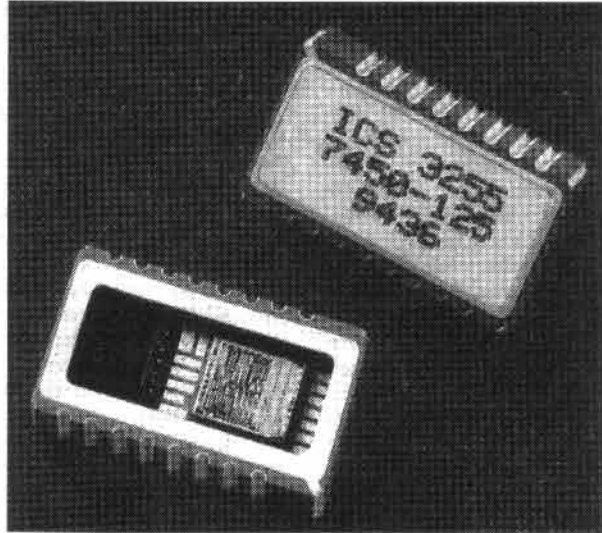


Półprzewodnikowe czujniki przyspieszenia, część 2

W drugiej części artykułu omówimy najnowsze rozwiązania stosowane w czujnikach przyspieszenia, przedstawione zostaną także podstawowe obszary zastosowań tych niezwykle interesujących elementów. Ich dynamiczny rozwój spowoduje, że już niedługo montowane będą nawet w prostych zabawkach, ku uciechu naszych maluczkich...



Firma EC&G IC Sensors z USA rozpoczęła swoją działalność w dziedzinie przyspieszeniomierzy w roku 1984 pracami nad układem 2 g. Doprowadziły one do wyprodukowania pierwszego przyspieszeniomierza w 1987. Najnowszym przyspieszeniomierzem firmy jest układ 3255. Jest to dwuukładowy przyspieszeniomierz piezooportnościowy, zawierający zarówno czujnik jak i układ sterująco-analizujący, który opracowano specjalnie do tej aplikacji. Wygląd tego układu przedstawiono na zdjęciu w czołówce artykułu.

Układ 3255 jest obecnie używany w różnych systemach samochodowych poduszek powietrznych. EG&G IC Sensors opracował także wersję przyspieszeniomierza 500 g, który jest przeznaczony do detekcji uderzeń bocznych. Element czujnikowy w układzie 3255 jest kształtowany przez wytrawianie w płytce krzemowej trójwymiarowej struktury mechanicznej. Masa sejsmiczna jest następnie łączona z ramą krzemową za pośrednictwem czterech prętów. W prętach tych implantuje się czułe na nacisk piezorezystory, zmieniające swoją oporność pod naciskiem masy sejsmicznej w trakcie przyspieszenia.

Zabezpieczenie przed przekroczeniem zakresu zapewniają przytwierdzone do płytki od góry i od dołu kapturki krzemowe, ograniczające ruch masy sejsmicznej. Kapturki te wywołują także tłumienie powietrzne, kontrolujące charakterystykę częstotliwości czujnika. Cienka warstwa powietrza działa jak poduszka tłumiąca rezonanse struktury mechanicznej.

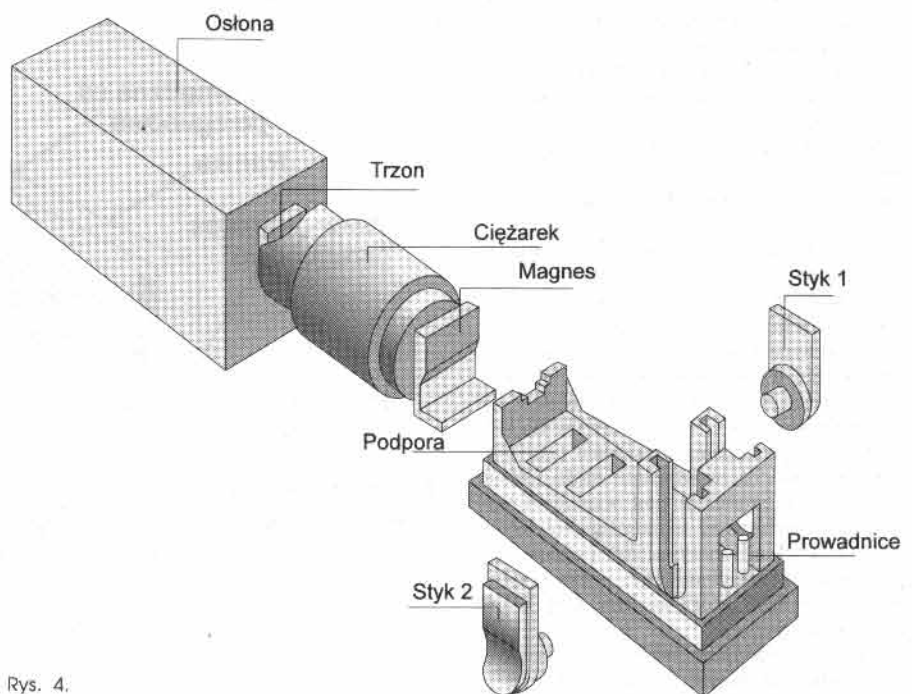
W czujniku zastosowano również opatentowany układ auto-testu, wykorzystujący elektrodę na górnym kapturku. Przyłożenie napięcia do tej elektrody wywołuje siłę elektrostatyczną, która przyciąga masę sejsmiczną

