Električna, mehanička i temperaturna karakterizacija komercijalno dostupnih LTCC dielektričnih materijala

Goran Radosavljević¹, Andrea Marić², Michael Unger¹, Nelu Blaž², Walter Smetana¹, Ljiljana Živanov²

¹Vienna University of Techology, Insitute for Sensor and Actuator Systems, Department of Applied Electronic Materials, Vienna, Austria

²Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Departman za energetiku, elektroniku i telekomunikacije, Katedra za Elektroniku, Novi Sad, Srbija

Izvod

U ovom radu su prikazane mehaničke, električne i temperaturne karakteristike nekih komercijalno dostupnih materijala koji se koriste za izradu komponenti, senzorskih sistema, itd., u LTCC (*Low Temperature Co-fired Techology*) tehnologiji. Poznavanje sastava materijala, kao i njegovih električnih i mehaničkih karakteristika predstavlja veoma bitnu informaciju koja je neophodna kako bi se na uspešan način mogle projektovati različite komponente. Obično, proizvođači materijala u tehničkoj dokumentaciji ne prikazuju sve relevantne karakteristike materijala i zbog toga je praktično nemoguće predvideti ponašanje sistema ili komponenti u realnom okruženju. Analizirana su tri materijala koja se koriste za izradu komponenti i sistema u LTCC tehnologiji, firme Heraeus (Heraeus CT700, Heraeus CT707 i Heraeus CT800) i urađena je njihova električna, mehanička i temperaturna karakterizacija. Prikazan je njihov hemijski sastav, zavisnost permitivnosti i modula elastičnosti od temperature i kao i relativno termalno širenje.

Ključne reči: LTCC tehnologija, dielektrični materijali, električna, mehanička i temperaturna karakterizacija.

Dostupno na Internetu sa adrese časopisa: http://www.ache.org.rs/HI/

LTCC tehnologija predstavlja tehnologiju pomoću koje se mogu praviti jednoslojne i višeslojne komponente i kola. Ona se može definisati kao postupak laminacije više keramičkih traka, pri relativno niskoj temperaturi [1]. Na trake se nanose provodni, dielektrični ili otporni materijali i zatim se radi njihovo istovremeno pečenje. Vreme potrebno za proizvodnju većeg broja komponenti je smanjeno njihovim integrisanjem u više slojeva, u okviru jednog procesa proizvodnje. Projektovanjem višeslojnih komponenti smanjuje se površina koju one zauzimaju na pločici, a time se smanjuje i njihova cena. Velika prednost je i mogućnost pojedinačnog ispitivanja slojeva, i u slučaju greške ili neispravnosti, njegova zamena pre spajanja sa ostalim slojevima komponente. Na taj način se izbegava ponovna proizvodnja cele komponente. U LTCC tehnologiji postoji veliki izbor materijala (traka) različite debljine i karakteristika, pa samim tim postoje veće slobode i mogućnosti prilikom projektovanja.

LTCC tehnologija ima veliku primenu. Glavne oblasti u kojima se primenjuje su: rad na visokim frekvencijama (mikro- i mili-talasi), rad u zahtevnim okruženjima (visoka temperatura i visoka vlažnost), moduli za bežič-

Prepiska: G. Radosavljević, Vienna University of Techology, Insitute for Sensor and Actuator Systems, Department of Applied Electronic Materials, Gusshausstrasse 27–29/366-AEM, A-1040 Vienna, Austria. E-pošta: goran.radosavljevic@tuwien.ac.at

Rad primljen: 13. jul, 2012

Rad prihvaćen: 7. novembar, 2012

STRUČNI RAD

UDK 620.1/.2:54:621.38

Hem. Ind. 67 (4) 621-628 (2013)

doi: 10.2298/HEMIND120713105R

nu komunikaciju, RF pasivne komponente (induktori, kondenzatori, rezonatori, filtri), senzori, diplekseri, antene, visoko precizni moduli sa više čipova, upravljački uređaji u avionskoj navigaciji, medicinski implanti, itd. [2–21], slika 1.



Slika 1. Primena LTCC tehnologije. Figure 1. LTCC technology application.

