

Jan Czochralski – przypadkowy ojciec światowej elektroniki?

Umysł przygotowany



ADAM MAZURKIEWICZ

Instytut Technologii Eksploatacji
Państwowy Instytut Badawczy w Radomiu
Komitet Budowy Maszyn PAN
Komitet Nauki o Materiałach PAN
adam.mazurkiewicz@itee.radom.pl
Jest redaktorem naukowym monograficznej serii
wydawniczej Biblioteka Polskiej Nauki i Techniki

Historia nauki pełna jest przypadkowych, a równocześnie przełomowych w dziejach ludzkości odkryć. Wynalezienie metody Czochralskiego jest jednym z nich

Wyjątkowo płodny okres w dziejach polskiej nauki i techniki to czasy II Rzeczypospolitej i lata ją poprzedzające. Ogromny wkład do światowej nauki i przełomowych rozwiązań technicznych wnieśli wówczas: Ignacy Mościcki, Mieczysław Wolfke, Stefan Bryła, Gabriel Narutowicz, Janusz Groszkowski i Jan Czochralski. W tym gronie postacią najbardziej tajemniczą jest Jan Czochralski. Koleje jego losu są skomplikowane i nie do końca wyjaśnione. Osiągnięcia i dzieło życia Profesora są stosunkowo mało znane w naszym kraju. Nawet w środowisku naukowym dla wielu osób to postać anonimowa, chociaż jest to najczęściej cytowany w literaturze światowej polski naukowiec po Marii Skłodowskiej-Curie i Mikołaju Koperniku!

Dzięki odkrytemu przez profesora Jana Czochralskiego sposobowi otrzymywania monokryształów tzw. metodą wyciągania z roztworu rozwinął się na wielką skalę współczesny przemysł elektroniczny. Metoda polega na stopniowym wyciąganiu z roztopionego wsadu materiału polikrystalicznego zarodka monokrystalicznego, wokół którego powstaje cylindryczny monokryształ o orientacji krystalograficznej zarodka. Codziennie metodą Czochralskiego produkuje się tony monokryształów, głównie krzemu, arsenku

galu i germanu, stosowanych do produkcji elementów elektronicznych: układów scalonych, diod, tranzystorów i procesorów. Około 90% urządzeń półprzewodnikowych na świecie wykonywanych jest z materiałów monokrystalicznych wytwarzanych tą metodą.

Pióro w cynie

Epoka elektroniki – jeżeli za jej właściwy początek uznamy wynalezienie tranzystora (1948-1949) – rozpoczęła się wiele lat po epokowym wynalazku Profesora, już u schyłku jego życia. Sam Czochralski nie spodziewał się, że jego odkrycie będzie miało tak niepomiernie wielkie skutki gospodarcze i kulturowe. W 1950 roku, kiedy po raz pierwszy specjaliści z Bell Laboratories użyli metody Czochralskiego do otrzymania monokryształu germanu, Profesor był już sędziwy, skazany w swoim kraju na banicję naukową i prawdopodobnie o tym wydarzeniu nigdy się nie dowiedział.

Wszystko zaczęło się w 1916 roku, kiedy Jan Czochralski prowadził w laboratorium metalurgicznym w Berlinie badania naukowe nad pomiarem szybkości krystalizacji metali, głównie cyny, cynku i ołowiu. Podczas przygotowywania notatek z prowadzonych eksperymentów przypadkowo zanurzył pióro nie w kałamarzu, lecz w stojącym obok pojemniku z roztopioną cyną. Po wyjęciu stalówki z tygielka zauważył na jej końcu zestalony metal w postaci cienkiego drucika.

