



ЕЛЕКТРОНІКА — наука про електронні та іонні явища, що відбуваються у вакуумі, газах, твердому тілі і плазмі, та електронні явища на їх межах, а також техніка, що розробляє методи використання цих явищ (технічна електроніка). За напрямками дослідж. розрізняють Е. вакуумну, твердотільну і квантову. Названа за першою відкритою 1897 (англ. фізик Дж.-Дж. Томсон) людством елементар. часткою — електроном (грец. *ήλεκτρον* — бурштин). Раніше, 1874, ірланд. фізик Дж. Стоней висловив думку про дискретність електрич. заряду та вирахував його величину, а 1891 запропонував для постулювання одиниці електрич. заряду назву «електрон». Відтоді електрон — не тільки об'єкт, а й засіб дослідж. властивостей речовин. Відкриття електрона пов'яз. з вивченням газового розряду (див. [Електричного розряду в газі фізика](#)), що, по суті, ще наприкінці 18 ст. відкрило перший напрям дослідж. в Е. — на межі газової та вакуум. Е. Трубку з розрядж. газом при тиску газу меншим ніж 1 мм з двома електродами винайшов 1855 нім. складув Г. Гайсслер. Подальший розвиток дослідж. газового розряду в 2-й пол. 19 ст. зробив значний внесок у вивчення електрон. процесів у газі. На основі дослідж. фізики поведінки електронів на металевій та напівпровідник. поверхнях створ. окремий розділ Е. — катодну, або емісійну. Виникнення електронів на поверхні речовин пов'яз. з тим, що вони в об'ємі речовини збурюються ззовні якимось чинником і отримують додаткову енергію, яка допомагає електронам, що хаотично рухаються в речовині по бл. поверхні, долати потенцій. поверхн. бар'єр і виходити на поверхню. Чинники, які сприяють підвищенню енергії електронів, — це нагрівання речовини (термоелектрон. на емісія), бомбардування поверхні речовини елементар. частками (вторинна емісія) або фотонами (фотоелектронна емісія). У сильних електрич. полях (107 ~В/см) поверхн. потенцій. бар'єр стає дуже тонким і виникає тунельне проходження електронів через нього — така емісія електронів отримала назву автоелектронної. Явище термоелектрон. емісії виявив 1884 амер. винахідник Т.-А. Едісон, проте ні розтлумачив, ні застосував її. Лише 15 р. потому термоелектронну емісію використано при створенні перших електровакуум. приладів — катод. ламп. Вплив фотоелектрон. емісії на іскровий розряд спостеріг 1887 нім. фізик Г. Герц. Проте цілеспрямовані та більш плідні дослідж. зовн. фотоефекту провів 1888-89 рос. фізик О. Столетов, встановивши закон залежності сили фототоку від інтенсивності освітлення (закон Столетова); його установка стала прообразом фотоелементів, які від 1910 широко використовують у техніці. Значний крок у вивченні фотоефекту зробив рос. фізик П. Луїрський,

який запропонував метод сферич. конденсатора для вивчення процесів, що відбуваються на поверхні електродів, зокрема при фотоелектрон. емісії. В Україні вивчення електрон. явищ на поверхні металів розвинули в Інституті фізики АН УРСР у 1-й пол. 20 ст. під керівництвом *Н. Моргуліса* — засн. київ. школи фіз. Е., — який, зокрема, розробив квантомех. теорію поверхн. іонізації та експериментально виявив вплив на неї електрич. поля; спільно з П. Марчуком запропонував 1949 метод прямого перетворення теплової енергії на електричну за допомогою термоелектрон. діодів, наповнених парами цезію. Помітний внесок у дослідж. автоелектрон. емісії зробили представники школи фізиків Укр. фіз.-тех. інституту АН УРСР (Харків). Так, [Р.-Й. Гарбер](#) запропонував технологію створення одного з типів високоточного автокатода у вигляді щітки, що набрана з великої кількості вістряних автокатодів.