Poznavanje sastava materijala, kao i njegovih električnih i mehaničkih karakteristika predstavlja veoma bitnu informaciju koja je neophodna kako bi se na uspešan način mogle projektovati različite komponente. Obično proizvođači materijala u tehničkoj dokumentaciji ne prikazuju sve relevantne karakteristike materijala i zbog toga je rađena električna, mehanička i temperaturna karakterizacija korišćenih materijala. U nastavku će biti prikazani rezultati karakterizacije za tri različita dielektrična materijala (Heraeus CT700, Heraeus CT707, Heraeus CT800), [22–24]. Prvo će biti prikazan hemijski sastav korišćenih materijala, nakon toga zavisnost permitivnosti i modula elastičnosti od temperature i dok će na kraju biti prikazano relativno termalno širenje.

EKSPERIMENTI, REZULTATI I DISKUSIJA

Za izradu uzoraka, koji su korišćeni za ispitivanja karakteristika materijala, korišćen je standardni proces izrade u LTCC tehnologiji, koji se zasniva na laserskom sečenju materijala, postupku sitoštampe, laminaciji LTCC traka i istovremenom pečenju svih slojeva. Za sva tri ispitivana materijala korišćeni su isti optimalni parametri izrade koji su prikazani u tabeli 1.

| Tabela 1. Optimalni parametri laserskog sečenja. laminacije i |
|---|
| pečenja za Heraeus CT700, CT707 i CT800 trake |
| Table 1. Optimal laser cutting, lamination and sintering |
| parameters for Heraeus CT700. CT707and CT800 tapes |

| Parametar Vrednost | | | | | | |
|-------------------------------|-----|----------|-----------|-------|-----|--|
| | | Lasersko | o sečenje | | | |
| Struja diode, A | | 29 | | | | |
| Broj sečenja | | | 2 | | | |
| Frekvencija, Hz | | | | 10000 | | |
| Brzina, mm/s | | 9 | | | | |
| | | Lamii | nacija | | | |
| Temperatura laminacije, °C 75 | | | | | | |
| Pritisak, bar 70 | | 70 | | | | |
| Trajanje laminacije, min 3 | | | | | | |
| Pečenje | | | | | | |
| Temperaturne zone, °C | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| 350 | 580 | 880 | 880 | 876 | 873 | |
| Brzina trake, mm/min | | | ≈340 | | | |

Hemijski sastav

Ispitivanje hemijskog sastava (kompozicije) materijala rađeno je pomoću EDS (*Energy Dispersive X-ray*) analize. Uzorci koji su bili pripremljeni za EDS analizu napravljeni su primenom nekih od standardnih postupaka LTCC tehnološkog procesa. Trake su prvo sečene pomoću lasera, nakon čega je sledilo njihovo sinterovanje. Posle toga, na test uzorke nanet je tanak sloj zlata (15 nm), a zatim su uzorci podvrgnuti ispitivanjima sa X-zracima. Ova analiza se zasniva na identifikaciji kompozicije materijala na osnovu energije emitovanog X-zraka koji nastaje prilikom sudara elektrona iz snopa elektronskog mikroskopa (SEM – *Scanning Electron Microscope*) i elektrona koji se nalaze na površini uzorka. U tabeli 2 prikazani su hemijski sastavi za Heraeus CT700, CT707 i CT800 dielektrične trake, dok su na slici 2 prikazani njihovi SEM izgledi.

Tabela 2. Hemijski sastav (mas.%) Heraeus CT700, Heraeus CT707 i Heraeus CT800 dielektričnih traka Table 2. Chemical composition of Heraeus CT700, CT707 and CT800 dielectric tapes

| Llomiicki alamant | Heraeus dielektrična traka | | |
|-------------------|----------------------------|-------|-------|
| Hemijski element | CT700 | CT707 | CT800 |
| 0 | 40.50 | 48.53 | 45.30 |
| Mg | 1.88 | 1.82 | 1.42 |
| Al | 13.14 | 3.27 | 18.70 |
| Si | 19.01 | 28.28 | 14.04 |
| К | 1.17 | 1.01 | 1.16 |
| Са | 2.26 | 1.93 | 1.90 |
| Ti | 1.88 | 1.71 | 1.55 |
| Со | 1.94 | 0.67 | 0.84 |
| Zn | 4.03 | - | 1.82 |
| Ва | 14.19 | 12.77 | 13.25 |







