

# Bimetalický katalyzátor pro vodíkové technologie

Ladislav Antoži\*, Adrián Mikolaj\*, Jakub Ježek\*\*  
Gymnázium Alejová 1, Košice\*,  
Gymnázium Boženy Němcové, Hradec Králové \*\*  
k-jezek@seznam.cz

## Abstrakt

Práce se zabývá optimalizací výroby vodíku pomocí elektrolýzy protonově vodivé membrány (PEM). Dlouhodobým cílem je maximalizovat účinnost a cenu při výrobě Ir-Ru katalyzátoru. Jsou vyrobeny pomocí magnetronového naprašování, kde jsme testovali závislost prostorového nasměrování magnetronů na výsledném procentuálním zastoupení jednotlivých kovů pomocí skenovacího elektronového mikroskopu.

## 1 Úvod

Vodík je jednou ze zásadních komodit v průmyslu. Byl by vhodný i pro uchovávání energie jako "palivo budoucnosti". Zvýšení efektivity jeho průmyslové výroby může být zásadním krokem k nahrazení za fosilní paliva. V současnosti je vodík nejvíce vyráběn ze zemního plynu [1], jehož zdroj je ale omezený a navíc proces přispívá k nežádoucí emisi oxidu uhličitého. Naopak výroba elektrolýzou vody může sloužit jako účinný způsob uchování elektrické energie. To je možné využít k vyrovnání lokálního přebytku u solárních a větrných elektráren anebo následně zužitkovat jako palivo.

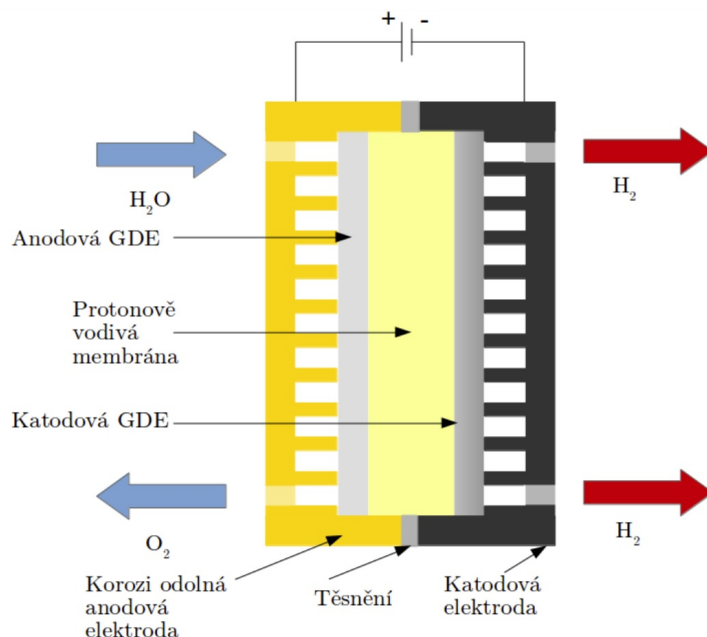
Existují různé typy elektrolyzérů. Vysoký potenciál do budoucna má elektrolýza s protonově vodivou membránou (proton exchange membrane electrolyser), kde se očekává účinnost 82-86 % [3]. PEM využívá heterogenní katalýzu pomocí iridia. V průmyslové praxi se ale snaží eliminovat drahé kovy jako iridium a část nahradit jinými levnějšími, jako kobalt nebo ruthenium. Právě u ruthenia jsme zkoumali, jak se chová při naprašování společně s iridiem.

## 2 Principy a metody

### 2.1 Elektrolyzér vody s protonově vodivou membránou

Elektrolyzér s PEM se skládá z elektrod, protonově vodivé membrány (ionomer) a z příslušných katalytických vrstev, kterými jsou v našem projektu právě bimetaly složené z iridia a ruthenia. Do reakce vstupuje voda na anodu, kde se rozkládá na vodík a kyslík. Vodík se následně rozloží na jádro (proton) a elektron, přičemž elektron se zapojí do tvorby elektrického proudu pomocí napětí z externího zdroje (co může být například solární panel nebo větrná elektrárna), a jádro projde skrze protonově vodíkovou membránu na stranu katody, kde se následně znovu spojí s elektronem, a vzniknou tak molekuly vodíku dále

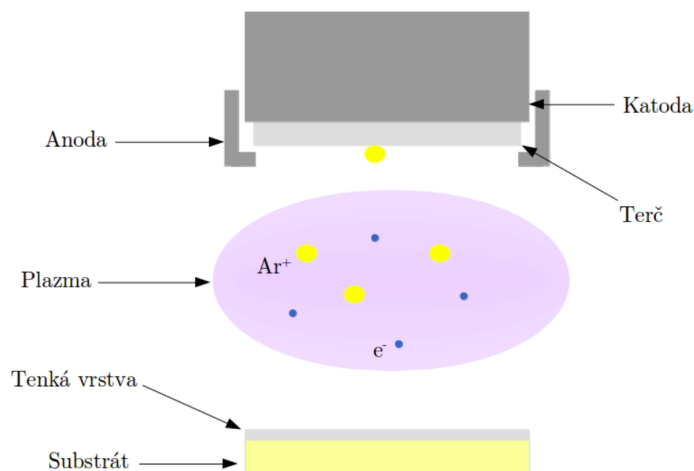
využitelné pro vodíkové hospodářství. Důležitým faktorem PEM elektrolyzátoru je katalyzátor, v našem případě je jím bimetalická vrstva z iridia a ruthenia, kterou jsme získali pomocí magnetronového naprašování.



