

技術紹介

9 高温用ハイブリッドICを使用した磁気センサの開発

Development of Magnetometer Using High-Temperature Hybrid IC

佐藤 秀俊	Hidetoshi Sato	航機事業部 第二設計部
高杉 良洋	Yoshihiro Takasugi	航機事業部 第三設計部

キーワード： 油田開発、磁気測定、地磁気、高温、ハイブリッド IC

Keywords : oil development, magnetic measurement, earth magnetism, high temperature, hybrid IC

要 旨

油田掘削ビジネスにおいて昨今要求が高まっている動作環境の高温化 (175℃ ⇒ 200℃) に対応するため、既開発磁気センサの実績を応用し 200℃環境で安定かつ高信頼な作動を実現するため、高温用ハイブリッド IC を使用した磁気センサを開発しました。

試作評価の結果、ハイブリッド IC の使用により、今後の油田掘削用磁気センサに要求される作動温度 200℃における良好な作動結果が得られました。

SUMMARY

In response to the higher temperature operation environment (from 175 to 200 deg. C) to be required in the recent oil drilling business, JAE developed a magnetometer, which uses high-temperature hybrid IC technologies to be realizing stable and high-reliable operation at a high temperature environment, based on our proven technology accumulated through the magnetometers and hybrid ICs development and production experiences in the past. By the evaluation result of the prototypes, it was verified that, the product functions and accuracy is stable and normal at the high temperature environment of 200 deg. C, which is required for the recent oil drilling magnetometers.

1 まえがき

航空電子ではこれまで油田掘削市場に対して、耐高温および耐高振動・衝撃要求を満足したセンサパッケージを販売してきました。その製品には、掘削ドリルの傾斜を計測するための加速度センサを 3 軸有する「インクリノメータ・パッケージ¹⁾」、掘削ドリルの磁方位を計測するための地磁気センサを 3 軸有する「マグネットメータ・パッケージ²⁾」、およびこれら双方の計測機能を持ち合わせた「ディレクショナル・モジュール³⁾」があります。

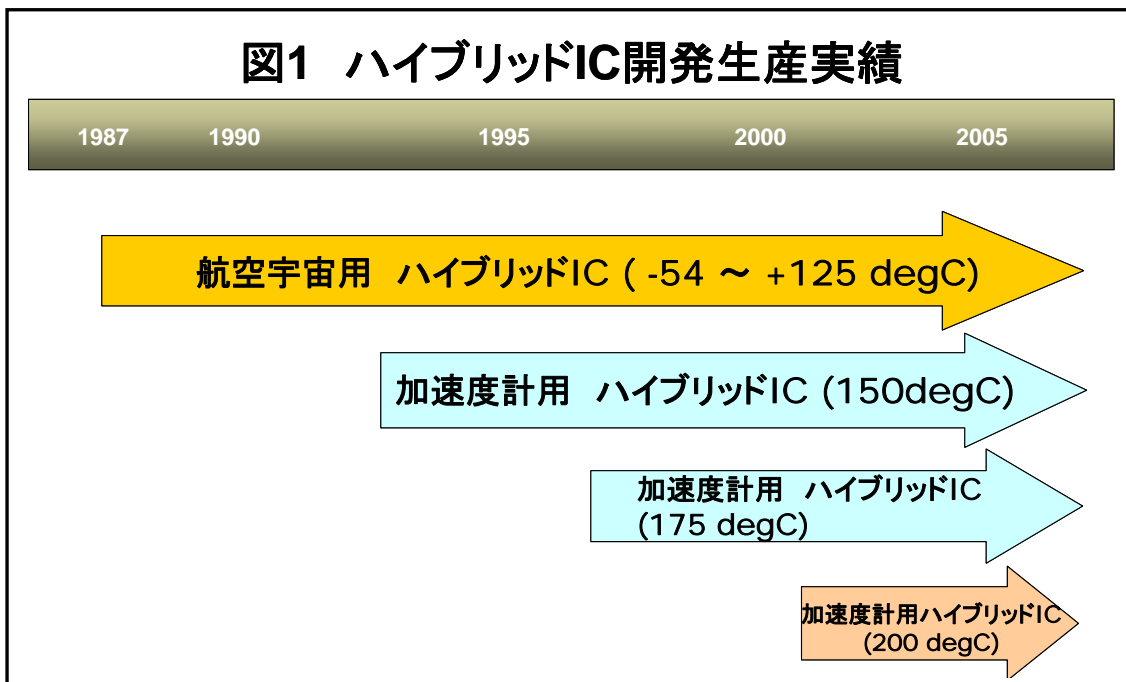
「マグネットメータ・パッケージ」や「ディレクショナル・モジュール」に必要な地磁気センサの電気回路部は、これまで耐高温技術を盛り込んだ表面実装プリント基板で構成し、175℃程度の高温における使用実績をあげています。しかし、深深度化する油田掘削／油田開発の増加から、使用されるこれらセンサも、更に高温化（200℃作動）のニーズが高まっています。そこで、我々は航空電子が数多い実績を有するハイブリッド IC の技術を地磁気センサに応用し、さらに高温への対応を実現するための開発を進めてきました。以下に高温用ハイブリッド IC を使用した地磁気センサの概要とその評価結果を紹介します。