Skrupulatność naukowca

Jak twierdził Blaise Pascal, przypadkowe odkrycia zdarzają się tylko umysłom przygotowanym. Czochralski mógł przecież po prostu oczyścić pióro, uznając, że przyłgnęło do niego jakieś zanieczyszczenie. Tak nakazywałby rozsądek skryby, któremu uszkodziło się narzędzie pracy. Jednak Czochralski ze skrupulatnością wnikliwego naukowca przebadał otrzymany produkt, z wykorzystaniem bardzo wówczas modnej metody promieni X. Uzyskał absolutnie nieoczekiwany rezultat w postaci zestalonego monokryształu cyny. Co



www.flickr.com

To w Bell Laboratories w 1950 roku po raz pierwszy użyto metody Czochralskiego do otrzymania monokryształu germanu

prawda w pierwszym doniesieniu naukowym z 19 sierpnia 1916 roku Czochralski pisał o nowej metodzie pomiaru szybkości krystalizacji metali, nie ulega jednak wątpliwości, że od samego początku traktował ją również jak sposób uzyskiwania monokryształów. Co nie znaczy, że docenił wagę swego odkrycia. Metoda w swojej pionierskiej formie nie została przez jej autora opatentowana. Czochralski otrzymywał swoją metodą druczki monokryształów metali o średnicy około 1 mm i długości kilkunastu centymetrów. Do początku lat 50., kiedy opracowano technologie przemysłowe otrzymywania monokryształów metodą Czochralskiego, była ona wielokrotnie modyfikowana i ulepszana przez różnych badaczy (Wartenberg, Gomperz, Mark, Linder i inni). Wszyscy jednak zgodnie przyznawali autorstwo Czochralskiemu. W środowisku niemieckich i światowych metaloznawców miał on ugruntowaną i niepodważalną pozycję.

Hodowla monokryształów

Dzisiejsze technologie przemysłowe wykorzystujące metodę Czochralskiego umożliwiają uzyskiwanie ogromnych cylindrycznych monokryształów, głównie krzemu, których waga dochodzi do blisko 500 kg. Oczywiście otrzymywanie tak dużych monokryształów wymaga niezwykle precyzyjnego sterowania parametrami procesu wyciągania monokryształu, takimi jak czystość roztoku materiału polikrystalicznego, gradient temperatury

wewnątrz tygla i bardzo wysoka precyzja ustawienia temperatury krystalizacji rzędu tysięcznych stopnia Celsjusza, szybkość wyciągania i obrotu rosnącego monokryształu, a także jakość atmosfery ochronnej. Wszystkie te parametry są kontrolowane z wykorzystaniem elementów elektronicznych wykonanych z materiałów uzyskiwanych dzięki technologii opartej na metodzie Czochralskiego.

Hodowanie monokryształów tą metodą jest technologią koncepcyjnie prostą, bardzo szybką (1–40 mm wzrostu/h) i możliwą do zastosowania do stosunkowo dużej liczby naturalnych i syntetycznych materiałów krystalicznych. Wymaga ona bardzo dużej precyzji prowadzonego procesu. O możliwości otrzymania monokryształu decydują równowagi fazowe cieczi-ciało stałe. Tak więc można otrzymać tą metodą np. szafir Al_2O_3 i dziesiątki innych naturalnych i sztucznych materiałów krystalicznych, ale nie można wyhodować diamentu.

Przypadkowe, przełomowe

Jan Czochralski miał bardzo szeroką wiedzę zarówno naukową, jak i technologiczną, nabytą głównie na uniwersytetach niemieckich, w instytutach badawczych oraz w przedsiębiorstwach przemysłowych. Pracował nad wysokowytrzymałymi stopami aluminium; prowadził badania anizotropii twardości monokryształów, interesował się korozją metali i stopów w różnych atmosferach gazowych; był twórcą stopu łożysko-

Jan Czochralski miał bardzo szeroką wiedzę zarówno naukową, jak i technologiczną, nabytą głównie na uniwersytetach niemieckich



www.janczochralski.com

wego zwanego B-metalem, którego prawa do patentu wykupiła kolej niemiecka, licencję zaś wiele krajów, w tym Stany Zjednoczone. Zbudował pierwowzór mikroskopu skaningowego do badania wrażeń powierzchniowych w próbkach metalicznych. Zajmował się pracami podstawowymi z metaloznawstwa, inżynierii materiałowej i metodologii badań empirycznych. Opublikował ponad sto prac naukowych, w tym kilka monografii uważanych za klasyczne, np. „Nowoczesne metaloznawstwo w teorii i praktyce”. Był autorem kilkudziesięciu patentów.

