

Eksperymentalna weryfikacja opisu modelu nieliniowości współlistniejących w nematycznych ciekłych kryształach

B. Klus[†], M. Kwaśny, M. A. Karpierz, U. A. Laudyn

Wydział Fizyki, Politechnika Warszawska, Koszykowa 75, 00-662 Warszawa

[†]email: bartlomiej.klus@pw.edu.pl

Nematyczne ciekłe kryształy (NCK) są substancjami złożonymi z anizotropowych molekuł najczęściej o wydłużonym kształcie. Właściwości optyczne tych materiałów takie, jak wartość współczynnika załamania oraz absorpcja promieniowania elektromagnetycznego dla liniowo spolaryzowanej wiązki światła zależą od kąta pomiędzy średnim kierunkiem ułożenia długich osi molekuł a kierunkiem polaryzacji. Na wartości parametrów optycznych wpływ mają również inne czynniki takie, w tym temperatura. Głównymi mechanizmami nieliniowości w NCK są nieliniowość reorientacyjna i termiczna. Pierwsza wynika z obrotu długich osi molekuł wywołanego polem elektrycznym fali świetlnej i ma charakter nasyceniowy – maksymalny wzrost współczynnika załamania jest ograniczony przez różnicę współczynników załamania nadzwyczajnego i zwyczajnego. Co istotne, ze względu na nasyceniowy i nielokalny charakter nie można jej opisać klasycznym modelem Kerra. Drugi mechanizm to nieliniowość termiczna, powstająca w wyniku optycznie indukowanego wzrostu temperatury spowodowanego absorpcją części energii wiązki. Konsekwencją zmiany temperatury są zmiany właściwości fizycznych ciekłego kryształu, które wpływają na propagację wiązki światła. Efekty termiczne mające wpływ na propagację wiązki można podzielić dwa rodzaje. Pierwszy z nich związany jest z bezpośrednią zmianą wartości współczynników załamania w funkcji temperatury, a zatem z natężeniem światła wywołującym te zmiany. Drugi, związany jest ze zmianą innych parametrów fizycznych ośrodka wywołanych zmianą temperatury np. wartości stałych elastyczności, co wpływa na reorientację ciekłego kryształu. Interakcja obu tych mechanizmów sprawia, że całkowita zmiana współczynnika załamania wywołana natężeniem wiązki światła nie jest prostą sumą efektów reorientacyjnego i termicznego. Przykładem takiego powiązania jest wpływ orientacji molekuł ciekłego kryształu na znak oraz wartość nieliniowości termicznej indukowanej wiązką światła. Prowadzi to do dwóch różnych przypadków, w których mechanizmy obu nieliniowości współdziałają ze sobą. W jednym z nich, obie nieliniowości prowadzą do wzrostu wartości współczynnika załamania, gdy zarówno nieliniowość reorientacyjna i termiczna są dodatnie. W drugim przypadku, ujemna nieliniowość termiczna osłabia efekty wywołane mechanizmem nieliniowości reorientacyjnej. A zatem, model nieliniowości współlistniejących poza czystym wpływem mechanizmów nieliniowości reorientacyjnej i termicznej zawiera także wpływ efektów termiczno-reorientacyjnych i znacznie słabszych reorientacyjno-termicznych. Tego typu współlistnienie nieliniowości nie było jak dotąd w pełni opisywane w kontekście ciekłych kryształów. W prezentowanej pracy przedstawiono model teoretyczny oraz wyniki eksperymentalne, które potwierdzają złożoną naturę nieliniowości w NCK, łącząc efekty reorientacyjne, termiczne i termiczno-reorientacyjne. Zaproponowane podejście umożliwia opis zmian wartości współczynnika załamania w szerokim zakresie natężeń światła oraz uwzględnia wzajemne sprzężenie mechanizmów odpowiedzialnych za reorientację i efekty termiczne. Prezentowane wyniki otwierają nowe możliwości w projektowaniu zaawansowanych układów fotonicznych z wykorzystaniem NCK oraz pogłębiają zrozumienie fundamentalnych procesów nieliniowych w anizotropowych ośrodkach optycznych.