

ZPRÁVA O ŘEŠENÍ GRANTU VAKUUM PRAHA (2003)

Název projektu:

Studium změn hmotnosti prachových zrn

Řešitel projektu:

Jiří Pavlů, 3.ročník PGS

Cíle projektu:

Cílem projektu bylo jednak experimentální studium změn hmotnosti prachových zrn různých materiálů, jednak úprava stávajícího experimentálního zařízení tak, aby lépe vyhovovalo navrhovanému studiu.

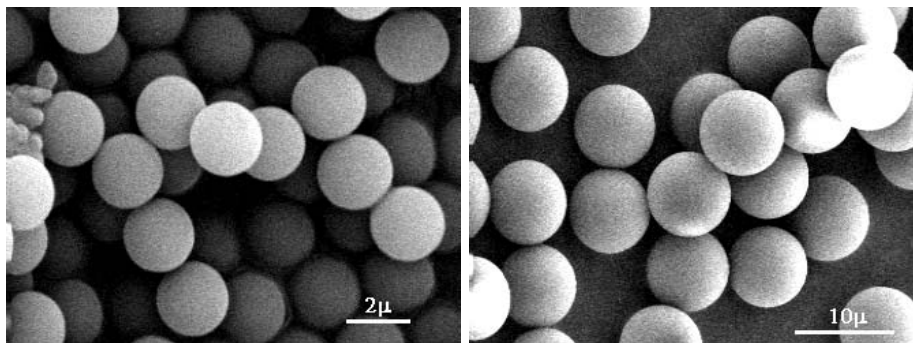
Řešení projektu:

Provedené úpravy experimentálního systému:

1. Bylo zakoupeno optické zařízení (CCD kamera) ke sledování pohybu zrn v kvadrupólu. K této kameře byl doplněn počítačový program, který umožňuje sledovat s rozlišením 800×600 px pohyb, případně rozpad, částice na LCD obrazovce počítače.
2. Byl zakoupen výkonnější polovodičový laser, který zlepšil poměr signál/šum při určování frekvencí kmitů zrna. K tomuto laseru bylo vyvinuto elektronické zařízení umožňující měřit fázi signálu, což opět vede k výraznějšímu zlepšení odstupu signál - šum.
3. Stávající experimentální aparatura byla dále doplněna o nový rozvod dovolující napouštění různých druhů plynu bez přerušování experimentu. Nyní je možno použít 2 druhy plynu bez jakéhokoliv zásahu do systému, další plyny lze ovšem snadno přidat díky flexibilitě systému.

Experimentální studium s upravenou aparaturou:

V posledních 20 letech jsou nabíjecí a vybíjecí procesy prachových zrn ať již ve velmi nízkém tlaku, nebo v plazmatickém prostředí intenzivně studovány, jak jsme ostatně psali v návrhu grantového projektu. Toto studium se neomezuje jen na kosmický prostor, ale je často realizováno v pozemních či kosmických laboratořích (např. na Mezinárodní kosmické stanici [7, 8]). Zjistili jsme, že v těchto experimentech jsou nejvíce používána zrna z „melamin formaldehydové pryskyřice“ (dále MF zrn) [9]. Jejich předností pro experimentátory je, že tyto simulanty mají sférický tvar s garantovaným průměrem a dobře definovanou materiálovou hustotou.