Przypadkowe odkrycie metody wyciągania kryształu z roztupu było więc jednym z wielu osiągnięć naukowych Profesora, które znalazły tak bardzo cenione przez niego zastosowanie praktyczne. Nikt ze współczesnych, łącznie z twórcą metody, nie spodziewał się jednak, że właśnie ten wynalazek okaże się tak przełomowy, że w decydujący sposób wpłynie na rozwój techniki i gospodarki światowej oraz codzienne życie niemal każdego mieszkańca naszego globu.

Podobne przypadkowe i równocześnie przełomowe dla ludzkości odkrycia można przypisać Alexandrowi Flemingowi, który pozostawił szkiełko laboratoryjne z wymazem pewnych bakterii i spokojnie wyjechał na wakacje. Po powrocie stwierdził, że próbka została zarażona pleśnią, ale o dziwo, bakterie przestały się rozwijać, a w pobliżu pleśni nawet wyginęły. W ten nieskomplikowany, wydawałoby się, sposób została odkryta penicylina.

Z kolei francuski fizyk Henri Becquerel, badając zjawisko fosforescencji, przypadkowo włożył do kieszeni fartucha laboratoryjnego, gdzie także przypadkowo znajdowała się klisza filmowa, próbkę nienaświetlonej uprzednio rudy uranowej. Okazało się, że film prześwietlił się na styku z kliszą, co dało m.in. asumpt do pracy doktorskiej Marii Skłodowskiej-Curie i odkrycia promienio-

twórczości naturalnej. Przypadkowo także został odkryty przez Harolda Kroto i Richarda Smalleya fuleren i jego niezwykła struktura, którą ten drugi skojarzył, obserwując w Montrealu wspaniałą kopułę architektoniczną pawilonu amerykańskiego na Expo '67 zaprojektowaną przez Buckminstera Fullera (stąd nazwa fuleren dla całej rodziny struktur przestrzennych tego nowego niezwykłego izotopu węgla).

W naukowym tygłu

Pozostając przy węglu, ostatni laureaci Nagrody Nobla z dziedziny fizyki Konstantin Novoselov i Andre Geim wyizolowali z kawałka grafitu, wykorzystując do odrywania poszczególnych warstw zwykłą taśmę samoprzylepną, jednoatomową stabilną warstwę węglową, którą nazwali grafenem. Okazało się, że monowarstwa nie tylko może być stabilna, co w zasadzie wykluczali inni uczeni, ale wykazuje się właściwościami mechanicznymi i elektrycznymi wielokrotnie przewyższającymi właściwości wszystkich znanych dotychczas materiałów konstrukcyjnych. Teraz czekamy już tylko - miejmy nadzieję, że krócej niż w wypadku metody Czochralskiego - na opracowanie wielkopromysłowej technologii wytwarzania grafenu.

Przykłady przypadkowych, a równocześnie przełomowych dla rozwoju ludzkości odkryć można mnożyć. Może zatem mają ze sobą coś wspólnego? Jak twierdził jeden z filozofów: tam, gdzie występuje dużo przypadków, na pewno istnieje jakaś prawidłowość.

Wydaje się, że wszystkie te wielkie odkrycia o przełomowym znaczeniu dla rozwoju ludzkości można porównać do gotowania „zupy na gwoździu”. Wystarczy wrzucić do odpowiednio przygotowanego tygla naukowego w postaci wybitnej osobowości lub zespołu badawczy duży talent, wiele kreatywności, sporo zaangażowania, ogrom praktycznego doświadczenia i niemało pracowitości. I już bez specjalnego wysiłku można z niego wyciągać gwoźdź czy, jak w przypadku Czochralskiego, kapilarę z narastającym monokryształem, który jest w stanie nasycić różnymi dobrami całą ludzkość. ■

Chcesz wiedzieć więcej?

Tomaszewski P. (2003). *Jan Czochralski i jego metoda*. Wrocław: Oficyna Wydawnicza ATUT.