

Dr inż. Wojciech Głuszewski



PRZEMYSŁOWE ZASTOSOWANIA TECHNOLOGII AKCELERATOROWYCH

*Centrum Badań i Technologii Radiacyjnych
Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej w Warszawie (ICHTJ)*

Instytut Chemii i Technologii Radiacyjnej we współpracy z koordynatorem projektu EuCard2 zorganizował warsztaty pt. "The industrial and environmental applications of electron beams". Warsztatów stworzyły forum do dyskusji i prezentacji postępu w zakresie metod i technologii akceleratorów elektronów o energiach od 100 keV do 10 MeV znajdujących zastosowanie w przemyśle i ochronie środowiska.

- Radiacyjna degradacja zanieczyszczeń wody
- Radiacyjne oczyszczanie gazów spalinowych (kominowych)
- Radiacyjna modyfikacja polimerów: podstawy, aplikacje perspektywy
- Radiacyjna modyfikacja kabli i przewodów elektrycznych
- Radiacyjne sieciowanie polimerów – sposób poprawy ich właściwości
- Postęp w zakresie wykorzystania promieniowania X i wiązki elektronów do utwardzania kompozytów polimerowych
- Radiacyjna higienizacja żywności
- Zastosowanie metod matematycznych w dozymetrii promieniowania jonizującego
- Nowe rozwiązania w zakresie technologii akceleratorowych

Applications proposed in 1958

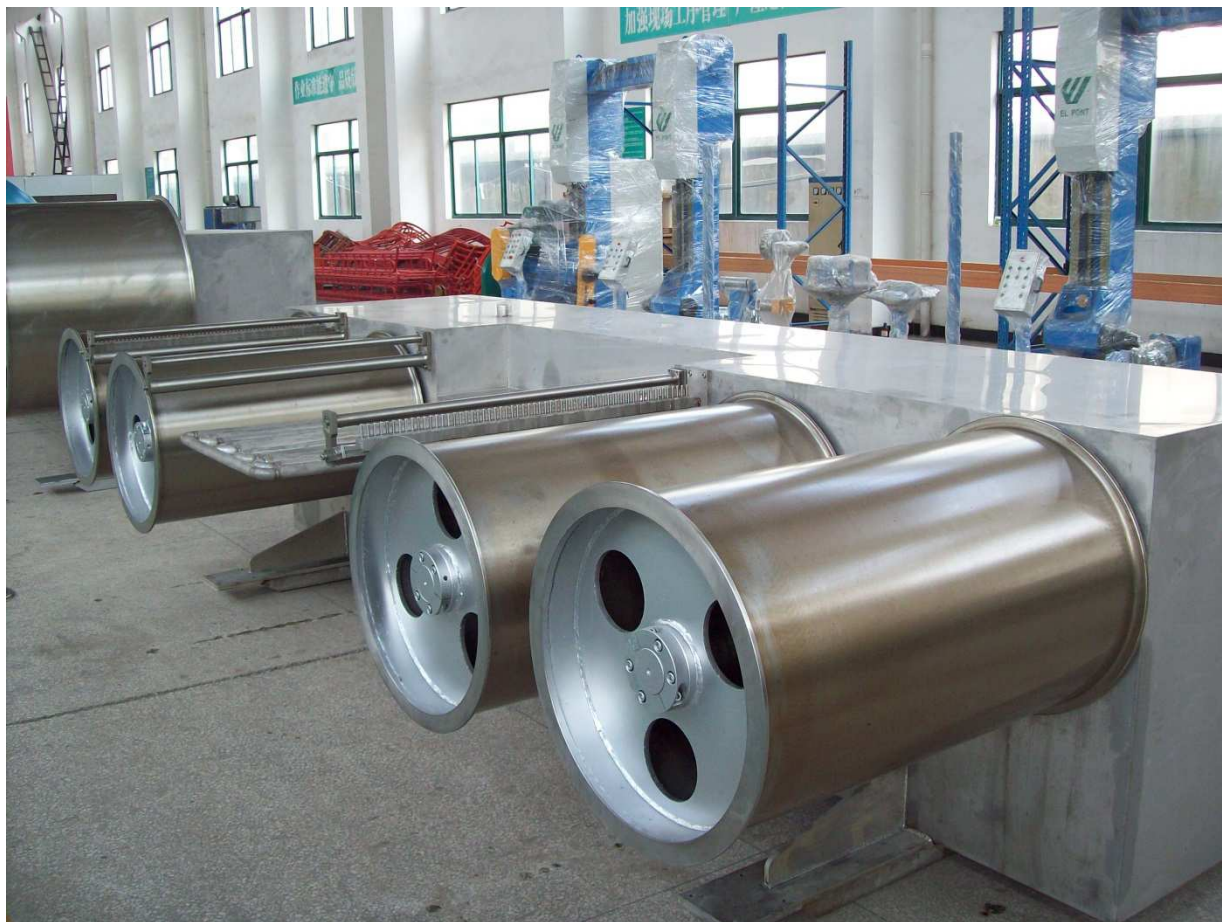
- Polymer crosslinking
- Graft polymerization
- Sterilization of medical products
- Food irradiation
- Cellulose degradation
- Chlorination of organic materials
- Synthesis of ammonia, hydrazine, nitric acid
- Petroleum refining
- Catalyst activation

