

DIELECTRIC NANOCOMPOSITE MATERIAL

Michal Sedláček

Master Degree Programme (2), FEEC BUT
E-mail: xsedla56@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Martin Frk
E-mail: frkmar@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

Nanocomposites are defined as polymers in which small amounts of nanometer size fillers are homogeneously dispersed by only several weight percentages. Addition of just a few weight percent of the nano-fillers has profound impact on the physical, chemical, mechanical and electrical properties of polymers.

1. ÚVOD

Termín nanotechnologie se objevil už v roce 1974. Japonský fyzik Taniguchi jím označil novou měřicí metodu, která umožňovala výrobu součástek s přesností na nanometry. Dnes je nanotechnologie jeden z nejvíce se rozvíjejících oborů, jenž zasahuje do nejrůznějších vědních disciplín. Nejvýraznějších výsledků bylo dosaženo v oboru zkoumání nanomateriálů, jenž díky svým rozměrům získávají mnohdy neobvyklé vlastnosti, kterých by za normálních okolností nebylo možno dosáhnout. Nanočástice zasáhly i do oblasti dielektrických materiálů, u kterých ovlivňují zejména základní vlastnosti, jako je permitivita, ztrátový činitel, elektrická pevnost, prostorový náboj a odolnost proti částečným výbojům.

2. ROZBOR

Jak už bylo v úvodu řečeno, vlastnosti takového nanokompozitu jsou velmi povzbuzující. Bez ohledu na typ použitého základního polymeru (termoset nebo termoplast), dosahujeme významných zlepšení v několika fyzikálních vlastnostech, jako je tepelná vodivost (díky vodivým plnidlům), nebo dielektrických, jako měrný odpor, permitivita, elektrická pevnost a odolnost proti částečným výbojům (s izolačními plnidly), ve srovnání s podobnými vlastnostmi v tradičním polymerním mikrokompozitu. Tato pozorování byla převážně přisuzovaná jedinečným vlastnostem nanočástic a velké mezivrstvové oblasti v nanokompozitním polymeru. V našem případě je nanomateriál použit ve formě prášku, přímíchaného do jednosložkové epoxidové pryskyřice. Mezi nejčastěji používané druhy plniva patří anorganické oxidy (zvláště SiO_2 , Al_2O_3 , ZnO , TiO_2).

K měření bude použita metoda dielektrické relaxační spektroskopie, s pomocí které je zkoumán vliv nanoplňiv na obě složky komplexní permitivity (relativní permitivity a ztrátového čísla). Bohužel, zatím není možné prezentovat žádné vlastní závěry měření, neboť experiment je ve fázi přípravy vzorků.

2.1. ZKOUMANÝ VZOREK

Zkoumaným materiálem je jednosložková epoxidová pryskyřice Epoxylite TSA 220S spolu s použitým plnivem, ve formě nanočástic, SiO_2 nebo Al_2O_3 . Velikost částic SiO_2 se pohybuje v rozmezí 10-20 nm a velikost Al_2O_3 v rozmezí 5-15 nm. Plnění bylo 0.25, 0.5, 1, 2 procenta hmotnosti.

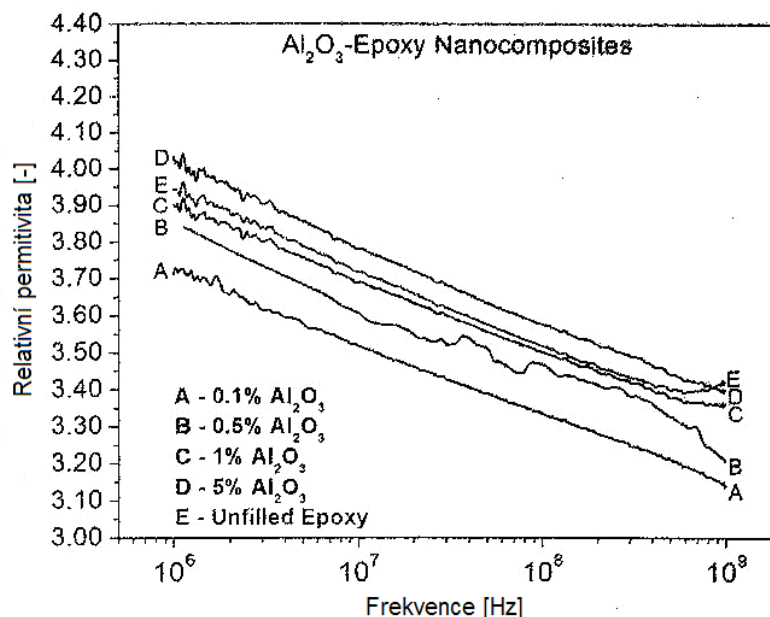
Příprava kompozitu spočívala v pečlivém rozmíchání nanočástic v pryskyřici v magnetické míchačce při 800 ot/min po dobu 8 minut a následném míchání v ultrazvuku ve vodní lázni po dobu 10 minut. Poté byl kompozit vlit do oválných teflonových forem, přičemž byly odstraněny případné vzduchové bubliny, které negativně ovlivňují přesnost měření. Doporučená doba vytvrzení je stanovena na 12 h při 165 °C.

