



КВАНТОВА ЕЛЕКТРОНІКА — галузь фізики і техніки, що вивчає методи генерації, підсилення та перетворення електромагнітних коливань, що базуються на використанні стимульованого випромінювання, а також властивості відповідних підсилювачів і генераторів та їхнє застосування. Сформувалася у 1950-х рр. 1964 рос. фізик М. Басов і О. Прохоров та амер. фізик Ч.-Г. Таунс за фундам. дослідж. у галузі К. е., які призвели до створення генераторів та підсилювачів нового типу — мазерів і лазерів, отримали Нобелів. премію. Термін «К. е.» найактивніше вживали у згаданому значенні до 1980-х рр., нині у зх. літературі як окрему галузь науки практично не виділяють, відповідні дослідж. зараховують до фізики і техніки лазерів, неліній. оптики і **квантової оптики**. Водночас від 1996 Європ. фіз. товариство кожні 2 р. присуджує премії за досягнення у галузі К. е., виходять наук. журнали «IEEE Journal of quantum electronics» (Нью-Йорк), «**Квантовая электроника**» (Москва), «Semiconductor physics quantum electronics & optoelectronics» (1966–95 — «Квантовая электроника», Київ). У приладах класич. електроніки та радіотехніки електромагнітні хвилі збуджуються за рахунок енергії узгодженого руху електронів, динаміка яких задовільно описується законами класич. механіки. У приладах К. е. на енергію електромагніт. поля перетворюється внутр. енергія квант. системи шляхом здійснення стимульов. переходів із збудженого в осн. стан. У результаті генерується когерентне монохромат. електромагнітне випромінювання у широкому діапазоні частот від сантиметр. радіохвиль до далекого ультрафіолету, залежно від характеристик квант. системи. Основу К. е. складає концепція стимульов. випромінювання, постульов. 1916 **А. Айнштейном** як ефект, імовірність здійснення якого пропорційна густині випромінювання відповід. частоти, що діє на квант. систему (атом, молекулу, іон, атомне ядро). Залежно від початк. енергет. стану системи дія зовн. поля призводить до поглинання кванта електромагніт. поля (якщо система початково перебувала в осн. енергет. стані) або до його випромінювання (якщо вона була у збудженому стані). Процеси поглинання та стимульов. випромінювання абсолютно рівно імовірні (з точністю до кратності виродження енергет. рівнів системи); а частота, хвильовий вектор, поляризація електромагніт. хвилі, що випромінюється системою в процесі стимульов. переходу, є тотож. до параметрів стимулюючого поля. Результат взаємодії поля з квант. частинками (атомами, молекулами, іонами) визначається станом системи: якщо переважає кількість частинок, які знаходяться у збудженому стані, система буде підсилювати електромагнітне поле, а при