produkcja urządzeń dozymetrii radiacyjnej,
kontrola procesów napromieniowania,
ochrona radiologiczna,
transport materiałów radioaktywnych

oraz usługi w zakresie np.

sieciowania kabli i przewodów elektrycznych,
produkcji opon samochodowych,
granicznych kontroli kontenerów,
wykrywania materiałów wybuchowych,
sterylizacji radiacyjnej wyrobów medycznych, farmaceutycznych,
kosmetycznych, ziół, przypraw ziołowych i żywności,
modyfikacji struktur elektronicznych,
higienizacji odpadów komunalnych,
oczyszczania gazów spalinowych,
konserwacji i identyfikacji obiektów o znaczeniu historycznym,
analitika chemiczna,
identyfikacja napromieniowania żywności





X-Ray Processing

X-ray processing is a practical alternative to Gamma processing for applications such as medical device sterilisation.

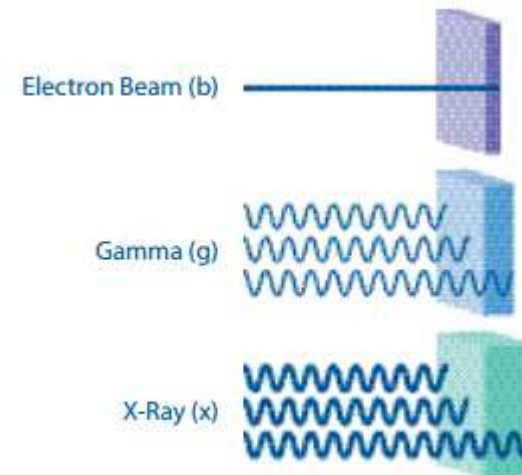
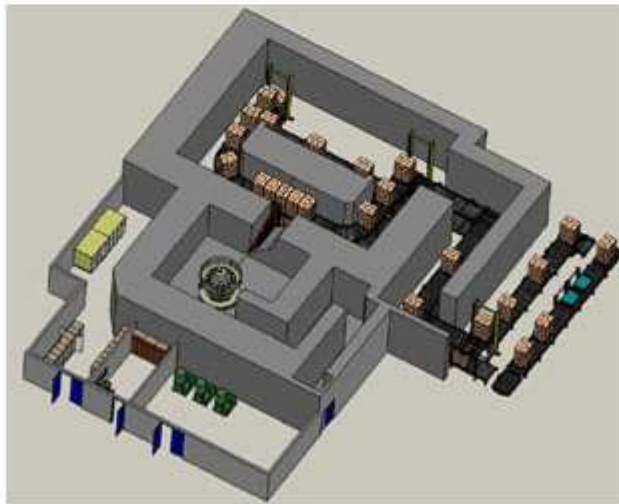
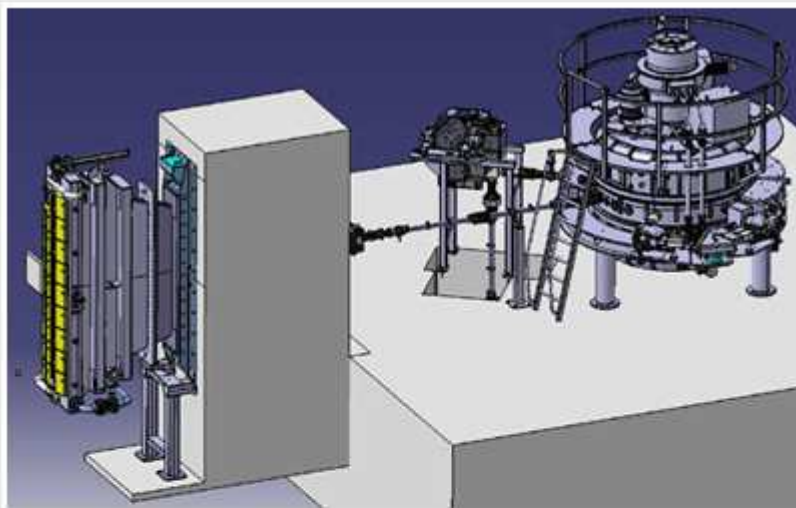
Processing by X-ray radiation covers industrial applications ranging from the sterilisation of medical devices, through polymer modification at a molecular level to radiation testing. A wide variety of healthcare products from implants to pharmaceuticals employ its sterilising capability, while industrial applications from semiconductors to micro-etching can benefit from its use.