Slika 2. SEM izgledi Heraeus dielektričnih traka, a) CT700, b) CT707 i c) CT800. Figure 2. SEM Micrographs of a) CT700, b) CT707 and c)

Figure 2. SEM Micrographs of a) CT/00, b) CT/07 and c, CT800 Heraeus dielectric tape. Sa slike 2 se može videti da se implementacijom predloženog temperaturnog profila materijali u potpunosti sinteruju, što se može zaključiti na osnovu ne postojanja uočljivih granica između susednih zrna.

Merenje permitivnosti

Merenje permitivnosti materijala rađeno je na posebno pripremljenim uzorcima LTCC traka. Uzorci su izrađeni u obliku diska prečnika 10 mm koji su sinterovani u peći sa pokretnom trakom, koristeći dvočasovni profil pečenja sa desetominutnim zadržavanjem na maksimalnoj temperaturi od 850 °C. Nakon pečenja je urađena obostrana metalizacija i ovako pripremljeni uzorci su ponovo sinterovani. Kako bi se sprečila pojava deformacija usled neujednačenog termalnog širenja trake i sloja paste koja se nanosi, za metalizaciju je korišćen 200 nm sloj AuPd paste kompanije Heraeus (RP26001/59). Permitivnost je zatim posredno određena, preko merene vrednosti kapacitivnosti uzoraka i njihovih geometrijskih parametara. Prilikom proračuna kapacitivnosti smatrano je da su elektrode veoma tanke (mnogo tanje od dielektrične trake) i da zbog toga ne utiču na termalno širenje trake i ne dovode do pojave deformacija. Takođe, ivični efekti polja su zanemareni. Kapacitivnost je merena na frekvenciji od 1 kHz pomoću LCR131 (LCR131 Compenent tester, Megger) uređaja za ispitivanje komponenti, u temperaturnom opsegu od 25 do 500 °C. Uzorci su zagrevani u peći sa komorom, a promena temperature je praćena pomoću termopara tipa K, koji je postavljen u blizini uzorka. Veza između uzorka i uređaja za ispitivanje ostvarena je preko spojnih žica, koje su uvedene u komoru peći kroz keramičke cevi. U tabeli 3 prikazane su vrednosti permitivnosti na sobnoj temperaturi za analizirane materijale, a na slikama 3-5 zavisnost njihove permitivnosti od temperature.

Tabela 3. Vrednosti permitivnosti za Heraeus CT700, CT707 i CT800 trake na sobnoj temperaturi na frekvenciji od 1 kHz Table 3. Permittivity values of Heraeus CT700, CT707 and CT800 tapes at room temperature and frequency of 1 kHz

| Heraeus traka | Debljina uzorka µm | Permitivnost (ε _r) na 25 °C |
|---------------|-----------------------|--|
| СТ700 | 170 | 7.22 |
| CT707 | 110 | 6.39 |
| CT800 | 180 | 7.54 |

Na osnovu prethodno prikazanih rezultata može se videti da se najmanja vrednost za dielektričnu konstantu dobija za Heraeus CT707 dielektrične trake, dok se najveća vrednost dobija za Heraeus CT800 dielektrične trake. Takođe, može se primetiti da kod sve tri analizirane trake vrednosti dielektričnih konstanti raste sa temperaturom, međutim ta promena nije posebno izražena. To dovodi do zaključka da se sve tri trake mogu smatrati stabilnim u odnosu na promenu relativne dielektrične konstante u temperaturnom opsegu od 25 do 500 °C.



Slika 3. Zavisnost permitivnosti od temperature za Heraeus CT700 traku.

Figure 3. Permittivity-temperature dependence for Heraeus CT700 tape.