наявності позитив. зворот. зв'язку може генерувати електромагнітні коливання. Першими приладами К. е. були мазери — генератори електромагніт. коливань радіодіапазону. 1954 незалежно у СРСР (М. Басов, О. Прохоров) та США (Дж.-П. Гордон, Г. Цайгер, Ч.-Г. Таунс) створ. мазер на молекулі аміаку з довж. хвилі генерації 1,25 см. 1960 амер. фізик Т.-Г. Мейман винайшов перший генератор когерент. оптич. випромінювання — рубін. лазер, який базується на використанні принципів К. е. (довж. хвилі 0,6934 мкм). Завдяки високій простор. і часовій когерентності випромінювання, яке генерується лазерами та мазерами, відкриті та реалізовані нові напрями *оптики* (нелінійна, квант., сингулярна), *спектроскопії* (нелінійна субдоплерівська та ін.), техніка генерації надкоротких (коротше ніж 10^{15} сек.) та надпотуж. (більше 10^{15} Вт) світл. імпульсів. Ці досягнення К. е. лягли в основу низки важливих практич. застосувань. Так, у метрології одиниця довжини метр нині відтворюється за допомогою еталон. довжин хвиль випромінювань, що генеруються високо-стабіл. за частотою лазерами. Генератори електромагніт. коливань з рекорд. параметрами стабільності частоти та монохроматичності — основа атом. годинників, стандартів часу та частоти. Сучас. цезієвий стандарт відтворює секунду з похибкою 3×10^{-16} , а атом. годинник оптич. діапазону на основі іона Al^+ має похибку лише $8,6 \times 10^{-18}$. Високу пікову потужність лазерів використовують у дослідж. з лазер. термоядер. синтезу, технологіях лазер. оброблення матеріалів. Висока простор. і часова когерентність забезпечує застосування лазерів у оптоволокон. мережах передавання, запису й оброблення інформації, **голографії**. В Україні дослідж. з К. е. особливо активно розгорнулися на поч. 1960-х рр. в Інституті фізики НАНУ (наук. школа **М. Бродина** та **М. Соскіна**), Інституті фізики напівпровідників НАНУ (обидва — Київ), Київ., Харків. й Ужгород. університетах, Нац. тех. університеті України «Київ. політех. інститут». Пізніше дослідж. з К. е., неліній. оптики, голографії почали займатися науковці Інституту радіофізики та електроніки НАНУ (Харків), Львів. й Одес. університетів та ін. наук. центрів України. Знач. внесок у розроблення актуал. проблем К. е. зробили укр. вчені **Ю. Байбородін, І. Блонський, А. Борщ, В. Вінецький, М. Гамалія, М. Данилейко, С. Дюбко, І. Запісочний, В. Коваленко, І. Конділенко, М. Кухтарев, М. Лисиця, Л. Лінник, В. Машкевич, С. Одулов, В. Свіч, В. Стрижевський, Є. Тихонов, М. Шпак, В. Шульга, Л. Яценко**, а також рос. вчені укр. походження **А. Мак** і **М. Стельмах**. На поч. 1960-х рр. в Інституті фізики НАНУ створ. перший в Україні рубін. лазер і винайдено дисперсій. резонатор, який широко використовують для

перебудови довжини хвилі лазерів різних типів; в Інституті очних хвороб і тканин. терапії НАМНУ (Одеса) вперше у світі здійснено успішну лазерну коагуляцію сітківки ока людини. Відомими досягненнями укр. вчених у галузі К. е. також є розвиток динаміч. голографії (Державна премія СРСР 1982), розроблення лазер. мед. апаратури для діагностики та лікування (Державна премія УРСР у галузі науки і техніки 1972), лазерів, що здатні змінювати частоту (Державна премія УРСР у галузі науки і техніки 1974), лазерів субміліметр. довжин хвиль (Державна премія України у галузі н. і т. 1995), високостабіл. за частотою лазер. систем для метрології (Державна премія України у галузі н. і т. 1998). В Україні видано значну кількість монографій і підручників з К. е. та пов'язаних напрямів, деякі з них були першими у світі.

Рекомендована література

1. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. Т. 3. Москва, 1966;
2. Машкевич В. С. Основы кинетики излучения лазеров. К., 1966;
3. Картавов С. А., Коваленко В. С. Применение оптических квантовых генераторов (ОКГ) для технологических целей. К., 1967;
4. Тихонов Е. А., Шпак М. Т. Нелинейные оптические явления в органических соединениях. К., 1979;
5. Анохов С. П., Марусий Т. Я., Соскин М. С. Перестраиваемые лазеры. Москва, 1982;
6. Винецкий В. Л., Кухтарев Н. В. Динамическая голография. К., 1983;
7. Кондиленко И. И., Коротков П. А., Хижняк А. И. Физика лазеров. К., 1984;
8. Байбородин Ю. В. Основы лазерной техники: Учеб. пособ. К., 1988;
9. Одулов С. Г., Соскин М. С., Хижняк А. И. Лазеры на динамических решетках: Оптические генераторы на четырехволновом смещении. Москва, 1990;
10. Данилейко М. В., Яценко Л. П. Резонансные явления в кольцевых газовых лазерах. К., 1994;
11. C. W. Chou, D. B. Hume та ін. Frequency Comparison of Two High-Accuracy Al+Optical Clocks // Phys. Rev. Lett. 2010. Vol. 104;
12. Линник Л. А., Король А. Р., Задорожный О. С. Этапы становления и развития отечественной лазерной офтальмологии // Новости медицины и фармации. Офтальмология. 2011. № 17.

А. М. Негрійко

Бібліографічний опис:

Квантова електроніка / А. М. Негрійко // Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / Редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.] ; НАН України, НТШ. — К. : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2012. — Режим доступу: <https://esu.com.ua/article-11525>

2001-2025 © Ця енциклопедична стаття захищена авторським правом згідно з чинним законодавством України ([докладніше](#)).