Електрони, які накопичуються на поверхні речовин, під дією електрич. напруги здатні відриватися від поверхні і створювати електронні потоки. Напрямок Е., що вивчає виникнення електрон. потоків і розробляє методи та пристрої керування ними, виділяється в окрему галузь — електронну оптику, гол. завдання якої — формування електрон. потоків різної форми з густиною току від частки мікроампера до сотень ампер. При цьому електрони в потоках, що формуються для спец. електрон. приладів, можуть досягати релятивіст. швидкостей. Для формування потоків електронів і керування ними широко використовують короткі й довгі електричні та магнітні лінзи. Засн. призм. електрон. оптики [В. Кельман](#) розробив призм. бета- і мас-спектрометри для ядер. дослідж. з великою роздільною здатністю і світлосилою. Формування електронів у пучки вимагали нових методів оброблення металів: їх плавлення, [зварювання](#) та різання, — розвитку такого напрямку в науці і техніці сприяли розробки Інституту електрозварювання АН УРСР (Київ). Помітним внеском у створення нових електронно-оптич. систем стало відкриття й дослідж. у 1960-70-х рр. [М. Зінченком](#) (Інститут радіофізики та електроніки АН УРСР, Харків) високопервіансних триелектрод. електрон. пушок. Ще наприкінці 19 ст. встановлено, що при отриманні у скляних трубках з електродами підвищеного вакууму в тліючому розряді спостерігається спрямована організація потоку розряду (це, зокрема, продемонстрував у дослідях англ. фізико-хімік В. Крукс). 1897 нім. фізик К. Браун сконструював розрядну трубку для катод. променів. 1907 викл. С.-Петербур. технол. інституту В. Розінг запропонував першу електронну систему для створення телевізій. зображення за допомогою електроннопромен. трубки. Таким

чином, від поч. 20 ст. в техніку наук. експерименту увійшли прилади, в яких використовується електронна оптика пучків електронів з невисокою інтенсивністю і зі слабкою густиною електрон. зарядів. Електронну оптику широко використовують при створенні конструкцій осцилограф., телевізій. та рентгенів. трубок, мас-спектрографів, електрон. мікроскопів та ін. Однак до серед. 20 ст. виникла потреба в електронно-оптич. системах з підвищ. інтенсивністю електрон. потоків для створення надвисокочастот. (НВЧ) приладів. НВЧ Е. виокремилася з Е. вакуум. електрон. ламп. Розвиток вакуум. Е. пов'яз. з відкриттям ефекту термоелектрон. емісії (ефект Едісона), можливість застосування якої запропонував 1904 проф. Лондон. університету Дж.-А. Флемінг, винахідник діода — двоелектрод. електрон. лампи. Цей вакуум. діод відразу використали як детектор електромагніт. коливань. А 1907 амер. винахідник Л. Де Форест запатентував аудіон — вакуум. триод. Впровадження третього електрода дало змогу створити надійні генератори та підсилювачі радіосигналів у діапазоні до частот декілька десятків мегагерц. Використання вакуум. електрон. ламп лягло в основу *радіотехніки*, що дала нове життя радіозв'язку, радіомовленню, телебаченню та ін. досягненням у техніці 20 ст. Створенню перших вітчизн. підсилювал. та генератор. ламп присвятив свої дослідж. *Н. Папалексі*, який 1918–22 працював в Одес. політех. інституті. З роками кількість електродів у вакуум. лампах збільшувалася, змінювалася їх форма і розширювалися функції в керуванні радіотех. сигналами. Спеціалісти вакуум. електроніки працювали в напрямку збільшення рівня потужності підсилювал. та генератор. ламп, підвищення робочих частот. Проте з підвищенням частоти генерації падала потужність підсилювачів і генераторів — на заваді стала інерційність електронів. Це примусило зменшувати відстані між електродами, підвищувати різницю потенціалів між ними, одноразово при цьому зменшуючи міжелектродну ємність та індуктивність ввідів, що призводило до значних змін окремих елементів вакуум. ламп та змін їх конструкцій у цілому і остаточно зумовило зміну самих принципів керування електронами. 1932 *Д. Рожанський* висловив нову ідею щодо керування електрон. потоками з використанням їх модуляції за швидкістю. Наприкінці 30-х рр. цей спосіб керування електронами втілено в новій електрон. лампі — клістроні, який, проте, не став історично першим серед електровакуум. НВЧ ламп. Іще 1924 представники школи *Д. Рожанського* у Харків. університеті *А. Слуцкін* і *Д. Штейнберг*, замінивши сітку циліндр. діода, що модулювала електрон. потік, магніт. полем, продемонстрували можливість отримання НВЧ коливань у таких катод. лампах — магнетрон. генераторах. Уже в 30-х рр., працюючи в Укр. фіз.-тех. інституті, *А. Слуцкін* застосував магнетронні генератори дециметр. діапазону для створення першого в світі трикоординат. радіолокатора. Після 2-ї світової війни у