Slika 4. Zavisnost permitivnosti od temperature za Heraeus CT707 traku. Figure 4. Permittivity–temperature dependence for Heraeus

CT707 tape.

Na slici 6 prikazana je relativna promena permitivnosti sa temperaturom za sve tri analizirane trake.

Sa slike 6 se može videti da se najveća promena permitivnosti dobija za Heraeus CT700 dielektričnu traku. Najmanja relativna promena permitivnosti se dobija za Heraeus CT800. Relativna promena permitivnosti za Heraeus CT707 i CT800 trake je uporediva do temperature od 100 °C. Na osnovu toga se može zaključiti da, ukoliko se želi napraviti komponenta ili sistem, od analiziranih dielektričnih traka, za koji je potrebno ostvariti malu promenu permitivnosti sa temperaturom za temperaturni opseg od 25 °C do 500 °C treba izabrati Heraeus CT800 dielektričnu traku.



Slika 5. Zavisnost permitivnosti od temperature za Heraeus CT800 traku.

Figure 5. Permittivity–temperature dependence for Heraeus CT800 tape.



Slika 6. Realtivna promena permitivnosti sa temperaturom za Heraeus CT700, CT707 i CT800.

Picture 6. Relative changes of permittivity with temperature increasing for Heraeus CT700, CT707 and CT800.

Merenje modula elastičnosti

Pored električnih karakteristika, za projektovanje odgovarajućih sistema nekada je veoma bitno poznavati i mehaničke karakteristika materijala [19]. Vrednost modula elastičnosti za materijale je obično teško naći u tehničkoj dokumentaciji koje daje proizvođač materijala i zbog toga je u nastavku prikazan sistem koji je korišćen za određivanje vrednosti modula elastičnosti u odnosu na savijanje. Takođe, prikazana je i promena modula elastičnosti sa temperaturom, za sve tri dielektrične trake. Za merenje modula elastičnosti pripremljeni su uzorci veličine 5×50 mm². Primenjen je dinamički test savijanja u tri tačke po standardu SRPS EN ISO 7438 (EN ISO 7438:2005), na mernoj dužini od 20 mm, sa amplitudom ugibanja od 100 µm. Merenje je vršeno u temperaturnom opsegu od 25 do 500 °C, a korišćen je TA Instruments DMA2980 automatizovani ispitni uređaj. Na slici 7 prikazan je šematski izgled principa merenja modula elastičnosti, a u tabeli 4 dati su korišćeni parametri merenja.



Slika 7. Šematski izgled merenja modula elastičnosti metodom savijanja u tri tačke.

Figure 7. Measurement of elastic modulus using three-point bending method – schematic view.

Tabela 4. Vrednost parametara koji su korišćeni za merenje modula elastičnosti

Table 6. Parameters values which was used for measurement of elastic modulus

| Parametri merenja | Vrednost |
|--------------------------------|-----------|
| Frekvencija, Hz | 1 |
| Amplituda, μm | 100 |
| Temperaturna promena, K/min | 3 |
| Merna dužina (L), mm | 20 |
| Širina uzorka (<i>w</i>), mm | 5 |
| Debljina uzorka (<i>h</i>) | Različita |

U tabeli 5 prikazane su vrednosti modula elastičnosti za analizirane dielektrične trake na sobnoj temperaturi, dok je na slikama 8–10 prikazane promene njegove vrednosti sa temperaturom.

Tabela 5. Vrednost modula elastičnosti za Heraeus CT700, CT707 i CT800 trake na sobnoj temperaturi, na frekvenciji od 1Hz

Table 5. Values of elastic modulus for Heraeus CT700, CT707 and CT800 tapes at room temperature and frequency of 1 kHz

| Horoous troko | Debljina uzorka | Modul elastičnosti (E) | |
|---------------|-----------------|------------------------|--|
| | μm | na 25 °C, GPa | |
| CT700 | 121 | 72.98 | |
| CT707 | 95 | 53.49 | |
| СТ800 | 92.5 | 91.26 | |