Obrázek 1: Schéma PEM-WE s naznačenými směry toku látek.

## 2.2 Magnetronové naprašování

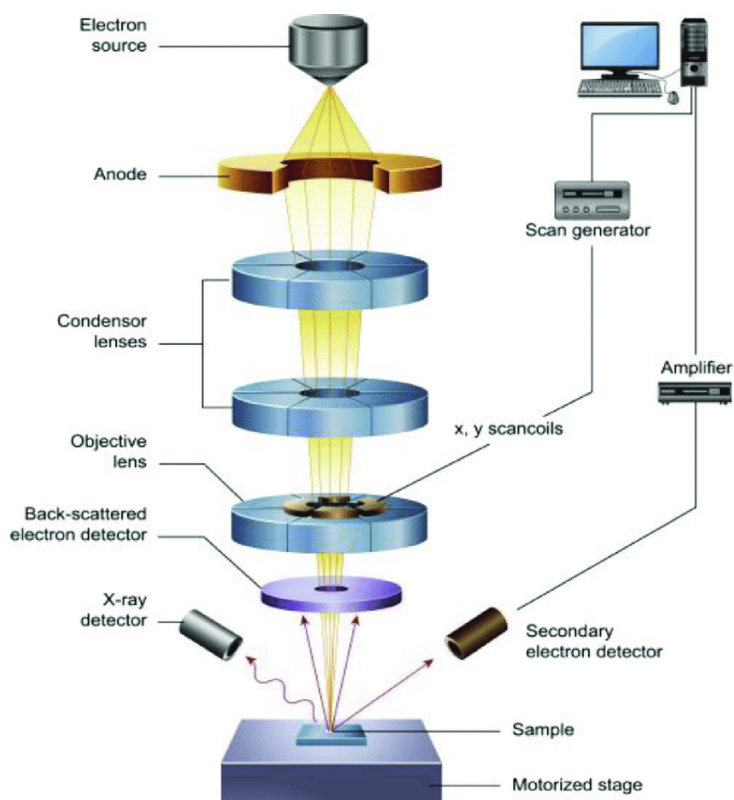
Magnetronové naprašování funguje na principu bombardování terče z materiálu, který chceme naprášit na náš substrát. Terč bombardujeme ionty argonu, získanými z plazmy argonu. Bombardací se uvolní atomy z terče, které následně dopadnou na substrát. Naprašování funguje díky vhodně umístěné anodě a katodě (viz Obrázek 2). Tímto způsobem můžeme kombinovat i dva a více kovů, co je obzvláště výhodné právě při naší práci, kde kombinací různých kovů zlepšíme vlastnosti a efektivitu výsledného produktu.



Obrázek 2: Schematic-form-of-SEM.

## 2.3 Skenovací elektronový mikroskop

Poměr Iridia v naší tenké vrstvě jsme byli schopni zjistit pomocí skenovacího elektronového mikroskopu, který funguje na principu katodoluminiscence. Konkrétně se jedná o vyzařování fotonů po excitaci elektronů v naší vrstvě srážkou s elektrony námi střílenými. Rentgenové detektory tyto fotony zachytí, a následně dokáží dle jejich frekvence určit, o jaký prvek se jedná.



Obrázek 3: Schéma skenovacího elektronového mikroskopu.

## 3 Výsledky

Cílem naší práce bylo zjistit atomový poměr prvků iridia a ruthenia v tenké vrstvě naprášené na křemíkový substrát. Poměr jsme zjišťovali na devíti vzorcích uložených do tvaru mřížky 3x3 o celkové straně 10 cm. Atomový poměr jsme zjistili pomocí analýzy dat ze skenovacího elektronového mikroskopu v programu EdX. Zjištěné výsledky jsou zapsány v tab.1, přičemž prášící magnetrony se nacházely vlevo nahoře (ruthenium), resp. vpravo nahoře (iridium)

Tabulka 1: Procentuální zastoupení iridia ve vzorcích (Ir:(Ir+Ru)) .

Rutheniový magnetron	16,5	48,1	82,5	Iridiový magnetron
	25,4	51,8	73,6	
	48,0	52,8	65,4	

## 4 Závěr

V naší práci jsme zjistili atomový poměr Iridia a Ruthenia v tenké vrstvě získané magnetronovým naprašováním na křemíkovou podložkou v závislosti od polohy vzorku. Z výsledků naší práce můžeme vyčíst, že atomový poměr Iridia v našem magnetronu je na středové vertikální osy kolem 50 %. Na pravé straně tabulky se poměr Iridia v směru shora dolů zmenšuje, zatímco na levé straně se zvětšuje, což je způsobeno polohováním magnetronových hlavic.

## Poděkování

Děkujeme Peteru Kúšovi a Tomáši Hrbkovi za důkladné objasnění problematiky zmíněných metod a možnost aktivně se na výzkumu podílet. Také děkujeme organizátorům Týdne vědy, za přípravu této akce.

## Reference

- [1] V. Rievaj, J. Gaňa, F. Synák *Is hydrogen the fuel of the future?.* [Transportation Research Procedia](#), leden 2019
- [2] T. Hrbek *Studium vlivu morfologie tenkovrstvého katalyzátoru na účinnost elektrolyzéru vody s protonově vodivou membránou.*, 2019
- [3] Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking *Development of Water Electrolysis in the European Union.* , 2014.

Obrázek 1 a 2: T. Hrbek, *Studium vlivu morfologie tenkovrstvého katalyzátoru na účinnost elektrolyzéru vody s protonově vodivou membránou*, 2019

Obrázek 3: *Nanotechnology and the Environment, Application of Nanomaterials in Environmental Improvement*, 2020