

Радіаційні дефекти в термічно відпаленому карбонатвмісному гідроксилапатиті

В.В. Носенко, І.П. Ворона, С.С. Іщенко, С.М. Окулов

Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України, Київ, Україна

Метод електронного парамагнітного резонансу (ЕПР) дозволяє ідентифікувати дефекти ґратки та визначити їхню структуру на атомарному рівні. Завдяки високій чутливості ЕПР може досліджувати малі концентрації дефектів, що часто не детектуються іншими методами. Це дуже важливо, коли дефекти значно впливають на властивості функціональних матеріалів або є індикаторами їхньої зміни. У випадку карбонатвмісного гідроксилапатиту ((С)ГАП) парамагнітні центри є індикатором радіаційного впливу і використовуються в ЕПР-дозиметрії для визначення дози іонізуючого випромінювання, а також в ЕПР-датуванні для визначення віку викопних знахідок.

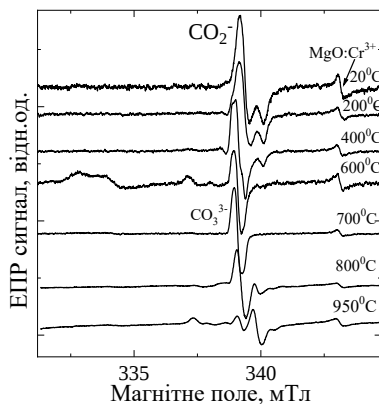


Рис. 1. Спектри ЕПР γ -опромінених (С)ГАП, попередньо відпалених при зазначених температурах.

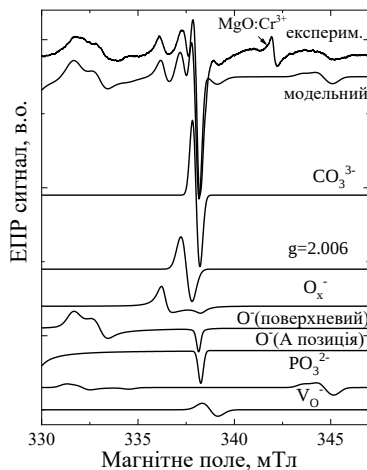


Рис. 2. Експериментальний і модельний спектри ЕПР γ -опроміненого (С)ГАП, попередньо відпаленого при 600°C, та компоненти розкладу.

Останнім часом ГАП широко застосовується у медичному матеріалознавстві, зокрема для покриття титанових імплантатів. При створенні таких покриттів важливою його характеристикою є висока адгезія, яка досягається методами плазмового або детонаційного напылення. При використанні зазначених технологій виготовлення покриттів вихідний матеріал піддається впливу високих температур, які можуть викликати зміни в структурі ГАП. Оскільки фізичні властивості ГАП значною мірою залежать від його дефектної структури, інформація про природу та кількість дефектів, що виникають у ГАП при високотемпературних впливах, є вкрай важливою оскільки відкриває можливості контролю властивостей покриттів, а значить і якості імплантів. Тому у цій роботі проведено детальний аналіз спектрів ЕПР та ідентифікація парамагнітних центрів, що виникають при γ - або УФ-опроміненні у попереднього відпалених (до опромінення) 20–950°C зразках синтетичного карбонатвмісного ГАП (рис. 1). Виявлено, що спектри ЕПР радіаційно-індукованих дефектів суттєво залежать від температури попереднього відпалу і є суперпозицією різних сигналів. На основі детального аналізу (приклад такого аналізу наведений на рис. 2) всі радіаційні дефекти були ідентифіковані. Показано, що у зразках, відпалених при температурах до 300°C з наступним γ -опроміненням та до 500°C з наступним УФ-опроміненням, домінують парамагнітні центри $\text{CO}_2^{\bullet-}$. При попередніх відпалах при температурах понад 400°C значну роль відіграють інші дефекти, зокрема, основними стабільними γ -індукованими дефектами центри є $\text{O}^{\bullet-}$, $\text{CO}_3^{\bullet-}$ та вакансія $\text{V}_{\text{O}}^{\bullet-}$. Новий парамагнітний дефект з параметрами $g_{\perp} = 2,0135$, $g_{\parallel} \sim 2,002$ було виявлено як в γ -, так і УФ-опередньо відпалених карбонатвмісних ГАП та пов'язано з кисневим радикалом $\text{O}_x^{\bullet-}$. Спостережені ефекти, пояснені виходом із ГАП молекулярної води та частковою втратою карбонату.

Було показано, що інтенсивність спектра ЕПР γ -індукованих $\text{CO}_3^{\bullet-}$ дефектів у попередньо відпалених (700°C) зразках в 9 разів перевищує інтенсивність дозиметричного сигналу вихідного (невідпаленого) (С)ГАП. Отже, термообробка при 700°C забезпечує найбільший дозиметричний відгук матеріалу, що відкриває нові можливості для створення високочутливого матеріалу для ЕПР-дозиметрії.