2 高温化のキーポイント

高温動作における最も大きな障害は、電気部品の安定な動作とその信頼性です。

従来は耐高温材料を使用したプリント基板に高温用半田を使用して部品を取り付けて地磁気センサの電気回路部分を構成していました。しかしながら、この手法では部品のパッケージの問題、プリント基板そのものの耐熱性、半田接合の高温における信頼性の問題から 175℃程度での使用が限界です。そこで、200℃での安定かつ高信頼な電気回路を実現するために従来手法から脱却し、航空電子が多くの実績を有するハイブリッド IC 技術（図 1 に示す）を応用して 200℃環境に対応した地磁気センサ回路を開発しました。

図1 ハイブリッドIC開発生産実績



以下に今回開発した高温用ハイブリッド IC のポイントを示します。

- ① ワイヤボンド
IC 等、実装する部品の電極に応じた最適ワイヤでボンディングを行う
- ② 導電性接着剤
高温用導電性接着剤の選定
- ③ サブストレート (ハイブリッド IC 内の基板) 材質とパターン設計
熱膨張係数差を考慮した材質選定と導体抵抗による最適なパターン形成
- ④ 封止方法の最適化
内部に影響を与えないクリーンな封止方法の選択

さらに今回の開発では、前述の基本的な高温用ハイブリッド IC 技術に加えて以下の技術も重要なポイントでした。

- ⑤ 地磁気センサとしての非磁性対策
地磁気センサの周囲に磁性体があると地磁気の正確な測定ができないため、本ハイブリッド IC も非磁性でなければなりません。今回ケースの材料として非磁性の金属を使用し磁性金属のメッキも排除することにより非磁性化を実現しています。

3 評価結果

3.1 高温用ハイブリッド IC の仕様

表 1 に磁気センサに使用する高温用ハイブリッド IC の仕様を示します。
また、写真 1 に本ハイブリッド IC の外観を示します。

表 1 ハイブリッド IC の仕様

項目	仕様
作動温度	～ 200℃
電源電圧	+ 12V, - 12V
消費電流	+ 25mA, - 25mA 以下
寸法	68H × 20W × 7H 以下
その他	非磁性であること

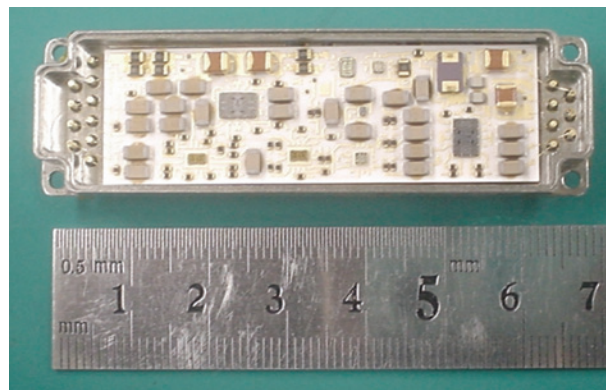


写真 1 ハイブリッド IC 外観

3.2 マグネットメータ・パッケージの仕様および評価結果

表 2 に本ハイブリッド IC を使用したマグネットメータ・パッケージの仕様と評価結果を示します。

評価方法は 25℃ から 175℃ までは 25℃ おきに、それ以上の温度では 185℃、200℃、205℃、210℃ で Bias、Scale Factor、Total Field Error を測定しました。さらに、Bias と Scale Factor についてはこれらの測定値を補正して温度補正残差を求めました。

