

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Kliment Šoler
Atomové baterie

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 6 (1961), No. 1, 15--23

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/137691>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1961

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

materiálu v budoucnu bude vzdálenost \bar{r} náležet k spolehlivému kritériu „stáří“ komet.

V současné době se ve fyzice kometárních atmosfér intenzivně pracuje hlavně ve dvou základních směrech:

1. na teoretickém zvládnutí fyzikálních procesů v komě aplikací nejen zákonů mechaniky, ale i dalších odvětví fyziky, hlavně zákonů elektromagnetismu, termiky apod.;

2. na vyvíjení a zdokonalování nových pozorovacích metod, jež umožňují poměrně přesně stanovit nejdůležitější charakteristiky kometární hlavy, hlavně metod fotoelektrické fotometrie, kolorimetrických, polarizačních i dalších spektrálních.

Není pochyb, že jak další teoretický výzkum tak i zdokonalení přístrojových metod dále významně přispějí k rozvoji kometární fyziky.

ATOMOVÉ BATERIE

KLIMENT ŠOLER, Praha

V článku je podán základní princip atomové baterie, popsán její vývoj a jsou v něm uvedeny typy této baterie, které byly dosud sestrojeny. Článek poukazuje na význam tohoto slaboproudého zdroje elektrické energie, který může využít odpadu jaderných reaktorů a mohl by se uplatnit zejména při aplikaci tranzistorů. Upozorňuje zároveň na potíže, které se při konstrukci tohoto zařízení ukázaly, i na cesty k jejich překonání.

ÚVOD

Normálně získáváme elektrickou energii z jaderné energie přechodem přes energii tepelnou. Děje se to štěpením atomů těžkých prvků v jaderném reaktoru. Konaly se také pokusy, zda by nebylo možno měnit jadernou energii v elektrickou přímo. Elektricky nabitě částice, které vznikají při rozpadu radioaktivních látek a které z nich vyletují, představují vlastně elektrický proud, ovšem velmi slabý, a ten by bylo možno využít. Protože dolet alfa částic je poměrně malý, přicházejí zde v úvahu jako zdroj záření především částice beta.

Dokud byly známy pouze přirozené radioaktivní látky, nemělo podobné zařízení velký význam. Dnes, kdy dovedeme uměle připravit řadu radioaktivních izotopů nejrůznějších vlastností a kdy tyto izotopy získáváme dokonce jako odpad při činnosti jaderných reaktorů, přichází využití podobných zdrojů elektrické energie znovu v úvahu.

Zařízení, v nichž se hromadí elektrická energie působením záření radioaktivních látek, nazýváme atomovou baterií (někdy se užívá též názvu izotopová baterie nebo radioaktivní baterie). Zásadně je možno sestrojiti několik typů těchto baterií, které využívají různých jevů, při nich vzniká elektromotorická síla a elektrický proud. Dnes přicházejí v úvahu hlavně následující typy atomových baterií:

1. *Přímo nabitě atomové baterie.* Tyto baterie přímo využívají elektricky nabitých částic (nejčastěji částic beta a alfa), které vznikají při radioaktivním

rozpadu a které se zachycují na vhodně upravené elektrodě, nabíjejí ji a jsou tak zdrojem elektrického napětí. Tyto částice představují zároveň také nositele elektrického proudu, který může protékat vnějším okruhem. Baterie tohoto typu se označují jako baterie vysokonapěťové.

2. *Polovodičové atomové baterie.* Tento typ baterií užívá působení radioaktivního záření na přechod $p - n$ vhodného polovodiče. Ozařováním polovodiče vznikají zároveň sekundární nositelé proudu, představující proud, který protéká vnějším okruhem. Na rozdíl od dříve uvedeného typu atomové baterie dává polovodičová atomová baterie silnější proud, ale značně nižší napětí. Proto se také označuje jako nízkonapěťová atomová baterie.

3. *Atomová baterie s kontaktním potenciálem.* Při této úpravě atomové baterie ionty vhodného plynu, vznikající působením radioaktivního záření, představují vlastní nositele proudu a uvádějí se do pohybu působením kontaktního potenciálu mezi dvěma vhodně volenými kovy. Tím vzniká ve vnějším okruhu elektrický proud.

