

ZINTEGROWANY PRZEŁĄCZNIK MIKROFALOWY W SYSTEMIE AUTOMATYCZNEGO POMIARU WILGOTNOŚCI GLEBY METODĄ TDR

Wojciech Skierucha, Marek A. Malicki

Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin
e-mail: skieruch@demeter.ipan.lublin.pl

Streszczenie. Automatyzacja pomiaru wilgotności gleby metodą reflektometrii czasowej (TDR) wymaga przełączania impulsu analizującego. Jednakże wymagane szerokie pasmo częstotliwości sygnałów (powyżej 1 GHz) narzucone przez metodę TDR uniemożliwia wykorzystanie konwencjonalnych przełączników mechanicznych czy półprzewodnikowych. Stosowane dotychczas metody przełączania sygnału TDR były niezadowalające. W niniejszej pracy przedstawiono zastosowanie zintegrowanego przełącznika mikrofalowego z arsenku galu (GaAs). Otrzymane wyniki wskazują, że przełącznik ten najlepiej spełnia wymagania stawiane przez stosowaną metodę TDR w porównaniu z dotychczas testowanymi.

Słowa kluczowe: TDR, wilgotność gleby, przełącznik mikrofalowy

WSTĘP

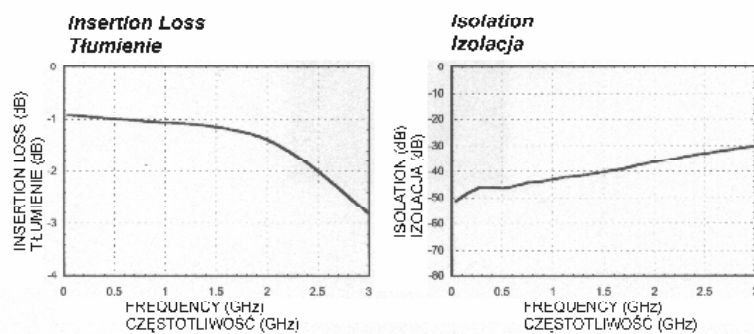
Pomiar wilgotności gleby metodą TDR jest metodą powszechnie stosowaną i uznawaną pomimo relatywnie krótkiej, bo około 20 letniej historii stosowania w fizyce gleby [1]. Automatyzacja tego pomiaru jest naturalną konsekwencją rozwoju metody, co jest wymuszone ekonomią oraz dążeniem do zwiększenia dokładności i niezawodności pomiaru. Metoda TDR pomiaru wilgotności gleby wymaga zastosowania złożonego oprzyrządowania elektronicznego pracującego w zakresie częstotliwości mikrofalowych (powyżej 1 GHz). Przy tak wysokich częstotliwościach standardowe połączenia mogą być źródłem zakłóceń, ponieważ występuje tzw. zjawisko odbić sygnału od miejsc na jego drodze propagacji, które nie spełniają warunku dopasowania falowego. Zjawisko to jest istotną przeszkodą na drodze do automatyzacji pomiaru wilgotności gleby metodą TDR. Warunkiem automatyzacji pomiaru jest zdalne przełączanie kanałów pomiarowych między poszczególnymi czujnikami, jakimi w stosowanej metodzie są sondy TDR

umieszczone w glebie. Jednakże w przypadku wprowadzania niedopasowania falowego oraz wąskiego pasma częstotliwości pracy, stosowanie konwencjonalnych przełączników mechanicznych i półprzewodnikowych jest w przypadku metody TDR niemożliwe.