тому ж інституті широким фронтом розгорнуто дослідж. в галузі Е., осн. увагу зосереджено на створенні джерел електромагніт. коливань у короткохвильовій частині радіодіапазону в міліметр. області. До цієї роботи залучено учнів *А. Слуцкіна* — *О. Усикова*, *І. Трутня*, *А. Чернеця*. Нового розмаху ці дослідж. набули зі створенням у Харкові Інституту радіофізики та електроніки АН УРСР (1955), де розроблено серію вакуум. НВЧ електрон. пристроїв, що випромінювали когерентні електромагнітні хвилі в міліметр. та субміліметр. областях електромагніт. спектра. Такими новими джерелами електромагніт. коливань у міліметр. діапазоні стали: міліметр. імпульсні магнетрони, що збуджуються в «харків. режимі» на вищих простор. гармоніках (*І. Трутень*), клинотронні широкодіапазонні генератори серед. потужності (*Г. Левін*), висококогерентні генератори дифракц. випромінювання (*В. Шестопапов*). Дослідж. *С. Тетельбаума* в Інституті електротехніки АН УРСР (Київ) 40–50-х рр. були спрямовані на пошук нових принципів генерування НВЧ (фазотрон. метод) і заклали основу для створення генераторів, що використовували циклотронне випромінювання — мазери на циклотрон. резонансі (*А. Гапонов-Грехов*, Н.-д. радіофіз. інститут Горьков. університету, нині м. Нижній Новгород, РФ). Поміт. явищем у розвитку НВЧ Е. були дослідж. вчених Київ. політех. інституту, зокрема *В. Тараненка* в напрямку генерування й підсилення електромагніт. коливань НВЧ. Можливість використання електрон. пристроїв на базі твердого тіла (іще до вивчення поведінки електронів у структурі твердого тіла) використали в радіотехніці. Так, *О. Попов* для виявлення електромагніт. коливань застосував у своєму радіоприймачі замість когерера кристал. діод, чутливий до цих коливань. 1920-ті рр. були роками розвитку і використання детектор. радіоприймачів. Проте 1922 у Радіолабораторії Нижнього Новгорода *О. Лосєв* використав кристал. детектори зі спадною характеристикою для генерування й підсилення високочастот. коливань. Такі прилади (кристadini) могли виконувати функції не лише діодів, але й триодів. Однак ера твердотіл. Е. виявилася короткочасною: у 30-х рр. швидкий розвиток вакуум. Е. у вигляді вакуум. ламп як досконаліших пристроїв витіснив із широкого вжитку твердотільні пристрої. За допомогою вакуум. ламп освоювали дедалі вищі частоти, відкриваючи нові сфери їхнього застосування. Проте коли виникла *радіолокація*, постали труднощі у використанні вакуум. ламп через інерційність електронів у міжелектрод. проміжках і зростання міжелектрод. ємностей та індуктивностей провідників, що зв'язували їх із радіосхемою. Після детальнішого вивчення властивостей напівпровідників та винайдення способу їх отримання з необхід. чистотою складу створ. кристал. діоди на новій основі. Використовуючи германій та кремній з малою кількістю дефектів кристал. ґраток і домішок у них, уже до серед. 20 ст. створ. НВЧ діоди з

чутливістю до сприймання коливань сантиметр. хвиль, що досягла 1 А/Вт, а рівні шуму виявилися значно нижчими порівняно з детекторами на електрон. лампах.