4. *Termoelektrické atomové baterie.* Jsou to vlastně normální termočlánky, které využívají k zahřívání jednoho spájeného místa tepla, které vzniká při pohlcování radioaktivního záření. Tím vzniká elektromotorická síla, která pak dává ve vnějším okruhu elektrický proud. Tento typ atomové baterie dává ve skutečnosti elektrickou energii také pouze prostřednictvím energie tepelné.

Atomové baterie mají na rozdíl od atomových reaktorů pouze velmi malý výkon. Užívá se jich tam, kde je potřeba zdrojů s velmi malými rozměry a s poměrně dlouhou dobou života. Velkou jejich výhodou proti bateriím elektrochemického typu je okolnost, že je jich možno užít i při velmi nízkých teplotách, takže mohou hrát důležitou úlohu v umělých družicích, planetách nebo kosmických raketách vysílaných do vesmíru.

Za zdroje energie užívají atomové baterie záření radioaktivních látek, dnes většinou uměle připravených radioaktivních izotopů. V úvahu přicházejí zejména radioaktivní izotopy, které se vyskytují v radioaktivním odpadu jaderných reaktorů. Doba upotřebitelnosti atomové baterie závisí na poločase použitých radioizotopů. Jestliže má být baterie snadno použitelná, je potřeba, aby již slabé stínění stačilo k snížení záření z baterie na bezpečnou míru. Tím jsou dány základní požadavky, které klademe na použitelné izotopy:

- a) Velká specifická aktivita zářiče.
- b) Dlouhý poločas.
- c) Pokud možno čistý beta- nebo alfa- zářič.

Zářiče, jichž bylo dosud v atomových bateriích užito, nebo které pro tento účel přicházejí zatím v úvahu, jsou uvedeny v tabulce na str. 17.

1. ATOMOVÁ BATERIE NABÍJENÁ PŘÍMO ZÁŘENÍM

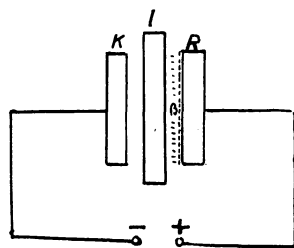
Tento typ baterie využívá přímého nabíjení vhodně upravené elektrody radioaktivním zářením. Princip této baterie byl znám již před půl stoletím, ale k jejímu praktickému upotřebení a výrobě ve větším měřítku došlo až v posledních několika letech.

Tabulka zářičů užitých v atomových bateriích

Z	Prvek	A	Záření	MeV	Poločas
1	H	3	β^-	0,0186	12,5 let
28	Ni	63	β^-	0,067	85 let
38	Sr	90	β^-	0,54	25 let
39	Y	90	β^-	2,24	65 hodin
55	Cs	137	β^- (95%) β^- (5%) γ	0,518 1,17 0,663	33 let
61	Pm	147	β^-	0,229	2,26 let
68	Er	169	β^-	0,33	9,4 dní
81	Tl	204	β^-	0,769	2,7 let
84	Po	210	α γ	5,303 0,803	138 dní

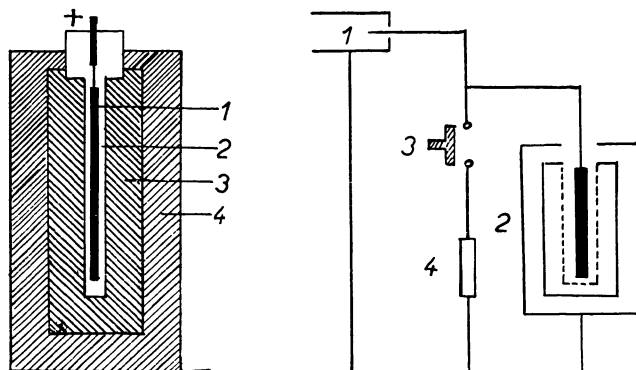
První radioaktivní baterii sestrojil již v roce 1913 H. G. MOSELEY. Uvnitř křemenné koule umístil elektrodu, na kterou bylo naneseno 20 mC radia, jež bylo obklopeno tenkou skleněnou vrstvou, která pohlcovala alfa paprsky a propouštěla pouze záření beta. Vnitřek vnější křemenné koule byl postříbřen a zachycoval vyzařované elektrony. Koule byla vyčerpána. Elektroda, na kterou byl nanesen zářič, se při emisi záření nabíjela kladně a představovala kladný pól baterie. Vnitřek křemenné koule zachycoval vyzařované elektrony, nabíjel se záporně a představoval záporný pól baterie. Zdroj dával proud řádu 10^{-11} A a bylo na něm možno dosáhnout napětí až 150 kV, při jehož překročení již docházelo k výboji. Baterie se nerozšířila, protože její výkon byl malý a náklad na její opatření příliš velký.