Używane mechaniczne przełączniki mikrofalowe [1,2], mimo doskonałych parametrów częstotliwościowych mają wady dyskwalifikujące je w zastosowaniu do automatycznych systemów pomiarowych. Poszukiwany przełącznik powinien być tani, mieć jak najwięcej przełączanych kanałów, zużywać jak najmniej prądu, powinien dysponować nieograniczoną liczbą przełączeń, zapewniać pracę w jak najszerszym paśmie częstotliwości do przynajmniej 2 GHz zachowując parametry elektryczne zbliżone do tych, które ma przełącznik mechaniczny. W ramach obszernego, porównawczego opisu stosowanych w technice reflektometrycznej przełączników mikrofalowych [3] zaznaczyła się przewaga nowoczesnych scalonych przełączników z arsenku galu. Poniżej zostanie przedstawiony przełącznik mikrofalowy zbudowany na bazie układu scalonego MMIC (*ang.* Monolithic Microwave Integrated Circuits). Pozwala on na przełączanie sygnałów z ośmiu sond TDR.

BUDOWA WIELOKANAŁOWEGO PRZEŁĄCZNIKA Z ARSENKU GALU ORAZ PRZYKŁADOWE REFLEKTOGRAMY

Podstawowym elementem prototypowego przełącznika mikrofalowego jest układ scalony HMC253QS24 firmy Hittite Microwave Corporation [4]. Zasilany jest on z pojedynczego napięcia +5V, posiada dekodery sterowane standardowymi sygnałami TTL do wyboru jednego z ośmiu kanałów i oferowany jest on w taniej obudowie do montażu powierzchniowego (typu QSOP). Poprawna praca gwarantowana jest w paśmie częstotliwości 0-2,5 GHz.



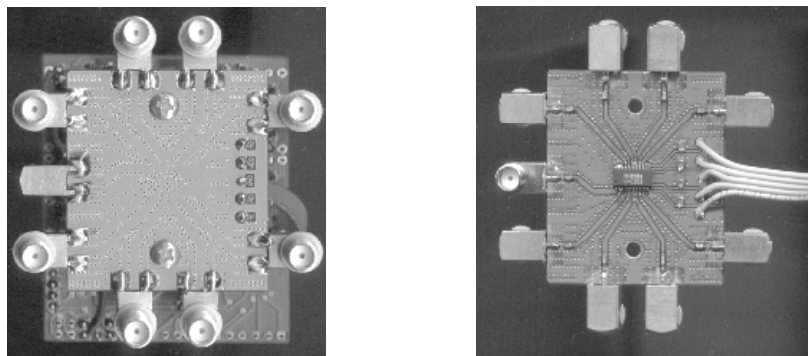
Rys. 1. Tłumienie (insertion loss) oraz izolacja między kanałami (isolation) w funkcji częstotliwości zastosowanego w prototypowym przełączniku TDR układu scalonego HMC253QS24

Fig. 1. Insertion loss and isolation between channels related to frequency for the MMIC device HMC253QS24 implemented in the prototype TDR switch

Podstawowe parametry układu scalonego HMC253QS24, tzn. tłumienie kanału wybranego (insertion loss) oraz izolację między kanałami (isolation) przedstawione są na rysunku 1.

Zastosowany dekodery adresu kanału, wygodne pojedyncze zasilanie, tania i wygodna w montażu obudowa oraz doskonałe parametry częstotliwościowe przedstawione na rysunku 1 były podstawą podjęcia próby użycia prezentowanego układu scalonego w przełączniku impulsu szpilkowego, stosowanego w reflektometrycznym mierniku wilgotności gleby.

