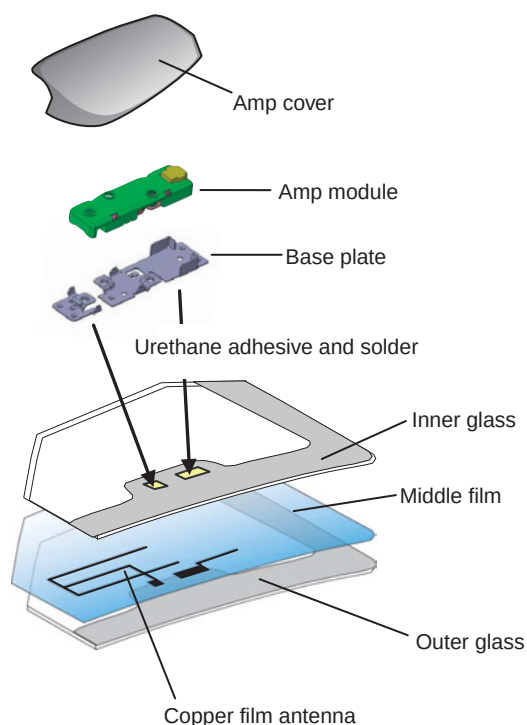


Fig. 3 Digital TV antenna structure

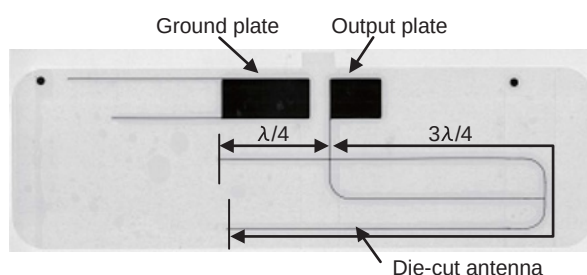


Fig. 4 Photograph of die-cut antenna

これらの課題を解決するために、車内面ガラス上に銀ブリント端子を、アンテナ端子と対向する位置に印刷することにより、ガラスを誘電体とした容量結合方式の非接触端子構造にした。ガラスの誘電率を7、厚さを2mmとして得られる電極面積と静電容量の関係を Fig. 5 に、アンテナ損失との関係を Fig. 6 に示す。電極面積は UHF 帯域の470MHz 以上で安定している500mm²とし、その時の静電容量は約15pFである。この構成により銅箔アンテナから端子線を引き回すことなくシンプルで低損失の給電端子にすることができた。

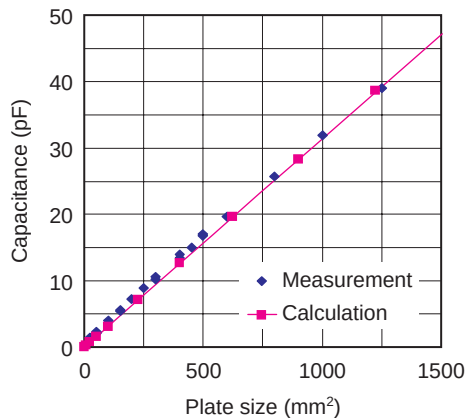


Fig. 5 Relationship of plate size and capacitance

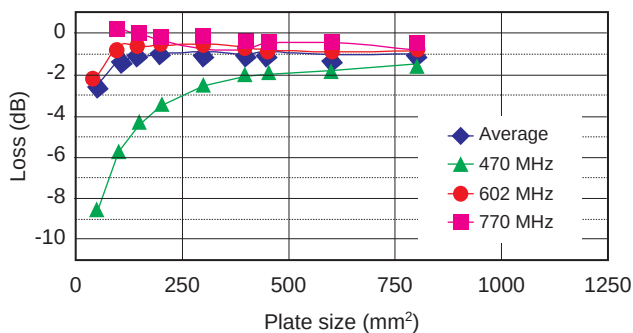


Fig. 6 Relationship of plate size and gain loss

3. 実験と結果

3.1. アンテナ単体のシミュレーション

アンテナ単体設計は、モーメント法を用いた電磁界シミュレーションによりおこなった。リターンロスの計算結果を Fig. 7 に示す。515MHz と 710MHz で共振点を持たせることにより、地上波デジタルテレビ帯域(470-770MHz)で-5dB 以下のリターンロスが得られた。