V roce 1952 sestrojili baterii tohoto typu E. G. LINDER a S. M. CHRISTIAN. Jako zářiče použili 250 mC čistého beta zářiče Sr-90—Y-90, které bylo ve formě nitrátu napařeno na niklovou elektrodu. Druhá elektroda byla měděná a byla pokryta hliníkem, aby bylo sníženo tvoření sekundárních elektronů a brzdného záření. Jako izolátor sloužil křemen a celá aparatura byla trvale připojena k vývěvě. Na zdroji bylo možno dosáhnout napětí až 365 kV a výkonu 0,2 mW, při čemž účinnost baterie činila asi 20% energie primárního záření. Ani v této formě se baterie nehodí pro praktické upotřebení, protože musí být stále připojena k vývěvě, která udržuje potřebné vakuum.



Obr. 1. Schéma přímo nabíjené atomové baterie.
R = zdroj beta záření;
I = vrstva izolačního materiálu;
K = kolektor elektronů =
= záporná elektroda.

Princip úpravy této baterie ukazuje schematicky obr. 1. Baterie představuje vlastně kondenzátor, který se nabíjí působícím zářením. Maximální napětí, na které se takový kondenzátor může nabít, závisí na energii elektronů vysílaných radioaktivní látkou a na jakosti izolace mezi elektrodami. Maximální proud, který taková baterie může dát, závisí na aktivitě zářice a na rychlosti rozpadu radioaktivní látky.



Obr. 2. Schéma vysokonapěťové baterie a nabíjecího zařízení pro dozimetr.

Vlevo: 1 = plošný zářič beta částic;

2 = izolátor;

3 = kolektor elektronů;

4 = olověný obal.

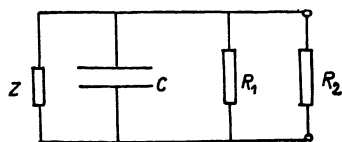
Vpravo: 1 = nabíjecí důlek;

2 = atomová baterie;

3 = nabíjecí tlačítko;

4 = vybíjecí odpor.

Rozměry kladné elektrody baterie nutno voliti tak, aby vlastní absorpce beta záření zářičem samotným byla co nejmenší. Jako sběrače (= záporná elektroda baterie) se užívá pokud možno lehkého kovu, aby vzniklo co nejméně pronikavého brzdného Roentgenova záření. Protože radioaktivní záření se šíří všemi směry, je výhodné obklopit zdroj tohoto záření izolátorem a kolektorem se všech stran. Aby se brzdné záření zeslabilo, bývá kolektor zachycující elektrony obklopen olověným krytem (obr. 2).



Obr. 3. Náhradní schéma přímo nabíjené atomové baterie.

Z = zdroj napětí;

C = kapacita baterie;

R_1 = izolační odpor;

R_2 = vnější pracovní odpor.

Náhradní schéma atomové baterie znázorňuje obr. 3.

Spokojíme-li se u baterie s menším napětím, můžeme křemen a vakuum nahraditi jiným izolátorem, jak to popisují COLEMAN nebo RAPPAPORT a LINDNER. Jako izolátor se zvláště dobře hodí polystyrol. Na rozdíl od jiných materiálů se totiž jeho izolační schopnost při ozáření beta zářením nejprve zvětšuje a teprve při velkých dávkách záření poněkud klesá. U většiny izolačních materiálů se izolační schopnost vlivem záření zhoršuje.