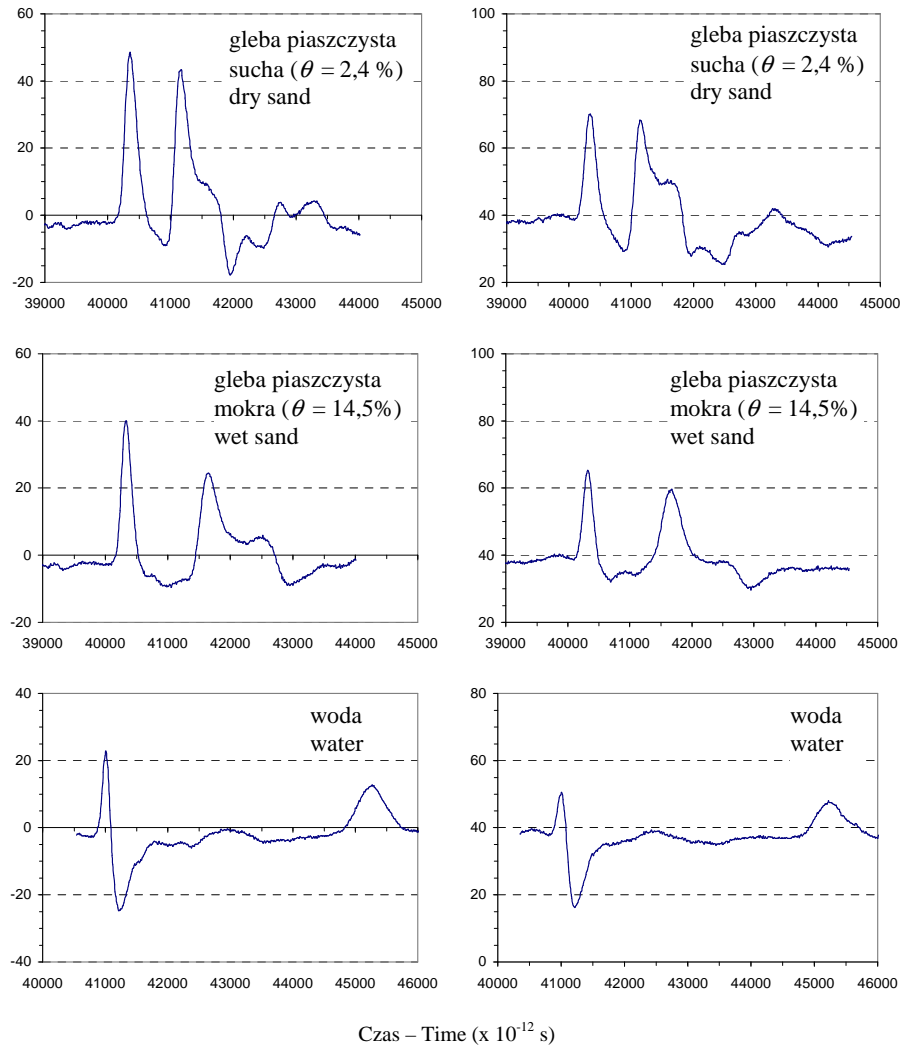
Istotnym elementem prototypowego przełącznika była topologia obwodu drukowanego oraz złącz, do których dołącza się sondy pomiarowe TDR oraz impuls szpilkowy z generatora. Aby zminimalizować nieciągłości impedancji wzdłuż drogi propagacji sygnałów wysokiej częstotliwości, którymi są impulsy propagujące z generatora do czujników oraz impulsy od nich odbite, ścieżki obwodu drukowanego miały impedancję 50 omów. Wartość ta była równa impedancji kabli koncentrycznych doprowadzających sygnały do/od czujników TDR oraz od/do generatora impulsu szpilkowego. Warunkiem niezbędnym dopasowania falowego poszczególnych elementów prototypowego przełącznika było również zastosowanie precyzyjnych złącz koncentrycznych, takich jak złącza SMA, widoczne na rysunku 2. Obwód drukowany wykonano na laminacie trójwarstwowym FR4, w którym warstwa wewnętrzna połączona została z masą układu. Zastosowanie trzeciej warstwy laminatu miało na celu zmniejszenie szerokości ścieżek 50 omowych linii paskowych oraz wzmocnienie mechaniczne obwodu.