シミュレーションによる指向性計算結果を Fig. 8 に示す。フロント方向 180 度の範囲で落ち込みのない指向特性が得られることがわかった。

次に、フロントガラス上部にアンテナを設置した車両全体の電磁界シミュレーションを実施した。575MHz における電界分布を Fig. 9 に示す。車両前方への良好な放射特性が得られた。

3.2. 実車のアンテナ測定結果

このアンテナは車両前後のガラスアンテナによるダイバーシティであり、フロントガラスアンテナは車両前方180度のエリアの受信を受け持つ。実車で銅箔アンテナの617MHz における指向特性を Fig. 10 に示す。フロント方向 180 度の範囲で落ち込みのない均一な指向特性を得ることができた。またシミュレーションとほぼ同等の結果が得られた。

アンテナの周波数-利得特性を Fig. 11 に示す。帯域470-770MHz でほぼ平坦な周波数特性を得ることができた。

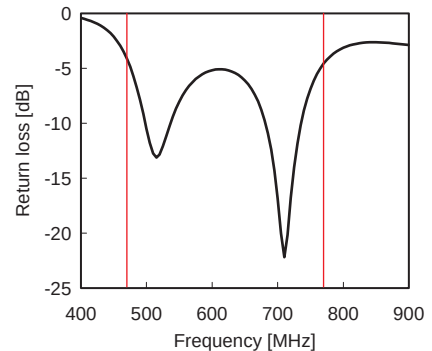


Fig. 7 Return loss

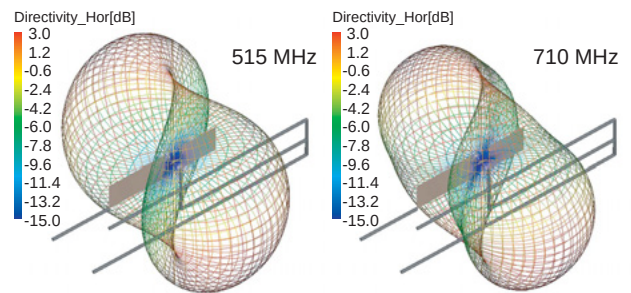


Fig. 8 Antenna directivity of horizontal polarization

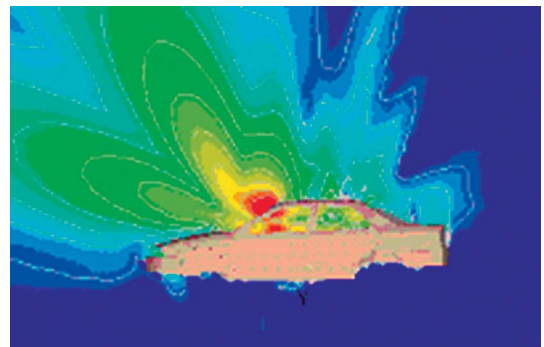


Fig. 9 Electric field at 575 MHz

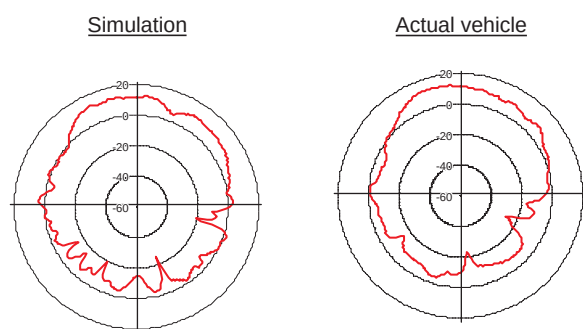


Fig. 10 Antenna gain directivity at 617 MHz

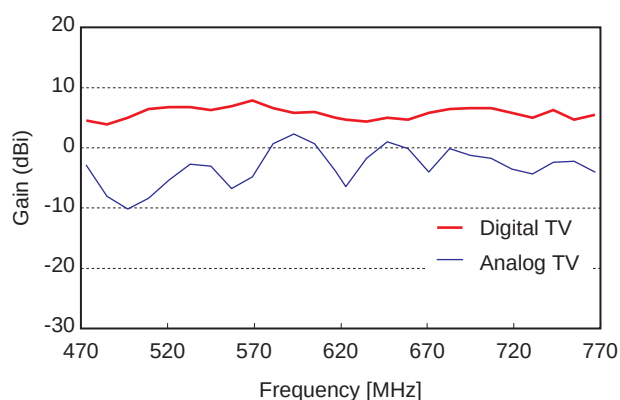


Fig. 11 Average antenna gain in front 180 deg direction

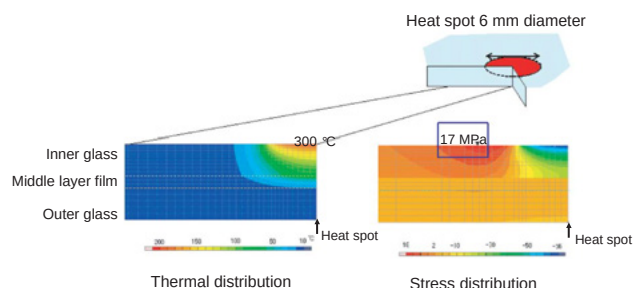