Baterie v tomto provedení se dnes již vyrábějí průmyslově. Jako zdroje záření užívají levného izotopu Sr-90—Y-90, obyčejně v množství 10 mC. Zářič bývá umístěn uvnitř polystyrolové trubky o tloušťce stěny 0,8 mm. K zářiči je přitlačen drát, který vede ke kladnému pólu baterie. Trubička

z polystyrolu je obklopena hliníkovou trubkou, která zachycuje vyzářené elektrony a je zápornou elektrodou baterie. Hliníková trubka je obklopena olověným pláštěm, který pohlcuje vznikající brzdné záření Roentgenovo. Baterie má tvar válečku o průměru asi 3 cm a o stejné výšce. Při spojení na krátko dává proud asi $5 \cdot 10^{-11}$ A. Svorkové napětí nové baterie činí nejprve několik set volt, ale vlivem rostoucího odporu ozářovaného polystyrolu roste a po několika týdnech dosáhne až 10 kV. Účinnost dosahuje až 33%, asi dvě třetiny záření jsou absorbovány v polystyrolu a přicházejí nazmar. Životní doba polystyrolu je při užití zářiče 10 mC podstatně delší, než poločas zářiče (20 let), takže životnost baterie se odhaduje na 40—50 let.

Jinou variantu této úpravy navrhl E. SCHWARZ, při které využívá sekundární elektronové emise. Beta zářič představuje tritium. Elektrony beta záření se zpomalí moderátory a dopadají pak na sekundární zářič (magnesium oxid) o velké sekundární emisi a na hliníkovou kolektorovou elektrodu. Mezi zářičem a kolektorem je vakuum 10^{-5} torr. Baterie dává napětí v rozmezí 20 V až 200 V a má účinnost asi 1,5%.

Bylo navrženo sestrojiti také baterii pro alfa záření, ale prakticky zařízení dosud nebylo vyzkoušeno.

Praktické upotřebení vysokonapěťové baterie popisují G. D. ORLOV a E. G. KARDAŠ, kteří jí užili jako zdroje pro nabíječ sovětského osobního dozimetru DK-0,2. Celé zařízení je velmi rozměrné a nabití dozimetru v něm trvá maximálně asi 15 vteřin. Úpravu baterie ukazuje obr. 2. Jako zdroje záření (1) užili Sr-90—Y-90 aktivity 12 mC, ale zkoušejí také izotopy Pm-147, H-3 a Er-169. Za izolátor použili polyethylenové vrstvičky tloušťky 15 mikronů (2). Jako kolektoru (3), v němž se beta částice zachycují, užili magnesia jako jednoho z nejllehčích prvků. Jeho tloušťku volili tak, aby byla přibližně rovna maximálnímu dosahu beta částic v něm. Pro Sr-90—Y-90 činí tato tloušťka 4 mm. Ke snížení intenzity brzdného Roentgenova záření vznikajícího v kolektoru užili olověného obalu (4) tloušťky 4 mm. Intenzita brzdného záření na povrchu článku činila pak asi 2 mikrorentgeny za sekundu. Článek dával napětí 300 V a proud na krátko asi 10^{-10} A, kapacita článku byla 10 pikofarad.

Všeobecně je možno říci, že vysokonapěťové baterie mohou mít největší uplatnění v měřicí technice, kde má velký význam stálost napětí a jeho nezávislost na vnějších podmínkách, zvláště na teplotě. To může být zvláště cenné při nízkých teplotách, kde akumulátory a galvanické zdroje proudu pro zamrzání elektrolytu přestávají pracovat.

2. POLOVODIČOVÉ BATERIE

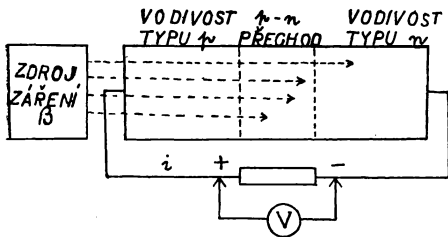
Polovodičové atomové baterie (obr. 4) jsou novějšího data a jejich vývoj není dosud ukončen. Prvou práci, která vedla k jejich konstrukci, uveřejnil v roce 1954 P. RAPPAPORT. U těchto baterií — na rozdíl od baterií vysokonapěťových — nejsou nositeli elektriny nabitě částice vysílané budící radioaktivní látkou. Naopak energie těchto částic se využívá pouze k tomu, aby se v materiálu polovodiče takoví nositelé proudu vytvořili.

