

UDC 533.9.004.14; 621.039.6

¹V.E. Bondybey, ²I.V. Khyzhniy*, ²E.V. Savchenko¹Lehrstuhl für Physikalische Chemie II TUM, Garching b. München 85747, Germany²B. Verkin Institute for Low Temperature Physics and Engineering, 47 Lenin Ave., 61103 Kharkov, Ukraine

*E-mail: Khyzhniy@gmail.com

Charge states and energy conversion in atomic and molecular cryocrystals

In spite of detailed investigation of electronic excitations in atomic and molecular cryocrystals [1,2] the properties and dynamics of charge states, accumulation of uncompensated charge in the samples remained almost unexplored. Our group developed special techniques for investigation of charge states in cryocrystals. It was applied to rare gas solids and solid nitrogen. The correlated in real time measurements of spectrally resolved thermally stimulated luminescence, exoelectron emission, and the desorption yield were performed in combination with cathodoluminescence.

Condensed noble gases as well as solid nitrogen are used as detectors of ionizing radiation and moderators. Interest in research of solid nitrogen is associated with the prospect of its application as a high energy-density material. Investigation of radiation effects in solid nitrogen and rare gas solids is of high interest for astrophysics.

Key words: charge state, cryogenic, solid nitrogen, radiation exoelectrons.

В.Е. Бондыбей, И.В. Хижный, Е.В. Савченко

Зарядовые состояния и преобразование энергии в атомных и молекулярных криокристаллах

Несмотря на многочисленные исследования, свойства и динамика зарядовых состояний остаются не исследованными. Наша группа разработала специальную методику исследования зарядовых состояний в криокристаллах. Нами была достигнута сверхвысокая плотность зарядовых центров – 10^{15} - 10^{16} см⁻³ в криокристаллах при облучении электронным пучком. Мы показали, что избыточные электроны локализованы вблизи поверхности образца, а положительно заряженные центры - на границе между образцом и подложкой. Термически стимулированное излучение экзоэлектронов твердым азотом было обнаружено впервые. Также нами был обнаружен новый необычный эффект низкотемпературной «пост-десорбции» преварительно облученным твердым азотом. Экспериментально демонстрируется происхождение этого эффекта вследствие влияния локализованных зарядовых состояний в криокристаллах.

Ключевые слова: зарядовое состояние, криокристалл, твердый азот, излучение экзоэлектронов.

В.Е. Бондыбей, И.В. Хижный, Е.В. Савченко

Атомдық және молекулалық криокристалдардағы зарядталған күй және энергияның түрленуі

Көптеген зерттеулерге жүргізілсе де, зарядталған күйлердің қасиеттері және динамикасы әлі де зерттелмеген болып табылады. Біздің тобымыз криокристалдардағы зарядталған күйдің арнайы зерттеу әдістемесін жасап шығарды. Біз электронды шоғырмен сәулелендіре отырып, зарядталған центрдің аса жоғары тығыздығына – 10^{15} - 10^{16} см⁻³ қол жеткіздік. Біз артық электрондар үлгінің бетінің маңайында, ал оң зарядталған центрлер – үлгі мен төсеменің арасындағы шекарада шектелетінін көрсеттік. Қатты азотпен экзоэлектрондардың термиялық ынталандырылған сәулеленуі алғашқы рет анықталды. Сонымен қатар, біз алдын ала сәулелендірілген қатты азотпен төмен температуралы «постдесорбция» деген жаңа ерекше эффекті анықтадық. Бұл эффектің криокристалдардағы зарядталған күйлердің шектелген әсердің нәтижесінен болатыны тәжірибе жүзінде көрсетіледі.

Түйін сөздер: зарядталған күй, криокристалл, қатты азот, экзоэлектрондардың сәулеленуі.

In spite of detailed investigation of electronic excitations in atomic and molecular cryocrystals [1,2] the properties and dynamics of charge states, accumulation of uncompensated charge in the samples remained almost unexplored. Our group developed special techniques for investigation of charge states in cryocrystals. It was applied to rare gas solids and solid nitrogen. The correlated in real time measurements of spectrally resolved thermally stimulated luminescence, exoelectron emission, and the desorption yield were performed in combination with cathodoluminescence.

Condensed noble gases as well as solid nitrogen are used as detectors of ionizing radiation and moderators. Interest in research of solid nitrogen is associated with the prospect of its application as a high energy-density material. Investigation of radiation effects in solid nitrogen and rare gas solids is of high interest for astrophysics. An overview of phenomena affected by charge states

in atomic and molecular cryocrystals is presented. We achieved ultrahigh density of charge centers – 10^{15} - 10^{16} cm⁻³ in cryocrystals under irradiation with an electron beam. The charge distribution was found to be inhomogeneous. We have shown that excess electrons are localized near the surface of the sample and positively charged centers are on the boundary between the sample and the substrate. The thermally stimulated exoelectron emission from solid nitrogen was detected for the first time [3]. It was found that the main exothermic reactions at low temperatures are electron-ion recombination ones. Energy conversion processes and nature of charge states involved are discussed. A new unusual phenomenon was observed – low temperature «post-desorption» from pre-irradiated solid nitrogen. Its mechanism is suggested. We demonstrated experimentally that localized charge states in cryocrystals are the key species responsible for the effect.

References

- 1 K.S. Song and R.T. Williams, *Self-Trapped Excitons*, Springer Series in Solid State Science, Vol. 105, Springer-Verlag, Berlin (1996).
- 2 *Physics and Chemistry at Low Temperatures*, Leonid Khriachtchev (ed.), Pan Stanford Publishing (2011), p. 341.
- 3 I. Khyzhniy, E. Savchenko, S. Uytunov, G. Gumenchuk, A. Ponomaryov, V. Bondybey. *Radiation Measurements* 45 (2010) 353–355.