Rys. 2. Prototypowy przełącznik mikrofalowy 1:8 przeznaczony do zastosowania w mierniku wilgotności gleby

Fig. 2. Prototype of one-to-eight microwave switch for the application in TDR soil moisture meter

Reflektogramy przedstawiające odbicia impulsu elektromagnetycznego od prętów sondy TDR obrazuje rysunek 3. W lewej kolumnie przedstawione są reflektogramy w przypadku bezpośredniego połączenia sondy do miernika TDR, prawa kolumna przedstawia reflektogramy z jednego z kanałów przełącznika MMIC 1:8.



Rys. 3. Reflektogramy obrazujące odbicia impulsu szpilkowego od prętów sondy TDR w przypadku zastosowania przełącznika MMIC 1:8 (lewa kolumna) i bez tego przełącznika (prawa kolumna). Na osi pionowej reflektogramów jest napięcie w mV, θ jest wilgotnością objętościową mierzonego materiału

Fig. 3. Reflectograms presenting reflections of the needle pulse from the TDR probe rods with the application of the prototype MMIC switch (right column) and without it (left column). Left axis represents voltage in mV, θ is the moisture of the measured soil sample

Zastosowany układ przełączania wprowadza widoczne tłumienie sygnału, które wynosi około 3,5 dB. Odpowiada to wartościom przedstawionym na rysunku 1. Należy zaznaczyć, że wartości tłumienia (insertion loss) z tego rysunku odnoszą się do przypadku propagacji impulsu w jedną stronę, natomiast w metodzie reflektometrycznej sygnał propaguje przez przełącznik dwukrotnie i tym samym jest dwukrotnie na nim tłumiony.

Zastosowany przełącznik MMIC nie wprowadza zawężenia pasma częstotliwości, co wyrażałoby się widocznym zwiększeniem czasów narastania i opadania zboczy impulsów na reflektogramach.

WNIOSKI

1. Przedstawiony przełącznik mikrofalowy MMIC posiada cechy umożliwiające zastosowanie go przyrządach do pomiaru wilgotności gleby działające w oparciu o metodę reflektometrii czasowej – TDR.

2. W porównaniu z innymi przełącznikami stosowanymi w technice reflektometrycznej, prezentowany układ charakteryzuje się niskim poborem mocy oraz posiada dekodery ułatwiające sterowanie. Zintegrowana konstrukcja udostępniająca osiem kanałów dodatkowo zwiększa atrakcyjność użytego mikrofalowego przełącznika MMIC.

PIŚMIENNICTWO

1. **Topp G.C., Davis J.L., Annan A.P.:** Electromagnetic determination of soil water content: measurements in coaxial transmission lines. *Water Resources Research*, 16, 574-582, 1980.
2. **Baker J.M., Allmaras R.R.:** System for Automating and Multiplexing Soil Moisture Measurement by Time-Domain Reflectometry. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 54, 1-6, 1990.
3. **Skierucha W.:** Przełączniki mikrofalowe stosowane w reflektometrycznych systemach pomiaru wilgotności gleby. XXXII Międzyuczelniana Konferencja Metrologów, Rzeszów-Jawor, 11-15.09.2000.
4. Hittite Microwave Corporation. RF and Microwave Integrated Circuits Catalogue on CDROM. September 1999.

APPLICATION OF MONOLITIC MICROWAVE INTEGRATED CIRCUITS
IN TDR SYSTEM FOR AUTOMATIC MEASUREMENT
OF SOIL MOISTURE

Wojciech Skierucha, Marek A. Malicki

Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin
e-mail: skieruch@demeter.ipan.lublin.pl

Abstract. Automatization of the soil moisture measurement by means of TDR method requires switching of analyzing signal. However the necessary wide frequency bandwidth (above 1 GHz) forced by the applied TDR technique makes it impossible to utilize conventional mechanical or solid-state switches. The switching methods commonly used now in TDR technique are not satisfactory. The presented study shows the highly integrated solid-state microwave switch build of gallium arsenide (GaAs). The performed tests prove that this switch fulfils the requirements of TDR soil moisture determination method and performs better as compared with the ones tested earlier by the authors.

Keywords: TDR, soil moisture, microwave switch