V praktickém provedení se polovodičová atomová baterie skládá z malého germaniového nebo křemíkového krystalu, jehož povrchová vrstva má opačný typ vodivosti. Tím se vytvoří při povrchu přechod $p - n$. Na povrch krystalu se pak nanese slabá vrstvička beta zářiče Sr-90—Y-90 aktivity

50 mC. Elektromotorická síla je u germania 30 mV a proud při spojení na krátko $2,5 \cdot 10^{-5}$ A. U křemíku činí elektromotorická síla 250 mV a proud při spojení na krátko $1 \cdot 10^{-5}$ A. Jeden článek dává výkon řádu mikrowatt, energetická účinnost (tj. poměr získané elektrické energie k energii radioaktivního záření) je asi 1%, ve zvlášť příznivých případech může dosáhnout až 3%.

Působením radioaktivního záření dochází v polovodiči k tvorbě párů elektron-díra. Předpokládejme, že v polovodiči existuje přechod $p-n$. (Podrobný výklad o přechodech $p-n$ viz práci [5].) Nastane-li ionizace po jedné straně přechodu $p-n$, oddělí se od sebe vlivem elektrického pole přechodu nadbytečné elektrony a díry vzniklé působením záření. V polovodiči vzniká elektromotorická síla. Její velikost závisí na intenzitě ozařování.

Polovodičové atomové baterie užívají jako zářiče zatím většinou Sr-90 a Y-90, které vzniká jako odpadový produkt při štěpení uranu i jiných jaderných



Obr. 4. Schéma polovodičové atomové baterie s $p-n$ přechodem.

paliv a je poměrně značně levné. Vzhledem k jeho poměrně dlouhému poločas (25 let), by tyto baterie měly mít dlouhou životnost. Praktická pozorování však ukazují, že účinnost těchto baterií s časem dosti rychle klesá. Měření ukázala, že záření časem poškozuje krystalovou mřížku polovodiče. Toto poškození krystalové mřížky působené radioaktivním zářením bude tím menší, čím menší bude energie použitého záření. Klesne-li tato energie pod určitou hodnotu, k poškození krystalové mříž-

ky nedochází. Pro beta záření je tato mez u germania 0,5 MeV, u křemíku 0,3 MeV.

Poškození citlivého přechodu $p-n$ je možno zabránit také tím, že se atomová baterie kombinuje s vhodným scintilátorem. Radioaktivní záření nejprve působí na vrstvu fosforu, který je jím uveden do fosforescence a vzniklého světelného záření se teprve užívá k buzení přechodu $p-n$. Je to vlastně obdoba sluneční baterie.

Při vhodné volbě zářiče s dostatečně měkkým beta zářením by bylo možno sestavit baterie, u nichž by záření nepůsobilo poruchy mříže. Velmi vhodným zářičem by byl na příklad Ni-63, který dává beta záření s energií 0,063 MeV a jehož další výhodou je dlouhý poločas 85 let. Je to však zatím materiál příliš drahý, protože se vyrábí dlouhým ozařováním v jaderném reaktoru.

Vývoj polovodičových atomových baterií teprve začíná. Dá se očekávat, že se časem uplatní při provozu různých přístrojů a zařízení s malou spotřebou proudu, zejména v přístrojích využívajících tranzistorů. Byly již sestaveny pokusné tranzistorové přijímací přístroje (se spotřebou energie asi 10 mikrowatt), které byly udržovány v chodu osmi polovodičovými bateriemi obsahujícími 50 mC Sr-90—Y-90.

3. ATOMOVÁ BATERIE VYUŽÍVAJÍCÍ KONTAKTNÍHO POTENCIÁLU

Toho, že mezi dvěma elektrodami z různých kovů vzniká kontaktní potenciál, který může mezi nimi vyvolat proud ionizovaných atomů plynu, bylo

využito již v minulém století k měření kontaktních potenciálů. K ionizaci bylo tehdy užito ultrafialového světla. Později byla podobná měření opakována s použitím rentgenových paprsků a záření radioaktivních látek.