X-rays are produced by deceleration or deflection (Bremsstrahlung) of energetic electrons (7 MeV) in a target material. When an electron passes close to an atomic nucleus, the strong coulomb field causes the electron to deviate its original motion. This interaction results in a loss of kinetic energy by the emission of electromagnetic radiation. The bremsstrahlung spectrum depends on the electron energy, the composition and thickness of the target, and the angle of emission with respect to the incident electron. The X-ray target is usually made of metal with a high atomic number (e.g. tantalum), high melting temperature, and high thermal conductivity.



Comparison of ^{60}Co and ^{137}Cs gamma radiation sources

Property	^{60}Co	^{137}Cs
Radiation	gamma	gamma
Energy	1.17, 1.33 MeV	0.66 MeV
State	Metal	CsCl
Half life	5.26 years	29.99 years
Sp.Activity	40-700 Ci/g	20-25 Ci/g
Self absorption	10%	30-50%
Activity/kW	67 kCi	300 kCi



- Pallet weight range: 50 - 1000 kg
- Pallet size: 80x120 (Euro) or 100x120 (industrial)
- Process load height (product + pallet): 195cm



First pass



180 deg turn



Second pass



180 deg turn



Third pass



Fourth pass



Automatic control guarantees safety and precisely defined, reproducible treatment conditions for each batch.



A high concentration of energy leaves the scan horn and X-rays the goods on the pallets.



The products are transferred to the automatic conveyor system.



Potential improvements to supply chain with short processing times.



The complex technology is serviced by the Synergy's own experts.



Making more out of technical plastics with irradiation cross-linking.





Radiacyjna sterylizacja opakowań

Niewidoczne, ale pracowite

Farmaceutyki, wyroby medyczne, implanty oraz ich opakowania mają wspólną i niezwykle ważną cechę – sterylność. Nikt nie ma wątpliwości, że instrumenty chirurgiczne służące lekarzom do ratowania zdrowia i życia muszą być czyste i aseptyczne. Wszelkie mikroorganizmy chorobotwórcze w bezpośrednim kontakcie z organizmem ludzkim są niebezpieczne. Jednym ze sposobów zwalczania patogenów jest sterylizacja radiacyjna czyli proces wyjałowienia wykorzystujący promieniowanie jonizujące.

Dr inż. Wojciech Gluszewski

Centrum Badań i Technologii Radiacyjnych,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej w Warszawie

W roku 1929 Maria Skłodowska - Curie opublikowała krzywe tzw. radiacyjnej inaktywacji, czyli zależności między przeżywalnością bakterii a wielkością dawki pochłoniętej promieniowania. Zgłosiła ona w istocie pomysł zwalczania patogenów za pomocą

promieniowania jonizującego, który nie miał wówczas praktycznego znaczenia. Dopiero kilkadziesiąt lat później, dzięki upowszechnieniu się wyrobów medycznych jednorazowego użytku, powstało zapotrzebowanie na tzw. zimne metody sterylizacji i wrócono do pomysłu uczonej.



Spektakularny przykład wyjałowienia mamuta sprzed 50 tysięcy lat, który dotarł z Syberii do Grenoble w specjalnej skrzyni, zawinięty w folię. Wszystkie te przedmioty zostały wyjałowione w temperaturze -20°C, w celu pozbycia się ewentualnych bakterii wąglika.



Radura to symbol, który umieszcza się na opakowaniach konserwowanej radiacyjnie żywności. Zielony kolor i okrągły kształt jest raczej przyjazny dla oka i nie „straszy” tak, jak trójkątna, żółto-czarna grafika oznaczająca materiał radioaktywny.



Sterylność dzięki napromienianiu

Unikatową cechą metod radiacyjnych jest możliwość wyjaławiania wyrobów w całej objętości, w opakowaniu jednostkowym i kartonie zbiorczym. Obecnie rutynowo wykorzystuje się promieniowania gamma oraz rentgenowskie, a także wiązki elektronów do obróbki radiacyjnej sprzętu medycznego, przeszczepów, farmaceutyków i kosmetyków. Opakowania stanowią integralną, niezwykle istotną część technologii sterylizacji. Rozwój zastosowań technik radiacyjnych do higienizacji żywności, ziół i przypraw ziołowych wprowadził dodatkowe wymagania stawiane materiałom. Warto dodać, że napromieniuwane są również



Akceleratorowa instalacja do przemysłowego wyjaławiania wyrobów medycznych, przeszczepów, implantów, opakowań itd.