За результатами застосувань фіз. ефектів у твердому тілі (переважно у напівпровідниках) у 1960-х рр. виник новий напрям в Е. — *мікроелектроніка*. Сучасні тенденції в підвищенні міри інтеграції твердотіл. електрон. елементів у радіотех. схемах вимагають подальшого зменшення їх розмірів, що стимулює фіз. дослідж. електрон. структур на атомар. і молекуляр. рівнях, відкриваючи нові можливості в новому напрямі Е. — *наноелектроніці*, зокрема в зв'язку зі зростаючими вимогами до елемент. бази ЕОМ. На цій основі створ. електронні елементи зі зменшеним часом переключення (менше за одиниці пікасекунд) та енергії (менш ніж 0,01 пікаджоулів). 1948 співроб. компанії «Bell Telephone Laboratories» (США) Дж. Бардін та В. Браттен відкрили транзистор. ефект і створили кристал. тріод з точковим контактом; згодом їхній колега В. Шоклі винайшов площинний транзистор (усі троє відзнач. Нобелів. премією 1956). Транзисторні генератори та підсилювачі завдяки невеликим габаритам, споживанням енергії, високим коефіцієнтам корисної дії та низьким рівнем шуму значно потіснили використання у радіотех. приладах вакуум. електрон. ламп. 1963 співроб. фірми «International Business Machines» (США) Дж.-Б. Ганн створив на гарячих електронах напівпровідників генератор НВЧ (діод Ганна), що здатен працювати впритул до 100 ГГц (тобто генерувати електромагнітні хвилі довжиною ~ 3 мм). А.-С. Таґер (РФ) отримав НВЧ колювання на діоді, який названо лавинно-проліт. діодом (ЛПД). Стрімкий розвиток використання коротких радіохвиль пов'яз. із розробленням 1954 М. Басовим і О. Прохоровим (Фіз. інститут АН СРСР, Москва) теорії та перших зразків молекуляр. генераторів, на основі чого постала *квантова електроніка*. Гол. особливість взаємодії електромагніт. поля з речовиною в квант. Е. полягає у тому, що вона супроводжується зміною внутр. енергії елементар. частинок. Процес взаємодії частинок з електромагніт. полем, їх рух та енергет. стан підпорядк. законам квант. механіки. До такого класу електрон. приладів належать квант. підсилювачі і генератори на пучках молекул чи атомів газу та парамагнітні підсилювачі. За чутливістю й низьким рівнем шумів квант. підсилювачі залишаються непереверш. приладами донині. Парамагнітні квант. підсилювачі (мазери — за першими літерами англ. назви «Microwave amplification by stimulated emission of radiation») широко використовують для приймання дуже

слабких сигналів у радіоастрономії під час вивчення випромінювання небес. тіл та для зв'язку з орбітал. косміч. станціями. Дослідж. від 1960-х рр. в Інституті радіофізики та електроніки АН УРСР під керівництвом А. Чернеця уже у 80-х рр. показали можливість створення ефектив. широкосмуг. квант. підсилювачів у серед. частині міліметр. діапазону хвиль (*М. Черпак*) та резонатор. підсилювачів у 3-міліметр. діапазоні хвиль (*С. Пісковацький*). Джерелом когерент., погодж. за частотою, фазою, напрямком і часом, світлового випромінювання стали оптичні квант. генератори — лазери (від перших літер англ. назви «Light amplification by stimulated emission of radiation»), що широко застосов. у техніці оброблення матеріалів, точного зварювання металів, біології, медицині. Єдиним джерелом випромінювання, що перекриває весь спектр видимих частот і близьких до нього (ультрафіолет. та інфрачервоного спектрів), є лазер на барвниках. У 1960-х рр. піонерами з розробки таких лазерів були співроб. Інституту фізики АН УРСР, які створили комплекс рідин. лазерів, що перебудовуються за частотою (*М. Бродин, М. Соскін, М. Шпак*). Аналог. лазери тоді ж створ. в Інститутах напівпровідників (*Н. Витроховський*) та радіофізики і електроніки (*М. Дзюбенко*) АН УРСР. Поряд із фіз. та тех. Е. існує значна кількість радіотех. пристроїв, які акумулюють у собі досягнення фіз. і тех. Е., об'єднуючись в окрему галузь — *радіоелектроніку*. Пристрої цієї галузі, окрім передавання, приймання та перетворення радіосигналів, використовують у біології та медицині для створення нових речовин і матеріалів, для якіс. приготування харч. продуктів і з'ясування їх якості. Нині радіоелектроніка продовжує завойовувати нові галузі в промисловості і побуті, на Землі і в косміч. просторі.

Рекомендована література

1. Капцов Н. А. Электроника. Москва, 1956;
2. P. Horowitz, W. Hill. The Art of Electronics. 2nd ed. Cambridge, 1989;
3. Электроника: Энциклопед. слов. Москва, 1991;
4. Колесников В. Г. Электроника. Москва, 1991;
5. G. W. A. Dummer, E. Davies. Electronic Inventions and Discoveries: Electronics from Its Earliest Beginnings to the Present Day. 4th ed. Bristol, 1997;
6. Борисов О. В. Елек- троніка вчора, сьогодні, завтра. К., 2008.

О. Я. Кириченко, Е. Д. Прохоров

Бібліографічний опис:

Електроніка / О. Я. Кириченко, Е. Д. Прохоров // 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, 2009. — Режим доступу: <https://esu.com.ua/article-17757>

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