do górnego kapturka. Powoduje to generację sygnału czujnika, który może zostać użyty do sprawdzenia poprawności jego działania.

Dwuczęściowy układ 3255 jest rozwiązaniem tańszym w porównaniu z układem monolitycznym. Jest to także konstrukcja znacznie bardziej odporna mechanicznie i klimatycznie. Jego obudowa może być montowana powierzchniowo na płycie drukowanej w pozycji poziomej lub pionowej, co w wielu przypadkach upraszcza montaż i eliminuje konieczność stosowania kosztownych wsporników do właściwego ustawiania osi

pomiaru w pojeździe.

Obecnie największy rynek zbytu przyspieszeniomierzy samochodowych firmy EG&G IC Sensors tworzą układy wyzwalania poduszek powietrznych. Firma zamierza opracowywać także urządzenia do kontroli kierunku jazdy i nieblokujących się systemów hamulcowych. Kontrola kierunku jazdy polega na monitorowaniu ruchów karoserii i kół pojazdu i aktywnym dopasowywaniu podatności elementów zawieszenia i układu skrętnego do sytuacji. Za pomocą tego rodzaju systemu pojazd może być automatycznie dostosowywany do różnych warunków



Rys. 4.

drogowych, co znacznie zwiększa bezpieczeństwo i wygodę jazdy.

EG&G IC Sensors rozpoczyna również opracowywanie przyspieszeniomierza trójosiowego. Układ ten będzie się składał z trzech przyspieszeniomierzy typu 3255, dwóch umieszczonych w płaszczyźnie płytki drukowanej i trzeciego prostopadle do niej, dzięki czemu będzie się nadawał do systemu detekcji nachylenia.

Firmy Temic Sensors i Siliconics wypuściły na rynek przyspieszeniomierzy hybrydowy system czujnikowy o zakresie $\pm 1,6$ g, częstotliwości 0 do 200Hz i zakresie temperatur od -40°C do $+115^{\circ}\text{C}$. Układ jest przeznaczony do zastosowań stałoprądowych i jest umieszczony w hermetycznej obudowie metalowej. Składa się on z mikromechanicznego czujnika i w pełni zintegrowanego układu przetwarzania sygnału. Jest wyposażony w kompensację temperaturową, wewnętrzne diagnozowanie, a jego wyjście jest zabezpieczone przed zwarcieniem. Układ jest także całkowicie odporny na odwrócenie polaryzacji zasilania i podwyższenie napięcia do 18V.

Temic oferuje także produkty oparte na przyspieszeniomierzach, na przykład jednopunktowy system czujnikowy, który mierzy siłę g dwoma przyspieszeniomierzami, używany w poduszkach powietrznych. Układ jest dostarczany w dwóch wersjach - 0.50 g i 0.100 g i ma możliwość wykrywania kierunku uderzenia. Informacja ta może następnie posłużyć do wyzwolenia urządzeń hamujących obu systemów poduszek powietrznych, czołowej i bocznej. Inny układ, nazwany TCS (z ang. Traction Control System), jest przeznaczony w celu zwiększenia bezpieczeństwa jazdy na mokrej i śliskiej jezdni. Elektroniczny sterownik TCS używa czujników szybkości kół do określania prędkości obrotowej i przyspieszenia wszystkich czterech kół. Gdy jedno z kół zaczyna zwiększać obroty, zostają włączone hamulce, a moment napędowy silnika natychmiast zostaje zmniejszony aż do osiągnięcia możliwie najlepszej przyczepności kół do podłoża. Zapewnia to łatwe i stabilne kierowanie pojazdem w każdej niemal sytuacji łącznie z przyspieszaniem. Dalsze udoskonalenia przewidują system kontroli dynamiki pojazdu, który może polegać na kontroli momentu zbaczenia wokół pionowej osi pojazdu i przeciwdziałania poślizgowi samochodu.