same opakowania przed umieszczeniem w nich wyrobów. Przedłuża się w ten sposób okres użytkowania produktów. Za pomocą promieniowania jonizującego można zmienić barwę szkła. Efekt jest nieatrwały i zanika w czasie kilku lat, co może być interesujące z punktu widzenia dekoracyjnego i artystycznego. W wiązkę elektronów (EB – electron beam) korzystnie modyfikuje się powierzchnię folii poprzez szczepioną polimerizację. Zmianę adhezyjnych właściwości polimeru, czyli tzw. drukowalności prowadzi się nanosząc na jego powierzchnię cienkie warstwy czynników modyfikujących przed napromienianiem. Stosując obróbkę radiacyjną utrwała się niekiedy farby graficzne do zadrukowania opakowań. Otrzymuje się w ten sposób pełną polimerizację farby oraz podwyższoną wytrzymałość na chemiczne i mechaniczne narażenia.

Napromienione czy promieniotwórcze?

Warto zwrócić uwagę na kilka kwestii nomenklaturowych, które zainteresują pewnie szerszy ogół czytelników. Niestety, często mylone są pojęcia dotyczące ogólnie pojętej atomistyki. Niewłaściwe użycie

niektórych zwrotów potrafi zupełnie wypaczyć sens przekazu. Przykładowo często zamiennie stosuje się zwroty napromieniany i promieniotwórczy. Stwarza to wrażenie, że materiał napromieniony staje się automatycznie radioaktywny. Tymczasem we wszystkich procesach wykorzystujących dla celów przemysłowych promieniowanie gamma i wiązki elektronów zjawisko indukcji radionuklidów jest fizycznie niemożliwe. Teoretycznie przy bardzo dużych energiach elektronów prawdopodobne są reakcje fotojądrowe z udziałem niewielkiej ilości wysokoenergetycznych kwantów promieniowania rentgenowskiego powstających w wyniku hamowania elektronów. Wydajność tych procesów jest niezwykle mała, a powstające radioizotopy „żyją” krótko. Ograniczenie przez MAEA (Międzynarodową Agencję Energii Atomowej) energii wiązki elektronów w instalacjach przemysłowych do 10 MeV zupełnie eliminuje to zjawisko. Inaczej mówiąc, wyroby, w tym opakowania napromienione w celu sterylizacji lub modyfikacji właściwości nie mogą stać się promieniotwórcze. W praktyce wytwórcy, którzy w trosce o klientów wyjaławiają radiacyjnie wyroby nie chwalą się tym faktem. Podejrzewają, że wielu potencjalnych użytkowników lub konsumentów źle to zrozumie. Przy okazji warto wyjaśnić, że międzynarodowym symbolem, używanym w celu oznaczenia napromienianej żywności jest naklejana na opakowanie sympatyczna, zielona Radura, a nie żółto-czarna znak ostrzegający przed substancjami promieniotwórczymi.

Łatwiejsze zrozumienie

Oto kilka praktycznych rad, które mogą pomóc w rozróżnieniu radioaktywności i napromieniania. Pierwszaktami promieniotwórczymi (radionuklidami) zajmują się radiochemia a jednostką radioaktywności jest Bq, czyli jeden rozpad na sekundę. Dla napromieniania będącego domeną chemii radiacyjnej wielkością podstawową jest dawka pochłonięta energii promieniowania wyrażona w grejach (symbol, Gy), czyli J/kg. Świdlenie, czy obiekt, również człowiek, został napromienowany małymi dawkami, jest bardzo trudne. Przykładowo napromienowanie naszego organizmu dawką 50-ardziele wyższą od rocznych dawek granicznych dla ogółu ludności jest prawie niemożliwe. Identyfikacją napromieniania żywności zajmują się z kolei wyspecjalizowane laboratoria.

Istotna różnica

Często zamiennie stosuje się również terminy napromienianie i naświetlanie. Należy jednak pamiętać o zasadniczej róż-

nicy w oddziaływaniu na materię światła i promieniowania jonizującego. To pierwsze pochłaniane jest selektywnie przez tzw. grupy chromoforowe, czyli regiony cząsteczek, w których energia potrzebna na przeniesienie elektronu pomiędzy orbitalami jest w zakresie światła widzialnego. Promieniowanie jonizujące (z definicji powodujące wybite elektronu z atomu lub cząsteczki) odkładane jest we wszystkich składnikach materiału w sposób proporcjonalny do ich udziałów elektronowych. Orazowo mówiąc, niewielkie ilości dodatków odrywających podstawową rolę w fotochemii są praktycznie niewidoczne dla promieniowania jonizującego.