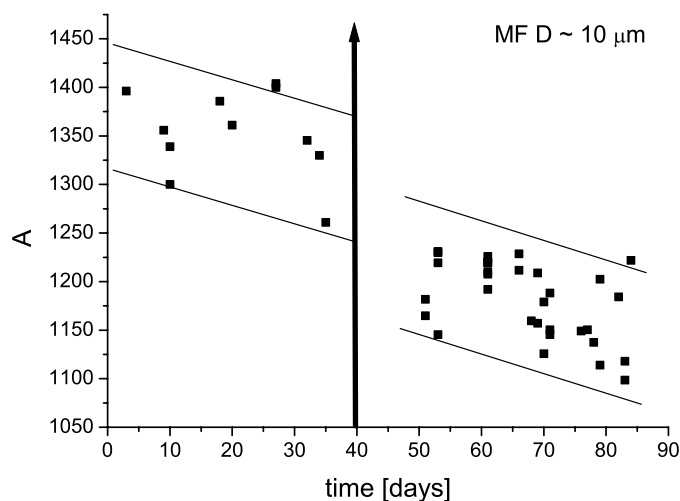
Obr.1: SEM fotografie použitých MF zrn dvou různých průměrů:
2,35 μm a 9,78 μm .

Také my jsme prováděli výzkum na těchto zrnech a postupně jsme zjistili, že tato zrna mají „zvláštní“ vlastnosti. Protože o tento druh studia byl mezi experimentátory velký zájem (předběžné výsledky byly referovány na konferenci *10th Workshop on the Physics of Dusty Plasmas*, St. Thomas, US Virgin Isladns, 18. – 21. června 2003) a protože tato problematika byla vlastně náplní řešení grantu, pokračovali jsme v intenzivním výzkumu těchto simulantů.

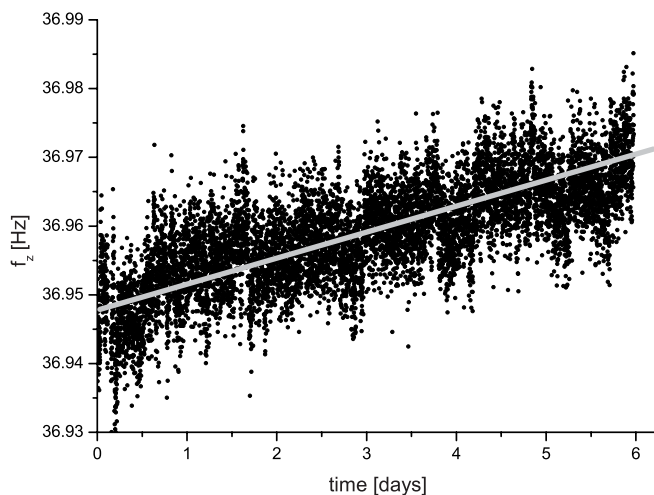
Shrneme-li výsledky dlouhodobého studia MF zrn o velikosti $2,35 \mu\text{m}$ a $9,78 \mu\text{m}$, můžeme konstatovat tyto změny v jejich parametrech:

- a) Nalezli jsme, že zrna o velikosti $2,35 \mu\text{m}$ umístěná ve vakuové komoře se vypařují s rychlostí $\sim 1,2 \times 10^{-18} \text{ kg/den}$.
- b) Ohřívání zrn ve vakuu (při $240 \text{ }^\circ\text{C}$) způsobuje relativní změnu hmoty zrna o $\sim 10\%$.

Demonstrace časového vývoje hmotnosti MF zrna je vidět na obr. 2. Domníváme se, že v laboratorních podmínkách, pokud nedochází k ohřevu zrna, je změna hmoty částice prakticky zanedbatelná. Avšak ve všech experimentech, kde jsou zrna zahřívána nebo intenzivně čerpaná po delší dobu, změnu hmoty je třeba již brát v úvahu. Jak naznačuje obr. 3, celková ztráta hmoty za uvedený časový interval byla $\sim 5 \times 10^{-18} \text{ kg}$. Domníváme se, že hlavní příčinou je monovrstva vody naabsorbovaná na povrchu zrna, která během prvních 12 hodin čerpání desorbuje. Později zřejmě dochází k uvolňování vody vázané uvnitř materiálu (MF je hydrofilní).



Obr.2: Statistika měření veličiny úměrné hmotnosti prachových zrn.



Obr.3: Časový vývoj hmotnosti zrna — měřená veličina je nepřímo úměrná hmotnosti.