Nowa technologia przyspieszeniomierzy pozwoli na zintegrowanie czujnika w systemie sterowania poduszek powietrznych ze specjalizowanym układem ASIC przetwarzającym sygnał lub szybkim mikroprocesorem. Temic dokonuje także badań nad jednocipowym układem wykonywanym w bi-polarnym procesie CMOS-DMOS (BCD), który może być połączony z układem przyspieszeniomierza. To rozwiązanie może okazać się trudne w produkcji pod względem wydajności i całkowitej niezawodności systemu. Możliwą alternatywą jest przyspieszeniomierz optomechaniczny, wykonywany w procesie BCD, który zawiera cały układ elektroniczny.

Siemens produkuje także tanie czujniki uderzenia, składające się z sześciu osob-

nych części (rys. 4). W czasie normalnej jazdy masa sejsmiczna (w tym wypadku pierścień z miękkiego żelaza) jest mocno dociśnięta do dwóch, czułych na pole magnetyczne zestyków, przez specjalnie skonfigurowany magnes. W tej pozycji pierścień zwiera pole magnetyczne. W czasie uderzenia odsuwa się on na skutek bezwładności, zwalniając część poprzecznie zwierzanego pola magnetycznego. Strumień magnetyczny przepływający przez zestyki zostaje w ten sposób zwiększony, co wywołuje wyzwolenie poduszki powietrznej.

Układ ten nie wytwarza rozproszonego pola magnetycznego, nie przyciąga więc w czasie produkcji cząsteczek metalowych. Jego zaletami są niewielki odskok styków, duży przenoszony prąd, powtarzalność działania zestyków, małe rozmiary, niewrażliwość na uderzenie, wibracje i stały nacisk oraz szczelność w skrajnych temperaturach. Czujnik uderzenia łączy elementy mechaniczne i elektroniczne. Zapewnia elektryczną izolację od układu zapłonowego drogą przez zasilanie, co zwiększa zabezpieczenie przed przypadkowym wyzwoleniem poduszki powietrznej.

Podczas gdy zastosowanie układów elektronicznych do samochodowych systemów nawigacyjnych pozostaje ciągle w sferze planów, rośnie jednocześnie zapotrzebowanie na niezawodne i o wysokiej dokładności czujniki pozycji i obrotu. Jedną z odpowiedzi na to zapotrzebowanie jest bezstykowy, wyzwalany magnetycznie, układ scalony z efektem Halla. Czujnik tego typu jest całkowicie odporny na zanieczyszczenia z otoczenia i nadaje się do stosowania w trudnych warunkach. Jest to układ czuły, który działa niezawodnie w zastosowaniach o ścisłej tolerancji w temperaturze do 180°C .

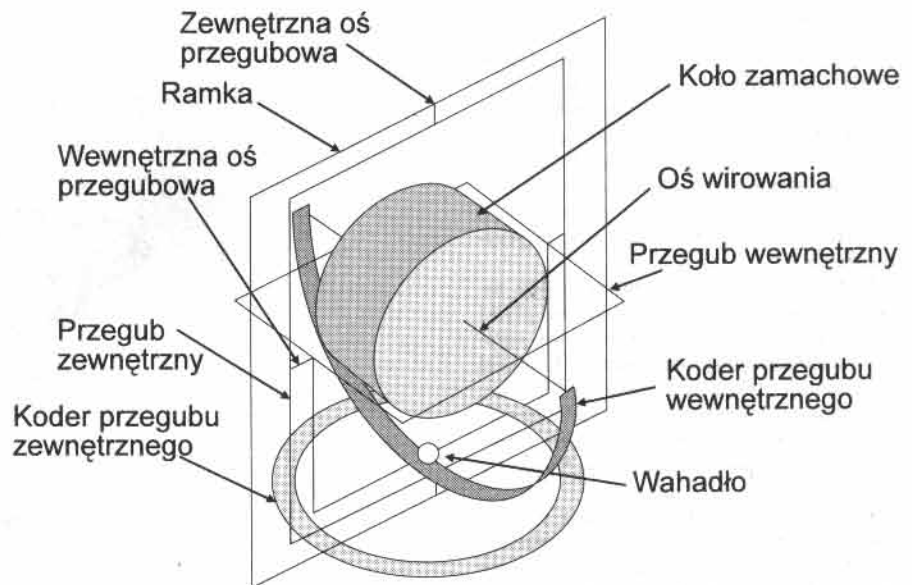
W czasie działania komórka Halla (w tym wypadku mała folia z materiału półprzewodnikowego) jest połączona ze źródłem stabilizowanego prądu lub stabilizowanego napięcia. Pod wpływem pola magnetycznego zmienia się przepływający prąd i generowane jest napięcie Halla, wprost propor-