2 台のマグネットメータ・パッケージについて評価を行いました。いずれも要求仕様を満足し、高温における再現性を含めて、良好な結果を得ることができました。

表 2 マグネットメータ・パッケージの仕様と評価結果

項目	仕様	No.1 評価結果			No.2 評価結果			記事
		X 軸	Y 軸	Z 軸	X 軸	Y 軸	Z 軸	
消費電流	+ 25mA, − 25mA 以下	+ 23mA、 − 18mA			+ 23mA、 − 18mA			
Bias								
25℃での値	± 5mGauss 以下	0.49	− 3.28	− 3.88	0.73	− 3.12	− 4.03	図 2 参照
200℃までの変化量	± 10mGauss 以下	4.08	8.93	5.17	4.24	7.48	4.87	図 3 参照
温度補正残差	± 1mGauss 以下	0.14	0.33	0.25	0.16	0.39	0.28	図 4 参照
Scale Factor								
25℃での値	7.84 ~ 8.16V/Gauss	8.083	8.087	8.027	8.085	8.083	8.041	図 5 参照
200℃までの変化量	± 1% 以下	0.13	0.30	0.44	0.20	0.32	0.43	図 6 参照
温度補正残差	± 1000ppm 以下	129	80	231	662	292	484	図 7 参照
Total Field Error	2mGauss 以下	0.56 @200℃			1.17 @200℃			