Využití finančních prostředků:

Poskytnuté finanční prostředky byly využity následujícím způsobem:

- elektronické součástky 1 000,-Kč,
- olej do turbomolekulární vývěvy 1 500,-Kč,
- pořízení fotografií částic na SEM 4 000,-Kč,
- výdaje spojené s konferencí *10th Workshop on the Physics of Dusty Plasmas* (St. Thomas, US Virgin Isladns, 18. – 21. června 2003):
 - letenka Praha—San Juan a zpět 27 020,-Kč,
 - letenka San Juan—St. Thomas a zpět 3 492,-Kč,
 - ubytování a stravné 12 988,-Kč,
 - ostatní výdaje byly hrazeny z jiných zdrojů.

Závěr:

Doplnění experimentálního zařízení o další prvky plně vyhovuje našim požadavkům. Aparatura byla využita nejen ke sledování změny hmotnosti částice (tento výzkum bude nadále pokračovat), ale i k dalšímu výzkumu. Během roku vznikly za podpory grantu následující publikace, ve kterých byl přínos řešitele projektu podstatný (*Pozn: jako přílohu přikládáme poslední verze článku [1] a [2] spolu s vyjádřením editora, že články byly přijaty k tisku*).

- [1] Pavlů, J., A. Velyhan, I. Richterová, Z. Němeček, J. Šafránková, I. Čermák, P. Žilavý, Mass-loss rate for MF resin microspheres, *IEEE Trans. Plasma Sci.*, přijato k tisku.
- [2] Pavlů, J., Z. Němeček, J. Šafránková, I. Čermák, Emissions from non-conducting negatively charged dust grains, *IEEE Trans. Plasma Sci.*, přijato k tisku.
- [3] Richterová, I., Z. Němeček, J. Šafránková, J. Pavlů, A model of secondary emission from dust grains and its comparison with experiment, *IEEE Trans. Plasma Sci.*, přijato k tisku.
- [4] Velyhan, A., P. Žilavý, J. Pavlů, J. Šafránková, Z. Němeček, Ion beam effects on dust grains, *Vacuum*, po recenzním řízení.

První tři práce byly přijaty do tisku a vyjdou v *IEEE Trans. Plasma Sci. — Special Issue, April 2004*, čtvrtá je v recenzním řízení. Vzhledem k tomu, že recenzenti měli pouze nepodstatné připomínky, očekáváme, že i tato práce bude v nejbližší době přijata do tisku.

Kromě uvedených časopiseckých publikací byly publikovány i dva články v recenzovaném sborníku konference WDS'03.

- [5] Pavlu, J., Z. Nemecek, J. Safrankova, P. Zilavy, Electron field emission from micron-sized dust grains, in *WDS'03 Proceedings of Contributed Papers: Part II - Physics of Plasmas and Ionized Media*, ed. by J. Šafránková, Prague, Matfyzpress, 298-305, 2003.
- [6] Richterova, I., Z. Nemecek, J. Safrankova, J. Pavlu, Secondary emission from dust grains, in *WDS'03 Proceedings of Contributed Papers: Part II - Physics of Plasmas and Ionized Media*, ed. by J. Šafránková, Prague, Matfyzpress, 289-297, 2003.

Literatura

- [7] Morfill, G. E., B. M. Annaratone, P. Bryant, A. V. Ivlev, H. M. Thomas *et al.*, “A review of liquid and crystalline plasmas — new physical states of matter?” *Plasma Phys. Contr. Fusion*, vol. 44, pp. B263–B277, Dec. 2002.
- [8] Nefedov, A. P., G. E. Morfill, V. E. Fortov *et al.*, “PKE-Nefedov: plasma crystal experiment on the International Space Station”, *New Journal of Physics*, vol. 5, pp. 33.1–33.10, Apr. 2003.
- [9] www.microparticles.de