cjonalne do natężenia pola magnetycznego. Przy wykrywaniu pozycji lub obrotu materiału przenikalnego magnetycznie, jak zęby przekładni, element czujnika musi znajdować się pomiędzy magnesem i celem.

W układzie scalonym z efektem Halla czujnik i układ logiczny odpowiadający za obróbkę sygnału znajdują się w jednej strukturze. Typowym zastosowaniem takich układów jest detekcja pozycji obrotowej. Nadaje się on także do zastosowań w samochodowych czujnikach pozycji i obrotu (systemy elektronicznej kontroli dynamiki pojazdów).

Jednym z podstawowych czynników ułatwiających stosowanie tych urządzeń w formie układów scalonych jest kompatybilność ich sygnałów wyjściowych z nowoczesnymi sterownikami elektronicznymi. Znana jest również ich dokładność i długowieczność oraz dodatni wpływ na długoterminową kontrolę emisji zanieczyszczeń przez silniki pojazdów.

Głównym produktem firmy Setra Systems jest liniowy przyspieszeniomierz typu 141, służący do pomiaru wstrząsów, uderzeń i drgań do testowania pojazdów i ruchu. Składa się on z masy sejsmicznej i elektrod, pomiędzy którymi jest ona zawieszona. Działa na zasadzie pomiaru zmian pojemności pomiędzy elektrodą i masą sejsmiczną. Jego sygnał wyjściowy wynosi od $\pm 0,5\text{V}$ do $\pm 1\text{V}$ napięcia stałego, nie wymaga dopasowania z zewnątrz i wytrzymuje przeciążenia do 2000g. Służy do pomiarów przyspieszenia ± 2 g do ± 600 g z dokładnością do 1%. Układ jest kompatybilny z większością przyrządów rejestrujących, jego czułość poprzeczna wynosi mniej niż $\pm 0,005$ g/g, a efekty termiczne są niewielkie i nie przekraczają $\pm 0,02\%$ nominalnego zakresu. Układ 141 ma powierzchnię 0,88 cali kwadratowych i waży 30 gramów. Mieści się w całości w obudowie ze stali nierdzewnej. Kalibracyjny rezystor bocznikowy umożliwia weryfikację systemów pomiarowych przed testem. Układ Setry jest obecnie używany przez firmy Mercedes Benz i Chrysler do pomiaru przyspieszeń podczas zderzeń.



Rys. 5.

Obecnie prowadzone są badania, mające na celu zmniejszenie kosztu układu bez obniżenia jego jakości. Parametry przeprojektowanego, taniego, czujnika nie dorównują parametrom 141, ale wypełniają wymagania przemysłu motoryzacyjnego.

Murata Products z Japonii i amerykańska firma Gyration są jedynymi firmami, dostarczającymi urządzeń zwanych kierunkowymi żyroskopami. W urządzeniu Muraty, nazywanym Gyrostar, zastosowano technologię drgającego pręta i dostarcza ono analogowego sygnału prędkości kątowej.

Gyrostar nadaje się do stosowania w systemach nawigacyjnych. Napotyka jednak na takie same trudności jak konwencjonalne technologie nawigacyjne. System ten nie może na przykład wykonywać obliczeń nawigacyjnych. Ponieważ stosuje on GPS, polega na odbiorze co pewien czas sygnałów satelitarnych do ustalenia i odświeżania pozycji pojazdu. Jednakże odbiór ten może zostać przerwany lub zakłócony przez takie przeszkody jak budynki lub tunele.