Fig. 12 Simulation of thermal stress in windshield glass

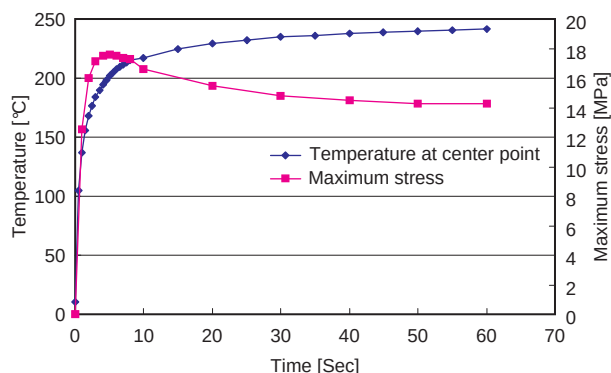


Fig. 13 Relationship of glass temperature and stress force

3.3. ガラスへのアンプの搭載時の信頼性

従来からフロントガラスのディアイサ端子は車外側ガラスの内側面の端子で半田付けをおこなってきた。本件は車内ガラス面の端子へ接続端子およびベースプレートを半田付けで固定する初めての工法であるため、その際にガラス面に生じる熱応力をシミュレーションした。初期ガラス表面温度を 10℃とし、半田付けの規定である直径 6mm の加熱部を 300℃で 5 秒間加熱した時の温度と熱応力を Fig. 12 に示す。発生する熱応力は最大で 17MPa で、ガラスの許容応力30MPaに対して十分に低いことが確認された。また Fig. 13 は加熱中心部のガラス温度と発生する熱応力が加熱時間によってどのように変化するかシミュレーションしたもので、ガラス温度は次第に上昇し約 30 秒で 235℃に達するが、最大熱応力は 5 秒後をピークに減少に転じることがわかった。また、実際に半田付けテストを実施した結果、問題のないことを確認した。

4. まとめ

受信性能、信頼性に優れた地上波デジタル受信用フロント合わせガラスアンテナを開発した。

- (1) 1/4 - 3/4 λのエレメントを用いて 300MHz の帯域幅を実現した。
- (2) 線幅 0.25mm の銅箔アンテナをガラス合わせに挟み込むことにより前方視界に対し目障り感を軽減できた。
- (3) ガラスを誘電体とした容量結合方式の非接触端子によりアンテナ直下にアンプを搭載することができた。
- (4) 車室内ガラス面端子への半田付け時の最大熱応力は許容範囲であることをシミュレーションと実験により検証した。

■ 著 者 ■



福丸 智之



浅見 建



斉藤 肇



稲見 伸之