Atomová baterie využívající kontaktních potenciálů vychází z téhož principu: Kontaktní potenciál, vznikající mezi dvěma vhodně volenými kovy, buď v prostoru mezi elektrodami z těchto kovů elektrické pole. Jestliže v plynu, jímž je prostor mezi těmito elektrodami vyplněn, vhodným ionizačním činidlem vytváříme dvojice opačně nabitých nositelů elektrického proudu, pak se vlivem elektrického pole podle svého náboje pohybují k jedné z obou elektrod a tam se vybíjejí, čímž vzniká ve vnějším okruhu mezi oběma elektrodami elektrický proud. Protože při napětí kontaktního potenciálu nemůže nastat ionizace rázem, musí ionizační činidlo působit stále. Atomové baterie užívají jako ionizačního činidla vhodně volené radioaktivní látky. Energie vynaložená na ionizaci plynu se při tom částečně mění v energii elektrického proudu protékajícího vnějším okruhem.

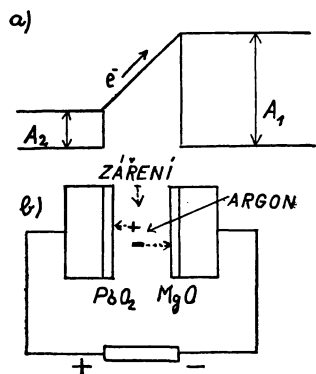
Napětí, které taková atomová baterie dává, závisí především na druhu kovových elektrod, intenzita ionizačního proudu závisí na druhu a tlaku plynu vyplňujícího prostor mezi elektrodami, na geometrii uspořádání i na velikosti kontaktního potenciálu. Účinnost baterie závisí především na kontaktním potenciálu mezi užitými kovy.

Účinnost baterií tohoto typu je poměrně malá (asi 1%), protože plyny absorbují zářivou energii poměrně málo a vyžadují dosti velkou část této energie ke své ionizaci (asi 30 eV). Chceme-li dosáhnout pokud možno velké účinnosti, je nutno, aby vzájemná rekombinace iontů byla pokud možno malá, takže ionty pak mohou sloužit jako nositelé elektriny a odevzdávat své náboje na elektrodách. Toho se dosáhne vhodnou volbou plynu. Plyn a elektrody mají splňovat následující podmínky:

a) Aby elektrony mohly emitovat z povrchu elektrod a neutralizovat kladné ionty, musí být ionizační potenciál plynu větší než kterákoliv z výstupních prací obou elektrod. Tato podmínka je pro kovy a plyny přicházející běžně v úvahu zpravidla splněna.

b) Jako plynu není možno použít silně elektronegativních plynů (např. O_2 nebo Cl_2), protože by pak jejich afinita k elektronům byla větší než výstupní práce pro kov elektrody s menší výstupní prací a bránila by tak vybíjení záporných iontů.

Schéma úpravy atomové baterie využívající kontaktních potenciálů ukazuje spodní část obr. 5. Jako záporné elektrody bylo použito hliníku s vrstvičkou kysličníku. Tato elektroda dává vzhledem k elektrodě s vrstvičkou PbO_2 elektromotorickou sílu 1,34 V, proti zlatu 0,95 V, proti stříbru 0,67 V. Elektroda s vrstvičkou PbO_2 dává vzhledem k magneziu napětí 1,6 V. Jako plyn se dobře osvědčil argon, k němuž byl přidán vodík obsahující tritium, které zároveň představovalo zdroj radioaktivního záření.



Obr. 5. Atomová baterie s kontaktním potenciálem a ionizačním plynem.

a) Nahoře: vznik kontaktního potenciálu. b) Dole: úprava atomové baterie s kontaktním potenciálem.

Většího napětí se dosáhne zapojením většího počtu článků za sebou. Dá se to dobře provést i v jediné stavební jednotce, jak to navrhl W. SHORR. Baterie jím navržená se skládá ze soupravy ocelových destiček, které jsou umístěny v malé vzájemné vzdálenosti vedle sebe a jsou navzájem izolovány. Na jedné straně je na těchto destičkách vyloučeno magnesium, na druhé straně je elektrolyticky vyloučen kysličník PbO_2 . Prostor mezi destičkami je vyplněn argonem s přísadou vodíku obsahujícího tritium tak, že na každý článek připadá asi 1 mC tritia. Celá baterie je umístěna ve válci z isolačního materiálu průměru 2 cm a výšky 6 cm. Účinnost činí asi 1% a je omezena rekombinací iontů.