Systemy nawigacyjne wykorzystujące czujniki bezwładnościowe tworzą ważne pole zastosowania następnej generacji przyspieszoniomierza: czujnika prędkości zbaczania. Uważa się, że staną się one tak standardowym urządzeniem w samochodzie, jak dzisiaj poduszka powietrzna. Najbardziej konwencjonalne, używane obecnie, metody detekcji prędkości zbaczania polegają na kombinacji kompasu cyfrowego i czujnika kołowego. Jednak obecne pola magnetyczne zakłócają działanie kompasu.

W firmach Andrews Corp., Sumimoto i Hitachi opracowywane są także żyroskopy światłowodowe. Urządzenia te są uważane za dokładniejsze od innych układów nawigacyjnych, ale także za zbyt kosztowne do

stosowania w samochodach i innych wozach masowego użytku.

Urządzenia GPS działają na zasadzie odbioru sygnałów z satelitów znajdujących się w polu widzenia i do wyznaczenia pozycji wymagają trzech lub czterech punktów triangulacyjnych (satelitów). Gdy odbiór sygnałów GPS przez pojazd zostaje odcięty, system nawigacyjny przestaje działać. W pojeździe muszą więc zostać zastosowane dodatkowe czujniki, aby zapewnić ciągłość pozycjonowania. W tym miejscu wkracza Gyration Inc. oferując urządzenie żyroskopowe, uzupełniające GPS o obliczanie pozycji pomiędzy kolejnymi odbiorami sygnałów satelitarnych. Jest to możliwe za pomocą sprzężenia samochodowego szybkościomierza z urządzeniem zwanym GyroEngine, umożliwiającym wyznaczanie pozycji pojazdu w sposób ciągły i eliminującym wpływ zakłóceń odbioru sygnału satelitarnego.

GyroEngine, także produkcji Gyration, wykrywa i mierzy ruch i kierunek. Opiera się na opatentowanej firmowej technologii optycznej, GyroEngine oferuje wiele zalet, w tym zmniejszenie rozmiarów, kosztu, wagi i poboru mocy. GyroEngine waży 34g i pobiera poniżej 100mA.

GyroEngine jest wirującym miniaturowym żyroskopem o dwóch stopniach swobody, wysyłającym obraz optycznie zakodowanych danych w czasie rzeczywistym. We wtryskowo wykonanej plastikowej obudowie są wtopione optyczne soczewki, sygnał z żyroskopu może więc bez przeszkód dotrzeć do elektronicznego układu sterującego. Mała płytka interfejsu przenosi zasilanie i sygnał z i do GyroEngine. Przetwarza ona sygnały cyfrowe, którymi mogą się posługiwać zwykle układy mikroprocesorowe.

Układ wytrzymuje udary nawet do 400 g. Jego budowę przedstawiono na rys. 5.

Istnieją dwie wersje GyroEngine. Kierunkowy GyroEngine mierzy kurs, a pionowy GyroEngine mierzy przechyły boczne i przechył wzdłużny. Kierunkowy GyroEngine jest idealny do systemów nawigacji, a pionowy GyroEngine nadaje się doskonale do stabilizacji kamer wideo i żyroskopowego tłumienia drgań kamkorderów. Zastosowanie to nie jest dalekie od kontroli zawieszenia pojazdów.

Testy drogowe GyroEngine przeprowadzone przez Gyration w rzeczywistych sytuacjach drogowych potwierdziły stabilność tego urządzenia w nawigacji samochodowej. Może ono także znaleźć zastosowanie w systemach nawigacyjnych na rynku wtórnym. Koszt takiego systemu może zawierać się w granicach 300..2200USD. Urządzenia te są dostępne w USA od początku 1996 roku. Seryjnie instalowane systemy nawigacyjne powinny się pojawić w samochodach w roku 1998. Firma Gyration pracuje także nad mniejszym i tańszym żyroskopem drugiej generacji.

Od momentu powstania przyspieszoniomierz niewątpliwie przebył długą drogę. Współczesne układy charakteryzują się wyższą dokładnością i niższą ceną, zawierają też więcej scalonej inteligencji. Choć pojawiły się spekulacje, że przyspieszoniomierze zostaną wyeliminowane i zastąpione przez radarowe systemy unikania kolizji, to wielu ekspertów przewiduje przeciętny wzrost ilości zastosowań przyspieszoniomierzy, rzędu 8..12% rocznie.

RW

Artykuł oparto na materiałach dostarczonych przez firmy: Analog Devices, Motorola, Siemens, Sumimoto, Temic.