2.2. MĚŘICÍ ZAŘÍZENÍ

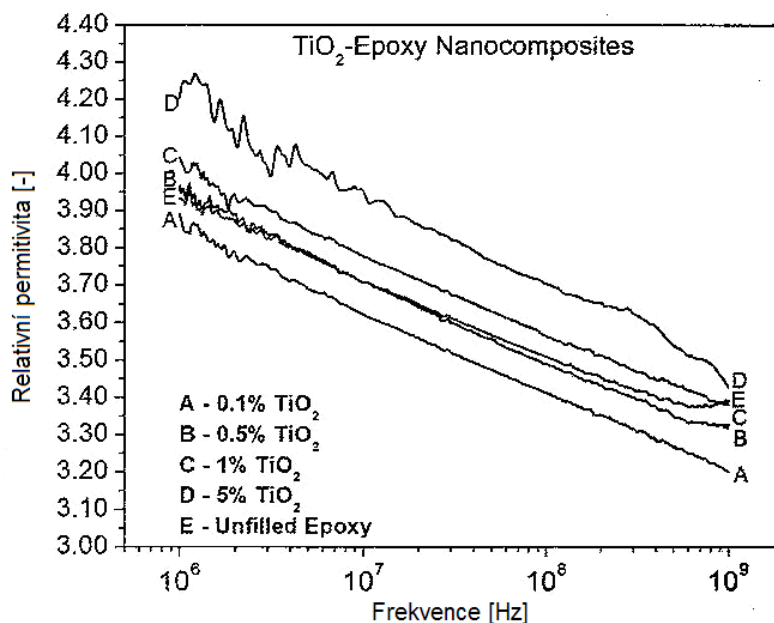
Pro měření v kmitočtové oblasti bude použito měřicího zařízení Agilent 4284A, jenž je spojeno s tříelektrodovým systémem. Jedná se o přesný automatický digitální LCR-metr, který pracuje v kmitočtovém rozsahu 20 Hz – 1 MHz. Pro komunikaci s PC bude použita GPIB sběrnice a měřicí PCI karta. K obsluze přístroje byl použit software VEE Pro 7.5. Data budou zpracována v tabulkovém procesoru Microsoft Excel.

2.3. VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Pro představu jsou uvedeny výsledky dosažené podobnou technikou výroby s částicemi Al_2O_3 a TiO_2 , prezentované pány Santanu Singhaem a M. Joy Thomasem v článku uveřejněném ve sborníku IEEE 2008. Toto měření je prováděno v kmitočtovém rozsahu 1 MHz – 1 GHz.



Obrázek 1: Změny relativní permitivity v Al_2O_3 v závislosti na frekvenci. [1]



Obrázek 2: Změny relativní permitivity v TiO₂ v závislosti na frekvenci. [1]

3. ZÁVĚR

Naším vlastním experimentem chceme ověřit závěry popsané v tomto článku. Jak již bylo řečeno, v experimentu jsou použity dva různé plnivé, Al₂O₃ a TiO₂, s velkým rozdílem jejich permitivit. Vyhodnocení relativní permitivity nanokompozitu s epoxidovou pryskyřicí je vidět na obrázcích 1 a 2, je zde vidět především vliv typu plniva. V epoxidovém nanokompozitu s Al₂O₃ lze pozorovat nižší permitivitu, až do koncentrace plniva 1 %, zatímco u TiO₂ je stejný účinek viděn jen při plnění 0,1 %. Toto je nejspíše dáno rozdílnými permitivitami Al₂O₃ a TiO₂. Vzhledem k nižší hodnotě permitivity Al₂O₃ (přibližně 9) v porovnání s TiO₂ (přibližně 100), vliv zvýšení relativní permitivity nanoplničů Al₂O₃ byl menší ve srovnání s účinkem TiO₂ nanoplničů. Ačkoliv v nanokompozitech bude počet částic jiný než počet částic v mikrokompozitu. Zvýšení počtu částic Al₂O₃ z 0,1 % na 5 % v epoxidové pryskyřici nepovede k významnému zvýšení permitivity nanokompozitu v porovnání s případem plnidla TiO₂. Tento účinek potvrzuje, že závislost na permitivitě nanoplnidel je minimální při malé koncentraci plnidel a roste do hodnoty permitivity nanokompozitu, která nebude větší než u neplněné epoxidové pryskyřice. Výsledek je významný, protože k dosažení materiálu s nižší relativní permitivitou pro použití v kmitočtovém rozsahu 1 MHz – 1 GHz můžeme navrhnout materiál s nano-plnidlem o velmi nízké permitivitě. [1]

Do budoucna je naplánováno měření vlastních vzorků a zkvalitnění jejich přípravy. Nanokompozitní materiály budou pravděpodobně budoucností dielektrických systémů.

LITERATURA

- [1] SINGHA, S., THOMAS, J.,: *Permittivity and tan delta characteristics of epoxy nanocomposites in the frequency range of 1 MHz-1 GHz*. Department of electrical engineering, Indian Institute of science, Bangalore India 2008, s. 2 – 12. ISBN 1070-9868.