4. TERMOELEKTRICKÉ ATOMOVÉ BATERIE

Tyto baterie využívají termoelektrického jevu, který vzniká, spojíme-li navzájem dvojici vhodně volených kovů, při čemž zahříváme místo spoje a oba druhé konce udržujeme na konstantní teplotě. V okruhu vznikne termoelektrická síla. Místo sváru se může zahřívát také absorbcí radioaktivního záření. JORDAN a BIRDEN a HEYD a JORDAN k tomu použili Po-210 a Sr-90—Y-90. Užili 40 termočlánků konstantan-chromnikl, jejichž sváry ohřívali zářičem o aktivitě 146 mC. Získali při tom napětí 0,75 V a výkon 9,4 mW při poměrně malé účinnosti asi 0,2%. Při této metodě je možno principiálně využít energie záření alfa, beta i gama, v úvahu přicházejí prakticky hlavně prvé dva druhy.

Termoelektrická atomová baterie ve skutečnosti získává elektrickou energii teprve prostřednictvím energie tepelné, čímž se dá vysvětlit její poměrně malá účinnost.

ZÁVĚR

Atomová baterie v nejběžnější formě využívá kombinace dvou nedávných objevů: umělých radioaktivních izotopů a polovodičů. Je pochopitelné, že tento nový obor je teprve na počátku svého vývoje. Tato otázka je zajímavá tím, že se snaží využít energie radioaktivních látek bez prostřednictví energie tepelné. V tomto ohledu zatím ještě nebylo dosaženo zvláště uspokojivých výsledků a účinnost dosud sestrojených a prakticky upotřebitelných baterií je malá.

Je zajímavé, že podstatně vyšší účinnosti (asi o 1 řád) bylo dosaženo, když bylo k buzení elektromotorické síly baterie užito místo radioaktivního záření slunečního světla (*sluneční baterie*). V tomto ohledu již bylo dosaženo velmi pěkných výsledků, zejména v Sovětském svazu. VAVILOV, popisuje sluneční baterii, která se skládala ze 432 křemíkových článků a dávala při napětí 200 V výkon 10 watt. Slunečních baterií bylo s úspěchem použito také v třetí sovětské družici, kde se velmi dobře osvědčily.

V USA byla sestrojena miniaturní atomová baterie, která — jak předpokládají její konstruktéři — dojde širokého užití. Zdrojem energie je radioaktivní izotop promethea Pm-147, jehož beta záření dopadá na fosforovou vrstvu, kde vyvolává světelné záblesky. Takto získaná světelná energie se pak teprve přeměňuje dále na energii elektrickou. Baterie má rozměry pilulky. Prometheum-147 je v provozu bezpečné, jeho výroba je však zatím značně drahá. Baterie užívá aktivity 4,5 C a má výkon asi 20 mikrowatt.

Americká firma Radio Corporation inseruje radioizotopovou signální lampu, v níž světlo vzniká působením izotopu Kr-85 na speciální scintilátor. Uvádí, že světlo lampy je viditelné na vzdálenost 450 m. Ve vzdálenosti 3 m od lampy je podle údajů firmy možno číst.

Z toho, že otázce atomové baterie je věnováno tolik úsilí a pozornosti je patrné, o jak živý problém se jedná. Souvisí se zásadní otázkou vzájemné přeměny různých forem energie a její účinnosti a má proto z tohoto hlediska nejen praktický, ale i zásadní význam.

Literatura

(přehledné publikace)

- 1] D. VAKOBOJNIK, Radio, 1955, č. 2, str. 39; překlad Sovětská věda, MFA V. (1955), č. 5, str. 683.
- [2] Atomové elektrické články. Elektrotechn. obzor 45 (1956), č. 1. str. 35.
- [3] K. BRODA-T. SCHÖNFELD: Die technische Anwendung des Radioaktivität. VEB Verlag Technik, Berlin, 1957, odst. 12,6; český překlad SNTL, Praha 1959
- [4] D. NACHTIGALL: Isotopenbatterien. Technik 13, (1958), str. 300.
- [5] J. KREMPASKÝ, P. MACEK, PMFA 5, (1960), str. 300.