Na osnovu prikazanih rezultata merenja za modul elastičnosti može se videti da se najmanja vrednost dobije za Heraeus CT707 dielektrične trake, dok se najveća vrednost dobije za Heraeus CT800 dielektričnu traku. Na osnovu toga se može zaključiti da, ukoliko je potrebno ostvariti veću osetljivost u odnosu na mehaničku deformaciju nekog sistema, za njegovu izradu bi trebalo izabrati Heraeus CT707 dielektričnu traku, dok u obrnutom slučaju Heraeus CT800 dielektrična traka predstavljaju bolje rešenje. Analiziranjem temperaturne zavisnosti modula elastičnosti za testirane materijale može se videti da modul elastičnosti opada sa temperaturom. Na slici 11 prikazana je relativna promena modula elastičnosti sa temperaturom za analizirane materijale. Najveća relativna promena modula elastičnosti sa temperaturom do 350 °C se dobija za Heraeus CT700 trake, dok u intervalima od 350 °C do 500 °C se dobija za Heraeus CT800 traku.



Slika 8. Zavisnost modula elastičnosti od temperature za Heraeus CT700 traku.

Figure 8. Elastic modulus - temperature dependence for Heraeus CT700 tape.



Slika 9. Zavisnost modula elastičnosti od temperature za Heraeus CT707 traku.

Figure 9. Elastic modulus - temperature dependence for Heraeus CT707 tape.



Slika 10. Zavisnost modula elastičnosti od temperature za Heraeus CT800 traku.

Figure10. Elastic modulus - temperature dependence for Heraeus CT800 tape.



Slika 11. Relativna promena modula elastičnosti sa temperaturom za Heraeus CT700, CT707 i CT800 trake. Figure 11. Relative changes of elastic modulus with temperature increasing for Heraeus CT700, CT707 and CT800 tapes.

Merenje relativnog termalnog širenja

Pored ispitivanja promene permitivnosti i modula elastičnosti sa temperaturom, za projektovanje određenog sistema koji bi imao primenu u ispitivanom temperaturnom opsegu potrebno je znati i njegovo relativno termalno širenje kao i koeficijent termalnog širenja (TCE, *Thermal Coeficient of Expansion*). Ispitivanje relativnog termalnog širenja rađeno je na posebno pripremljenim blok uzorcima, veličine 5×5×20 mm³. Za izradu uzoraka korišćene su laserski obrađene trake u nepečenom stanju, koje su zatim naslagane, laminirane i sinterovane u peći sa komorom. Iz ovako obrađenih traka isečeni su uzorci potrebne veličine, urađena je njihova metalizacija i na kraju je izvršeno finalno poliranje. Određivanje relativnog termalnog širenja je vršeno pomoću TMA2940 termomehaničkog analizatora kompanije TA Instruments, u temperaturnom opsegu od 100 do 500 °C. Na slici 12 prikazani su rezultati merenja za relativno termalno širenje analiziranih materijala.



Slika 12. Relativno termalno širenje za Heraeus CT700, CT707 i CT800 trake.

Picture 12. Relative thermal expansion for Heraeus CT700, CT707 and CT800 tapes.

Sa slike se može videti da najveće termalno širenje ima Heraeus CT707 dielektrična traka, dok je termalno širenje za Heraeus CT700 i Heraeus CT800 uporedivo.

Vrednosti koeficijenata termalnog širenja (TCE) su izvedeni iz fitovanih kriva merenih rezultata, zbog toga što su na taj način obezbeđeni bolji rezultati nego da je njihova vrednost izvedena direktno iz merenih rezultata. Rezultati merenja za TCE su prikazani u tabeli 6. karakteristike materijala u tehničkoj dokumentaciji i zbog toga je praktično nemoguće predvideti ponašanje realizovanih sistema ili komponenti u realnom okruženju. Izvršena je analiza tri materijala koja se koriste za izradu komponenti i sistema u LTCC tehnologiji, firme Heraeus (Heraeus CT700, CT707 i CT800), a urađena je njihova električna, mehanička i temperaturna karakterizacija. Pored toga, prikazan je njihov hemijski sastav, zavisnost relativne permitivnosti i modula elastičnosti od temperature, kao i vrednost koeficijenta njihovog relativnog termalnog širenja. Na osnovu detaljno prikazane analize pokazano je koji od navedena tri materijala je pogodan za različite aplikacije u realizaciji kompleksnih sistema u LTCC tehnologiji, gledano u odnosu na vrednosti parametara dobijenih navedenim ispitivanjima.