Zapewnione bezpieczeństwo

Podsumowując, opakowania i znajdujące się w nich wyroby po radiacyjnej sterylizacji, higienizacji czy modyfikacji są bezpieczne radiologicznie. W pewnym sensie kosztowna obróbka radiologiczna jest synonimem dobrej jakości. Oplaca się ją stosować dla wyrobów relatywnie drogiej, delikatnych. Wytwórcy płacą więc za bezpieczeństwo zdrowotne wyrobu lub za poprawę właściwości opakowania.



Po wpływem promieniowania jonizującego opakowanie szklane może zmienić barwę.

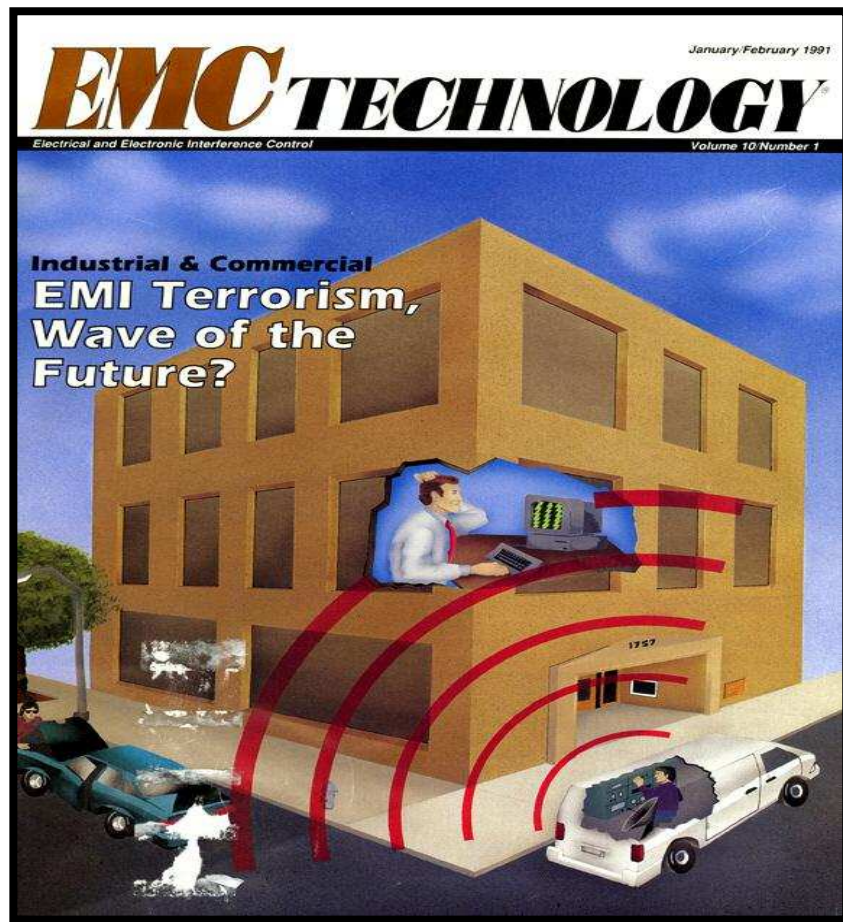
Dr inż. Wojciech Głuszewski



**EKSTREMALNIE WYSOKOMOCOWE IMPULSY BRONI
ELEKTROMAGNETYCZNEJ
I MOŻLIWOŚĆ ICH TERRORYSTYCZNEGO UŻYCIA
W ELEKTROWNI JĄDROWEJ**

*Centrum Badań i Technologii Radiacyjnych
Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej w Warszawie (ICHTJ)*

- Zadaniem projektu jest potwierdzenie w warunkach przemysłowych zależności między rodzajami matrycy i dodatku, sposobem wulkanizacji, warunkami radiacyjnej modyfikacji a właściwościami kompozytów elastomerowych pochłaniającymi promieniowania jonizujące i niejonizujące. Osnową kompozytu będą elastomery, drugą fazą (fazami) dodatki dobrane z punktu widzenia pochłaniania promieniowania (szkło metaliczne, bizmut, wolfram, żelazo).



