

PROGRAMMA DI RICERCA - MODELLO A  
Anno 2003 - prot. 2003029008

## 1.1 Programma di Ricerca di tipo

*Interuniversitario*

Area scientifico disciplinare Scienze fisiche (70%)

Area scientifico disciplinare Ingegneria industriale e dell'informazione (30%)

---

## 1.2 Titolo del Programma di Ricerca

Testo italiano

MODELLI E MISURE DI RUMORE IN NANOSTRUTTURE

Testo inglese

MODELS AND NOISE MEASUREMENTS IN NANOSTRUCTURES

---

## 1.3 Abstract del Programma di Ricerca

Testo italiano

*Il progetto proposto ha lo scopo di sviluppare modelli teorici e di effettuare misure di rumore elettronico in dispositivi nanometrici. Come dispositivi tipici saranno considerati: (i) i conduttori diffusivi operanti in un regime intermedio tra quello balistico e quello diffusivo, (ii) i dispositivi mesoscopici in cui il trasporto elettronico è controllato dal meccanismo di tunneling (sequenziale e/o risonante) come i diodi a barriera e le cavità caotiche, (iii) i rivelatori per infrarosso ad effetto Josephson e a singola e multipla buca quantica, (iv) i film ultrasottili contenenti nanocristalli e/o nanocompositi. In tali dispositivi, le dimensioni ultracorte delle parti attive sono responsabili di elevati campi elettrici locali, per cui le fluttuazioni associate alla granularità della carica (rumore shot) e/o ai difetti della composizione (rumore di resistenza) diventano sempre più significative in confronto alle fluttuazioni termiche note come rumore di Nyquist. In considerazione dell'interesse strategico che questi dispositivi stanno assumendo nel campo delle telecomunicazioni, della rilevazione/generazione elettromagnetica, dei calcolatori in generale, risulta di fondamentale importanza la comprensione a livello microscopico delle sorgenti di rumore. Solo attraverso questa conoscenza è infatti possibile acquisire le capacità di progetto necessarie per ottimizzare i dispositivi dal punto di vista del rapporto segnale/rumore. I gruppi partecipanti al progetto hanno una competenza riconosciuta a livello internazionale nel campo delle misure di rumore, della messa a punto di nuove tecniche e di strumentazione dedicata a questo tipo di esperimenti, della modellizzazione e della simulazione del rumore in dispositivi sia elettronici che optoelettronici. Le competenze si complementano in modo efficace nell'ambito del programma di lavoro proposto, che prevede uno studio del rumore nelle nanostrutture sopra elencate, accompagnato da riscontri sperimentali. Nei due anni del progetto per la parte teorica saranno utilizzati modelli di rumore sia di tipo coerente (trasporto quantistico) che di tipo semiclassico. In particolare verrà sviluppato un approccio percolativo basato su una rete correlata di resistori. Nello stesso periodo l'attività sperimentale consisterà nella messa a punto di nuovi sistemi di misura a correlazione operanti a temperature criogeniche (fino a 30 mK), e caratterizzati da una elevatissima sensibilità, che permetterà di investigare zone della caratteristica I-V di dispositivi ad effetto tunnel risonante finora precluse alle indagini a causa dei livelli di corrente (e quindi di rumore shot) molto bassi. Sarà studiato sperimentalmente il rumore shot in rivelatori per infrarossi basati su giunzioni Josephson e a multipli quantum well, per i quali si prevede un fattore di soppressione dipendente dall'interazione elettrostatica tra i portatori. Infine verrà verificata la possibilità di determinare sperimentalmente il terzo cumulante della fluttuazione, un aspetto rilevante per evidenziare effetti non gaussiani e cariche frazionarie.*

Testo inglese

*The proposed project aims at developing theoretical models and performing experimental measurements of electronic noise on nanometric devices. As typical devices we shall consider: (i) diffusive conductors that operate in a transport regime intermediate between the ballistic and the diffusive ones, (ii) mesoscopic devices in which electronic transport is controlled by tunneling (resonant or sequential) like barrier diodes and chaotic cavities, (iii) infrared detectors based on the Josephson effect or single and multiple quantum wells, (iv) ultrathin films composed of nanocrystals and/or nanocomposites. In these devices, the ultrasmall dimensions of the active region are responsible for local high electric fields so that the fluctuations associated with the discreteness of the charge (shot noise) and/or the defectiveness of the composition (resistance noise), become more and more of importance when compared with the thermal noise described by the Nyquist relation. Because of the strategic interest that these devices are assuming in the fields of telecommunications, radiation detection and microwave generation, computers in general, it is a mandatory issue the microscopic understanding of the noise sources. Indeed only through their knowledge it is possible to acquire the design capabilities needed to optimize the devices from the point of view of the signal-to-noise ratio. The participating groups have an international recognized competence in the field of measurements, development of new techniques and instrumentation, theoretical modeling and simulation of noise in electronic and optoelectronic devices. The expertises are complementary within the proposed work program, which includes a theoretical investigation of noise in various types of nanostructures, along with experimental verifications obtained with equipments that are in part already available and in part to be developed. Within the two*

*years of the project, from the theoretical side coherent and sequential tunneling models will be developed together with semiclassical ones. In particular, a percolative approach based on a correlated resistor network will be constructed. In the same period, the experimental activity will consist in the preparation of new noise measurement systems based on correlation techniques operating at cryogenic temperatures (down to 30 mK). They will be characterized by a particularly high sensitivity, which will allow us to investigate regions of the I-V characteristics of resonant tunneling devices that were so far unexplored, because of the very low current levels (and therefore shot noise levels). Furthermore, we will investigate shot-noise in far infrared detectors made of multiple quantum wells for which a shot noise suppression associated with long range Coulomb interaction is predicted. Shot noise will also be experimentally investigated in infrared detectors based on multiple quantum wells and Josephon effect. Finally, we will exploit the experimental possibility to measure the third cumulants of the current fluctuations, a challenging aspect which is receiving relevant attention being associated with nongaussianity effects and fractional charge.*

---