Zahvalnost

Ovaj rad je delom podržan od strane Ministarstva prosvete i nauke vlade Republike Srbije, u okviru projekta III 45021 i uključen u EUREKA E!4570 IPCTECH projekat.

LITERATURA

- L.J. Golonka, New application of LTCC technology, 28th International Spring Seminar on Electronics Technology (2005) 148–152.
- [2] S.O' Reilly, F. John, D.O' Terence, M. Andrew, H. Gerard, B. Michael, M.S. Cian, A comparative analysis of interconnection technologies for integrated multilayer inductors, Microelectronic International **15** (1998) 6–10.

Tabela 6. Koeficijenti termalnog širenja, TCE / ppm, za Heraeus CT700, CT707 i CT800 dielektrične trake Table 6. Coefficient of thermal expansion, TCE / ppm, for Heraeus CT700, CT707 and CT800 dielectric tapes

| | | Heraeus traka | |
|------|-------|---------------------|-------|
| t∕°C | СТ700 | CT707 | CT800 |
| | | debljina uzorka, µm | |
| | 121 | 95 | 92.5 |
| 100 | 5.27 | 7.35 | 5.92 |
| 200 | 6.19 | 9.62 | 5.90 |
| 300 | 6.42 | 11.44 | 6.42 |
| 400 | 6.81 | 12.42 | 7.01 |
| 500 | 7.75 | 12.13 | 7.36 |

ZAKLJUČAK

Glavni cilj koji je bio postavljen u toku sprovedenog istraživanja koje je prikazano u ovom radu je bio da se izvrši karakterizacija nekih komercijano dostupnih materijala koji se često koriste u LTCC tehnologiji. Razlog zbog čega je ovo istraživanja urađeno je taj što proizvođači materijala ne prikazuju sve relevantne

- [3] H. Birol, T. Maeder, C. Jacq, P. Ryser, Investigation of interactions between co-fired LTCC components, J. Eur. Ceram. Soc. 25 (2005) 2065–2069.
- [4] T. Thelemann, H. Thust, M. Hintz, Using LTCC for microsystems, Microelec. Int. 19 (2002) 19–23.
- [5] J. Müller, High-quality RF inductors in LTCC, ISHM Conference 43 (1997) 59–63.

- [6] A. Pietrikova, Potentiality of LTCC for sensor applications, 24th International Spring Seminar on Electronics Technology, Calimanesti-Caciulata, Romania, 2001, pp. 112–116.
- [7] H. Birol, Fabrication of Low Temperature Co-fired Ceramic (LTCC)-based sensor and micro-fluid structures, PhD Thesis, EPFL, Switzerland, 2007.
- [8] L. Devlin, G. Pearson, J. Pittock, RF and microwave component development in LTCC, http://www.seaceramics.com/Download/Papers/Plexteknordic.pdf (jul, 2013).
- [9] R. Kulke, M. Rittweger, P. Uhlig, C. Günner, LTCC multilayer ceramic for wireless and sensor applications, http://www.ltcc.de/downloads/rd/pub/10-doc-plus--engl-2001.pdf (jul, 2013).
- [10] R. Li, G. DeJean, M. Moonkyun, L. Kyutae, S. Pinel, M.M. Tentzeris, J. Laskar, Design of compact stacked-patch antennas in LTCC multilayer packaging modules for wireless applications, IEEE Transactions Comp. Packaging Technol. 27 (2004) 581–589.
- [11] C. Kim, H. Kim, J. Kim, An integrated LTCC inductor, IEEE Transactions Magnetics 41 (2005) 3556–3558.
- [12] A. Boutz, Inductors in LTCC utilizing full tape thickness features, MSc Thesis, Kansas State University, Manhattan, KS, 2009.
- [13] J. Müller, G. Kahmen, R. Schumann, N. Sinnadura, LTCC a promising technology for high-frequency system-inpackages, http://www.mse-microelectronics.de/research/download/PaperMicrotech2005.pdf (jul, 2013).
- [14] S. Scrantom, G. Gravier, T. Valentine, D. Pehlke, B. Schiffer, Manufacture of embedded integrated passive components into low temperature co-fired ceramic systems, http://www.scrantom.com/Outgoing/papers/ /seiipc98.pdf (jul, 2013).
- [15] W. Smetana, B. Balluch, G. Stangl, E. Gaubitzer, M. Edetsberger, G. Köhler, A multi-sensor biological moni-