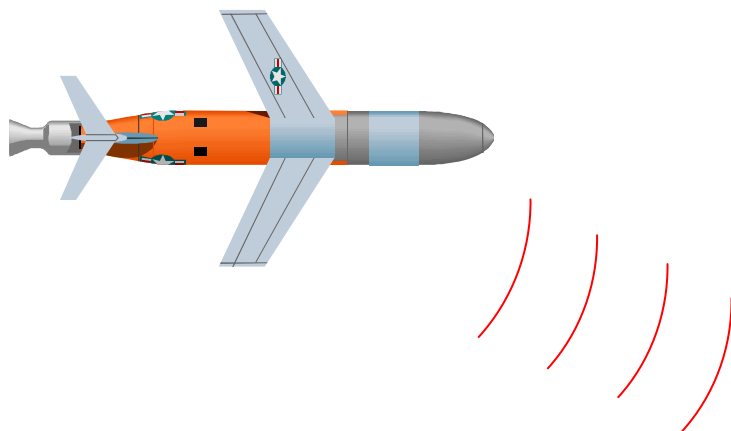
TERRORYZM ELEKTROMAGNETYCZNY

Środki przenoszenia

- przenoszenie ręczne
- pojazdy
- małe samoloty bezpilotowe

TERRORYZM ELEKTROMAGNETYCZNY

ukierunkowany na elektrownie jądrową



Broń elektromagnetyczna
Broń z energią skierowaną
Działo mikrofalowe

Inne nazwy angielskie

HPM - High Power Microwaves

HPEM - High Power Electromagnetics

HEMP - High Altitude Electromagnetic Pulses

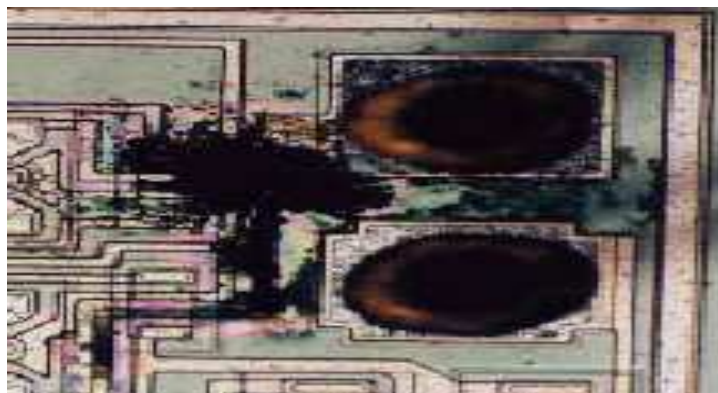
MOC IMPULSÓW

1 000 do 10 000 razy wyższa od impulsów
radarowych

CZAS TRWANIA IMPULSÓW

500 do 1000 razy krótszy od impulsów
radarowych

Energia wysokomocowych impulsów elektromagnetycznych powoduje
wzbudzenie bardzo silnych prądów w obwodach elektronicznych powodując
nieodwracalne zniszczenia elementów i układów elektronicznych
zbudowanych na bazie półprzewodników – tranzystorów,
mikroprocesorów.



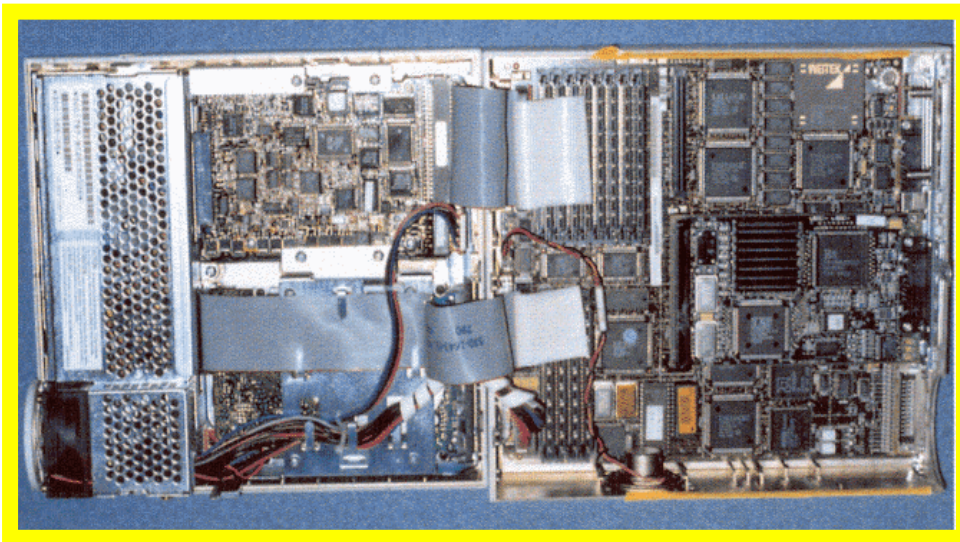
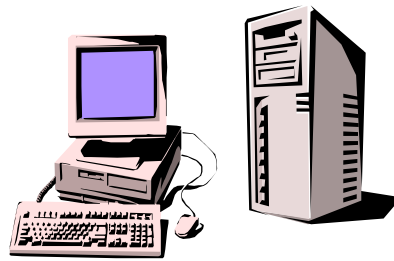


detektor mikrofalowy
ulega uszkodzeniu
przy $0,2 \mu\text{J}/\text{m}^2$
dla impulsu o długości **100 ns**



Systemy TELEINFORMATYCZNE

Wszystkie urządzenia i podzespoły elektroniczne, w których znajdują się układy scalone ulegają bezpowrotnemu zniszczeniu



