

Termometria luminescencyjna - nowe podejście do zwiększenia zakresu, czułości i dokładności pomiarów

1. Cel prowadzonych badań/hipoteza badawcza

Celem proponowanych badań jest opracowanie nowych materiałów luminescencyjnych o charakterystyce spektroskopowej adekwatnej dla szczególnie wymagających zastosowań co do zakresu pomiarowego (kilkaset stopni licząc od temperatur helowych), czułości i dokładności pomiarów temperatury. Materiały będą się cechować właściwościami przewyższającymi aktualnie znane układy. W szczególności pojedynczy materiał będzie umożliwiał pomiary temperatury w zakresie minimum 600 °C, o poziomie czułości nie gorszej niż 10 %/K dla zakresu temperatur helowych i poniżej 1%/K dla temperatur w zakresie ~500-600 K. Zostanie też osiągnięty poziom dokładności oznaczenia temperatury nie gorszy niż 0.1 K dla temperatur helowych i nie gorszy niż 2 K dla temperatur z zakresu 500-600 K. Planujemy podjęcie prac badawczych pozwalających na poszerzenie zakresu pomiarowego do 800 K, a nawet powyżej. **Cele powyższe zamierzamy osiągnąć stosując zupełnie nowe podejście do problemu projektowania luminescencyjnych sensorów temperatury.**

2. Zastosowana metoda badawcza/metodyka

Badania można podzielić na trzy zasadnicze etapy: (i) synteza materiałów o najwyższej jednorodności właściwości, (ii) pomiary widm emisyjnych oraz kinetyki zaników różnych (jakich - o tym później) emisji w możliwie najszerszym zakresie temperatur – minimum 20-600 K oraz (iii) analiza, w tym obliczeniowa, uzyskanych rezultatów eksperymentalnych w celu określenia parametrów istotnych z punktu widzenia zdalnych pomiarów temperatury technikami luminescencyjnymi. Co do (i), bardzo istotne jest uzyskanie dużej homogeniczności właściwości luminescencyjnych, co wiązać się będzie z dopracowaniem wypracowanych metod syntezy, być może ich modyfikacją na tzw. techniki mokre. Nie stanowi to może wielkiego wyzwania, ale jest istotne, by mieć świadomość potrzeby przeprowadzenia takich prac badawczych. Najważniejsze będą etapy (ii) i (iii). Obydwa wymagają szczególnej precyzji i krytycznej oceny i analizy rezultatów. Punkt (ii), pomiarowy, wymaga dostępności wysokiej klasy aparatury. Zespół w tym zakresie dysponuje wyposażeniem na dobrym poziomie, planowane zakupy pozwoliłyby podnieść ten poziom do bardzo dobrego, pozwalającego na pomiary o najwyższej wymaganej przy badaniach takich materiałów precyzji. Pomiary widm emisji (także widm wzbudzenia luminescencji, które wszakże nie muszą być ekstremalnie precyzyjne co do np. rozdzielczości) oraz zaników (kinetyki) emisji muszą być prowadzone z zastosowaniem najostrzejszego reżimu, w tym redukcji szumu, czy powtarzalności.

3. Wpływ spodziewanych rezultatów na rozwój nauki

Badania wstępne pozwalają stwierdzić, że odkryliśmy materiał luminescencyjny, który charakteryzuje się niespotykanym zestawem parametrów istotnych w przypadku zdalnego pomiaru temperatury metodą luminescencyjną. W szczególności, $\text{Sr}_2\text{GeO}_4:\text{Pr}$ pozwala na pomiar, korzystając z jednej próbki (!), temperatury w zakresie 17-600 K, co już jest najlepszym osiągnięciem kiedykolwiek raportowanym w literaturze. Ta sama próbka wykazuje największą w porównaniu z danymi literaturowymi czułość pomiaru temperatury w zakresie tzw. kriotemperatur, do 75 K. Jest to zakres bardzo ważny w badaniach i misjach kosmicznych. Także czułość naszego sensora ($\text{Sr}_2\text{GeO}_4:\text{Pr}$) jest najlepsza spośród raportowanych w literaturze. Te wstępne wyniki są wręcz **fantastyczne, ale jedynie otwierają pole badawcze, które mamy nadzieję wypełnić zupełnie nową treścią jeśli chodzi o metodologię poszukiwania nowych materiałów dla termometrii luminescencyjnej.**

Twierdzimy, że nie jest przypadkiem, że $\text{Sr}_2\text{GeO}_4:\text{Pr}$ cechuje się tak dobrymi parametrami jako luminescencyjny sensor temperatury. Dotychczas poprawiano parametry luminescencyjnych sensorów temperatury poprzez np. podwójne domieszkowanie matrycy z klasycznym układem $\text{Yb}^{3+}, \text{Er}^{3+}$ (były, oczywiście także inne). Stosowano też układy typu core-shell, które były de facto układem typu „dwa sensory w jednym opakowaniu”. W $\text{Sr}_2\text{GeO}_4:\text{Pr}$ unikalne właściwości jako sensora temperatury uzyskujemy dzięki aż trzem rodzajom emisji generowanych wyłącznie przez jon Pr^{3+} . Są to: (i) emisja $5d \rightarrow 4f$ w zakresie UV, (ii) emisja z poziomu $^3\text{P}_0$ głównie w zakresie zielono-niebieskim (~480-500 nm) oraz (iii) emisja czerwona, która jest mieszanką emisji z poziomów $^3\text{P}_0$ oraz $^1\text{D}_2$. Ponieważ emisje te wykazują różną zależność temperaturową, wykorzystując ten fakt możliwy jest pomiar temperatury w bardzo szerokim zakresie temperatur poprzez porównanie ich wzajemnych intensywności. Nie będzie przesadą stwierdzenie, że jest to zupełnie nowe podejście w dziedzinie termometrii luminescencyjnej, a przy tym prostsze co do możliwości kontrolowania procesów i zarządzania nimi niż w przypadku wcześniejszych idei. **Jesteśmy przekonani, że otwieramy nowy rozdział badań nad materiałami do termometrii luminescencyjnej.** Oprócz $\text{Sr}_2\text{GeO}_4:\text{Pr}$, planujemy gruntownie zbadać także $\text{Sr}_2(\text{Ge},\text{Si})\text{O}_4:\text{Pr}$, $\text{Y}_2\text{SiO}_5:\text{Pr}$ i $\text{Y}_2(\text{Si},\text{Ge})\text{O}_5:\text{Pr}$, które także wykazują duży potencjał w termometrii luminescencyjnej. Materiały mieszane Si,Ge pozwolą na kontrolowanie procesów nieradiacyjnej relaksacji, a tym samym poprawić ich działanie jako luminescencyjnych czujników temperatury.