注：本稿は、磁気の単位として慣例的に Gauss を使用しています。
SI 単位系による表記は 1mGauss=100nT となります。

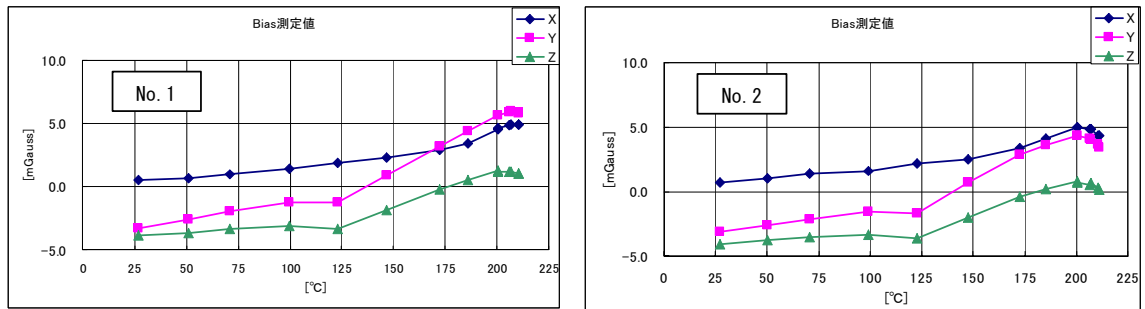


図 2 Bias 測定値

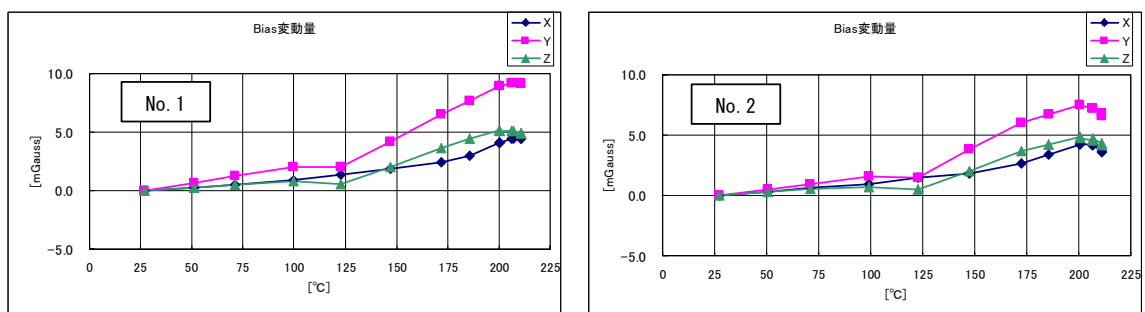


図 3 Bias 変動量

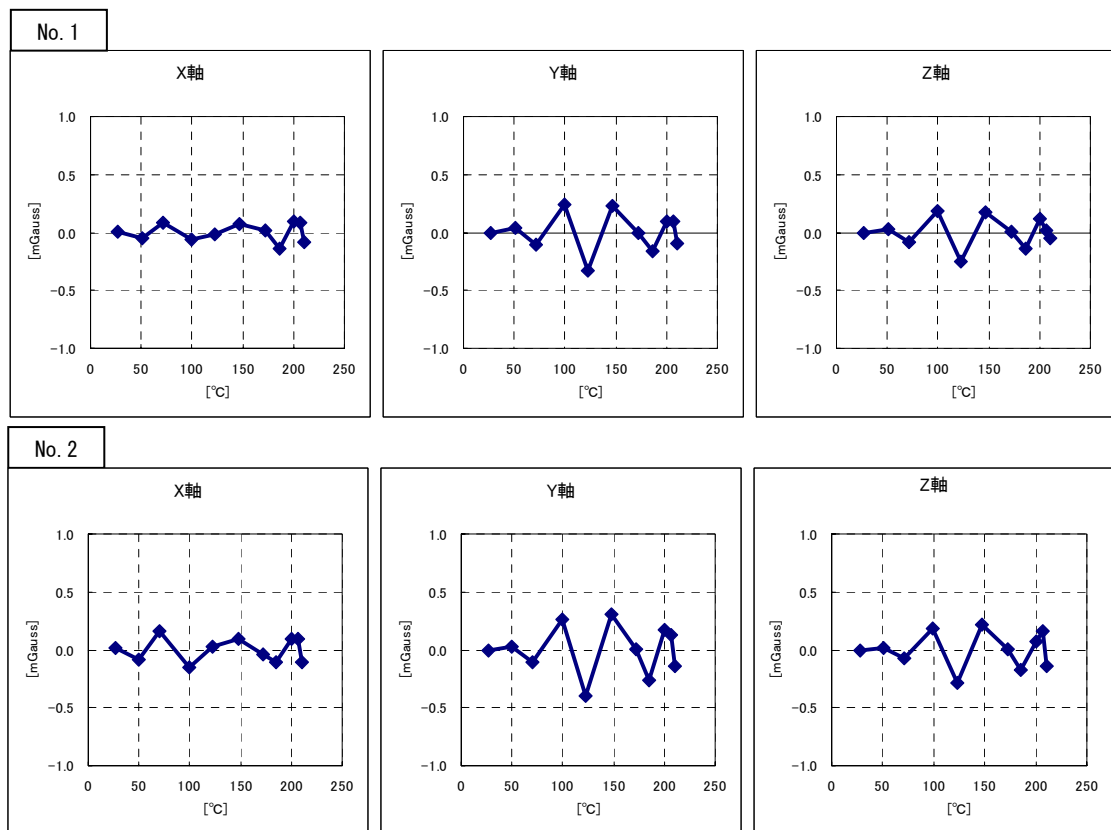


図 4 Bias 温度補正残差

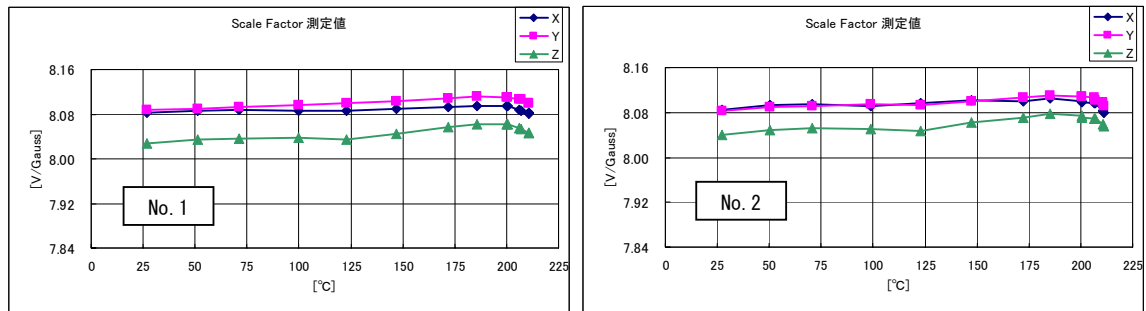


図 5 Scale Factor 測定値

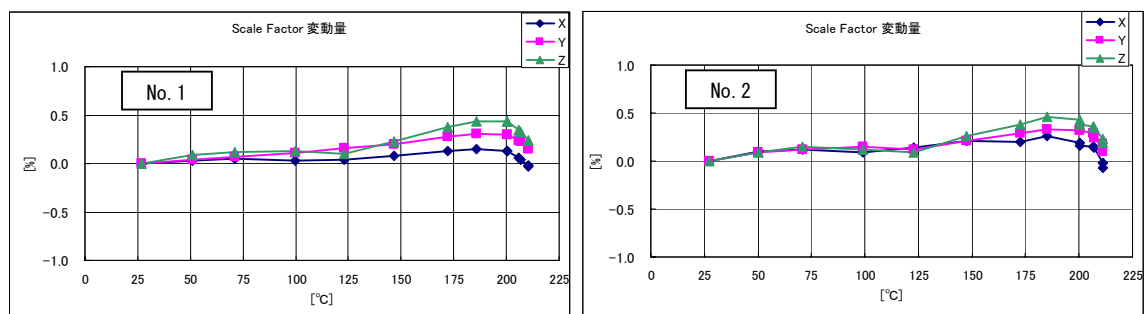


図 6 Scale Factor 変動量

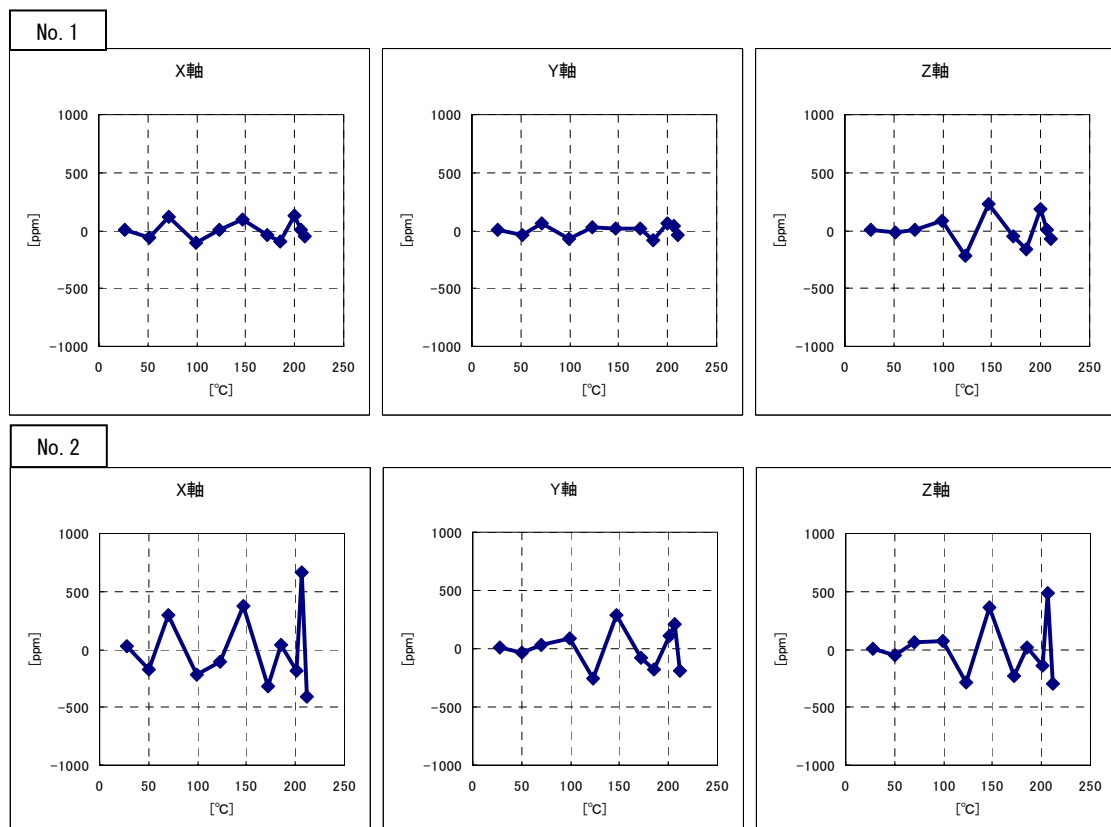


図 7 Scale Factor 温度補正残差

4 むすび

このたび油田掘削用マグネットメータ・パッケージ向けに、高温用ハイブリッド IC を使用した地磁気センサを開発し 200℃までの温度範囲で良好な性能であることが確認できました。

今後は 200℃環境での長期間にわたる信頼性試験など、各種試験の実施とお客様による評価を経て今年中には量産に移行する計画です。

また、これらの高温実装技術とノウハウ / 実績の蓄積をもとにして、今後は航空宇宙や油田掘削等に限らず、最近 耐高温性の要求が高まっている“カーエレクトロニクス”等への展開をはかってゆく計画です。

【参考文献】

- 1) 安藤芳之：“油田掘削用インクリノメータ・パッケージの開発”，
航空電子技報, 24 号 (2001)
- 2) 高辻祐輔：“油田掘削用マグネットメータ・パッケージの開発”，
航空電子技報, 26 号 (2003)
- 3) 石井俊介：“デジタル・ディレクショナル・モジュールの開発”
航空電子技報, 28 号 (2005)