TERRORYZM ELEKTROMAGNETYCZNY

Walizkowe urządzenie generujące impulsy HPEM typu **DS-110**
prod. niemieckiej. Waga 23 kg.



natężenie pola elektrycznego

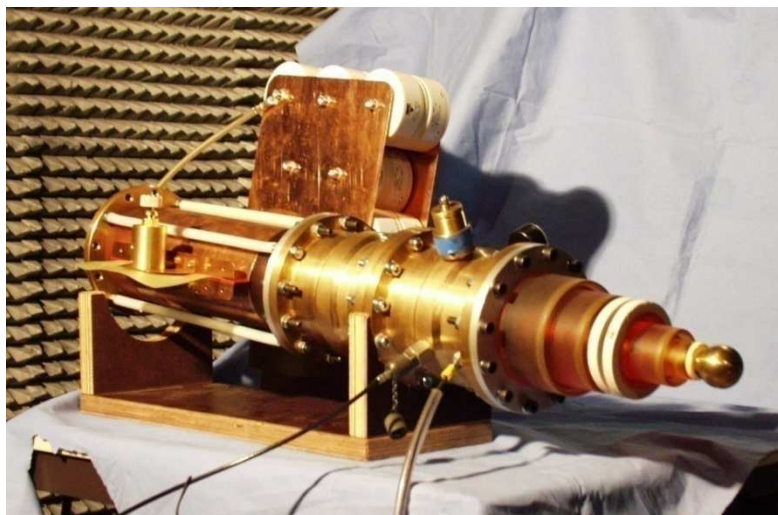
$$E = 250\,000 \text{ V/m} = 250 \text{ kV/m}$$

TERRORYZM ELEKTROMAGNETYCZNY

Zminiaturyzowane urządzenia generujące HPEM
mogące być wykorzystane do celów terrorystycznych