toring module built up in LTCC-technology, Microelec. Eng. **84** (2007) 1240–1243.

- [16] W. Smetana, M. Unger, Design and characterization of a humidity sensor realized in LTCC-technology, Microsys. Technol. 14 (2008) 979–987.
- [17] W. Smetana, B. Balluch, G. Stangl, S. Lüftl, S. Seidler, Processing procedures for the realization of fine structured channel arrays and bridging elements by LTCCtechnology, Microelectronics Reliability 49 (2009) 592– –599.
- [18] W. Smetana, Low temperature ceramic processing for microsystem application, Ceramics Processing in Microtechnology, Whittles Publishing, Dunbeath Mill, Dunbeath, Caithness, 2009, pp. 208–225.
- [19] G. Radosavljević, W. Smetana, A. Marić, Lj. Živanov, M. Unger, G. Stangl, Parameters affecting the sensitivity of LTCC Pressure Sensors, Microelec. Int. 27 (2010) 159– -165.
- [20] G. Radosavljević, Lj. Živanov, W. Smetana, A. Marić, M. Unger, L. Nađ, A wireless embedded resonant pressure sensor fabricated in the standard LTCC technology, IEEE Sensor J. 9 (2009) 1956–1962.
- [21] G. Radosavljević, A. Marić, W. Smetana, Lj. Živanov, Benefits of the LTCC substrate configuration with an airgap for realization of RF inductor with high Q-factor and SRF, Int. J. Appl. Ceram. Technol. (2011) 1–10.
- [22] http://www.heraeusthickfilm.com/media/webmedia_local/media/datasheets/ltccmaterials/ct_700_en_3.pdf (jun, 2012).
- [23] http://heraeusthickfilm.com/media/webmedia_local/ /media/datasheets/ltccmaterials/CT_707_en.pdf (jun, 2012).
- [24] http://www.heraeusthickfilm.com/media/webmedia_local/media/datasheets/ltccmaterials/CT_800_en.pdf (jun, 2012).

SUMMARY

ELECTRICAL, MECHANICAL AND THEMPERATURE CHARACTERIZATION OF COMMERCIALY AVAILABLE LTCC DIELECTRIC MATERIALS

Goran Radosavljević¹, Andrea Marić², Michael Unger¹, Nelu Blaž², Walter Smetana¹, Ljiljana Živanov²

¹Vienna University of Techology, Insitute for Sensor and Actuator Systems, Department of Applied Electronic Materials, Vienna, Austria

²University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Departmant of Electronics, Novi Sad, Serbia

(Professional paper)

The present paper deals with the mechanical, electrical and thermal properties of several commercially available materials that are widely used for fabrication of electronic components, sensor systems, etc., in Low Temperature Cofired Technology (LTCC). Having complete and accurate information of the material's chemical composition, its electrical and mechanical properties are essential for successful design of various components and/or systems. In many cases, the available technical documentation provided by the manufacturers contains less information than designers require for complete pre-design analysis of system behaviour in real time environment. Three frequently exploited commercially available dielectric materials provided by the Heraeus company (Heraeus CT700, Heraeus CT707 and Heraeus CT800) were investigated. Electrical, mechanical and thermal properties analyses were conducted in order to determine some of the important material properties. A full chemical composition analysis was performed resulting in the determination of the materials' chemical composition, followed by the determination of the relative permittivity, elasticity modulus and relative thermal coefficient values.

Keywords: LTCC Technology • Dielectric materials • Electrical, mechanical and temperature characterization