

Ar fluoru saistīti paramagnētiski punktdifekti SiO₂ stiklos

Linards Skuja¹, Madara Leimane¹, Nadège Ollier², Andrejs Griščenko³,

¹*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

²*Laboratoire des solides irradiés Ecole polytechnique, CNRS, CEA\DRF\IRAMIS, Institut Polytechnique de Paris, 91128 PALAISEAU cedex, France*

³*Ceram Optec SIA Līvāni LV5316*

Fluors ir viena no svarīgākajām leģējošajām komponentēm tīra SiO₂ stiklos. Tā pievienošana samazina laušanas koeficientu, tāpēc to lieto gaismu atstarojošos apvalka slāņos praktiski visos optiskās šķiedras gaismasvados ar tīra SiO₂ serdi. Šādi gaismasvadi dominē ultra-zemu zudumu komunikācijās, darbā radiācijas apstākļos vai lieljaudas lāzeru starojuma pārvades pielietojumos. SiO₂ stiklu pētījumos elektronu paramagnētiskā rezonanse (EPR) ir bijusi galvenā metode punktdifektu struktūras noteikšanai. Fluora atomiem kodola spins ir ½ ar 100% varbūtību. Tāpēc ar fluoru saistīto punktdifektu EPR signālus vajadzētu spēt viegli identificēt raksturīgās hipersīkās sašķelšanās dēļ. Taču, pārsteidzoši, līdz šim tas nav izdevies. Šajā darbā ir pirmoreiz izdevies identificēt paramagnētiskus ar fluoru saistītus centrus ar ātrajiem elektroniem vai rentgenstariem apstarotos SiO₂ stiklos, leģētos ar dažādām F koncentrācijām. Signāls ar hipersīko sašķelšanos (hfs) 104 G un $g \sim 2.001$ korelē ar F saturu paraugos. Papildus fluora hfs novērojama 420 dubleta rajonā, kas ir saistīts ar Si norautajām saitēm (E'-centriem). Šis EPR signāls ļauj identificēt centra struktūru kā "E'(F)" centru: silīcija norauto saiti ar nesapāroto elektronu sp³ tipa orbitālē un vienu no 3 kaimiņu "tiltiņa" skābekļiem aizvietotu ar fluora atomu.

Fluorine-related paramagnetic point defects in SiO₂ glasses

Linards Skuja¹, Madara Leimane¹, Nadège Ollier², Andrey Grishchenko³

¹*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

²*Laboratoire des solides irradiés Ecole polytechnique, CNRS, CEA\DRF\IRAMIS, Institut Polytechnique de Paris, 91128 PALAISEAU cedex, France*

³*Ceram Optec SIA, Livani LV5316, Latvia*

Fluorine is one the most important dopants of pure silica glass. It reduces refractive index of silica, therefore it is doped in cladding layers of virtually all pure SiO₂-core optical fiber waveguides. Ultra-low-loss communication fibers, radiation resistant fibers and high-power delivery fibers all count to this type. In the decades long history of silica glass studies, electron paramagnetic resonance (EPR) has served as primary techniques to identify structures of point defects. F atom nuclear spin I is 1/2 with 100% abundance. Therefore, the signals of related paramagnetic defects should be easily identifiable by the characteristic hyperfine splitting. Surprisingly, so far no fluorine-related paramagnetic defects are identified. In this work, we report the first (as far as we know) observation of paramagnetic fluorine-related centers in fast electron- or X-ray-irradiated silica glasses with various F-contents. The signal with hyperfine splitting of 104 G and $g \sim 2.001$ correlates with F content. Additional F-related hyperfine splitting is observed in the region of 420 G doublet, characteristic to silicon dangling bonds (E'-centers). This signal allows to identify the structure of the center as "E'(F)" center – a dangling silicon bond with unpaired electron in sp³ – like orbital and one of the 3 neighboring bridging oxygens substituted by fluorine, forming Si-F bond.

Supported by Latvian Science Council project Izp-2021/1-0215. M.L. thanks the support "Mikrotīkls", donation is administrated by the University of Latvia Foundation. General support by EU Horizon 2020 Framework Program H2020-WIDE-SPREAD-01-2016-2017-TeamingPhase2 under grant agreement No. 739508, project CAMART² is acknowledged.