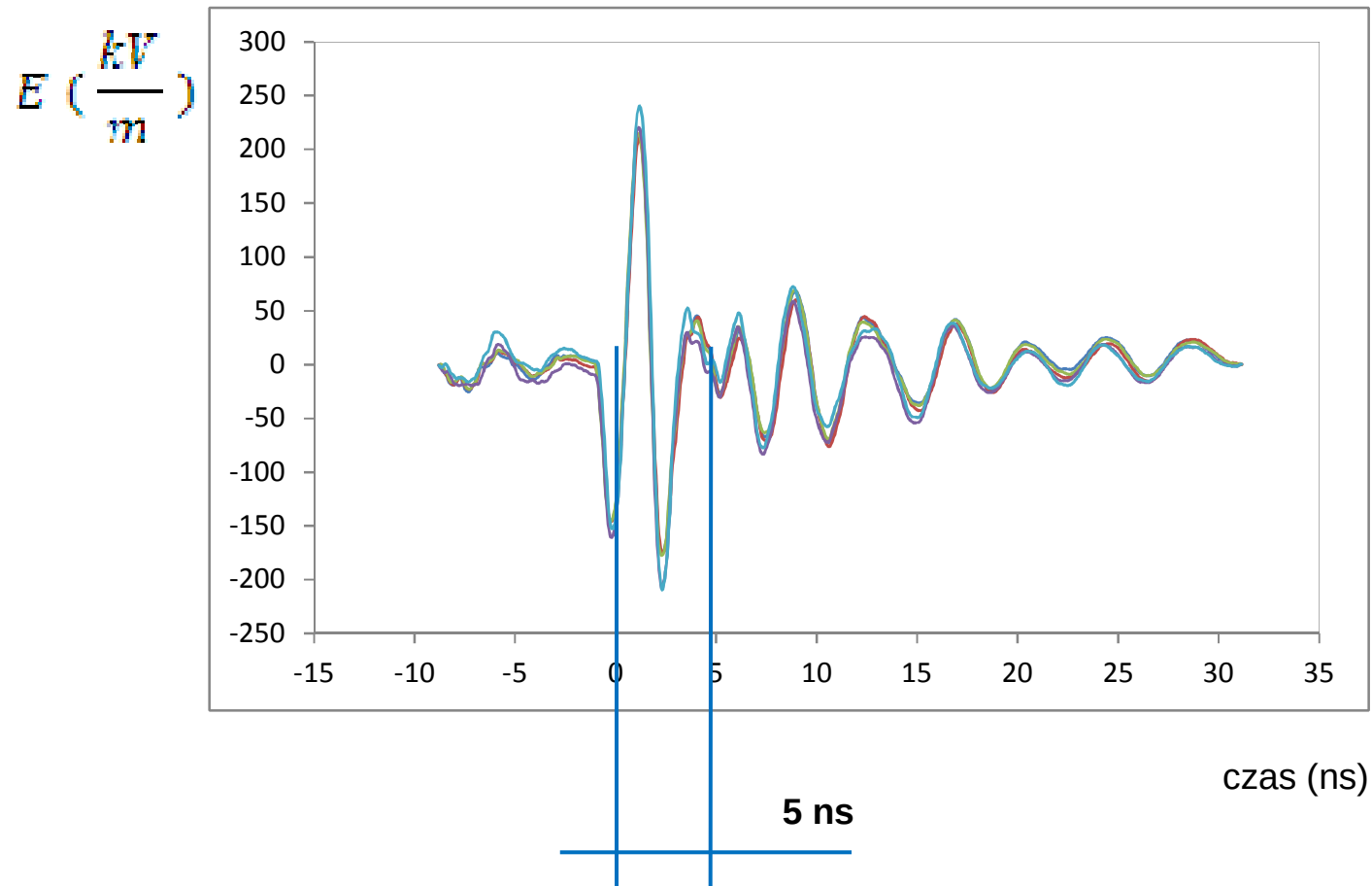


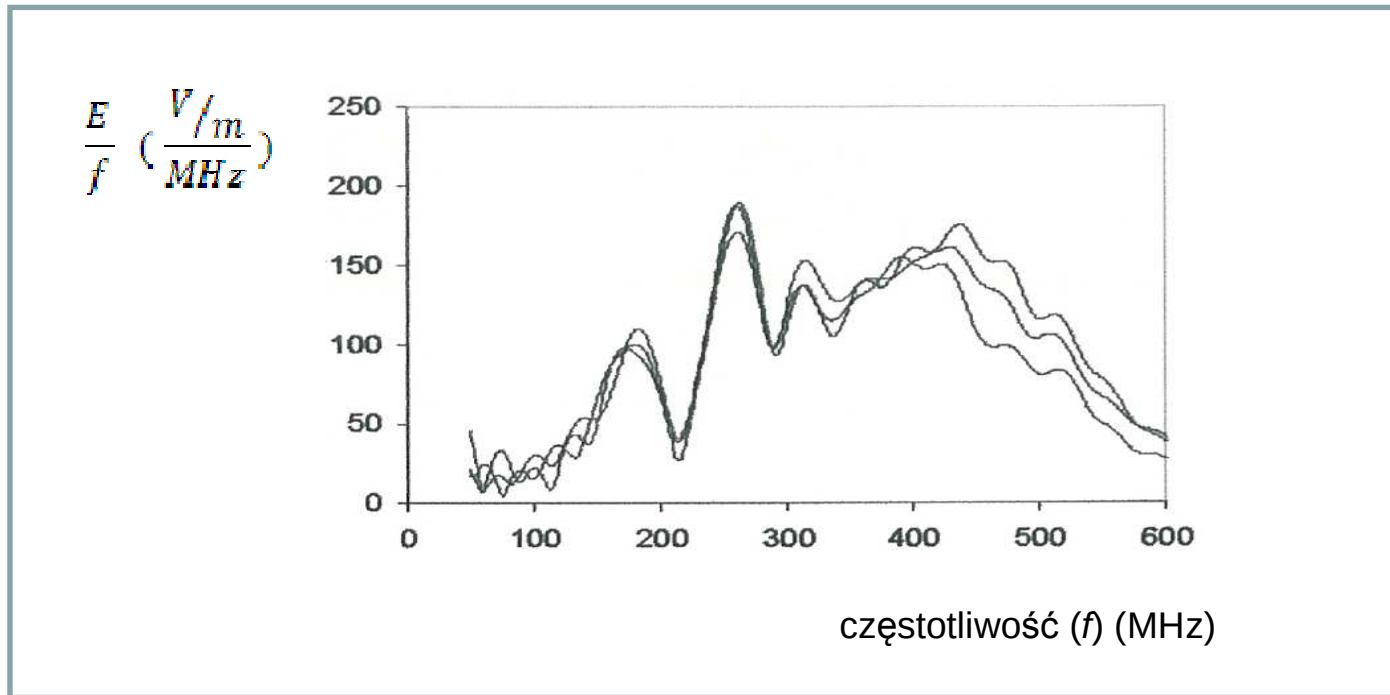
← **DS-110**





Impuls HPEM w funkcji czasu





Szerokie widmo (harmoniczne) daje duże możliwości „rezonansowego wciekania” energii impulsów do wnętrza urządzeń elektronicznych

Walizkowy generator impulsów
elektromagnetycznych **DS-110**

$$P_i = 250 \text{ MW}$$

$$t_i = 4 \text{ ns}$$

natężenie pola elektrycznego

$$E = 250\,000 \text{ V/m} = 250 \text{ kV/m}$$



MONOLITYCZNE OSŁONY
PRZED PROMIENIOWANIEM
JONIZUJĄCYM WYKONANE Z
POLIMEROWYCH
KOMPOZYTÓW